



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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ
ΛΩΡΙΔΩΝ ΒΡΑΔΥΠΟΡΙΑΣ ΒΑΡΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
ΣΕ ΟΔΟΥΣ ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΣΙΔΕΡΙΔΗΣ – 06117067

Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ



ΔΗΛΩΣΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Δηλώνω ότι η διπλωματική αυτή εργασία αποτελεί στο σύνολο της δική μου εργασία, και κανένα τμήμα της δεν έχει χρησιμοποιηθεί για την κτήση άλλου τίτλου σπουδών. Όπου έχει χρησιμοποιηθεί υλικό από άλλες πηγές, αυτές έχουν αναφερθεί με ακρίβεια και πληρότητα.

Όνοματεπώνυμο Φοιτητή

Δημήτριος Σιδερίδης

Υπογραφή Φοιτητή



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση των απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα και η ανάπτυξη λογισμικού για τον εντοπισμό των τμημάτων του οδικού άξονα στα οποία πληρούνται οι απαιτήσεις προσθήκης λωρίδας σε μία οδό. Η ανάγκη ανάπτυξης ενός τέτοιου λογισμικού θεωρείται υψηλής σημαντικότητας, καθώς τα σύγχρονα προγράμματα σχεδιασμού οδοποιίας δεν καλύπτουν την παραπάνω ανάγκη. Σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα παρατηρούνται θέσεις στις οποίες τα βαρέα οχήματα κινούνται με σημαντικά χαμηλότερη ταχύτητα από τους υπόλοιπους χρήστες της οδού. Ανάλογα την κατηγορία της οδού, σε κάποιες περιπτώσεις η διαφορά της λειτουργικής ταχύτητας της οδού με την ταχύτητα των βαρέων οχημάτων χαμηλώνει το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού. Ως αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου οι οδηγοί αναγκάζονται να προσπεράσουν εκθέτοντας τον εαυτό τους σε κίνδυνο ατυχήματος ή δημιουργούνται καθυστερήσεις στο οδικό τμήμα. Για να αποφευχθούν αυτά τα φαινόμενα, προτείνεται από τους περισσότερους κανονισμούς σχεδιασμού οδοποιίας, να προστίθεται μία επιπλέον λωρίδα κυκλοφορίας σε περιοχές της εκάστοτε οδού όπου παρατηρείται μεγάλη διαφορά μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας της οδού και της ταχύτητας βαρέων οχημάτων. Στην παρούσα διπλωματική έχουν ληφθεί υπόψη οι ελληνικοί κανονισμοί (ΟΜΟΕ) και κατ' επέκταση οι Γερμανικοί κανονισμοί (RAL) πάνω στους οποίους στηρίχτηκαν, οι αμερικάνικοι κανονισμοί (AASHTO) και οι κανονισμοί των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων. Η διαφορά των κανονισμών προκύπτει από τα διαφορετικά μοντέλα υπολογισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων που έχουν υπολογιστεί από την εκάστοτε μελετητική ομάδα. Για την διπλωματική εργασία χρειάστηκαν να χρησιμοποιηθούν όλοι οι προαναφερθέντες κανονισμοί και τα διαφορετικά αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν από τις διαφορετικές λύσεις έχουν αξιολογηθεί. Στις σύγχρονες μελέτες οδοποιίας οι εκάστοτε μελετητές χρησιμοποιούν τα διαγράμματα ταχυτήτων από τους ανάλογους κανονισμούς και προσεγγίζουν την διαφορά των ταχυτήτων μεταξύ βαρέων οχημάτων και των υπόλοιπων χρηστών της υπό μελέτης οδού. Όμως οι ταχύτητες των βαρέων οχημάτων προκύπτουν από διαγράμματα με μεγάλη κλίμακα, γεγονός που προκαλεί χρονοβόρες πράξεις και αποτελέσματα με χαμηλή ακρίβεια. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, για την ποιοτικότερη ανάλυση του φαινομένου διαφοράς ταχυτήτων εκπονήθηκε λογισμικό εντοπισμού των περιοχών όπου η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων κρίνεται αναγκαία. Το πρόγραμμα υλοποιήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού C++ και δίνει στον χρήστη την επιλογή να εντοπίσει τις χιλιομετρικές θέσεις σε ένα οδικό τμήμα για την προσθήκη λωρίδας κυκλοφορίας με την χρήση των Ελληνικών (άρα και των Γερμανικών), των Αμερικάνικων και των κανονισμών των ΗΑΕ. Τα αποτελέσματα του προγράμματος ελέγχθηκαν από επίσημη μελέτη χάραξης οδικού άξονα σε ορεινή περιοχή της Ελλάδας και κρίθηκαν ορθά.

ABSTRACT

The subject of the current thesis is to define the criteria for adding a truck-climbing lane on a two-lanes highway and to develop a software that is able to export the parts of a road where a truck-climbing lane is required. There is a great need to develop a software like this because there is no other software sold in the market and because it can operate the same way. There might be parts of a two-lanes highway where heavy vehicles move slower than all the other drivers. Depending on the road the difference between the speed of heavy vehicles and other drivers can cause the level of service to decrease. As a result, the travel time of the road might increase and road might not be efficient. As a solution for this phenomenon is being suggested by the most guidelines of road design, that an extra lane must be added to the parts of the road where the speed of heavy vehicles might be lower than the others. This type of lane is being called a truck-climbing lane and can help to avoid traffic congestions and increased travel time because of the presence of heavy vehicles on a two-lanes highway. In the current thesis have been taken on account the criteria of the Greek road design guidelines (OMOE), the American road design guidelines (AASHTO) and the guidelines of the government of Abu Dhabi. The difference between those guidelines is due to the different models to determine the speed of heavy vehicles and due to the criteria used to design a truck-climbing lane.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	0
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	14
Λειτουργική κατάταξη οδού	14
Καθοριστικές ταχύτητες	15
Γεωμετρικά στοιχεία οδού	16
Λειτουργική Ταχύτητα	22
Λωρίδες βραδυπορίας βαρέων οχημάτων	34
Επιλογή γλώσσας πραγματισμού για τον σχεδιασμό του λογισμικού	42
3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	43
Μοντελοποίηση διαγραμμάτων υπολογισμού ταχύτητας βαρέων οχημάτων των κανονισμών	44
Διαγράμματα ελληνικών οδηγιών :	51
Διαγράμματα αμερικάνικων οδηγιών	62
Διαγράμματα κανονισμών ΗΑΕ	74
Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού ελέγχου	86
Προσδιορισμός ταχύτητας βαρέων οχημάτων και θέσεις επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας της οδού ελέγχου	91
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	93
Εισαγωγή Δεδομένων	94
Υπολογισμός ταχύτητας βαρέως οχήματος μελέτης	96
Έλεