



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΟΔΟΥ ΒΑΣΕΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ
ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ – ΕΦΑΜΟΓΗ ΣΤΗΝ
ΕΟ3 (ΤΜΗΜΑ ΛΑΜΙΑ – ΔΟΜΟΚΟΣ)**

ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΚΑΛΤΣΑΣ

Επιβλέπων: Βασίλειος Ψαριανός, Καθηγητής

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ**



Αθήνα, Μάρτιος 2018



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF RURAL & SURVEYING ENGINEERING
DEP. OF INFRASTRUCTURE AND RURAL DEVELOPMENT

Diploma Thesis

**SAFETY EVALUATION OF EXISTING ALIGNMENT BASED ON
OPERATIONAL SPEEDS AND DRIVING DYNAMICS – APPLICATION ON
EO3 (SECTION LAMIA – DOMOKOS)**

LEONIDAS KALTSAS

Supervisor: Basil Psarianos, Professor

**LABORATORY
OF TRANSPORTATION ENGINEERING**



Athens, March 2018

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκοινωνιακή υποδομή μιας χώρας στοχεύει στην μετακίνηση ανθρώπων και αγαθών με τρόπο ασφαλή, φιλικό στο περιβάλλον και με χαμηλό λειτουργικό κόστος. Το οδικό δίκτυο αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα της συγκοινωνιακής υποδομής και πρέπει συγχρόνως να παρέχει ασφαλή κυκλοφορία και να εξυπηρετεί τον εκάστοτε λειτουργικό χαρακτήρα. Δυστυχώς ορισμένες φορές ο σκοπός αυτός δεν επιτυγχάνεται με τις συνέπειες να είναι δυσβάσταχτες.

Το ερέθισμα για την εκπόνηση της παρούσης διπλωματικής εργασίας δόθηκε από τις εκατοντάδες συγκρούσεις που έχουν σημειωθεί στον απαιτητικό οδικό άξονα του τμήματος Λαμίας - Δομοκού με απολογισμό 16 νεκρούς και 235 τραυματίες.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω πρωτίστως τον Καθηγητή κ. Ψαριανό για την ανάθεση του θέματος και την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Επίσης τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Αποστολέρη για την πολύτιμη βοήθεια και τον άφθονο χρόνο που αφιέρωσε. Τέλος τον στενό οικογενειακό και φιλικό μου κύκλο που στάθηκε δίπλα μου με υπομονή όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αίτια των τροχαίων συμβάντων έχουν τις ρίζες τους στην πολυπλοκότητα των σχέσεων μεταξύ οδηγού, οχήματος και οδού. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων οι ευθύνες επιρρίπτονται στους οδηγούς και στην παραβατική οδηγική συμπεριφορά. Κανείς όμως δεν είναι σε θέση να πει με βεβαιότητα αν πριν το σημείο της σύγκρουσης η οδηγική συμπεριφορά ήταν εναρμονισμένη με τους ισχύοντες κανόνες. Τα επαναλαμβανόμενα συμβάντα σε συγκεκριμένες θέσεις υποδεικνύουν πως το πρόβλημα έγκειται όχι αποκλειστικά στην συμπεριφορά των οδηγών, αλλά στην γεωμετρία της οδού.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την αξιολόγηση ασφαλείας της υφιστάμενης χάραξης των 23 πρώτων χιλιομέτρων της ΠΕΟ Λαμίας - Λάρισας, με σκοπό την τεκμηρίωση της επιρροής του γεωμετρικού σχεδιασμού στην οδική ασφάλεια και η ανάδειξη των θέσεων μειωμένης οδικής ασφάλειας. Πρόκειται για υπεραστική οδό 2 λωρίδων κυκλοφορίας. Για τον σκοπό αυτό έγινε τοπογραφική αποτύπωση της υπάρχουσας υποδομής με κινούμενο δέκτη GNSS επί οχήματος (μέθοδος απόλυτου εντοπισμού). Κατόπιν του προσδιορισμού των γεωμετρικών στοιχείων εξετάστηκε η ομοιογένεια του γεωμετρικού σχεδιασμού (geometric design consistency) με την μέθοδο του προφίλ ταχύτητας, που προέκυψε τόσο από μοντέλα πρόγνωσης λειτουργικών ταχυτήτων και διαμήκων επιταχύνσεων όσο και από πραγματικά δεδομένα (καταγραφή ταχύτητας και επιταχύνσεων με συνδυασμό μετρήσεων επιταχυνσιόμετρου και GPS).

Συλλέχθηκαν επίσης δεδομένα πλευρικών επιταχύνσεων, με στόχο την παραγωγή διαγραμμάτων επιρροής της ακτίνας στις πλευρικές επιταχύνσεις για διάφορες ταχύτητες, την αξιολόγηση του οδικού τμήματος από την άποψη των εμφανιζόμενων λειτουργικών επιταχύνσεων και την σύγκρισή τους με τα όρια άνεσης και αντοχής των οδηγών που έχουν προταθεί από ερευνητές στο παρελθόν και χρησιμοποιούνται στους κανονισμούς μελετών οδικών έργων.

Με βάση όλα τα προαναφερθέντα συλλεγμένα στοιχεία και την επεξεργασία τους έγινε μια προσπάθεια συσχέτισης του καταγεγραμμένου ιστορικού ατυχημάτων με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, τις λειτουργικές ταχύτητες και τις λειτουργικές επιταχύνσεις, καθώς επίσης επισημάνθηκαν όλες οι θέσεις μειωμένης οδικής ασφάλειας και κατατάχθηκαν από άποψη επικινδυνότητας.

Κρίσιμες θέσεις από άποψη οδικής ασφάλειας αποτελούν οι κανιστροειδείς καμπύλες με λόγο διαδοχικών ακτίνων μεγαλύτερο του 2:1, καθώς επίσης και ανακάμπτοντες ελιγμοί ακτίνας μικρότερης των 80 m. Κοινά χαρακτηριστικά των θέσεων μειωμένης οδικής ασφάλειας ήταν οι υψηλές διαφορές λειτουργικών ταχυτήτων μεταξύ των διαδοχικών γεωμετρικών στοιχείων και οι υψηλές λειτουργικές πλευρικές επιταχύνσεις. Γεγονός που επιβεβαιώνει την κρισιμότητα τόσο της επίτευξης συνεχούς και αρμονικού γεωμετρικού σχεδιασμού, όσο και της διασφάλισης των κατάλληλων συνθηκών δυναμικής της κίνησης οχημάτων, λαμβάνοντας υπόψιν και τον λειτουργικό χαρακτήρα της οδού.

Ολοκληρώνοντας, αναφορικά με το κομμάτι των λειτουργικών επιταχύνσεων εξήχθη το συμπέρασμα πως τα όρια άνεσης και αντοχής των οδηγών δεν είναι σταθερά αλλά μεταβλητά, αφού σε μεγαλύτερες ακτίνες (άρα και μεγαλύτερες ταχύτητες διέλευσης), οι πλευρικές επιταχύνσεις φθίνουν.

Λέξεις κλειδιά: οδική ασφάλεια, αξιολόγηση ασφαλείας, ομοιογένεια γεωμετρικού σχεδιασμού, λειτουργικές ταχύτητες, εγκάρσιες και διαμήκεις επιταχύνσεις, κανιστροειδείς καμπύλες

ABSTRACT

Road traffic accidents have various causes arising from the complex relationships between the driver, the vehicle and the road. In most cases drivers and their way of driving take the blame for the accident. But no one is in position to state whether a driver's discipline was in order before a high accident location. When drivers fail numerous times at a certain location it becomes obvious that the problem does not lie with the drivers but mainly with the geometry of the road itself.

The present diploma thesis investigates the safety evaluation of the existing alignment of the first 23 kilometers of the old national highway Lamia-Larisa, in order to verify the impact of the geometric design on road safety and to point out the black spots. The above mentioned road section is a two-lane rural highway. To achieve this, a topographic survey of the existing infrastructure was conducted using a vehicle-mounted GNSS receiver (absolute positioning method). Following the extraction of the geometric features of the road the geometric design consistency of the alignment was examined. The measure used was the speed profile, obtained from both speed prediction models and measurements (speed and acceleration data collected with accelerometer and GPS).

Lateral acceleration data was also collected in order to examine the influence of the radius on lateral accelerations for different speeds, to evaluate the road alignment regarding the operational accelerations and to compare them with the maximum limit for driver desire and the maximum driver limit as proposed by researchers in the past.

Based on all the above mentioned collected data the recorded crash history was correlated with the geometric design features of the road, the operational speeds and the operational accelerations. The black spots of the road were pointed out and classified according to their riskiness.

Critical spots regarding road safety represent the compound curves with successive radii ratio 2:1 and above and the hairpin turns with radii 80 m and lower. Those black spots were characterized by high speed differential between consecutive geometric design elements and very high lateral accelerations. Taking into consideration the relationship between the inconsistent alignment and the recorded crash history, the necessity to achieve a consistent geometric design regarding operational speed consistency and driving dynamics consistency is highlighted.

To sum up, after processing of the lateral accelerations it was found that both the maximum acceleration limit for driver desire and the maximum driver limit are not constant. When the radii increase (so the speeds), the lateral accelerations accepted by the drivers tend to decrease. On the contrary in smaller radii drivers accept higher lateral accelerations than both their desired limit and their maximum limit.

Key words: *road safety, safety evaluation, geometric design consistency, operational speeds, longitudinal and lateral accelerations, compound curves*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	i
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	iii
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	v
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Οδική Ασφάλεια	1
1.2 Ομοιογένεια Γεωμετρικού Σχεδιασμού (Geometric Design Consistency)	2
1.2.1 Ορισμός	2
1.2.2 Προσδοκία του Οδηγού (Driver Expectancy)	2
1.3 Περιγραφή Προβλήματος	2
1.4 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας	3
1.5 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	3
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	4
2.1 Γενικά	4
2.2 Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού	4
2.2.1 Ορατότητα	4
2.2.2 Χάραξη σε Οριζοντιογραφία και Ομοιογένεια	5
2.2.3 Κατακόρυφη Χάραξη	5
2.2.4 Διατομή	6
2.2.5 Κόμβοι	6
2.3 Μεθοδολογίες	7
2.3.1 Γενικά	7
2.3.2 Δείκτες Χάραξης (Alignment Indices)	7
2.3.3 Μεγέθη Κατανομής Ταχυτήτων	11
2.3.4 Καταπόνηση Οδηγού (Driver Workload)	16
2.3.5 Προφίλ Ταχυτήτων (Speed Profile)	19
2.4 Στοιχεία Δυναμικής Κίνησης Οχημάτων	24
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	28
3.1 Αξιολόγηση Οριζόντιας Χάραξης	28

3.2 Έλεγχος Επάρκειας Ορατότητας για Στάση	34
3.3 Μεθοδολογία Προσδιορισμού Ορίων Ταχύτητας	35
4. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	37
4.1 Αποτύπωση Υφιστάμενης Υποδομής - Υπολογισμός Γεωμετρικών Στοιχείων	38
4.2 Θέσεις Μειωμένης Οδικής Ασφάλειας Βάσει Ιστορικού Τροχαίων Ατυχημάτων	41
4.2.1 Δείκτες Ατυχημάτων (Accident Rates)	47
4.3 Γεωμετρικά Στοιχεία Υφιστάμενης Υποδομής	51
4.3.1 Χ.Θ. 0+000 έως 4+800	51
4.3.2 Χ.Θ. 4+800 έως 20+000	52
4.3.3 Χ.Θ. 20+000 έως 22+900	56
4.3.4 Έλεγχος Γεωμετρικών Στοιχείων της Οδού	57
4.3.5 Έλεγχος Επάρκειας Ορατότητας για Στάση	59
4.4 Όρια Ταχύτητας	62
4.5 Αξιολόγηση Ασφαλείας Υφιστάμενης Υποδομής	63
4.5.1 Αποτελέσματα Αξιολόγησης Ασφαλείας	64
4.5.2 Συσχέτιση με Ατυχήματα	65
5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ	72
5.1 Εξοπλισμός και Διαδικασία Μετρήσεων	72
5.2 Επεξεργασία Μετρήσεων	73
5.3 Επιρροή της Ακτίνας στην Εγκάρσια Επιτάχυνση	87
5.4 Διαμήκεις Επιταχύνσεις	100
5.5 Εμφανιζόμενες Επιταχύνσεις και Θέσεις Μειωμένης Οδικής Ασφάλειας	103
5.6 Αξιολόγηση Επικίνδυνων Τμημάτων	110
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	112
6.1 Συμπεράσματα	112
6.2 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα	114
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	115
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΡΟΧΑΙΩΝ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ	119
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	123

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Επιτάχυνση / επιβράδυνση και ποιότητα σχεδιασμού	23
Πίνακας 2.2: Μεταβολή ταχύτητας V85 και ποιότητα σχεδιασμού	23
Πίνακας 2.3: Ποιότητα σχεδιασμού και δείκτης ατυχημάτων	23
Πίνακας 2.4: Εκμεταλλεούμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής και εναπομένων συντελεστής εφαπτομενικής τριβής	26
Πίνακας 2.5: Συντελεστές πλευρικής τριβής βάσει των ορίων άνεσης των χρηστών	26
Πίνακας 3.1: Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ V_e και V85 για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής	29
Πίνακας 3.2: Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ διαδοχικών V85 για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής	30
Πίνακας 3.3: Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ διατιθέμενου και απαιτούμενου συντελεστή πλευρικής τριβής για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής	31
Πίνακας 3.4: Συντελεστής d υπολογισμού του μήκους ορατότητας στάσης S_h	34
Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικά στοιχεία τροχαίων ατυχημάτων	41
Πίνακας 4.2: Συμβάντα με θανάσιμο τραυματισμό	42
Πίνακας 4.3: Δείκτης ατυχημάτων θέσεων μειωμένης οδικής ασφάλειας	47
Πίνακας 4.4: Δείκτης ατυχημάτων συγκριτικά με RipCord ISEREST Project	48
Πίνακας 4.5: Οριακές τιμές παραμέτρων σχεδιασμού σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς	51
Πίνακας 4.6: Καμπύλες εκτός οριακών τιμών κανονισμών (Χ.Θ. 4+800 έως 20+000)	53
Πίνακας 4.7: Χαρακτηριστικά κανιστροειδών καμπυλών	54
Πίνακας 4.8: Επιβαλλόμενη ταχύτητα από τα υπάρχοντα γεωμετρικά χαρακτηριστικά	57
Πίνακας 4.9: Αποτελέσματα ελέγχου επάρκειας ορατότητας για στάση	59
Πίνακας 4.10: Υφιστάμενα όρια ταχύτητας	62
Πίνακας 4.11: Προτεινόμενα όρια ταχύτητας	63
Πίνακας 4.12: Συνδυασμός τριών Κριτηρίων σε ένα (Safety Module)	64
Πίνακας 4.13: Παραδείγματα Safety Module	64
Πίνακας 4.14: Γεωμετρικά στοιχεία με μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού για το Κριτήριο Ασφάλειας II	65
Πίνακας 5.1: Μετρημένες ταχύτητες και επιταχύνσεις στις καμπύλες	75
Πίνακας 5.2: Πλευρικές επιταχύνσεις για ταχύτητες V_e , V_e+10 , V_e+20 , V85	88
Πίνακας 5.3: Σύγκριση Ταχυτήτων και Επιταχύνσεων μεταξύ Προσομοίωσης και Πραγματικών	

Δεδομένων	100
Πίνακας 5.4: Θέσεις Μη Αποδεκτής ποιότητας σχεδιασμού αναφορικά με την επιβράδυνση	103
Πίνακας 5.5: Καμπύλες όπου παραβιάζεται το όριο αντοχής των οδηγών κατά McGee et al.	104
Πίνακας 5.6: Καμπύλες όπου παραβιάζεται το όριο αντοχής των οδηγών κατά McGee et al. για διέλευση με τη λειτουργική ταχύτητα και ιστορικό ατυχημάτων	105
Πίνακας 5.7: Θέσεις μειωμένης οδικής ασφάλειας, πλευρικές επιταχύνσεις και διασπορά ταχυτήτων	111

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης σε συνάρτηση με την χλιομέτρηση	10
Σχήμα 2.2: Συνεχής κανονική κατανομή	13
Σχήμα 2.3: Ομοιογένεια σχεδιασμού και τυπική απόκλιση ταχύτητας	15
Σχήμα 2.4: V85 συναρτήσει της ακτίνας οριζόντιας καμπύλης, για διαφορετικές συνθήκες κατά μήκους κλίσης	20
Σχήμα 2.5: V85 συναρτήσει της καμπυλότητας (1/R), για διαφορετικές συνθήκες κατά μήκους κλίσης	21
Σχήμα 2.6: Επιβράδυνση συναρτήσει της ακτίνας οριζόντιας καμπύλης	22
Σχήμα 2.7: Επιτάχυνση συναρτήσει της ακτίνας οριζόντιας καμπύλης	22
Σχήμα 2.8: Μοντέλο εγκάρσιας ευστάθειας	24
Σχήμα 2.9: Αναπτυσσόμενες δυνάμεις κατά την κίνηση σε καμπύλη τροχιά	25
Σχήμα 3.1: Χαρακτηρισμός ευθυγραμμίων βάσει μήκους και ταχύτητας	32
Σχήμα 3.2: Στοιχεία ελέγχου ορατότητας από τον πλευρικό ελεύθερο οπτικών εμποδίων χώρο	35
Σχήμα 4.1: Εξεταζόμενο οδικό τμήμα (Google Earth)	37
Σχήμα 4.2: Εξοπλισμός αποτύπωσης	38
Σχήμα 4.3: Γεωαναφερμένη εικόνα υψηλής ανάλυσης	39
Σχήμα 4.4: Διάγραμμα ροής H12	40
Σχήμα 4.5: Θέση 1: Χ.Θ.: 4+200 έως 4+400, 6 συμβάντα, 16 τραυματίες	43
Σχήμα 4.6: Θέση 4: Χ.Θ.: 8+700 έως 9+000, 12 συμβάντα, 31 τραυματίες, 2 νεκροί	44
Σχήμα 4.7: Θέση 6: Χ.Θ.: 11+000 έως 11+200, 4 συμβάντα, 8 τραυματίες	44
Σχήμα 4.8: Θέση 7: Χ.Θ.: 11+700 έως 12+200, 7 συμβάντα, 16 τραυματίες	45
Σχήμα 4.9: Θέση 8: Χ.Θ.: 12+400 έως 12+600, 14 συμβάντα, 2 νεκροί, 36 τραυματίες	46
Σχήμα 4.10: Χ.Θ.: 19+700 έως 20+100, Επικίνδυνες θέσεις για πεζούς	46
Σχήμα 4.11: Δείκτης Ατυχημάτων συναρτήσει της Ελικτότητας	50
Σχήμα 4.12: Διατομή με Λωρίδα Πολλαπλών Χρήσεων (Λ.Π.Χ.)	52
Σχήμα 4.13: Γωνιακό διάγραμμα και κανιστροειδής καμπύλη 3 κυκλικών τόξων	54
Σχήμα 4.14: Διατομή με Λωρίδα Βραδυπορείας	55
Σχήμα 4.15: Αντικανονική προσπέραση περί την Χ.Θ. 13+000 σε ευθυγραμμία μήκους 170 m	56
Σχήμα 5.1: Επιταχυνσιόμετρο και δέκτης GPS	72
Σχήμα 5.2: Απόσπασμα προφίλ ταχυτήτων	74

Σχήμα 5.3:Απόσπασμα προφίλ διαμήκουσ επιτάχυνσης Gx	74
Σχήμα 5.4:Απόσπασμα προφίλ εγκάρσιας επιτάχυνσης Gy	74
Σχήμα 5.5:Απόσπασμα προφίλ εγκάρσιας επιτάχυνσης Gy, σε καμπύλες, Χ.Θ. 7+800 έως 8+400	75
Σχήμα 5.6:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 61m	77
Σχήμα 5.7:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 70m	77
Σχήμα 5.8:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 73m	78
Σχήμα 5.9:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 76m	78
Σχήμα 5.10:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 90m	79
Σχήμα 5.11:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 95m	79
Σχήμα 5.12:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 98m	80
Σχήμα 5.13:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 100m	80
Σχήμα 5.14:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 103m	81
Σχήμα 5.15:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 113m	81
Σχήμα 5.16:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 114m	82
Σχήμα 5.17:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 124m	82
Σχήμα 5.18:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 128m	83
Σχήμα 5.19:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 137m	83
Σχήμα 5.20:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 160m	84
Σχήμα 5.21:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 186m	84
Σχήμα 5.22:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 192m	85
Σχήμα 5.23:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσσει τής ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας	

203m	85
Σχήμα 5.24:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 227m	86
Σχήμα 5.25:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 283m	86
Σχήμα 5.26:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 492m	87
Σχήμα 5.27: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για ταχύτητα V_e ..	89
Σχήμα 5.28: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για ταχύτητα V_e+10 ..	90
Σχήμα 5.29: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για ταχύτητα V_e+20 ..	91
Σχήμα 5.30: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για ταχύτητα V_{85} ..	92
Σχήμα 5.31: Συγκριτικό διάγραμμα μετρημένων επιταχύνσεων για V_e , V_e+10 , V_e+20	93
Σχήμα 5.32: Συγκριτικό διάγραμμα μετρημένων και θεωρητικών επιταχύνσεων για V_e , V_e+10 , V_e+20	94
Σχήμα 5.33:Διάγραμμα γερμανικών μετρήσεων πλευρικών επιταχύνσεων για χαρακτηριστικές οδηγικές συμπεριφορές	96
Σχήμα 5.34: Συγκριτικό διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για χαλαρή οδηγική συμπεριφορά	97
Σχήμα 5.35: Συγκριτικό διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για κανονική οδηγική συμπεριφορά	98
Σχήμα 5.36: Συγκριτικό διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για σπορ οδηγική συμπεριφορά	99
Σχήμα 5.37: Σύγκριση προφίλ ταχύτητας προσομοίωσης και μετρήσεων	102
Σχήμα 5.38:Απόσπασμα προφίλ εγκάρσιας επιτάχυνσης G_y σε κανιστροειδείς καμπύλες ..	107
Σχήμα 5.39:Απόσπασμα προφίλ ταχύτητας στην κανιστροειδή καμπύλη 3	108
Σχήμα 5.40:Απόσπασμα προφίλ διαμήκου επιτάχυνσης G_x στην κανιστροειδή καμπύλη 3 ...	108
Σχήμα 5.41:Απόσπασμα προφίλ εγκάρσιας επιτάχυνσης G_y στην κανιστροειδή καμπύλη 3 ...	109

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο της παρούσης διπλωματικής εργασίας, γίνεται μια γενική περιγραφή του προβλήματος που έδωσε το ερέθισμα για την εκπόνηση αυτής της έρευνας, μια αναφορά στον προς επίτευξη στόχο και παρουσιάζεται συνοπτικά η διάρθρωση της εργασίας μέσω μιας σύντομης περιγραφής των επί μέρους κεφαλαίων.

1.1 Οδική Ασφάλεια

Η οδική ασφάλεια είναι ένας τομέας που απασχολεί έντονα τις πολιτισμένες κοινωνίες. Κι αυτό γιατί τα πάρα πολλά δυστυχήματα που έχουν συμβεί και συμβαίνουν στο οδικό δίκτυο (τόσο στο ελληνικό όσο και άλλων χωρών), έχουν πολύ σοβαρές επιπτώσεις. Για να γίνει κατανοητή η σοβαρότητα της κατάστασης αρκεί να παρατηρηθούν οι δημοσιευμένοι δείκτες οι οποίοι αποτυπώνουν τη θλιβερή πραγματικότητα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, κάθε χρόνο 1,2 εκατομμύρια υγιείς άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους σε τροχαία δυστυχήματα, ενώ 20 με 50 εκατομμύρια τραυματίζονται ή καταλήγουν ανάπηροι για το υπόλοιπο της ζωής τους. Εξαιρετικά μεγάλο θεωρείται και το κόστος για τις εθνικές οικονομίες, καθώς έχει υπολογιστεί ότι ανέρχεται σε ποσοστό 1% με 2% του εθνικού προϊόντος (World Health Organisation, 2004). Σε όλα αυτά πρέπει να υπολογιστεί και η ψυχική οδύνη όλων όσων επηρεάζονται από τις συνέπειες ενός θανάτου ή και σοβαρού τραυματισμού.

Μια οδός θα μπορούσε να χαρακτηριστεί απολύτως ασφαλής αν δεν γινόταν σε αυτήν καμία σύγκρουση. Συγκρούσεις όμως συμβαίνουν σε όλο το οδικό δίκτυο που βρίσκεται σε λειτουργία, γι' αυτό η διατύπωση πώς μια οδός είναι απολύτως ασφαλής είναι εσφαλμένη (Hauer, 1997).

Οι συγκρούσεις έχουν πολλές και διαφορετικές αιτίες που απορρέουν από τις πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ τριών συνιστωσών:

- Οδηγός
- Όχημα
- Οδικό δίκτυο

Παρ' όλα αυτά, αν οι συγκρούσεις αξιολογηθούν βάσει στατιστικά σημαντικών αριθμών, δείχνουν ότι εξαρτώνται από παράγοντες που μπορούν να προσδιοριστούν (Lamm et al., 1999).

Ο οδηγός, αποτελεί ίσως τον κυριότερο παράγοντα στην πρόκληση μιας σύγκρουσης, καθώς σε πολύ μεγάλο βαθμό, είναι ο κύριος υπεύθυνος της κατάστασης. Η συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα συμπεριλαμβάνεται εμμέσως σε όλες τις διερευνήσεις τροχαίων ατυχημάτων. Η δυσκολία της απόλυτης κατανόησης και ανάλυσης αυτού του παράγοντα, καταδεικνύεται από το γεγονός πως αποτελεί ένα ξεχωριστό και εκτεταμένο πεδίο έρευνας (human factors).

Όσον αφορά τον παράγοντα όχημα, βαίνουμε διαρκώς προς καλύτερα επίπεδα τόσο ενεργητικής όσο και παθητικής ασφάλειας. Δεν είναι υπερβολή λοιπόν να ισχυριστούμε πως τα οχήματα όσο εξελίσσονται, γίνονται ολοένα και ασφαλέστερα. Όμως, το σύνολο των κυκλοφορούντων οχημάτων δεν αποτελείται μόνο από σύγχρονα τροχοφόρα, αλλά και από απαρχαιωμένα ή/και ασυντήρητα.

Τελευταίος παράγοντας το οδικό δίκτυο, το οποίο αποτελεί ορισμένες φορές γενεσιουργό αιτία τροχαίου συμβάντος. Είτε γιατί η γεωμετρία του ωθεί τους χρήστες σε λάθη κρίσεως που με τη

σειρά τους οδηγούν σε λανθασμένη οδηγική συμπεριφορά, είτε γιατί το οδικό περιβάλλον δεν είναι συγχωρητικό, «τιμωρώντας» έτσι τα λάθη των χρηστών με ολέθριες συνέπειες.

1.2 Ομοιογένεια Γεωμετρικού Σχεδιασμού (Geometric Design Consistency)

1.2.1 Ορισμός

Σημαντικό «εργαλείο» των οδοποιών για την βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας, είναι η εξέταση της ομοιογένειας του γεωμετρικού σχεδιασμού (geometric design consistency). Η ύπαρξη ομοιογενούς σχεδιασμού συνεπάγεται ότι ο γεωμετρικός σχεδιασμός δεν παραβιάζει ούτε την προσδοκία του οδηγού (expectation of the motorist) ούτε την ικανότητα του να καθοδηγεί και να ελέγχει το όχημά του με ασφαλή τρόπο (Glennon and Harwood, 1978). Στον αντίποδα, ως ανομοιογένεια στον σχεδιασμό (inconsistency in design) θα μπορούσε να οριστεί ένα γεωμετρικό χαρακτηριστικό ή ακόμα και συνδυασμός αυτών που απαιτούν ιδιαίτερη προσπάθεια από τον οδηγό (driver workload), με αποτέλεσμα τον πιθανό αιφνιδιασμό των αυτοκινητιστών που μπορεί να επιφέρει μη ασφαλή οδηγική συμπεριφορά.

1.2.2 Προσδοκία του Οδηγού (Driver Expectancy)

Σε γενικές γραμμές ο όρος προσδοκία (expectancy), μπορούμε να πούμε ότι αντιπροσωπεύει ένα σύνολο πιθανών γεγονότων αναφορικά με μια δεδομένη κατάσταση (Sanders, 1966). Η προσδοκία είναι ένας παράγων που επηρεάζει τον χρόνο αντίληψης και αντίδρασης και την επαγρύπνηση. Τα προαναφερθέντα επηρεαζόμενα στοιχεία αποτελούν αναπόσπαστα και ιδιαίτερης σημασίας συστατικά της οδήγησης, και ως εκ τούτου πρέπει να δίνεται η δέουσα προσοχή στην προσδοκία των οδηγών.

Ειδικότερα για τον τομέα των μεταφορών, ο Ellis (1972) διατύπωσε τον εξής ορισμό:

Η προσδοκία του οδηγού σχετίζεται με τα παρατηρούμενα και μετρούμενα στοιχεία του οδικού περιβάλλοντος τα οποία:

1. αυξάνουν την ετοιμότητα του οδηγού ώστε να εκτελέσει μια οδηγική διαδικασία μ' έναν συγκεκριμένο τρόπο, και
2. επιτρέπουν στον οδηγό να συνεχίσει αυτήν τη διαδικασία έως ότου ολοκληρωθεί ή διακοπεί

Παρεμφερής ορισμός διατυπώθηκε και από τους Alexander and Lunenfeld (1986):

Η προσδοκία του οδηγού σχετίζεται με την ετοιμότητα αυτού να ανταποκρίνεται σε καταστάσεις, γεγονότα και πληροφορίες, με προβλέψιμο και ασφαλή τρόπο.

Συνοψίζοντας, η ομοιογένεια του γεωμετρικού σχεδιασμού (geometric design consistency) αναφέρεται στην συμμόρφωση της γεωμετρίας της οδού με την προσδοκία του οδηγού (driver expectancy).

1.3 Περιγραφή Προβλήματος

Οι υπεραστικές οδοί 2 λωρίδων κυκλοφορίας αποτελούν τους πιο επικίνδυνους δρόμους. Στο δίκτυο υπεραστικών οδών των ΗΠΑ (US highway system), το μεγαλύτερο ποσοστό των συγκρούσεων λαμβάνει χώρα σε τέτοιου τύπου οδούς. Οι συγκρούσεις αυτές οφείλονται τόσο σε οδηγικό λάθος όσο και σε σχεδιαστική ανεπάρκεια. (NCHRP, 2003).

Σύμφωνα με RIPCORT-ISEREST Project (2005), από όλες τις τροχαίες συγκρούσεις που οδηγούν σε θάνατο, ένα ποσοστό γύρω στο 60% συμβαίνει σε υπεραστικές οδούς 2 λωρίδων κυκλοφορίας. Περισσότερα από τα μισά θανατηφόρα συμβάντα έχουν προκύψει από σύγκρουση ενός μεμονωμένου οχήματος, ενώ το 70% των συγκρούσεων που καταλήγουν σε θάνατο έχουν επηρεαστεί από την χάραξη της οδού. Σε αυτού του τύπου δρόμους, οι ταχύτητες αλλάζουν αισθητά για διάφορες καμπυλότητες, ιδιαίτερα σε καμπύλες με ακτίνες μικρότερες των 300m. Οι αλλαγές στην ταχύτητα σχετίζονται έντονα με υψηλή συγκέντρωση ατυχημάτων.

Στη βάση αυτού του προβλήματος λοιπόν, επιλέχθηκε να εξεταστεί ένα τμήμα της ΕΟ3, και πιο συγκεκριμένα το τμήμα Λαμία - Δομοκός. Το τμήμα αυτό χαρακτηρίζεται από τμήματα με ιδιαίτερως προσαρμοσμένη στο ανάγλυφο οριζοντιογραφία, με καμπύλες ακτίνας ακόμη και 60m, τόξα κανίστρου σε ορισμένες θέσεις και κατά τόπους έντονες κατά μήκος κλίσεις.

1.4 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος του πρώτου σκέλους της διπλωματικής εργασίας, ήταν η αξιολόγηση του τμήματος Λαμία - Δομοκός ως προς την ομοιογένεια του γεωμετρικού σχεδιασμού (geometric design consistency), η ανάδειξη και κατηγοριοποίηση των όποιων προβλημάτων με βάση την κρισιμότητα και διερεύνηση για το αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των καταγεγραμμένων ατυχημάτων και των ανομοιογενειών του σχεδιασμού.

Αναφορικά με το δεύτερο σκέλος, στόχο αποτέλεσε η σύγκριση της πλευρικής ή εγκάρσιας επιτάχυνσης (ως ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας) που δέχονται οι οδηγοί αλλά και οι επιβάτες των οχημάτων με τα όρια που παρουσιάζονται στην διεθνή βιβλιογραφία, για διάφορες ταχύτητες.

1.5 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάστηκε η εισαγωγή. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση, αναλύοντας τους γενικούς τομείς των διαφόρων γνωστικών πεδίων και τις έρευνες που μελετήθηκαν με στόχο την απόκτηση του απαιτούμενου θεωρητικού υποβάθρου για την υλοποίηση της παρούσης μελέτης. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αξιολόγηση ασφαλείας της εξεταζόμενης οδού. Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά στην ανάλυση και παρουσίαση των μετρήσεων για την αποτύπωση και την αξιολόγηση της υφιστάμενης υποδομής. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται οι μετρήσεις που έγιναν για την καταγραφή και αξιολόγηση των λειτουργικών επιταχύνσεων καθώς και τα ευρήματα που προέκυψαν από την επεξεργασία τους. Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο, αναλύονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια εκτενής ανάλυση όλων των γνωστικών τομέων που μελετήθηκαν και ελήφθησαν υπ' όψιν για την εκπόνηση της παρούσης διπλωματικής εργασίας.

2.1 Γενικά

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής κυρίαρχη πρακτική για την αξιολόγηση της ομοιογένειας σχεδιασμού (design consistency), είναι η προσέγγιση που βασίζεται στην ταχύτητα σχεδιασμού (design speed) του AASHTO. Η προσέγγιση αυτή όμως, λόγω ορισμένων προβλημάτων, είναι πιθανόν να μην μπορεί να εγγυηθεί τα απαιτούμενα επίπεδα ομοιογένειας. Η διεθνής εμπειρία καθώς και αμερικανικές έρευνες επιβεβαιώνουν πως πρέπει να χρησιμοποιούνται μέθοδοι που βασίζονται στην λειτουργική ταχύτητα (operating speed), ιδίως σε υπεραστικές οδούς με χαμηλή ταχύτητα μελέτης, όπου οι επιλεγόμενες από τους οδηγούς ταχύτητες είναι σαφώς υψηλότερες από αυτή του σχεδιασμού (NCHRP, 2003).

2.2 Στοιχεία Γεωμετρικού Σχεδιασμού

Παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό των οδών, αποτελούν οι εξής: ταχύτητα μελέτης, ορατότητα, οριζόντια και κατακόρυφη χάραξη, η διαμόρφωση της διατομής και τέλος οι κόμβοι. Ακολουθεί μια συνοπτική ανάλυση των βασικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την ομοιογένεια του σχεδιασμού.

2.2.1 Ορατότητα

Το μήκος ορατότητας ορίζεται από το τμήμα της οδού που εκτίθεται στο οπτικό πεδίο του οδηγού κάθε χρονική στιγμή. Η συνέπεια μεταξύ των αντιληπτών από τον οδηγό απαιτήσεων και των πραγματικών απαιτήσεων της οδού, είναι μια συνάρτηση του μήκους ορατότητας και της εμπειρίας του οδηγού με την οδό. Όσο μικρότερο είναι το μήκος ορατότητας, τόσο λιγότερη είναι η διαθέσιμη οπτική πληροφορία για αξιολόγηση, με αποτέλεσμα την πιο συχνή αναθεώρηση των προβλέψεων από τον οδηγό. Όταν το μήκος ορατότητας περιορίζεται, η σημασία της εμπειρίας του οδηγού με την οδό αυξάνεται. Η εμπειρία με την οδό είναι συνάρτηση:

- του αριθμού διελεύσεων από ένα συγκεκριμένο τμήμα της οδού
- της ομοιότητας της οδού με άλλες με τις οποίες ο οδηγός έχει πρότερη εμπειρία
- της ακρίβειας των προβλέψεων που πρόσφατα έχει κάνει για την οδό στην οποία κινείται

Ένας οδηγός προσδοκά ότι η γεωμετρία της οδού χαρακτηρίζεται από ομοιογένεια και ότι είναι προβλέψιμη ακόμη και όταν το μήκος ορατότητας περιορίζεται. Η ομοιογένεια της γεωμετρίας της οδού επιτρέπει στην προσοχή και στην ικανότητα του οδηγού να επικεντρώνεται στην αποφυγή απροσδόκητων εμποδίων και στην οδήγηση.

Η ασφάλεια της κυκλοφορίας και η ποιότητα της κυκλοφοριακής ροής απαιτούν την ύπαρξη ελάχιστων μηκών ορατότητας, προκειμένου να είναι δυνατή η έγκαιρη ακινητοποίηση ενός οχήματος, η ασφαλής προσπέραση καθώς και η ασφαλής εξέλιξη της απόφασης του οδηγού για αλλαγή πορείας. Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση είναι καθοριστικής σημασίας για την αξιολόγηση των συνθηκών ορατότητας. Το ίδιο ισχύει και για το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση, σε υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας.

2.2.2 Χάραξη σε Οριζοντιογραφία και Ομοιογένεια

Κατά την ανάπτυξη πρακτικών για την εξέταση της ομοιογένειας σχεδιασμού, ανακύπτουν προκλήσεις όσων αφορά την αποσαφήνιση των ανομοιογενών οριζόντιων καμπυλών. Παραδείγμα-τος χάριν σε μια οδό που κείται εξ' ολοκλήρου επί ορεινού εδάφους, οι αυτοκινητιστές αναμένουν να συναντήσουν μικρής ακτίνας οριζόντιες καμπύλες και μειωμένη ταχύτητα που εναρμονίζεται με την τοπογραφία. Σε αυτή την περίπτωση, μια καμπύλη μεγάλης ακτίνας μπορεί να θεωρηθεί ανομοιογενής, καθώς προσδίδει ένα αίσθημα ασφαλείας στους οδηγούς που δεν αρμόζει στις επερχόμενες καμπύλες. Αν όλα βαίνουν καλώς, μια οδός με παρεμφερούς ακτίνας οριζόντιες καμπύλες, αναμένεται να έχει μικρότερη εμφάνιση συγκρούσεων συγκριτικά με μια άλλη που χαρακτηρίζεται από έντονες διακυμάνσεις στις ακτίνες.

Ιστορικά, το κρίσιμότερο στοιχείο του γεωμετρικού σχεδιασμού που επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά και εμφανίζει τη μεγαλύτερη τάση για συγκρούσεις, είναι η οριζόντια καμπύλη (Krammes et al., 1995). Οι συγκρούσεις που λαμβάνουν χώρα σε οριζόντιες καμπύλες είναι 1.5 με 4 φορές περισσότερες από αυτές που συμβαίνουν στις ευθυγραμμίες (Zegeer et al., 1992). Διεξαχθείσες έρευνες πάνω στην λειτουργία και την ασφάλεια των υπεραστικών οδών δύο λωρίδων κυκλοφορίας, έδειξε ότι οριζόντιες καμπύλες με ταχύτητα μελέτης χαμηλότερη της προτιμώμενης από την πλειοψηφία οδηγών, εμφανίζουν ανομοιογένεια στην λειτουργική ταχύτητα η οποία αυξάνει την πιθανότητα σύγκρουσης (Krammes et al., 1995). Η αυξημένη συχνότητα συγκρούσεων στις οριζόντιες καμπύλες σχετίζεται με ποικίλους παράγοντες όπως: περιορισμένο μήκος ορατότητας, αμέλεια από πλευράς του οδηγού, λανθασμένη εκτίμηση ταχύτητας κ.α.

Σκοπός της παροχής στους οδηγούς της επιθυμητής για αυτούς γεωμετρίας, είναι τα χαρακτηριστικά αυτής να συμμορφώνονται με αυτά που περιμένουν οι αυτοκινητιστές βάσει της εμπειρίας τους με παρεμφερείς οδούς ή και με πρότερα τμήματα της εν χρήσει οδού. Μεγάλες διαφορές και απότομες αλλαγές στην οριζόντια χάραξη πρέπει να αποφεύγονται ώστε να αποφευχθεί η αύξηση της καταπόνησης του οδηγού (driver workload). Σημαντική αύξηση της καταπόνησης του οδηγού μπορεί να οδηγήσει σε μη ασφαλή οδηγική συμπεριφορά και κατ' επέκταση σε σύγκρουση.

2.2.3 Κατακόρυφη Χάραξη

Η κατακόρυφη χάραξη προσπαθεί να προσαρμόσει την οδό όσο καλύτερα γίνεται στο υπάρχον ανάγλυφο, χωρίς να παραβιάζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις σε ορατότητα τουλάχιστον για στάση. Η ομαλή μετάβαση μεταξύ των εφαιπτόμενων σταθερής κατά μήκος κλίσης, επιτυγχάνεται με την παρεμβολή κατακόρυφων καμπυλών. Ο ιδανικός σχεδιασμός αυτών των στοιχείων εξασφαλίζει τις κατάλληλες συνθήκες ορατότητας. Πολλές φορές, η ύπαρξη έντονου αναγλύφου καθιστά την εξασφάλιση των ιδανικών συνθηκών ορατότητας αντισοικονομική και γι' αυτόν τον λόγο έχουν κατασκευασθεί κατακόρυφες καμπύλες που δεν παρέχουν τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας. Οι καμπύλες αυτές καθαυτές, δεν παραβιάζουν την προσδοκία του οδηγού. Όταν όμως απότομες οριζοντιογραφικές καμπύλες ή και κόμβοι διαδέχονται αυτές τις κατακόρυφες καμπύλες, τότε παραβιάζεται η προσδοκία του οδηγού και ο συνδυασμός αυτών των στοιχείων μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανομοιογενής.

Η επίτευξη αρμονίας μεταξύ οριζόντιας και κατακόρυφης χάραξης είναι καίριας σημασίας. Ο συνδυασμός οριζόντιας και κατακόρυφης καμπύλης αυξάνει την καταπόνηση του οδηγού και επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά με όλες τις παρελκόμενες αρνητικές συνέπειες. Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει κάποια ποσοτική μέθοδος που να μπορεί να εκτιμήσει την επιρροή του συνδυασμού οριζόντιας και κατακόρυφης καμπύλης στην οδηγική συμπεριφορά. Ο μοναδικός τρόπος

για έλεγχο αυτής της κατάστασης είναι μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης, με στόχο να αποφεύγονται δυσμενείς συνδυασμοί (π.χ. κυρτή κατακόρυφη καμπύλη ακολουθούμενη από κλειστή οριζοντιογραφική καμπύλη) και να εξασφαλίζεται κατά το δυνατόν μια αρμονική από αισθητικής πλευράς προοπτική εικόνα της οδού.

2.2.4 Διατομή

Η ασφάλεια, η κυκλοφοριακή ικανότητα και η οικονομία αποτελούν τα βασικά κριτήρια επιλογής των στοιχείων της διατομής. Πέραν του πλάτους της λωρίδας κυκλοφορίας, βασικό στοιχείο της διατομής που επηρεάζει την συμπεριφορά των οδηγών, είναι ο χώρος που ορίζεται από το εξωτερικό κατά τη φορά κίνησης όριο της επιφάνειας κυκλοφορίας, μέχρι το όριο του καταστρώματος. Ο χώρος αυτός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διόρθωση σφαλμάτων κατά την πορεία των οχημάτων (εκτροπές από την επιθυμητή τροχιά), μπορεί να αποτελείται από σταθεροποιημένο ή μη σταθεροποιημένο έρεισμα ή και από βατές από τα οχήματα διατάξεις αποχέτευσης και αποστράγγισης. Σε οδούς 2 λωρίδων κυκλοφορίας, οι στενού πλάτους λωρίδες συνοδεύονται συνήθως και από μη επιθυμητά πλάτη ερεισμάτων. Η βελτίωση του πλάτους των ερεισμάτων και η μετακίνηση πλευρικών εμποδίων μπορεί να μειώσει τόσο την σφοδρότητα όσο και την συχνότητα των συγκρούσεων που οφείλονται σε εκτροπές (Zegeer et al., 1992).

Οι απότομες αλλαγές στα χαρακτηριστικά της διατομής και του παρόδιου περιβάλλοντος, αυξάνουν τις απαιτήσεις από τους οδηγούς. Ως απότομες αλλαγές μπορούν να θεωρηθούν:

- οι μεταβολές στο πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας
- η μείωση στο πλάτος του ερείσματος
- οι στενές γέφυρες

Η τήρηση των κανονισμών στην διαμόρφωση του πλευρικού χώρου, συμβάλλει στην εξασφάλιση των απαιτούμενων συνθηκών ορατότητας, μειώνει την σφοδρότητα των συγκρούσεων βελτιώνοντας έτσι τα επίπεδα ασφάλειας και ενσωματώνει όσο το δυνατόν πιο αρμονικά το οδικό έργο στο φυσικό περιβάλλον.

2.2.5 Κόμβοι

Κατά τον σχεδιασμό ενός κόμβου, πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν ποικίλοι παράγοντες όπως: ο ανθρώπινος παράγοντας, ο κυκλοφοριακός φόρτος, φυσικοί περιορισμοί, οικονομία. Και προκειμένου ένας κόμβος να λειτουργεί ασφαλώς και αποτελεσματικά, πρέπει να υπάρχει μια αρμονία μεταξύ στοιχείων όπως οι ακτίνες στροφής, οι λωρίδες επιβράδυνσης και επιτάχυνσης, οι λωρίδες αριστερών στροφών κλπ.

Η ασφάλεια ενός κόμβου επηρεάζεται πρωτίστως από τη γωνία τομής των διασταυρωμένων αξόνων. Η ιδανική γωνία τομής είναι η ορθή. Αν η επίτευξη της καθετότητας δεν είναι εφικτή, η αποχή 20 grad από την ορθή μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή (RAS-K-1, 1988). Η γωνία τομής εκτός του εύρους 80 και 120 grad, αυξάνει την περιοχή διασταύρωσης, περιορίζει την ορατότητα, αυξάνει την ακτίνα στροφής των βαρέων οχημάτων και αυξάνει τον χρόνο παραμονής στην διασταύρωση μέχρι να ολοκληρωθεί η μετάβαση στον επιθυμητό άξονα. Ακόμη, μια περίπτωση επικίνδυνων κόμβων, είναι αυτοί στους οποίους η δευτερεύουσα οδός εγκαταλείπει την πρωτεύουσα συγγραμμικά με ευθυγραμμία ενώ ακολουθεί οριζοντιογραφική καμπύλη. Οι οδηγοί αναγκάζονται να μεταβάλλουν την πορεία τους για να μην εγκαταλείψουν την οδό στην οποία κινούνται, παρ' όλο που η πρότερη ευθύγραμμη πορεία τους συνεχίζεται. Αυτού του τύπου κόμβοι αποτελούν χαρακτηριστικό δείγμα ανομοιογενούς σχεδιασμού.

2.3 Μεθοδολογίες

2.3.1 Γενικά

Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για την αξιολόγηση και την επίτευξη της ομοιογένειας σχεδιασμού (design consistency). Οι μέθοδοι επικεντρώνονται στην επιλογή ενός μεγέθους (π.χ. λειτουργική ταχύτητα) και στοχεύουν στον περιορισμό της μεταβλητότητας του μεγέθους αυτού. Η επιλογή του κατάλληλου μεγέθους είναι κρίσιμης σημασίας για την αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Συνήθη μεγέθη που επιλέγονται και θα σχολιαστούν είναι: η λειτουργική ταχύτητα, η καταπόνηση του οδηγού (driver workload), η διασπορά των ταχυτήτων και οι δείκτες χάραξης (alignment indices).

Η ταχύτητα είναι ένα έντονα μεταβαλλόμενο μέγεθος που είναι απόρροια της αντίληψης του οδηγού σχετικά με την οδό και το άμεσο περιβάλλον. Οι αλλαγές του οδικού περιβάλλοντος που γίνονται αντιληπτές στον οδηγό, αντικατοπτρίζονται άμεσα στην ταχύτητα που αυτός επιλέγει. Οι αυξομειώσεις της ταχύτητας δεν μπορούν να εξαλειφθούν. Ωστόσο, ο περιορισμός τους εντός αποδεκτών ορίων, μειώνει την πιθανότητα επιλογής μη ενδεδειγμένης ταχύτητας.

Η καταπόνηση του οδηγού (driver workload), αποτελεί επίσης ένα μέγεθος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των επιπέδων ομοιογένειας. Περιορίζοντας την καταπόνηση σε αποδεκτά επίπεδα, μειώνεται και η πιθανότητα υπερφόρτωσης των πνευματικών λειτουργιών του οδηγού. Ένα μέγεθος που σχετίζεται άμεσα με την καταπόνηση, είναι η οπτική απαίτηση (visual demand). Η οπτική απαίτηση θεωρείται ότι μπορεί να αποτελέσει μέσο εκτίμησης της καταπόνησης του οδηγού, γιατί η οδήγηση βασίζεται στην όραση. Μετρώντας τον όγκο της δεχόμενης από τον οδηγό οπτικής πληροφορίας, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η καταπόνηση που υφίσταται ο χρήστης.

Τα στατιστικά μεγέθη ενός δείγματος ταχυτήτων είναι μια εναλλακτική μορφή για την αξιολόγηση της ομοιογένειας σχεδιασμού και χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση πιθανών προβλημάτων σε συγκεκριμένους δρόμους. Στοιχεία χάραξης που εμφανίζουν μεγάλη μεταβλητότητα στις παρατηρημένες ταχύτητες, αποτελούν περιοχές επίφοβες για οδηγικό λάθος. Επίσης, η ύπαρξη σημαντικών αλλαγών στην κατανομή των ταχυτήτων, φανερώνει λανθάνουσες ανομοιογένειες στον σχεδιασμό.

2.3.2 Δείκτες Χάραξης (Alignment Indices)

Οι δείκτες χάραξης αποτελούν ένα ποσοτικό μέγεθος της μορφής της χάραξης ενός οδικού τμήματος. Χωρίζονται σε δείκτες οριζόντιας χάραξης και δείκτες κατακόρυφης χάραξης και ορίζονται από τις διαστάσεις των στοιχείων χάραξης. Γενικά είναι εύχρηστοι και εύκολοι στην κατανόηση και επεξήγησή τους. Η χρήση τους αποσκοπεί είτε στην άμεση εκτίμηση των επιπέδων σχεδιαστικής ομοιογένειας, είτε εμμέσως στον προσδιορισμό της ταχύτητας V85 σε υπεραστικές οδούς 2 λωρίδων κυκλοφορίας.

Από όλους τις δείκτες χάραξης που μελετήθηκαν από Fitzpatrick et al. (1999), ουδείς θεωρείται στατιστικά αξιόπιστος για την πρόβλεψη της επιλεγόμενης από τους οδηγούς ταχύτητας σε ευθυγραμμίες. Παρόλα αυτά έχουν τη δυνατότητα να δώσουν μια γενική εικόνα για την ομοιογένεια σχεδιασμού μιας υπεραστικής οδού 2 λωρίδων κυκλοφορίας. Περιπτώσεις ανομοιογένειας μπορεί να αποτελούν:

- Έντονη μείωση ή αύξηση στους δείκτες χάραξης διαδοχικών οδικών τμημάτων

- Μεγάλος ρυθμός μεταβολής στους δείκτες χάραξης για ορισμένο μήκος οδικού τμήματος
- Μεγάλη διαφορά μεταξύ της τιμής ενός μεμονωμένου στοιχείου και της μέσης τιμής του αντίστοιχου δείκτη χάραξης

Για κάθε μια από τις προαναφερθείσες περιπτώσεις πρέπει να καθοριστεί το ποσοστό μεταβολής που μπορεί να υποδεικνύει ανομοιογένεια. Ο προσδιορισμός της μέσης τιμής των γεωμετρικών παραμέτρων μπορεί να δώσει μια γενική εικόνα για τον χαρακτήρα της οδού. Ως εκ τούτου, ένα μεμονωμένο γεωμετρικό στοιχείο που αποκλίνει πολύ από την μέση τιμή αποτελεί μια πιθανή ανομοιογένεια.

Δείκτες Οριζόντιας Χάραξης

- Ελικτότητα (Curvature Change Rate - CCR) (grad/km)

$$CCR = \frac{\sum \Delta_i}{\sum L_i}$$

όπου:

Δ : η γωνία θλάσης της πολυγωνικής (grad)

L: το μήκος του στοιχείου χάραξης (km)

- Βαθμός Καμπύλης (Degree of Curvature - DC) (grad/km)

$$DC = \frac{\sum DC_i}{\sum L_i}$$

όπου:

DC: ο βαθμός καμπύλης του μεμονωμένου στοιχείου χάραξης (grad)

L: το μήκος του στοιχείου χάραξης (km)

- Λόγος Μήκους Καμπυλών προς Μήκος Οδικού Τμήματος (Curve Length : Roadway Length - CL:RL)

$$CL : RL = \frac{\sum (CL)_i}{\sum L_i}$$

όπου:

CL: το μήκος του καμπύλου στοιχείου (m)

L: το μήκος κάθε στοιχείου (ανεξαρτήτως καμπυλότητας) (m)

- Μέση Ακτίνα (Average Radius - AVG R) (m)

$$AVGR = \frac{\sum R_i}{n}$$

όπου:

R: η ακτίνα της καμπύλης (m)

n: ο αριθμός των καμπυλών στο οδικό τμήμα

- Μέσο Μήκος Ευθυγραμμίας (Average Tangent - AVG T) (m)

$$AVGT = \frac{\sum (TL)_i}{n}$$

όπου:

TL: το μήκος της ευθυγραμμίας (m)

n: ο αριθμός των ευθύγραμμων τμημάτων στο οδικό τμήμα

Δείκτες Κατακόρυφης Χάραξης

- Κατακόρυφη Ελικτικότητα (Vertical CCR - V CCR) (grad/km)

$$VCCR = \frac{\sum A_i}{\sum L_i}$$

όπου:

A: η γωνία θλάσης της πολυγωνικής της μηκοτομής (grad)

L: το μήκος του οδικού τμήματος (m)

- Μέσος Ρυθμός Κατακόρυφης Καμπυλότητας (Average Rate of Vertical Curvature - V AVG K) (km/percent)

$$VAVGK = \frac{\sum \frac{L}{|A|}}{n}$$

όπου:

L: το μήκος του οδικού τμήματος (km)

A: η απόλυτη διαφορά των κατά μήκος κλίσεων (%)

n: ο αριθμός των κατακόρυφων καμπύλων

- Μέση κατά Μήκος Κλίση (Average Gradient - V AVG G) (m/km)

$$VAVGG = \frac{\sum |\Delta E_i|}{\sum L_i}$$

όπου:

ΔE: η υψομετρική διαφορά μεταξύ διαδοχικών κορυφών της πολυγωνικής της μηκοτομής (m)

L: το μήκος μεταξύ διαδοχικών κορυφών (km)

Σύνθετοι Δείκτες Χάραξης

- Συνδυασμένη Ελικτικότητα (Combination CCR - COMBO) (grad/km)

$$COMBO = \frac{\sum \Delta_i}{\sum L_i} + \frac{\sum A_i}{\sum L_i}$$

όπου:

Δ: η γωνία θλάσης της πολυγωνικής της οριζοντιογραφίας (grad)

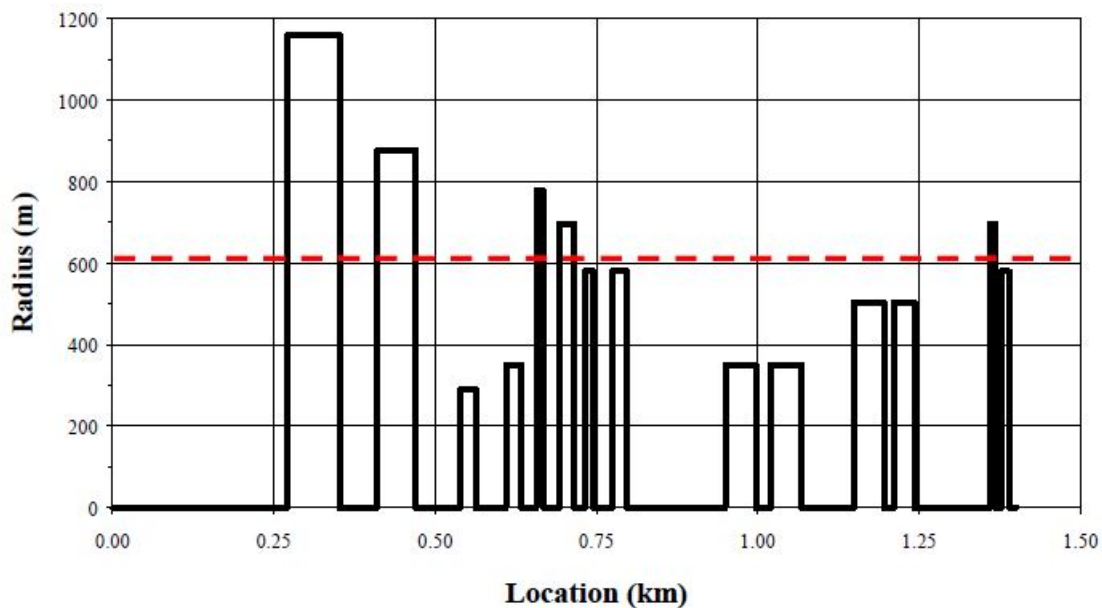
A: η γωνία θλάσης της πολυγωνικής της μηκοτομής (grad)

L: το μήκος του τμήματος στο οποίο συντελείται η αντίστοιχη μεταβολή (km)

Μεγέθη Ακτίνων (Radii Measures)

Οι δείκτες που βασίζονται στις ακτίνες βοηθούν στην διαμόρφωση μιας γενικής εικόνας για την οξύτητα των καμπυλών που απαρτίζουν την οδό, και η χρησιμότητά τους αξιολογείται θετικά (Fitzpatrick et al., 1999) γιατί σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό τόσο με δεδομένα ταχυτήτων όσο και με ατυχήματα. Η επιλεγόμενη από τους οδηγούς ταχύτητα οριοθετείται από τις καμπύλες με τις οποίες έρχονται αντιμέτωποι. Σύμφωνα με Lamm and Choueiri (1987), κατόπιν μελέτης χαρτών τροχαίων ατυχημάτων, διαπιστώθηκε πως κατά κανόνα τα τροχαία ατυχήματα συσσωρεύονται στις καμπύλες, ιδίως στις πολύ οξείες. Σε σύγκριση με τα ευθύγραμμα τμήματα, οι καμπύλες εμφανίζουν ρυθμό ατυχημάτων (accident rate) 1.5 με 4 φορές μεγαλύτερο (Smith et al., 1983; Glennon et al., 1985; Zeeger et al., 1991). Ακόμη, όσο πιο οξεία είναι η καμπύλη τόσο μεγαλύτερη είναι η απαίτηση για μείωση ταχύτητας από τους οδηγούς (Glennon et al., 1985). Επιπροσθέτως, οι οξείες καμπύλες εμφανίζουν μεγαλύτερους ρυθμούς ατυχημάτων από τις ηπιότερες (Glennon, 1987; Deacon, 1986).

Μέσω της σύγκρισης των ακτίνων μεμονωμένων καμπυλών με την μέση ακτίνα του προς εξέταση οδικού τμήματος, εντοπίζονται οι καμπύλες αυτές οι οποίες διαφοροποιούνται έντονα από τον γενικό χαρακτήρα της οδού. Ο εντοπισμός αυτός καθίσταται εύκολος μέσω ενός διαγράμματος μεταξύ ακτίνας και χιλιομέτρησης.



Σχήμα 2.1: Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης σε συνάρτηση με την χιλιομέτρηση (FHWA, 2000)

Το εύρος των χρησιμοποιούμενων ακτίνων, μπορεί να εκτιμηθεί από τον λόγο της μέγιστης προς την ελάχιστη ακτίνα. Ο λόγος αυτός αντιπροσωπεύει την ομοιογένεια σχεδιασμού αναφορικά με την χρήση όμοιας ακτίνας οριζόντιων καμπυλών, και όταν προσεγγίζει την μονάδα, αναμένονται μειωμένοι ρυθμοί ατυχημάτων (Polus, 1980).

Αυτές οι συγκρίσεις ακτίνων, παρ' όλη την χρησιμότητα και την ευκολία τους, έχουν και ορισμένες αδυναμίες. Αν η καμπύλη με την μεγαλύτερη ακτίνα διαφέρει αισθητά απ' όλες τις άλλες ακτίνες, τότε αυτή η καμπύλη μπορεί να αποτελεί ανομοιογένεια. Αν όμως ο λόγος κάθε με-

μονωμένης καμπύλης προς την μέγιστη είναι παρεμφερής για όλες τις καμπύλες, τότε η οδός μπορεί να χαρακτηριστεί ως ομοιογενής. Επιπροσθέτως, οι λόγοι αυτοί διαφέρουν κατά περίπωση ακόμη κι αν είναι ίσοι. Παραδείγματος χάριν, λόγος ίσος με 2 προκύπτει είτε από μία ακτίνα 1600 m και μία 800m, είτε από μία 300 m και μία 150 m. Οι οδηγοί αντιδρούν διαφορετικά σε κάθε περίπτωση, με συνέπεια η εξακρίβωση των ανομοιογενειών να καθίσταται δύσκολη.

Μήκη Ευθυγραμμιών

Η ευθυγραμμία παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της απαραίτητης μείωσης ταχύτητας, προκειμένου οι οδηγοί να εισέλθουν με ασφάλεια και άνεση στην επερχόμενη καμπύλη. Η ταχύτητα που θα αναπτυχθεί από τους οδηγούς είναι συνάρτηση του μήκους της ευθυγραμμίας. Αν μια ευθυγραμμία είναι αρκετά μεγάλη, τότε οι οδηγοί θα αναπτύξουν την επιθυμητή για αυτούς ταχύτητα, η οποία κατά τον McLean (1981), ορίζεται ως η ταχύτητα την οποία επιλέγουν οι οδηγοί υπό συνθήκες ελεύθερης ροής και ανεπηρέαστοι από τα χαρακτηριστικά της χάραξης. Αν λοιπόν οι οδηγοί κινούνται με αρκετά υψηλή ταχύτητα στην ευθυγραμμία και απαιτείται μεγάλη μείωση ταχύτητας για την επερχόμενη καμπύλη, είναι πιθανόν να μην προλάβουν να προσαρμόσουν την ταχύτητά τους όπως θα έπρεπε.

Στο πλαίσιο αυτό, προτείνεται η σύγκριση των μηκών μεμονωμένων ευθυγραμμιών με το μέσο μήκος ευθυγραμμίας του συγκεκριμένου οδικού τμήματος (FHWA, 2000). Ο λόγος που προκύπτει, υποδεικνύει την απόκλιση κάθε μεμονωμένης ευθυγραμμίας, συνεπώς μπορούν εύκολα να εντοπιστούν θέσεις που η προσδοκία του οδηγού δεν συμβαδίζει με την χάραξη της οδού.

Αξιολόγηση Δεικτών Χάραξης

Στην έρευνα που διενεργήθηκε από FHWA (2000), από τα προηγουμένως αναλυθέντα μέτρα για την ομοιογένεια σχεδιασμού, τρία ήταν αυτά που βρέθηκαν να σχετίζονται με την συχνότητα εμφάνισης ατυχημάτων. Οι σχέσεις που τα συνέδεαν ήταν στατιστικά σημαντικές και η ανάλυση ευαισθησίας έδειξε πως μπορούν να είναι χρήσιμα σε μια μεθοδολογία αξιολόγησης της ομοιογένειας σχεδιασμού. Τα τρία αυτά μεγέθη είναι:

- Ο λόγος της ακτίνας της μεμονωμένης καμπύλης προς την μέση ακτίνα του οδικού τμήματος
- Ο μέσος ρυθμός κατακόρυφης καμπυλότητας ($V_{AVG K}$)
- Η μέση ακτίνα καμπυλότητας του οδικού τμήματος

Παρ' όλη την δυναμική και την προοπτική που εμφανίζουν αυτά τα μεγέθη στην αξιολόγηση της ομοιογένειας σχεδιασμού, κανένα δεν έχει τόσο ισχυρή συσχέτιση με την οδική ασφάλεια όση έχει η μέθοδος της μείωσης ταχύτητας (π.χ. η μείωση ταχύτητας μεταξύ μιας καμπύλης και της προϋπάρχουσας ευθυγραμμίας ή και καμπύλης) που αναπτύχθηκε από τους Fitzpatrick et al. (1999). Η συχνότητα των ατυχημάτων επίσης, δεν έδειξε την ίδια ευαισθησία στους δείκτες χάραξης σε σχέση με αυτήν που έδειξε στην μείωση ταχύτητας για μεμονωμένες οριζόντιες καμπύλες. Η αποτίμηση έδειξε πως η μείωση ταχύτητας για μια οριζόντια καμπύλη αποτελεί ασφαλέστερο εργαλείο πρόβλεψης της συχνότητας ατυχημάτων απ' ότι η ακτίνα της καμπύλης. Βάσει των ανωτέρω, οι δείκτες χάραξης μπορούν να έχουν έναν συμπληρωματικό ρόλο στην διαδικασία αξιολόγησης της ομοιογένειας σχεδιασμού.

2.3.3 Μεγέθη Κατανομής Ταχυτήτων

Οι χρήστες μιας οδού επιθυμούν να κινούνται με μια συγκεκριμένη ταχύτητα, η οποία συνήθως είναι αυτή που θα κινούνταν ανεμπόδιστα από την υπόλοιπη κυκλοφορία. Η ταχύτητα αυτή εξαρτάται από τις συνθήκες του οδοστρώματος, τις καιρικές συνθήκες, το παρόδιο περιβάλλον

και την γεωμετρία της οδού. Για τον λόγο αυτό δεν είναι άμεσα μετρήσιμη. Μια κοινή θεώρηση είναι ότι οι επιθυμητές ταχύτητες σχετίζονται άμεσα με τις ταχύτητες ελεύθερης ροής (free-flow speeds) και μπορούν να προσεγγιστούν μέσω ενός δείγματος ταχυτήτων ελεύθερης ροής. Οι ομοιότητες μεταξύ επιθυμητών ταχυτήτων και ταχυτήτων ελεύθερης ροής υποδηλώνουν ότι οι ταχύτητες ελεύθερης ροής εξαρτώνται από την αντίληψη του χρήστη για τις συνθήκες της οδού, το περιβάλλον αυτής και τη γεωμετρία της. Γι' αυτό οι ταχύτητες ελεύθερης ροής και τα στατιστικά μεγέθη που σχετίζονται με αυτές, μπορούν να αναδείξουν αστοχίες στην χάραξη.

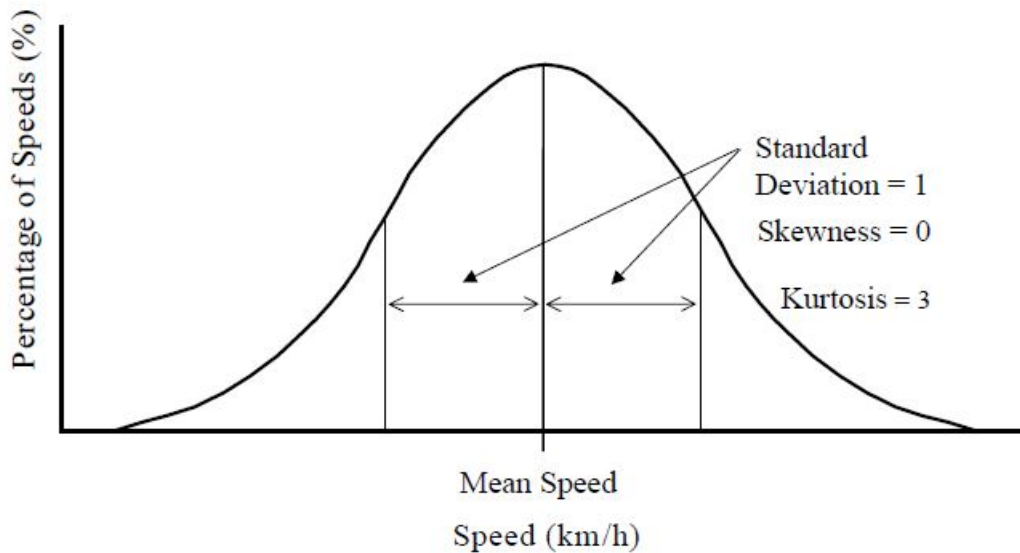
Τα στατιστικά μεγέθη ενός δείγματος ταχυτήτων αποτελούν μια εναλλακτική μορφή αξιολόγησης της ομοιογένειας σχεδιασμού η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστούν πιθανά προβλήματα σε μεμονωμένα στοιχεία χάραξης συγκεκριμένων οδικών τμημάτων. Στοιχεία χάραξης που εμφανίζουν υψηλές τιμές μεταβλητότητας της ταχύτητας έχουν χαρακτηριστεί ως πιθανά σημεία για οδηγικά λάθη (FHWA, 2000). Σημαντικές αλλαγές στην κατανομή των ταχυτήτων, μπορεί να υποδηλώνουν σχεδιαστική ανομοιογένεια στο συγκεκριμένο γεωμετρικό στοιχείο. Η χρήση αναλυτικών στατιστικών μεγεθών των ταχυτήτων για την αξιολόγηση της ομοιογένειας σχεδιασμού προέρχεται από την γενική ιδέα, ότι η διασπορά της ταχύτητας είναι το φλέγον θέμα και όχι η ταχύτητα αυτή καθαυτή (Lave, 1985).

Στατιστικά Μεγέθη των Κατανομών Ταχυτήτων

Μια υπόθεση που ακολουθείται κατά κόρον στην κυκλοφοριακή τεχνική, είναι ότι οι ταχύτητες, ειδικά αυτές της ελεύθερης ροής, ακολουθούν την κανονική κατανομή. Στις συνεχείς κατανομές υπάρχουν κλίμακες διαστήματος με συγκεκριμένες ιδιότητες που ορίζονται με βάση τις πραγματικές μονάδες των μετρήσεων (Taylor et al., 1996). Υποτίθεται πως οι ταχύτητες των οχημάτων ακολουθούν αυτού του τύπου συνεχή κατανομή και τα στοιχεία αυτά που ανήκουν στις κλίμακες διαστήματος μπορούν να εντοπίσουν γεωμετρικά ελαττώματα. Οι ακόλουθοι ορισμοί βοηθούν στην κατανόηση αυτής της προσέγγισης:

- **Μέση Ταχύτητα (Mean Speed)**, ο αριθμητικός μέσος ενός δείγματος ταχυτήτων (km/h)
- **Διακύμανση (Variance)**, μέτρο της μεταβλητότητας των τιμών των ταχυτήτων γύρω από τη μέση ταχύτητα. Η διακύμανση δεν σχετίζεται άμεσα με την ασυμμετρία (skewness) και την κύρτωση (kurtosis). Γενικά όμως, η διακύμανση αυξάνεται όταν η ασυμμετρία επίσης αυξάνεται, ενώ μειώνεται με αύξηση της κύρτωσης. Η μονάδα της διακύμανσης είναι $(\text{km/h})^2$.
- **Τυπική Απόκλιση (Standard Deviation)**, η τετραγωνική ρίζα της διακύμανσης. Το μέγεθος αυτό χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ποσοστού των ταχυτήτων που βρίσκονται εντός κάποιου συγκεκριμένου εύρους γύρω από τη μέση τιμή. Ένα εκτιμώμενο 68% των ταχυτήτων κείται σε διάστημα μιας τυπικής απόκλισης εκατέρωθεν της μέσης ταχύτητας. Μονάδα της τυπικής απόκλισης είναι τα km/h.
- **Συντελεστής Μεταβλητότητας (Coefficient of Variation)**, η τυπική απόκλιση διαιρούμενη δια τον μέσο όρο του δείγματος. Αυτή η αναλυτική παράμετρος χρησιμοποιείται για την κανονικοποίηση δυο διαφορετικών δειγμάτων με διαφορετικούς μέσους όρους και τυπικές αποκλίσεις. Παρόλο που σαν συντελεστής είναι αδιάστατος, συνήθως εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις εκατό.
- **Ασυμμετρία (Skewness)**, η τρίτη ροπή της κατανομής που χαρακτηρίζει την ασυμμετρία της κατανομής γύρω από την μέση τιμή. Η παράμετρος αυτή είναι αδιάστατη και χαρακτηρίζει το σχήμα της κατανομής. Θετική τιμή της ασυμμετρίας υποδεικνύει κατανομή με περισσότερες τιμές μικρότερες από τον μέσο όρο ενώ αντιθέτως, αρνητική ασυμμετρία υποδεικνύει κατανομή με περισσότερες τιμές μεγαλύτερες από τον μέσο όρο (Freund and Wilson, 1993). Η κανονική κατανομή έχει μηδενική ασυμμετρία.

- **Κύρτωση (Kurtosis)**, η τέταρτη ροπή της κατανομής. Μια αδιάστατη παράμετρος που χαρακτηρίζει την κατανομή ως προς την οξύτητα της κορυφής της σε σύγκριση με την κανονική κατανομή. Μια κατανομή με κύρτωση μεγαλύτερη του 3, χαρακτηρίζεται ως λεπτόκυρτη (leptokurtic) ενώ αντίθετα αν η κύρτωση είναι μικρότερη του 3, ονομάζεται πλατύκυρτη (platykurtic) (Freund and Wilson, 1993). Η κανονική κατανομή έχει κύρτωση ίση με 3.



Σχήμα 2.2: Συνεχής κανονική κατανομή

Συσχέτιση με Συγκρούσεις

Παραδοσιακά, μεγαλύτερες μεταβλητότητες στην ταχύτητα σχετίζονται με υψηλότερη πιθανότητα ατυχήματος. Σύμφωνα με τον Warren (1982), η διακύμανση των ταχυτήτων και η συχνότητα των ατυχημάτων συνδέονται άμεσα. Όσο μεγαλύτερη η απόκλιση από την μέση ταχύτητα κυκλοφορίας τόσο μεγαλύτερος και ο δείκτης ατυχημάτων. Ακόμη, η ευρεία μεταβλητότητα των ταχυτήτων αυξάνει την πραγματική πιθανότητα εμφάνισης ατυχήματος (TRB, 1984).

Ο Taylor (1965) στην έρευνά του ανέλυσε τη σχέση μεταξύ της κατανομής μετρημένων ταχυτήτων και της συχνότητας ατυχημάτων σε 22 τμήματα υπεραστικών οδών. Η ασυμμετρία και η κύρτωση εξετάστηκαν για το κατά πόσον σχετίζονται με τον ρυθμό ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως μεγαλύτερος αριθμός ατυχημάτων συμβαίνει σε τμήματα με ασύμμετρη κατανομή απ' ότι σε τμήματα με συμμετρική. Όσον αφορά την κύρτωση, δεν παρατηρήθηκε κάποια σημαντική διαφορά στον αριθμό ατυχημάτων. Συνεπώς τα προαναφερθέντα μεγέθη δεν μπορούν να αποτελέσουν αξιόπιστα εργαλεία πρόβλεψης ρυθμού ατυχημάτων.

Στην έρευνα των Garber and Gadiraju (1989) συσχετίστηκαν δεδομένα ατυχημάτων με την διακύμανση ταχυτήτων. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκαν 36 οδικά τμήματα διαφορετικών λειτουργικών κλάσεων, όχι μόνο υπεραστικές οδοί. Τα δεδομένα ατυχημάτων συγκρίθηκαν με 4 διαφορετικά μεγέθη ταχυτήτων: την ταχύτητα μελέτης, το όριο ταχύτητας, η μέση λειτουργική ταχύτητα καθώς και η διακύμανσή της. Τα στατιστικά μεγέθη της λειτουργικής ταχύτητας υπολογίστηκαν από δείγμα που ελήφθη μέσω αυτόματων μετρητών κυκλοφορίας, συνεπώς όχι σε συνθήκες ελεύθερης ροής. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν είναι τα εξής:

- Ο δείκτης ατυχημάτων αυξάνει για αυξανόμενη διακύμανση της ταχύτητας σε όλες τις κα-

τηγορίες οδών που μελετήθηκαν.

- Η διακύμανση της ταχύτητας σε υπεραστικές οδούς ελαχιστοποιείται όταν η διαφορά μεταξύ ταχύτητας μελέτης και ορίου ταχύτητας κυμαίνεται μεταξύ 8 km/h και 16 km/h.
- Για μέση ταχύτητα μεταξύ 40 και 112.5 km/h, η διακύμανση της ταχύτητας μειώνεται για υψηλότερες μέσες ταχύτητες.
- Η διαφορά μεταξύ της ταχύτητας μελέτης και του ορίου ταχύτητας έχει άμεσο αντίκτυπο στην διακύμανση των ταχυτήτων.
- Η ανοδική τάση της μέσης λειτουργικής ταχύτητας αναφορικά με την ταχύτητα σχεδιασμού, υποδεικνύει ότι όσο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού βελτιώνονται, οι οδηγοί τείνουν να επιλέγουν μεγαλύτερες ταχύτητες παραβιάζοντας το εκάστοτε όριο ταχύτητας.
- Σε μια υπεραστική οδό η αυξημένη μέση λειτουργική ταχύτητα δεν συνεπάγεται αναγκαία αυξημένο ρυθμό ατυχημάτων.

Οι Lindemand and Ranft (1978), ανέλυσαν τις επιπτώσεις της γεωμετρίας της οδού στα στατιστικά μεγέθη της κατανομής ταχυτήτων, στο μέσον οριζόντιων καμπύλων. Η έρευνά τους εστίαστηκε στην τυπική απόκλιση, στην ασυμμετρία και στην κύρτωση, για κατανομές ταχυτήτων σε διάφορες καμπύλες με ακτίνες από 32.5 έως 1000 m. Για τις μικρότερης ακτίνας καμπύλες, η τυπική απόκλιση της ταχύτητας αυξάνεται όσο αυξάνεται η ακτίνα και για τις πιο μεγάλης ακτίνας καμπύλες, παραμένει σταθερή.

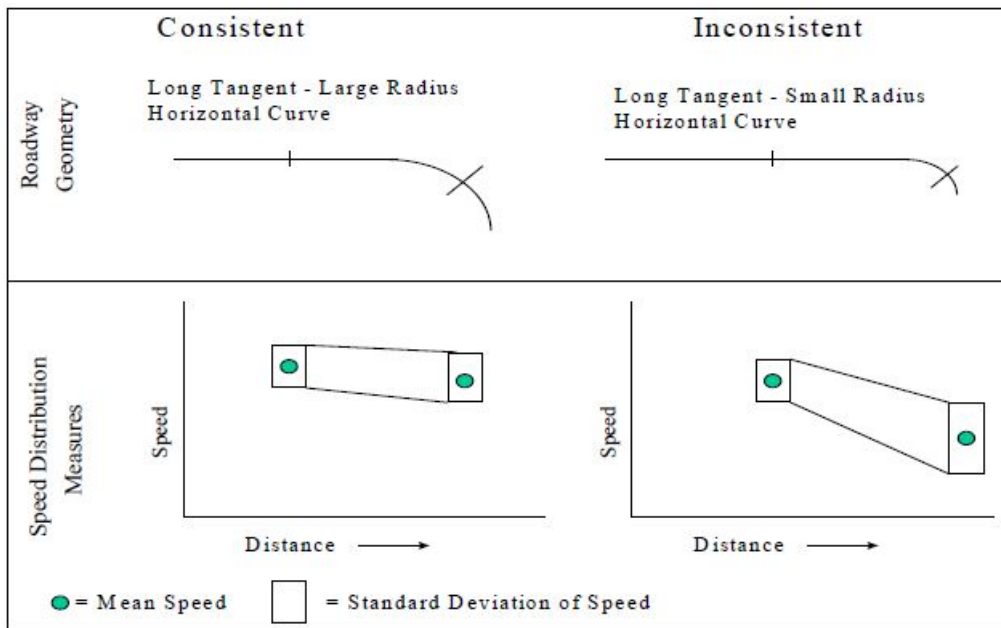
Στατιστικά Μεγέθη Κατανομής Ταχυτήτων και Γεωμετρικός Σχεδιασμός

Στην έρευνα του FHWA (2000), έγινε μια προσπάθεια προσδιορισμού κάποιας σχέσης μεταξύ των στατιστικών μεγεθών της κατανομής ταχυτήτων και της γεωμετρίας της οδού. Η βασική υπόθεση που βασίστηκε αυτή η έρευνα είναι ότι η υψηλή διακύμανση ταχυτήτων πιστοποιεί την ύπαρξη ανομοιογενών στοιχείων χάραξης, ενώ αντίθετα στοιχεία που συμμορφώνονται στην προσδοκία του οδηγού χαρακτηρίζονται από χαμηλή διακύμανση. Αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ γεωμετρίας και διακύμανσης, τότε μπορεί να αναπτυχθεί ένα μοντέλο πρόβλεψης στατιστικών μεγεθών της κατανομής ταχυτήτων βάσει των γεωμετρικών χαρακτηριστικών, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτική μέθοδος αξιολόγησης της ομοιογένειας σχεδιασμού.

Περαιτέρω υποθέσεις στις οποίες βασίστηκε η εν λόγω έρευνα είναι:

1. Η γεωμετρία της οδού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη μεγεθών της κατανομής ταχυτήτων.
2. Η ταχύτητα μελέτης ή και το όριο ταχύτητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη μεγεθών της κατανομής ταχυτήτων.
3. Η σχέση μεταξύ διαδοχικών στοιχείων χάραξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη μεγεθών που σχετίζονται με την διακύμανση ταχυτήτων.
4. Η αυξημένη διακύμανση της ταχύτητας μπορεί να αναδείξει την ύπαρξη ανομοιογένειας στον σχεδιασμό.

Η πρώτη υπόθεση θεωρεί πως τα στοιχεία σχεδιασμού της οριζόντιας και κατακόρυφης χάραξης μπορούν να προβλέψουν τα στατιστικά μεγέθη της κατανομής του δείγματος ταχυτήτων που συγκεντρώθηκε στα στοιχεία αυτά. Από τις αναλύσεις που έγιναν, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στα στατιστικά μεγέθη μεταξύ οριζόντιων καμπύλων, ευθυγραμμίων και κατακόρυφων καμπύλων. Πιο συγκεκριμένα δεν βρέθηκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των γεωμετρικών



Σχήμα 2.3: Ομοιογένεια σχεδιασμού και τυπική απόκλιση ταχύτητας (FHWA, 2000)

στοιχείων χάραξης και της διακύμανσης ταχυτήτων. Το ίδιο ισχύει και για άλλα μεγέθη όπως η ασυμμετρία, η κύρτωση και ο συντελεστής μεταβλητότητας. Για τους ανωτέρω λόγους, η υπόθεση ότι η γεωμετρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλεφθούν στατιστικά μεγέθη της κατανομής ταχυτήτων, καθίσταται αβάσιμη.

Η δεύτερη υπόθεση θεωρεί ότι τα μεγέθη της κατανομής ταχυτήτων ποικίλουν ανάλογα με τις επιθυμητές ταχύτητες των οδηγών. Οι ταχύτητες αυτές όμως δεν μπορούν να εκτιμηθούν, οπότε η έρευνα επικεντρώθηκε στην διερεύνηση της σχέσης μεταξύ ταχύτητας μελέτης ή και του ορίου ταχύτητας με τα στατιστικά μεγέθη της κατανομής ταχυτήτων. Η συμπερίληψη αυτής της υπόθεσης ενθαρρύνθηκε από την έρευνα των Garber and Gadiraju (1989), όπου εξήχθη το συμπέρασμα ότι η ταχύτητα μελέτης και το όριο ταχύτητας επηρεάζουν την ανθρώπινη αντίληψη σχετικά με την οδό και την συμπεριφορά εντός του οδικού περιβάλλοντος. Από τις αναλύσεις που έγιναν κατά την έρευνα του FHWA (2000), δεν βρέθηκαν σημαντικές σχέσεις, συνεπώς η ταχύτητα μελέτης και το όριο ταχύτητας δεν μπορούν να προβλέψουν με αξιοπιστία στατιστικά μεγέθη κατανομής ταχυτήτων.

Η τρίτη υπόθεση θεωρεί ότι τα μεγέθη κατανομής ταχυτήτων σχετίζονται με την αντίληψη των αλλαγών της γεωμετρίας της οδού από τους οδηγούς. Τα δεδομένα των αναλύσεων έδειξαν πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του συντελεστή μεταβλητότητας, της ασυμμετρίας και της κύρτωσης μιας καμπύλης και των αντίστοιχων μεγεθών της προηγούμενης της καμπύλης ευθυγραμμίας. Παρ' όλα αυτά απαιτείται περαιτέρω ανάλυση για να διαπιστωθεί αν οι διαφορές μεταξύ διαδοχικών γεωμετρικών στοιχείων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη αυξήσεων στην διακύμανση της ταχύτητας.

Η τέταρτη υπόθεση θεωρεί ότι η διακύμανση της ταχύτητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστούν σχεδιαστικές ανομοιογένειες. Υψηλές τιμές διακύμανσης της ταχύτητας σχετίζονται με υψηλή πιθανότητα ατυχήματος. Η σχέση αυτή μπορεί να οφείλεται στην γεωμετρία της οδού. Η υπόθεση βασίζεται στο ότι η τυπική απόκλιση της ταχύτητας αυξάνεται για όσο η ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης μειώνεται. Ορισμένη αύξηση της τυπικής απόκλισης της ταχύτητας μπορεί

να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό οριζόντιων καμπυλών που δεν βρίσκονται σε αρμονία με τα προηγούμενά τους στοιχεία χάραξης.

Τα δεδομένα όμως δεν στηρίζουν αυτή την υπόθεση, καθώς από τα επεξεργασμένα στοιχεία της έρευνας, η τυπική απόκλιση στις ευθυγραμμίες είναι μεγαλύτερη από ότι στις καμπύλες.

Έγινε περαιτέρω διερεύνηση μέσω ανάλυσης παλινδρόμησης για να αξιολογηθούν οι σχέσεις μεταξύ των στατιστικών μεγεθών ταχυτήτων από οριζόντιες καμπύλες και συγκρίσιμων αντίστοιχων μεγεθών των στοιχείων που προηγούνται της καμπύλης (είτε ευθυγραμμίες είτε καμπύλες). Η ανάλυση αυτή έγινε για κανονικοποιημένα δεδομένα όσο και για μη. Από την ανάλυση παλινδρόμησης των κανονικοποιημένων δεδομένων προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Συνολικά, οι μέσες ταχύτητες στις οριζόντιες καμπύλες είναι χαμηλότερες από ότι στις προηγούμενες των καμπυλών ευθυγραμμίες.
- Κατά μέσο όρο η μέση ταχύτητα στην οριζόντια καμπύλη είναι 2.8 km/h χαμηλότερη απ' ότι στην ευθυγραμμία.
- Η V85 βρέθηκε 3.0 km/h χαμηλότερη στην οριζόντια καμπύλη απ' ότι στην ευθυγραμμία.
- Η διακύμανση της ταχύτητας βρέθηκε 9.5% χαμηλότερη στην καμπύλη απ' ότι στην ευθυγραμμία.

Οι ανωτέρω διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Περαιτέρω συμπεράσματα της έρευνας είναι:

- Γενικά δεν κατέστη δυνατή η ανάπτυξη ενός μοντέλου παλινδρόμησης που να συσχετίζει οποιοδήποτε στατιστικό μέγεθος από αυτά που αναλύθηκαν προηγουμένως με τα χαρακτηριστικά των οριζόντιων καμπυλών και να είναι στατιστικά σημαντικό.
- Μοντέλα τα οποία προσπάθησαν να μοντελοποιήσουν την κανονικοποιημένη μέση ταχύτητα (ή και την κανονικοποιημένη V85) σαν συνάρτηση της γεωμετρίας της καμπύλης, έδωσαν τιμές R^2 μεταξύ 0.14 και 0.34.

Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεν ενθαρρύνουν την χρήση της διακύμανσης της ταχύτητας σαν μέτρο αξιολόγησης της ομοιογένειας του γεωμετρικού σχεδιασμού.

2.3.4 Καταπόνηση Οδηγού (Driver Workload)

Για τον φόρτο εργασίας έχουν διατυπωθεί διάφοροι ορισμοί. Κατά Senders (1970), ο φόρτος εργασίας είναι ένα μέτρο της προσπάθειας που καταβάλλει ένας άνθρωπος κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας, ανεξάρτητα από το αν η διαδικασία αυτή ολοκληρώνεται με επιτυχία ή όχι. Ένας έτερος ορισμός που διατυπώθηκε από τον Knowles (1963), συνίσταται από την απάντηση στις εξής ερωτήσεις: «Πόση προσοχή απαιτείται;» και «Πόσο καλά μπορεί να ανταπεξέλθει ο ενεργών σε επιπρόσθετες διαδικασίες;». Αυτός ο ορισμός είναι από τους πλέον αρμόζοντες για την οδήγηση αν συνυπολογίσει κανείς τις επικαλυπτόμενες διαδικασίες που την συνθέτουν, και η κάθε μια απαιτεί μερίδιο της προσοχής του οδηγού. Ο Κανελλαΐδης (1996) υποστηρίζει πως ο τρόπος με τον οποίο οι οδηγοί καθοδηγούν τα οχήματά τους σχετίζεται άμεσα με την καταπόνηση που υφίστανται και εμμέσως με την ομοιογένεια σχεδιασμού.

Ο Messer (1980), ορίζει την καταπόνηση οδηγού ως το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο οι

οδηγοί πρέπει να ολοκληρώσουν μια δεδομένη εργασία ή οδηγική διαδικασία. Υποστηρίζει επίσης πως η καταπόνηση αυξάνεται όσο μειώνεται η ορατότητα του οδηγού ή και όσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα των γεωμετρικών στοιχείων. Το συμπέρασμα που εξήχθη από την έρευνα του Glascock (1991), είναι ότι ο συνδυασμός γεωμετρικών στοιχείων αυξάνει την καταπόνηση του οδηγού και την επικινδυνότητα συγκριτικά με διαδοχικά γεωμετρικά στοιχεία διαχωρισμένα επαρκώς. Με αυτή τη λογική, ο συνδυασμός οριζόντιας με κατακόρυφη καμπύλη, μπορεί να αυξήσει την καταπόνηση του οδηγού αναφορικά με την καθοδήγηση και τον έλεγχο του οχήματος, αφού ο συνδυασμός αυτός μπορεί να επηρεάσει την ορατότητα (καθοδήγηση) και απαιτεί πιο περίπλοκους χειρισμούς. Επιπλέον, αν ο συνδυασμός οριζόντιας και κατακόρυφης καμπύλης περιλαμβάνει ένα απρόσμενο ή ακραίο χαρακτηριστικό, η καταπόνηση οδηγού αυξάνεται περαιτέρω. Συνεπώς όσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα της γεωμετρίας, τόσο μεγαλύτερη η καταπόνηση και τόσο πιθανότερη μια σημαντική απαιτούμενη μείωση στην ταχύτητα.

Σε έρευνες που διεξήχθησαν από Messer (1980) και Messer et al. (1979) που εξέταζαν τον σχεδιασμό της οδού και τις επιπτώσεις του στην απόδοση των οδηγών, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην αξιοποίηση του πνευματικού φόρτου εργασίας σαν μέτρο εκτίμησης και αξιολόγησης της χάραξης. Καθ' όλη την διάρκεια της οδηγικής διαδικασίας ο οδηγός επεξεργάζεται οπτική και κιναισθητική πληροφορία, λαμβάνει αποφάσεις και καλείται να διατηρεί τον έλεγχο του οχήματος. Γενικά, ένας έμπειρος οδηγός δεν αφιερώνει πολλή χωρητικότητα του εγκεφάλου του για να επεξεργαστεί οπτική πληροφορία. Οδηγεί σχεδόν υποσυνείδητα όσο ο δρόμος είναι ελεύθερος εμποδίων και κυκλοφορίας και όσο η αξιολόγηση της οπτικής πληροφορίας εναρμονίζεται με τις απαιτήσεις της πορείας. Η εναρμόνιση της οπτικής αξιολόγησης της οδού με τις πραγματικές απαιτήσεις της αποτελεί συνάρτηση του διαθέσιμου μήκους ορατότητας και των προσδοκιών του οδηγού αναφορικά με την οδό. Η ομοιογένεια της γεωμετρίας μιας οδού επιτρέπει στους οδηγούς να προβλέψουν με ακρίβεια την τροχιά που πρέπει να ακολουθήσουν αφιερώνοντας ελάχιστη από την ικανότητα επεξεργασίας του εγκεφάλου τους για την δεχόμενη οπτική πληροφορία, επικεντρώνοντας έτσι την προσοχή τους στην αποφυγή εμποδίων και στην πλοήγηση.

Οι έρευνες των Messer et al. (1979) και Messer (1980), παρουσίασαν μια μέθοδο εκτίμησης της καταπόνησης του οδηγού (driver workload). Οι ερευνητές δημιούργησαν ένα μοντέλο μέσω της συγκέντρωσης εμπειρικών στοιχείων που αφορούσαν τις προσδοκίες των οδηγών αναφορικά με τα στοιχεία σχεδιασμού και της συσχέτισης της παραβίασης των προσδοκιών με την καταπόνησή τους. Το μοντέλο βασίζεται στην υπόθεση ότι η οδός παρέχει το μεγαλύτερο μερίδιο των πληροφοριών που χρησιμοποιεί ο οδηγός προκειμένου να καθοδηγήσει το όχημά του, συνεπώς επιβάλλει στους χρήστες φόρτο εργασίας. Ο φόρτος αυτός αυξάνεται κατά την αντιμετώπιση πολύπλοκων γεωμετρικών στοιχείων και μπορεί να αυξηθεί ακόμη πιο ραγδαία από απρόσμενους συνδυασμούς ή αλληλουχία ιδιαίτερως απαιτητικών γεωμετρικών στοιχείων.

Μέσω της εκτίμησης των επιπέδων καταπόνησης του οδηγού, ποσοτικοποιείται η ομοιογένεια σχεδιασμού. Η τεχνική αυτή βασίζεται σε ένα σύστημα κατάταξης για διάφορα στοιχεία της οδού, τα οποία με σειρά δυσκολίας είναι:

- οι γέφυρες
- η μετάβαση από διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας σε μη
- η μείωση των λωρίδων κυκλοφορίας κατά την κατεύθυνση κίνησης
- οι κόμβοι
- οι ισόπεδες διαβάσεις τραίνων
- οι αλλαγές στο πλάτος του ερείσματος

- η οριζόντια και κατακόρυφη χάραξη
- η μείωση στο πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας
- η ύπαρξη ανισόπεδων ραμπών

Αυτό το σύστημα κατάταξης, που βασίζεται στον τύπο και στην δριμύτητα του στοιχείου σχεδιασμού, τροποποιείται λαμβάνοντας υπόψιν ορισμένα δεδομένα. Στα υπό εκτίμηση δεδομένα μπορεί να περιλαμβάνονται: το μήκος ορατότητας από το οποίο γίνεται ορατό το κάθε στοιχείο, η ομοιότητα με προηγούμενα στοιχεία, η καταπόνηση που επιβάλλεται σε προηγούμενα τμήματα και το εκτιμώμενο ποσοστό των οδηγών που είναι εξοικειωμένοι με την υποδομή. Η καταπόνηση οδηγού κατά μήκος της οδού υπολογίζεται μέσω μιας εξίσωσης που ορίζει ένα υποκειμενικό επίπεδο ομοιογένειας (Level of Consistency - LOC) αναφορικά με τον φόρτο εργασίας (Messer, 1980). Τα αποτελέσματα από την διαδικασία αυτή εκτείνονται σε μια κλίμακα από το A (δεν αναμένεται κάποιο πρόβλημα) έως το F (πιθανό σοβαρό πρόβλημα).

Σε έρευνες των Krammes and Glascock (1992) και Wooldridge (1994) εξήχθησαν σε γενικές γραμμές ικανοποιητικά αποτελέσματα κατά την συσχέτιση δεικτών ατυχημάτων με τις τιμές της καταπόνησης οδηγού όπως προκύπτουν από την προαναλυθείσα μέθοδο του Messer. Παρόλα αυτά ανακύπτουν διάφορα προβλήματα κατά την εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας σε στοιχεία σχεδιασμού που η μεταξύ τους απόσταση είναι σχετικά μικρή. Στις περιπτώσεις αυτές, οι επιπτώσεις από τον εναπομένοντα φόρτο εργασίας που επιβάλλεται από τα προηγούμενα στοιχεία μπορεί να είναι υπερεκτιμημένες.

Με βάση ότι οι μέθοδοι αξιολόγησης της καταπόνησης του οδηγού που βασίζονται είτε σε υποκειμενικά συστήματα κατάταξης είτε σε φυσιομετρικές μετρήσεις είναι προβληματικές από διάφορες απόψεις, στα τέλη της δεκαετίας του 1990 αναπτύχθηκαν μέθοδοι αξιολόγησης της οπτικής απαίτησης (visual demand). Η μεθοδολογία αναπτύχθηκε από FHWA (2000) σε συνέχεια της έρευνας των Krammes et al. (1995). Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκαν: η αλληλουχία καμπύλων, η ακτίνα, η γωνία θλάσης της πολυγωνικής και η απόσταση διαχωρισμού μεταξύ καμπύλων, τόσο μέσω ελέγχου της οπτικής πληροφορίας που φτάνει στον οδηγό (vision occlusion) όσο και μέσω υποκειμενικών συστημάτων κατάταξης. Οι μετρήσεις αυτές γίνανε τόσο σε πραγματικές συνθήκες όσο και σε προσομοιωτή.

Κατά τη διαδικασία ελέγχου της οπτικής πληροφορίας (vision occlusion), οι οδηγοί έφεραν έμπροσθεν των οφθαλμών τους μια «ζελατίνα», όμοιου σχήματος αυτών που απαντώνται στα κράνη μοτοσυκλετών, από υγρούς κρυστάλλους (LCD). Η ζελατίνα αυτή ήταν θαμπή όσο οι οδηγοί δεν επιζητούσαν να είναι διαυγής για 0.5 δευτερόλεπτα. Η οπτική απαίτηση (visual demand) ορίστηκε ως ο λόγος του χρονικού διαστήματος που η ζελατίνα είναι διαυγής προς το χρονικό διάστημα από το τελευταίο αίτημα καθαρισμού μέχρι το τρέχον. Έτσι υπολογίζεται το ποσοστό του χρόνου που ένας οδηγός παρατηρεί την οδό. Όσο περισσότερη πληροφορία απαιτεί ο οδηγός προκειμένου να καθοδηγήσει το όχημά του, τόσο περισσότερη οπτική πληροφορία απαιτεί από το περιβάλλον άρα ο φόρτος εργασίας αυξάνεται.

Σε δεύτερη φάση, ο καθαρισμός της ζελατίνας γινόταν με σταθερό ρυθμό που καθοριζόταν από τον υπεύθυνο του πειράματος. Αρχικά, ο ρυθμός ήταν τέτοιος ώστε η καθοδήγηση του οχήματος να είναι αδύνατη και αυξανόταν διαρκώς μέχρις ότου οι οδηγοί να καταφέρουν να αντιμετωπίσουν επιτυχώς τις καμπύλες.

Συγκροτήθηκαν επίσης υποκειμενικά συστήματα κατάταξης με την χρήση τροποποιημένης κλίμακας Cooper-Harper, που χρησιμοποιείται ευρέως σε ελέγχους αεροσκαφών. Η κλίμακα αυτή εκτείνεται από το 1 (πολύ εύκολο) έως το 10 (αδύνατο). Οι κύριοι ορισμοί της κάθε μονάδας της

κλίμακας τροποποιήθηκαν έτσι ώστε η κλίμακα να προσαρμοστεί στο ζητούμενο πρόβλημα. Επιπλέον δόθηκαν συμπληρωματικοί ορισμοί σε κάθε μονάδα για να διασφαλιστεί ότι οι οδηγοί χρησιμοποιούν σωστά την κλίμακα σχετίζοντάς την με καταστάσεις που έχουν πρότερη εμπειρία.

Η οπτική απαίτηση προσδιορίστηκε σε τρία διαφορετικά περιβάλλοντα: σε πίστα δοκιμών, στο οδικό δίκτυο και σε προσομοιωτή. Το γενικό μοτίβο που ακολουθεί η οπτική απαίτηση έχει ως εξής: 90 μέτρα περίπου πριν την αρχή της καμπύλης αρχίζει να αυξάνεται, κορυφώνεται στην αρχή της καμπύλης, παραμένει σταθερή ή και μειώνεται ελαφρά στην καμπύλη και μετά το πέρας της μειώνεται σταδιακά στα αρχικά επίπεδα.

Η καταπόνηση του οδηγού είναι αντιστρόφως ανάλογη της ακτίνας. Το συμπέρασμα αυτό υποστηρίζεται από πληθώρα μετρήσεων και τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς για τον προσδιορισμό του φόρτου εργασίας. Τόσο τα υποκειμενικά συστήματα κατάταξης (τροποποιημένη κλίμακα Cooper-Harper) όσο και αντικειμενικά μεγέθη (οπτική απαίτηση) υποστηρίζουν την προαναφερθείσα τάση. Όσον αφορά τη γωνία θλάσης της πολυγωνικής, βρέθηκε να επηρεάζει τον φόρτο εργασίας, αλλά η συνολική επιρροή της είναι σχετικά μικρή οπότε πρακτικά μη σημαντική. Η επιρροή αυτή υποδείχθηκε τόσο από υποκειμενικά όσο και από τα αντικειμενικά μεγέθη, με την διαφορά ότι στα υποκειμενικά ήταν πιο ξεκάθαρη.

Από την εξέταση ζευγών καμπυλών προέκυψε ότι ούτε ο τύπος των καμπυλών (διαδοχικές αντίρροπες ή διαδοχικές ομόρροπες) αλλά ούτε και η απόσταση διαχωρισμού τους επηρεάζουν ιδιαίτερα την οπτική απαίτηση, μολονότι η επιρροή τους βρέθηκε στατιστικά σημαντική. Επίσης προέκυψαν και ορισμένα αντικρουόμενα αποτελέσματα. Παραδείγματος χάριν, διαδοχικές αντίρροπες καμπύλες με μικρό μήκος διαχωρισμού βρέθηκαν να αυξάνουν τον φόρτο εργασίας σημαντικά περισσότερο από ότι οι ομόρροπες με αντίστοιχο μήκος διαχωρισμού. Οι σαφώς διαχωρισμένες καμπύλες επέβαλλαν μεγαλύτερο φόρτο από ότι οι πολύ κοντινές. Και τα δύο αυτά αποτελέσματα θεωρήθηκαν μη αναμενόμενα, αφού οι ερευνητές θεωρούν ότι οι αντίρροπες καμπύλες εναρμονίζονται περισσότερο στην προσδοκία των οδηγών (άρα σχετίζονται με μικρότερο φόρτο εργασίας) και ότι οι καμπύλες που διαχωρίζονται από μικρό μήκος επιβάλλουν μεγαλύτερο φόρτο λόγω του εναπομένοντος από την προηγούμενη καμπύλη.

Σε συνθήκες προσομοίωσης όταν η όραση ήταν ανεμπόδιστη, οι οδηγοί κοιτούσαν πρωτίστως μακριά ψάχνοντας σημεία που η οδός καμπυλώνεται. Το που εστίαζαν οι οδηγοί ήταν συνάρτηση της κατεύθυνσης της καμπύλης (δεξιά ή αριστερά) και του πόσο κλειστή είναι η καμπύλη. Όσο πιο κλειστή η καμπύλη τόσο οι οδηγοί έτειναν να επικεντρώνονται στην οριογραμμή της εξωτερικής λωρίδας (απ' ότι σε αυτήν της εσωτερικής).

Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων βρέθηκε ισχυρή γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ακτίνας της οριζόντιας καμπύλης και της οπτικής απαίτησης. Μάλιστα από τις εξισώσεις παλινδρόμησης που προέκυψαν, δεν παρατηρήθηκε διαφορά στην κλίση μεταξύ αυτών που προέκυψαν από τον προσομοιωτή και αυτών από τις πραγματικές συνθήκες. Υπήρχε διαφορά όμως στις σταθερές. Αυτό σημαίνει πως μπορούν να εκτιμηθούν επίπεδα της καταπόνησης σε μια κλίμακα διαστήματος αλλά όχι σε μια κλίμακα αναλογίας, συνεπώς υπάρχει προοπτική στον εντοπισμό διαφορών στον φόρτο εργασίας μεταξύ διαδοχικών στοιχείων σχεδιασμού.

2.3.5 Προφίλ Ταχυτήτων (Speed Profile)

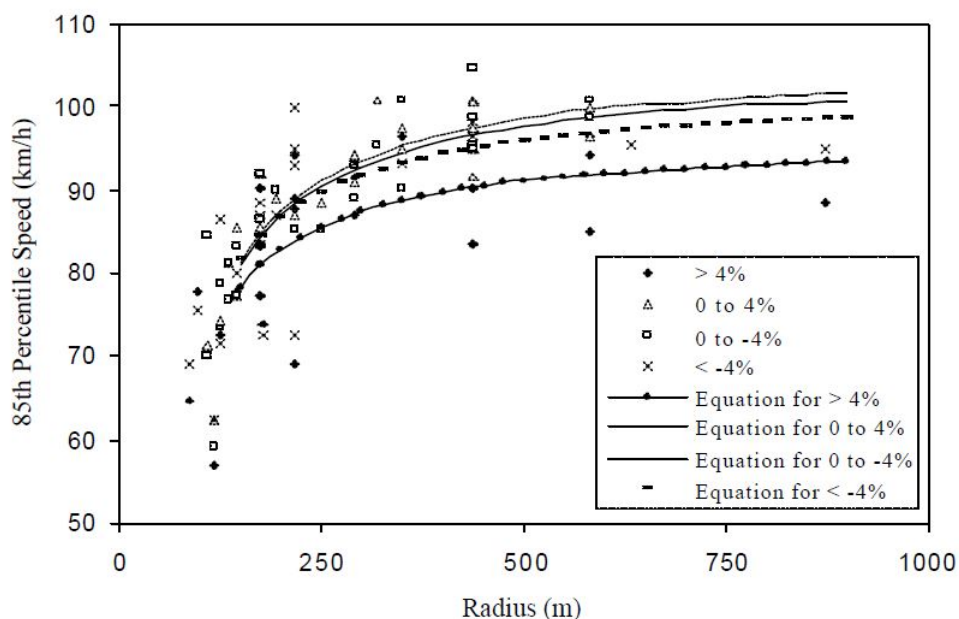
Τα προφίλ ταχυτήτων (speed profile) αποτελούν μέχρι στιγμής το πιο επιτυχημένο μέτρο εκτίμησης της ομοιογένειας του γεωμετρικού σχεδιασμού (geometric design consistency) μιας οδού.

Χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη λειτουργικών ταχυτήτων κατά μήκος μιας οδού και για τον προσδιορισμό των διαφορών ταχυτήτων μεταξύ διαδοχικών στοιχείων. Οι οριζόντιες καμπύλες περιορίζουν την ταχύτητα με την οποία επιθυμούν να κινούνται οι περισσότεροι οδηγοί. Κατά την είσοδό τους στις καμπύλες αυτές είναι αναγκαία η προσαρμογή της ταχύτητας σε επίπεδα τέτοια ώστε η οδήγηση να χαρακτηρίζεται από ασφάλεια και άνεση. Η μέθοδος των προφίλ ταχυτήτων υποθέτει πως η ταχύτητα παραμένει σταθερή κατά μήκος της καμπύλης και κατά την έξοδο από αυτήν οι οδηγοί επιταχύνουν.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 διενεργήθηκε έρευνα από Federal Highway Administration (FHWA), προκειμένου να αναπτυχθούν εξισώσεις πρόγνωσης λειτουργικών ταχυτήτων σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας για διάφορες συνθήκες. Κατά την αξιολόγηση της επιρροής της οριζόντιας ακτίνας στην λειτουργική ταχύτητα θεσπίστηκαν τέσσερις διαφορετικές συνθήκες κατά μήκος κλίσης:

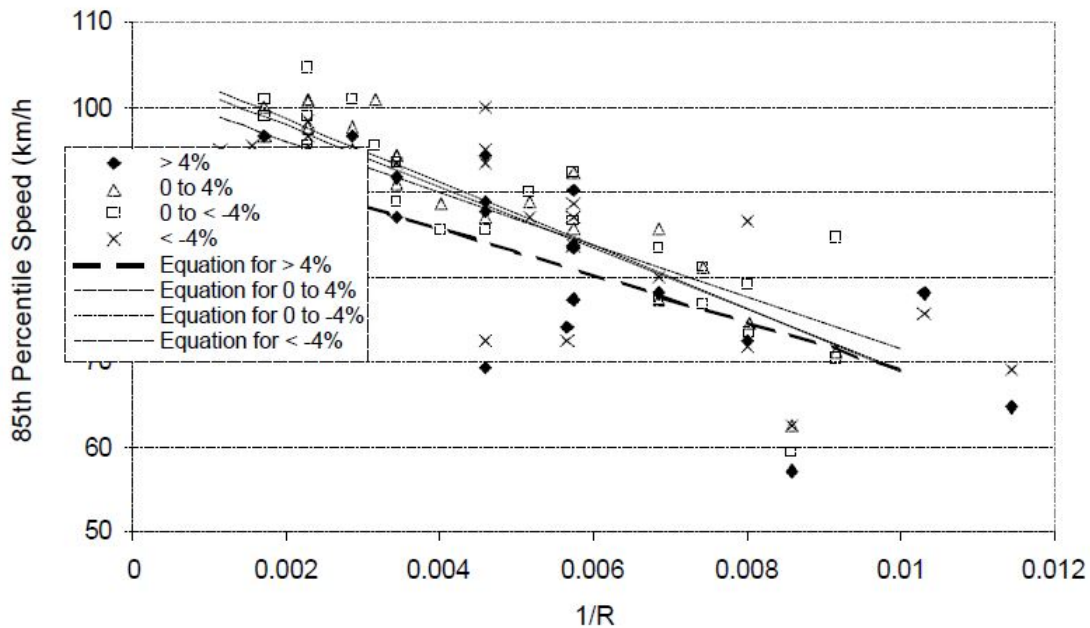
- ανωφέρειες (0% έως 4%)
- έντονες ανωφέρειες (μεγαλύτερες του 4%)
- κατωφέρειες (έως -4%)
- έντονες κατωφέρειες (μεγαλύτερες του -4%)

Παρατηρήθηκε ότι όσο η ακτίνα αυξάνεται έως τα 400 μέτρα, αυξάνεται σημαντικά και η V85 για όλες τις συνθήκες κατά μήκος κλίσης. Για ακτίνες μεγαλύτερες των 400 μέτρων η αύξηση στην ταχύτητα δεν είναι τόσο ραγδαία.



Σχήμα 2.4: V85 συναρτήσεσι της ακτίνας οριζόντιας καμπύλης, για διαφορετικές συνθήκες κατά μήκος κλίσης (FHWA, 2000)

Από τις μεταβλητές που εξετάστηκαν τον μεγαλύτερο βαθμό συσχέτισης είχε η καμπυλότητα ($1/R$), με τις τιμές του συντελεστή συσχέτισης να κυμαίνονται από 0.53 έως 0.76 για κάθε μια από τις τέσσερις εξισώσεις που αναπτύχθηκαν για τις αντίστοιχες συνθήκες κατά μήκος κλίσης. Για τον λόγο αυτό οι εξισώσεις παλινδρόμησης χρησιμοποιούν μόνο την ανεξάρτητη μεταβλητή



Σχήμα 2.5: V85 συναρτήσεως της καμπυλότητας ($1/R$), για διαφορετικές συνθήκες κατά μήκος κλίσης (FHWA, 2000)

της καμπυλότητας.

Σε παλαιότερη έρευνα του FHWA (1995), κατά την ανάπτυξη μοντέλων για την δημιουργία προφίλ ταχυτήτων, οι ερευνητές βασίστηκαν στις εξής παραδοχές:

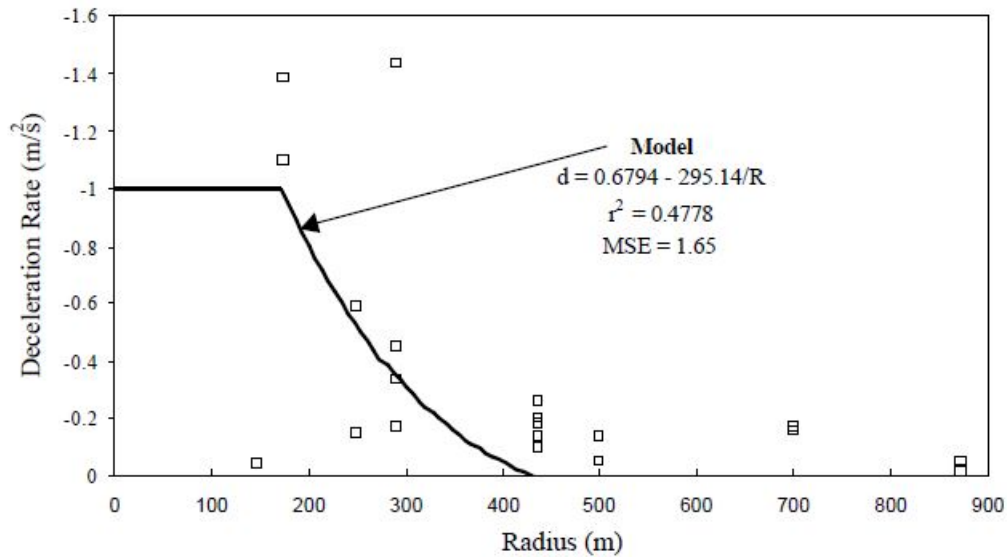
- Η επιτάχυνση και η επιβράδυνση λαμβάνουν χώρα εκτός των ορίων της οριζόντιας καμπύλης.
- Η επιτάχυνση και η επιβράδυνση είναι σταθερές και ισούνται με 0.85 m/s^2

Η ισχύς των ανωτέρω υποθέσεων εξετάστηκε διεξοδικά μέσω μετρήσεων σε πραγματικές συνθήκες και βρέθηκε πώς οι μετρημένες επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις είναι σημαντικά διαφορετικές από τις υποτιθέμενες, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Για τον λόγο αυτό αναπτύχθηκαν μοντέλα επιτάχυνσης και επιβράδυνσης (FHWA, 2000). Όσον αφορά την επιβράδυνση, η σχέση υπολογισμού της που αναπτύχθηκε έχει εφαρμογή για ακτίνες μεταξύ 175 και 436 μέτρων. Για ακτίνες μικρότερες των 175 μέτρων η επιβράδυνση θεωρείται ίση με 1.0 m/s^2 , ενώ για ακτίνες μεγαλύτερες των 436 μέτρων θεωρείται μηδενική (Σχήμα 2.6). Για την επιτάχυνση, οι αναλύσεις παλινδρόμησης έδωσαν χαμηλούς συντελεστές συσχέτισης και για τον λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιούνται σταθερές τιμές επιτάχυνσης για διάφορα εύρη ακτίνων όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.7.

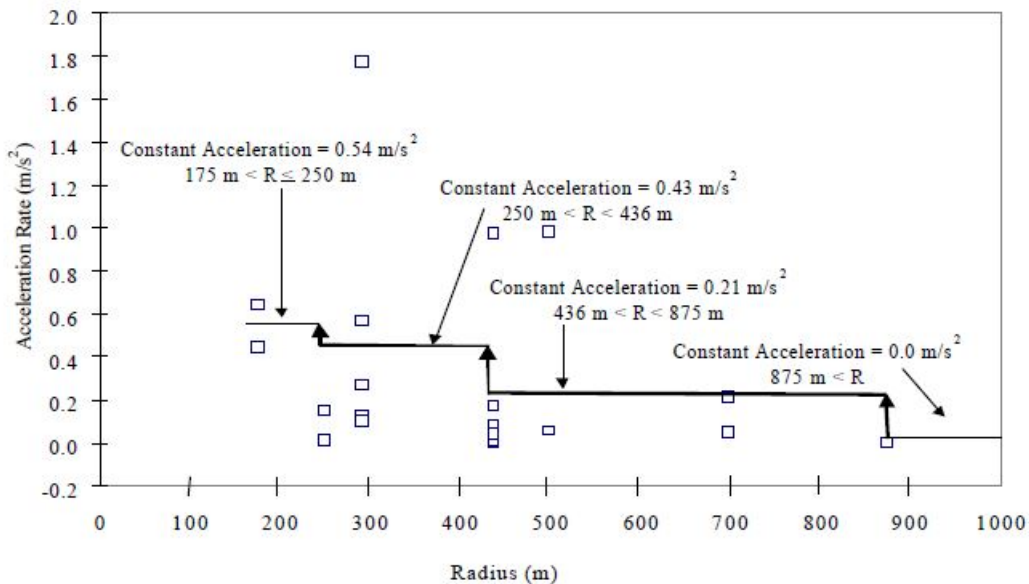
Για την αξιολόγηση της ομοιογένειας σχεδιασμού μέσω των προφίλ ταχυτήτων, η προτεινόμενη διαδικασία έχει ως εξής:

1. Επιλογή της επιθυμητής ταχύτητας των οδηγών (ταχύτητα ελεύθερης ροής).
2. Πρόγνωση των λειτουργικών ταχυτήτων στις καμπύλες μέσω των εξισώσεων πρόγνωσης.
3. Πρόγνωση των λειτουργικών ταχυτήτων λόγω κατά μήκος κλίσης (εξισώσεις TWOPAS).
4. Επιλογή της χαμηλότερης ταχύτητας για το κάθε στοιχείο.

5. Προσαρμογή των ταχυτήτων λόγω επιτάχυνσης και επιβράδυνσης.
6. Αξιολόγηση της ομοιογένειας σχεδιασμού.
7. Ολοκλήρωση του προφίλ ταχυτήτων.



Σχήμα 2.6: Επιβράδυνση συναρτήσει της ακτίνας οριζόντιας καμπύλης (FHWA, 2000)



Σχήμα 2.7: Επιτάχυνση συναρτήσει της ακτίνας οριζόντιας καμπύλης (FHWA, 2000)

Ως διαθέσιμο μήκος για προσαρμογή ταχύτητας ορίζεται η απόσταση που διαχωρίζει τις διαδοχικές καμπύλες. Υπολογίζεται λοιπόν το απαιτούμενο μήκος προκειμένου να εφαρμοστεί η πλήρης επιτάχυνση και επιβράδυνση και συγκρίνεται με το διαθέσιμο. Όταν το διαθέσιμο μήκος

δεν επαρκεί για την επίτευξη της επιθυμητής ταχύτητας, τότε εξετάζεται το απαιτούμενο μήκος επιβράδυνσης από την προηγούμενη στην επόμενη καμπύλη. Αν είναι μικρότερο από το διαθέσιμο τότε κατά την αποχώρηση από την προηγούμενη καμπύλη υποτίθεται πως θα συντελεστεί επιταχυνόμενη κίνηση έως ότου αρχίσει η επιβραδυνόμενη. Ενώ αν το απαιτούμενο είναι ίσο με το διαθέσιμο τα οχήματα δεν θα επιταχύνουν κατά την έξοδό τους από την προηγούμενη καμπύλη. Ζητήματα ανακύπτουν όταν το διαθέσιμο μήκος δεν επαρκεί για την επιβράδυνση. Τότε οι οδηγοί θα εκτελέσουν επιβραδυνόμενη κίνηση με επιβράδυνση μεγαλύτερη της επιθυμητής. Όσον αφορά τα όρια της επιβράδυνσης, στο *Transportation and Traffic Engineering Handbook* του ITE, ορίζεται ως λογικός και άνετος ρυθμός επιβράδυνσης τα 2.46 m/s^2 . Όμως το 90% των υγρών οδοστρωμάτων παρέχει τέτοια επίπεδα πρόσφυσης (AASHTO, 1994). Συμπεριλαμβάνοντας την θεώρηση των υγρών οδοστρωμάτων, ορίστηκαν οι κλάσεις ποιότητας σχεδιασμού όπως φαίνονται στον πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Επιτάχυνση/επιβράδυνση και ποιότητα σχεδιασμού

Επιβράδυνση (m/s^2)	Ποιότητα Σχεδιασμού	Επιτάχυνση (m/s^2)
1.00 έως 1.48	Καλή	0.54 έως 0.89
1.48 έως 2.00	Μέτρια	0.89 έως 1.25
>2.00	Απαράδεκτη	>1.25

Ο κύριος σκοπός της πρόγνωσης των λειτουργικών ταχυτήτων κατά μήκος μιας οδού, όπως προαναφέρθηκε είναι η αξιολόγηση της ομοιογένειας σχεδιασμού. Αφού λοιπόν υπολογίζονται οι λειτουργικές ταχύτητες κάθε γεωμετρικού στοιχείου, υπολογίζονται και οι διαφορές των λειτουργικών ταχυτήτων μεταξύ των διαδοχικών στοιχείων. Αν η μεταβολή της ταχύτητας είναι ίση ή μεγαλύτερη από μια προκαθορισμένη τιμή, εντοπίζονται οι σχεδιαστικές ανομοιογένειες που αποτελούν εν δυνάμει περιοχές συγκρούσεων. Βέβαια για καλύτερη κατηγοριοποίηση της ποιότητας σχεδιασμού είναι προτιμότερη η χρήση της κλίμακας που προτείνεται από τους Lamm et al. (1988), έναντι της σύγκρισης της μεταβολής ταχύτητας με μια προκαθορισμένη τιμή.

Πίνακας 2.2: Μεταβολή ταχύτητας V85 και ποιότητα σχεδιασμού

Ποιότητα Σχεδιασμού		
Καλή	Μέτρια	Απαράδεκτη
$\Delta V85 \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < \Delta V85 \leq 20 \text{ km/h}$	$\Delta V85 > 20 \text{ km/h}$

Στις Η.Π.Α. εξετάστηκε ο βαθμός συσχέτισης της διαφοράς της λειτουργικής ταχύτητας με την συχνότητα ατυχημάτων. Η διεξαχθείσα ανάλυση έλαβε υπ' όψιν τροχαία ατυχήματα της τριετίας 1993-1995. Στα ατυχήματα αυτά συμπεριελήφθησαν μόνο οι εκτροπές μεμονωμένων οχημάτων, οι πολλαπλές συγκρούσεις οχημάτων κινουμένων σε αντίθετες κατευθύνσεις και συγκρούσεις οχημάτων κινουμένων στην ίδια κατεύθυνση. Επίσης εξαιρέθηκαν όσα συμβάντα σχετιζόταν με προσπέραση και με πρόσκρουση σε ζώα ενώ δεν συμπεριελήφθησαν τα ατυχήματα στα οποία εμπλέκονταν ποδήλατα και μοτοσυκλέτες. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3: Ποιότητα σχεδιασμού και δείκτης ατυχημάτων

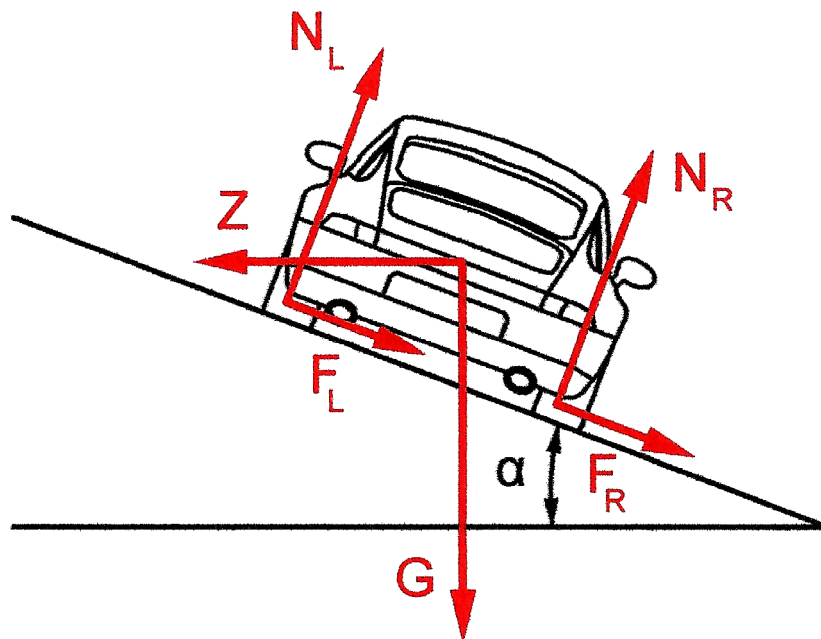
Ποιότητα σχεδιασμού	Δείκτης ατυχημάτων ($\text{acc}/10^6 \text{ veh-km}$)
Καλή	0.46
Μέτρια	1.44
Απαράδεκτη	2.76

2.4 Στοιχεία Δυναμικής Κίνησης Οχημάτων

Οι περισσότεροι κανονισμοί χάραξης οδών έχουν προσεγγίσει εμπειρικά την δυναμική του οχήματος και ο προσδιορισμός κρίσιμων γεωμετρικών μεγεθών όπως για παράδειγμα η ακτίνα της οριζόντιας και η ακτίνα της κυρτής κατακόρυφης καμπύλης γίνονται με βάση την συμπεριφορά του οχήματος κατά την πέδηση. Πιο συγκεκριμένα, ο προσδιορισμός του πρώτου μεγέθους γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ισχυρό απόθεμα πρόσφυσης (90% περίπου της μέγιστης επιτρεπόμενης) στην επιτρόχια κατεύθυνση, η διάθεση του οποίου να είναι δυνατή σε περίπτωση πέδησης ή ανεπιθύμητων ελιγμών. Αντίστοιχα, ο προσδιορισμός της ακτίνας της κυρτής κατακόρυφης καμπύλης προϋποθέτει τον προσδιορισμό του απαιτούμενου μήκους ορατότητας μέχρι πλήρους στάσης (Ψαριανός, 2001). Ένα άλλο επίσης ισχυρό μειονέκτημα των κανονισμών είναι ότι στον προσδιορισμό των κρίσιμων γεωμετρικών μεγεθών αγνοείται η δυναμική κίνηση των βαρέων οχημάτων, δεδομένου ότι σαν όχημα σχεδιασμού θεωρείται το τυπικό επιβατηγό όχημα.

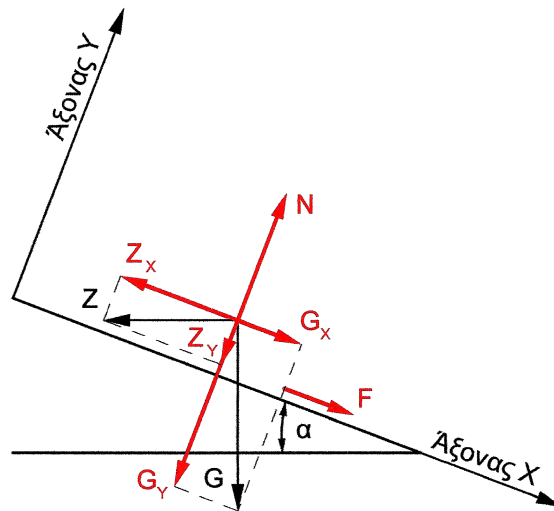
Στην οδοποιία σήμερα η υφιστάμενη προσέγγιση της δυναμικής του οχήματος εμπεριέχει της εξής απλοποιήσεις:

- το όχημα προσομοιώνεται με υλικό σημείο (σημειακή μάζα), και παράμετροι όπως τύπος οχήματος, μάζα, θέση κέντρου βάρους αγνοούνται ενώ επίσης δεν υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ κινητήριου και μη κινητήριου άξονα.
- η κίνηση του οχήματος εξετάζεται ανεξάρτητα στην επιτρόχια και στην εγκάρσια κατεύθυνση και δεν περιλαμβάνονται οι περιορισμοί εκείνοι με τους οποίους οι συνιστώσες της εξ' επαφής δύναμης αλληλοδεσμεύονται.



Σχήμα 2.8: Μοντέλο εγκάρσιας ευστάθειας

Έτσι κατά την κίνηση ενός οχήματος σε καμπύλη τροχιά, στην εγκάρσια κατά την κίνηση διεύθυνση, η φυγόκεντρος δύναμη εξισορροπείται από το άθροισμα της συνιστώσας του βάρους του και της αναπτυσσόμενης πλευρικής τριβής μεταξύ οδοστρώματος και ελαστικού.



Σχήμα 2.9: Αναπτυσσόμενες δυνάμεις κατά την κίνηση σε καμπύλη τροχιά

Από την ισορροπία αυτή (Σχήμα 2.8) υπολογίζεται η ελάχιστη τιμή της οριζόντιας ακτίνας ως ακολούθως:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 \times (f_{R,\text{perm}} + e_{\max})} \quad (2.1)$$

όπου:

R_{\min} [m]: η ελάχιστη οριζόντια ακτίνα

V [km/h]: η ταχύτητα οχήματος -συνήθως η ταχύτητα μελέτης-

$f_{R,\text{perm}}$: ο επιτρεπόμενος συντελεστής εγκάρσιας πρόσφυσης

e_{\max} : η μέγιστη επιτρεπόμενη επίκλιση, %/100

Συντελεστής Εφαπτομενικής Τριβής

Με την υπόθεση ότι οι επιτρεπόμενοι συντελεστές εφαπτομενικής τριβής ανταποκρίνονται στην σύγχρονη τεχνολογική πραγματικότητα και διασφαλίζουν την ασφαλή κυκλοφορία των οχημάτων από άποψη δυναμικής της κυκλοφορίας, οι προδιαγραφές καταξιωμένων κανονισμών μελετών οδικών έργων (Γαλλία, Γερμανία, Ελβετία, ΗΠΑ, Σουηδία) ελήφθησαν σαν βάση για την ανάπτυξη μιας σχέσης μεταξύ συντελεστού εφαπτομενικής τριβής και ταχύτητας μελέτης (Lamm et al., 1999).

$$f_{T,\text{perm}} = 0.59 - 4.85 \times 10^{-3} V_d + 1.51 \times 10^{-5} V_d^2 \quad (2.2)$$

όπου:

$f_{T,\text{perm}}$: ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής εφαπτομενικής τριβής

V_d [km/h]: η ταχύτητα μελέτης

Η σχέση 2.2 έχει εφαρμογή και στην Ελλάδα έχοντας ενσωματωθεί στους ισχύοντες ελληνικούς κανονισμούς ΟΜΟΕ-Χ.

Συντελεστής Εγκάρσιας Τριβής

Αφού λοιπόν ορίστηκε η συνάρτηση μεταξύ του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή εφαπτομενικής τριβής και της ταχύτητας μελέτης, πρέπει να οριστεί και το διάστημα μέσα στο οποίο θα πρέπει να κυμαίνεται ο συντελεστής εκμετάλλευσης n . Ο συντελεστής εκμετάλλευσης n του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή εγκάρσιας τριβής, υπεισέρχεται στον σχεδιασμό ούτως ώστε

να εξασφαλιστούν σημαντικά αποθέματα εφαπτομενικής τριβής διαθέσιμα για επιβράδυνση, επιτάχυνση και έκτακτη πέδηση. Η βασική σχέση υπολογισμού της εγκάρσιας τριβής είναι:

$$f_{R,perm} = n \times 0.925 \times f_{T,perm} \quad (2.3)$$

Μέσω του συντελεστή απομείωσης 0.925, λαμβάνονται υπ' όψιν η μορφή και η κατάσταση των ελαστικών.

Η διεθνής εμπειρία υποδεικνύει πως ο συντελεστής εκμετάλλευσης n , κυμαίνεται από 40 έως και 50 τοις εκατό για υπεραστικές οδούς (Lamm et al., 1999). Αυτό σημαίνει πως ο εναπομένον συντελεστής τριβής στην εφαπτομενική διεύθυνση είναι 92% και 87% αντίστοιχα, του μέγιστου θεωρητικού συντελεστή, όπως προκύπτει από τον πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4: Εκμεταλλεούμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής και εναπομένων συντελεστής εφαπτομενικής τριβής (Lamm et al., 1999)

Εγκάρσια $n = (f_R/f_{Rmax}), \%$	Εφαπτομενική $(f_T/f_{Tmax}), \%$
0.0	100.0
10.0	99.5
20.0	98.0
30.0	95.4
40.0	91.7
50.0	86.6
60.0	80.0
70.0	71.4
80.0	60.0
90.0	43.6
100.0	0.0

Από όσα προαναφέρθηκαν, η ταχύτητα διέλευσης από μια οριζόντια καμπύλη εξαρτάται άμεσα από την ακτίνα, την επίκλιση και τον διαθέσιμο συντελεστή τριβής. Οποιαδήποτε αύξηση σε κάποια από αυτές τις παραμέτρους επιφέρει αύξηση και στην ταχύτητα διέλευσης. Μελέτες πάνω στην οδηγική συμπεριφορά έχουν δείξει ότι οι ταχύτητες διέλευσης που επιλέγουν οι οδηγοί στις καμπύλες, αντικατοπτρίζουν την πλευρική επιτάχυνση (ως ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας) που αποδέχονται οι οδηγοί και εμπίπτει στα όρια άνεσής τους (Bonneson et al., 2007).

Οι αμερικανικοί κανονισμοί μελετών οδικών έργων (AASHTO, 2004), θεωρούν ότι ο σχεδιασμός των καμπυλών δεν πρέπει να γίνεται βάσει των μέγιστων διατιθέμενων συντελεστών εγκάρσιας τριβής, καθώς η υιοθέτηση μιας τέτοιας πρακτικής θα οδηγούσε σε υψηλά κόστη συντήρησης. Το κριτήριο για την επιλογή της μέγιστης τιμής του συντελεστή εγκάρσιας τριβής που θα χρησιμοποιηθεί στον σχεδιασμό είναι το επίπεδο της κεντρομόλου επιτάχυνσης που παραβιάζει τα όρια άνεσης των οδηγών. Στο επανομαζόμενο *Green Book* ορίζονται οι προτεινόμενοι για χρήση συντελεστές εγκάρσιας τριβής (Πίνακας 2.5).

Πίνακας 2.5: Συντελεστές πλευρικής τριβής βάσει των ορίων άνεσης των χρηστών (AASHTO, 2004)

	Ταχύτητα Μελέτης, mph												
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
f_R	0.38	0.32	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
Σημ.: 1 mph = 1.609 km/h													

Οι τιμές σχεδιασμού που προτείνονται από τους κανονισμούς έχουν αντιμετωπιστεί με σκεπτικισμό από αρκετούς ερευνητές ως προς την συντηρητικότητά τους. Η κριτική στάση έναντι των προτεινόμενων τιμών από τους κανονισμούς είναι βάσιμη, δεδομένου ότι οι παρατηρημένες λειτουργικές ταχύτητες V85 στις καμπύλες είναι αισθητά υψηλότερες από τις ταχύτητες μελέτης των εκάστοτε καμπύλων (Chowdhury et al., 1991; Voigt et al., 2002). Ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι οι τεχνολογικές εξελίξεις στην αυτοκινητοβιομηχανία. Οι αναρτήσεις των οχημάτων καθώς και τα συστήματα διεύθυνσής τους βελτιώνονται διαρκώς και υπερτερούν σαφώς έναντι των παλαιότερων οχημάτων. Ως εκ τούτου την σήμερον ημέρα, οι οδηγοί διανύουν τις καμπύλες με υψηλότερες ταχύτητες από αυτές που αισθάνονταν άνετα με παλαιότερα οχήματα (Carlson and Mason, 1999). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται τόσο από τις μετρήσεις των Carlson and Mason (1999), που μέτρησαν για ταχύτητες μεγαλύτερες των 50 km/h τιμές άνεσης ίσες με $0.17 \cdot g$, όσο και από τις τιμές που προτείνει ο Navin (2015) που αγγίζουν τα $0.18 \cdot g$ για ταχύτητες των 80 km/h. Τιμές συγκριτικά υψηλότερες από αυτές που προτείνονται στους κανονισμούς AASHTO.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα διερεύνηση καθώς αναφέρονται και όλες οι παραδοχές που έγιναν στην πορεία της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα γνωστοποιούνται στον αναγνώστη στοιχεία και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, όπως:

- μοντέλα πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων
- κριτήρια ασφαλείας
- έλεγχος ορατότητας για στάση
- προσδιορισμός ορίων ταχύτητας και σύγκριση με τα υφιστάμενα

3.1 Αξιολόγηση Οριζόντιας Χάραξης

Για την αξιολόγηση της οριζόντιας χάραξης της υπό εξέταση οδού ως προς την ασφάλεια, χρησιμοποιήθηκαν τα τρία ποσοτικά κριτήρια ασφαλείας που αφορούν στην επίτευξη αρμονίας και ομοιογενούς συνέχειας:

- στην μελέτη (κριτήριο I)
- στην λειτουργική ταχύτητα V85 (κριτήριο II) και
- στην δυναμική της κίνησης των οχημάτων(κριτήριο III).

Η διατύπωση αυτών των τριών Κριτηρίων Ασφαλείας είναι αποτέλεσμα εκτενούς ανάλυσης και συσχέτισης των τροχαίων ατυχημάτων με τα κατασκευαστικά στοιχεία ή τα στοιχεία κυκλοφοριακής τεχνικής (διαμόρφωση διατομής, ακτίνες, κατά μήκος κλίση, πρόσφυση οδοστρώματος, διαγραμμίσεις κλπ.) της οδού (ΟΜΟΕ - Χ, 2001). Η εφαρμογή των Κριτηρίων Ασφαλείας για την αξιολόγηση μιας υφιστάμενης οδού από την σκοπιά της οδικής ασφαλείας είναι μια διεθνώς διαδεδομένη πρακτική, η οποία προσαρμόζεται στο υπόβαθρο λειτουργικής ταχύτητας της εκάστοτε χώρας.

Το Κριτήριο Ασφαλείας I διατυπώθηκε με στόχο την εναρμόνιση μεταξύ της ταχύτητας μελέτης V_e και της αναμενόμενης ταχύτητας V85 σε σχέση με κάθε στοιχείο μελέτης. Το Κριτήριο Ασφαλείας II χρησιμοποιείται για την εναρμόνιση των αναμενόμενων ταχυτήτων V85 μεταξύ δύο διαδοχικών στοιχείων και για την αξιολόγηση της ποιότητας σχεδιασμού της οδού ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής με βάση συγκεκριμένες οριακές τιμές, που είναι αποτέλεσμα σχετικών ερευνών στον τομέα των ατυχημάτων. Το Κριτήριο Ασφαλείας III παρέχει τη δυνατότητα αξιολόγησης των δεδομένων της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων στα καμπύλα τμήματα της οδού. Πιο συγκεκριμένα ελέγχεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ του διατιθέμενου συντελεστή πλευρικής τριβής f_{RA} και του απαιτούμενου συντελεστή πλευρικής τριβής f_{RD} και η οποία προσδιορίζεται συναρτήσει της αναμενόμενης ταχύτητας V85.

Κριτήριο Ασφαλείας I: Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στην μελέτη

Η ταχύτητα μελέτης V_e και η λειτουργική ταχύτητα V85 πρέπει να είναι εναρμονισμένες. Με αυτόν τον τρόπο επιδιώκεται η συμβατότητα μεταξύ της οδικής συμπεριφοράς των οδηγών και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού.

Η διατύπωση του Κριτηρίου Ασφαλείας I βασίζεται σε έρευνες που σχετίζονται με την οδική συμπεριφορά των οδηγών και την επιρροή αυτής στην πρόκληση ατυχημάτων. Αυτό το κριτήριο

ασφαλείας δίνει την δυνατότητα συσχέτισης της ταχύτητας μελέτης με την ταχύτητα V85, ώστε να αξιολογούνται τμήματα υπεραστικών οδών με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας σε σχέση με την ποιότητα σχεδιασμού ως καλά, μέτρια ή μη αποδεκτά. Τα ποσοτικά δεδομένα των ορίων απόκλισης μεταξύ των ταχυτήτων V_e και V85 για την απόδοση ενός από τους τρεις προαναφερόμενους χαρακτηρισμούς στο οδικό τμήμα, όσον αφορά την ποιότητα σχεδιασμού, αναγράφονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ V_e και V85 για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής.

<p>Περίπτωση 1: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού</p> <p>$V85 - V_e \leq 10 \text{ km/h}$</p> <p>Δεν απαιτούνται προσαρμογές ή διορθωτικές επεμβάσεις στη χάραξη της οδού.</p>
<p>Περίπτωση 2: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού</p> <p>$10 \text{ km/h} < V85 - V_e \leq 20 \text{ km/h}$</p> <p>Στην περίπτωση αυτή οι επικλίσεις πρέπει να επαναυπολογισθούν με βάση την ταχύτητα V85 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.</p>
<p>Περίπτωση 3: Μη αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού</p> <p>$V85 - V_e > 20 \text{ km/h}$</p> <p>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.</p>

Το Κριτήριο Ασφαλείας I αναφέρεται πάντοτε σε ένα στοιχείο της χάραξης, δηλαδή σε μία καμπύλη ή σε μία ανεξάρτητη ευθυγραμμία.

Για την εφαρμογή του κριτηρίου ασφαλείας I σε υφιστάμενες οδούς, οι οποίες πρόκειται να βελτιωθούν ή να ανακατασκευαστούν, η ταχύτητα μελέτης κατά κανόνα είναι άγνωστη και κατά συνέπεια απαιτείται ο έμμεσος προσδιορισμός της. Στην παρούσα εργασία όμως οι ταχύτητες μελέτης των οδικών τμημάτων που εξετάστηκαν ήσαν γνωστές, καθώς η Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας προμήθευσε τις τεχνικές εκθέσεις των μελετητών.

Κριτήριο Ασφαλείας II: Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη λειτουργική ταχύτητα

Η ταχύτητα μελέτης V_e και η εναρμονισμένη με αυτή λειτουργική ταχύτητα V85, με βάση το Κριτήριο Ασφαλείας I, πρέπει να διατηρούνται σταθερές σε επαρκές μήκος της οδού. Με αυτόν τον τρόπο διαμορφώνεται μία χάραξη που επηρεάζει ανάλογα την οδική συμπεριφορά των οδηγών. Εφόσον όμως καταστεί αναγκαίο σε οδικό τμήμα μεγάλου μήκους να τροποποιηθούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της χάραξης και επομένως η ταχύτητα μελέτης V_e (π.χ. λόγω εμφανών διαφορών στο ανάγλυφο), τότε πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των στοιχείων μελέτης, τα οποία πρέπει να μεταβάλλονται σταδιακά. Για τους ίδιους λόγους με τους προαναφερθέντες, πρέπει και η ταχύτητα V85 να παραμένει σταθερή για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος της οδού. Αυτό εξασφαλίζεται με το Κριτήριο Ασφαλείας II. Στα τμήματα με σταθερή ταχύτητα μελέτης η επιλογή διαδοχικών στοιχείων μελέτης με αρμονική μεταξύ τους σχέση, όσον

αφορά τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων, δημιουργεί τις προϋποθέσεις για έναν ομοιόμορφο και οικονομικό τρόπο οδήγησης.

Ο έλεγχος της ομοιογένειας της οριζοντιογραφίας γίνεται με βάση τα ποσοτικά όρια των τιμών μεταβολής της ταχύτητας V85 του Κριτηρίου Ασφαλείας II, όπως παρατίθενται στον Πίνακα 3.2

Πίνακας 3.2: Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ διαδοχικών V85 για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής.

<p>Περίπτωση 1: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού</p> <p>$V85_i - V85_{i+1} \leq 10 \text{ km/h}$</p> <p>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.</p>
<p>Περίπτωση 2: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού</p> <p>$10 \text{ km/h} < V85_i - V85_{i+1} \leq 20 \text{ km/h}$</p> <p>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.</p>
<p>Περίπτωση 3: Μη αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού</p> <p>$V85_i - V85_{i+1} > 20 \text{ km/h}$</p> <p>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 αντιοικονομική 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.</p>

Ο έλεγχος βασίζεται στον υπολογισμό των διαφορών των ταχυτήτων V85 που αναπτύσσονται στα διαδοχικά στοιχεία μελέτης (ανεξάρτητη ευθυγραμμία - καμπύλη ή καμπύλη - καμπύλη). Έτσι για την ακολουθία : καμπύλη ή ευθυγραμμία (i) - καμπύλη (i+1) υπολογίζονται αρχικά οι τιμές της ελικτότητας K_{Ei} (ή CCR_i) και K_{Ei+1} (ή CCR_{i+1}) όπως ορίστηκαν στο υποκεφάλαιο Δείκτες Χάραξης (Alignment Indices) του 2ου κεφαλαίου, και στη συνέχεια οι τιμές V85_i και V85_{i+1} μέσω του εκάστοτε μοντέλου πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων. Η ποιότητα σχεδιασμού του εξεταζόμενου οδικού τμήματος που περιλαμβάνει αυτά τα δύο στοιχεία μελέτης μπορεί να χαρακτηριστεί ως καλή, μέτρια ή μη αποδεκτή, ανάλογα με την απόλυτη τιμή της διαφοράς των δύο διαδοχικών ταχυτήτων V85.

Κριτήριο Ασφαλείας III: Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στην δυναμική της κίνησης των οχημάτων

Μέσω του Κριτηρίου Ασφαλείας III παρέχεται η δυνατότητα αξιολόγησης των δεδομένων της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων στα καμπύλα τμήματα της οδού, μέσω της εξέτασης της επάρκειας του διατιθέμενου συντελεστή πλευρικής τριβής f_{RA} , έναντι του απαιτούμενου συντελεστή τριβής f_{RD} . Ο διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής στην καμπύλη όπως έχει προαναφερθεί στο κεφάλαιο 2 υπολογίζεται από την σχέση 2.3. Ο απαιτούμενος συντελεστής πλευρικής τριβής υπολογίζεται από την κάτωθι σχέση:

$$f_{RD} = \frac{V85^2}{127 \times R} - e \quad (3.1)$$

όπου:

f_{RD} : ο απαιτούμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής

V85: η λειτουργική ταχύτητα 85%

e: η επίκλιση στην καμπύλη

Η διαφορά $f_{RA} - f_{RD}$ μεταξύ του διατιθέμενου και του απαιτούμενου συντελεστή τριβής f_{RA} και f_{RD} αντιστοίχως, αποτελεί ένα μέτρο ασφαλείας που συνδέεται με την δυναμική της κίνησης των οχημάτων. Είναι προφανές πως όταν ο διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής είναι μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο, η ποιότητα σχεδιασμού του οδικού τμήματος μπορεί να χαρακτηριστεί ως καλή, δεδομένου ότι σ' αυτή την περίπτωση, θεωρητικά τουλάχιστον, η πρόσφυση του οδοστρώματος είναι καλή. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν ο απαιτούμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής είναι μεγαλύτερος από τον διατιθέμενο, τότε μπορεί να διατυπωθεί έστω και θεωρητικά ισχυρισμός ότι όσον αφορά την δυναμική της κίνησης των οχημάτων, το διαπιστούμενο έλλειμμα στην πρόσφυση του οδοστρώματος είναι δυνατόν να επιφέρει αύξηση της επικινδυνότητας της οδού σε κρίσιμους ελιγμούς κατά την οδήγηση. Τα όρια των τιμών απόκλισης μεταξύ διατιθέμενου και απαιτούμενου συντελεστή τριβής για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής παρατίθενται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3: Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ διατιθέμενου και απαιτούμενου συντελεστή πλευρικής τριβής για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής.

<p>Περίπτωση 1: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού</p> <p>$f_{RA} - f_{RD} \geq 0.00$</p> <p>Σε αυτά τα καμπύλα τμήματα πιθανότατα η πρόσφυση είναι επαρκής. Δεν απαιτούνται προσαρμογές ή βελτιώσεις στην γεωμετρία της οδού.</p>
<p>Περίπτωση 2: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού</p> <p>$-0.04 \leq f_{RA} - f_{RD} < 0.00$</p> <p>Σε αυτά τα καμπύλα τμήματα πρέπει:</p> <ol style="list-style-type: none"> να περιορισθεί η ταχύτητα των οχημάτων με μείωση του ορίου ταχύτητας ή/και με άλλες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις ή/και κατασκευαστικές επεμβάσεις. να επαναυπολογισθούν οι επικλίσεις με βάση την V85 προκειμένου ο διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής να προσεγγίζει τον απαιτούμενο. να τεθούν υψηλές ποιοτικές απαιτήσεις στην αντιστοιχία των οδοστρωμάτων.
<p>Περίπτωση 3: Μη αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού</p> <p>$f_{RA} - f_{RD} < -0.04$</p> <p>Σε αυτά τα καμπύλα τμήματα πιθανότατα η διατιθέμενη πρόσφυση του οδοστρώματος είναι ανεπαρκής, ιδιαίτερα με υγρά οδοστρώματα. Κατά κανόνα απαιτούνται κατασκευαστικές επεμβάσεις. Οποσδήποτε είναι απαραίτητη η λήψη διορθωτικών μέτρων.</p>

Αξιολόγηση ευθυγραμμιών

Εδώ και μερικές δεκαετίες, η ευθυγραμμία θεωρείται δυναμικό στοιχείο μελέτης λαμβανομένων υπόψη των αναγκαίων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων των οδηγών (ΟΜΟΕ - Χ, 2001). Καθοριστική σημασία έχει λοιπόν το Κριτήριο Ασφαλείας II προκειμένου να αξιολογηθεί η μετάβαση από την ευθυγραμμία στην καμπύλη ως καλός, μέτριος ή μη αποδεκτός σχεδιασμός. Για την εν λόγω ανάλυση απαιτείται ο ορισμός δύο τύπων ευθυγραμμιών:

1. **Εξαρτημένες ευθυγραμμίες:** είναι εκείνες οι ευθυγραμμίες, οι οποίες έχουν σχετικά μικρό μήκος με αποτέλεσμα η διαφορά μεταξύ των διαδοχικών ταχυτήτων $V85$ να μην μπορεί να υπερβεί την επιτρεπόμενη, σύμφωνα με το Κριτήριο Ασφαλείας II. Στην περίπτωση αυτή η διαδικασία αξιολόγησης της αλληλουχίας των στοιχείων μελέτης καθορίζεται από την αλληλουχία καμπύλη-καμπύλη και αγνοείται η ύπαρξη της ενδιάμεσης ευθυγραμμίας.
2. **Ανεξάρτητες ευθυγραμμίες:** είναι εκείνες οι ευθυγραμμίες, οι οποίες έχουν επαρκές μήκος ώστε η διαφορά μεταξύ των διαδοχικών ταχυτήτων $V85$ να μπορεί ενδεχομένως να υπερβεί την επιτρεπόμενη διαφορά σύμφωνα με το Κριτήριο Ασφαλείας II. Στην περίπτωση αυτή η διαδικασία αξιολόγησης της αλληλουχίας των στοιχείων μελέτης καθορίζεται από την αλληλουχία στοιχείων ευθυγραμμία-καμπύλη (η ύπαρξη της ευθυγραμμίας δεν αγνοείται).

Η μέση επιτάχυνση/επιβράδυνση έχει καθιερωθεί να λαμβάνεται ίση με 0.85 m/s^2 (Lamm et al., 1999). Κατά συνέπεια η σχέση που δίδει το μήκος συναρμογής ταχυτήτων (μήκος ευθυγραμμίας TL) μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών είναι:

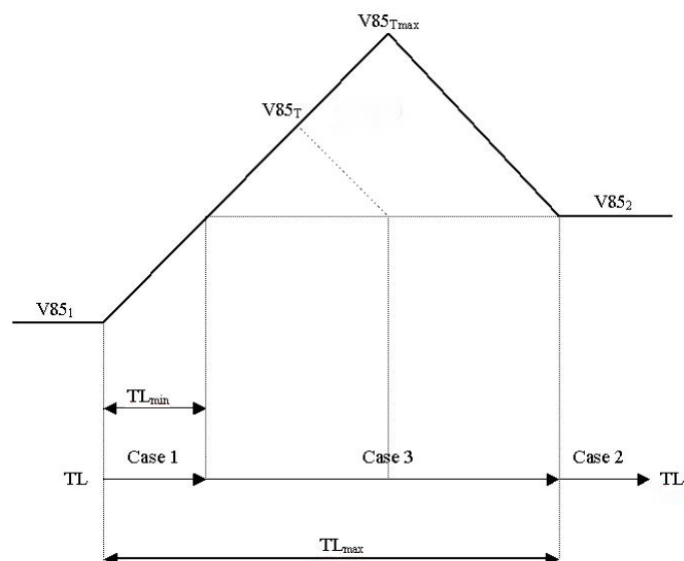
$$TL_{\min} = \frac{V85_1^2 - V85_2^2}{2 \cdot a \cdot 3.6^2} = \frac{V85_1^2 - V85_2^2}{22.03} \quad (3.2)$$

όπου:

$V85_{1/2}$ [km/h] = λειτουργική ταχύτητα 85% στην καμπύλη

TL_{\min} [m] = μήκος ευθυγραμμίας μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών (μήκος συναρμογής ταχυτήτων)

a [m/s^2] = τυπική επιτάχυνση/επιβράδυνση οχημάτων



Σχήμα 3.1: Χαρακτηρισμός ευθυγραμμιών βάσει μήκους και ταχύτητας (Lamm et al., 1999)

Μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών, η υπάρχουσα ευθυγραμμία μπορεί να δίνει την δυνατότητα στους οδηγούς να αναπτύξουν τη μέγιστη ταχύτητα ευθυγραμμίας (λειτουργική ταχύτητα V85 για μηδενική ελκτικότητα). Το απαιτούμενο μήκος για την ανάπτυξη αυτής της ταχύτητας ορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$TL_{\max} = \frac{V85_{T\max}^2 - V85_1^2}{2 \cdot a \cdot 3.6^2} + \frac{V85_{T\max}^2 - V85_2^2}{2 \cdot a \cdot 3.6^2} = \frac{2 \cdot V85_{T\max}^2 - V85_1^2 - V85_2^2}{22.03} \quad (3.3)$$

Διακρίνονται έτσι οι ακόλουθες τρεις περιπτώσεις:

Περίπτωση 1 - Εξαρτημένη ευθυγραμμία

$$TL \leq TL_{\min}$$

$$V85_T \leq \max\{V85_1, V85_2\}$$

Δεν λαμβάνεται υπ' όψιν στην διαδικασία αξιολόγησης. Αξιολογείται μόνο η σχέση μεταξύ των δύο διαδοχικών καμπυλών.

Περίπτωση 2 - Ανεξάρτητη ευθυγραμμία

$$TL \geq TL_{\max}$$

$$V85 = V85_{T\max}$$

Η ύπαρξή της δεν αγνοείται. Η ακολουθία "ευθυγραμμία - καμπύλη" καθορίζει την διαδικασία αξιολόγησης.

Περίπτωση 3 - Μερικώς ανεξάρτητη ευθυγραμμία

$$TL_{\min} < TL < TL_{\max}$$

$$\max\{V85_1, V85_2\} < V85_T < V85_{T\max}$$

Η ύπαρξή της δεν αγνοείται. Η αλληλουχία "ευθυγραμμία - καμπύλη" είναι καθοριστικής σημασίας στην διαδικασία αξιολόγησης. Η λειτουργική ταχύτητα στην ευθυγραμμία υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$V85_T = \sqrt{11.016 (TL - TL_{\min}) + V85_i^2} \quad (3.4)$$

Υπόβαθρο λειτουργικών ταχυτήτων

Για την πρόβλεψη των λειτουργικών ταχυτήτων V85 στις καμπύλες χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο πρόβλεψης όπως έχει οριστεί στις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (2001). Οι καθοριστικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της ταχύτητας V85 είναι η ελκτικότητα K_E (ή CCR) της μεμονωμένης καμπύλης και το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας b . Η ταχύτητα V85 υπολογίστηκε χωριστά για κάθε μία καμπύλη της χάραξης της οδού ως συνάρτηση της τιμής της ελκτικότητας K_{Ei} της κάθε μεμονωμένης καμπύλης, καθώς επίσης και για κάθε Ανεξάρτητη Ευθυγραμμία. Στις Ανεξάρτητες Ευθυγραμμίες η ταχύτητα V85 λήφθηκε ίση με 104 km/h, όπως αντιστοιχεί σε τιμή ελκτικότητας $K_E=0$, πλάτος λωρίδας $b=3.75$ m και κατά μήκος κλίση $s \leq 5\%$. Ο υπολογισμός της V85 στις καμπύλες έγινε βάσει της ακόλουθης σχέσης:

$$V85 = [10^6 / (10150 \cdot 10 + 8.529 \cdot K_E)] + [(b - 3.50) \cdot 20] \quad (3.5)$$

Η σχέση αυτή αντιστοιχεί σε κατά μήκος κλίση μικρότερη ή ίση του 5%. Στο υπό εξέταση οδικό τμήμα της εργασίας απαντώνται και τμήματα με κλίση μεγαλύτερη του 5%. Οι ΟΜΟΕ-Χ ορίζουν συναρτήσεις υπολογισμού της V85 για κλίσεις μεγαλύτερες του 5% και του 7%, ωστόσο δεν έγινε χρήση τους. Και αυτό γιατί τα τμήματα με ισχυρή κατά μήκος κλίση ήταν στην πλειοψηφία τους μικρού μήκους (<250 m). Τα τμήματα με κλίση μεγαλύτερη του 5% και μήκος μεγαλύτερο των 250 m, είχαν κατά μήκος κλίση με ανώτατη τιμή 6~6.5%. Ταυτόχρονα, από διελεύσεις που έλαβαν χώρα κατά την διάρκεια της έρευνας στις οποίες η οδηγική συμπεριφορά προσέγγιζε συνθήκες στις οποίες μπορεί και αναπτύσσεται η V85, στα τμήματα με κατά μήκος κλίση μεγαλύτερη του 5%, η ταχύτητα του οχήματος προσέγγιζε την V85 που υπολογίζεται από την σχέση για κατά μήκος κλίση μικρότερη του 5%. Οπότε οι σχέσεις για κλίση μεγαλύτερη του 5% και του 7% απορρίφθηκαν εξαιτίας της σημαντικής απόκλισης που παρουσίαζε η εφαρμογή των

σχέσεων που περιγράφονται στις ΟΜΟΕ, σε σχέση με τις ταχύτητες διέλευσης όπως καταγράφηκαν με κατάλληλο εξοπλισμό. Επίσης, αν και αυτό το μοντέλο αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990, για το εύρος ελκιοτήτων που απαντάται στον υπό εξέταση άξονα οι ταχύτητες που υπολογίζει δεν διαφέρουν αισθητά από νεότερες μετρήσεις που έλαβαν χώρα το 2008 στην Ελλάδα (Psarianos and Garcia, 2011).

3.2 Έλεγχος Επάρκειας Ορατότητας για Στάση

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση S_h , είναι το μήκος που χρειάζεται ένας οδηγός κινούμενος με την V85 για να ακινητοποιήσει το όχημά του πριν από ένα απροσδόκητο ακίνητο εμπόδιο στο οδόστρωμα (ΟΜΟΕ, 2001). Το μήκος ορατότητας για στάση είναι το άθροισμα του μήκους που διανύει το όχημα κατά τη διάρκεια του χρόνου αντίληψης-αντίδρασης και του μήκους πέδησης. Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση υπολογίζεται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$S_h = S_1 + S_2 \quad (3.5)$$

$$S_1 = (V85 / 3.6) \cdot t_r \quad (3.5.a)$$

$$S_2 = (V85 / 3.6)^2 / [2 \cdot (d+g \cdot s / 100)] \quad (3.5.b)$$

όπου:

S_h [m] = μήκος ορατότητας για στάση

S_1 [m] = διανυόμενο μήκος κατά τη διάρκεια του χρόνου αντίληψης-αντίδρασης

S_2 [m] = μήκος πέδησης

V85 [km/h] = λειτουργική ταχύτητα 85%

t_r [s] = χρόνος αντίληψης-αντίδρασης (λαμβάνεται ίσος με 2 sec)

g [m/s²] = επιτάχυνση βαρύτητας

d [m/s²] = συντελεστής εξαρτώμενος από την ταχύτητα (Πίνακας 3.4)

s [%] = κατά μήκος κλίση (θετική(+):ανωφέρεια, αρνητική(-):κατωφέρεια)

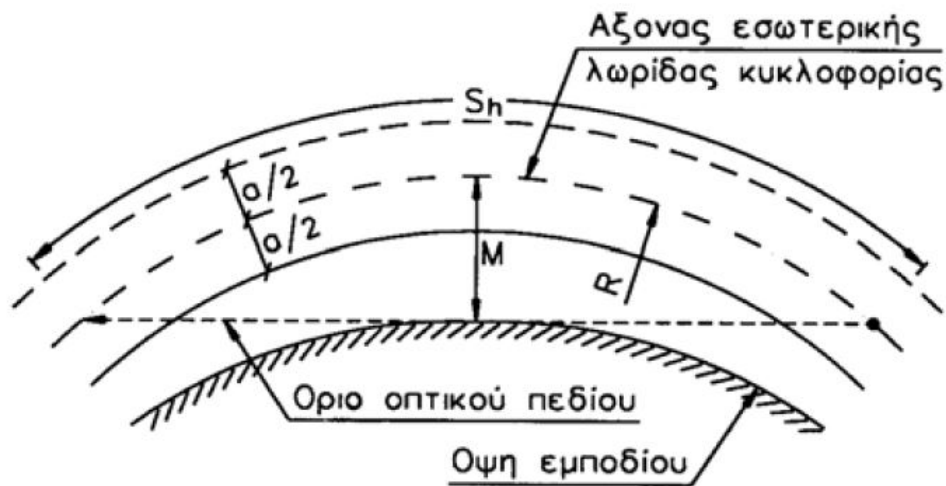
Πίνακας 3.4: Συντελεστής d υπολογισμού του μήκους ορατότητας στάσης S_h

V85	[km/h]	50	60	70	80	90	100	110	120	130
d	[m/s ²]	4.4	4.2	4.0	3.8	3.6	3.4	3.3	3.1	3.0

Στην διαδικασία ελέγχου επάρκειας ορατότητας που διενεργήθηκε στην εργασία, εξετάστηκε αν η θέση των στηθαίων ασφαλείας εξασφαλίζει τον απαιτούμενο πλευρικό χώρο για να υπάρχει το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση.

Ο πλευρικός ελεύθερος οπτικών εμποδίων χώρος λήφθηκε ίσως με:

- στις αριστερόστροφες καμπύλες:
 - 6.00 m, ύπαρξη Λωρίδας Πολλαπλών Χρήσεων (Λ.Π.Χ.)
 - 9.00 m, ύπαρξη Λωρίδας Βραδυπορείας στην απέναντι κατεύθυνση
- στις δεξιόστροφες καμπύλες:
 - 4.50 m
 - 5.00 m, ύπαρξη Λωρίδας Πολλαπλών Χρήσεων (Λ.Π.Χ.)
 - 7.50 m, ύπαρξη Λωρίδας Βραδυπορείας στην κατεύθυνση κίνησης



Σχήμα 3.2: Στοιχεία ελέγχου ορατότητας από τον πλευρικό ελεύθερο οπτικών εμποδίων χώρο (ΟΜΟΕ, 2001)

Οι αποστάσεις των πλευρικών εμποδίων από την θέση του οδηγού όπως επιλέχθηκαν, αποτελούν μια συντηρητική προσέγγιση η οποία βέβαια είναι υπέρ της ασφαλείας. Σε ορισμένες θέσεις, η οδός είναι απαλλαγμένη από πλευρικά εμπόδια και στις θέσεις αυτές ο πλευρικός ελεύθερος εμποδίων χώρος ορίστηκε να έχει πλάτος 10 μέτρων, το οποίο είναι μικρότερο από το πραγματικό. Αυτή η παραδοχή όμως δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα, αφού η ασφαλής V85 που αντιστοιχεί στον συνδυασμό ακτίνας R και διαθέσιμου πλάτους M των θέσεων αυτών, είναι αισθητά μεγαλύτερη από την λειτουργική ταχύτητα που προκύπτει από το μοντέλο πρόβλεψης.

Όσα προαναφέρθηκαν χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο επάρκειας ορατότητας σε υγρό οδόστρωμα. Για τον προσδιορισμό της επιτρεπόμενης ταχύτητας προκειμένου να υπάρχει επάρκεια ορατότητας για στάση σε στεγνό οδόστρωμα σε κάθε θέση του οδικού έργου, ισχύουν όσα στοιχεία αναφέρθηκαν για το υγρό οδόστρωμα με την διαφοροποίηση του συντελεστή d. Στο στεγνό οδόστρωμα ο συντελεστής d λαμβάνεται ίσος με 8.0 m/s^2 . Είναι προφανές πως οι ταχύτητες που προκύπτουν είναι σημαντικά υψηλότερες από αυτές που υπολογίζονται για υγρό οδόστρωμα και χρησιμοποιούνται μόνο σε περίπτωση που προτείνεται διπλό όριο ταχύτητας (διαφορετικό για στεγνό και διαφορετικό για βρεγμένο οδόστρωμα). Στην παρούσα εργασία δεν προτείνεται η χρήση διπλού ορίου ταχύτητας, αλλά ο έλεγχος για επάρκεια ορατότητας σε στεγνό οδόστρωμα έγινε για καλύτερη εποπτεία της μελέτης.

3.3 Μεθοδολογία Προσδιορισμού Ορίων Ταχύτητας

Στο πλαίσιο της αξιολόγησης υφιστάμενης χάραξης από άποψη οδικής ασφάλειας, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα όρια ταχύτητας. Πολλές φορές εγείρονται ερωτηματικά για το αν οι υπάρχουσες ρυθμιστικές πινακίδες ορίων ταχύτητας είναι πράγματι σωστές. Ουκ ολίγες φορές τα υπάρχοντα όρια ταχύτητας είναι υψηλότερα από αυτά που επιτρέπει η γεωμετρία της οδού, ενώ δεν εκλείπουν και οι φορές που είναι αρκετά συντηρητικά. Η πλήρης γνωστοποίηση των ορθών ορίων ταχύτητας είναι βαρύνουσας σημασίας. Γιατί ναι μεν, είναι ευθύνη των οδηγών να κινούνται με ταχύτητα που τους επιτρέπει να ελέγχουν τα οχήματά τους με ασφάλεια και να την προσαρμόζουν στις εκάστοτε συνθήκες (κυκλοφορίας, καιρικές, ορατότητας), αλλά σε ορισμένες θέσεις οι οδηγοί ακόμα και με αυξημένη προσοχή δεν είναι εύκολο να αντιληφθούν τις απαιτούμενες αλλαγές ταχύτητας. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό των προτεινόμενων ορίων ταχύτητας βασίστηκε στους ελέγχους των βασικών γεωμετρικών χα-

ρακτηριστικών της οδού κατά ΟΜΟΕ-Χ και στον έλεγχο επάρκειας ορατότητας για στάση.

Όσον αφορά την οριζοντιογραφία, σε κάθε καμπύλη η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα διέλευσης προκύπτει από την βασική σχέση δυναμικής της κυκλοφορίας (Σχέση 2.1), για την υπάρχουσα ακτίνα και την υπάρχουσα επίκλιση. Για τον προσδιορισμό της επιτρεπόμενης ταχύτητας με βάση τα στοιχεία της μηκοτομής λήφθηκαν υπ' όψιν οι οριακές τιμές για τα ακόλουθα, όπως ορίζονται στο τεύχος των Χαράξεων των ΟΜΟΕ:

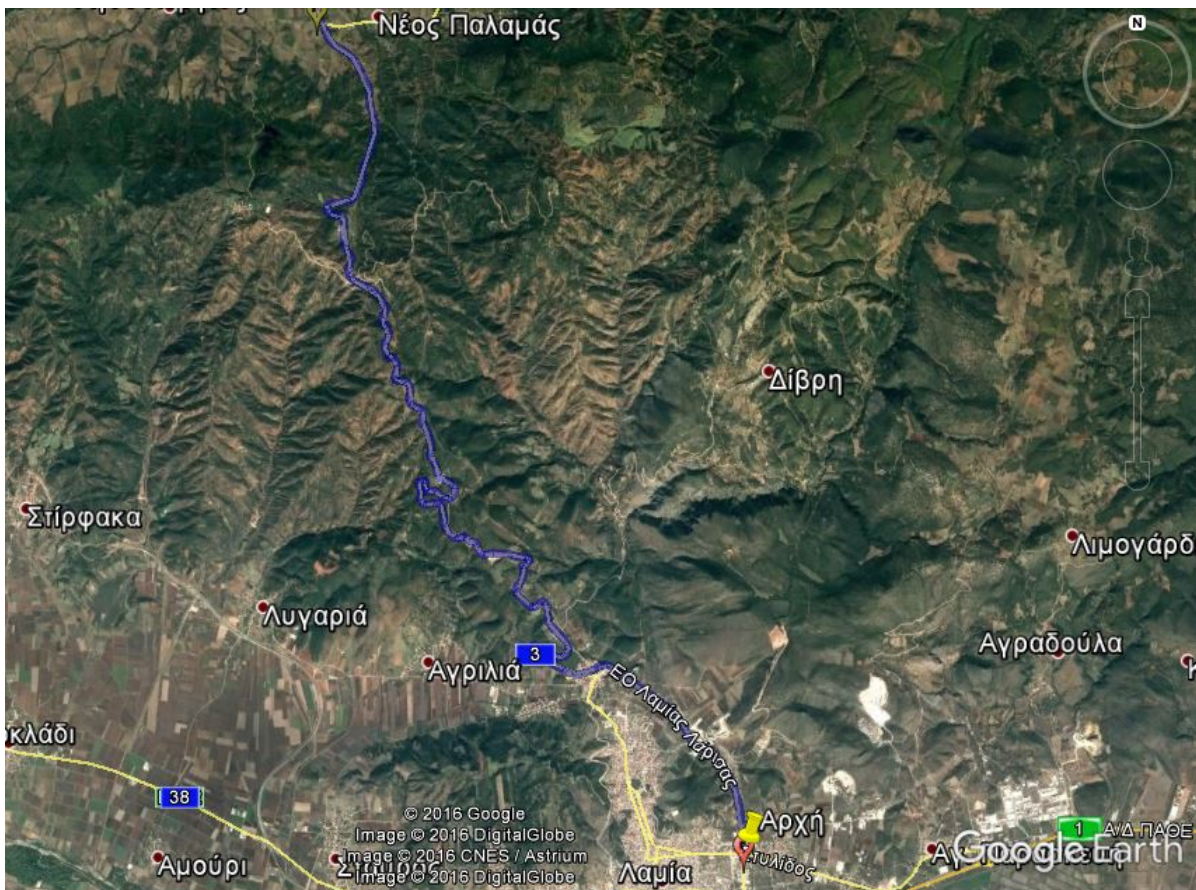
- Κατά μήκος κλίσεις
- Κυρτές κατακόρυφες καμπύλες
- Κοίλες κατακόρυφες καμπύλες

Οι μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες που προκύπτουν λόγω οριζοντιογραφίας και μηκοτομής συμπεριλαμβανομένης και της ελάχιστης ταχύτητας που εξασφαλίζει την επάρκεια ορατότητας για στάση σε υγρό οδόστρωμα είναι αυτές που καθορίζουν το προτεινόμενο όριο ταχύτητας για κάθε στοιχείο. Επιλέγεται η μικρότερη από τις τρεις καθοριστικές ταχύτητες, στρογγυλεμένη προς τα κάτω στην δεκάδα που ανήκει.

4. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αρχικά μια περιγραφή της υφιστάμενης οδού που εξετάστηκε στην διπλωματική εργασία. Εν συνεχεία παρατίθεται η διαδικασία αποτύπωσης του άξονα καθώς αναφέρεται και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τον σκοπό αυτό. Έπειτα γνωστοποιούνται στον αναγνώστη στοιχεία τροχαίων ατυχημάτων και γίνεται εξέταση για το αν στις θέσεις που υπάρχει συγκέντρωση συμβάντων, μπορεί να ευθύνεται η γεωμετρία της οδού.

Ο οδικός άξονας που επελέγη για αξιολόγηση από άποψη οδικής ασφάλειας είναι ένα τμήμα περίπου 23 χιλιομέτρων της Εθνικής Οδού 3. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για τα πρώτα 23 χιλιόμετρα του τμήματος Λαμία - Δομοκός, από την διασταύρωση Ξηριώτισσας (Χ.Θ. 0+000) έως τον κόμβο Νέου Παλαμά (Χ.Θ. 22+900).



Σχήμα 4.1: Εξεταζόμενο οδικό τμήμα (Google Earth)

Κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστούν τα 23 πρώτα χιλιόμετρα καθώς η οδός διασχίζει ορεινά εδάφη με οριζοντιογραφία ιδιαίτερα προσαρμοσμένη στο ανάγλυφο. Μετά το πέρας των 23 χιλιομέτρων, η χάραξη χαρακτηρίζεται ως ευθυτενής μέσα στο οροπέδιο της Ξυνιάδας με μοναδικό επικίνδυνο σημείο την διέλευση εντός του οικισμού Μεταλλείων Ομβριακής. Επίσης τα εξεταζόμενα χιλιόμετρα είναι αυτά που ανήκουν στην δικαιοδοσία του Τμήματος Τροχαίας Λαμίας, το οποίο προμήθευσε τα απαραίτητα στοιχεία τροχαίων ατυχημάτων.

Το οδικό τμήμα έλαβε την σημερινή του μορφή σταδιακά. Πιο συγκεκριμένα, από την χιλιομετρική θέση (Χ.Θ.) 0+000 έως 4+800, η οδός ολοκληρώθηκε το 2009. Από την Χ.Θ. 4+800 έως 22+900 λειτουργεί με αυτή τη μορφή από το 1999. Τα στοιχεία τροχαίων ατυχημάτων που λήφθηκαν υπόψιν αφορούν την περίοδο από το 2009 μέχρι σήμερα για τα πρώτα 4.8 χιλιόμετρα, και από το 1999 έως σήμερα για το υπολειπόμενο μήκος.

4.1 Αποτύπωση Υφιστάμενης Υποδομής - Υπολογισμός Γεωμετρικών Στοιχείων

Η απουσία σχεδίων as-built καθώς και οι επιφυλάξεις για το κατά πόσον η προβλεπόμενη μελέτη (χορηγήθηκε από την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας) έχει κατασκευαστεί πιστά, ανέδειξε την ανάγκη αποτύπωσης της υφιστάμενης υποδομής.

Για τον προσδιορισμό της οριζόντιας και κατακόρυφης γεωμετρίας του άξονα του εξεταζόμενου οδικού τμήματος, εκτελέστηκαν μετρήσεις με κινούμενο δέκτη GNSS (επί οχήματος) της εξωτερικής οριογραμμής και στις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας. Νοείται πως η αποτύπωση της οριογραμμής γίνεται έμμεσα, από τα στίγματα του GNSS και την περίπου και κατά το δυνατόν τήρηση σταθερής απόστασης του δέκτη (σ.σ. του οχήματος) από την οριογραμμή κυκλοφορίας. Επιπροσθέτως, εγκαταστάθηκε και βιντεοκάμερα για βιντεοσκόπηση της οδού, η οποία έχει τη δυνατότητα καταγραφής καρέ ανά μισό δευτερόλεπτο, παρέχοντας γεωαναφερμένες φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης.



Σχήμα 4.2: Εξοπλισμός αποτύπωσης

Ο δέκτης GNSS λάμβανε στίγμα ανά 0.5 δευτερόλεπτα περίπου και έγινε προσπάθεια διατήρησης σταθερής ταχύτητας του οχήματος στα 40 με 45 km/h, ούτως ώστε να προκύπτουν στίγματα

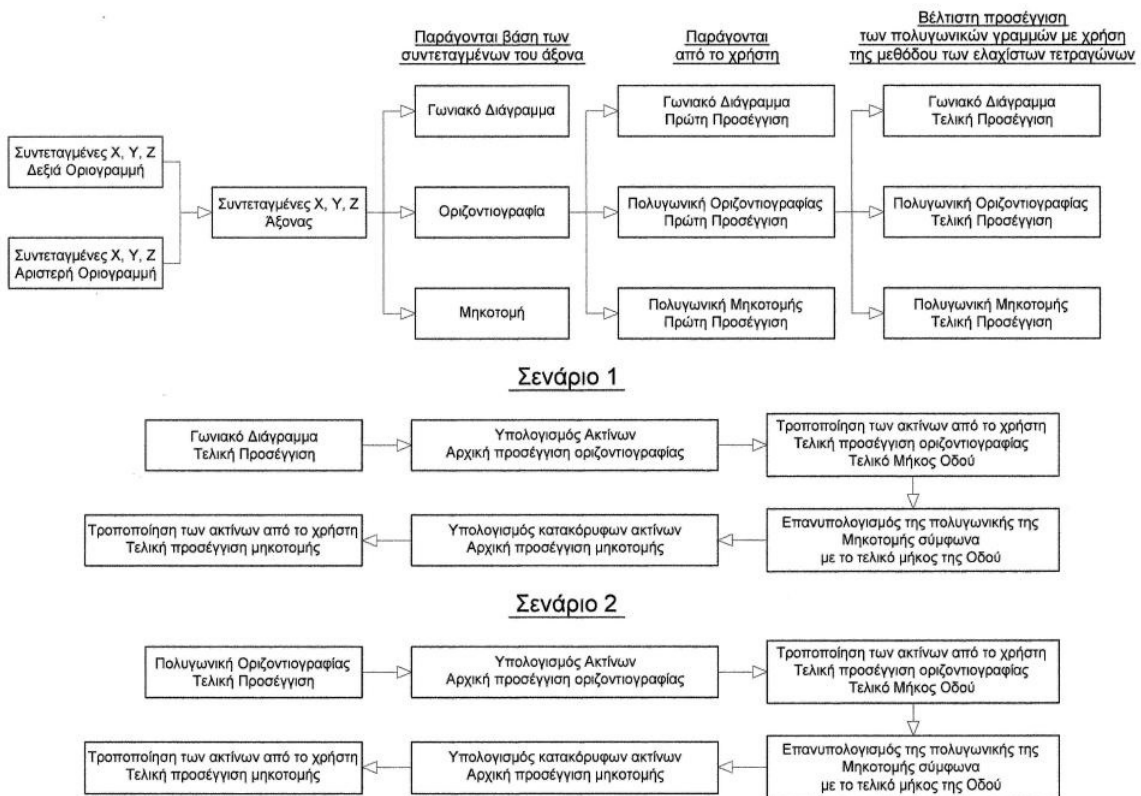
με μεταξύ τους απόσταση γύρω στα 5 μέτρα. Η αποτύπωση κάθε οριογραμμής έδωσε στίγματα συντεταγμένων $X Y Z$ με τις οριζοντιογραφικές συντεταγμένες να αναφέρονται στο ΕΓΣΑ 87. Λόγω της αδυναμίας αυτής της μεθόδου αποτύπωσης να συλλέξει δεδομένα άξονα, ο άξονας υπολογίστηκε ως η μεσοπαράλληλη των δύο οριογραμμών. Με αυτήν την μέθοδο όμως δεν λαμβάνονται υπ' όψιν οι επικλίσεις της οδού γεγονός που οδηγεί σε εσφαλμένο υπολογισμό του υψομέτρου του άξονα. Το σφάλμα αυτό έχει επίδραση στην παραγωγή της μηκοτομής του οδικού έργου και μπορεί να οδηγήσει σε παραποιημένο αποτέλεσμα. Στην οριζοντιογραφία εν αντιθέσει, η διαφοροποίηση των παραγόμενων γεωμετρικών στοιχείων είναι πρακτικά ασήμαντη δεδομένου ότι ο γεωμετρικός μέσος των οριογραμμών της οδού ανταποκρίνεται στον πραγματικό άξονα της οδού, με εξαίρεση τις περιοχές σημαντικών διαπλατύνσεων (π.χ. περιοχές ισόπεδων κόμβων).



Σχήμα 4.3: Γεωαναφερμένη εικόνα υψηλής ανάλυσης

Για την επιτάχυνση της επεξεργασίας της τοπογραφικής πληροφορίας και την εξαγωγή της γεωμετρίας στον ελάχιστο δυνατό χρόνο και με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια, χρησιμοποιήθηκε το ανεπτυχθέν στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Ε.Μ.Π.) λογισμικό H12 (Αποστολέρης και Μερτζάνης, 2015; Βασιλάς, 2013). Το λογισμικό H12 αποτελεί ένα αξιόπιστο και σχετικά γρήγορο εργαλείο εξαγωγής γεωμετρικών στοιχείων υφιστάμενης χάραξης. Η πορεία των εργασιών που έλαβαν χώρα στο λογισμικό ήταν η ακόλουθη:

1. Εισήχθησαν στο πρόγραμμα οι συντεταγμένες X, Y, Z των στιγμάτων της αριστερής και της δεξιάς οριογραμμής όπως ελήφθησαν από την αποτύπωση.



Σχήμα 4.4: Διάγραμμα ροής H12

2. Αφού δεν εισήχθη τοπογραφική πληροφορία για τον άξονα, αυτός παρήχθη ως η μεσοπαράλληλη των δύο οριογραμμών.
3. Γίνεται αυτόματη επεξεργασία των συντεταγμένων και εξάγεται σε αρχείο DXF η οριζοντιογραφία, η μηκοτομή και το γωνιακό διάγραμμα της οδού όπως αυτό προκύπτει από την αποτύπωση (δηλαδή σαν πολυτεθλασμένη γραμμή με πλευρές μήκους περίπου 5 μέτρων).
4. Γίνεται επεξεργασία από το χρήστη του αρχείου DXF με σκοπό να δημιουργηθεί σε μία πρώτη προσέγγιση η πολυγωνική της οριζοντιογραφίας, η πολυγωνική της μηκοτομής και το γωνιακό διάγραμμα. Τελικά οι τεθλασμένες αυτές γραμμές εισάγονται στο πρόγραμμα.
5. Γίνεται αυτόματη επεξεργασία και διόρθωση των τεθλασμένων γραμμών με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, προκειμένου να προσεγγίζουν όσο το δυνατό καλύτερα την τοπογραφική αποτύπωση.
6. Ταυτόχρονα προσεγγίζονται οι ακτίνες της οριζοντιογραφίας με δύο τρόπους. Αρχικά από το γωνιακό διάγραμμα και κατά δεύτερον από την πολυγωνική της οριζοντιογραφίας με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων προκειμένου τα παραγόμενα κυκλικά τόξα να έχουν όσο το δυνατό μικρότερη απόκλιση από την τοπογραφικά αποτύπωση. Με τον ίδιο τρόπο προσεγγίζονται και οι ακτίνες στις καμπύλες συναρμογής της μηκοτομής.
7. Τελικά το πρόγραμμα παράγει δύο σενάρια. Μέσω του γωνιακού διαγράμματος παράγεται μία προσέγγιση της οριζοντιογραφίας της οδού και με βάση το συνολικό μήκος της οδού αναπροσαρμόζεται και δημιουργείται η τελική μηκοτομή της οδού. Αντίστοιχα παράγεται μία δεύτερη προσέγγιση της οριζοντιογραφίας μέσω της πολυγωνικής και με βάση το συνολικό μήκος της οδού αναπροσαρμόζεται και δημιουργείται η τελική μηκοτομή της οδού.

8. Επειδή και στις δυο περιπτώσεις το 10% περίπου των παραγόμενων ακτίνων της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής εξακολουθούν να έχουν σημαντική απόκλιση από την τοπογραφική αποτύπωση, οι ακτίνες αυτές επαναπροσεγγίζονται γραφικά από τον χρήστη.
9. Τελικά το πρόγραμμα ξανατρέχει τα δύο σενάρια και παράγει την τελική οριζοντιογραφία και μηκοτομή της οδού. Ταυτόχρονα υπολογίζει την ακρίβεια προσέγγισης που έχει επιτύχει κάθε ένα σενάριο ώστε ο χρήστης επιλέξει με ποιο από τα δύο να προχωρήσει στον έλεγχο της γεωμετρίας της οδού.

Αναφορικά με την ακρίβεια της αποτύπωσης, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ικανοποιητική για τις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Πιο συγκεκριμένα στην προσέγγιση της οριζοντιογραφίας, η παραγόμενη γεωμετρία είχε μέγιστη απόκλιση περίπου 70 εκατοστά από την αποτύπωση σε ορισμένα κυκλικά τόξα μικρής ακτίνας. Η απόκλιση αυτή ίσως οφείλεται στα τόξα συναρμογής (κλωθοειδείς) που δεν λήφθηκαν υπ' όψιν. Σε σύγκριση με την Οριστική Μελέτη του οδικού έργου, οι οριζοντιογραφικές ακτίνες που προέκυψαν από την αποτύπωση είχαν μέγιστη απόκλιση περίπου 10%. Ενδεικτικά, ακτίνες της τάξεως των 60 μέτρων στην μελέτη προέκυψαν έπειτα από την αποτύπωση να είναι 59 με 64 μέτρα, ακτίνες της τάξεως των 100 μέτρων κυμαίνονταν από 93 έως 105 μέτρα. Αξίζει να αναφερθεί ότι στις μεγαλύτερης ακτίνας καμπύλες, η απόκλιση της αποτυπωμένης ακτίνας από την οριζόμενη στην μελέτη, μειώνεται. Στην μηκοτομή, η απόκλιση της προσέγγισης του H12 από την αποτύπωση, κυμαίνεται γύρω στα 25 εκατοστά, εκτός από ορισμένες θέσεις που ο δέκτης GNSS δεν είχε καλή ορατότητα με τους δορυφόρους λόγω της διέλευσης του άξονα από αμφίπλευρα ορύγματα.

4.2 Θέσεις Μειωμένης Οδικής Ασφάλειας Βάσει Ιστορικού Τροχαίων Ατυχημάτων

Ως γνωστόν τα τροχαία συμβάντα οφείλονται σε πολυσύνθετα αίτια που συνήθως δεν είναι άμεσα προσδιορίσιμα. Τις περισσότερες φορές οι ευθύνες επιρρίπτονται στους οδηγούς (αντικανονική προσπέραση, υπερβολική ταχύτητα κλπ), όμως κανείς δεν είναι σε θέση να πει με βεβαιότητα, πως πριν το σημείο που συνέβη η σύγκρουση οι οδηγοί συμμορφώνονταν με τους κανόνες κυκλοφορίας (π.χ. όρια ταχύτητας). Η συγκέντρωση ατυχημάτων σε ορισμένες θέσεις καθιστά αναγκαία την εξέταση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού για την διαπίστωση τυχόν ανεπαρκειών.

Στο πλαίσιο αυτό ζητήθηκαν από την Τροχαία Λαμίας τα στοιχεία τροχαίων ατυχημάτων που αφορούν το υπό εξέταση οδικό τμήμα. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται στην περίοδο λειτουργίας του τμήματος με την σημερινή του μορφή, ήτοι από το 2009 μέχρι σήμερα για το τμήμα από την Χ.Θ. 0+000 έως 4+800 και από το 1999 μέχρι σήμερα για το υπόλοιπο μήκος. Δυστυχώς οι αναφορές των συμβάντων δεν χορηγήθηκαν με αποτέλεσμα να είναι άγνωστα τα αίτια, το είδος των συγκρούσεων (οι εκτροπές μεμονωμένων οχημάτων αναφέρονται ξεκάθαρα) και οι καιρικές συνθήκες. Επίσης αξίζει να σημειωθεί πως δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα συμβάντα με υλικές ζημιές, παρά μόνο όσα είχαν συνέπεια τραυματισμό και θάνατο. Το πλήρες αρχείο των τροχαίων ατυχημάτων επισυνάπτεται στο Παράρτημα[B]. Συγκεντρωτικά στοιχεία ατυχημάτων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (ανά χιλιόμετρο).

Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικά στοιχεία τροχαίων ατυχημάτων.

Χ.Θ. Αρχής	Χ.Θ. Τέλους	Με Τραυματία	Με Νεκρό
0+000	1+000	-	-
1+000	2+000	-	-

Χ.Θ. Αρχής	Χ.Θ. Τέλους	Με Τραυματία	Με Νεκρό
2+000	3+000	-	-
3+000	4+000	1	-
4+000	5+000	6	-
5+000	6+000	4	-
6+000	7+000	8	-
7+000	8+000	3	-
8+000	9+000	9	2
9+000	10+000	8	2
10+000	11+000	7	1
11+000	12+000	8	-
12+000	13+000	18	2
13+000	14+000	4	1
14+000	15+000	1	1
15+000	16+000	3	-
16+000	17+000	3	-
17+000	18+000	3	-
18+000	19+000	7	-
19+000	20+000	3	2
20+000	21+000	1	-
21+000	22+000	1	-
22+000	22+900	1	1
ΣΥΝΟΛΟ		97	12

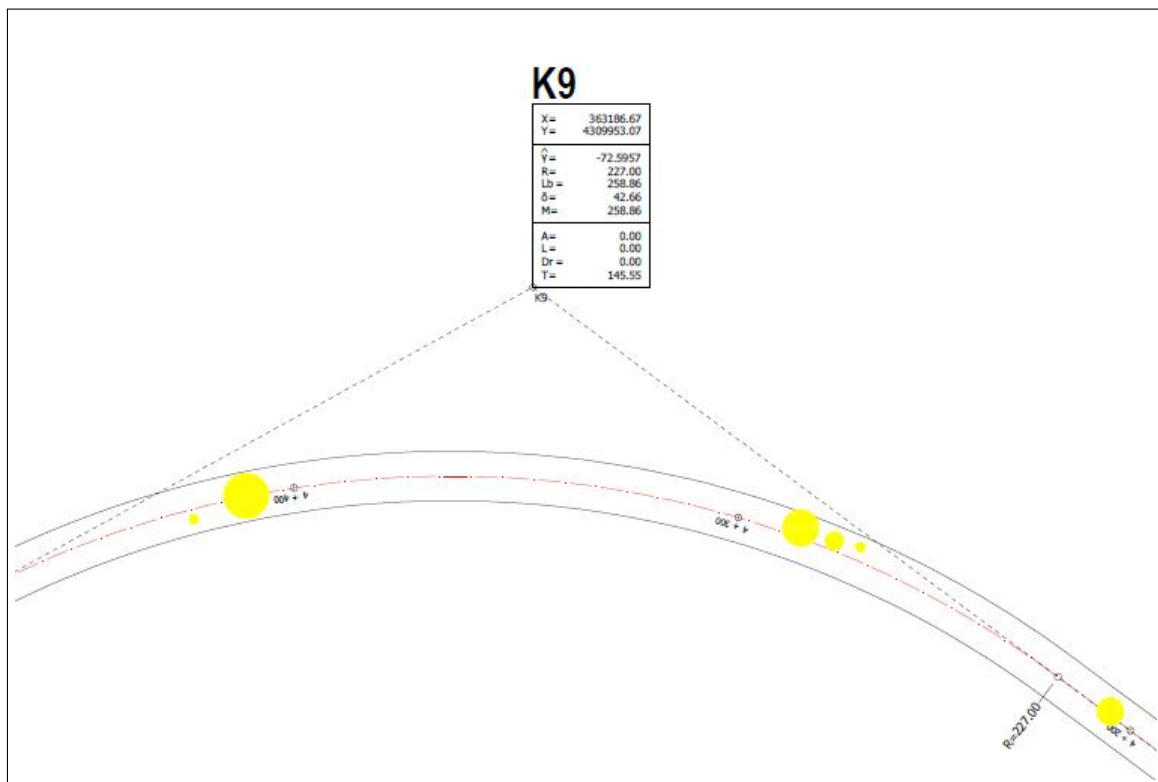
Από τα στοιχεία που προμήθευσε το Τμήμα Τροχαίας Λαμίας, διαπιστώθηκε πως 12 συμβάντα είχαν ως αποτέλεσμα τον θανάσιμο τραυματισμό ενός ή περισσότερων ανθρώπων. Τα στοιχεία και οι θέσεις των συμβάντων αυτών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.2: Συμβάντα με θανάσιμο τραυματισμό.

Χ.Θ. Συμβάντος	Ημ/νία	Νεκροί / Τραυματίες	Εμπλεκόμενα Οχήματα	Τύπος Ατυχήματος
8+300	14.01.2001	1 Νεκρός 2 Τραυματίες	Ε.Ι.Χ Ε.Ι.Χ	Άγνωστος
8+800	08.05.2012	1 Νεκρός	Φορηγό Μοτοσυκλέτα	Εκτροπή Μοτοσυκλέτας
9+000	20.06.2001	1 Νεκρός 5 Τραυματίες	Ε.Ι.Χ Φορηγό	Άγνωστος
9+400	17.08.2005	1 Νεκρός 2 Τραυματίες	Ε.Ι.Χ Ε.Ι.Χ	Άγνωστος
10+700	17.07.1999	1 Νεκρός	Ε.Ι.Χ	Εκτροπή
12+500	28.12.2005	1 Νεκρός 2 Τραυματίες	Ε.Ι.Χ Λεωφορείο	Άγνωστος
12+550	28.05.2007	1 Νεκρός	Ε.Ι.Χ Μοτοσυκλέτα	Άγνωστος
13+100	04.01.2004	1 Νεκρός 2 Τραυματίες	Ε.Ι.Χ Ε.Ι.Χ	Άγνωστος
14+100	02.09.2008	1 Νεκρός	Μοτοσυκλέτα	Εκτροπή
19+300	10.10.2005	1 Νεκρός	Φορηγό Φορηγό	Άγνωστος

Χ.Θ. Συμβάντος	Ημ/νία	Νεκροί / Τραυματίες	Εμπλεκόμενα Οχήματα	Τύπος Ατυχήματος
19+700	05.08.2002	1 Νεκρός	Ε.Ι.Χ	Παράσυρση Πεζού
22+500	13.10.2001	1 Νεκρός	Ε.Ι.Χ	Παράσυρση Πεζού

Οι θέσεις στις οποίες παρατηρείται συγκέντρωση των ατυχημάτων και χρήζουν περαιτέρω εξέτασης παρατίθενται κατωτέρω.



Σχήμα 4.5: Θέση 1: Χ.Θ.: 4+200 έως 4+400, 6 συμβάντα, 16 τραυματίες.

• **Θέση 1: Χ.Θ. 4+200 έως 4+400**

Από την χιλιομετρική θέση 4+200 έως την χιλιομετρική θέση 4+400, υπάρχουν 6 καταγεγραμμένα συμβάντα με συνολικά 16 τραυματίες. Όλα τα ατυχήματα έχουν συμβεί εντός οριζοντιογραφικής καμπύλης ακτίνας 227 m, η οποία έπεται ευθυγραμμίας μήκους 1160 m.

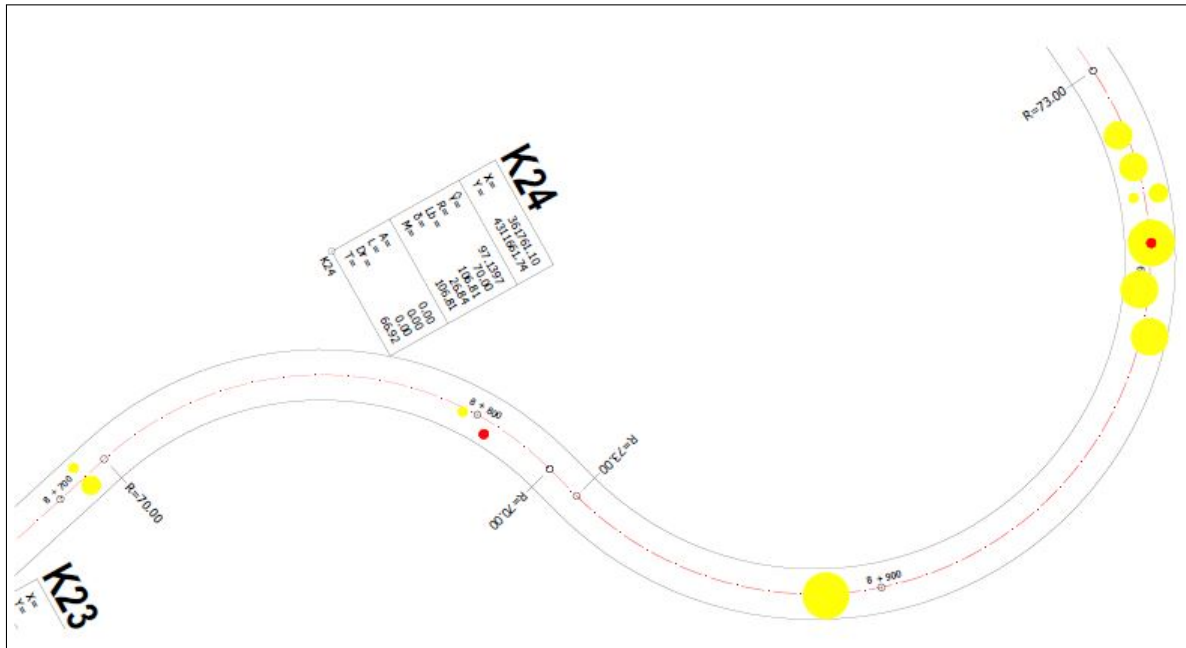
• **Θέση 2: Χ.Θ. 5+800 έως 6+000**

Έτερη θέση μειωμένης οδικής ασφάλειας αποτελεί το οδικό τμήμα από την χιλιομετρική θέση 5+800 έως το 6ο χιλιόμετρο. Εντός του υπάρχοντα ανακάμπτοντα ελιγμού (αγγλιστί hairpin turn, γερμανιστί Kehre) ακτίνας 61 m έχουν σημειωθεί 8 τροχαία συμβάντα με 12 τραυματίες.

• **Θέση 3: Χ.Θ. 8+300**

Στην χιλιομετρική θέση 8+300 εντός οριζόντιας καμπύλης ακτίνας 90 μέτρων, έχουν σημειωθεί 2 τροχαία ατυχήματα με απολογισμό έναν θάνατο και 4 τραυματισμούς.

• **Θέση 4: Χ.Θ. 8+700 έως 9+000**



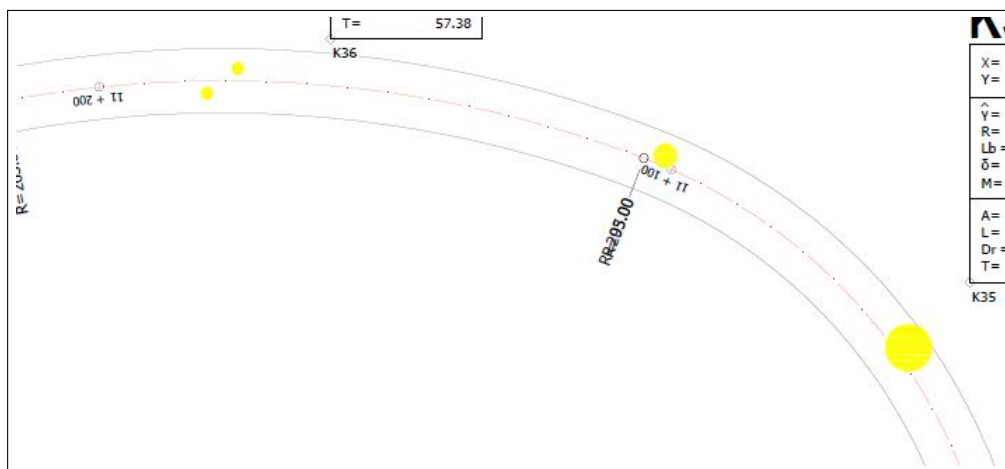
Σχήμα 4.6: Θέση 4: Χ.Θ.: 8+700 έως 9+000, 12 συμβάντα, 31 τραυματίες, 2 νεκροί.

Πρόκειται για μια θέση με αλληπάλληλες καμπύλες μικρής ακτίνας (min 70m, max 100m) και ανακάμπτοντα ελιγμό ακτίνας ~ 75 m, με κατά μήκος κλίση 5.7%. Έχουν σημειωθεί 12 συμβάντα με απολογισμό 2 θανάτους και 31 τραυματισμούς.

• **Θέση 5: Χ.Θ. 10+200 έως 10+500**

Στην εν λόγω αλληλουχία μικρής ακτίνας οριζοντιογραφικών καμπυλών (65m, 75m) έχουν σημειωθεί 5 ατυχήματα με συνολικά 5 τραυματίες.

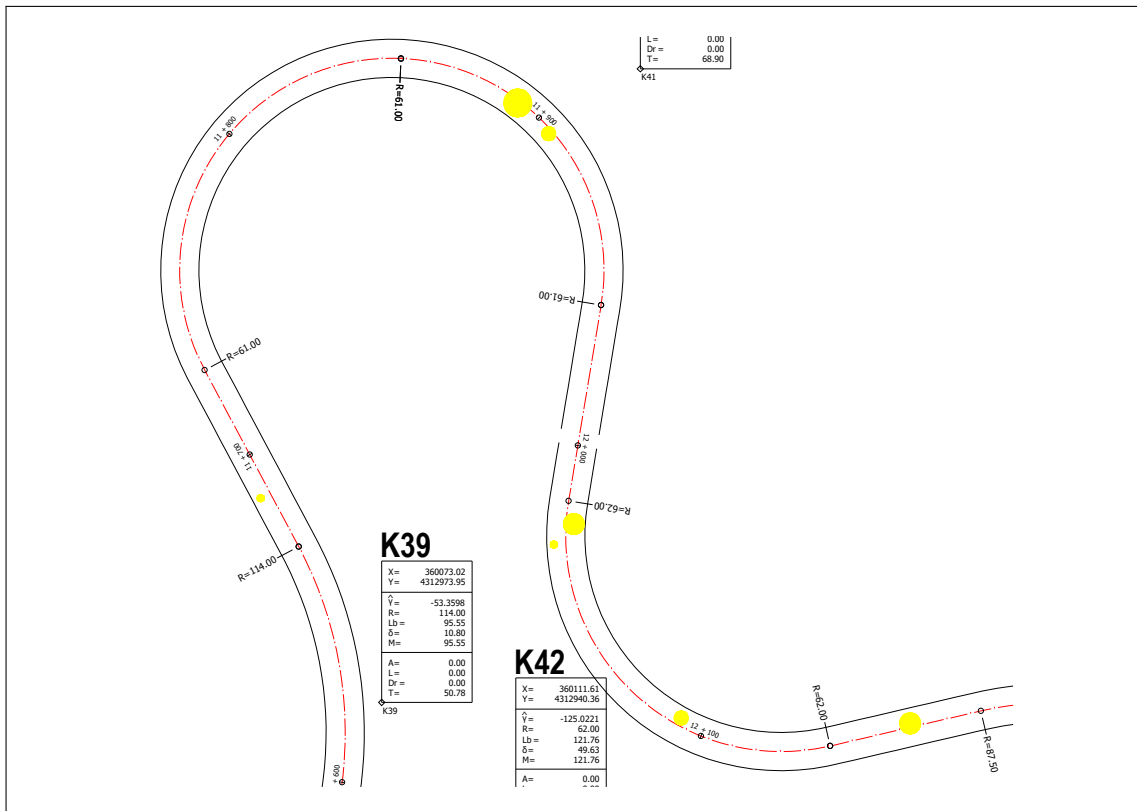
• **Θέση 6: Χ.Θ. 11+000 έως 11+200**



Σχήμα 4.7: Θέση 6: Χ.Θ.: 11+000 έως 11+200, 4 συμβάντα, 8 τραυματίες.

Θέση με κανιστροειδή καμπύλη δύο κυκλικών τόξων ακτίνας 200 και 95 μέτρων.

• **Θέση 7: Χ.Θ. 11+700 έως 12+200**



Σχήμα 4.8: Θέση 7: Χ.Θ.: 11+700 έως 12+200, 7 συμβάντα, 16 τραυματίες.

Το σημείο αυτό του οδικού τμήματος αποτελείται από ανακάμπτοντα ελιγμό ακτίνας ~ 60 μέτρων και οριζόντια καμπύλη ακτίνας 62 μέτρων. Επτά συμβάντα έχουν σημειωθεί στην περίοδο λειτουργίας της οδού με αποτέλεσμα τον τραυματισμό 16 ατόμων.

• **Θέση 8: Χ.Θ. 12+400 έως 12+600**

Πρόκειται για την πλέον επικίνδυνη θέση του οδικού τμήματος με 14 καταγεγραμμένα συμβάντα. Πρόκειται για κανιστροειδή καμπύλη τριών κυκλικών τόξων. Κατά τη φορά αύξουσας χιλιομέτρησης το πρώτο κυκλικό τόξο είναι ακτίνας ~ 190 m, το δεύτερο κατά σειρά είναι ακτίνας ~ 80 m και το τρίτο 375 m. Τα 14 καταγεγραμμένα συμβάντα είχαν απολογισμό 2 νεκρούς και 36 τραυματίες.

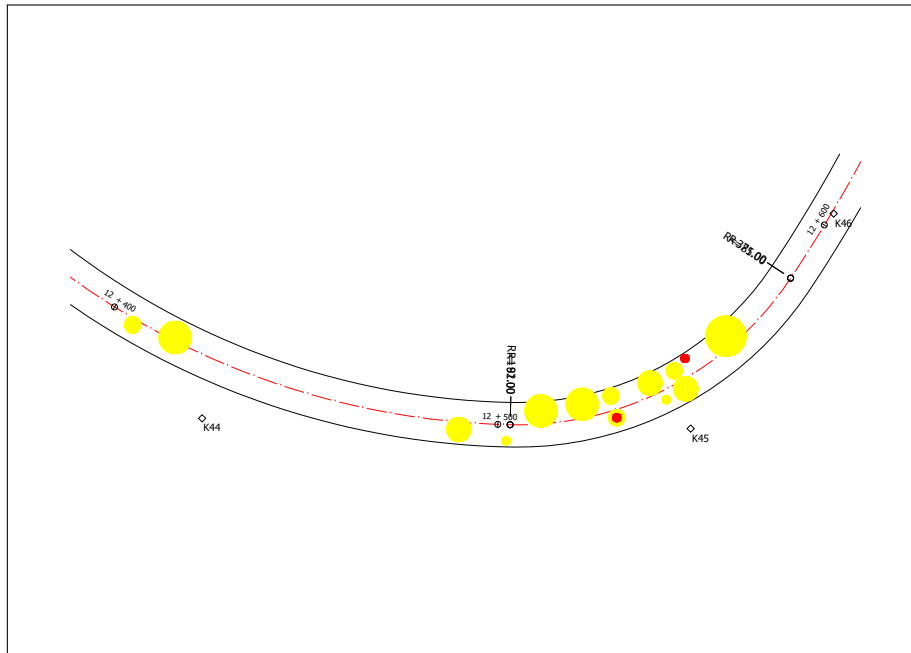
• **Θέση 9: Χ.Θ. 12+700 έως 13+200**

Αλληλουχία αριστερής και δεξιάς καμπύλης, αμφότερες ακτίνας ~ 120 μέτρων. Η ύπαρξη ενδιάμεσης ευθυγραμμίας μήκους 130 μέτρων ενδεχομένως να δίνει στους οδηγούς εσφαλμένη εντύπωση επάρκειας ορατότητας για προσπέραση, καθώς υπάρχει καταγεγραμμένη σύγκρουση οχημάτων στην ευθυγραμμία. Ο συνολικός απολογισμός αυτών των ατυχημάτων είναι ένας νεκρός και 14 τραυματίες.

• **Θέση 10: Χ.Θ. 15+100**

Οριζόντια καμπύλη μικρής ακτίνας (70 m) που έπεται τόσο κατά την φορά αύξουσας χιλιομέ-

τρησης όσο και κατά την φορά της φθίνουσας, οριζόντιων καμπυλών ακτίνας 150 m. Συνολικός απολογισμός 4 τραυματισμοί.



Σχήμα 4.9: Θέση 8: Χ.Θ.: 12+400 έως 12+600, 14 συμβάντα, 2 νεκροί, 36 τραυματίες.

• **Θέση 11: Χ.Θ. 17+600 έως 17+800**

Διαδοχικές αντίρροπες καμπύλες παρεμφερούς ακτίνας (112 m, 128m) στην έναρξη κατωφέρειας κλίσης περίπου 6.5%, που έπεται παρατεταμένης ανωφέρειας. Συνολικά έχουν συμβεί 3 ατυχήματα με 8 τραυματίες.

• **Θέση 12: Χ.Θ. 18+300 έως 18+900**

Πρόκειται για αντίρροπες κατηφορικές κατά την φορά αύξουσας χιλιομέτρησης οριζόντιες καμπύλες, μικρής ακτίνας (103 m και 92 m), με γωνία θλάσης 93 grad η πρώτη και 187 η δεύτερη και διαχωρισμένες από ευθύγραμμο τμήμα. Συνολικός απολογισμός, 5 τροχαία συμβάντα και 8 τραυματίες.



Σχήμα 4.10: Χ.Θ.: 19+700 έως 20+100, Επικίνδυνες θέσεις για πεζούς.

• **Θέση 13: Χ.Θ. 19+700 έως 20+100**

Στην περίοδο λειτουργίας που εξετάζεται στην παρούσα εργασία έχουν σημειωθεί περιστατικά με παρασύρσεις πεζών. Πιο συγκεκριμένα 4 πεζοί έχουν παρασυρθεί από διερχόμενα οχήματα, εκ των οποίων ένας τραυματίστηκε θανάσιμα. Στο 20ο χιλιόμετρο βρίσκεται το εκκλησάκι της Αγίας Αικατερίνης, όπου πολλοί διερχόμενοι οδηγοί σταθμεύουν, ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες από την χιλιομετρική θέση 19+700 έως 20+100 στήνονται πολλές παράγκες με εποχικά φρούτα και λαχανικά, που προσελκύουν πολλούς χρήστες της οδού.

4.2.1 Δείκτες Ατυχημάτων (Accident Rates)

Από τα πρωταρχικά στοιχεία ατυχημάτων που παρέιχε το Τμήμα Τροχαίας Λαμίας, υπολογίστηκε ο δείκτης ατυχημάτων (accident rate) κάθε μεμονωμένης θέσης μειωμένης οδικής ασφάλειας. Ο δείκτης ατυχημάτων υπολογίστηκε από την σχέση (4.1)

$$AR = \frac{10^6 \cdot nA}{365 \cdot ADT \cdot L \cdot t} \quad (4.1)$$

όπου:

AR: ο δείκτης ατυχημάτων [acc/(10⁶ x veh x km)]

nA: ο αριθμός καταγεγραμμένων ατυχημάτων

ADT: η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ) (veh/24h)

L: το μήκος του εξεταζόμενου οδικού τμήματος (km)

t: η εξεταζόμενη περίοδος λειτουργίας (έτη)

Η ΕΜΗΚ θεωρήθηκε ίση με 5000 veh/24h όπως μετρήθηκε στα πλαίσια του EuroRAP (2013), και η περίοδος λειτουργίας ίση με 15 χρόνια. Τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό του δείκτη ατυχημάτων της εκάστοτε θέσης μειωμένης οδικής ασφάλειας εκτίθενται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.3: Δείκτης ατυχημάτων θέσεων μειωμένης οδικής ασφάλειας.

A/A	Χ.Θ.	Αριθμός Συμβάντων	Γεωμετρικό Στοιχείο	Ακτίνα(ες) (m)	AR [acc/(10 ⁶ x veh x km)]
1	4+200	6	Καμπύλη	227	0,843
2	6+000	8	Καμπύλη	61	1,503
3	8+300	2	Καμπύλη	90	0,508
4	8+600 έως 8+900	12	Αλληλουχία Καμπύλων	100, 70, 73	1,032
5	10+200 έως 10+500	5	Αλληλουχία Καμπύλων	76, 64	0,743
6	11+000	4	Κανιστροειδής 2 Κυκλ. Τόξων	95, 203	0,672
7	11+700	7	Καμπύλη	61	1,105
8	12+500	14	Κανιστροειδής 3 Κυκλ. Τόξων	192, 81, 375	1,461
9	13+000	4	Αλληλουχία Καμπύλων	122, 120	0,320
10	15+100	4	Καμπύλη	70	1,086
11	17+700	3	Αλληλουχία Καμπύλων	112, 128	0,438
12	18+300 έως 18+900	5	Αλληλουχία Καμπύλων	103, 95	0,347

Προκειμένου να αξιολογηθούν περαιτέρω οι υπολογισμένοι δείκτες ατυχημάτων, συγκρίθηκαν με μοντέλα πρόγνωσης ατυχημάτων (accident models) που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του RipCord ISEREST Project (2005). Πιο συγκεκριμένα, τα μοντέλα αυτά συσχετίζουν τον δείκτη ατυχημάτων με παραμέτρους όπως η ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία (EMHK) και η ελικτότητα (CCR).

Τα μοντέλα πρόγνωσης ατυχημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την σύγκριση, επιλέχθηκαν με κριτήριο την ικανοποίηση ορισμένων συνθηκών, όπως EMHK και πλάτος οδοστρώματος παραπλήσια με του υπό εξέταση οδικού άξονα. Για τον λόγο αυτό προκρίθηκαν τα εξής δύο μοντέλα:

$$AR = 4 \cdot 10^{-6} \cdot CCR^2 - 0.0012 \cdot CCR + 0.1666, R^2 = 0.4713 \quad (4.2)$$

και

$$AR = 9 \cdot 10^{-7} \cdot CCR^2 + 0.0004 \cdot CCR + 0.1257, R^2 = 0.8588 \quad (4.3)$$

όπου:

AR: ο δείκτης ατυχημάτων [acc/(10⁶ x veh x km)]

CCR: η ελικτότητα (gon/km)

Το μοντέλο της σχέσης 4.2 υπολογίζει τον δείκτη ατυχημάτων συναρτήσει της ελικτότητας για οδούς με EMHK>4200 veh/24h, ενώ αυτό της σχέσης 4.3 αφορά οδούς με πλάτος οδοστρώματος μεγαλύτερο από 6.1 μέτρα. Ακολουθεί συγκριτικός πίνακας του υπολογισμένου δείκτη ατυχημάτων με αυτούς που προέκυψαν από τα μοντέλα πρόγνωσης.

Πίνακας 4.4: Δείκτης ατυχημάτων συγκριτικά με RipCord ISEREST Project.

A/A	Χ.Θ.	Ελικτότητα (gon/km)	AR [acc/(10 ⁶ x veh x km)]	AR RipCord AADT>4200 veh/24h [acc/(10 ⁶ x veh x km)]	AR RipCord RW>6.1 m [acc/(10 ⁶ x veh x km)]
1	4+200	280.45	0.843	0.145	0.309
2	6+000	1043.64	1.503	3.271	1.523
3	8+300	707.36	0.508	1.319	0.859
4	8+600 έως 8+900	751.95	1.032	1.526	0.935
5	10+200 έως 10+500	655.15	0.743	1.097	0.774
6	11+000	486.80	0.672	0.530	0.534
7	11+700	1043.64	1.105	3.271	1.523
8	12+500	399.04	1.461	0.325	0.429
9	13+000	327.64	0.320	0.203	0.353
10	15+100	909.46	1.086	2.384	1.234
11	17+700	401.42	0.438	0.329	0.431
12	18+300 έως 18+900	533.57	0.347	0.665	0.595

Όπως φαίνεται στα συγκριτικά αποτελέσματα του πίνακα 4.4, το μοντέλο πρόγνωσης του RipCord ISEREST Project που αφορά τις οδούς με ΕΜΗΚ μεγαλύτερη των 4200 veh/24h σε απευθείας σύγκριση με το μοντέλο που αφορά οδούς με οδόστρωμα μεγαλύτερο των 6.1 m, υπολογίζει αισθητά υψηλότερο δείκτη ατυχημάτων για πολύ μεγάλες ελικτότητες (αρά μικρές οριζοντιογραφικές ακτίνες) και αισθητά χαμηλότερο για μικρότερες ελικτότητες (άρα μεγαλύτερες οριζοντιογραφικές ακτίνες). Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφερθεί ότι για ελικτότητες που κυμαίνονται από 200 με 400 gon/km, η διαφορά των δύο προγνωστικών μοντέλων είναι ίση με περίπου $0.2 \text{ acc}/(10^6 \times \text{veh} \times \text{km})$. Στο διάστημα 400 με 550 gon/km τα αποτελέσματα των δύο μοντέλων συγκλίνουν και έκτοτε αποκλίνουν έντονα με την διαφορά να φτάνει και τα $1.7 \text{ acc}/(10^6 \times \text{veh} \times \text{km})$ (1.5 έναντι 3.2 για ελικτότητα περίπου ίση με 1050 gon/km που αντιστοιχεί σε οριζόντια ακτίνα 60m).

Όσον αφορά τη σύγκριση των δεικτών ατυχημάτων που υπολογίστηκαν από την ανάλυση του ιστορικού ατυχημάτων με αυτούς που προκύπτουν από τα μοντέλα πρόγνωσης του RipCord ISEREST Project, σαν γενικό σχόλιο, παρατηρείται μεγάλη απόκλιση συγκριτικά με το μοντέλο που αφορά οδούς με ΕΜΗΚ μεγαλύτερη των 4200 veh/24h. Οι διαφορές κυμαίνονται περίπου στα ίδια επίπεδα με αυτές του μοντέλου που αφορά τις οδούς με πλάτος οδοστρώματος μεγαλύτερο των 6.1 m, και αυτό γιατί τα αποτελέσματα της ανάλυσης του ιστορικού ατυχημάτων δεν αποκλίνουν ιδιαίτερα από αυτά του μοντέλου πρόγνωσης των οδών με πλάτος οδοστρώματος μεγαλύτερο των 6.1 m.

Διεξοδικότερα, οι διαφορές μεταξύ του υπολογισμένου δείκτη ατυχημάτων από την ανάλυση του ιστορικού και του δείκτη όπως προκύπτει από το μοντέλο πρόγνωσης για οδούς με πλάτος οδοστρώματος μεγαλύτερο των 6.1 m κατά κανόνα κυμαίνονται από 0.02 έως $0.2 \text{ acc}/(10^6 \times \text{veh} \times \text{km})$, με τον δείκτη ατυχημάτων της ανάλυσης να είναι συνήθως ο κατά τι χαμηλότερος. Εξαίρεση αποτελούν δύο θέσεις μειωμένης οδικής ασφάλειας. Η *Θέση 1: 4+200* με δείκτη ατυχημάτων $0.843 \text{ acc}/(10^6 \times \text{veh} \times \text{km})$, έναντι 0.309 που υπολογίζει το μοντέλο για την δεδομένη ελικτότητα, και η *Θέση 8: 12+500* με δείκτη ατυχημάτων $1.461 \text{ acc}/(10^6 \times \text{veh} \times \text{km})$ έναντι 0.429 .

Για τις θέσεις μειωμένης οδικής ασφάλειας που εμφανίζουν τόσο υψηλή διαφορά από το μοντέλο πρόγνωσης των οδών με πλάτος οδοστρώματος μεγαλύτερο των 6.1 m, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στις υπάρχουσες δυσμενείς συνθήκες. Για την μεν *Θέση 1*, καθοριστικής σημασίας αποδεικνύεται η παρατεταμένη ευθυγραμμία των περίπου 1100 m που προηγείται της οριζοντιογραφικής καμπύλης των 227 m και επιτρέπει στους οδηγούς να αναπτύξουν υπερβολικά υψηλές ταχύτητες για τις επερχόμενες οριζοντιογραφικές συνθήκες. Για την δε *Θέση 8* που αποτελεί κανιστροειδή καμπύλη 3 κυκλικών τόξων η αλληλουχία των ακτίνων είναι καθοριστική, καθώς οι οδηγοί αντιλαμβάνονται την καμπυλότητα της πρώτης ακτίνας, προσαρμόζουν την ταχύτητά τους σε αυτή και δεν προλαβαίνουν εγκαίρως να προσαρμοστούν στην απότομη μεταβολή της.

Θέτοντας αυτές τις 2 θέσεις με τον υψηλό δείκτη ατυχημάτων για την ελικτότητά τους εκτός διαδικασίας ανάλυσης παλινδρόμησης, προέκυψε μια σχέση που συνδέει τον δείκτη ατυχημάτων με την ελικτότητα για το εξεταζόμενο οδικό τμήμα.

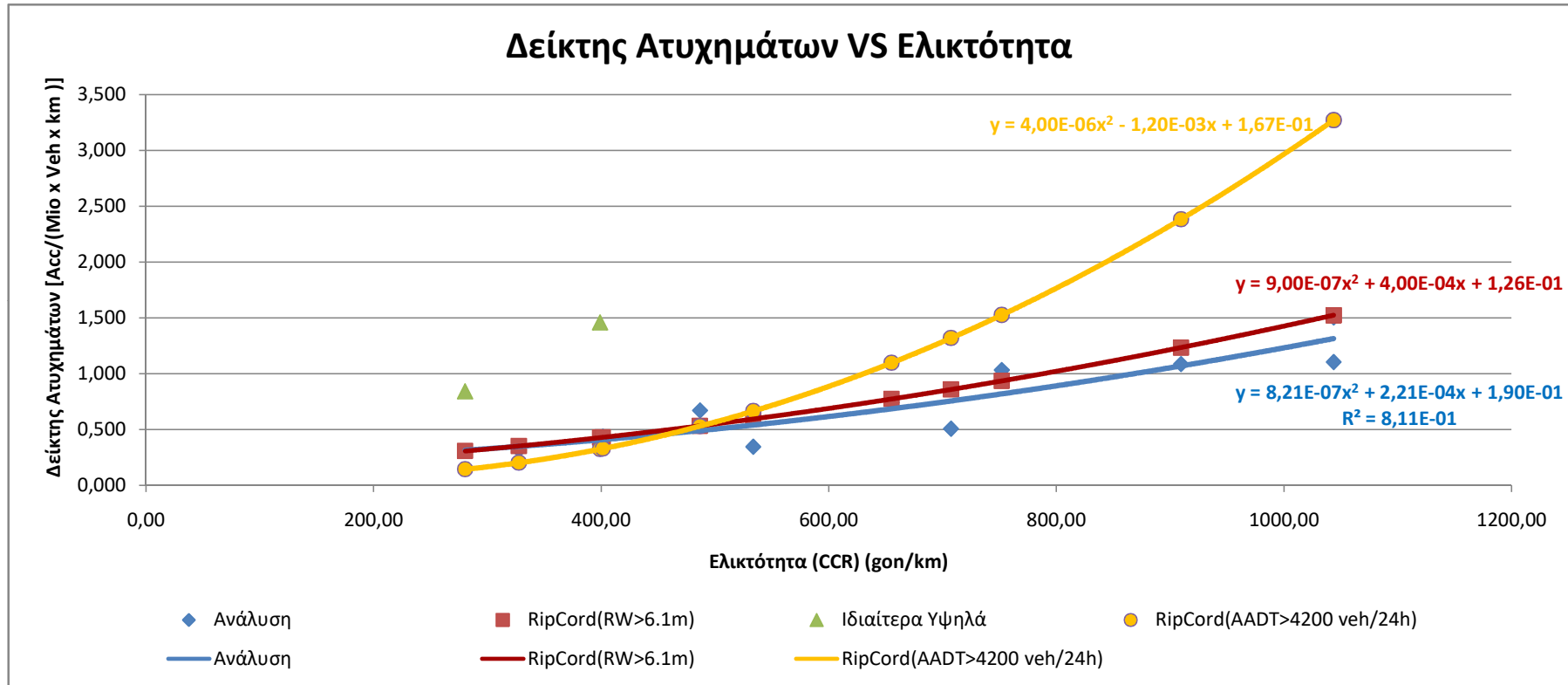
$$AR = 8.2 \cdot 10^{-7} \cdot CCR^2 + 0.0002 \cdot CCR + 0.19, R^2 = 0.811 \quad (4.4)$$

όπου:

AR: ο δείκτης ατυχημάτων [$\text{acc}/(10^6 \times \text{veh} \times \text{km})$]

CCR: η ελικτότητα (gon/km)

Η ύπαρξη ισχυρής συσχέτισης καταδεικνύει λοιπόν τον ανεπαρκή γεωμετρικό σχεδιασμό των θέσεων που προαναφέρθηκαν.



Σχήμα 4.11: Δείκτης Ατυχημάτων συναρτήσει της Ελικτότητας.

4.3 Γεωμετρικά Στοιχεία Υφιστάμενης Υποδομής

Από την επεξεργασία των στιγμάτων των οριογραμμών στο λογισμικό H12 παρήχθη η γεωμετρία της υφιστάμενης οδού. Έγινε εξέταση των γεωμετρικών στοιχείων για το κατά πόσον υπάρχει συμμόρφωση με τους ισχύοντες κανονισμούς (ΟΜΟΕ). Καθώς η οδός διέρχεται από διαφορετικά είδη εδάφους, ορίστηκαν 3 τμήματα της οδού με ομοιόμορφη ελκτικότητα και βάσει της μέσης ελκτικότητας υπολογίστηκε η ταχύτητα μελέτης:

1. **Χ.Θ. 0+000 έως 4+800:** λοφώδες έδαφος με ήπια ανωφέρεια και ταχύτητα μελέτης 90 km/h. (93.4 km/h όπως προκύπτει από την μέση ελκτικότητα του τμήματος).
2. **Χ.Θ. 4+800 έως 20+000:** η οδός διέρχεται από ορεινό έδαφος με έντονη κατά τόπους ανωφέρεια μέχρι την διέλευση από τον αυχένα «Βραχμάν Αγά» με υψόμετρο 770 περίπου μέτρα, και έκτοτε κατωφέρεια μέχρι την τοποθεσία «Αγία Αικατερίνη». Ταχύτητα μελέτης 60 km/h. (62.8 km/h βάσει μέσης ελκτικότητας).
3. **20+000 έως 22+900:** λοφώδες έδαφος με ταχύτητα μελέτης 80 km/h. (83.8 km/h).

Στον κάτωθι πίνακα αναφέρονται οι οριακές τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού για τις εκάστοτε ταχύτητες μελέτης.

Πίνακας 4.5: Οριακές τιμές παραμέτρων σχεδιασμού σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

		Ταχύτητα Μελέτης, km/h		
		60	80	90
R	m	140	280	370
max L_T	m	1200	1600	1800
min L_T (μεταξύ ομόροπων καμπυλών)	m	360	480	540
H_k	m	2000	4500	6200
H_w	m	1900	3300	4200
max S	%	9	7	7

Στο πλαίσιο αυτό, τα τρία αυτά τμήματα εξετάστηκαν για το κατά πόσον συμμορφώνονται με τους κανονισμούς.

4.3.1 Χ.Θ. 0+000 έως 4+800

Οριζοντιογραφία

Στα πρώτα 5 σχεδόν χιλιόμετρα του οδικού τμήματος υπάρχουν 9 οριζόντιες καμπύλες εκ των οποίων οι 6 είναι μεγάλης ακτίνας (αρκετά μεγαλύτερες από την οριακή τιμή που αντιστοιχεί στην ταχύτητα μελέτης). Η μέση ακτίνα του εν λόγω τμήματος είναι 920 m. Θέση μη συμμόρφωσης με τους κανονισμούς αποτελεί η καμπύλη R8 με ακτίνα 227 m που συνεπάγεται απόκλιση από την τιμή που ορίζουν οι κανονισμοί ίση με:

$$\frac{|Τιμή_{εφαρμ} - Τιμή_{κανον}|}{Τιμή_{κανον}} \approx 40\%$$

Οι δείκτες οριζόντιας χάραξης(βλ. Κεφ. 2.3.2) που χαρακτηρίζουν το συγκεκριμένο οδικό τμήμα είναι οι ακόλουθοι:

- Μέση Ακτίνα AVG R = 920 m
- Λόγος Μήκους Καμπυλών προς Μήκος Οδικού Τμήματος CL:RL = 0.47
- Μέσο Μήκος Ευθυγραμμίας AVG T = 295.98 m

Μηκοτομή

Από άποψη μηκοτομής τα περίπου 5 πρώτα χιλιόμετρα της οδού είναι εντός ορίων των κανονισμών καθώς τόσο οι κατά μήκος κλίσεις όσο και οι κατακόρυφες καμπύλες δεν παραβιάζουν σε καμία θέση τις οριακές τιμές των κανονισμών.

Διατομή

Η διατομή του τμήματος χαρακτηρίζεται από το ιδιαίτερα αυξημένο πλάτος της αφού υπάρχει Λωρίδα Πολλαπλών Χρήσεων (Λ.Π.Χ.).



Σχήμα 4.12: Διατομή με Λωρίδα Πολλαπλών Χρήσεων (Λ.Π.Χ.).

Το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας μετρήθηκε και βρέθηκε ίσο με 3.75m και το πλάτος της Λωρίδας Πολλαπλών Χρήσεων περίπου 2.50m. Σύμφωνα με τους κανονισμούς η χρήση αυτού του τύπου διατομής πρέπει να αποφεύγεται γιατί η συμπεριφορά πολλών χρηστών επηρεάζεται σαν να πρόκειται για διατομή με 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να προβαίνουν σε επικίνδυνους ελιγμούς προσπέρασης.

4.3.2 Χ.Θ. 4+800 έως 20+000

Οριζοντιογραφία

Τα 15 αυτά χιλιόμετρα αποτελούν το δυσμενέστερο τμήμα της διαδρομής καθώς οι τοπογραφικές συνθήκες του ορεινού εδάφους επέβαλλαν αρκετούς περιορισμούς στην οριζοντιογραφία. Στην τεχνική έκθεση των μελετητών του οδικού τμήματος γίνεται λόγος για την επιλογή ακτίνων μικρότερων από την ελάχιστη που ορίζουν οι κανονισμοί για λόγους οικονομίας και κατασκευαστικής διευκόλυνσης. Οι δείκτες οριζόντιας χάραξης που δίνουν μια γενική εικόνα της οριζοντιογραφίας είναι οι εξής:

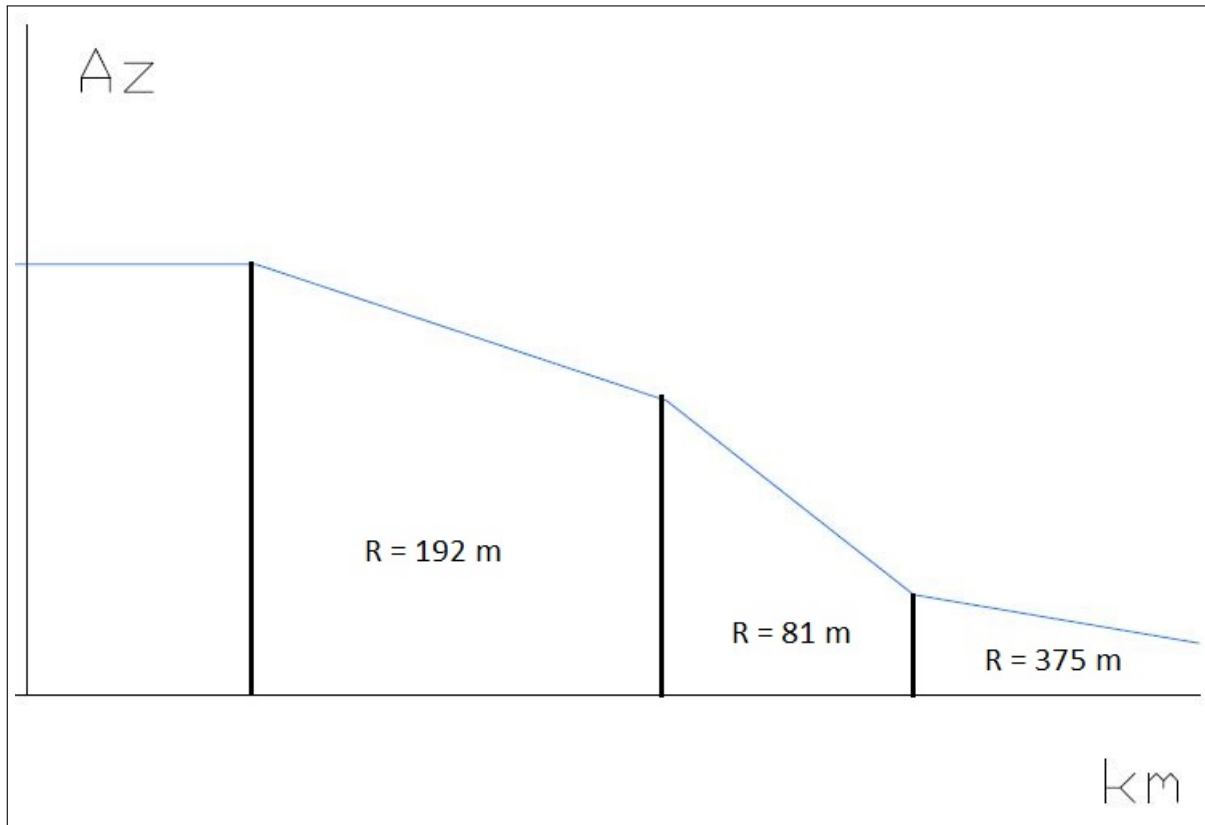
- Μέση Ακτίνα AVG R = 135 m (Σύνολο καμπυλών 60)
- Λόγος Μήκους Καμπυλών προς Μήκος Οδικού Τμήματος CL:RL = 0.53
- Μέσο Μήκος Ευθυγραμμίας AVG T = 130 m

Πίνακας 4.6: Καμπύλες εκτός οριακών τιμών κανονισμών (Χ.Θ. 4+800 έως 20+000).

Καμπύλη	Ακτίνα [m]	Μήκος [m]	Απόκλιση [%]
R12	124	97.99	11
R13	61	194.48	56
R17	73	159.44	48
R18	93	140.70	34
R19	90	143.82	36
R21	100	54.12	29
R22	70	106.81	50
R23	73	215.19	48
R27	98	152.44	30
R28	103	92.65	26
R29	128	66.55	9
R30	64	84.60	54
R31	76	91.76	46
R33	95	106.55	32
R35	113	115.24	19
R36	95	103.29	32
R37	114	95.55	19
R38	61	231.51	56
R39	62	121.76	56
R40	88	87.80	38
R42	81	81.42	42
R44	122	177.75	13
R45	120	107.38	14
R46	127	54.11	9
R47	107	93.27	24
R48	127	54.59	9
R49	121	62.07	14
R50	119	127.14	15
R51	126	194.96	10
R54	70	134.49	50
R56	70	66.50	50
R57	97	84.35	31
R58	106	91.71	24
R59	100	53.29	29
R60	120	159.33	14
R61	123	147.03	12

R64	112	104.21	20
R65	128	82.83	9
R66	103	151.65	26
R67	92	270.52	34

Τόσο από την επεξεργασία του γωνιακού διαγράμματος όσο και κατά την διάρκεια των διελεύσεων διαπιστώθηκαν ορισμένες θέσεις κανιστροειδών καμπυλών.



Σχήμα 4.13: Γωνιακό διάγραμμα και κανιστροειδής καμπύλη 3 κυκλικών τόξων.

Οι θέσεις των κανιστροειδών καμπυλών εντοπίζονται εύκολα μέσω του γωνιακού διαγράμματος από την αλλαγή κλίσης των κεκλιμένων ευθειών που αναπαριστούν τα κυκλικά τόξα, χωρίς την παρεμβολή ενδιάμεσης ευθυγραμμίας (Σχ. 4.12). Κατά τη διάρκεια της οδήγησης γίνονται αντιληπτά από τις απαιτούμενες διορθωτικές κινήσεις του συστήματος διεύθυνσης. Οι οδηγοί προσεγγίζοντας μια καμπύλη αναμένουν να στρέψουν το τιμόνι τόσο, όσο να μεταβούν ομαλά σε μια τροχιά σταθερής μη μηδενικής καμπυλότητας (κλωθοειδής εισόδου), να διατηρήσουν αυτήν την τροχιά όσο απαιτείται (κυκλικό τόξο) και έπειτα να επανέλθουν με ομαλότητα στην μηδενική καμπυλότητα (κλωθοειδής εξόδου). Υπό αυτό το πρίσμα η μετάβαση σε ομόρροπο κυκλικό τόξο χωρίς παρεμβολή τόξου συναρμογής ή ευθυγράμμου τμήματος, αποτελεί σχεδιαστική ανομοιογένεια (inconsistency) καθώς παραβιάζει την προσδοκία του οδηγού (driver expectancy). Τα χαρακτηριστικά των 3 τόξων κανίστρου παρατίθενται στον Πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.7: Χαρακτηριστικά κανιστροειδών καμπυλών.

A/A	Χ.Θ. Αρχής	Χ.Θ. Τέλους	Ακτίνες	Αλληλουχία Ακτίνων
-----	------------	-------------	---------	--------------------

1	10+998.60	11+216.99	R ₁ =95 m R ₂ =200 m	Αποφευκτέα
2	11+300.00	11+518.14	R ₁ =95 m R ₂ = 115 m	Καλή
3	12+358.33	12+680.37	R ₁ =190 m R ₂ =80 m R ₃ =375 m	Αποφευκτέα

Αξίζει να σημειωθεί πως στην οριστική μελέτη που χορηγήθηκε από την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, δεν ορίζονταν τότε κανίστρου.

Μηκοτομή

Από πλευράς μηκοτομής, τα 15 αυτά χιλιόμετρα δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες ανεπάρκειες. Ναι μεν σε ορισμένες θέσεις οι κατά μήκος κλίσεις βρίσκονται στα αποδεκτά όρια για ταχύτητα μελέτης 60 km/h (9%), αλλά τα τμήματα αυτά είναι μικρά σε μήκος καθώς δεν ξεπερνούν τα 250 m. Μοναδική παραβίαση των κανονισμών αποτελεί η χρήση κοίλης ακτίνας μηκοτομής, ακτίνας 950 m περί την χιλιομετρική θέση 11+600.

Διατομή

Χαρακτηριστικό της διατομής της οδού αποτελεί η ύπαρξη Λωρίδας Βραδυπορείας.



Σχήμα 4.14: Διατομή με Λωρίδα Βραδυπορείας.

Πιο συγκεκριμένα από το 5ο χιλιόμετρο έως και το 17ο, υπάρχει Λωρίδα Βραδυπορείας κατά την φορά χιλιομέτρησης, ενώ από το 17ο μέχρι το 19ο υπάρχει στο αντίθετο ρεύμα.

Δυνατότητες Προσπέρασης

Από το 5ο έως το 17ο χιλιόμετρο η ύπαρξη Λωρίδας Βραδυπορείας διευκολύνει την μη παρεμπόδιση των ταχύτερων οχημάτων από τα βαρέα και βραδυπορούντα οχήματα. Κατά την

αντίθετη φορά όμως, η προσπέραση είναι πλήρως απαγορευμένη. Πολύ συχνά δημιουργείται κυκλοφοριακή συμφόρηση κατά την κάθοδο βαρέων οχημάτων, με αποτέλεσμα πολλοί οδηγοί να επιχειρούν αντικανονικές προσπεράσεις.



Σχήμα 4.15: Αντικανονική προσπέραση περί την Χ.Θ. 13+000 σε ευθυγραμμία μήκους 170 m.

Τα μικρά ευθύγραμμα τμήματα μεταξύ των καμπυλών, αποτελούν υποψήφιες θέσεις για την πραγματοποίηση τέτοιων ελιγμών όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.14. Αρκετά τροχαία συμβάντα που έχουν καταγραφεί σε ευθύγραμμα τμήματα και έχουν δύο και περισσότερα εμπλεκόμενα οχήματα, πιθανό να είναι απόρροια τέτοιων ενεργειών.

4.3.3 Χ.Θ. 20+000 έως 22+900

Οριζοντιογραφία

Τα περίπου 3 τελευταία χιλιόμετρα της εξεταζόμενης οδού δεν παρουσιάζουν κάποια ανεπάρκεια από πλευράς οριζοντιογραφίας, καθώς όλες οι οριζόντιες ακτίνες συμμορφώνονται με τις οριακές τιμές των κανονισμών για ταχύτητα μελέτης 80km/h.

- Μέση Ακτίνα AVG R = 460 m
- Λόγος Μήκους Καμπυλών προς Μήκος Οδικού Τμήματος CL:RL = 0.44
- Μέσο Μήκος Ευθυγραμμίας AVG T = 195 m

Μηκοτομή

Από άποψη μηκοτομής, τα γεωμετρικά στοιχεία του τμήματος αυτού συμμορφώνονται πλήρως με τους κανονισμούς.

Διατομή

Κατά την φορά φθίνουσας χιλιομέτρησης η διατομή χαρακτηρίζεται από ύπαρξη Λωρίδας Βραδυπορείας. Μια δευτερεύουσα ανομοιογένεια μπορεί να επισημανθεί σε αυτό το τμήμα βάσει των οδηγιών του NCHRP (Report 502, 2003). Η Λωρίδα Βραδυπορείας διακόπτεται πριν την μετάβαση στην δεύτερη κλίση της κυρτής καμπύλης, δημιουργώντας έτσι επικίνδυνη στένωση οδοστρώματος σε περιοχή αυξημένης προσοχής όπως είναι η κυρτή κατακόρυφη καμπύλη.

4.3.4 Έλεγχος Γεωμετρικών Στοιχείων της Οδού

Παρατίθεται πίνακας με της επιτρεπόμενες ταχύτητες που επιβάλλονται από τα υπάρχοντα γεωμετρικά στοιχεία σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς (ΟΜΟΕ-Χ).

Πίνακας 4.8: Επιβαλλόμενη ταχύτητα από τα υπάρχοντα γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

ΚΟΡΥΦΗ	ΜΗΚΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΟΜΟΕ-Χ ΛΟΓΩ	
	Χ.Θ. ΑΡΧΗΣ	Χ.Θ. ΤΕΛΟΥΣ	ΑΚΤΙΝΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	ΑΚΤΙΝΑ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ		ΑΚΤΙΝΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	ΑΚΤΙΝΑΣ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ
				ΚΥΡΤΗ	ΚΟΙΛΗ		
Ευθυγραμμία	0+000,00	0+244,19	-	-	-	-	-
Καμπύλη K2	0+244,19	0+337,43	700,00	-	16.079	90	90
Ευθυγραμμία	0+337,43	0+434,22	-	-	16.079	-	90
Καμπύλη K3	0+434,22	0+483,75	2541	-	16.079	90	90
Ευθυγραμμία	0+483,75	0+624,74	-	-	16.079	-	90
Καμπύλη K4	0+624,74	0+828,27	1707	12.048	16.079	90	90
Ευθυγραμμία	0+828,27	1+122,24	-	12.048	-	-	90
Καμπύλη K5	1+122,24	1+388,38	835	-	-	90	-
Ευθυγραμμία	1+388,38	1+740,60	-	-	-	-	-
Καμπύλη K6	1+740,60	2+010,24	388	-	12.514	90	90
Ευθυγραμμία	2+010,24	2+085,65	-	-	12.514	-	90
Καμπύλη K7	2+085,65	2+400,37	392	-	12.514	90	90
Ευθυγραμμία	2+400,37	2+579,92	-	10.092	-	-	90
Καμπύλη K8	2+579,92	3+059,74	985	10.092	19.008	90	90
Ευθυγραμμία	3+059,74	4+220,08	-	11.569	19.008	-	90
Καμπύλη K9	4+220,08	4+478,94	227	-	5.003	70	90
Ευθυγραμμία	4+478,94	4+595,86	-	6.969	-	-	90
Καμπύλη K10	4+595,86	5+046,83	492	6.969	7.010	90	90
Ευθυγραμμία	5+046,83	5+104,89	-	-	7.010	-	90
Καμπύλη K11	5+104,89	5+232,11	722	-	7.010	90	90
Ευθυγραμμία	5+232,11	5+336,39	-	-	7.010	-	90
Καμπύλη K12	5+336,39	5+427,63	181	-	-	60	-
Ευθυγραμμία	5+427,63	5+482,13	-	-	-	-	-
Καμπύλη K13	5+482,13	5+580,12	124	5.577	-	50	80
Ευθυγραμμία	5+580,12	5+778,41	-	5.577	-	-	80
Καμπύλη K14	5+778,41	5+972,89	61	5.577	6.005	40	80
Ευθυγραμμία	5+972,89	6+073,42	-	-	6.005	-	90
Καμπύλη K16	6+073,42	6+158,33	137	-	6.005	50	90
Ευθυγραμμία	6+158,33	6+377,42	-	13.037	-	-	90
Καμπύλη K17	6+377,42	6+798,63	160	13.037	11.511	60	90
Ευθυγραμμία	6+798,63	7+186,48	-	-	11.511	-	90
Καμπύλη K18	7+186,48	7+312,21	186	-	-	60	-
Ευθυγραμμία	7+312,21	7+569,56	-	8.676	-	-	90
Καμπύλη K19	7+569,56	7+729,00	73	8.676	-	40	90
Ευθυγραμμία	7+729,00	7+824,51	-	8.676	-	-	90
Καμπύλη K20	7+824,51	7+965,21	93	-	6.537	40	90
Ευθυγραμμία	7+965,21	8+243,97	-	-	6.537	-	90
Καμπύλη K21	8+243,97	8+387,79	90	-	-	40	-
Ευθυγραμμία	8+387,79	8+412,57	-	-	-	-	-
Καμπύλη K22	8+412,57	8+531,86	223	-	-	70	-
Ευθυγραμμία	8+531,86	8+618,60	-	-	-	-	-
Καμπύλη K23	8+618,60	8+672,72	100	-	-	50	-
Ευθυγραμμία	8+672,72	8+712,91	-	-	-	-	-
Καμπύλη K24	8+712,91	8+819,72	70	-	-	40	-
Ευθυγραμμία	8+819,72	8+827,98	-	-	-	-	-
Καμπύλη K25	8+827,98	9+043,17	73	36.092	-	40	90

Κεφάλαιο 4 - Αποτύπωση και Αξιολόγηση Υφιστάμενης Υποδομής

ΚΟΡΥΦΗ	ΜΗΚΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΟΜΟΕ-Χ ΛΟΓΩ	
	Χ.Θ. ΑΡΧΗΣ	Χ.Θ. ΤΕΛΟΥΣ	ΑΚΤΙΝΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	ΑΚΤΙΝΑ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ		ΑΚΤΙΝΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	ΑΚΤΙΝΑΣ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ
				ΚΥΡΤΗ	ΚΟΙΛΗ		
Ευθυγραμμία	9+043,17	9+124,99	-	-	36.092	-	90
Καμπύλη K26	9+124,99	9+190,83	150	-	36.092	-	90
Ευθυγραμμία	9+190,83	9+258,09	-	-	36.092	-	90
Καμπύλη K27	9+258,09	9+334,75	327	-	36.092	-	90
Ευθυγραμμία	9+334,75	9+556,15	-	-	36.092	-	90
Καμπύλη K28	9+556,15	9+632,66	192	-	36.092	-	90
Ευθυγραμμία	9+632,66	9+714,80	-	-	36.092	-	90
Καμπύλη K29	9+714,80	9+867,24	98	-	36.092	-	90
Ευθυγραμμία	9+867,24	9+952,63	-	-	-	-	-
Καμπύλη K30	9+952,63	10+045,28	103	-	-	-	-
Ευθυγραμμία	10+045,28	10+108,56	-	-	-	-	-
Καμπύλη K31	10+108,56	10+175,11	128	-	3.039	-	70
Ευθυγραμμία	10+175,11	10+198,95	-	-	3.039	-	70
Καμπύλη K32	10+198,95	10+283,55	64	-	3.039	-	70
Ευθυγραμμία	10+283,55	10+352,96	-	3.813	3.039	-	70
Καμπύλη K33	10+352,96	10+444,72	76	-	3.813	-	70
Ευθυγραμμία	10+444,72	10+553,48	-	3.813	-	-	70
Καμπύλη K34	10+553,48	10+751,59	283	-	5.227	-	90
Ευθυγραμμία	10+751,59	10+998,60	-	3.718	5.227	-	70
Καμπύλη K35	10+998,60	11+105,15	95,00	3.718	-	-	70
Ευθυγραμμία	11+105,15	11+105,15	-	3.718	-	-	70
Καμπύλη K36	11+105,15	11+216,99	203,00	3.718	-	-	70
Ευθυγραμμία	11+216,99	11+300,01	-	-	-	-	-
Καμπύλη K37	11+300,01	11+415,25	113,00	-	-	-	-
Ευθυγραμμία	11+415,25	11+415,25	-	-	-	-	-
Καμπύλη K38	11+415,25	11+518,54	95,00	-	-	-	-
Ευθυγραμμία	11+518,54	11+574,49	-	-	-	-	-
Καμπύλη K39	11+574,49	11+670,04	114,00	-	952	-	50
Ευθυγραμμία	11+670,04	11+727,55	-	-	952	-	50
Καμπύλη K40	11+727,55	11+959,06	61,00	3.399	-	-	70
Ευθυγραμμία	11+959,06	12+016,12	-	3.399	-	-	70
Καμπύλη K42	12+016,12	12+137,88	62,00	-	-	-	40
Ευθυγραμμία	12+137,88	12+182,36	-	-	-	-	-
Καμπύλη K43	12+182,36	12+270,16	87,50	-	-	-	40
Ευθυγραμμία	12+270,16	12+358,33	-	-	-	-	-
Καμπύλη K44	12+358,33	12+503,03	192,00	-	29.078	-	90
Ευθυγραμμία	12+503,03	12+503,03	-	-	29.078	-	90
Καμπύλη K45	12+503,03	12+584,45	81,00	-	29.078	-	90
Ευθυγραμμία	12+584,45	12+584,45	-	-	29.078	-	90
Καμπύλη K46	12+584,45	12+680,37	375,00	-	29.078	-	90
Ευθυγραμμία	12+680,37	12+680,37	-	-	29.078	-	90
Καμπύλη K48	12+680,37	12+858,12	122,00	-	29.078	-	90
Ευθυγραμμία	12+858,12	13+029,95	-	-	29.078	-	90
Καμπύλη K49	13+029,95	13+137,33	120	-	29.078	-	90
Ευθυγραμμία	13+137,33	13+308,01	-	-	29.078	-	90
Καμπύλη K50	13+308,01	13+362,12	127	-	29.078	-	90
Ευθυγραμμία	13+362,12	13+440,91	-	-	-	-	-
Καμπύλη K51	13+440,91	13+534,18	107	-	-	-	50
Ευθυγραμμία	13+534,18	13+624,74	-	-	-	-	-
Καμπύλη K52	13+624,74	13+679,33	127	8.201	-	-	90
Ευθυγραμμία	13+679,33	13+870,70	-	8.201	-	-	90
Καμπύλη K53	13+870,70	13+932,77	121	8.201	-	-	90
Ευθυγραμμία	13+932,77	14+008,88	-	-	3.532	-	80
Καμπύλη K54	14+008,88	14+136,02	119	-	3.532	-	80
Ευθυγραμμία	14+136,02	14+179,19	-	-	3.532	-	80
Καμπύλη K55	14+179,19	14+374,15	126	3.571	-	-	70
Ευθυγραμμία	14+374,15	14+438,16	-	3.571	-	-	70
Καμπύλη K56	14+438,16	14+652,21	147	3.571	3.296	-	70
Ευθυγραμμία	14+652,21	14+735,99	-	-	3.296	-	70
Καμπύλη K57	14+735,99	15+003,19	150	4.212	-	-	60
Ευθυγραμμία	15+003,19	15+060,98	-	-	-	-	-
Καμπύλη K58	15+060,98	15+195,47	70	-	5.534	-	90
Ευθυγραμμία	15+195,47	15+298,10	-	-	5.534	-	90
Καμπύλη K59	15+298,10	15+529,20	149	4.596	5.534	-	80
Ευθυγραμμία	15+529,20	15+591,01	-	4.596	-	-	80
Καμπύλη K60	15+591,01	15+657,51	70	-	7.514	-	90
Ευθυγραμμία	15+657,51	15+782,09	-	-	7.514	-	90
Καμπύλη K61	15+782,09	15+866,44	97	-	7.514	-	90
Ευθυγραμμία	15+866,44	15+931,50	-	-	-	-	-
Καμπύλη K62	15+931,50	16+023,21	106	-	-	-	50
Ευθυγραμμία	16+023,21	16+087,25	-	-	-	-	-
Καμπύλη K63	16+087,25	16+140,54	100	-	-	-	50
Ευθυγραμμία	16+140,54	16+197,37	-	-	-	-	-
Καμπύλη K64	16+197,37	16+356,70	120	-	-	-	50
Ευθυγραμμία	16+356,70	16+402,94	-	-	-	-	-
Καμπύλη K65	16+402,94	16+549,97	123	-	-	-	50
Ευθυγραμμία	16+549,97	16+757,43	-	-	-	-	-
Καμπύλη K66	16+757,43	16+924,46	331	4.576	-	-	80
Ευθυγραμμία	16+924,46	17+182,66	-	4.576	-	-	80
Καμπύλη K67	17+182,66	17+462,74	208	4.576	-	-	80

ΚΟΡΥΦΗ	ΜΗΚΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΟΜΟΕ-Χ ΛΟΓΩ	
	Χ.Θ. ΑΡΧΗΣ	Χ.Θ. ΤΕΛΟΥΣ	ΑΚΤΙΝΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	ΑΚΤΙΝΑ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ		ΑΚΤΙΝΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	ΑΚΤΙΝΑΣ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ
				ΚΥΡΤΗ	ΚΟΙΛΗ		
Ευθυγραμμία	17+462,74	17+594,78	-	-	-	-	-
Καμπύλη Κ68	17+594,78	17+698,99	112	-	-	50	-
Ευθυγραμμία	17+698,99	17+762,14	-	-	-	-	-
Καμπύλη Κ69	17+762,14	17+844,97	128	-	-	50	-
Ευθυγραμμία	17+844,97	18+310,36	-	-	7.298	-	90
Καμπύλη Κ70	18+310,36	18+462,01	103	-	7.298	50	90
Ευθυγραμμία	18+462,01	18+566,34	-	6.025	7.298	-	80
Καμπύλη Κ71	18+566,34	18+836,86	92	6.025	-	40	80
Ευθυγραμμία	18+836,86	19+123,53	-	-	8.169	-	90
Καμπύλη Κ72	19+123,53	19+333,45	206	-	8.169	70	90
Ευθυγραμμία	19+333,45	19+529,55	-	-	8.169	-	90
Καμπύλη Κ73	19+529,55	19+607,57	214	-	-	70	-
Ευθυγραμμία	19+607,57	19+691,32	-	-	-	-	-
Καμπύλη Κ74	19+691,32	19+753,28	183	-	-	60	-
Ευθυγραμμία	19+753,28	20+066,28	-	8.577	-	-	90
Καμπύλη Κ75	20+066,28	20+116,22	414	8.577	-	90	90
Ευθυγραμμία	20+116,22	20+214,72	-	8.577	-	-	90
Καμπύλη Κ76	20+214,72	20+250,74	933	8.577	-	90	90
Ευθυγραμμία	20+250,74	20+391,62	-	8.577	-	-	90
Καμπύλη Κ77	20+391,62	20+635,98	429	-	7.644	90	90
Ευθυγραμμία	20+635,98	20+880,41	-	-	7.644	-	90
Καμπύλη Κ78	20+880,41	20+968,64	357	10.822	-	80	90
Ευθυγραμμία	20+968,64	21+148,39	-	10.822	-	-	90
Καμπύλη Κ79	21+148,39	21+312,89	377	10.822	-	90	90
Ευθυγραμμία	21+312,89	21+689,54	-	10.822	-	-	90
Καμπύλη Κ80	21+689,54	21+965,24	490	-	3.300	90	80
Ευθυγραμμία	21+965,24	22+137,60	-	4.550	3.300	-	80
Καμπύλη Κ81	22+137,60	22+418,24	383	4.520	3.300	90	80
Ευθυγραμμία	22+418,24	22+558,97	-	-	5.037	-	90
Καμπύλη Κ82	22+558,97	22+685,48	328	-	5.037	80	90
Ευθυγραμμία	22+685,48	22+888,57	-	-	5.037	-	90

4.3.5 Έλεγχος Επάρκειας Ορατότητας για Στάση

Για τον έλεγχο επάρκειας ορατότητας για στάση ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που αναλύθηκε στο εδάφιο 3.2. Με βάση τις παραδοχές που έγιναν για τον πλευρικό ελεύθερο εμποδίων χώρο δομήθηκε μια φόρμα σε λογιστικό φύλλο (spreadsheet) στην οποία εισήχθησαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Ήτοι:

- ακτίνες οριζόντιων καμπυλών
- κατεύθυνση στροφής (αριστερά/δεξιά)
- κατά μήκος κλίση
- υπάρχον πλάτος πλευρικού ελεύθερου εμποδίων χώρου

Ο χρήστης εκτελεί μια διαδικασία διαδοχικών δοκιμών (trial and error), κατά την οποία εισάγει στην φόρμα για κάθε στοιχείο ελέγχου μια ταχύτητα (km/h), μέχρις ότου ο «απαιτούμενος» πλευρικός ελεύθερος εμποδίων χώρος να είναι ίσος ή μικρότερος του υπάρχοντα. Η διαδικασία αυτή γίνεται συνολικά τέσσερις φορές. Μία φορά για κάθε κατεύθυνση και στεγνό οδόστρωμα και μία για κάθε κατεύθυνση και υγρό οδόστρωμα. Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο έλεγχος ορατότητας έγινε για στεγνό οδόστρωμα απλώς για μια καλύτερη εποπτεία της χάραξης. Η ταχύτητα που προκύπτει για υγρό οδόστρωμα είναι η καθοριστικής σημασίας και αυτή χρησιμοποιείται για την σύγκριση με τις τιμές που προκύπτουν από τα υπόλοιπα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ούτως ώστε να καθορισθεί το εκάστοτε όριο ταχύτητας.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα αποτελέσματα για τον έλεγχο ορατότητας για στάση.

Πίνακας 4.9: Αποτελέσματα ελέγχου επάρκειας ορατότητας για στάση.

Κεφάλαιο 4 - Αποτύπωση και Αξιολόγηση Υφιστάμενης Υποδομής

ΚΟΡΥΦΗ	ΜΗΚΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΟΜΟΕ-Χ ΛΟΓΩ			
			ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ			
			ΣΤΕΓΝΟ		ΒΡΕΓΜΕΝΟ	
Χ.Θ. ΑΡΧΗΣ	Χ.Θ. ΤΕΛΟΥΣ	ΠΡΟΣ ΔΟΜΟΚΟ	ΠΡΟΣ ΛΑΜΙΑ	ΠΡΟΣ ΔΟΜΟΚΟ	ΠΡΟΣ ΛΑΜΙΑ	
Ευθυγραμμία	0+000,00	0+244,19	-			
Καμπύλη K2	0+244,19	0+337,43	146	135	106	97
Ευθυγραμμία	0+337,43	0+434,22				
Καμπύλη K3	0+434,22	0+483,75	208	215	153	137
Ευθυγραμμία	0+483,75	0+624,74				
Καμπύλη K4	0+624,74	0+828,27	196	178	147	117
Ευθυγραμμία	0+828,27	1+122,24				
Καμπύλη K5	1+122,24	1+388,38	155	144	116	102
Ευθυγραμμία	1+388,38	1+740,60				
Καμπύλη K6	1+740,60	2+010,24	120	112	92	84
Ευθυγραμμία	2+010,24	2+085,65				
Καμπύλη K7	2+085,65	2+400,37	115	118	89	86
Ευθυγραμμία	2+400,37	2+579,92				
Καμπύλη K8	2+579,92	3+059,74	163	152	121	106
Ευθυγραμμία	3+059,74	4+220,08				
Καμπύλη K9	4+220,08	4+478,94	102	91	81	69
Ευθυγραμμία	4+478,94	4+595,86				
Καμπύλη K10	4+595,86	5+046,83	140	146	106	103
Ευθυγραμμία	5+046,83	5+104,89				
Καμπύλη K11	5+104,89	5+232,11	162	161	124	107
Ευθυγραμμία	5+232,11	5+336,39				
Καμπύλη K12	5+336,39	5+427,63	94	81	75	63
Ευθυγραμμία	5+427,63	5+482,13				
Καμπύλη K13	5+482,13	5+580,12	89	90	71	68
Ευθυγραμμία	5+580,12	5+778,41				
Καμπύλη K14	5+778,41	5+972,89	67	70	53	57
Ευθυγραμμία	5+972,89	6+073,42				
Καμπύλη K16	6+073,42	6+158,33	85	73	68	58
Ευθυγραμμία	6+158,33	6+377,42				
Καμπύλη K17	6+377,42	6+798,63	89	79	70	63
Ευθυγραμμία	6+798,63	7+186,48				
Καμπύλη K18	7+186,48	7+312,21	103	103	81	77
Ευθυγραμμία	7+312,21	7+569,56				
Καμπύλη K19	7+569,56	7+729,00	66	59	53	51
Ευθυγραμμία	7+729,00	7+824,51				
Καμπύλη K20	7+824,51	7+965,21	78	83	61	66
Ευθυγραμμία	7+965,21	8+243,97				
Καμπύλη K21	8+243,97	8+387,79	78	80	63	63
Ευθυγραμμία	8+387,79	8+412,57				
Καμπύλη K22	8+412,57	8+531,86	101	88	80	68
Ευθυγραμμία	8+531,86	8+618,60				
Καμπύλη K23	8+618,60	8+672,72	76	66	61	53
Ευθυγραμμία	8+672,72	8+712,91				
Καμπύλη K24	8+712,91	8+819,72	71	73	58	58
Ευθυγραμμία	8+819,72	8+827,98				
Καμπύλη K25	8+827,98	9+043,17	67	58	55	50
Ευθυγραμμία	9+043,17	9+124,99				
Καμπύλη K26	9+124,99	9+190,83	95	96	75	73
Ευθυγραμμία	9+190,83	9+258,09				
Καμπύλη K27	9+258,09	9+334,75	115	100	90	75
Ευθυγραμμία	9+334,75	9+556,15				
Καμπύλη K28	9+556,15	9+632,66	95	84	74	66
Ευθυγραμμία	9+632,66	9+714,80				
Καμπύλη K29	9+714,80	9+867,24	80	83	64	66
Ευθυγραμμία	9+867,24	9+952,63				
Καμπύλη K30	9+952,63	10+045,28	76	67	60	55
Ευθυγραμμία	10+045,28	10+108,56				
Καμπύλη K31	10+108,56	10+175,11	89	92	70	71
Ευθυγραμμία	10+175,11	10+198,95				
Καμπύλη K32	10+198,95	10+283,55	64	55	53	45
Ευθυγραμμία	10+283,55	10+352,96				
Καμπύλη K33	10+352,96	10+444,72	74	74	61	58
Ευθυγραμμία	10+444,72	10+553,48				
Καμπύλη K34	10+553,48	10+751,59	116	120	91	88
Ευθυγραμμία	10+751,59	10+998,60				
Καμπύλη K35	10+998,60	11+105,15	73	65	58	54
Ευθυγραμμία	11+105,15	11+105,15				
Καμπύλη K36	11+105,15	11+216,99	96	86	75	68
Ευθυγραμμία	11+216,99	11+300,01				
Καμπύλη K37	11+300,01	11+415,25	84	88	66	69
Ευθυγραμμία	11+415,25	11+415,25				
Καμπύλη K38	11+415,25	11+518,54	79	83	62	66
Ευθυγραμμία	11+518,54	11+574,49				
Καμπύλη K39	11+574,49	11+670,04	78	70	62	57
Ευθυγραμμία	11+670,04	11+727,55				
Καμπύλη K40	11+727,55	11+959,06	68	68	56	54
Ευθυγραμμία	11+959,06	12+016,12				
Καμπύλη K42	12+016,12	12+137,88	62	55	50	48
Ευθυγραμμία	12+137,88	12+182,36				
Καμπύλη K43	12+182,36	12+270,16	77	80	61	64

Κεφάλαιο 4 - Αποτύπωση και Αξιολόγηση Υφιστάμενης Υποδομής

ΚΟΡΥΦΗ	ΜΗΚΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΟΜΟΕ-Χ ΛΟΓΩ			
			ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ			
			ΣΤΕΓΝΟ		ΒΡΕΓΜΕΝΟ	
Χ.Θ. ΑΡΧΗΣ	Χ.Θ. ΤΕΛΟΥΣ	ΠΡΟΣ ΔΟΜΟΚΟ	ΠΡΟΣ ΛΑΜΙΑ	ΠΡΟΣ ΔΟΜΟΚΟ	ΠΡΟΣ ΛΑΜΙΑ	
Ευθυγραμμία	12+270,16	12+358,33				
Καμπύλη K44	12+358,33	12+503,03	95	84	74	66
Ευθυγραμμία	12+503,03	12+503,03				
Καμπύλη K45	12+503,03	12+584,45	69	61	55	51
Ευθυγραμμία	12+584,45	12+584,45				
Καμπύλη K46	12+584,45	12+680,37	119	106	92	88
Ευθυγραμμία	12+680,37	12+680,37				
Καμπύλη K48	12+680,37	12+858,12	80	71	64	58
Ευθυγραμμία	12+858,12	13+029,95				
Καμπύλη K49	13+029,95	13+137,33	87	89	70	68
Ευθυγραμμία	13+137,33	13+308,01				
Καμπύλη K50	13+308,01	13+362,12	83	94	66	72
Ευθυγραμμία	13+362,12	13+440,91				
Καμπύλη K51	13+440,91	13+534,18	84	85	67	66
Ευθυγραμμία	13+534,18	13+624,74				
Καμπύλη K52	13+624,74	13+679,33	83	94	66	72
Ευθυγραμμία	13+679,33	13+870,70				
Καμπύλη K53	13+870,70	13+932,77	80	94	63	73
Ευθυγραμμία	13+932,77	14+008,88				
Καμπύλη K54	14+008,88	14+136,02	86	90	68	70
Ευθυγραμμία	14+136,02	14+179,19				
Καμπύλη K55	14+179,19	14+374,15	83	93	67	70
Ευθυγραμμία	14+374,15	14+438,16				
Καμπύλη K56	14+438,16	14+652,21	93	97	72	75
Ευθυγραμμία	14+652,21	14+735,99				
Καμπύλη K57	14+735,99	15+003,19	87	101	68	77
Ευθυγραμμία	15+003,19	15+060,98				
Καμπύλη K58	15+060,98	15+195,47	71	74	56	60
Ευθυγραμμία	15+195,47	15+298,10				
Καμπύλη K59	15+298,10	15+529,20	88	76	70	60
Ευθυγραμμία	15+529,20	15+591,01				
Καμπύλη K60	15+591,01	15+657,51	70	74	56	60
Ευθυγραμμία	15+657,51	15+782,09				
Καμπύλη K61	15+782,09	15+866,44	80	83	64	65
Ευθυγραμμία	15+866,44	15+931,50				
Καμπύλη K62	15+931,50	16+023,21	77	67	62	55
Ευθυγραμμία	16+023,21	16+087,25				
Καμπύλη K63	16+087,25	16+140,54	75	66	61	54
Ευθυγραμμία	16+140,54	16+197,37				
Καμπύλη K64	16+197,37	16+356,70	87	89	69	69
Ευθυγραμμία	16+356,70	16+402,94				
Καμπύλη K65	16+402,94	16+549,97	81	71	65	57
Ευθυγραμμία	16+549,97	16+757,43				
Καμπύλη K66	16+757,43	16+924,46	115	101	90	76
Ευθυγραμμία	16+924,46	17+182,66				
Καμπύλη K67	17+182,66	17+462,74	85	99	63	79
Ευθυγραμμία	17+462,74	17+594,78				
Καμπύλη K68	17+594,78	17+698,99	87	85	64	70
Ευθυγραμμία	17+698,99	17+762,14				
Καμπύλη K69	17+762,14	17+844,97	72	83	54	68
Ευθυγραμμία	17+844,97	18+310,36				
Καμπύλη K70	18+310,36	18+462,01	85	82	64	67
Ευθυγραμμία	18+462,01	18+566,34				
Καμπύλη K71	18+566,34	18+836,86	63	73	48	62
Ευθυγραμμία	18+836,86	19+123,53				
Καμπύλη K72	19+123,53	19+333,45	93	93	68	75
Ευθυγραμμία	19+333,45	19+529,55				
Καμπύλη K73	19+529,55	19+607,57	97	92	74	73
Ευθυγραμμία	19+607,57	19+691,32				
Καμπύλη K74	19+691,32	19+753,28	86	93	66	73
Ευθυγραμμία	19+753,28	20+066,28				
Καμπύλη K75	20+066,28	20+116,22	121	115	91	87
Ευθυγραμμία	20+116,22	20+214,72				
Καμπύλη K76	20+214,72	20+250,74	146	163	104	118
Ευθυγραμμία	20+250,74	20+391,62				
Καμπύλη K77	20+391,62	20+635,98	137	136	98	102
Ευθυγραμμία	20+635,98	20+880,41				
Καμπύλη K78	20+880,41	20+968,64	105	116	80	87
Ευθυγραμμία	20+968,94	21+148,39				
Καμπύλη K79	21+148,39	21+312,89	135	127	101	94
Ευθυγραμμία	21+312,89	21+689,54				
Καμπύλη K80	21+689,54	21+965,24	144	142	103	105
Ευθυγραμμία	21+965,24	22+137,60				
Καμπύλη K81	22+137,60	22+418,24	108	120	81	90
Ευθυγραμμία	22+418,24	22+558,97				
Καμπύλη K82	22+558,97	22+685,48	128	122	95	92
Ευθυγραμμία	22+685,48	22+888,57				

4.4 Όρια Ταχύτητας

Υφιστάμενα Όρια Ταχύτητας

Ως όρια ταχύτητας εκλαμβάνονται αυτά που ορίζονται από τις υφιστάμενες πινακίδες P-32. Μετά την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης τα υφιστάμενα όρια ταχύτητας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.10: Υφιστάμενα όρια ταχύτητας

Κατεύθυνση προς Δομοκό		Κατεύθυνση προς Λαμία	
Χ.Θ.	Όριο Ταχύτητας	Χ.Θ.	Όριο Ταχύτητας
0+580.00	80	1+600.00	50
1+235.00	50	2+600.00	50
1+490.00	80	2+770.00	50
1+948.00	50	3+995.00	90
3+889.00	70	4+920.00	50
4+160.00	40	9+150.00	50
4+465.00	50	9+655.00	50
7+500.00	50	10+312.00	50
8+480.00	50	10+605.00	50
9+550.00	50	10+810.00	50
10+312.00	50	11+245.00	50
11+295.00	50	12+170.00	40
11+970.00	50	12+775.00	50
12+310.00	50	13+245.00	50
15+045.00	50	13+615.00	50
18+035.00	50	15+220.00	50
19+924.00	50		

Επισημαίνεται ότι:

- Τα όρια ταχύτητας κυμαίνονται μεταξύ 40 km/h και 90 km/h.
- Υπάρχουν ελλείψεις πινακίδων ορίων ταχύτητας σε αρκετές θέσεις.
- Υπάρχουν πολλές θέσεις που προβλέπουν λανθασμένο όριο ταχύτητας.

Προτεινόμενα Όρια Ταχύτητας

Για την επιλογή των ορίων ταχύτητας λήφθηκαν υπ' όψιν τα ακόλουθα στοιχεία:

1. Για το προτεινόμενο όριο να διασφαλίζεται η συμμόρφωση με τους κανονισμούς για όλα τα γεωμετρικά στοιχεία της οδού.
2. Για το προτεινόμενο όριο να εξασφαλίζεται επαρκές μήκος ορατότητας για στάση σε υγρό οδόστρωμα.
3. Σε περιοχές που η οδός διέρχεται εντός οικισμού, το όριο να μην υπερβαίνει τα 50 km/h.
4. Το προτεινόμενο όριο σε περιοχές κόμβων να μην υπερβαίνει τα 70 km/h.
5. Το προτεινόμενο όριο να μην υπερβαίνει τα 90 km/h (μέγιστο όριο για την κατηγορία της οδού).

Βάσει των προαναφερθέντων καθορίστηκαν οι ζώνες ισχύος των προτεινόμενων ορίων ταχύτητας όπως παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα και για τις δύο κατευθύνσεις.

Πίνακας 4.11: Προτεινόμενα όρια ταχύτητας

Από Χ.Θ.	Έως Χ.Θ.	Προτεινόμενο Όριο Ταχύτητας	Λόγος Περιορισμού
0+000.00	1+700.00	90	
1+700.00	2+400.00	70	Ισόπεδος Κόμβος
2+400.00	4+200.00	90	
4+200.00	5+300.00	70	Οριζοντιογραφία Ισόπεδοι Κόμβοι
5+300.00	5+700.00	50	Οριζοντιογραφία Ορατότητα
5+700.00	6+100.00	40	Οριζοντιογραφία
6+100.00	7+500.00	60	Οριζοντιογραφία
7+500.00	8+400.00	40	Οριζοντιογραφία
8+400.00	8+600.00	70	Οριζοντιογραφία
8+600.00	9+050.00	40	Οριζοντιογραφία
9+050.00	9+700.00	60	Οριζοντιογραφία Ορατότητα
9+700.00	10+200.00	50	Οριζοντιογραφία Ορατότητα
10+200.00	10+450.00	40	Οριζοντιογραφία Ορατότητα
10+450.00	11+700.00	50	Οριζοντιογραφία Ορατότητα Μηκοτομή
11+700.00	12+600.00	40	Οριζοντιογραφία
12+600.00	14+350.00	50	Οριζοντιογραφία
14+350.00	15+000.00	60	Οριζοντιογραφία
15+000.00	15+700.00	40	Οριζοντιογραφία
15+700.00	18+850.00	50	Οριζοντιογραφία
18+850.00	19+900.00	70	Οριζοντιογραφία
19+900.00	20+200.00	50	Κατοικημένη Περιοχή
20+200.00	22+500.00	80	Οριζοντιογραφία Μηκοτομή
22+500.00	22+900.00	70	Ισόπεδος Κόμβος

4.5 Αξιολόγηση Ασφαλείας Υφιστάμενης Υποδομής

Για την αξιολόγηση της υφιστάμενης υποδομής από άποψη οδικής ασφάλειας ακολουθήθηκε η διεθνώς καθιερωμένη πρακτική που βασίζεται στα τρία Κριτήρια Ασφαλείας όπως αυτά περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 3. Συνήθως, κατά την αξιολόγηση υφιστάμενων οδών η ταχύτητα μελέτης είναι άγνωστη. Στην παρούσα μελέτη όμως θεωρήθηκε γνωστή χάρη στην παροχή των τεχνικών εκθέσεων των μελετητών. Για το Κριτήριο Ασφαλείας III ο συντελεστής εκμετάλλευσης n λήφθηκε ίσος με 0.60 για την αποφυγή πολύ συντηρητικών θεωρήσεων (Lamm et al., 1999).

Για μια πιο γρήγορη και περιεκτική επισκόπηση της υφιστάμενης υποδομής, τα τρία κριτήρια συνδυάστηκαν σε ένα (Safety Module) (Lamm et al., 1999). Τα τρία κριτήρια εισήχθησαν στον υπολογισμό με την ίδια βαρύτητα.

Πίνακας 4.12: Συνδυασμός τριών Κριτηρίων σε ένα (Safety Module)

Ποιότητα Σχεδιασμού Κ.Α.Ι, Κ.Α.ΙΙ, Κ.Α.ΙΙΙ	Πρόσημο	Τιμή (F)
ΚΑΛΗ	+	1.0
ΜΕΤΡΙΑ	0	0
ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	-	1.0
$(F_1+F_2+F_3)/3 \geq 0.5 \Rightarrow$ Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού $-0.5 < (F_1+F_2+F_3)/3 < 0.5 \Rightarrow$ Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού $(F_1+F_2+F_3)/3 \leq -0.5 \Rightarrow$ Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού		

Για την πληρέστερη κατανόηση του Safety Module παρατίθενται παραδείγματα.

Πίνακας 4.13: Παραδείγματα Safety Module

Γεωμετρικό Στοιχείο	Κριτήριο Ασφαλείας	Ποιότητα Σχεδιασμού	Τιμή	M.O.	Safety Module
R 5	I	Καλή	1.0	0.67	Καλή
	II	Καλή	1.0		
	III	Μέτρια	0		
R 11	I	Μη Αποδεκτή	-1.0	-0.67	Μη Αποδεκτή
	II	Μέτρια	0		
	III	Μη Αποδεκτή	-1.0		
R 42	I	Καλή	1.0	-0.33	Μέτρια
	II	Μη Αποδεκτή	-1.0		
	III	Μη Αποδεκτή	-1.0		

4.5.1 Αποτελέσματα Αξιολόγησης Ασφαλείας

Σαν γενικό σχόλιο, όπως υποδεικνύεται από τα αποτελέσματα του συνδυασμού των Κριτηρίων Ασφαλείας (Safety Module), τα πρώτα τρία χιλιόμετρα χαρακτηρίζονται από καλή ποιότητα σχεδιασμού. Σε αυτά τα αποτελέσματα συμβάλλει η άνετη γεωμετρία της οδού με τις χαμηλής ελικτότητας καμπύλες. Από το 3ο χιλιόμετρο εκκινεί ευθυγραμμία μήκους 1100 μέτρων και από το πέρας της αρχίζει η διέλευση από ορεινό έδαφος. Οι οριζόντιες καμπύλες που υπάρχουν σε αυτό το τμήμα της οδού δεν επιτρέπουν την επίτευξη έστω μέτριας ποιότητας σχεδιασμού για το Κριτήριο Ασφαλείας III. Η ύπαρξη μερικώς ανεξάρτητων ευθυγραμμιών καθώς και οριζόντιων καμπυλών με ακτίνα αρκετά μεγαλύτερη της μέσης ακτίνας του οδικού τμήματος από το 5ο έως το 20ο χιλιόμετρο, έχει ως αποτέλεσμα τον χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ως μη αποδεκτής για το Κριτήριο Ασφαλείας II. Στο ορεινό τμήμα τα αποτελέσματα των συνδυασμένων Κριτηρίων Ασφαλείας (Safety Module) χαρακτηρίζουν την ποιότητα σχεδιασμού ως μέτρια.

Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι το κρισιμότερο μέγεθος για την αξιολόγηση της ομοιογένειας και αρμονίας του γεωμετρικού σχεδιασμού (geometric design consistency) είναι η απαιτούμενη

μείωση ταχύτητας μεταξύ διαδοχικών γεωμετρικών στοιχείων. Την κρισιμότητα του μεγέθους αυτού τεκμηριώνει το γεγονός ότι το προφίλ ταχυτήτων (speed profile) είναι η αποτελεσματικότερη μέθοδος αξιολόγησης της σχεδιαστικής ομοιογένειας. Στη βάση αυτή παρατίθεται πίνακας με τα γεωμετρικά στοιχεία που η ποιότητα σχεδιασμού τους χαρακτηρίζεται ως «Μη Αποδεκτή» για το Κριτήριο Ασφαλείας II.

Πίνακας 4.14: Γεωμετρικά στοιχεία με μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού για το Κριτήριο Ασφαλείας II.

Γεωμετρικό Στοιχείο	Ακτίνα [m]	Φορά Χιλιόμετρησης	Προηγούμενο Στοιχείο	Ακτίνα [m]
R13	60	Αύξουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R15	160	Φθίνουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R16	185	Αύξουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R17	75	Αύξουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R19	90	Αύξουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R31	75	Φθίνουσα	Καμπύλη	280
R33	95	Αύξουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R42	80	Φθίνουσα	Καμπύλη	375
R61	125	Φθίνουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R65	130	Φθίνουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R66	100	Αύξουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R67	95	Φθίνουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-
R70	180	Φθίνουσα	Μερ. Ανεξ. Ευθυγραμμία	-

Τα πλήρη αποτελέσματα της αξιολόγησης ασφαλείας επισυνάπτονται στο Παράρτημα[A].

4.5.2 Συσχέτιση με Ατυχήματα

Με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από την επεξεργασία των γεωμετρικών στοιχείων της οδού, έγινε μια προσπάθεια συσχέτισης των γεωμετρικών ανεπαρειών της οδού με τα καταγεγραμμένα ατυχήματα. Για κάθε θέση όπου υπάρχουν συσσωρευμένα ατυχήματα, αναφέρονται τα στοιχεία που παραβιάζουν τους κανονισμούς και την προσδοκία των αυτοκινητιστών.

• Θέση 1: Χ.Θ. 4+200 έως 4+400

Τα στοιχεία αυτής της θέσης έχουν ως εξής:

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 90 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 85 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 227 m (40% απόκλιση από τους κανονισμούς)

- Λανθασμένο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας (40 km/h αντί για 70 km/h)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II(Αύξουσα,Φθίνουσα): Μέτρια και Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Η παρατεταμένη ανεξάρτητη ευθυγραμμία των 1100 μέτρων είναι καθοριστικής σημασίας σε αυτή την θέση. Ίσως οι ταχύτητες που αναπτύσσονται πριν την καμπύλη να είναι υψηλότερες από τα 104 km/h που ορίζουν οι ΟΜΟΕ - Χ ως V85 στις ανεξάρτητες ευθυγραμμίες με αποτέλεσμα το Κριτήριο Ασφαλείας II να συνεπάγεται μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού.

• Θέση 2: Χ.Θ. 5+800 έως 6+000

Ανακάμπτων ελιγμός

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V85: 57 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 60 m (56% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Λανθασμένο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας (50 km/h αντί για 40 km/h)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II(Αύξουσα,Φθίνουσα): Μη Αποδεκτή και Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Η απαιτούμενη μείωση ταχύτητας προκειμένου να αντιμετωπιστεί επιτυχώς ο ανακάμπτων ελιγμός συνεπάγεται μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού για αύξουσα φορά χιλιομέτρησης και μέτρια για φθίνουσα, αναφορικά με το Κριτήριο Ασφαλείας II.

• Θέση 3: Χ.Θ. 8+300

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V85: 67 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 90 m (36% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II(Αύξουσα,Φθίνουσα): Μη Αποδεκτή και Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Η μερικώς ανεξάρτητη ευθυγραμμία που προηγείται της καμπύλης δίνει τη δυνατότητα στους οδηγούς να αναπτύξουν ταχύτητες που δεν εναρμονίζονται με τις απαιτήσεις των επερχόμενων καμπύλων μικρής ακτίνας. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται στο Κριτήριο II.

• Θέση 4: Χ.Θ. 8+700 έως 9+000

Αλληλουχία καμπύλων μικρής ακτίνας (100, 70 και 75 m).

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 69 km/h, 61km/h, 62 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 100, 70, 75 m (29%, 50%, 48% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Λανθασμένο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας (50 km/h αντί για 40 km/h)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II(Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια και Καλή, Καλή και Καλή, Καλή και Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Ίσως η καμπύλη ακτίνας 225 που προηγείται αυτής με ακτίνα 100 m, να επιτρέπει στους οδηγούς να αναπτύξουν ταχύτητες που δεν συνάδουν με τις επερχόμενες καμπύλες. Επίσης κατά την φθίνουσα φορά χιλιομέτρησης του ανακάμπτοντα ελιγμού ακτίνας 75 m, προηγείται οριζόντια καμπύλη ακτίνας 150 m και μικρή ευθυγραμμία στην οποία πολλοί οδηγοί επιχειρούν λανθασμένα ελιγμούς προσπέρασης και ενδεχομένως η ταχύτητα που προσεγγίζουν την καμπύλη 75 m, να συνεπάγεται μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού αναφορικά με το Κριτήριο Ασφαλείας II.

• Θέση 5: Χ.Θ. 10+200 έως 10+500

Αλληλουχία καμπύλων μικρής ακτίνας (65, 75 m).

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 59 km/h, 63 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 65, 75 m (54%, 48% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Λανθασμένο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας (50 km/h αντί για 40 km/h)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II(Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια και Καλή, Καλή και Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Οι ακτίνες των οριζόντιων καμπύλων απέχουν περισσότερο από 40% από την ελάχιστη τιμή που ορίζουν οι κανονισμοί για την επιλεγμένη ταχύτητα μελέτης. Οι καμπύλες αυτές απαιτούν ιδιαίτερα μειωμένη ταχύτητα διέλευσης, κάτι που δεν συνάδει με την προσδοκία των οδηγών, δεδομένου του λειτουργικού χαρακτήρα της οδού.

• **Θέση 6: Χ.Θ. 11+000 έως 11+200**

Κανιστροειδής καμπύλη 2 κυκλικών τόξων.

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 68 km/h, 83 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 95 (32% απόκλιση από τους κανονισμούς), 203 m
- Ορθό επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας (50 km/h)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Καλή και Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II(Αύξουσα, Φθίνουσα): Μη Αποδεκτή και Μέτρια, Καλή και Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή και Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Οι ακτίνες των κυκλικών τόξων που συνθέτουν την κανιστροειδή καμπύλη βρίσκονται στην περιοχή που πρέπει να αποφεύγεται σύμφωνα με το διάγραμμα για τη σχέση των διαδοχικών ακτίνων κυκλικών τόξων των ΟΜΟΕ.

• **Θέση 7: Χ.Θ. 11+700 έως 12+200**

Ανακάμπτων ελιγμός και καμπύλη μικρής ακτίνας.

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 57 km/h, 58 km/h
- Ορθό επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας στη φθίνουσα χιλιομέτρηση (40 km/h)
- Λανθασμένο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας στην αύξουσα χιλιομέτρηση (50 km/h αντί για 40 km/h)
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 61, 62 m (56% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II(Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια και Καλή, Καλή και Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Οι ακτίνες των οριζόντιων καμπύλων απέχουν περισσότερο από 50% από την ελάχιστη τιμή που ορίζουν οι κανονισμοί για την επιλεγμένη ταχύτητα μελέτης. Οι καμπύλες αυτές απαιτούν ιδιαίτερα μειωμένη ταχύτητα διέλευσης, κάτι που δεν συνάδει με την προσδοκία των οδηγών, δεδομένου του λειτουργικού χαρακτήρα της οδού.

• **Θέση 8: Χ.Θ. 12+400 έως 12+600**

Κανιστροειδής καμπύλη 3 κυκλικών τόξων.

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 82 km/h, 64 km/h, 91 km/h

- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 190, 80, 375 m (42% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Οριακά αποδεκτό όριο ταχύτητας (50 km/h). Εφόσον εφαρμοστούν κατά γράμμα οι κανονισμοί το επιτρεπόμενο όριο είναι 40 km/h.
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Μη Αποδεκτή, Καλή και Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II (Αύξουσα, Φθίνουσα): Καλή και Καλή, Μέτρια και Μη Αποδεκτή, Καλή και Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μέτρια, Μη Αποδεκτή και Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Οι ακτίνες των κυκλικών τόξων που συνθέτουν την κανιστροειδή καμπύλη βρίσκονται στην περιοχή που πρέπει να αποφεύγεται σύμφωνα με το διάγραμμα για τη σχέση των διαδοχικών ακτίνων κυκλικών τόξων των ΟΜΟΕ.

• Θέση 9: Χ.Θ. 12+700 έως 13+200

Αλληλουχία καμπύλων με ενδιάμεση μερικώς ανεξάρτητη ευθυγραμμία.

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 73 km/h, 73 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 120, 120 m (13% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Ορθό επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας (50 km/h)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια και Μέτρια, Μέτρια και Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Οι λειτουργικές ταχύτητες που αναπτύσσονται σε αυτές τις καμπύλες είναι υψηλότερες από την ταχύτητα μελέτης με αποτέλεσμα το Κριτήριο Ασφαλείας III να συνεπάγεται μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού. Επίσης, η υπάρχουσα ενδιάμεση μερικώς ανεξάρτητη ευθυγραμμία χρησιμοποιείται από πολλούς οδηγούς για την πραγματοποίηση αντικανονικών ελιγμών προσπέρασης.

• Θέση 10: Χ.Θ. 15+100

Οριζόντια καμπύλη μικρής ακτίνας.

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 61 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 70 m (50% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Λανθασμένο όριο ταχύτητας (50 km/h αντί για 40 km/h)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού

- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Η ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης απέχει 50% από την ελάχιστη τιμή που ορίζουν οι κανονισμοί για την επιλεγμένη ταχύτητα μελέτης. Η καμπύλη αυτή απαιτεί ιδιαίτερα μειωμένη ταχύτητα διέλευσης, κάτι που δεν συνάδει με την προσδοκία των οδηγών, δεδομένου του λειτουργικού χαρακτήρα της οδού αλλά και των εκατέρωθεν αυτής καμπύλων ακτίνας 150m.

• **Θέση 11: Χ.Θ. 17+600 έως 17+800**

Αλληλουχία καμπύλων.

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 72 km/h, 74 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 110, 130 m (20%, 9% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Ορθό επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας (50 km/h)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II(Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια και Καλή, Καλή και Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια και Μέτρια, Μέτρια και Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού

Οι λειτουργικές ταχύτητες που αναπτύσσονται σε αυτές τις καμπύλες είναι υψηλότερες από την ταχύτητα μελέτης με αποτέλεσμα το Κριτήριο Ασφαλείας III να συνεπάγεται μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού.

• **Θέση 12: Χ.Θ. 18+300 έως 18+900**

Αλληλουχία καμπύλων.

- Ταχύτητα μελέτης V_e : 60 km/h
- Λειτουργική ταχύτητα V_{85} : 70 km/h, 67 km/h
- Ακτίνα οριζόντιας καμπύλης: 105, 95 m (26%, 34% απόκλιση από τους κανονισμούς)
- Ορθό επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας (50 km/h)
- Κριτήριο Ασφαλείας I: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας II(Αύξουσα, Φθίνουσα): Μη Αποδεκτή και Καλή, Καλή και Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Κριτήριο Ασφαλείας III: Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού
- Safety Module (Αύξουσα, Φθίνουσα): Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

Η αλληλουχία των αντίρροπων οριζόντιων καμπύλων έπεται ευθυγραμμίας 450 μέτρων. Οι ταχύτητες προσέγγισης των εν λόγω καμπύλων είναι αισθητά υψηλότερες από την ταχύτητα που απαιτούν οι επερχόμενες γεωμετρικές συνθήκες και προκειμένου να καταστεί ασφαλής η διέλευση απαιτείται μείωση ταχύτητας που συνεπάγεται μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού για το Κριτήριο II. Δεδομένου ότι η μερικός ανεξάρτητη ευθυγραμμία συνδυάζεται με κατωφέρεια της

τάξεως του 6.5%, η επιβράδυνση δυσχεραίνει με αποτέλεσμα η απαραίτητη μείωση της ταχύτητας σε ασφαλή επίπεδα αναφορικά με τις επερχόμενες καμπύλες να μην συντελείται με επιτυχία διακινδυνεύοντας έτσι μια πιθανή εκτροπή.

Όλα τα ανωτέρω επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι η απαιτούμενη μείωση ταχύτητας μεταξύ διαδοχικών γεωμετρικών στοιχείων είναι το κρίσιμότερο μέγεθος αξιολόγησης της ομοιογένειας γεωμετρικού σχεδιασμού (geometric design consistency) αφού σχεδόν σε όλες τις θέσεις που το μέγεθος αυτό συνεπάγεται μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού υπάρχει συγκέντρωση ατυχημάτων.

Το Κριτήριο Ασφαλείας III επίσης είναι καθοριστικής σημασίας καθώς σε όλες τις θέσεις που παρατηρείται συγκέντρωση ατυχημάτων, τα αποτελέσματα του Κριτηρίου υποδεικνύουν μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού. Όσον αφορά το Κριτήριο Ασφαλείας I, τα ευρήματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως αντικρουόμενα, αφού σε πολλές θέσεις που η ποιότητα σχεδιασμού χαρακτηρίζεται μέτρια ή και μη αποδεκτή, δεν έχουν καταγραφεί ατυχήματα. Για ταχύτητα μελέτης 60 km/h, για να χαρακτηριστεί η ποιότητα σχεδιασμού ως καλή βάσει του Κριτηρίου I πρέπει να χρησιμοποιηθούν ακτίνες τουλάχιστον 25% μικρότερες από αυτές που ορίζει η ταχύτητα μελέτης. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα το Κριτήριο III να χαρακτηρίζει την ποιότητα σχεδιασμού ως «Μη Αποδεκτή».

Ενδιαφέροντα ευρήματα αποτελούν επίσης τα εξής. Από τις 3 κανιστροειδείς καμπύλες του οδικού τμήματος, οι 2 έχουν συγκέντρωση ατυχημάτων με την μια μάλιστα να καταλαμβάνει την μεγαλύτερη μερίδα επί του συνόλου των συμβάντων και να αποτελεί την πιο επικίνδυνη θέση της οδού. Από τις διελεύσεις που διεξήχθησαν και καταγραφόταν η ταχύτητα του οχήματος κατά την διάρκειά τους, διαπιστώθηκε ξεκάθαρα στο προφίλ ταχύτητας ότι εντός της κανιστροειδούς καμπύλης, η ταχύτητα μεταβάλλεται. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις κατευθύνσεις των ΟΜΟΕ-Χ, που θεωρούν πως στην κανιστροειδή καμπύλη εμφανίζεται μόνο μια λειτουργική ταχύτητα που αντιστοιχεί στην συνολική ελικτότητα (γωνία θλάσης κύριας πολυγωνικής). Ακόμη καμπύλες ίδιας ακτίνας αλλά διαφορετικής γωνίας θλάσης (deflection angle) παρουσιάζουν διαφορετικό ιστορικό ατυχημάτων. Η επιρροή της γωνίας θλάσης γίνεται αντιληπτή από το γεγονός πως όλοι οι ανακάμπτοντες ελιγμοί (γωνία θλάσης κύριας πολυγωνικής ± 200 grad) έχουν συγκεντρώσει ατυχήματα. Τέλος, όσον αφορά το ελάχιστο μήκος ευθυγραμμίας μεταξύ ομόροπων καμπυλών σε θέσεις που ήταν έως και μία φορά ίσο με την ταχύτητα μελέτης αντί για 6 που προτείνουν οι κανονισμοί, δεν υπάρχουν καθόλου καταγεγραμμένα ατυχήματα.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν δυνατότητες προσπέρασης από το 18ο χιλιόμετρο έως το 4ο κατά την φορά φθίνουσας χιλιομέτρησης. Πρόκειται για ένα αρκετά μεγάλο διάστημα στο οποίο λόγω της σύνθεσης της κυκλοφορίας από σχετικά υψηλό ποσοστό βαρέων οχημάτων, οι οδηγοί των επιβατηγών οχημάτων αναγκάζονται να ακολουθούν τα προπορευόμενα βραδυπορούντα βαρέα. Από τα αρκετά συμβάντα που έχουν σημειωθεί στα μικρά ευθύγραμμα τμήματα της οδού που λανθασμένα ερμηνεύονται ως ευκαιρίες προσπέρασης, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η μακρά παραμονή πίσω από βραδυπορούν όχημα ωθεί τους οδηγούς στην ανάληψη του ρίσκου ενός αντικανονικού ελιγμού προσπέρασης. Συνεπώς η έλλειψη δυνατοτήτων προσπέρασης είναι ένα ζήτημα που χρήζει αντιμετώπισης.

5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ

Η εμφανιζόμενη επιτάχυνση κατά την διαδικασία επιτάχυνσης από στάση, επιβράδυνσης και αντιμετώπισης των επερχόμενων οριζόντιων καμπυλών καθορίζεται από την προσωπική επιλογή του κάθε οδηγού, παρά από τα φυσικά οδηγικά όρια. Περιοριστικός παράγοντας της επιλογής επιτάχυνσης στην φυσιολογική οδηγική συμπεριφορά (στην αγωνιστική συμπεριφορά όλες η διαδικασίες διενεργούνται με την μέγιστη δυνατή επιτάχυνση) είναι η αντίσταση που καταβάλλει ο οδηγός στις δυνάμεις που τείνουν να μεταβάλλουν την κινητική του κατάσταση και του προκαλούν δυσφορία (Hugemann and Nicke, 2003). Οι εγκάρσιες επιταχύνσεις είναι λιγότερο υποφερτές από τις διαμήκεις, καθώς δεν υπάρχει πλευρικό σημείο στήριξης του αυχένα και της κεφαλής.

Τα τελευταία χρόνια οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στην αυτοκινητοβιομηχανία είχαν ως αποτέλεσμα την βελτίωση της δυναμικής συμπεριφοράς των οχημάτων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις του προηγούμενου κεφαλαίου, όπου διαπιστώθηκε πως οι λειτουργικές ταχύτητες στις καμπύλες είναι υψηλότερες από τις ταχύτητες μελέτης έδωσαν το ερέθισμα για την εξέταση των εγκάρσιων επιταχύνσεων που δέχονται οι οδηγοί.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία των μετρήσεων, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε και παρατίθενται τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

5.1 Εξοπλισμός και Διαδικασία Μετρήσεων

Για την μέτρηση των εμφανιζόμενων επιταχύνσεων στο εξεταζόμενο οδικό τμήμα χρησιμοποιήθηκε ένα σύγχρονο τυπικό επιβατηγό όχημα, εξοπλισμένο με επιταχυνσιόμετρο και δέκτη GPS. Το χρησιμοποιηθέν Toyota Yaris Hybrid, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα τυπικού σύγχρονου οχήματος, άριστα συντηρημένο με ελαστικά σε πολύ καλή κατάσταση και τυπική ανάρτηση που δεν ενθαρρύνει τον οδηγό να εξερευνήσει τα όρια του οχήματος.



Σχήμα 5.1: Επιταχυνσιόμετρο και δέκτης GPS.

Στην εσωτερική πλευρά του ανεμοθώρακα του οχήματος στερεώθηκε το επιταχυνσιόμετρο

VC4000DAQ της Vericom. Το όργανο αυτό έχει τη δυνατότητα να καταγράφει την επιτάχυνση σε τρεις άξονες (X Y Z) ως ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας ανά 0.01 sec. Σε συνδυασμό με τον δέκτη GPS που φαίνεται στο Σχήμα 5.1 έχει την δυνατότητα καταγραφής τόσο των τριών ποσοστών της επιτάχυνσης της βαρύτητας (Gx, Gy, Gz), όσο και της ταχύτητας του οχήματος και της χρονικής στιγμής της καταγραφής. Σε αντίθεση με το χρονικό διάκενο καταγραφής των επιταχύνσεων που είναι 0.01 sec, η καταγραφή της ταχύτητας γίνεται ανά 0.1 sec. Όλα αυτά αποθηκεύονται στην μνήμη του επιταχυνσιόμετρου και μέσω σύνδεσης Bluetooth και του λογισμικού "PROFILE" που παρέχεται από τον κατασκευαστή, είναι δυνατή η εξαγωγή τους σε ένα αρχείο τιμών διαχωρισμένων με κόμμα (Comma Separated Values - CSV) και η προσπέλαση και επεξεργασία τους καθίσταται εύκολη μέσω ενός λογιστικού φύλλου (spreadsheet).

Στόχος της διερεύνησης ήταν η παραγωγή διαγραμμάτων επιρροής της ακτίνας στις πλευρικές επιταχύνσεις για διάφορες ταχύτητες. Για τον λόγο αυτό έγιναν περάσματα με διαφορετικές ταχύτητες με σκοπό να παραχθούν διαγράμματα και σχέσεις παλινδρόμησης για κάθε ακτίνα. Πραγματοποιήθηκαν λοιπόν συνολικά 4 διελεύσεις (2 κατά τη φορά αύξουσας χιλιομέτρησης και 2 κατά τη φθίνουσα). Δύο διελεύσεις πραγματοποιήθηκαν σε όλο το μήκος της οδού (Aller - Retour) και δύο περιορίστηκαν στο τμήμα από το 4ο χιλιόμετρο έως το 13ο. Κατά την πρώτη διέλευση η ταχύτητα επηρεαζόταν μόνο από την ελκτικότητα των καμπυλών, αφού τα όρια ταχύτητας αγνοήθηκαν και δεν υπήρξε κάποια όχληση από την υπόλοιπη κυκλοφορία. Θα λέγαμε λοιπόν ότι οι ταχύτητες που αναπτύχθηκαν σε αυτήν την διέλευση προσέγγιζαν την λειτουργική ταχύτητα V85. Οι υπόλοιπες διελεύσεις έγιναν με ταχύτητες σαφώς και σταδιακά μειωμένες, ούτως ώστε να προκύψουν κάποια σετ ταχύτητας-πλευρικής επιτάχυνσης προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή παλινδρομικής σχέσης. Έγινε προσπάθεια διατήρησης σταθερής απόστασης από της οριογραμμές ώστε η ακτίνα της τροχιάς να μην απέχει πάρα πολύ από την κατασκευασμένη.

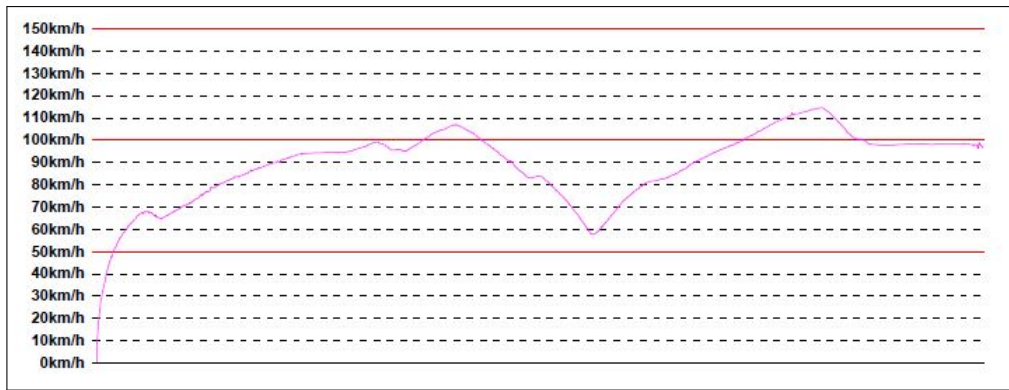
5.2 Επεξεργασία Μετρήσεων

Από το αρχείο CSV που εξήχθησαν από το επιταχυνσιόμετρο αποκτήθηκε πληροφορία σχετικά με:

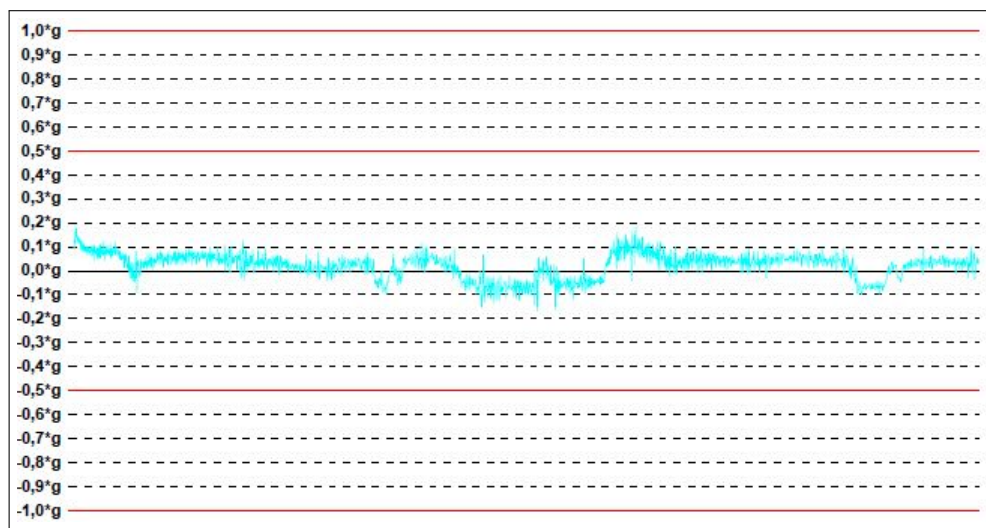
- τα 3 καταγεγραμμένα ποσοστά της επιτάχυνσης της βαρύτητας (Gx, Gy, Gz)
- τη χρονική στιγμή που εμφανίστηκαν αυτά τα ποσοστά
- την ταχύτητα του οχήματος εκείνη την στιγμή (σε m/h)

Αφού μετατράπηκαν τα m/h σε km/h και σε συνδυασμό με την χρονική πληροφορία, παρήχθησαν για κάθε διαδρομή 4 προφίλ:

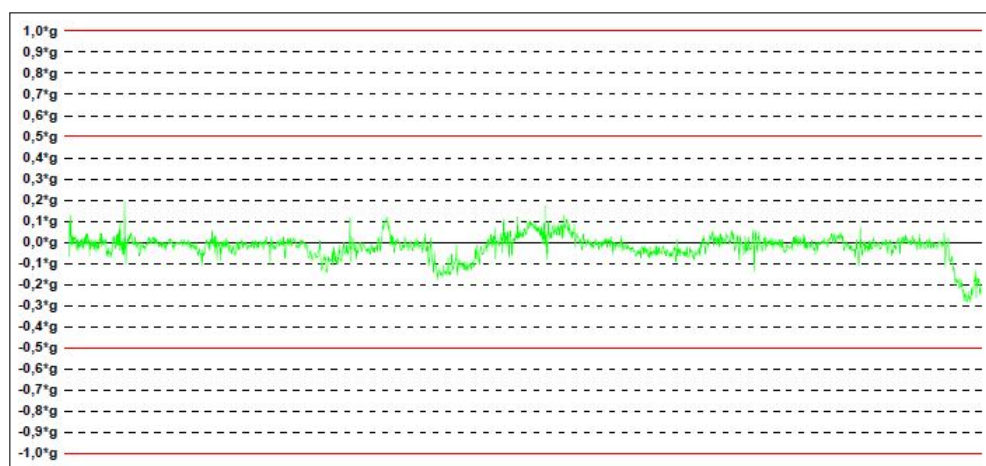
1. ταχύτητας σε σχέση με τη Χ.Θ. της οδού
2. διαμήκους επιτάχυνσης Gx σε σχέση με τη Χ.Θ. της οδού
3. εγκάρσιας επιτάχυνσης Gy σε σχέση με τη Χ.Θ. της οδού
4. κατακόρυφης επιτάχυνσης Gz σε σχέση με τη Χ.Θ. της οδού



Σχήμα 5.2: Απόσπασμα προφίλ ταχυτήτων.

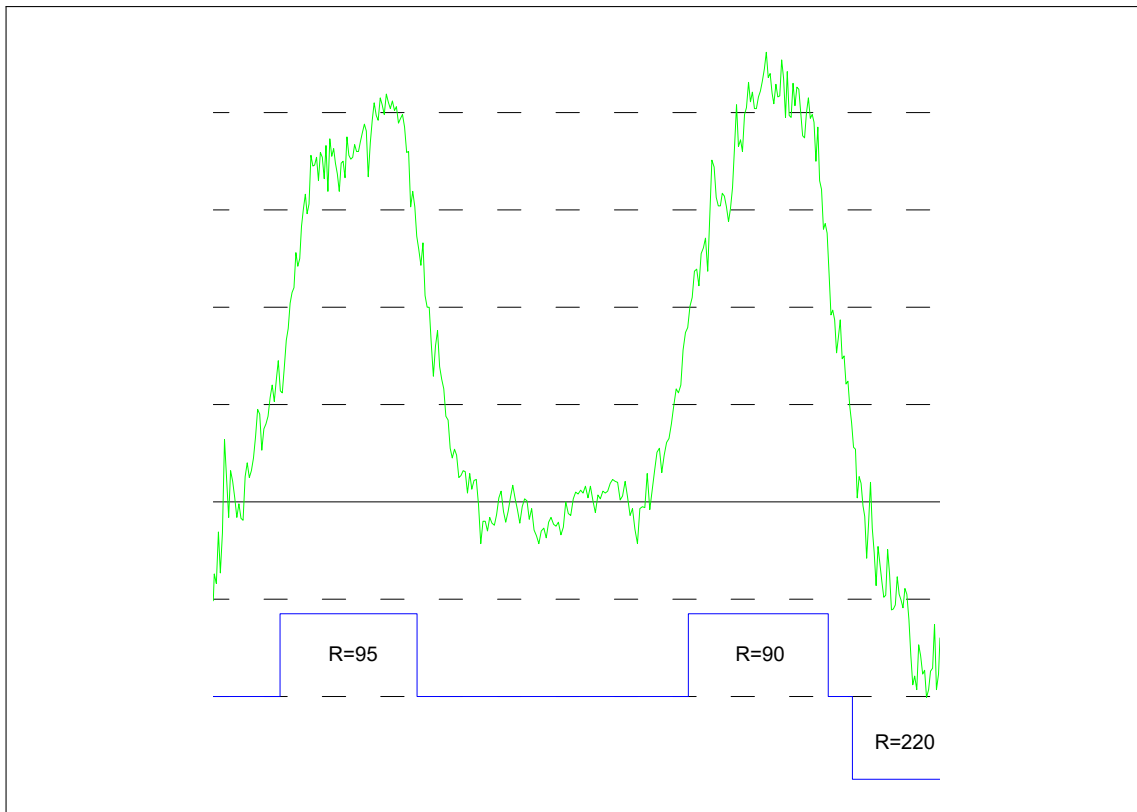


Σχήμα 5.3: Απόσπασμα προφίλ διαμήκου επιτάχυνσης Gx.



Σχήμα 5.4: Απόσπασμα προφίλ εγκάρσιας επιτάχυνσης Gy.

Στα διαγράμματα αυτά έγινε επίθεση του διαγράμματος καμπυλότητας της οδού, προκειμένου να είναι εύκολος ο εντοπισμός της θέσης των καμπυλών.



Σχήμα 5.5: Απόσπασμα προφίλ εγκάρσιας επιτάχυνσης G_y , σε καμπύλες. Χ.Θ. 7+800 έως 8+400

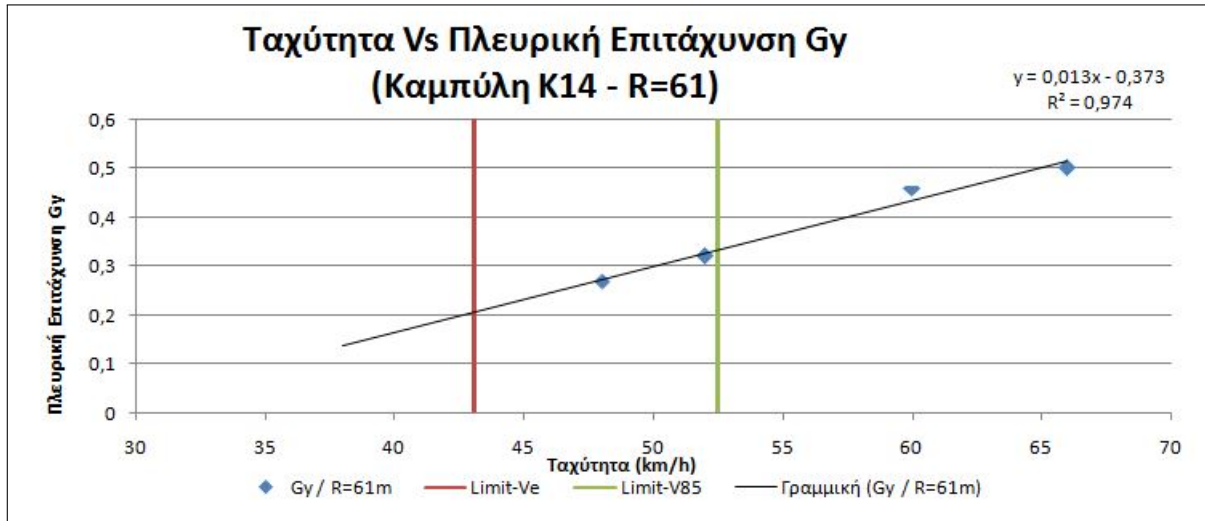
Όπως ήταν αναμενόμενο, η εγκάρσια επιτάχυνση στις ευθυγραμμίες κυμαινόταν μεταξύ πολύ χαμηλών τιμών γύρω από το 0. Λίγο προτού το όχημα εισέλθει στην καμπύλη η εγκάρσια επιτάχυνση ξεκινά να αυξάνεται σχεδόν γραμμικά μέχρι περίπου το μέσον της καμπύλης. Σε εκείνη την περιοχή παραμένει σταθερή μέχρις ότου ο οδηγός αντιληφθεί την μεταβολή της καμπυλότητας της οριζοντιογραφίας και αρχίσει να επαναφέρει το σύστημα διεύθυνσης προς την ουδέτερη θέση, και έκτοτε μειώνεται.

Όπως προαναφέρθηκε, 4 διελεύσεις διεξήχθησαν σε μήκος 9 χιλιομέτρων. Η έρευνα επικεντρώθηκε σε αυτά τα 9 χιλιόμετρα γιατί σε αυτό το τμήμα απαντώνται οι δυσχερέστερες συνθήκες οριζοντιογραφίας. Συνολικά σε αυτό το τμήμα υπάρχουν 37 καμπύλες. Για κάθε καμπύλη προσδιορίστηκε η μέγιστη πλευρική επιτάχυνση που εμφανίστηκε στο προφίλ επιταχύνσεων και η ταχύτητα με την οποία αυτή επετεύχθη. Προέκυψαν έτσι 4 σελτ τιμών ταχύτητας και πλευρικής επιτάχυνσης. Αυτά τα σελτ τιμών χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να διερευνηθεί η ύπαρξη συσχέτισης της πλευρικής επιτάχυνσης με την ταχύτητα και αν ήταν δυνατόν να εξαχθεί κάποια παλινδρομική σχέση για κάθε καμπύλη.

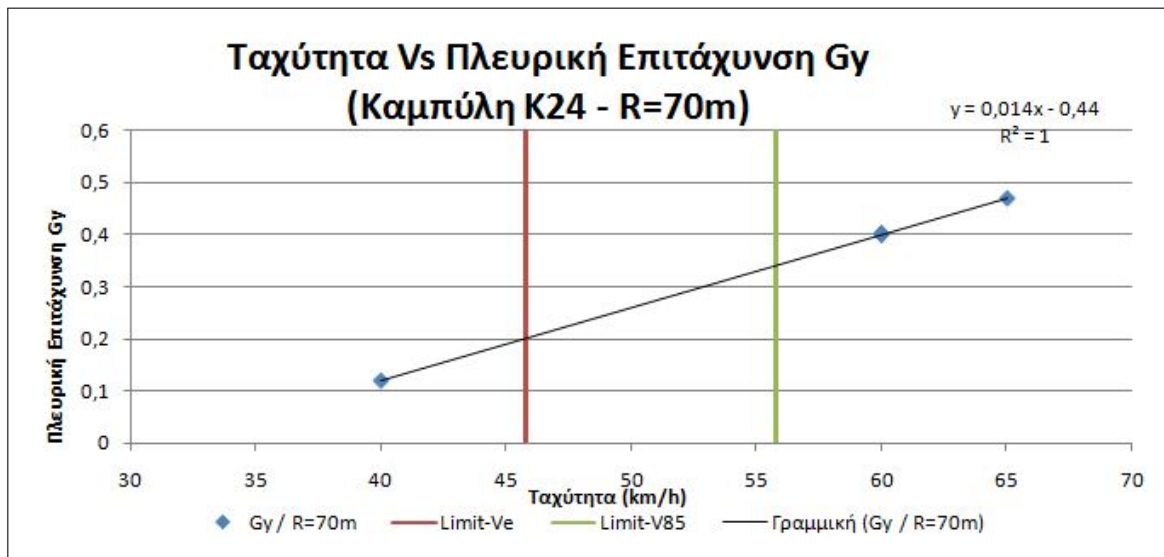
Στον Πίνακα 5.1 παρατίθενται οι τιμές πλευρικών επιταχύνσεων που καταγράφηκαν σε κάθε καμπύλη και οι ταχύτητες με τις οποίες αυτές εμφανίστηκαν. Μετά τον πίνακα παρατίθενται τα διαγράμματα που προέκυψαν για κάθε καμπύλη και η παλινδρομική σχέση που προέκυψε είχε συντελεστή συσχέτισης R^2 μεγαλύτερο ή ίσο του 0.9.

Πίνακας 5.1: Μετρημένες ταχύτητες και επιταχύνσεις στις καμπύλες.

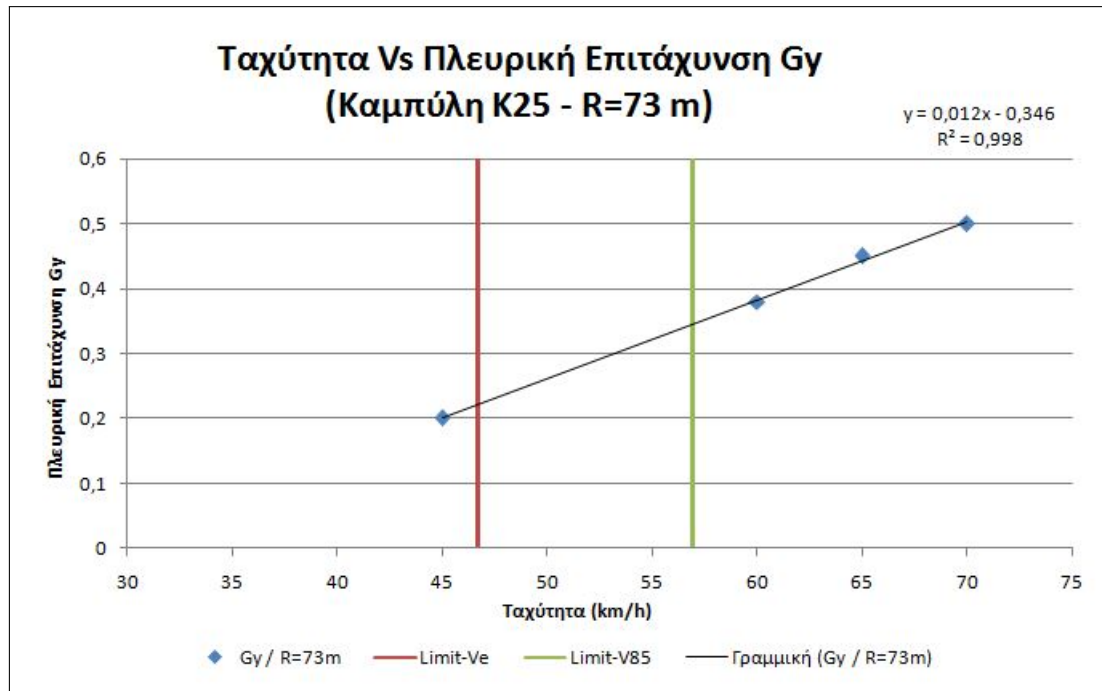
A/A	Ακτίνα	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	Μετρημένη Πλευρική Επιτάχυνση Gy (πολ/σίο του α)	Μετρημένη Πλευρική Επιτάχυνση Gy (πολ/σίο του α)	Μετρημένη Πλευρική Επιτάχυνση Gy (πολ/σίο του α)	Μετρημένη Πλευρική Επιτάχυνση Gy (πολ/σίο του α)
Καμπύλη K9	227,00	89	83	70	75	Μετρημένη Πλευρική Επιτάχυνση Gy (πολ/σίο του α)	0,32	0,24	0,14	0,22	Μετρημένη Πλευρική Επιτάχυνση Gy (πολ/σίο του α)	0,14	0,22
Καμπύλη K10	492,00	93	73	75	70	0,2	0,14	0,15	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14
Καμπύλη K11	722,00	95	80	80	75	0,16	0,04	0,07	0,02	0,07	0,07	0,02	0,02
Καμπύλη K12	181,00	91	72	79	65	0,28	0,17	0,2	0,17	0,2	0,2	0,17	0,17
Καμπύλη K13	124,00	86	62	70	60	0,39	0,24	0,25	0,24	0,25	0,25	0,2	0,2
Καμπύλη K14	61,00	66	52	60	48	0,5	0,32	0,46	0,32	0,46	0,46	0,27	0,27
Καμπύλη K16	137,00	66	60	65	55	0,22	0,19	0,24	0,19	0,24	0,24	0,15	0,15
Καμπύλη K17	160,00	80	88	75	50	0,35	0,44	0,29	0,44	0,29	0,29	0,16	0,16
Καμπύλη K18	186,00	93	85	80	52	0,34	0,26	0,3	0,34	0,3	0,3	0,1	0,1
Καμπύλη K19	73,00	76	72	58	50	0,66	0,65	0,37	0,65	0,37	0,37	0,4	0,4
Καμπύλη K20	93,00	75	70	60	50	0,42	0,37	0,36	0,42	0,36	0,36	0,1	0,1
Καμπύλη K21	90,00	71	66	65	45	0,46	0,4	0,37	0,46	0,37	0,37	0,15	0,15
Καμπύλη K22	223,00	73	74	66	48	0,2	0,22	0,13	0,22	0,13	0,13	0,11	0,11
Καμπύλη K23	100,00	79	70	70	40	0,34	0,33	0,34	0,34	0,33	0,34	0,15	0,15
Καμπύλη K24	70,00	65	60	60	40	0,47	0,4	0,4	0,47	0,4	0,4	0,12	0,12
Καμπύλη K25	73,00	65	70	60	45	0,45	0,5	0,38	0,45	0,5	0,38	0,2	0,2
Καμπύλη K26	150,00	76	89	71	45	0,2	0,35	0,18	0,2	0,35	0,18	0,05	0,05
Καμπύλη K27	327,00	80	94	75	48	0,17	0,25	0,12	0,17	0,25	0,12	0,07	0,07
Καμπύλη K28	192,00	92	80	75	47	0,29	0,25	0,2	0,29	0,25	0,2	0,08	0,08
Καμπύλη K29	98,00	80	70	65	49	0,45	0,44	0,34	0,45	0,44	0,34	0,2	0,2
Καμπύλη K30	103,00	68	72	60	45	0,36	0,42	0,28	0,36	0,42	0,28	0,12	0,12
Καμπύλη K31	128,00	65	70	65	45	0,3	0,3	0,27	0,3	0,3	0,27	0,1	0,1
Καμπύλη K32	64,00	55	60	51	42	0,41	0,46	0,35	0,41	0,46	0,35	0,28	0,28
Καμπύλη K33	76,00	66	70	60	40	0,38	0,4	0,35	0,38	0,4	0,35	0,12	0,12
Καμπύλη K34	283,00	75	90	71	45	0,2	0,26	0,16	0,2	0,26	0,16	0,04	0,04
Καμπύλη K35	95,00	75	67	63	48	0,41	0,39	0,32	0,41	0,39	0,32	0,21	0,21
Καμπύλη K36	203,00	80	63	67	48	0,24	0,16	0,18	0,24	0,16	0,18	0,12	0,12
Καμπύλη K37	113,00	75	65	70	43	0,4	0,32	0,39	0,4	0,32	0,39	0,11	0,11
Καμπύλη K38	95,00	72	58	65	40	0,52	0,26	0,44	0,52	0,26	0,44	0,09	0,09
Καμπύλη K39	114,00	73	61	62	47	0,36	0,3	0,27	0,36	0,3	0,27	0,2	0,2
Καμπύλη K40	61,00	56	50	50	38	0,58	0,33	0,47	0,58	0,33	0,47	0,2	0,2
Καμπύλη K42	62,00	53	50	45	30	0,5	0,45	0,35	0,5	0,45	0,35	0,3	0,3
Καμπύλη K43	87,50	62	50	50	42	0,35	0,26	0,25	0,35	0,26	0,25	0,17	0,17
Καμπύλη K44	192,00	78	67	67	49	0,25	0,2	0,19	0,25	0,2	0,19	0,12	0,12
Καμπύλη K45	81,00	70	57	57	40	0,5	0,32	0,33	0,5	0,32	0,33	0,2	0,2
Καμπύλη K46	375,00	75	65	55	40	0,16	0,1	0,04	0,16	0,1	0,04	0,03	0,03
Καμπύλη K48	122,00	75	65	55	42	0,4	0,3	0,15	0,4	0,3	0,15	0,1	0,1



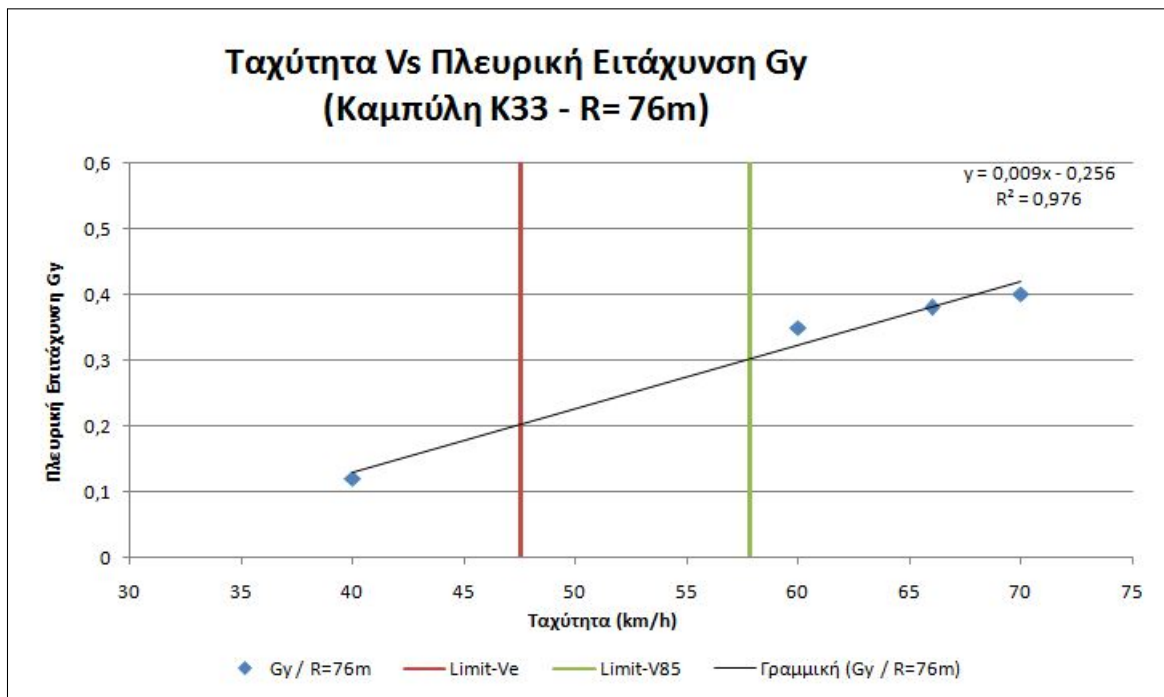
Σχήμα 5.6: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσεως της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 61m.



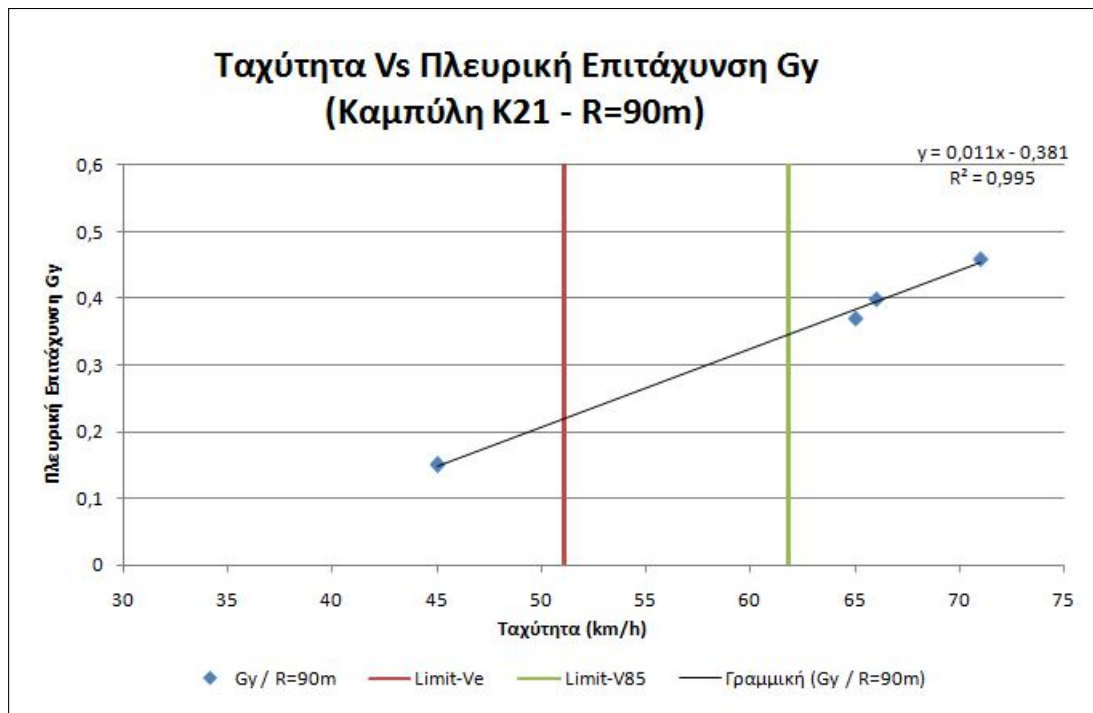
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσεως της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 70m.



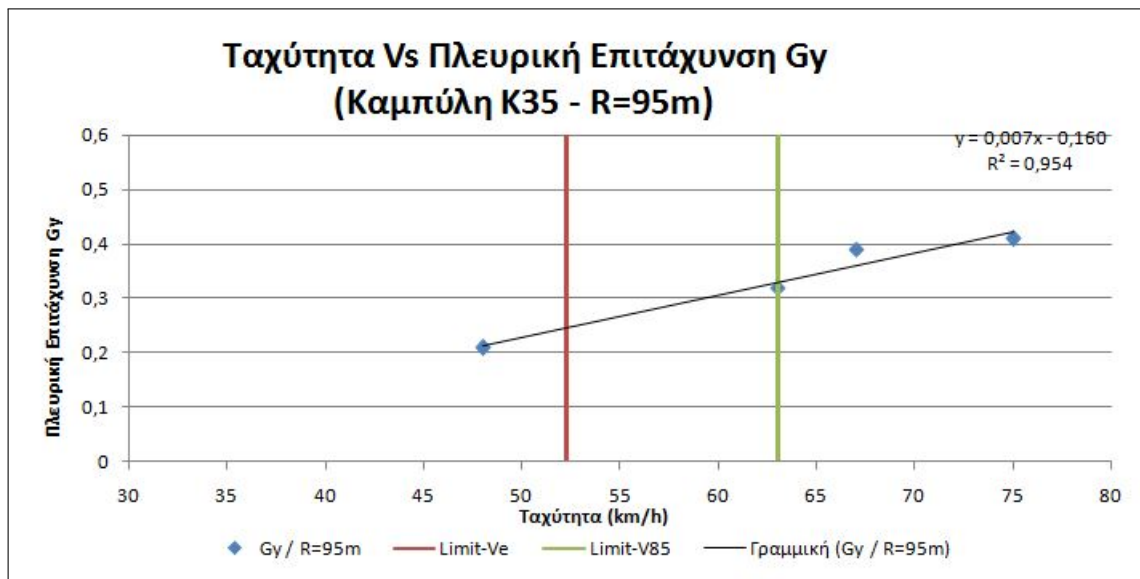
Σχήμα 5.8: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 73m.



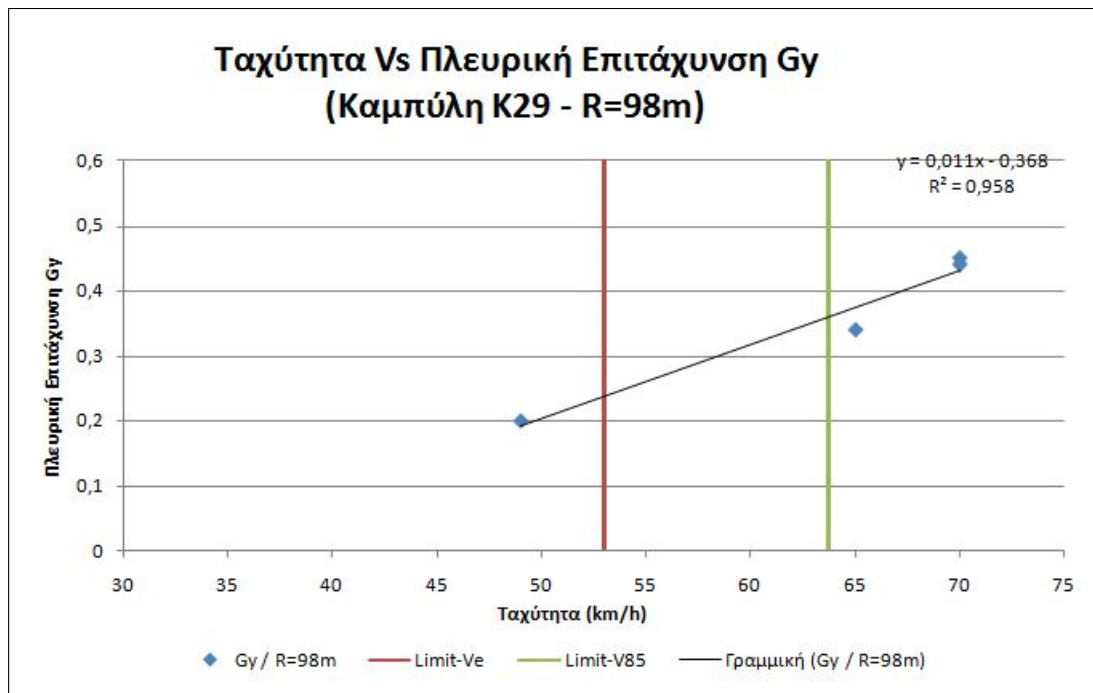
Σχήμα 5.9: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 76m.



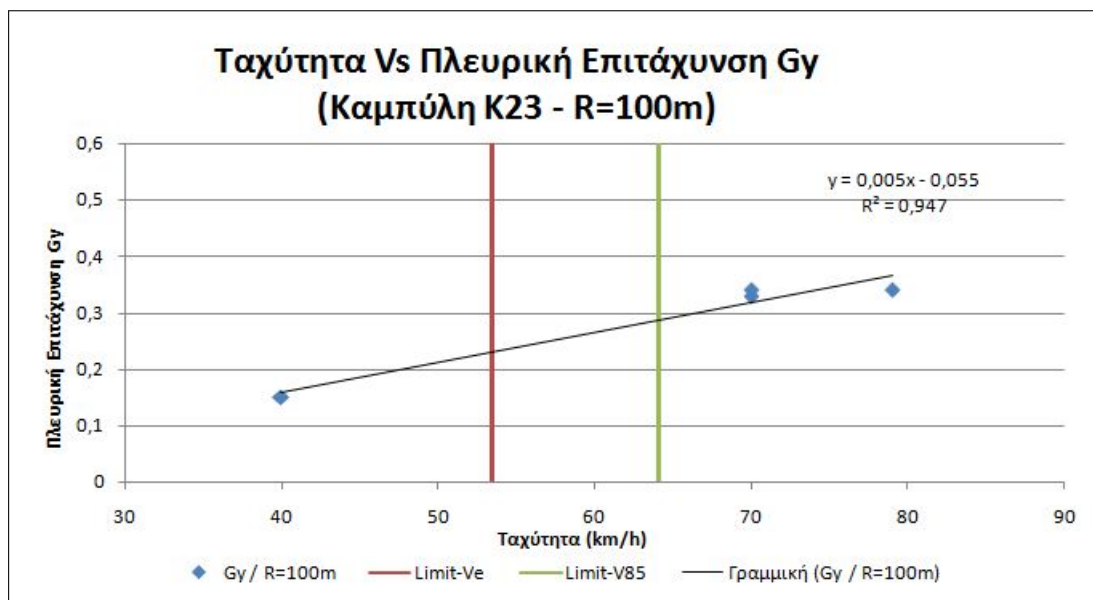
Σχήμα 5.10: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 90m.



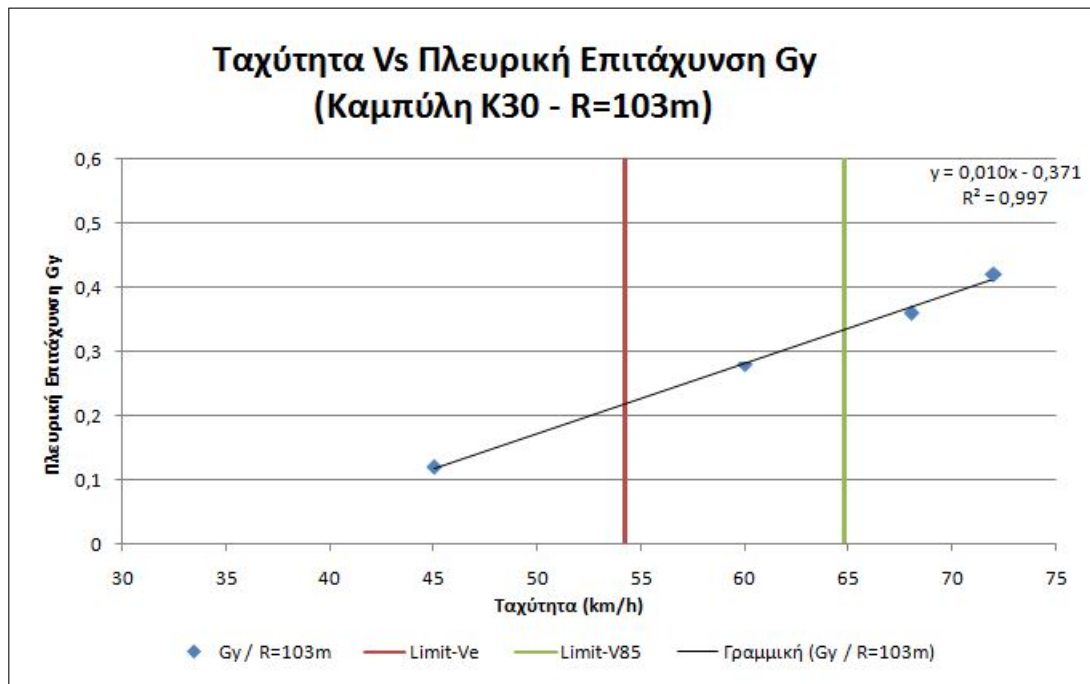
Σχήμα 5.11: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 95m.



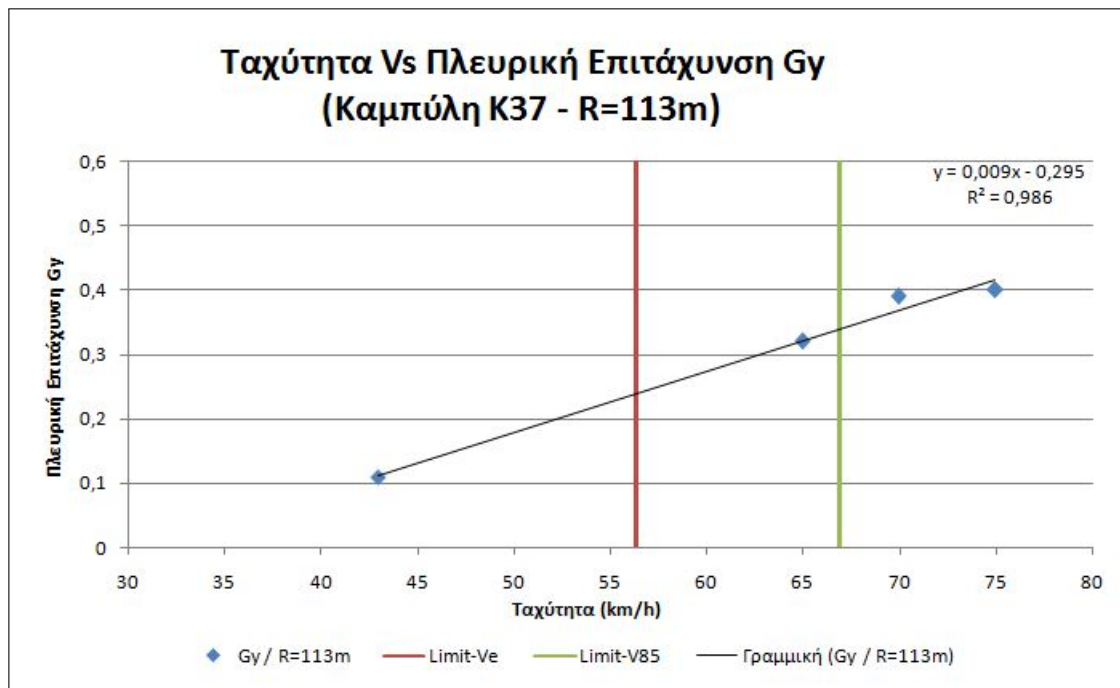
Σχήμα 5.12: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 98m.



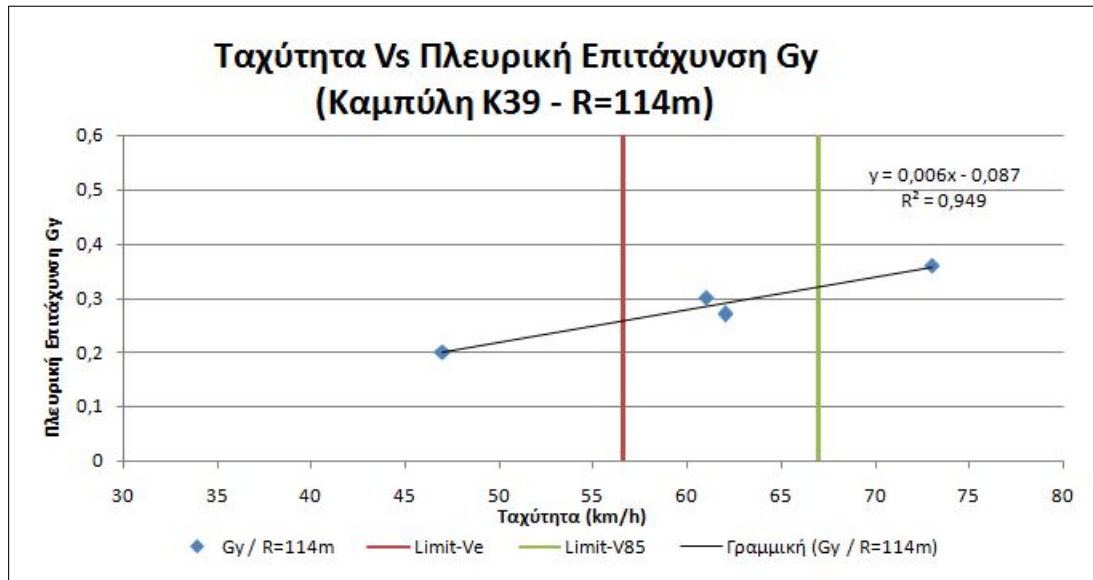
Σχήμα 5.13: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 100m.



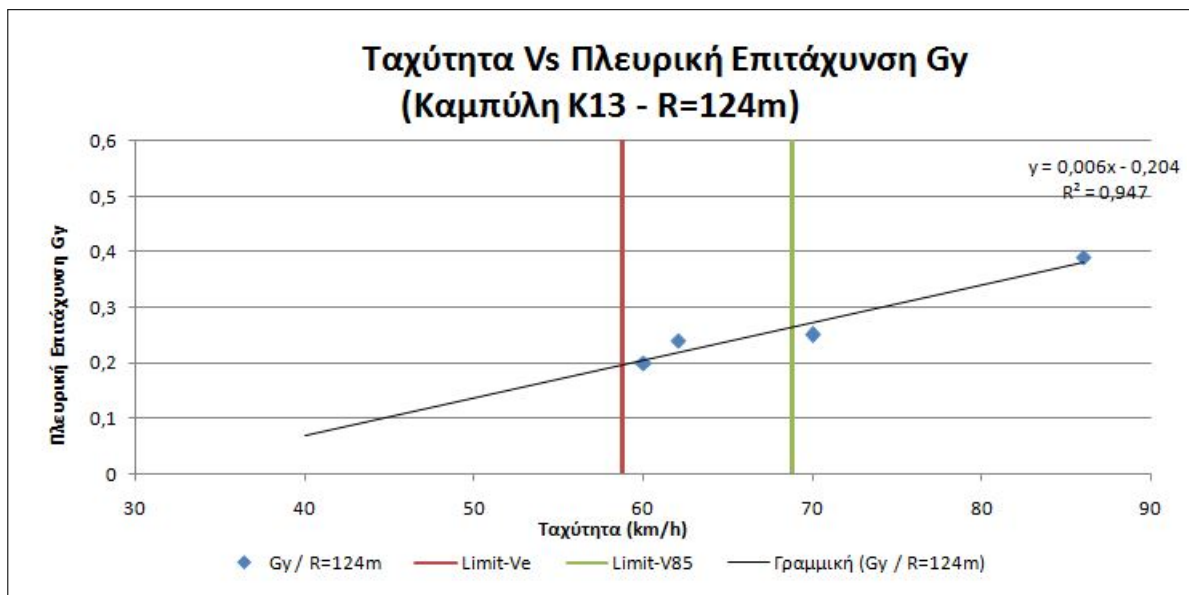
Σχήμα 5.14: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 103m.



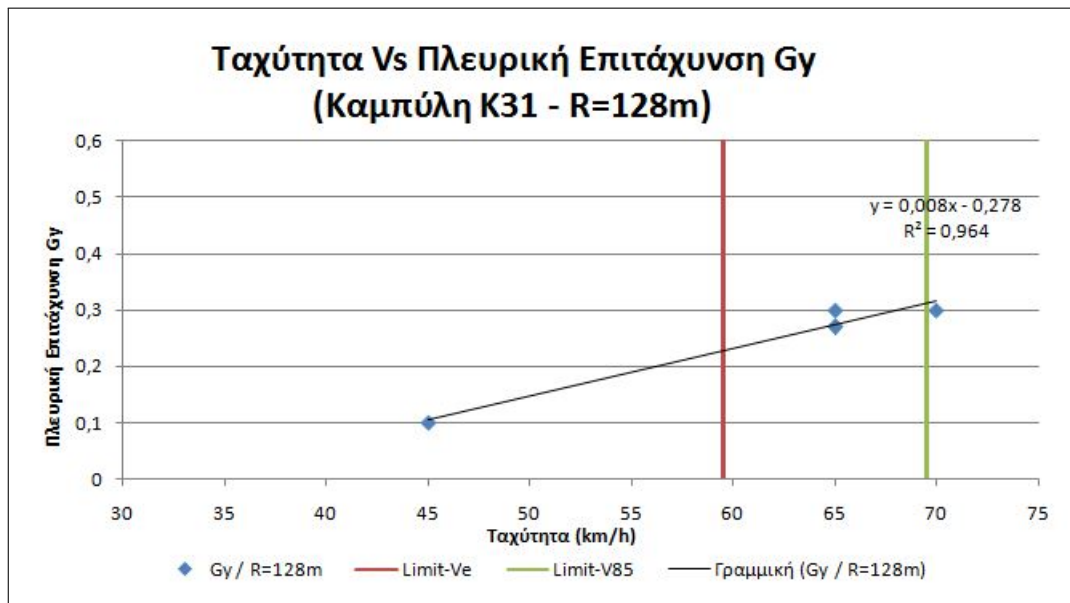
Σχήμα 5.15: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 113m.



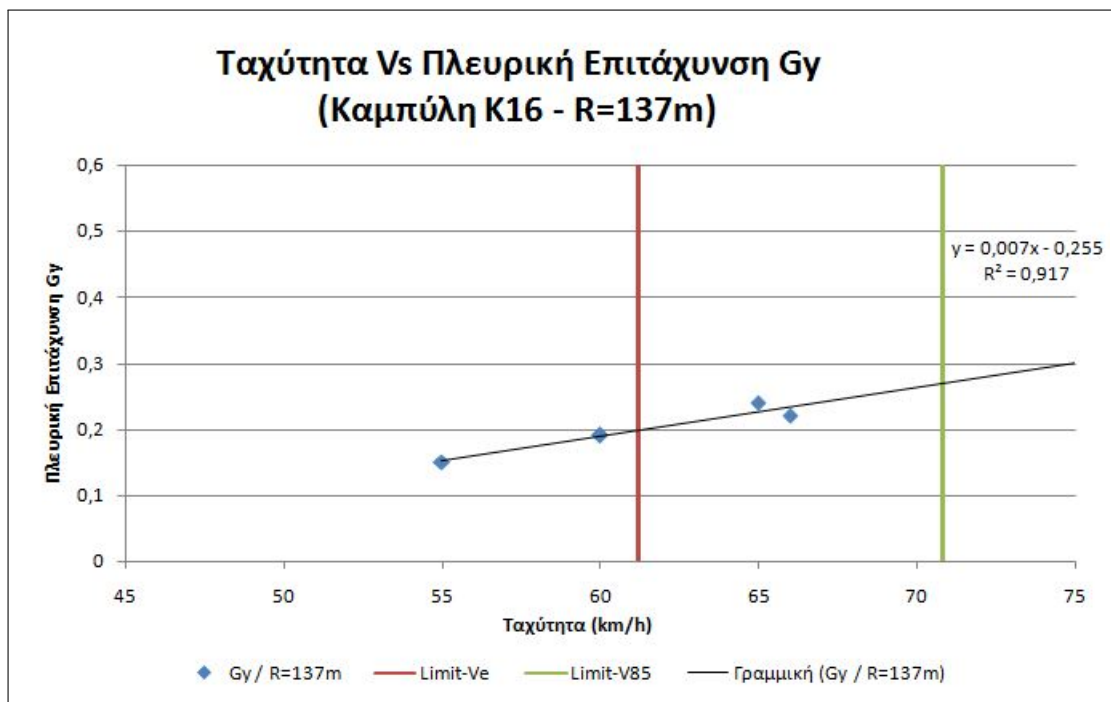
Σχήμα 5.16: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 114m.



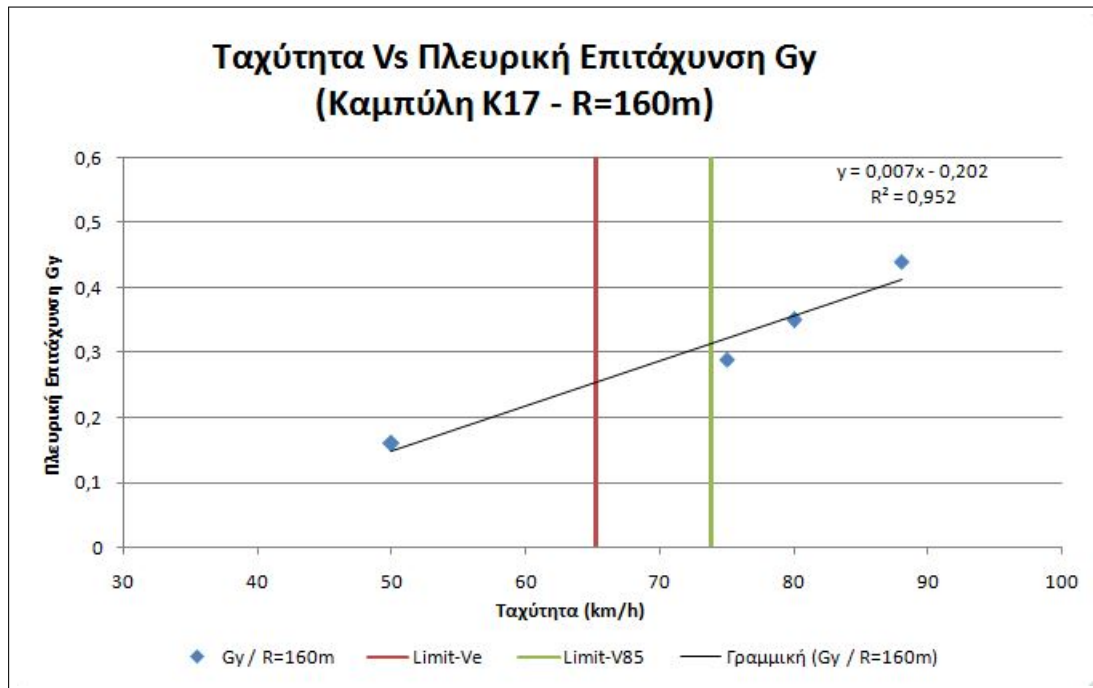
Σχήμα 5.17: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 124m.



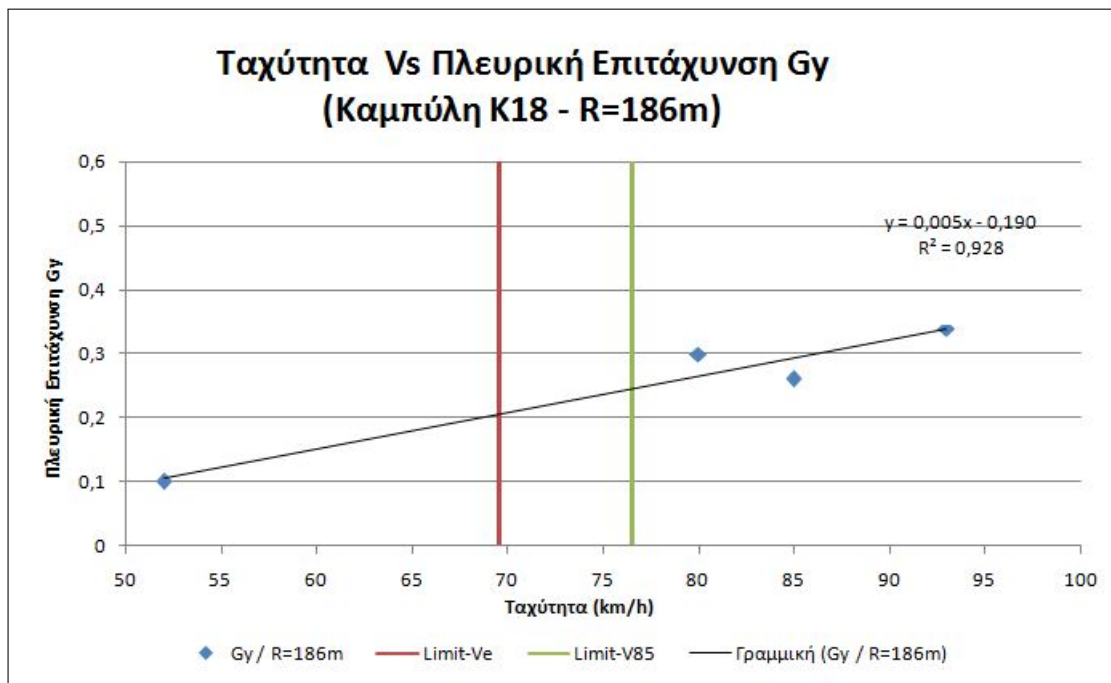
Σχήμα 5.18: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσεως της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 128m.



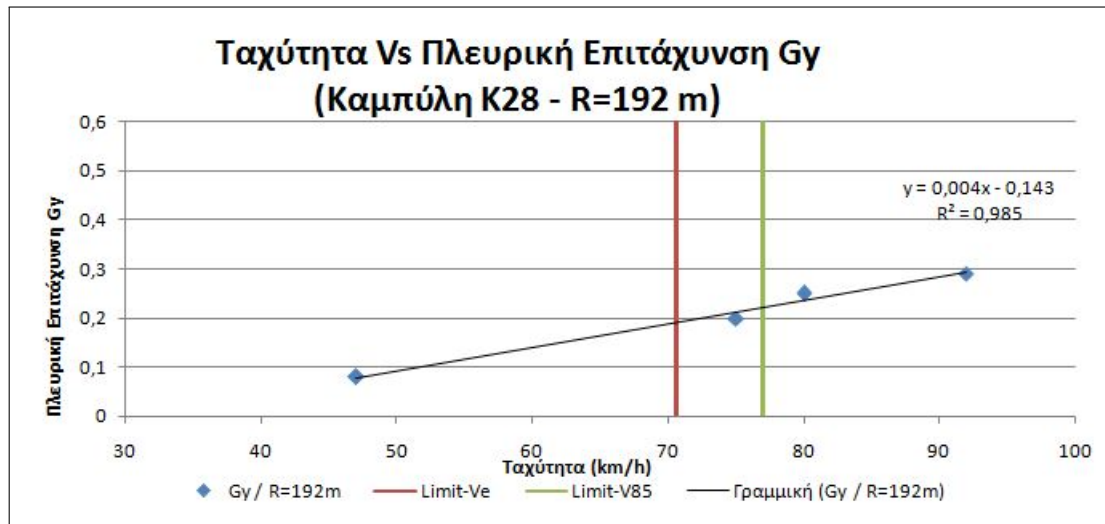
Σχήμα 5.19: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσεως της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 137m.



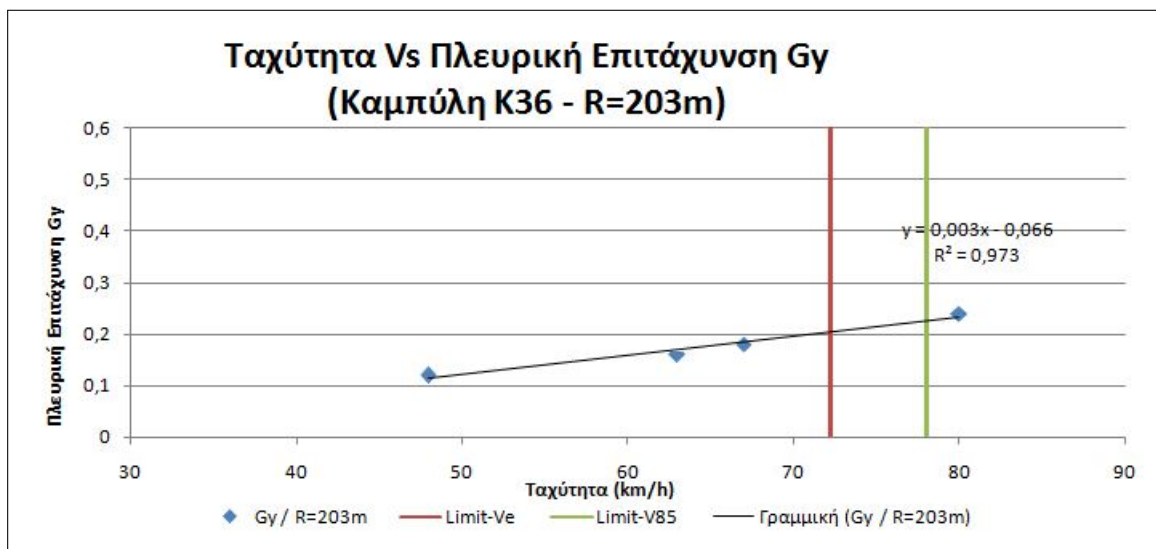
Σχήμα 5.20: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 160m.



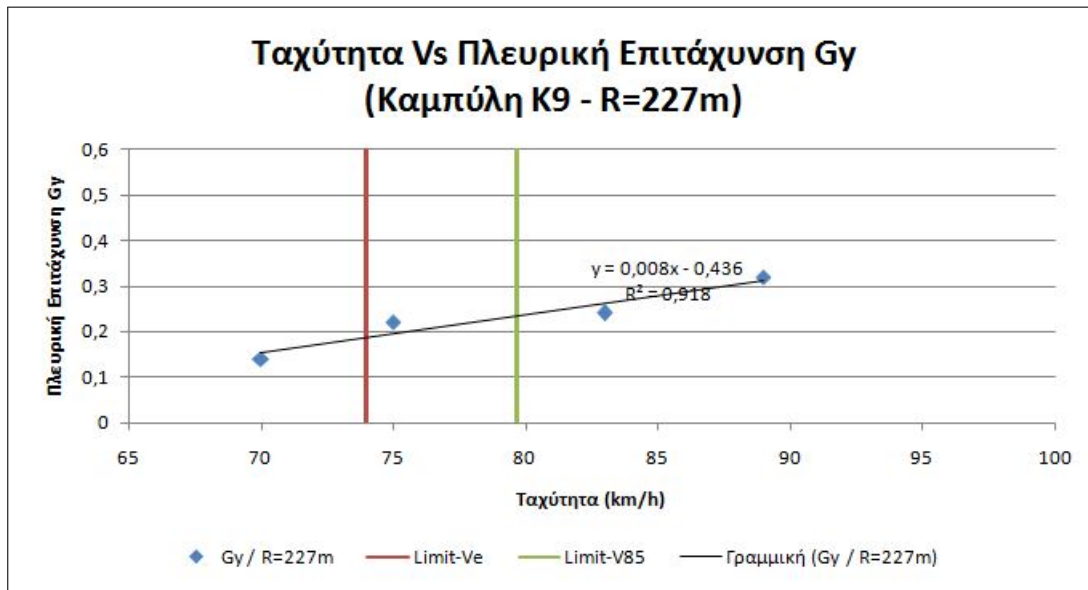
Σχήμα 5.21: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 186m.



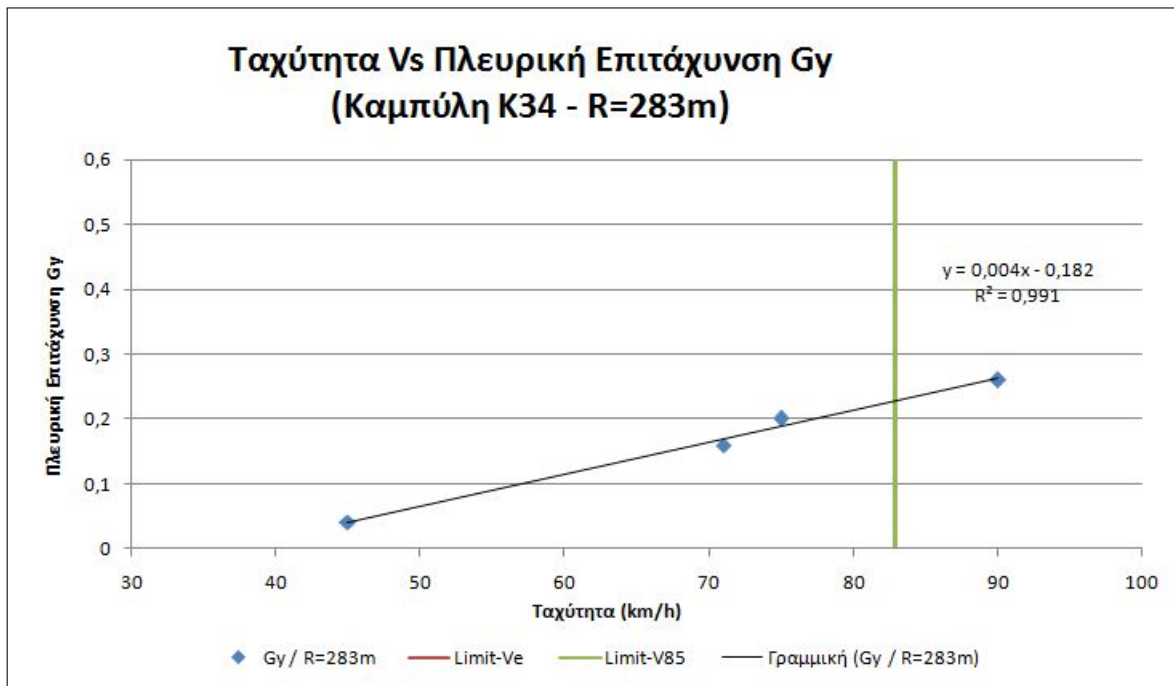
Σχήμα 5.22: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 192m.



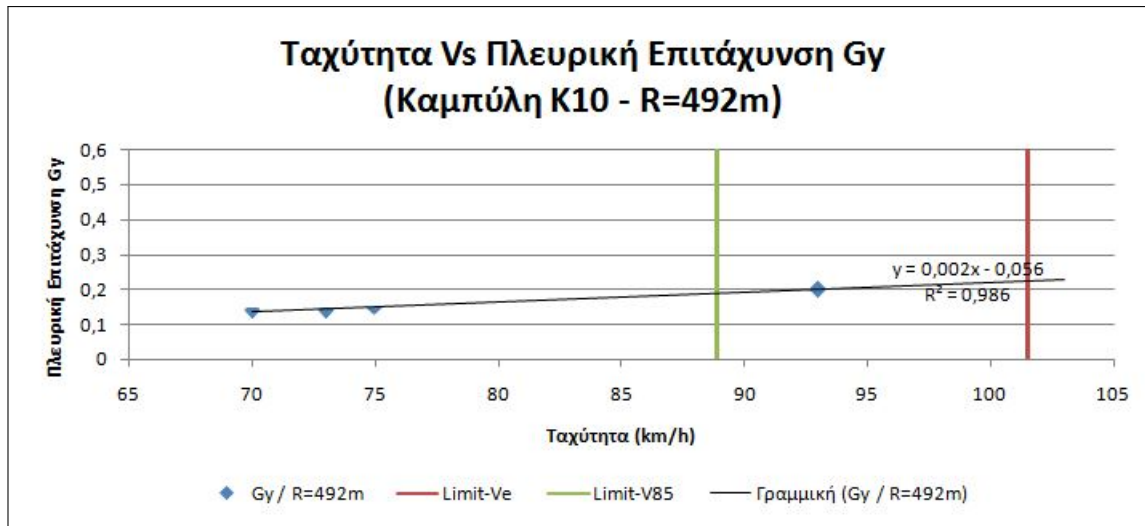
Σχήμα 5.23: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 203m.



Σχήμα 5.24:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσεϊ της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 227m.



Σχήμα 5.25:Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσεϊ της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 283m.



Σχήμα 5.26: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ταχύτητας, καμπύλη ακτίνας 492m.

Από τα διαγράμματα που παρήχθησαν προκύπτει ότι οι σχέσεις που συνδέουν την εμφανιζόμενη επιτάχυνση κατά την διέλευση από μια συγκεκριμένη οριζόντια καμπύλη με την ταχύτητα είναι γραμμικές στο εξεταζόμενο εύρος ταχυτήτων. Επίσης διαπιστώθηκε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης τόσο μικρότερη είναι η γραμμική κλίση μεταβολής της επιτάχυνσης.

5.3 Επιρροή της Ακτίνας στην Εγκάρσια Επιτάχυνση

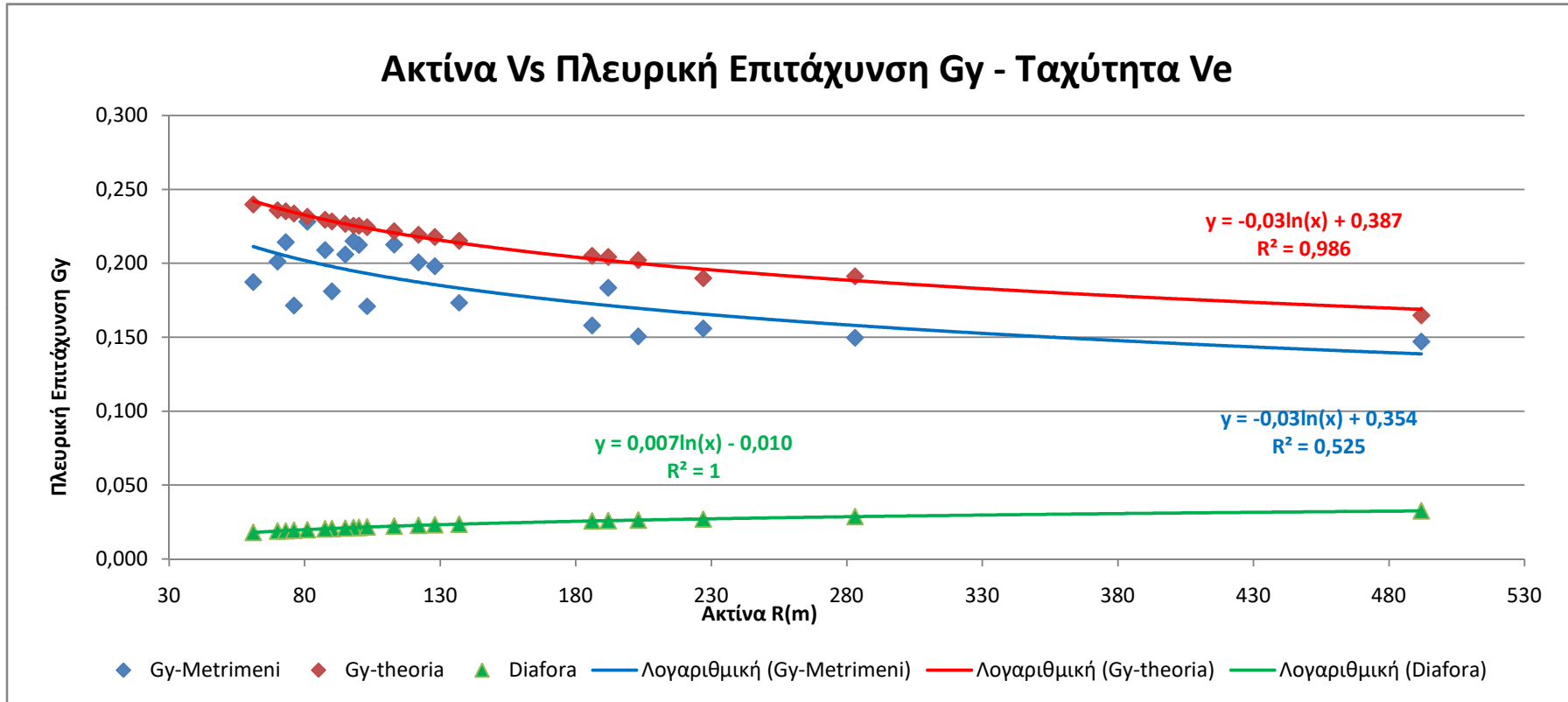
Η εγκάρσια επιτάχυνση αποτελεί ένα αναπόσπαστο στοιχείο κατά την οδήγηση σε οριζόντιες καμπύλες. Η επιλογή τόσο της ακολουθούμενης τροχιάς του οχήματος όσο και της ταχύτητας διέλευσης από τα καμπύλα τμήματα, εναπόκειται στην κρίση του οδηγού. Συνεπώς οι εμφανιζόμενες εγκάρσιες επιταχύνσεις επηρεάζονται άμεσα από την οδηγική συμπεριφορά.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης έρευνας, δεν υπήρχε η δυνατότητα εξέτασης μεγάλου δείγματος οδηγών άρα και οδηγικών συμπεριφορών. Επιχειρήθηκε όμως η εξέταση της επιρροής της ακτίνας για χαρακτηριστικές τιμές ταχυτήτων. Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, κατά τις μετρήσεις επιταχύνσεων επιχειρήθηκε η διέλευση με διάφορες τιμές ταχυτήτων (τόσο πλησίον της ταχύτητας μελέτης όσο και πλησίον της λειτουργικής ταχύτητας) και η κατά το δυνατόν τήρηση της τροχιάς των οριογραμμών, ούτως ώστε η διαγραφόμενη ακτίνα να μην αποκλίνει έντονα από την κατασκευασμένη. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ουδέτερη οδηγική συμπεριφορά με συνέπεια η εμφανιζόμενη εγκάρσια επιτάχυνση να επηρεάζεται μόνο από την ταχύτητα και την ακτίνα της οδού.

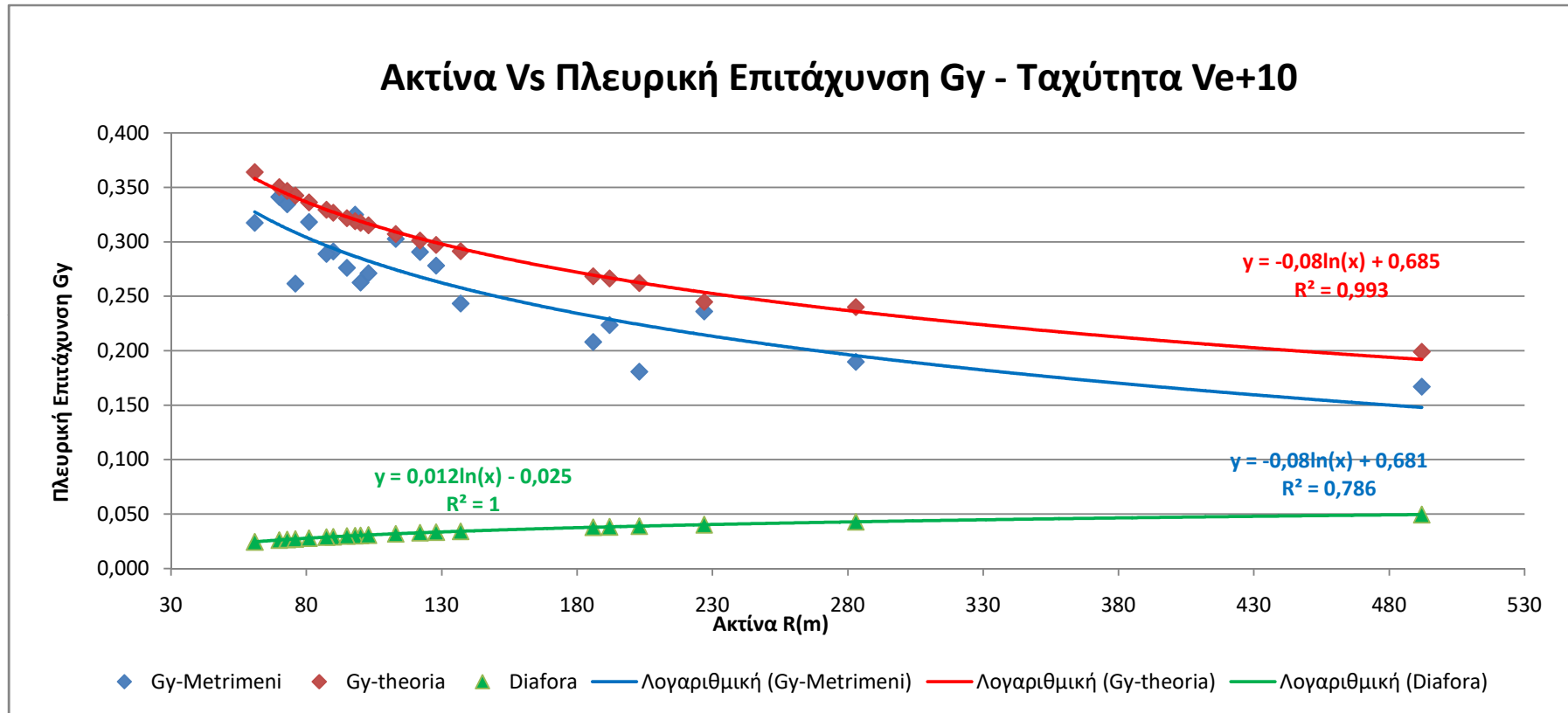
Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εξέταση της επιρροής της ακτίνας στις εγκάρσιες επιταχύνσεις είχε ως ακολούθως. Από τις παλινδρομικές σχέσεις του προηγούμενου εδαφίου που εμφάνισαν ισχυρή συσχέτιση (μεγαλύτερη του 0.90) υπολογίστηκαν εγκάρσιες επιταχύνσεις για χαρακτηριστικές ταχύτητες (Ve, Ve+10, Ve+20 και V85). Σημειώνεται πως ως Ve λήφθηκε η ταχύτητα ασφαλούς διέλευσης από κάθε καμπύλη όπως ορίζεται στις ΟΜΟΕ, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται επαρκές απόθεμα πρόσφυσης στην διαμήκη κατεύθυνση. Οι ταχύτητες αυτές θεωρήθηκε ότι αντιπροσωπεύουν οδηγικές συμπεριφορές (Ve: χαλαρή, Ve+10: κανονική, Ve+20: σπορ). Δημιουργήθηκαν διαγράμματα διασποράς (Ακτίνα - Πλευρική Επιτάχυνση) για κάθε χαρακτηριστική ταχύτητα.

Κορυφή	R(m)	Θεωρητική Τιμή Gy				Μετρημένη Τιμή Gy			
		Ve(km/h)	Ve+10(km/h)	Ve+20(km/h)	V85(km/h)	Ve(km/h)	Ve+10(km/h)	Ve+20(km/h)	V85(km/h)
K9	227	0,190	0,245	0,306	0,251	0,156	0,236	0,316	0,244
K10	492	0,165	0,199	0,236	0,141	0,147	0,167	0,187	0,132
K14	61	0,240	0,364	0,514	0,419	0,187	0,317	0,447	0,368
K16	137	0,215	0,291	0,379	0,332	0,173	0,243	0,313	0,277
K18	186	0,205	0,268	0,340	0,285	0,158	0,208	0,258	0,220
K21	90	0,228	0,327	0,442	0,393	0,181	0,291	0,401	0,356
K23	100	0,225	0,318	0,425	0,375	0,213	0,263	0,313	0,290
K24	70	0,236	0,350	0,487	0,419	0,201	0,341	0,481	0,414
K25	73	0,235	0,347	0,480	0,415	0,214	0,334	0,454	0,398
K29	98	0,226	0,319	0,428	0,383	0,215	0,325	0,435	0,391
K30	103	0,225	0,315	0,421	0,375	0,171	0,271	0,371	0,329
K31	128	0,218	0,297	0,389	0,337	0,198	0,278	0,358	0,314
K33	76	0,234	0,343	0,472	0,411	0,172	0,262	0,352	0,311
K34	283	0,191	0,240	0,295	0,215	0,150	0,190	0,230	0,170
K35	95	0,227	0,322	0,433	0,383	0,206	0,276	0,346	0,316
K36	203	0,202	0,262	0,330	0,267	0,151	0,181	0,211	0,183
K37	113	0,222	0,307	0,407	0,361	0,213	0,303	0,393	0,353
K43	87,5	0,229	0,329	0,447	0,392	0,209	0,289	0,369	0,333
K44	192	0,204	0,266	0,337	0,276	0,183	0,223	0,263	0,229
K45	81	0,231	0,336	0,460	0,398	0,228	0,318	0,408	0,365
K48	122	0,219	0,301	0,396	0,344	0,201	0,291	0,381	0,333

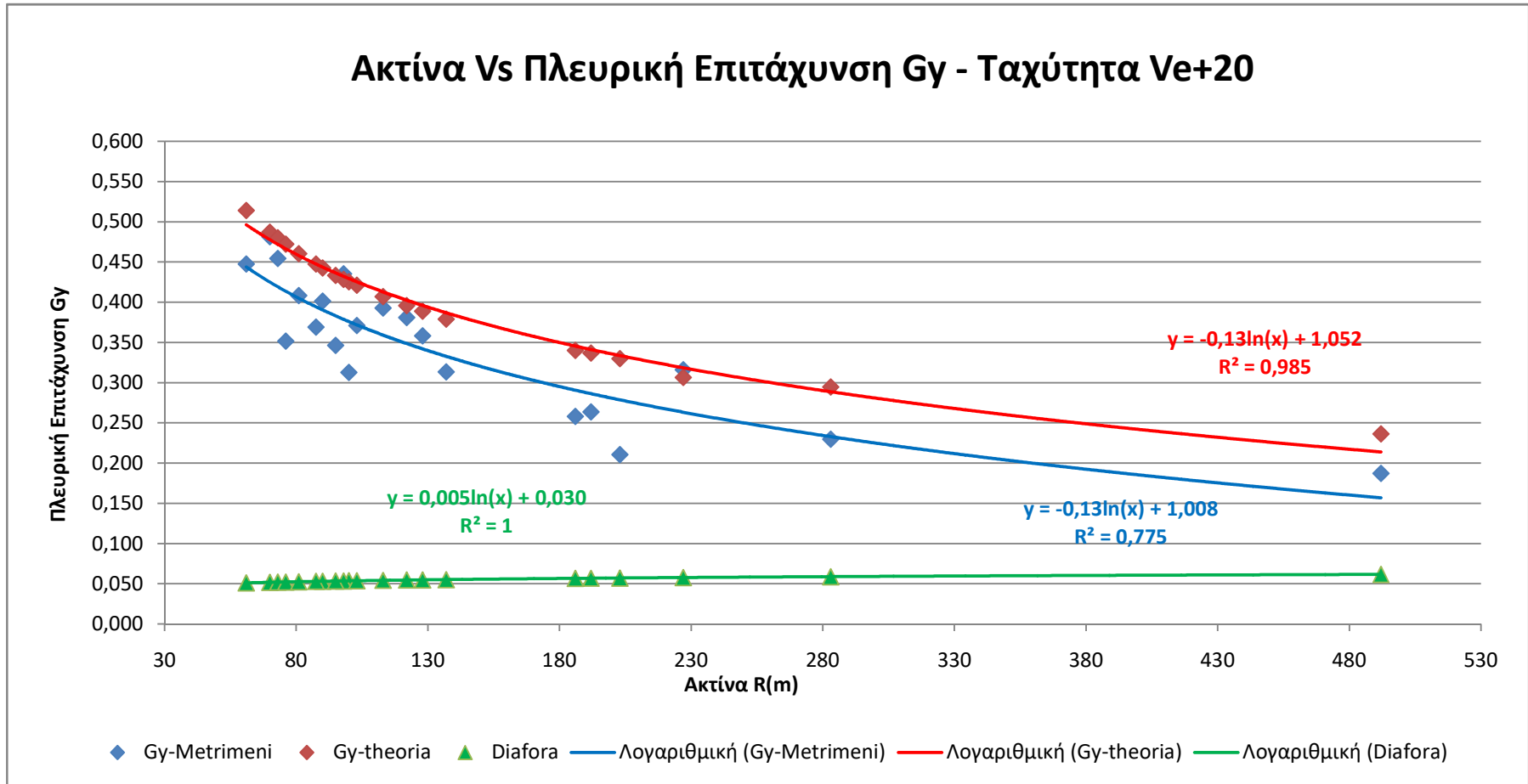
Πίνακας 5.2: Πλευρικές επιταχύνσεις για ταχύτητες Ve, Ve+10, Ve+20, V85.



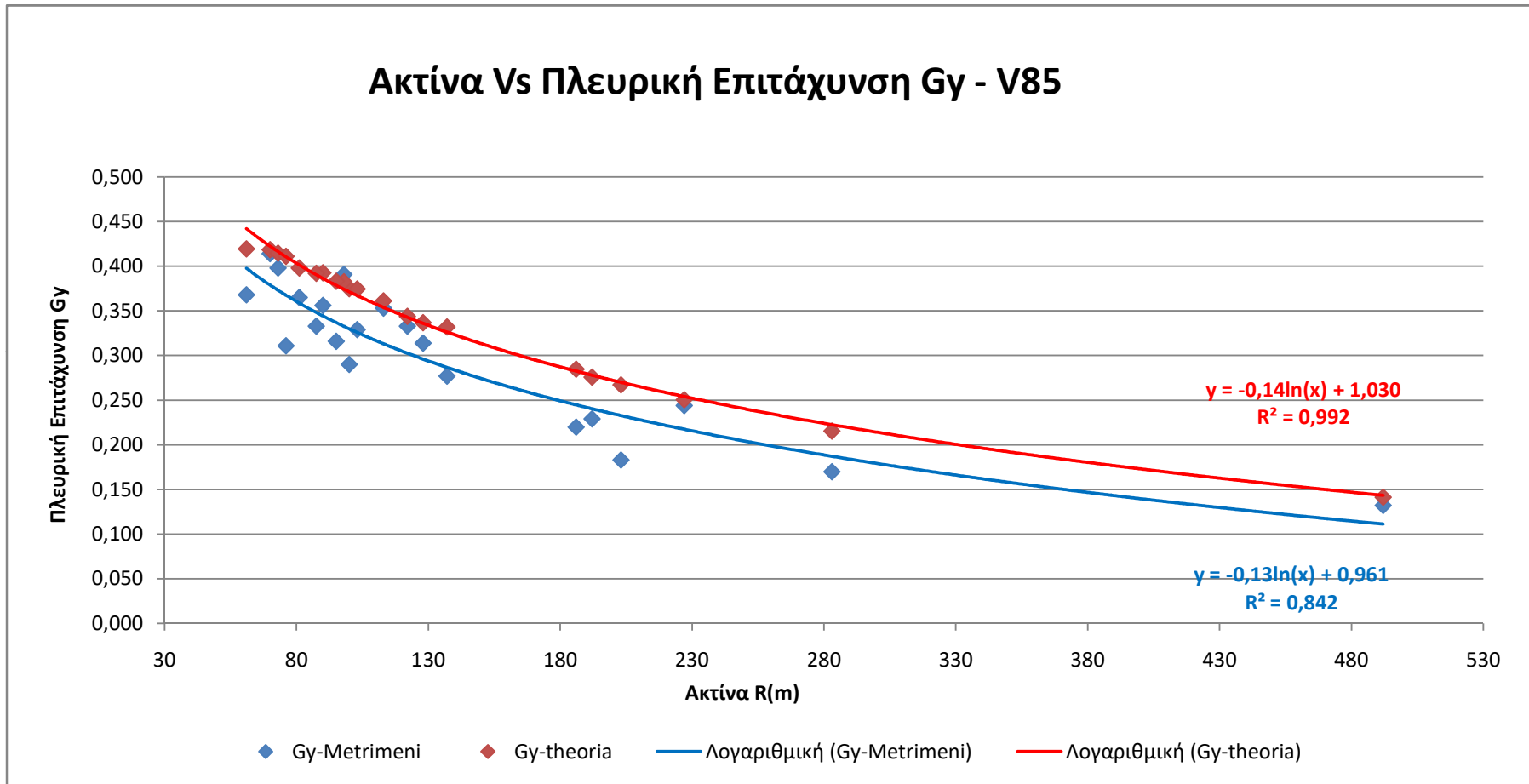
Σχήμα 5.27: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για ταχύτητα Ve.



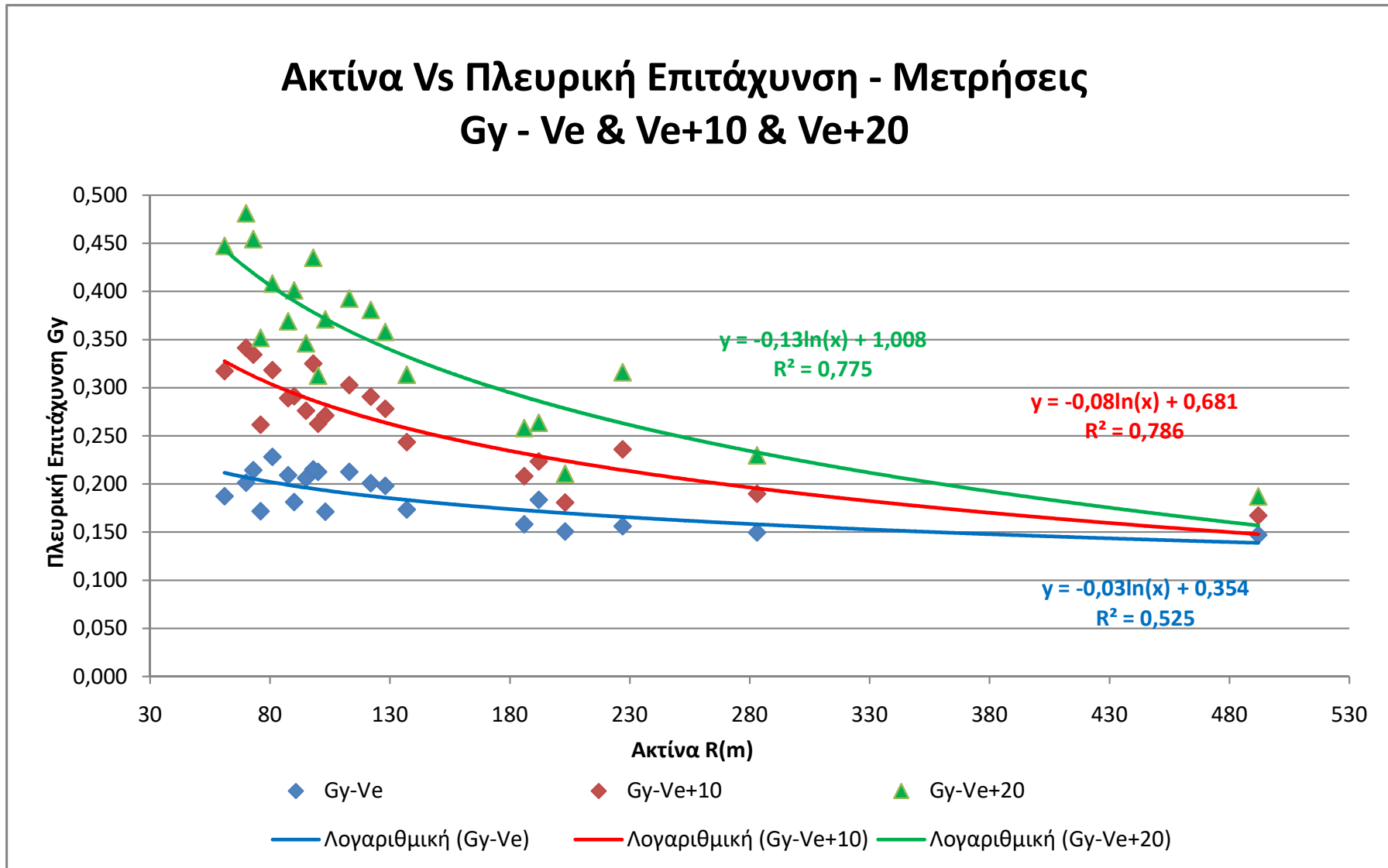
Σχήμα 5.28: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσεϊ της ακτίνας για ταχύτητα Ve+10.



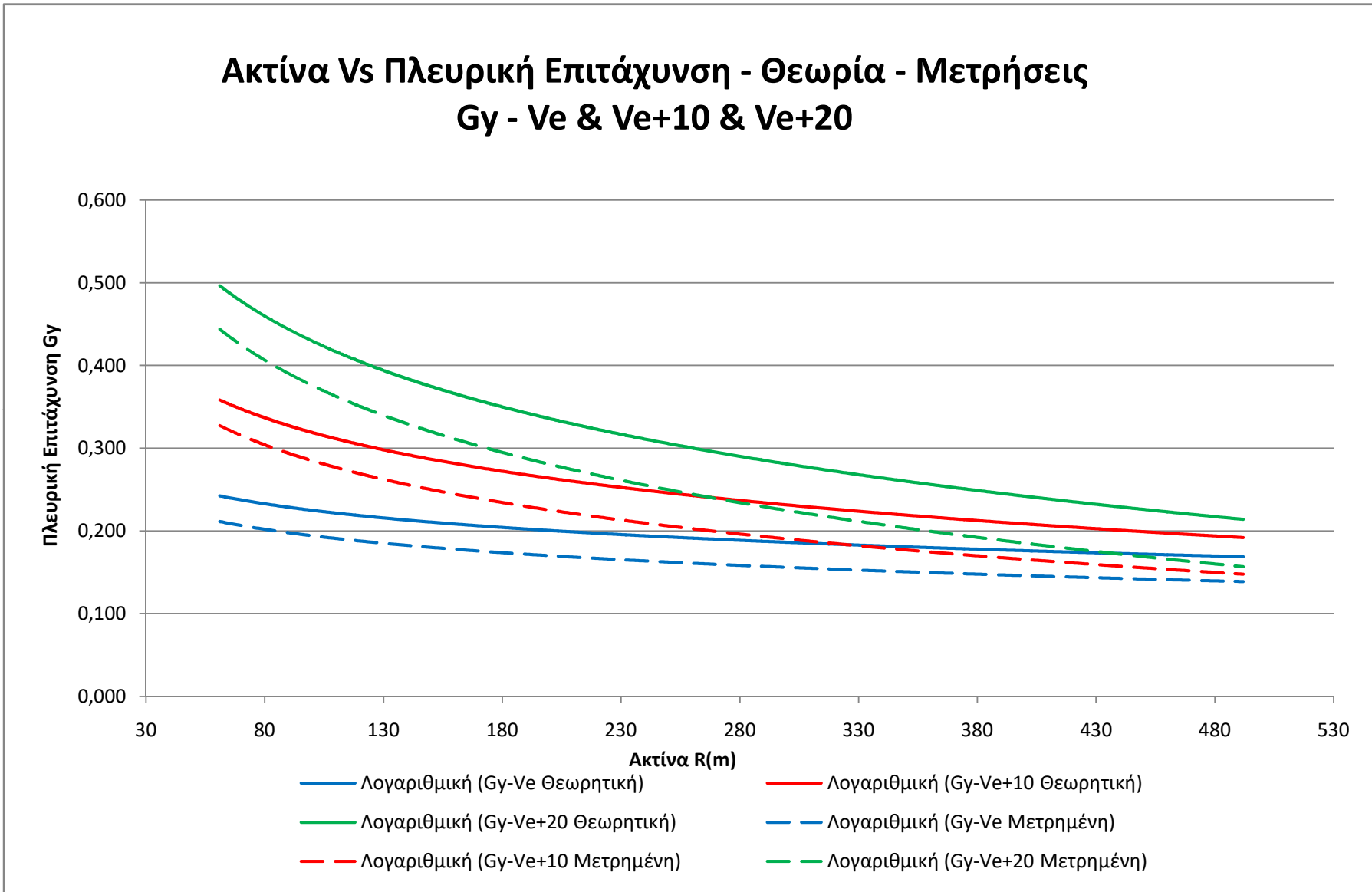
Σχήμα 5.29: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για ταχύτητα Ve+20.



Σχήμα 5.30: Διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για ταχύτητα V85.



Σχήμα 5.31: Συγκριτικό διάγραμμα μετρημένων επιταχύνσεων για Ve, Ve+10, Ve+20.



Σχήμα 5.32: Συγκριτικό διάγραμμα μετρημένων και θεωρητικών επιταχύνσεων για Ve, Ve+10, Ve+20.

Είναι φανερό πως υπάρχει ισχυρή μη γραμμική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της εγκάρσιας επιτάχυνσης και της ακτίνας, για όλες τις χαρακτηριστικές ταχύτητες. Σε όλα τα διαγράμματα διασποράς της πλευρικής επιτάχυνσης με την ακτίνα, παρατηρείται μια διαφορά της εμφανιζόμενης πλευρικής επιτάχυνσης από την θεωρητική. Η καμπύλη της εμφανιζόμενης (μετρημένης) εγκάρσιας επιτάχυνσης βρίσκεται σταθερά και αισθητά χαμηλότερα από αυτήν της θεωρητικής (βλ. Σχήμα 5.32).

Η ερμηνεία αυτής της διαφοράς δεν μπορεί να δοθεί με βεβαιότητα. Μια πιθανή ερμηνεία είναι το επιταχυνσιόμετρο να αφαιρεί από την κεντρομόλο επιτάχυνση την επίκλιση, συνεπώς να μετράει μόνο τριβή. Όμως η διαφορά μεταξύ της καμπύλης της μετρημένης εγκάρσιας επιτάχυνσης και της θεωρητικής καμπύλης δεν είναι ούτε σταθερή για τις διάφορες χαρακτηριστικές ταχύτητες (βλ. Σχήμα 5.27, 5.28, 5.29), ούτε προσεγγίζει την τιμή του 0.07 που είναι η κατασκευασμένη επίκλιση στις καμπύλες. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι επικλίσεις μετρήθηκαν με μέτρο και αλφάδι και βρέθηκαν πολύ κοντά στο 7%. Άρα υπάρχει περίπτωση το επιταχυνσιόμετρο να επηρεάζεται από την ανάρτηση του οχήματος και τις κλίσεις του αμαξώματος που αυτή επιτρέπει (body roll angle). Για την εξέταση αυτής της υπόθεσης θα έπρεπε να επαναληφθεί αυτή η διαδικασία με διαφορετικά οχήματα, αλλά κάτι τέτοιο δεν ήταν εφικτό στα πλαίσια της παρούσης διπλωματικής.

Από τα διαγράμματα που προέκυψαν, είναι φανερό πως οι δεχόμενες επιταχύνσεις από τους οδηγούς είναι χαμηλότερες από αυτές που θεωρεί η βασική σχέση δυναμικής της κυκλοφορίας. Αυτό το γεγονός μειώνει το αίσθημα δυσφορίας των οδηγών και τους προσδίδει ένα αίσθημα σιγουριάς με αντίκτυπο την διέλευση από τις καμπύλες με μεγαλύτερες ταχύτητες από αυτές του σχεδιασμού. Ακόμη, οι McGee et al. (1984) συστήνουν τα όρια για τις πλευρικές επιταχύνσεις ως ακολούθως:

- $0.2 \cdot g$: Όριο άνεσης των οδηγών.
- $0.3 \cdot g$: Όριο αντοχής των οδηγών.
- $0.7 \cdot g$: Όριο δυνατοτήτων τυπικού επιβατηγού οχήματος.

Από τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των επιταχύνσεων, προκύπτει ότι τόσο το όριο άνεσης όσο και το όριο αντοχής των οδηγών είναι μεταβλητά. Καθώς για πολύ μικρές ακτίνες, οι πλευρικές επιταχύνσεις που εμφανίζονται για την V85 αγγίζουν το $0.4 \cdot g$, ενώ για μεγαλύτερες ακτίνες (άρα και μεγαλύτερες ταχύτητες) οριακά αγγίζουν το $0.15 \cdot g$. Μία ερμηνεία είναι ότι στις μικρές ταχύτητες οι οδηγοί αισθάνονται ασφαλείς να δέχονται μεγαλύτερες πλευρικές επιταχύνσεις, πιστεύοντας ότι ενδεχόμενο οδηγικό λάθος θα μπορέσουν να το αντιμετωπίσουν, ενώ ταυτόχρονα θεωρούν πως και σε περίπτωση σύγκρουσης η αναμενόμενη σφοδρότητα θα είναι χαμηλή. Αντιθέτως σε μεγάλες ταχύτητες φαίνεται ότι οι οδηγοί έχουν εξαντλήσει τις μέγιστες αντοχές τους στο μέγεθος της ταχύτητας αρκετά πριν πλησιάσουν το όριο αντοχής ή ακόμα και το όριο άνεσης αναφορικά με την πλευρική επιτάχυνση, λαμβάνοντας υπόψη ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα αυξάνεται και η σφοδρότητα μιας ενδεχόμενης σύγκρουσης.

Συνεπώς τα όρια που περιγράφονται από τους McGee et al. (1984) πρέπει να επανεξεταστούν ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης ή/και τη λειτουργική της οδού. Εξαίρεση αποτελεί το όριο δυνατοτήτων του τυπικού επιβατηγού οχήματος το οποίο εξαρτάται από την συμπεριφορά της διεπιφάνειας μεταξύ ελαστικών και οδοστρώματος. Παρόλο που τόσο η ποιότητα των ελαστικών όσο και των επιφανειακών ασφαλικών στρώσεων έχει βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, το όριο $0.7 \cdot g$ που προτείνεται είναι αρκετά υψηλό και πιθανόν να χαρακτηρίζει ορθά ένα τυπικό όχημα σε ένα τυπικό οδόστρωμα του σήμερα.

Όσον αφορά τις τιμές των αποδεχόμενων από τους οδηγούς επιταχύνσεων, διενεργήθηκαν

στη Γερμανία μετρήσεις προκειμένου να εξεταστούν οι αποδεκτές πλευρικές επιταχύνσεις για χαρακτηριστικές οδικές συμπεριφορές (χαλαρή, κανονική, σπορ) (Ebersbach, 2007). Το εξεταζόμενο εύρος ακτίνων κυμαινόταν από 30 έως 250 m και οι συναρτήσεις που προέκυψαν από την παλινδρόμηση είχαν ως εξής:

- Σπορ οδήγηση:

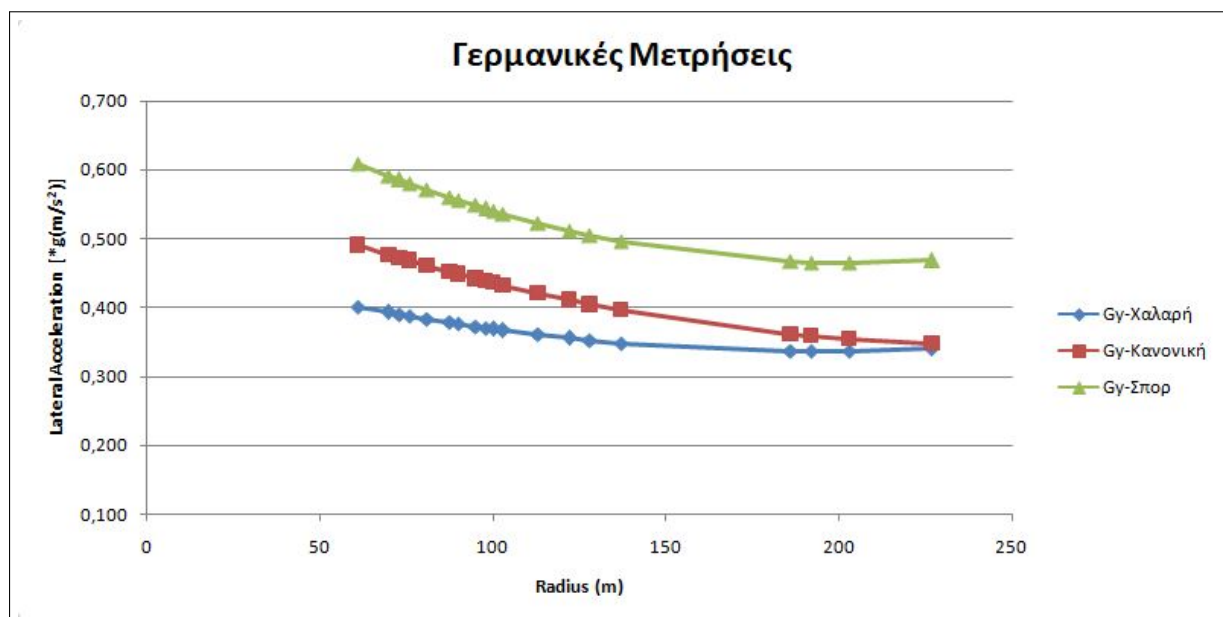
$$a_{\text{quer}} = 0.000070 \cdot R^2 - 0.028491 \cdot R + 7.455 \quad (5.1)$$

- Κανονική οδήγηση:

$$a_{\text{quer}} = 0.000042 \cdot R^2 - 0.020539 \cdot R + 5.91 \quad (5.2)$$

- Χαλαρή οδήγηση:

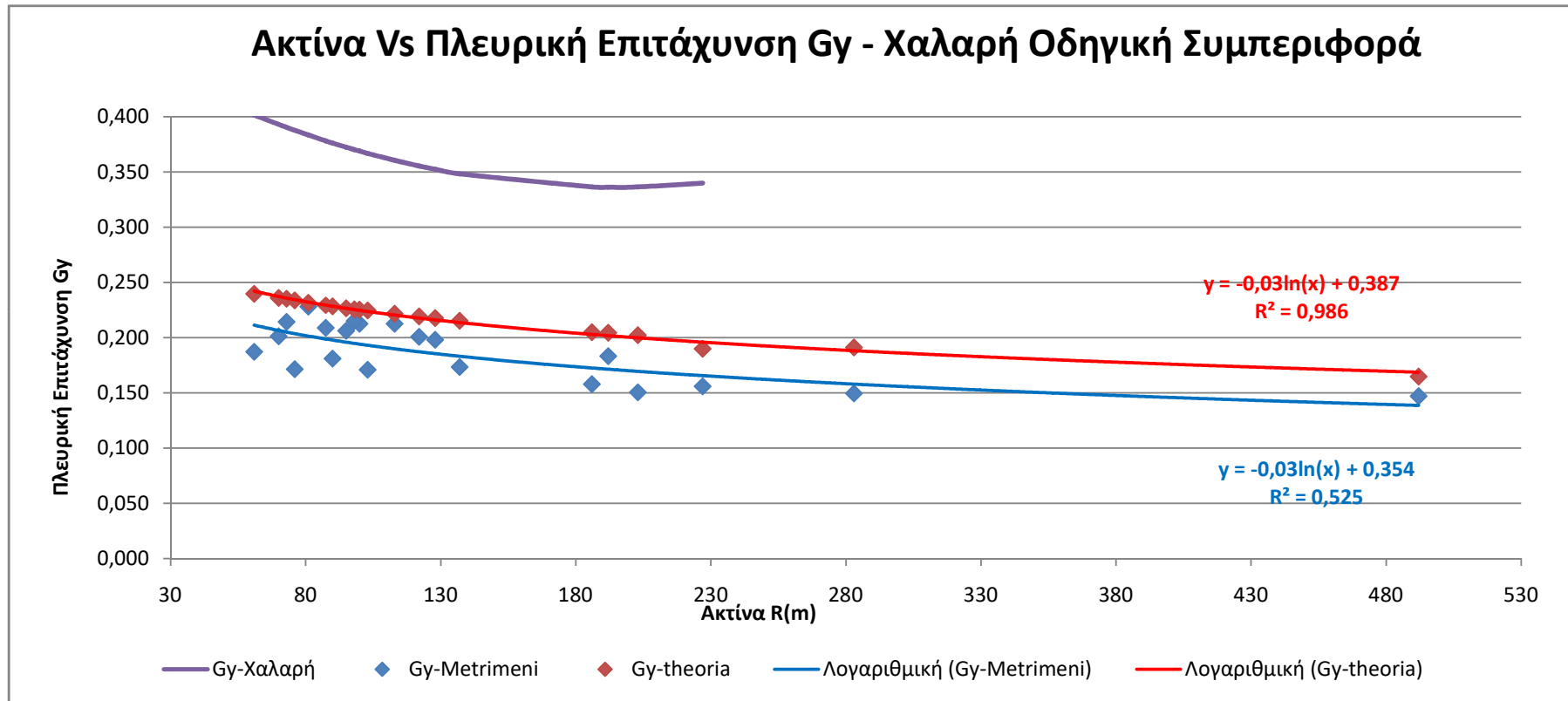
$$a_{\text{quer}} = 0.000036 \cdot R^2 - 0.014004 \cdot R + 4.66 \quad (5.3)$$



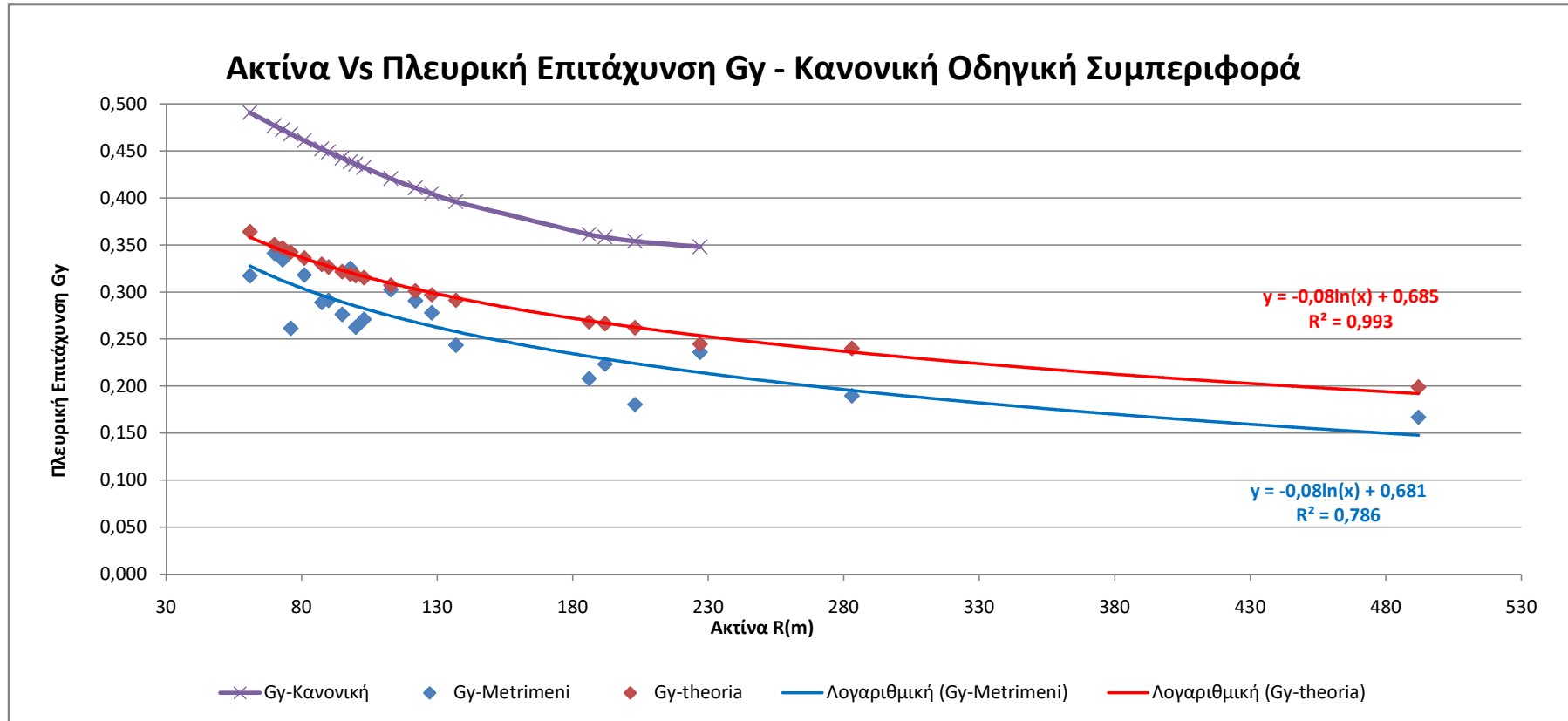
Σχήμα 5.33: Διάγραμμα γερμανικών μετρήσεων πλευρικών επιταχύνσεων για χαρακτηριστικές οδικές συμπεριφορές.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.33 (που αφορά βέβαια Γερμανούς οδηγούς), οι αποδεχόμενες πλευρικές επιταχύνσεις ακόμα και για χαλαρή οδήγηση, είναι υψηλότερες από το όριο αντοχής των οδηγών κατά McGee et al. Πολλώ δε μάλλον για την σπορ οδήγηση όπου οι πλευρικές επιταχύνσεις αγγίζουν τα $0.6 \cdot g$, πλησιάζοντας έτσι το όριο δυνατοτήτων ενός τυπικού επιβατηγού οχήματος.

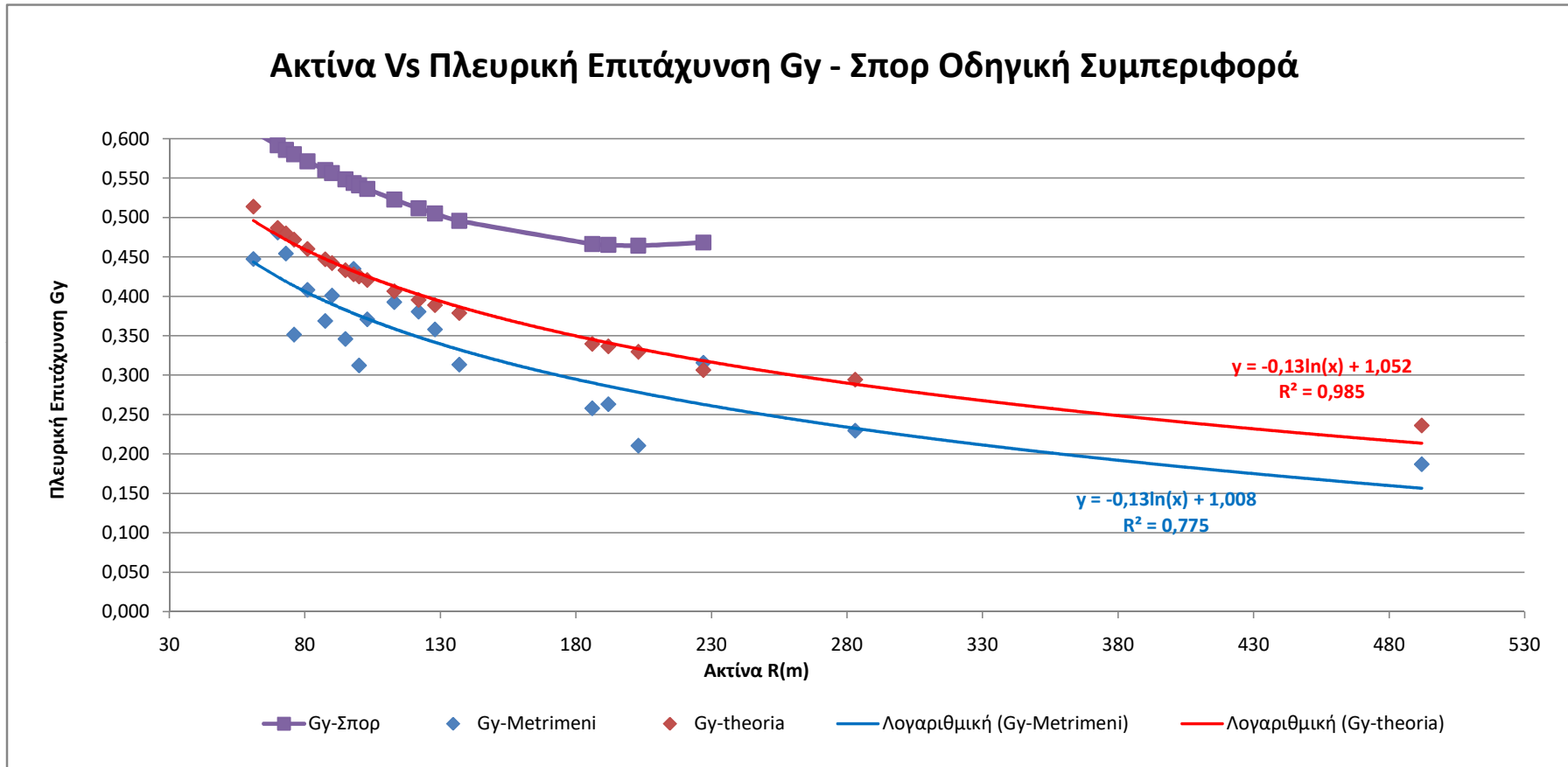
Από τα ακόλουθα διαγράμματα, όπου συγκρίνονται οι εγκάρσιες επιταχύνσεις των γερμανικών μετρήσεων τόσο με τις επιταχύνσεις που αφορούν την ταχύτητα ασφαλούς διέλευσης όσο και με τις επιταχύνσεις που αφορούν τις μετρήσεις αυτής της εργασίας, παρατηρείται ότι η γερμανική χαλαρή οδική συμπεριφορά συνεπάγεται ταχύτητες αισθητά υψηλότερες από τις ταχύτητες ασφαλούς διέλευσης. Συγκριτικά με τις κανονικές οδικές συμπεριφορές, η γερμανική δείχνει να είναι αισθητά γρηγορότερη. Το αντίστοιχο ισχύει και για την σπορ συμπεριφορά. Το γεγονός ότι αυτές οι επιταχύνσεις γίνονται αποδεκτές από τους οδηγούς δεν συνεπάγεται βέβαια ασφαλή οδική συμπεριφορά. Κάτι τέτοιο όμως είναι αδύνατο να διατυπωθεί με βεβαιότητα δεδομένης της μη κατοχής γερμανικού ιστορικού τροχαίων ατυχημάτων.



Σχήμα 5.34: Συγκριτικό διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για χαλαρή οδηγική συμπεριφορά.



Σχήμα 5.35: Συγκριτικό διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για κανονική οδηγική συμπεριφορά.



Σχήμα 5.36: Συγκριτικό διάγραμμα πλευρικής επιτάχυνσης συναρτήσει της ακτίνας για σπορ οδηγική συμπεριφορά.

5.4 Διαμήκεις Επιταχύνσεις

Από τις διελεύσεις που έγιναν με ταχύτητες που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες V85 αντλήθηκαν δεδομένα προφίλ ταχύτητας και προφίλ διαμήκου επιτάχυνσης Gx, προκειμένου να συγκριθούν με αποτελέσματα άλλων ερευνών και χαρακτηριστικών τιμών που χρησιμοποιούνται σε κανονισμούς οδοποιίας που βρίσκονται σε ισχύ (βλ. ΟΜΟΕ).

Οι λειτουργικές διαμήκεις επιταχύνσεις συγκρίθηκαν με αυτές τις έρευνας των Montella et al. (2015). Στην προαναφερθείσα έρευνα συλλέχθηκαν δεδομένα από 50 οδηγούς (όσοι ολοκλήρωσαν το πείραμα), οι οποίοι σε περιβάλλον προσομοίωσης οδήγησαν σε οδό με καμπύλες που οι ακτίνες της κυμαίνονταν από 125 έως 800 m, με γωνία θλάσης κύριας πολυγωνικής (deflection angle) ίση με 50 gon (ίδια για όλες τις καμπύλες). Από τα στοιχεία που συνέλεξαν κατέληξαν στην εξαγωγή ορισμένων μοντέλων για τη λειτουργική ταχύτητα, την επιβράδυνση πριν την καμπύλη, την επιτάχυνση μετά από αυτή καθώς και το μήκος εντός της καμπύλης που η ταχύτητα παραμένει σταθερή. Παρατίθενται λοιπόν οι σχέσεις που προέκυψαν.

$$V85_curve = 124.531 - 4.517 / R \quad (5.4)$$

$$V85_tangent = 137.076 - 2.480 / Rcb \quad (5.5)$$

$$d = -0.0011 + 0.308 / R \quad (5.6)$$

$$a = 0.186 + 0.041 / R \quad (5.7)$$

$$Sp / Lc = (-0.029 + 0.045 / R) \quad (5.8)$$

$$Ep / Lc = (0.080 + 0.136 / R) \quad (5.9)$$

όπου:

V85_curve: η ταχύτητα V85 στις καμπύλες (km/h)

V85_tangent: η ταχύτητα V85 στα ευθύγραμμα τμήματα (km/h)

d: η επιβράδυνση (m/s²)

a: η επιτάχυνση (m/s²)

Sp: το σημείο που αρχίζει η σταθερή ταχύτητα εντός της καμπύλης (km)

Ep: το σημείο που τελειώνει η σταθερή ταχύτητα εντός της καμπύλης (km)

R: η ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης (km)

Rcb: η ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης που προηγείται της ευθυγραμμίας (km)

Με την χρήση των ανωτέρω σχέσεων, υπολογίστηκαν οι λειτουργικές ταχύτητες V85 για κάθε καμπύλη και ευθυγραμμία καθώς και οι επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις που συντελούνται πριν και μετά την κάθε καμπύλη. Στον πίνακα 5.3 παρατίθενται ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα για σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων του προσομοιωτή και των πραγματικών δεδομένων.

Πίνακας 5.3: Σύγκριση Ταχυτήτων και Επιταχύνσεων μεταξύ Προσομοίωσης και Πραγματικών Δεδομένων.

Καμπύλη	Montella et al.			Μετρήσεις		
	V85(km/h)	d(m/s ²)	a(m/s ²)	V85(km/h)	d(m/s ²)	a(m/s ²)
R8	104.6	1.356	0.367	89	1.00	0.50
R11	99.6	1.701	0.413	90	0.20	0.30
R12	88.1	2.483	0.517	79	0.90	0.85
R13	50.5	5.048	0.858	61	3.00	1.00
R14	91.6	2.247	0.485	66	-	0.90
R15	96.3	1.924	0.442	81	1.00	0.95
R16	100.2	1.655	0.406	93.5	0.80	0.85

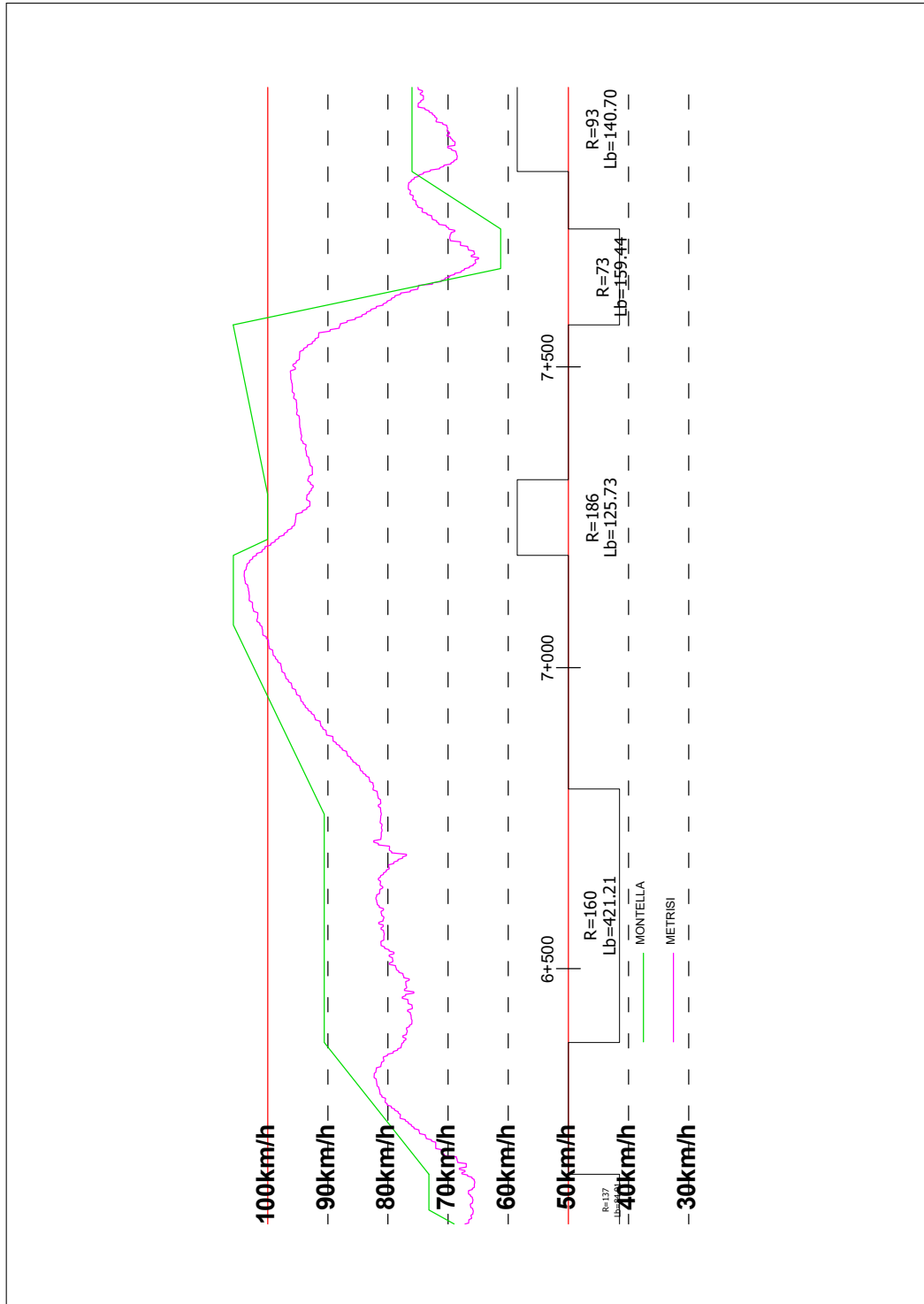
R17	62.7	4.218	0.748	65	2.30	0.80
R18	76	3.311	0.627	70	1.90	0.95
R19	74.3	3.421	0.642	70	1.50	0.90

Με τις ταχύτητες λοιπόν που υπολογίστηκαν από τα μοντέλα των Montella et al. σχεδιάστηκε το προφίλ λειτουργικής ταχύτητας (speed profile) της υπό μελέτη οδού.

Ως πρώτο σχόλιο, παρατηρήθηκε έντονη απόκλιση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας όπως προκύπτει από το μοντέλο πρόγνωσης των Montella et al. και της ταχύτητας που αναπτύχθηκε κατά τις διελεύσεις που εκτελέστηκαν σε πραγματικές συνθήκες. Για τις μεν μικρής ακτίνας οριζοντιογραφικές καμπύλες ($R < 90$ m) η ταχύτητα που προκύπτει από το μοντέλο της προσομοίωσης είναι χαμηλότερη από αυτή της διέλευσης έως και 10 km/h. Παραδείγματος χάριν, όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.3 για οριζόντια καμπύλη 61 m (R13), η ταχύτητα διέλευσης μετρήθηκε ίση με 61 km/h έναντι των 50.5 km/h που υπολογίζει η σχέση της προσομοίωσης. Στον αντίποδα, σε καμπύλες με ακτίνα μεγαλύτερη των 90 m οι ταχύτητες διέλευσης είναι αισθητά χαμηλότερες από αυτές του μοντέλου των Montella et al., με την διαφορά να αγγίζει ακόμα και τα 15 km/h. Μια λογική εξήγηση για αυτές τις διαφορές είναι ότι σε περιβάλλον προσομοίωσης οι οδηγοί αισθάνονται ασφαλείς καθώς γνωρίζουν πως τα οδηγικά λάθη δεν θα έχουν κάποια επίπτωση και έτσι μπορούν και κινούνται με υψηλότερες ταχύτητες. Μια ακόμη πιθανή εξήγηση είναι η εθνικότητα των συμμετεχόντων καθώς είναι γνωστό πως η οδηγική συμπεριφορά διαφέρει από χώρα σε χώρα.

Όσον αφορά τις τιμές των επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων, παρατηρήθηκαν αισθητές διαφοροποιήσεις μεταξύ των καταγεγραμμένων τιμών από το επιταχυνσιόμετρο και των τιμών που προέκυψαν από τα μοντέλα των Montella et al. Πιο συγκεκριμένα σε μικρές οριζόντιες καμπύλες οι επιβραδύνσεις που υπολογίζουν τα μοντέλα αγγίζουν τα 5.0 m/s^2 , τιμή ιδιαίτερα υψηλή ακόμα και για μείωση ταχύτητας που συνεπάγεται μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού ($\Delta V_{85} > 20$ km/h). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η καμπύλη R13 με την υπολογισμένη επιβράδυνση να είναι 5.048 m/s^2 και την μετρημένη 3.0 m/s^2 . Αναφορικά με τις επιταχύνσεις που συντελούνται κατά την έξοδο από την καμπύλη, οι τιμές που υπολογίζει το μοντέλο των Montella et al. είναι χαμηλότερες από αυτές που μετρήθηκαν με το επιταχυνσιόμετρο. Να σημειωθεί πως οι μετρημένες επιταχύνσεις κυμαίνονταν από 0.8 έως 1.0 m/s^2 , τιμές κοντινές με τα 0.85 m/s^2 που χρησιμοποιούνται σε κανονισμούς οδοποιίας όπως οι ΟΜΟΕ.

Συγκρίνοντας τα δύο προφίλ ταχυτήτων (Montella et al. και μετρημένη ταχύτητα) παρατηρείται πως ακολουθούν το ίδιο πρότυπο (pattern). Και στα δύο προφίλ παρατηρείται επιβράδυνση ή και επιτάχυνση εντός της καμπύλης, εν αντιθέσει με παλαιότερες έρευνες (Fitzpatrick et al., 2000) που θεωρούσαν ότι η επιτάχυνση και η επιβράδυνση συντελούνται στα ευθύγραμμα τμήματα πριν και μετά την καμπύλη. Βέβαια τα σημεία εντός της καμπύλης εντός των οποίων η ταχύτητα διατηρείται σταθερή είναι αντικείμενο που χρήζει εξέτασης. Τα μοντέλα που παρήγαγαν οι Montella et al. για την εύρεση των θέσεων αρχής και τέλους της σταθερής ταχύτητας εντός της καμπύλης επιβεβαιώνονται σε μεγάλο βαθμό από τις μετρήσεις, ιδιαίτερα στις καμπύλες με ακτίνα 200 m και άνω. Όπου η αρχή σταθερής ταχύτητας μετατοπίζεται όλο και περισσότερο προς την αρχή της καμπύλης όσο αυξάνεται η ακτίνα και το τέλος πλησιάζει προς το μέσον της καμπύλης. Σε καμπύλες μικρότερης ακτίνας όμως τα μοντέλα επιβεβαιώνονται κατά το ήμισυ, αφού ναι μεν η αρχή της σταθερής ταχύτητας βρίσκεται περίπου στο μέσον της καμπύλης ή ακόμα και στο 0.7 του μήκους της, όμως η επιτάχυνση ξεκινά σχεδόν αμέσως μετά τη λήξη της επιβράδυνσης. Έτσι λοιπόν στις μικρής ακτίνας καμπύλες η λειτουργική ταχύτητα δεν διατηρείται σταθερή για μεγάλο διάστημα εν αντιθέσει με το μοντέλο πρόγνωσης που προβλέπει την ταχύτητα να παραμένει σταθερή έως την έξοδο από την καμπύλη.



Σχήμα 5.37: Σύγκριση προφίλ ταχύτητας προσομοίωσης και μετρήσεων.

5.5 Εμφανιζόμενες Επιταχύνσεις και Θέσεις Μειωμένης Οδικής Ασφάλειας

Όπως αναφέρθηκε στο δεύτερο υποκεφάλαιο, αποκτήθηκε πληροφορία για το προφίλ ταχύτητας, διαμήκους επιτάχυνσης G_x , πλευρικής επιτάχυνσης G_y και κατακόρυφης επιτάχυνσης G_z . Για τα περάσματα (Aller - Retour) που έγιναν με ταχύτητες που προσέγγιζαν την V85 (ανεπηρέαστη οδηγική συμπεριφορά από την υπόλοιπη κυκλοφορία, αγνόηση των ορίων ταχύτητας) επισημαίνονται οι θέσεις που οι επιταχύνσεις παραβιάζουν κατά πολύ τα όρια ανοχής των οδηγών σύμφωνα με McGee et al. (1984). Οι διαμήκεις επιταχύνσεις που καταγράφηκαν, συγκρίθηκαν με τις τιμές που ορίστηκαν σε έρευνα του FHWA (2000) για καλή, μέτρια και μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού (βλ. Πίνακα 2.1).

Διαμήκεις επιταχύνσεις

Κρίσιμο μέγεθος που χρήζει εξέτασης αποτελεί η επιβράδυνση, με την τιμή που ορίζει την μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού να είναι ίση με 2 m/sec^2 ή $0.2 \cdot g$. Θα αναφερθούν λοιπόν οι θέσεις στις οποίες η καταγεγραμμένη επιβράδυνση ξεπερνά αυτήν την τιμή.

Πίνακας 5.4: Θέσεις Μη Αποδεκτής ποιότητας σχεδιασμού αναφορικά με την επιβράδυνση.

Γεωμετρικό Στοιχείο	Ακτίνα	Επιβράδυνση Aller	Επιβράδυνση Retour
R13	61	$0.2 \cdot g$	$0.3 \cdot g$
R17	73	$0.22 \cdot g$	$0.2 \cdot g$
R18	93	$0.2 \cdot g$	$0.31 \cdot g$
R64	112	$0.32 \cdot g$	$0.1 \cdot g$
R66	103	$0.33 \cdot g$	-
R67	93	$0.31 \cdot g$	$0.07 \cdot g$
R68	206	$0.21 \cdot g$	-

Σημειώνεται ότι οι τιμές του πίνακα 5.3 αφορούν μία συγκεκριμένη διέλευση που πραγματοποιήθηκε με μεγάλες ταχύτητες που προσεγγίζουν τη λειτουργική ταχύτητα V85, χωρίς να βρεθεί ο οδηγός αντιμέτωπος με κάποια απρόσμενη κατάσταση που να οδηγήσει σε έντονη πέδηση. Συνεπώς οι περιπτώσεις που καταγράφεται έντονη πέδηση, εκτός του ορίου του $0.2 \cdot g$ έχει προκύψει από απρόσμενες καταστάσεις που οφείλονται καθαρά στη γεωμετρία της οδού.

Οι θέσεις στις οποίες παρατηρείται απόκλιση είναι σχετικά λίγες και η απόκλιση που παρατηρείται είναι σχετικά μικρή. Αυτό συνεπάγεται ότι για ταχύτητες διέλευσης πιο κοντά στην ταχύτητα μελέτης ή το επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας δεν αναμένεται σημειωθούν υπερβάσεις του ορίου άνεσης της διαμήκους επιτάχυνσης λόγω γεωμετρίας. Παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε υπέρβαση του ορίου σχετίζονται με εμπόδια που μπορεί να βρεθούν εντός του οδοστρώματος, όπως κάποιο μεγάλο αντικείμενο, κάποιο ζώο, κάποιος πεζός, κάποιο ακινητοποιημένο όχημα. Στο ίδιο αποτέλεσμα είναι πιθανό να οδηγήσουν και μη προβλέψιμοι παράγοντες, όπως η ανάγκη πέδησης σε αποτυχημένη απόπειρα προσπέρασης, η εγκάρσια διέλευση οχημάτων σε ισόπεδους κόμβους με χαμηλή ορατότητα ή ακόμα και η ενδεχόμενη επαφή με όχημα που προσπερνάει και βρίσκεται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.

Όλα όσα προαναφέρθηκαν συνηγορούν στο γεγονός ότι οι αιτίες που οδηγούν σε υπέρβαση των αποδεκτών ορίων της διαμήκους επιτάχυνσης οφείλονται κυρίως σε παράγοντες που δεν εξαρτώνται από τη γεωμετρία της οδού, εφόσον ο οδηγός συμμορφώνεται με τα θεσπισμένα όρια ταχύτητας.

Εγκάρσιες επιταχύνσεις

Πολύ κρίσιμο μέγεθος που έχει σημαντική επιρροή στη δυναμική της κυκλοφορίας του οχήματος ενώ ταυτόχρονα η σωστή διαχείρισή του εντός των επιθυμητών ορίων έχει ως αποτέλεσμα τη συνετή και ορθολογική οδηγική συμπεριφορά αυξάνοντας την παρεχόμενη οδική ασφάλεια, είναι η εγκάρσια επιτάχυνση που δέχονται οι επιβάτες. Η εγκάρσια επιτάχυνση εξισορροπείται από την επίκλιση της οδού καθώς και από τον παρεχόμενο συντελεστή εγκάρσιας τριβής που εμφανίζεται μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος.

Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ότι τόσο η επίκλιση της οδού, όσο και ο παρεχόμενος συντελεστής τριβής είναι μεγέθη σταθερά και δεν εξαρτώνται από την ταχύτητα διέλευσης των οχημάτων. Αντίθετα η εμφανιζόμενη εγκάρσια επιτάχυνση που εξισορροπείται από τα δύο παραπάνω μεγέθη είναι γραμμικά μεταβαλλόμενη ανάλογα με την ταχύτητα διέλευσης. Συνεπώς είναι πολύ κρίσιμο να γνωρίζουμε την αριθμητική τιμή της εγκάρσιας επιτάχυνσης κατά τη διέλευση των οχημάτων από τις καμπύλες προκειμένου να μπορέσουμε να τις αξιολογήσουμε. Σε κάθε περίπτωση όσο μεγαλώνει η τιμή της εγκάρσιας επιτάχυνσης, τόσο περισσότερο πλησιάζουμε στο όριο αντοχής οχήματος και οδοστρώματος αυξάνοντας την πιθανότητα εμφάνισης κάποιου ατυχήματος.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρατίθενται όλες οι καμπύλες που η εμφανιζόμενη εγκάρσια επιτάχυνση ξεπερνά τα όρια άνεσης των οδηγών κατά McGee et al.

Πίνακας 5.5: Καμπύλες όπου παραβιάζεται το όριο αντοχής των οδηγών κατά McGee et al.

Καμπύλη	Ακτίνα	Εγκάρσια Επιτάχυνση [-g]
R12	124	0.39
R13	61	0.5
R15	160	0.44
R16	186	0.34
R17	73	0.66
R18	93	0.42
R19	90	0.46
R21	100	0.34
R22	70	0.47
R23	73	0.5
R27	98	0.45
R28	103	0.42
R30	64	0.46
R31	76	0.4
R33	95	0.41
R35	113	0.4
R36	95	0.52
R37	114	0.36
R38	61	0.58
R39	62	0.5
R42	81	0.5
R45	120	0.4
R54	70	0.56
R56	70	0.35
R57	97	0.4
R58	106	0.37

R64	112	0.47
R65	128	0.4

Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύνολο των θέσεων που παρατηρείται εγκάρσια επιτάχυνση μεγαλύτερη από το όριο αντοχής των οδηγών είναι σε μικρές οριζοντιογραφικές ακτίνες οι οποίες διανύονται με σημαντικά μεγαλύτερη ταχύτητα από το επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας. Ιδιαίτερα υψηλές τιμές (μεγαλύτερες από $0.5 \cdot g$) εντοπίζονται σε θέσεις όπου η οριζοντιογραφική χάραξη παρουσιάζει ανομοιογένεια (αλληλουχία καμπυλών με λόγο ακτίνων μεγαλύτερο από 1.5 προς 1 ή/και τεταμένες χαράξεις που ακολουθούνται από κλειστές στροφές), ενθαρρύνοντας τους χρήστες να αναπτύξουν υψηλές ταχύτητες που δεν μπορούν να διαχειριστούν στις επερχόμενες κλειστές στροφές. Ταυτόχρονα παρατηρείται ότι στις θέσεις αυτές εμφανίζεται σημαντικός αριθμός τροχαίων ατυχημάτων. Οι παρατηρήσεις αυτές συνηγορούν στο ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση των εγκάρσιων επιταχύνσεων με τις θέσεις μειωμένης οδικής ασφάλειας και το δείκτη ατυχημάτων.

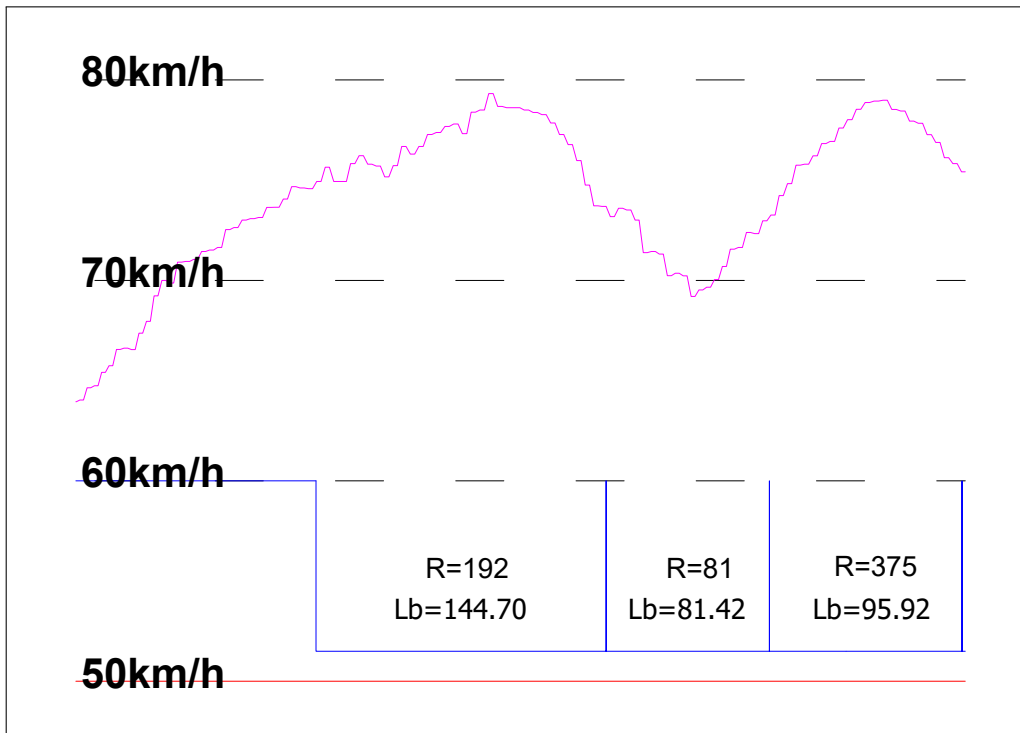
Πίνακας 5.6: Καμπύλες όπου παραβιάζεται το όριο αντοχής των οδηγών κατά McGee et al. για διέλευση με τη λειτουργική ταχύτητα και ιστορικό ατυχημάτων

Καμπύλη	Ακτίνα	Εγκάρσια Επιτάχυνση [g]	Προηγούμενο Στοιχείο	Ιστορικό Ατυχημάτων
R12	124	0.39	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.5/1)	-
R13	61	0.5	Μερικώς Ανεξάρτητη Ευθυγραμμία	12 Τραυματίες
R15	160	0.44	Μερικώς Ανεξάρτητη Ευθυγραμμία	2 Τραυματίες
R16	186	0.34	Μερικώς Ανεξάρτητη Ευθυγραμμία	-
R17	73	0.66	Μερικώς Ανεξάρτητη Ευθυγραμμία	2 Τραυματίες
R18	93	0.42	Μερικώς Ανεξάρτητη Ευθυγραμμία	2 Τραυματίες
R19	90	0.46	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 2.5/1)	4 Τραυματίες 1 Νεκρός
R21	100	0.34	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 2.2/1)	3 Τραυματίες
R22	70	0.47	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.4/1)	1 Τραυματίας 1 Νεκρός
R23	73	0.5	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 2/1)	27 Τραυματίες 1 Νεκρός
R27	98	0.45	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 2/1)	-

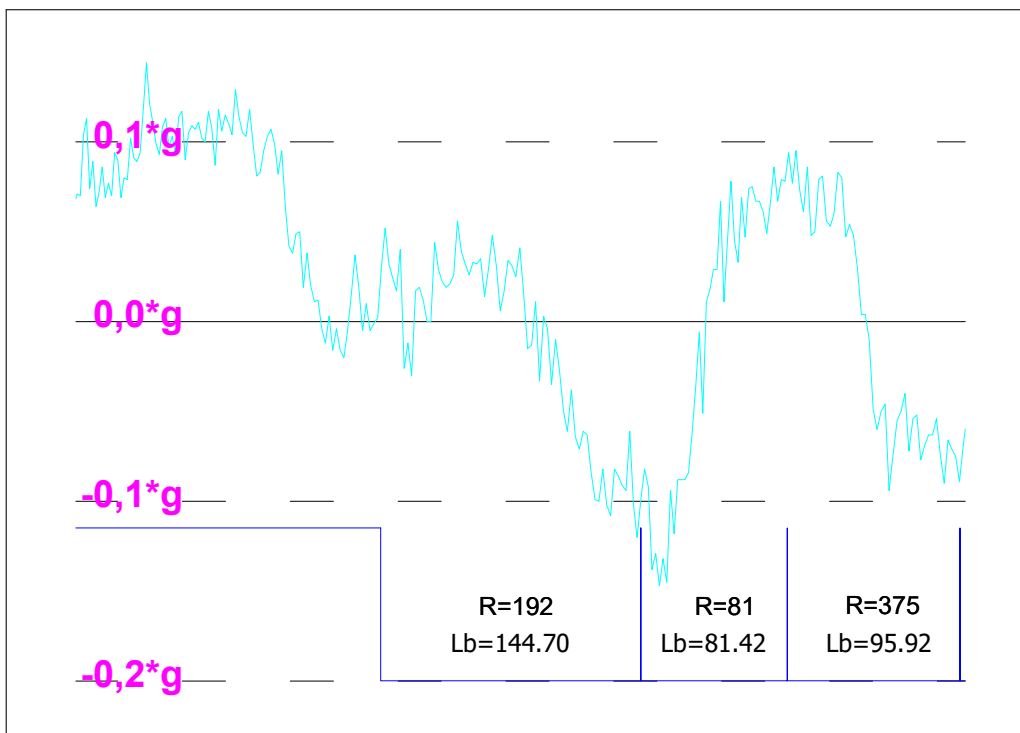
Καμπύλη	Ακτίνα	Εγκάρσια Επιτάχυνση [g]	Προηγούμενο Στοιχείο	Ιστορικό Ατυχημάτων
R28	103	0.42	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.25/1)	-
R30	64	0.46	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 2/1)	2 Τραυματίες
R31	76	0.4	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 3.7/1)	3 Τραυματίες
R33	95	0.41	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 2.1/1)	8 Τραυματίες
R35	113	0.4	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.8/1)	3 Τραυματίες
R36	95	0.52	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.2/1)	-
R37	114	0.36	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 0.8/1)	-
R38	61	0.58	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.9/1)	6 Τραυματίες
R39	62	0.5	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.4/1)	9 Τραυματίες
R42	81	0.5	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 2.4/1)	36 Τραυματίες 2 Νεκροί
R45	120	0.4	Μερικώς Ανεξάρτητη Ευθυγραμμία	2 Τραυματίες 1 Νεκρός
R54	70	0.56	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 2/1)	4 Τραυματίες
R56	70	0.35	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 2/1)	-
R57	97	0.4	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.1/1)	-
R58	106	0.37	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.1/1)	-
R64	112	0.47	Καμπύλη (Λόγος Ακτίνων 1.9/1)	1 Τραυματίας
R65	128	0.4	Μερικώς Ανεξάρτητη Ευθυγραμμία	7 Τραυματίες

Κανιστροειδείς Καμπύλες

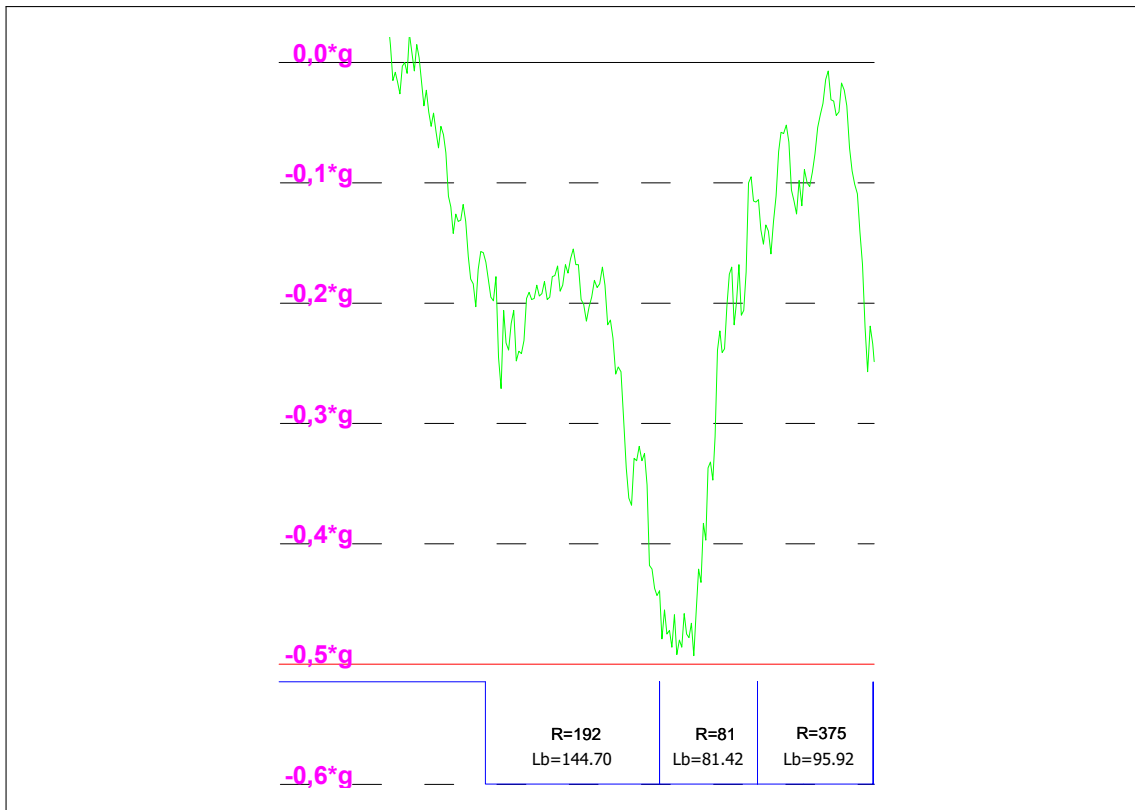
σει την απρόσμενη κατάσταση στην οποία βρέθηκε λόγω της ιδιαίτερης γεωμετρίας της οδού.



Σχήμα 5.39:Απόσπασμα προφίλ ταχύτητας στην κανιστροειδή καμπύλη 3.



Σχήμα 5.40:Απόσπασμα προφίλ διαμήκου επιτάχυνσης G_x στην κανιστροειδή καμπύλη 3.



Σχήμα 5.41: Απόσπασμα προφίλ εγκάρσιας επιτάχυνσης Gy στην κανιστροειδή καμπύλη 3.

Στα σχήματα 5.33 έως 5.36 αποτυπώνεται ξεκάθαρα η παραβίαση της προσδοκίας του οδηγού (driver expectancy). Οι οδηγοί κατά την αντιμετώπιση μιας οριζόντιας καμπύλης, αναμένουν να:

- διατηρήσουν σταθερή την ταχύτητα με την οποία εισήλθαν στο κυκλικό τόξο μέχρις ότου αντιληφθούν μείωση στην καμπυλότητα της οριζοντιογραφίας
- δεχθούν σταθερή πλευρική επιτάχυνση (ανάλογη της ταχύτητας που έχουν επιλέξει να διέλθουν από την καμπύλη), η οποία θα μειωθεί μόλις επέλθει η αναμενόμενη μείωση καμπυλότητας.

Στις κανιστροειδείς καμπύλες όλες οι προσδοκίες των οδηγών παραβιάζονται, συνεπώς τα κάνιστρα αποτελούν ξεκάθαρες περιπτώσεις ανομοιογενούς σχεδιασμού (geometric design inconsistencies).

Η επικινδυνότητα των κανιστροειδών καμπυλών εξαρτάται κυρίως από την διαφορά των διαδοχικών ακτίνων. Για μια αλληλουχία ακτίνων που χαρακτηρίζεται ως αποφευκτέα (όπως στις κανιστροειδείς καμπύλες 1 και 3 του Πίνακα 4.5), η μεταβολή της εγκάρσιας επιτάχυνσης μπορεί να ανέλθει στα 0.3·g για μια οδηγική συμπεριφορά συνθηκών V85 ή και περισσότερο για μια πιο επιθετική συμπεριφορά. Αυτή η μη ομαλή μετάβαση που είναι στα όρια της ανοχής των οδηγών δεν μπορεί να προβλεφθεί τι αντίκτυπο θα έχει στην οδηγική συμπεριφορά. Επίσης, η απαιτούμενη μείωση ταχύτητας εντός της κανιστροειδούς καμπύλης προκειμένου να συντελεστεί η μετάβαση σε μικρότερη καμπυλότητα χωρίς εκτροπή, απαιτεί πέδηση. Η είσοδος στην καμπύλη μικρότερης ακτίνας με μια ταχύτητα αρκετά υψηλότερη λόγω της προηγούμενης ακτίνας, απαιτεί ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό εκμετάλλευσης του συντελεστού τριβής στην εγκάρσια διεύθυνση. Αν ο οδηγός επιζητήσει συντελεστή τριβής στην εφαπτομενική διεύθυνση, μπορεί να ξεπεραστούν τα όρια πρόσφυσης με σοβαρές συνέπειες. Όσα προαναφέρθηκαν αποτυπώνονται στο ιστορικό ατυχημάτων, με την κανιστροειδή καμπύλη 3 να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο

συμβάντων από όλες τις θέσεις που παρουσιάζουν συγκέντρωση ατυχημάτων.

5.6 Αξιολόγηση Επικίνδυνων Τμημάτων

Προκειμένου να αξιολογηθεί η χάραξη, και πιο συγκεκριμένα τα τμήματα που παρουσιάζουν συγκέντρωση ατυχημάτων, έγινε επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούσαν την "επιθετική" διέλευση που προσεγγίζει ταχύτητες ίσες με τη λειτουργική ταχύτητα V85. Στόχος ήταν να εξαχθούν για τα κρίσιμα τμήματα οι τιμές των επιταχύνσεων G_x , G_y και G_z , καθώς επίσης και στοιχεία ταχυτήτων (μέση τιμή, μέγιστη και ελάχιστη τιμή, διασπορά ταχυτήτων), προκειμένου να συσχετιστούν με το πλήθος των καταγεγραμμένων ατυχημάτων. Τα στοιχεία από την επεξεργασία αυτή παρουσιάζονται στον πίνακα 5.6.

Όπως προκύπτει από τα επεξεργασμένα δεδομένα η πλέον επικίνδυνη θέση είναι αυτή από τη Χ.Θ. 12+400 έως 12+600, όπου η ύπαρξη κανιστροειδούς καμπύλης με λόγο ακτίνων 2.4/1 σε συνδυασμό με την μικρή σχετικά διασπορά ταχυτήτων, έχει ως αποτέλεσμα την διέλευση με ιδιαίτερα υψηλή ταχύτητα για ακτίνα 80 m κάτι που αντικατοπτρίζεται στην πολύ υψηλή εμφανιζόμενη εγκάρσια επιτάχυνση ($0.5 \cdot g$). Η ανομοιογένεια στην υπάρχουσα χάραξη δεν γίνεται αντιληπτή από τους οδηγούς με αποτέλεσμα να μην παρουσιάζεται σημαντική μεταβολή της ταχύτητας διέλευσης και τελικά η διέλευση από την καμπύλη των 80m να γίνεται με σημαντικά μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτή που "αντέχει" ο οδηγός.

Χαρακτηριστικές περιπτώσεις ανομοιογενούς χάραξης αποτελούν οι ανακάμπτοντες ελιγμοί. Στις Χ.Θ. 5+800 έως 6+000, 8+700 έως 9+000 και 11+700 έως 12+200, η διασπορά ταχυτήτων μπορεί να χαρακτηριστεί ως μεγάλη αφού ξεπερνάει τα 15 km/h σε ορισμένες περιπτώσεις. Στις θέσεις αυτές η εγκάρσια επιτάχυνση κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, με τις καταγεγραμμένες τιμές να ξεπερνούν ενίοτε τα $0.5 \cdot g$. Η συσχέτιση μεταξύ της επικινδυνότητας και των υψηλών εγκάρσιων επιταχύνσεων είναι εμφανής καθώς οι προαναφερθείσες θέσεις έχουν υψηλό καταγεγραμμένο ιστορικό ατυχημάτων.

Σε θέσεις με συγκέντρωση συμβάντων που βάσει της μικρής διασποράς των ταχυτήτων μπορούν να χαρακτηριστούν ως ομοιογενή τμήματα, καταγράφηκαν ιδιαίτως υψηλές τιμές εγκάρσιων επιταχύνσεων και ταχύτητες αρκετά υψηλότερες από την ταχύτητα μελέτης που αντιστοιχεί στα χαρακτηριστικά (ακτίνα, επίκλιση) της εκάστοτε καμπύλης. Συνεπώς πιθανή αιτία των συμβάντων να αποτελεί η υψηλή ταχύτητα με την οποία διανύουν τις καμπύλες οι οδηγοί.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ανωτέρω, είναι εμφανής η ύπαρξη συσχέτισης των υψηλών εγκάρσιων επιταχύνσεων με την επικινδυνότητα των καμπυλών. Σε όλες τις θέσεις μειωμένης οδικής ασφάλειας που έχουν εντοπιστεί στο εξεταζόμενο οδικό τμήμα (εξαιρουμένης αυτής που έχουν καταγραφεί μόνο παρασύρσεις πεζών), έχουν καταγραφεί υψηλές τιμές εγκάρσιων επιταχύνσεων για διέλευση με την λειτουργική ταχύτητα. Οι υψηλές τιμές των εγκάρσιων επιταχύνσεων είναι απόρροια των υψηλών ταχυτήτων με τις οποίες διέρχονται οι οδηγοί από τις καμπύλες. Συνυπολογίζοντας την διασπορά των ταχυτήτων εντοπίζονται οι θέσεις ανομοιογενούς σχεδιασμού. Υπάρχουν και θέσεις όμως, όπως οι κανιστροειδείς καμπύλες, που η σχεδιαστική ανομοιογένεια δεν τεκμηριώνεται από την διασπορά ταχυτήτων. Αυτό σημαίνει ότι οι οδηγοί δεν προλαβαίνουν να εκτιμήσουν την απαιτούμενη προσαρμογή ταχύτητας για την επερχόμενη καμπύλη και εισέρχονται σε καμπύλη μικρότερης ακτίνας με ταχύτητα σημαντικά υψηλότερη από την αρμόζουσα. Ακόμη, σε ορισμένα τμήματα που χαρακτηρίζονται από σχεδιαστική ομοιογένεια οι εμφανιζόμενες πλευρικές επιταχύνσεις είναι ιδιαίτως υψηλές. Πιθανή αιτία λοιπόν των ατυχημάτων είναι η υψηλή ταχύτητα διέλευσης, η οποία πιθανόν να απορρέει από υπερεκτίμηση των οδηγικών ικανοτήτων ή/και των δυνατοτήτων του οχήματος.

ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ														
ΑΠΟ Χ.Θ.	ΕΩΣ Χ.Θ.	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΙΣ			Ακτίνα Καμπύλης	Θεωρητικά Αναμενόμενη Τιμή	ΤΑΧΥΤΗΤΑ V ₈₅		ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ V ₈₅		ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ			ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
		Gx	Gy	Gz			Rmin	Gy	Μέση Απόκλιση		Αριθμός Τροχαίων	Σχόλια	Πιθανή Αιτία	
		Μέση Τιμή					Μέγιστη Τιμή			Μέγιστη Απόκλιση				
4+200	4+400	0,039	0,131	0,034	227	0,251	92,5		4,1		6	Σημαντικός Αριθμός Ατυχημάτων	Μεγάλες ταχύτητες	Λογική διασπορά ταχυτήτων ----> Σχετικά Ομοιογενές τμήμα ----> Λογικό έως Υψηλό Gy
		0,178	0,317	0,287			Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέγιστη Απόκλιση	Νεκροί / Τραυματίες				
5+800	6+000	0,076	0,282	0,018	61	0,520	69,0		6,9		8	Μεγάλος Αριθμός Ατυχημάτων	Ανομοιογένεια χάραξης	Πολύ μεγάλη διασπορά ταχυτήτων ----> Ανομοιογενές τμήμα ----> Πολύ μεγάλο Gy
		0,205	0,502	0,058			60,0	87,0	17,7	0 / 12				
8+200	8+400	0,063	0,185	0,023	90	0,451	78,0		7,8		2	Μικρός Αριθμός Ατυχημάτων		Μεγάλη διασπορά ταχυτήτων ----> Ανομοιογενές τμήμα ----> Πολύ μεγάλο Gy
		0,139	0,462	0,099			69,0	91,5	13,7	1 / 4				
8+700	9+000	0,050	0,282	0,028	70	0,453	69,0		5,3		12	Μεγάλος Αριθμός Ατυχημάτων	Ανομοιογένεια χάραξης	Μεγάλη διασπορά ταχυτήτων ----> Ανομοιογενές τμήμα ----> Πολύ μεγάλο Gy
		0,136	0,467	0,118			59,5	82,5	14,0	2 / 31				
10+200	10+500	0,048	0,185	0,019	65	0,433	65,0		4,0		5	Σημαντικός Αριθμός Ατυχημάτων		Λογική διασπορά ταχυτήτων ----> Σχετικά Ομοιογενές τμήμα ----> Λογικό έως Υψηλό Gy
		0,118	0,411	0,108			55,0	72,5	10,0	0 / 5				
11+000	11+200	0,051	0,183	0,024	95	0,466	81,5		4,3		4	Σημαντικός Αριθμός Ατυχημάτων	Κανιστροειδής Καμπύλη Μεγάλες ταχύτητες	Λογική διασπορά ταχυτήτων ----> Σχετικά Ομοιογενές τμήμα ----> Λογικό έως Υψηλό Gy
		0,130	0,409	0,107			73,0	91,5	10,2	0 / 8				
11+700	12+200	0,067	0,271	0,024	62	0,407	61,5		5,9		7	Μεγάλος Αριθμός Ατυχημάτων	Ανομοιογένεια χάραξης	Πολύ μεγάλη διασπορά ταχυτήτων ----> Ανομοιογενές τμήμα ----> Πολύ μεγάλο Gy
		0,166	0,577	0,118			43,5	76,5	18,3	0 / 16				
12+400	12+600	0,050	0,206	0,027	80	0,481	76,0		2,3		14	Μεγάλος Αριθμός Ατυχημάτων	Κανιστροειδής Καμπύλη Μεγάλες ταχύτητες	Μικρή διασπορά ταχυτήτων ----> Ομοιογενές τμήμα ----> Πολύ μεγάλο Gy
		0,147	0,493	0,099			70,0	80,0	6,3	2 / 36				
12+700	13+200	0,048	0,187	0,029	120	0,383	83,0		1,8		4	Σημαντικός Αριθμός Ατυχημάτων	Μεγάλες ταχύτητες	Μικρή διασπορά ταχυτήτων ----> Ομοιογενές τμήμα ----> Λογικό έως Υψηλό Gy
		0,109	0,394	0,109			74,5	86,5	8,5	1 / 14				
15+000	15+200	0,065	0,242	0,023	70	0,480	71,0		5,0		3	Μικρός Αριθμός Ατυχημάτων		Λογική διασπορά ταχυτήτων ----> Σχετικά Ομοιογενές τμήμα ----> Πολύ μεγάλο Gy
		0,133	0,556	0,162			63,0	81,0	10,0	0 / 4				
17+600	17+800	0,089	0,161	0,043	112	0,415	83,5		6,5		3	Μικρός Αριθμός Ατυχημάτων		Πολύ μεγάλη διασπορά ταχυτήτων ----> Ανομοιογενές τμήμα ----> Πολύ μεγάλο Gy
		0,334	0,468	0,315			72,5	99,0	15,5	0 / 8				
18+300	18+900	0,090	0,190	0,024	92	0,430	77,0		6,9		5	Σημαντικός Αριθμός Ατυχημάτων	Ανομοιογένεια χάραξης	Πολύ μεγάλη διασπορά ταχυτήτων ----> Ανομοιογενές τμήμα ----> Πολύ μεγάλο Gy
		0,330	0,449	0,172			63,0	96,0	18,9	0 / 8				
19+700	20+100	0,056	0,078	0,051			98,0		2,8		4		Δραστηριότητες επί της οδού που προσελκύουν πεζούς	Παράσυρση πεζών Πολύ Υψηλές Ταχύτητες
		0,191	0,300	0,307			87,5	101,5	10,4	1 / 4				

Πίνακας 5.7: Θέσεις μειωμένης οδικής ασφάλειας, πλευρικές επιταχύνσεις και διασπορά ταχυτήτων.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο του τεύχους της παρούσης Διπλωματικής εργασίας αναφέρονται τα γενικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ερευνητική προσπάθεια, καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

6.1 Συμπεράσματα

Από το πρώτο σκέλος της διπλωματικής εργασίας που αφορούσε την αξιολόγηση της υφιστάμενης υποδομής ως προς την σχεδιαστική ομοιογένεια, εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα.

- Από τα τρία ποσοτικά Κριτήρια Ασφαλείας που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της οριζόντιας χάραξης ως προς την ασφάλεια, μεγαλύτερη συσχέτιση με το ιστορικό ατυχημάτων παρουσιάζει το Κριτήριο Ασφαλείας II (επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη λειτουργική ταχύτητα), αφού όλες οι θέσεις μειωμένης οδικής ασφάλειας χαρακτηρίζονται από μέτρια και κάτω ποιότητα σχεδιασμού αναφορικά με το προαναφερθέν κριτήριο.
- Στον αντίποδα, το Κριτήριο Ασφαλείας I (επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στην μελέτη) παρουσιάζει αντιφατικά αποτελέσματα σε σχέση με το ιστορικό ατυχημάτων, αφού η πλειονότητα των θέσεων μειωμένης οδικής ασφάλειας χαρακτηρίζονται από καλή ποιότητα σχεδιασμού αναφορικά με το Κριτήριο Ασφαλείας I. Αντίθετα, θέσεις παντελώς καθαρές συμβάντων χαρακτηρίζονται από μέτρια ή και μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού.
- Το Κριτήριο Ασφαλείας III μπορεί να θεωρηθεί καίριο καθώς σε όλες τις θέσεις που παρατηρείται συγκέντρωση ατυχημάτων, τα αποτελέσματα του Κριτηρίου υποδεικνύουν μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού. Υπάρχουν βέβαια αρκετές θέσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού αναφορικά με το τρίτο κριτήριο ασφαλείας και είναι καθαρές από ιστορικό ατυχημάτων.
- Παρατηρήθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ του δείκτη ατυχημάτων και της ελικτότητας της χάραξης. Αύξηση της ελικτότητας συνεπάγεται αύξηση και του δείκτη ατυχημάτων.
- Οι ανακάμπτοντες ελιγμοί δεν συνάδουν με τον λειτουργικό χαρακτήρα της οδού και την υπερδιαστασιολογημένη διατομή που ενθαρρύνει την ανάπτυξη ιδιαίτερως υψηλών ταχυτήτων.
- Για οριζόντιες ακτίνες μικρότερες των 300 m, δεν επιτυγχάνεται ταυτόχρονα καλή ποιότητα σχεδιασμού αναφορικά με τα Κριτήρια Ασφαλείας I και III. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στην "επιθετική" συμπεριφορά των οδηγών είτε στην συντηρητική προσέγγιση σχεδιασμού των οριζόντιων καμπυλών.
- Από την επεξεργασία του προφίλ ταχύτητας που αφορούσε στην διέλευση με ταχύτητες που προσεγγίζουν τη λειτουργική ταχύτητα παρατηρήθηκε διαφορά στην ταχύτητα διέλευσης (της τάξεως των 10 km/h) από καμπύλες ίδιας ακτίνας, αλλά διαφορετικής γωνίας θλάσης κύριας πολυγωνικής (deflection angle). Συνεπώς η λειτουργική ταχύτητα μιας καμπύλης ίσως να μην είναι συνάρτηση μόνο της ελικτότητας και της κατά μήκους κλίσης αλλά να σχετίζεται και με άλλους παράγοντες όπως είναι η γωνία θλάσης της καμπύλης.
- Στις κανιστροειδείς καμπύλες παρατηρήθηκε εμφανής μεταβολή στην ταχύτητα διέλευσης κατά

την μετάβαση από την μια ακτίνα καμπυλότητας στην άλλη, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τον υπολογισμό της λειτουργικής ταχύτητας στις κανιστροειδείς καμπύλες κατά ΟΜΟΕ - Χ που ορίζουν μια λειτουργική ταχύτητα που αντιστοιχεί στην συνολική ελκτικότητα της καμπύλης.

Από το δεύτερο σκέλος της διπλωματικής εργασίας που αφορούσε την καταγραφή και αξιολόγηση των λειτουργικών επιταχύνσεων, εξήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

- Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν είναι σχετικά λίγα για να τεκμηριώσουν τη σχέση που συνδέει την εμφανιζόμενη εγκάρσια επιτάχυνση με την ταχύτητα διέλευσης από μια καμπύλη συγκεκριμένης ακτίνας. Παρόλαυτα από τα διαγράμματα που παρήχθησαν παρατηρείται μια ισχυρή γραμμική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεγεθών. Επίσης διαπιστώθηκε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα της οριζόντιας καμπύλης τόσο μικρότερη είναι η γραμμική κλίση μεταβολής της επιτάχυνσης.

- Υπάρχει σχετικά ισχυρή λογαριθμική συσχέτιση μεταξύ της εγκάρσιας επιτάχυνσης και της ακτίνας, για όλες τις χαρακτηριστικές ταχύτητες. Σε μεγαλύτερες ακτίνες παρουσιάζονται μικρότερες τιμές πλευρικής επιτάχυνσης. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι στις μικρές ταχύτητες οι οδηγοί αισθάνονται ασφαλείς να δέχονται μεγαλύτερες πλευρικές επιταχύνσεις, πιστεύοντας ότι ενδεχόμενο οδηγικό λάθος θα μπορέσουν να το αντιμετωπίσουν, ενώ ταυτόχρονα θεωρούν πως και σε περίπτωση σύγκρουσης η αναμενόμενη σφοδρότητα θα είναι χαμηλή και οι συνέπειες του ατυχήματος μικρές. Αντιθέτως σε μεγάλες ταχύτητες φαίνεται ότι οι οδηγοί έχουν εξαντλήσει τις μέγιστες αντοχές τους στο μέγεθος της ταχύτητας αρκετά πριν πλησιάσουν το όριο αντοχής ή ακόμα και το όριο άνεσης αναφορικά με την πλευρική επιτάχυνση, λαμβάνοντας υπόψη ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα αυξάνεται και η σφοδρότητα μιας ενδεχόμενης σύγκρουσης και οι συνέπειες ενός ενδεχόμενου ατυχήματος είναι μεγάλες.

- Όσον αφορά τις διαμήκεις λειτουργικές επιταχύνσεις, η τιμή των 0.85 m/s^2 που χρησιμοποιείται σε κανονισμούς οδοποιίας είναι μια ρεαλιστική τιμή για την επιτάχυνση κατά την έξοδο από τις καμπύλες. Για την επιβράδυνση πριν από αυτές δεν μπορεί να οριστεί μια συγκεκριμένη τιμή καθώς φαίνεται η επιβράδυνση να εξαρτάται από την καμπυλότητα της επερχόμενης καμπύλης.

- Οι απαιτούμενες μεταβολές ταχύτητας για την είσοδο/έξοδο από τις καμπύλες δεν συντελούνται αυστηρά στα ευθύγραμμα τμήματα που προηγούνται/έπονται των καμπύλων, αλλά συνεχίζονται και εντός αυτών.

- Βάσει των μετρήσεων, οι δεχόμενες από τους οδηγούς επιταχύνσεις είναι χαμηλότερες από αυτές που προκύπτουν από τη βασική σχέση δυναμικής της κυκλοφορίας γεγονός που προσδίδει ένα επιπρόσθετο αίσθημα σιγουριάς με αντίκτυπο την διέλευση από τις καμπύλες με υψηλότερες ταχύτητες από αυτές του σχεδιασμού. Σημειώνεται ότι ένα μέρος της πλευρικής επιτάχυνσης που προκύπτει από τη θεμελιώδη σχέση δυναμικής της κυκλοφορίας φαίνεται να παραλαμβάνεται από το όχημα πριν μεταφερθεί στον οδηγό (πιθανόν μέσω των αναρτήσεων του). Η σημείωση αυτή χρήζει περαιτέρω διερεύνησης και τεκμηρίωσης.

- Τόσο το όριο άνεσης όσο και το όριο αντοχής που έχουν προταθεί από ερευνητές στο παρελθόν (βλ. McGee et al., 1984) τεκμηριώνεται μέσα από την παρούσα έρευνα ότι δεν είναι σταθερά αλλά μεταβάλλονται σημαντικά ανάλογα με την ταχύτητα διέλευσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι για πολύ μικρές ακτίνες/ταχύτητες οι πλευρικές επιταχύνσεις που εμφανίζονται για την V85 αγγίζουν το $0.4 \cdot g$, ενώ για μεγαλύτερες ακτίνες/ταχύτητες οριακά αγγίζουν το $0.15 \cdot g$.

- Υπάρχει σημαντική συσχέτιση των υψηλών εγκάρσιων επιταχύνσεων με τις θέσεις μειωμένης οδικής ασφάλειας και το δείκτη ατυχημάτων, καθώς στις περισσότερες καμπύλες που η λειτουργική επιτάχυνση ξεπερνά τα $0.4 \cdot g$ υπάρχει συγκέντρωση τροχαίων συμβάντων.
- Στις κανιστροειδείς καμπύλες παρατηρείται ασυνέχεια στο προφίλ της εγκάρσιας επιτάχυνσης που παραβιάζει την προσδοκία του οδηγού (driver expectancy) φέρνοντάς τον αντιμέτωπο με απρόσμενες καταστάσεις οι οποίες μπορεί να αποβούν δύσκολα διαχειρίσιμες.
- Η επικινδυνότητα των κανιστροειδών καμπυλών εξαρτάται από τον λόγο ακτίνων των διαδοχικών καμπυλών. Όσο μεγαλύτερος ο λόγος ακτίνων, τόσο μεγαλύτερο το άλμα στην εκμετάλλευση του παρεχόμενου συντελεστή τριβής στην εγκάρσια κατεύθυνση, με ενδεχόμενο αποτέλεσμα ο εναπομένον συντελεστής τριβής για χρήση στην εφαπτομενική κατεύθυνση προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη μείωση ταχύτητας να μην επαρκεί.

6.2 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Κατά την εκπόνηση της παρούσης διπλωματικής εργασίας ανέκυψαν ορισμένοι προβληματισμοί οι οποίοι δεν ήταν δυνατό να διερευνηθούν εις βάθος στα περιορισμένα πλαίσιά της. Προτείνονται λοιπόν τα ακόλουθα θέματα για μελλοντική διερεύνηση.

- Εξέταση της επιρροής της γωνίας θλάσης κύριας πολυγωνικής (deflection angle) στα μοντέλα πρόγνωσης λειτουργικών ταχυτήτων.
- Εξέταση της επιρροής της φοράς της κατά μήκος κλίσης (ανωφέρεια - κατωφέρεια) στα μοντέλα πρόγνωσης λειτουργικών ταχυτήτων.
- Πραγματοποίηση μετρήσεων πλευρικών επιταχύνσεων και με άλλους τύπους οχημάτων, όπως σπορ οχήματα, τζιπ κ.α. προκειμένου να αξιολογηθεί το ποσοστό της πλευρικής επιτάχυνσης που φαίνεται να απορροφάται από τις αναρτήσεις των οχημάτων ανάλογα με τον τύπο του οχήματος.
- Διερεύνηση των πλευρικών επιταχύνσεων που αποδέχονται οι οδηγοί και συσχέτιση με στοιχεία συγκρούσεων, προκειμένου να εξεταστεί κατά πόσον μπορεί να επέλθει σύγκλιση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας (πραγματική οδηγική συμπεριφορά) και της ταχύτητας μελέτης, σε ακτίνες μικρότερες των 300 m.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΚΩΔΙΚΟΣ	Χ.Θ. ΑΡΧΗΣ	Χ.Θ. ΤΕΛΟΥΣ	ΜΗΚΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	R	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ	V85	Ve	ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ I	ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ II				SAFETY MODULE		
										ΑΥΣΟΥΣΑ		ΦΘΙΝΟΥΣΑ		ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ III	ΑΥΣΟΥΣΑ	ΦΘΙΝΟΥΣΑ
Ευθυγράμμιση	E 0-1	0,00	244,19	244,19		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		90		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	E 0-1 / Τέλος αξιολόγησης	ΔΕΝ ΕΣΕΤΑΖΕΤΑΙ			
Καμπύλη	R 1	244,19	337,43	93,24	700			90	ΚΑΛΗ	R 1 / Αρχή αξιολόγησης	ΔΕΝ ΕΣΕΤΑΖΕΤΑΙ	R 2 με R 1	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 1-2	337,43	434,22	96,79		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		90		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 2	434,22	483,75	49,53	2541			101	ΜΕΤΡΙΑ	R 1 με R 2	ΚΑΛΗ	R 3 με R 2	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 2-3	483,75	624,74	140,99		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		90		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 3	624,74	828,27	203,53	1707			101	ΜΕΤΡΙΑ	R 2 με R 3	ΚΑΛΗ	E 3-4 με R 3	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 3-4	828,27	1.122,24	293,97		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		104	ΜΕΤΡΙΑ	R 3 με E 3-4	ΚΑΛΗ	R 4 με E 3-4	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 4	1.122,24	1.388,38	266,14	835			98	ΚΑΛΗ	R 3 με R 4	ΚΑΛΗ	E 4-5 με R 4	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 4-5	1.388,38	1.740,60	352,22		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		104	ΜΕΤΡΙΑ	R 4 με E 4-5	ΚΑΛΗ	R 5 με E 4-5	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 5	1.740,60	2.010,24	269,64	388			92	ΚΑΛΗ	E 4-5 με R 5	ΜΕΤΡΙΑ	R 6 με R 5	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 5-6	2.010,24	2.085,65	75,41		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		90		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 6	2.085,65	2.400,37	314,72	392			92	ΚΑΛΗ	R 5 με R 6	ΚΑΛΗ	R 7 με R 6	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 6-7	2.400,37	2.579,92	179,55		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		90		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 7	2.579,92	3.059,74	479,82	985			98	ΚΑΛΗ	R 6 με R 7	ΚΑΛΗ	E 7-8 με R 7	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 7-8	3.059,74	4.220,08	1.160,34		ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		104	ΜΕΤΡΙΑ	R 7 με E 7-8	ΚΑΛΗ	R 8 με E 7-8	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 8	4.220,08	4.478,94	258,86	227			85	ΚΑΛΗ	E 7-8 με R 8	ΜΕΤΡΙΑ	R 9 με R 8	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 8-9	4.478,94	4.595,86	116,92		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		90		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 9	4.595,86	5.046,83	450,97	492			94	ΚΑΛΗ	R 8 με R 9	ΚΑΛΗ	R 10 με R 9	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 9-10	5.046,83	5.104,89	58,06		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 10	5.104,89	5.232,11	127,22	722			97	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 9 με R 10	ΚΑΛΗ	R 11 με R 10	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 10-11	5.232,11	5.336,39	104,28		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 11	5.336,39	5.427,63	91,24	181			81	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 10 με R 11	ΜΕΤΡΙΑ	R 12 με R 11	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 11-12	5.427,63	5.482,13	54,50		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		74	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 12	5.482,13	5.580,12	97,99	124			74	ΜΕΤΡΙΑ	R 11 με R 12	ΚΑΛΗ	E 12-13 με R 12	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 12-13	5.580,12	5.778,41	198,29		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		81	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 12 με E 12-13	ΚΑΛΗ	R 13 με E 12-13	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 13	5.778,41	5.972,89	194,48	61			57	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	E 12-13 με R 13	ΚΑΛΗ	R 14 με R 13	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 13-14	5.972,89	6.073,42	100,53		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 14	6.073,42	6.158,33	84,91	137			76	ΜΕΤΡΙΑ	R 13 με R 14	ΚΑΛΗ	E 14-15 με R 14	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 14-15	6.158,33	6.377,42	219,09		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		92	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 14 με E 14-15	ΚΑΛΗ	R 15 με E 14-15	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 15	6.377,42	6.798,63	421,21	160			79	ΜΕΤΡΙΑ	E 14-15 με R 15	ΜΕΤΡΙΑ	E 15-16 με R 15	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ
Ευθυγράμμιση	E 15-16	6.798,63	7.186,48	387,85		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		104	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 15 με E 15-16	ΚΑΛΗ	R 16 με E 15-16	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 16	7.186,48	7.312,21	125,73	186			82	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	E 15-16 με R 16	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	E 16-17 με R 16	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 16-17	7.312,21	7.569,56	257,35		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		90	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 16 με E 16-17	ΚΑΛΗ	R 17 με E 16-17	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 17	7.569,56	7.729,00	159,44	73			62	ΚΑΛΗ	E 16-17 με R 17	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 18 με R 17	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 17-18	7.729,00	7.824,51	95,51		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 18	7.824,51	7.965,21	140,70	93			68	ΚΑΛΗ	R 17 με R 18	ΚΑΛΗ	E 18-19 με R 18	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 18-19	7.965,21	8.243,97	278,76		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		87	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 18 με E 18-19	ΚΑΛΗ	R 19 με E 18-19	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 19	8.243,97	8.387,79	143,82	90			67	ΚΑΛΗ	E 18-19 με R 19	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 20 με R 19	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 19-20	8.387,79	8.412,57	24,78		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 20	8.412,57	8.531,86	119,29	223			84	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 19 με R 20	ΚΑΛΗ	R 21 με R 20	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 20-21	8.531,86	8.618,60	86,74		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 21	8.618,60	8.672,72	54,12	100			69	ΚΑΛΗ	R 20 με R 21	ΜΕΤΡΙΑ	R 22 με R 21	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 21-22	8.672,72	8.732,91	60,19		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 22	8.732,91	8.819,72	106,81	70			61	ΚΑΛΗ	R 21 με R 22	ΚΑΛΗ	R 23 με R 22	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 22-23	8.819,72	8.827,98	8,26		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 23	8.827,98	9.043,17	215,19	73			62	ΚΑΛΗ	R 22 με R 23	ΚΑΛΗ	R 24 με R 23	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 23-24	9.043,17	9.124,99	81,82		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 24	9.124,99	9.190,83	65,84	150			78	ΜΕΤΡΙΑ	R 23 με R 24	ΚΑΛΗ	R 25 με R 24	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 24-25	9.190,83	9.258,09	67,26		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 25	9.258,09	9.334,75	76,66	327			90	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 24 με R 25	ΚΑΛΗ	E 25-26 με R 25	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 25-26	9.334,75	9.556,15	221,40		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		99	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 25 με E 25-26	ΚΑΛΗ	R 26 με E 25-26	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 26	9.556,15	9.632,66	76,51	192			82	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	E 25-26 με R 26	ΜΕΤΡΙΑ	R 27 με R 26	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 26-27	9.632,66	9.714,80	82,14		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 27	9.714,80	9.867,24	152,44	98			69	ΚΑΛΗ	R 26 με R 27	ΜΕΤΡΙΑ	R 28 με R 27	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 27-28	9.867,24	9.952,63	85,39		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 28	9.952,63	10.045,28	92,65	103			70	ΚΑΛΗ	R 27 με R 28	ΚΑΛΗ	R 29 με R 28	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 28-29	10.045,28	10.108,56	63,28		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 29	10.108,56	10.175,11	66,55	128			74	ΜΕΤΡΙΑ	R 28 με R 29	ΚΑΛΗ	R 30 με R 29	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 29-30	10.175,11	10.198,95	23,84		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 30	10.198,95	10.283,55	84,60	64			59	ΚΑΛΗ	R 29 με R 30	ΜΕΤΡΙΑ	R 31 με R 30	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 30-31	10.283,55	10.352,96	69,41		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 31	10.352,96	10.444,72	91,76	76			63	ΚΑΛΗ	R 30 με R 31	ΚΑΛΗ	R 32 με R 31	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 31-32	10.444,72	10.553,48	108,76		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμπύλη	R 32	10.553,48	10.751,59	198,11	283			88	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 31 με R 32	ΚΑΛΗ	E 32-33 με R 32	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 32-33	10.751,59	10.998,60	247,01		ΜΕΡΙΚΟΣ ΑΝΕΣΑΡΤΗΤΗ		94	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 32 με E 32-33	ΚΑΛΗ	R 33 με E 32-33	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Καμπύλη	R 33	10.998,60	11.105,15	106,55	95			68	ΚΑΛ							

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΚΩΔΙΚΟΣ	Χ.Θ. ΑΡΧΗΣ	Χ.Θ. ΤΕΛΟΥΣ	ΜΗΚΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	R	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ	V85	Ve	ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ I	ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ II				ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ III	SAFETY MODULE	
										ΑΥΣΟΥΣΑ		ΦΘΙΝΟΥΣΑ			ΑΥΣΟΥΣΑ	ΦΘΙΝΟΥΣΑ
										ΑΥΣΟΥΣΑ	ΦΘΙΝΟΥΣΑ	ΑΥΣΟΥΣΑ	ΦΘΙΝΟΥΣΑ			
Ευθυγράμμιση	E 47-48	13.534,18	13.624,74	90,56		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 48	13.624,74	13.679,33	54,59	127		74	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 47 με R 48	ΚΑΛΗ	E 48-49 με R 48	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 48-49	13.679,33	13.870,70	191,37		ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ	87	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 48 με E 48-49	ΚΑΛΗ	R 49 με E 48-49	ΚΑΛΗ			
Καμτώλη	R 49	13.870,70	13.932,77	62,07	121		73	60	ΜΕΤΡΙΑ	E 48-49 με R 49	ΜΕΤΡΙΑ	R 50 με R 49	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 49-50	13.932,77	14.008,88	76,11		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 50	14.008,88	14.136,02	127,14	119		73	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 49 με R 50	ΚΑΛΗ	R 51 με R 50	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 50-51	14.136,02	14.179,19	43,17		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 51	14.179,19	14.374,15	194,96	126		74	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 50 με R 51	ΚΑΛΗ	R 52 με R 51	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 51-52	14.374,15	14.438,16	64,01		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 52	14.438,16	14.652,21	214,05	147		77	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 51 με R 52	ΚΑΛΗ	R 53 με R 52	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 52-53	14.652,21	14.735,99	83,78		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 53	14.735,99	15.003,19	267,20	150		78	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 52 με R 53	ΚΑΛΗ	R 54 με R 53	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 53-54	15.003,19	15.060,98	57,79		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 54	15.060,98	15.195,47	134,49	70		61	60	ΚΑΛΗ	R 53 με R 54	ΜΕΤΡΙΑ	R 55 με R 54	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 54-55	15.195,47	15.298,10	102,63		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 55	15.298,10	15.529,20	231,10	149		77	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 54 με R 55	ΚΑΛΗ	R 56 με R 55	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 55-56	15.529,20	15.591,01	61,81		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 56	15.591,01	15.657,51	66,50	70		61	60	ΚΑΛΗ	R 55 με R 56	ΜΕΤΡΙΑ	R 57 με R 56	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 56-57	15.657,51	15.782,09	124,58		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 57	15.782,09	15.866,44	84,35	97		69	60	ΚΑΛΗ	R 56 με R 57	ΚΑΛΗ	R 58 με R 57	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 57-58	15.866,44	15.931,50	65,06		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 58	15.931,50	16.023,21	91,71	106		70	60	ΚΑΛΗ	R 57 με R 58	ΚΑΛΗ	R 59 με R 58	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 58-59	16.023,21	16.087,25	64,04		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 59	16.087,25	16.140,54	53,29	100		69	60	ΚΑΛΗ	R 58 με R 59	ΚΑΛΗ	R 60 με R 59	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 59-60	16.140,54	16.197,37	56,83		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 60	16.197,37	16.356,70	159,33	120		73	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 59 με R 60	ΚΑΛΗ	R 61 με R 60	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 60-61	16.356,70	16.402,94	46,24		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 61	16.402,94	16.549,97	147,03	123		74	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 60 με R 61	ΚΑΛΗ	E 61-62 με R 61	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ
Ευθυγράμμιση	E 61-62	16.549,97	16.757,43	207,46		ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ	95	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 61 με E 61-62	ΚΑΛΗ	R 62 με E 61-62	ΚΑΛΗ			
Καμτώλη	R 62	16.757,43	16.924,46	167,03	331		90	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	E 61-62 με R 62	ΚΑΛΗ	E 62-63 με R 62	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 62-63	16.924,46	17.182,66	258,20		ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ	102	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 62 με E 62-63	ΚΑΛΗ	R 63 με E 62-63	ΚΑΛΗ			
Καμτώλη	R 63	17.182,66	17.462,74	280,08	208		83	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	E 62-63 με R 63	ΜΕΤΡΙΑ	R 64 με R 63	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 63-64	17.462,74	17.594,78	132,04		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 64	17.594,78	17.698,99	104,21	112		72	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 63 με R 64	ΜΕΤΡΙΑ	R 65 με R 64	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 64-65	17.698,99	17.762,14	63,15		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 65	17.762,14	17.844,97	82,83	128		74	60	ΜΕΤΡΙΑ	R 64 με R 65	ΚΑΛΗ	E 65-66 με R 65	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ
Ευθυγράμμιση	E 65-66	17.844,97	18.310,36	465,39		ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ	102	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 65 με E 65-66	ΚΑΛΗ	R 66 με E 65-66	ΚΑΛΗ			
Καμτώλη	R 66	18.310,36	18.462,01	151,65	103		70	60	ΚΑΛΗ	E 65-66 με R 66	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 67 με R 66	ΚΑΛΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 66-67	18.462,01	18.566,34	104,33		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 67	18.566,34	18.836,86	270,52	92		67	60	ΚΑΛΗ	R 66 με R 67	ΚΑΛΗ	E 67-68 με R 67	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 67-68	18.836,86	19.123,53	286,67		ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ	94	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 67 με E 67-68	ΚΑΛΗ	R 68 με E 67-68	ΚΑΛΗ			
Καμτώλη	R 68	19.123,53	19.333,45	209,92	206		83	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	E 67-68 με R 68	ΜΕΤΡΙΑ	E 68-69 με R 68	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 68-69	19.333,45	19.529,55	196,10		ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ	96	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 68 με E 68-69	ΚΑΛΗ	R 69 με E 68-69	ΚΑΛΗ			
Καμτώλη	R 69	19.529,55	19.607,57	78,02	214		84	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	E 68-69 με R 69	ΜΕΤΡΙΑ	R 70 με R 69	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 69-70	19.607,57	19.691,32	83,75		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		60		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 70	19.691,32	19.753,28	61,96	183		81	60	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 69 με R 70	ΚΑΛΗ	E 70-71 με R 70	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ
Ευθυγράμμιση	E 70-71	19.753,28	20.066,28	313,00		ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ	104	80	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 70 με E 70-71	ΚΑΛΗ	R 71 με E 70-71	ΚΑΛΗ			
Καμτώλη	R 71	20.066,28	20.116,22	49,94	414		92	80	ΜΕΤΡΙΑ	E 70-71 με R 71	ΜΕΤΡΙΑ	R 72 με R 71	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 71-72	20.116,22	20.214,72	98,50		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		80		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 72	20.214,72	20.250,74	36,02	933		98	80	ΜΕΤΡΙΑ	R 71 με R 72	ΚΑΛΗ	R 73 με R 72	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 72-73	20.250,74	20.391,62	140,88		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		80		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 73	20.391,62	20.635,98	244,36	429		93	80	ΜΕΤΡΙΑ	R 72 με R 73	ΚΑΛΗ	E 73-74 με R 73	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 73-74	20.635,98	20.880,41	244,43		ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ	104	80	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 73 με E 73-74	ΚΑΛΗ	R 74 με E 73-74	ΚΑΛΗ			
Καμτώλη	R 74	20.880,41	20.968,64	88,23	357		91	80	ΜΕΤΡΙΑ	E 73-74 με R 74	ΜΕΤΡΙΑ	R 75 με R 74	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 74-75	20.968,64	21.148,09	179,45		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		80		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 75	21.148,09	21.312,59	164,50	377		91	80	ΜΕΤΡΙΑ	R 74 με R 75	ΚΑΛΗ	E 75-76 με R 75	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ
Ευθυγράμμιση	E 75-76	21.312,59	21.689,24	376,65		ΜΕΡΙΚΩΣ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ	104	80	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ	R 75 με E 75-76	ΚΑΛΗ	R 76 με E 75-76	ΚΑΛΗ			
Καμτώλη	R 76	21.689,24	21.964,94	275,70	490		94	80	ΜΕΤΡΙΑ	E 75-76 με R 76	ΚΑΛΗ	R 77 με R 76	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 76-77	21.964,94	22.137,30	172,36		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		80		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 77	22.137,30	22.417,94	280,64	383		91	80	ΜΕΤΡΙΑ	R 76 με R 77	ΚΑΛΗ	R 78 με R 77	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 77-78	22.417,94	22.558,67	140,73		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ		80		ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			
Καμτώλη	R 78	22.558,67	22.685,18	126,51	328		90	80	ΚΑΛΗ	R 77 με R 78	ΚΑΛΗ	R 78 / Αρχή αξιολόγησης	ΔΕΝ ΕΞΕΤΑΖΕΤΑΙ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
Ευθυγράμμιση	E 78-79	22.685,18	22.888,27	203,09		ΔΕΝ ΕΞΕΤΑΖΕΤΑΙ		80		E 78-79 / Τέλος αξιολόγησης	ΔΕΝ ΕΞΕΤΑΖΕΤΑΙ	ΑΔΙΑΦΟΡΗ	-			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΡΟΧΑΙΩΝ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	Χ.Θ.	ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ 1	ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ 2	ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ 3	ΗΜΕΡΑ/ΝΥΧΤΑ	ΕΙΔΟΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ	ΝΕΚΡΟΙ	ΤΡΑΥΜΑΤΙΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
2514/9/125	23/10/2009	19:10	3+000	Φ	ΙΧ		ΝΥΧΤΑ			2	2
2514/9/94	28/12/2014	18:30	4+200	Φ	Φ		ΝΥΧΤΑ			3	2
2514/9/1	5/1/2016	12:40	4+300	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/75	12/11/2013	07:40	4+300	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		4	1
2514/9/12	31/1/2015	13:45	4+300	Φ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/97	24/8/2009	08:10	4+400	ΙΧ	ΠΟΔ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/148	24/12/2009	13:50	4+400	ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ	ΗΜΕΡΑ			5	3
2514/9/120	20/9/2008	13:45	5+700	ΙΧ	ΠΕΡ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/12	17/1/1999	13:05	5+800	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
224510	19/1/2008	18:00	5+900	Φ	Δ		ΝΥΧΤΑ			2	2
224509	31/1/2006	15:50	5+950	Φ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/57	23/6/2001	08:30	6+000	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/47	28/5/2004	20:30	6+000	Φ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/54	9/6/2010	21:50	6+000	ΙΧ	ΙΧ		ΝΥΧΤΑ			2	2
2514/9/9	26/1/2015	21:00	6+000	ΙΧ			ΝΥΧΤΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/2002	11/12/2002	23:00	6+000	Δ			ΝΥΧΤΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/39	20/4/2001	19:30	6+050	ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ	ΝΥΧΤΑ			2	3
2514/9/81	1/10/2001	11:50	6+200	ΙΧ	ΓΕ		ΗΜΕΡΑ			5	2
2514/9/13	1/2/2001	00:15	6+700	ΙΧ			ΝΥΧΤΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		2	1
2514/9/150	27/12/2008	11:40	7+600	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		2	1
224526	3/4/2005	15:40	7+900	Δ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/44	9/4/2008	16:00	7+900	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/25	13/3/2013	18:40	8+000	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/124	20/12/2001	15:30	8+100	ΙΧ	Φ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/7	14/1/2001	18:30	8+300	ΙΧ	ΙΧ		ΝΥΧΤΑ		1	2	2
2514/9/47	7/5/2006	16:50	8+300	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/86	14/11/2005	16:20	8+500	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		2	1
2514/9/108	24/8/2000	12:00	8+550	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			5	2
2514/9/108	20/8/2008	13:45	8+700	Δ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/122	28/10/2003	18:05	8+700	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/32	8/5/2012	14:55	8+800	Δ	Φ		ΗΜΕΡΑ		1		2
2514/9/137	9/12/2003	12:20	8+800	Δ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/42	21/4/2009	08:30	8+900	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		5	1
2514/9/55	20/6/2001	17:00	9+000	ΙΧ	Φ		ΗΜΕΡΑ		1	5	2
2514/9/33	3/4/2006	17:25	9+000	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			4	2
2514/9/137	15/11/2008		9+000	ΙΧ	ΙΧ					4	2
2514/9/106	3/12/2010	19:20	9+000	ΙΧ	ΙΧ		ΝΥΧΤΑ			2	2
2514/9/20	7/3/2013	11:35	9+000	Φ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/30	19/4/2013	09:50	9+000	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/5	24/2/2014	11:30	9+000	Φ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/87	26/9/2002	10:10	9+100	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/147	17/12/2008	07:25	9+100	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/64	17/8/2005	09:20	9+400	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ		1	2	2
2514/9/115	10/9/2008	12:00	10+200	Δ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/34	11/9/2010	14:00	10+200	Δ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/47	13/5/2001	14:20	10+400	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/65	2/7/2006	16:30	10+400	Φ	Φ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/98	18/9/2006	16:00	10+400	Δ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/4	8/1/2008	09:50	10+500	ΙΧ	ΠΕΡ	ΙΧ	ΗΜΕΡΑ			1	3
2514/9/85	17/7/1999	09:00	10+700	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ	1		1
2514/9/38	27/5/2005	09:20	10+800	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/76	31/8/2002	08:15	11+000	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		4	1
2514/9/82	29/10/2005	12:25	11+100	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		2	1
2514/9/54	26/4/2008	15:40	11+200	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/55	26/4/2008	17:50	11+200	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/93	10/10/2002	13:10	11+400	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/29	8/3/1999	07:00	11+700	ΙΧ	Λ		ΗΜΕΡΑ			1	2

ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	Χ.Θ.	ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ 1	ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ 2	ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ 3	ΗΜΕΡΑ/ΝΥΧΤΑ	ΕΙΔΟΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ	ΝΕΚΡΟΙ	ΤΡΑΥΜΑΤΙΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
2514/9/126	16/12/2004	12:30	11+900	ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ	ΗΜΕΡΑ			4	3
2514/9/64	2/7/2006	13:05	11+900	Δ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/65	2/10/2012	09:05	12+000	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/84	30/12/2015	15:10	12+000	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/61	16/6/2000	21:20	12+100	ΙΧ	ΙΧ		ΝΥΧΤΑ			2	2
2514/9/149	26/12/2008	13:15	12+150	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/36	25/5/2005	13:20	12+400	Φ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			4	2
2514/9/74	1/10/2005	14:55	12+400	ΙΧ	Φ	ΙΧ	ΗΜΕΡΑ			2	3
2514/9/96	26/9/2000	12:30	12+500	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			4	2
2514/9/92	11/12/2005	14:35	12+500	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/95	27/12/2005	09:20	12+500	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/96	28/12/2005	14:25	12+500	ΙΧ	Λ		ΗΜΕΡΑ		1	2	2
2514/9/25	13/3/2006	12:50	12+500	Φ	Φ	ΙΧ	ΗΜΕΡΑ			4	3
2514/9/9	17/3/2011	19:30	12+500	Φ	Φ	ΙΧ	ΝΥΧΤΑ			2	3
2514/9/43	29/4/2006	09:00	12+550	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			5	2
2514/9/94	13/10/2002	16:05	12+550	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/111	8/10/2003	16:40	12+550	ΙΧ	Φ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/93	18/12/2005	20:10	12+550				ΝΥΧΤΑ			1	
2514/9/35	7/4/2006	19:15	12+550	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/63	28/5/2007	17:40	12+550	Δ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ		1		2
2514/9/76	3/8/2003	14:10	12+800	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/140	24/11/2008	15:55	12+800	ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ	ΗΜΕΡΑ			4	3
2514/9/33	24/3/2008	17:50	13+000	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			5	2
224506	4/1/2004	18:10	13+100	ΙΧ	ΙΧ		ΝΥΧΤΑ		1	2	2
2514/9/61	27/6/2003	17:30	13+500	ΙΧ	Λ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/147	12/12/2007	10:00	13+500	Φ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			3	2
2514/9/33	29/3/2004	01:45	13+650	Δ			ΝΥΧΤΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/112	2/9/2008	12:00	14+100	Δ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ	1		1
2514/9/55	1/9/2012	20:15	14+800	Δ			ΝΥΧΤΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/105	20/8/1999	20:45	15+100	Δ			ΝΥΧΤΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		2	1
2514/9/73	3/11/2015	00:25	15+100	Φ	ΙΧ		ΝΥΧΤΑ			1	2
2514/9/43	18/5/2003	17:15	15+150	Δ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/9	5/2/2006	21:10	16+500	ΙΧ	ΙΧ		ΝΥΧΤΑ			2	2
2514/9/57	23/6/2006	18:00	16+600	ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ	ΗΜΕΡΑ			2	3
2514/9/51	29/4/2007	18:40	16+700	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			1	2
2514/9/138	5/12/2009	12:55	17+600	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/39	18/4/2010	10:25	17+800	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/51	1/6/2010	15:15	17+800	ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ	ΗΜΕΡΑ			5	3
2514/9/129	27/10/2007	17:10	18+000	Φ			ΗΜΕΡΑ	ΠΑΡΑΣΥΡΣΗ ΠΕΖΟΥ		1	1
2514/9/30	29/5/2014	03:30	18+000	ΙΧ	Φ		ΝΥΧΤΑ			2	2
2514/9/118	16/10/2003	21:00	18+400	ΙΧ	Φ		ΝΥΧΤΑ			2	2
2514/9/36	31/3/2007	13:45	18+700	ΗΜΕΡΑ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/53	7/10/2011	18:10	18+700	Δ	ΙΧ	ΙΧ	ΗΜΕΡΑ			1	3
2514/9/55	26/4/2008	17:50	18+800	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/67	9/7/2006	14:00	18+800	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		2	1
2514/9/28	7/3/2004	08:30	19+200	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/76	10/10/2005	23:40	19+300	Φ	Φ		ΝΥΧΤΑ		1		2
2514/9/84	14/8/2003	15:15	19+600	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΠΑΡΑΣΥΡΣΗ ΠΕΖΟΥ		1	1
2514/9/70ΣΤ	5/8/2002	20:30	19+700	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΠΑΡΑΣΥΡΣΗ ΠΕΖΟΥ	1		1
2514/9/141	25/11/2008	16:40	19+700	ΙΧ	ΙΧ		ΗΜΕΡΑ			2	2
2514/9/88	20/11/2005	18:50	20+100	ΙΧ			ΝΥΧΤΑ	ΠΑΡΑΣΥΡΣΗ ΠΕΖΟΥ		2	1
2514/9/121	21/9/2008	06:15	21+500	ΙΧ			ΝΥΧΤΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		1	1
2514/9/560	6/5/2002	10:40	22+200	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΕΚΤΡΟΠΗ		2	1
2514/9/581	13/10/2001	12:45	22+500	ΙΧ			ΗΜΕΡΑ	ΠΑΡΑΣΥΡΣΗ ΠΕΖΟΥ	1		1

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexander, G.J. and Lunenfeld, H., April 1986. *Driver Expectancy in Highway Design and Traffic Operations*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- American Association of State Highway and Transportation Officials, 2004. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. 5th Edition, Washington, D.C.
- Bonneson J., Pratt, M., Miles, J. and Carlson P., 2007 *Development of Guidelines for Establishing Effective Curve Advisory Speeds*. Report FHWA/TX-07/0-5439-1, Texas Department of Transportation, Austin, Texas.
- Carlson, P.J., Mason, J.M. January 1999. Relationship Between Ball Bank Indicator Readings, Lateral Acceleration Rates and Vehicle Body-Roll Rates. *Transportation Research Record*, 1658. Washington DC: Transportation Research Board.
- Chowdhury, M.A., Warren, D.L., Bissell, H. December 1991. Analysis of Advisory Speed Setting Criteria. *Public Roads*, Vol. 55, No. 3.
- Deacon, J., 1986. Relationship Between Accidents and Horizontal Curvature. In:TRB, 1987. *Designing Safer Roads: Practices for Resurfacing, Restoration, and Rehabilitation*. SR214. Washington D.C.: Transportation Research Board National Research Council, pp. 256-264.
- Ebersbach, D. 2007. *Geschwindigkeitsprognose in Fahrzeugen: entwurfstechnische Grundlagen*. VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken, Germany.
- Ellis, N. C., June 1972. *Driver Expectancy: Definition for Design*. Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station, Texas.
- Fitzpatrick, K., Elefteriadou, L., Harwood, D., Collins, J., McFadden, J., Anderson, I., Krammes, R., Irizarry, N., Parma, K., Passetti, K. and Bauer, K. June, 1999. *Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways*. Final Report FHWA-RD-99-171. Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Fitzpatrick, K., Wooldridge, M.D., Tsimhoni, O., Collins, J.M., Green, P., Bauer, K.M., Parma, K., Koppa, R., Harwood, D.W., Anderson, I., Krammes, R.A. and Poggioli, B. 2000. *Alternative Design Consistency Rating Methods for Two-Lane Rural Highways*. Report FHWA-RD-99-172, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Freund, R.J., Wilson, W.J.1993. *Statistical Methods*. Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich. San Diego, California.
- Garber, N.J., Gadiraju, R. April 1989. Factors Affecting Speed Variance and Its Influence on Accidents. *Transportation Research Record*, 1213. Washington D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.
- Glascoock, S.W. May 1991. *Relating Geometric Design Consistency and Accident Experience on Two-Lane Rural Highways*. M.S. Thesis, Texas A&M University, College Station, Texas.
- Glennon, J.C., 1987. Effect of Alignment on Highway Safety. In:TRB, 1987. *Relationship Between Safety and Key Highway Features*. State of the Art Report 6. Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council, pp.48-63.
- Glennon, J.C., Harwood, D.W. 1978. Highway Design Consistency and Systematic Design Related to Highway Safety. *Transportation Research Record*, 681. Washington, D.C.:

Transportation Research Board, National Research Council.

Glennon, J.C., Neuman, T.R. and Leisch, J.E. December 1985. *Safety and Operational Considerations for Design of Rural Highway Curves*. Report No. FHWA-RD-86-035, Federal Highway Administration, Virginia.

Hauer E. 1997. *Highway 407 Safety Review*. Professional Engineers Ontario, Toronto, Canada. (www.peo.on.ca)

Hugemann, W. and Nicke, M. Longitudinal and lateral accelerations in normal day driving. In: Institute of Traffic Accident Investigators, *Proceedings of the Institute of Traffic Accident Investigators Conference (ITAI '03)*, Stratford-Upon-Avon, UK, September 2003

Kanellaidis, G. Jan./Feb. 1996. Human Factors in Highway Geometric Design. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 122, No. 1, American Society of Civil Engineers.

Knowles, W.B. 1963. Operator Loading Tasks. *Human Factors*, Vol. 5, Issue 2.

Krammes, R., Brackett, R.O., Shafer, M., Ottesen, J., Anderson, I., Fink, K., Collins, K., Pendleton, O. and Messer, C. 1995. *Horizontal Alignment Design Consistency for Rural Two-Lane Highways*. FHWA-RD-94-034. Federal Highway Administration, Washington, D.C.

Krammes, R.A. and Garnham, M.A. Review of Alignment Design Policies Worldwide. In: *Proceedings of the International Symposium on Highway Geometric Design Practices*, Boston, Massachusetts, August 1995

Krammes, R.A. and Glascock, S.W. 1992. Geometric Inconsistencies and Accident Experience on Two-Lane Rural Highways. *Transportation Research Record*, 1356, Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.

Lamm, R. and Choueiri, E.M. 1987. Recommendations for Evaluating Horizontal Design Consistency Based on Investigations in the State of New York. Geometric Design and Operational Effects. *Transportation Research Record*, 1122, Washington, D.C.: Transportation Research Board.

Lamm, R., Psarianos, B. and Mailänder, T. Safety Evaluation Processes for Two-Lane Rural Roads. In: McGraw-Hill, 1999. *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill.

Lamm, R., Psarianos, B. and Mailänder, T. Driving Dynamics and Safety Criterion III. In: McGraw-Hill, 1999. *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill.

Lave, C. 1985. Speeding, Coordination, and the 55 MPH Limit. *American Economic Review*, Volume 75.

Lindeman, H.P. and Ranft, B. Speed on Curves. In: ETHZ Institute for Traffic Planning and Transport Engineering, 1978. *EDI Research Contract 3/77*. 1st Partial Report, Zurich, Switzerland.

McGee, H.W., Rizzo, R.S. and Tustin, B. 1984. *Highway Design and Operation Standards Affected by Vehicle Characteristics*. Final Report to Federal Highway Administration.

McLean, J. 1981. Driver Speed Behaviour and Rural Road Alignment Design. *Traffic Engineering and Control*, Vol. 22, No. 4, London, UK.

Messer, C. J., Mounce, J. M. and Brackett, R.Q. 1979. *Highway Geometric Design Consistency Related to Driver Expectancy*. Report FHWA-RD-79-35, Federal Highway Administration, Washington, D.C.

Messer, C.J. 1980. Methodology for Evaluating Geometric Design Consistency. Facility Design and Operational Effects. *Transportation Research Record*, 757, Washington D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.

Montella, A., Galante, F., Mauriello, F. and Aria, M. (2015). Continuous Speed Profiles to Investigate Drivers' Behaviour on Two-Lane Rural Highways. In: TRB (Transportation Research Board), *Proceedings of the 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington D.C., USA 11-15 January 2015.

Navin, F. Some Factors in the Design of Rural Highway Curves. In: TRB (Transportation Research Board), *Proceedings of the 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington D.C., USA 11-15 January 2015.

Psarianos, B. and Garcia, A. Speed Models In Europe. In: Transportation Research Board, 2011. *Transportation Research Circular. Modeling Operating Speed. Synthesis Report*. Washington D.C.: Transportation Research Board.

Polus, A. October 1980. The Relationship of Overall Geometric Characteristics to the Safety Level of Rural Highways. *Traffic Quarterly*, Vol. 34, No. 4.

RIPCORDER (2008). *Safety Performance Function*. RIPCORDER – ISEREST Consortium, Deliverable D.10.

Senders, J.W. The Estimation of Operator Workload in Complex Systems. In: K. DeGreene, 1970. *Systems Psychology*, New York: McGraw-Hill.

Smith, S., Purdy, J. and McGee, H. June 1983. *Identification, Quantification, and Structuring of Two-Lane Rural Highway Safety Problems and Solutions, Volumes I and II*. Report No. FHWA-RD-83-021,83-022, Federal Highway Administration, Virginia.

Taylor, M.A., Young, W. and Bonsall, P.W. 1996. *Understanding Traffic Systems: Data Analysis and Presentation*. Aldershot, England: Avebury Technical Publishing.

Taylor, W.C. 1965. Speed Zoning: A Theory and Its Proof. *Traffic Engineering*, Vol.34, No.12.

The SENSOR Project. 2014. *SENSOR Star Rating Report - GREECE* (www.sensorproject.eu)

Transportation Research Board, National Research Council. 1984. *55: A Decade of Experience*. Special Report 204, Washington, D.C.

Voigt, A.P., Fenno, D.W., Borchardt, D.W. October 2002. *Evaluation of Vehicle Speeds on Freeway to Freeway Connector Ramps in Houston*. FHWA/TX-03-4318-1, Texas Transportation Institute, College Station, TX.

Warren, D.L. Speed Zoning and Control. In: FHWA, 1982. *Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements*. Volume 2, Chapter 17, . Report No. FHWA-TS-82-233. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

Wooldridge, M., Fitzpatrick, K., Harwood, D.W., Potts, I.B., Elefteriadou, L. and Torbic, D.J. 2003. *NCHRP Report 502: Geometric Design Consistency on High-Speed Rural Two-Lane Roads*. Washington D.C.: Transportation Research Board.

Wooldridge, M.D. 1994. Design Consistency and Driver Error. *Transportation Research Record*, 1445, Washington D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.

World Health Organization. 2004. *World report on road traffic injury prevention*. Geneva, Switzerland.

Zeeger, C., Stewart, J. and Council, F. 1991. *Cost-Effective Geometric Improvements for Safety Upgrading of Horizontal Curves*. Report No. FHWA-RD-90-021, Federal Highway Administration, Virginia.

Zeeger, C., Twomey, J., Heckman, M. and Hayward, J. 1992. *Safety Effectiveness of Highway Design Features Volume II, Alignment*. Report No. FHWA-RD-91-045, Federal Highway Administration, Washington, D.C.

Αποστολέρης, Κ. και Μερτζάνης, Φ. (2015). Εντοπισμός δυνητικών θέσεων τροχαίων ατυχημάτων σε υφιστάμενο οδικό δίκτυο αναφορικά με τη γεωμετρία της οδού. *6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας*, Αθήνα, Ελλάδα 12-13 Μαρτίου 2015.

Βασιλάς, Α. *Ανάπτυξη λογισμικού για ψηφιακή απόδοση της χάραξης υφιστάμενης οδού*, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 2013.

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ), Τεύχος 3: Χαράξεις, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας, 2001.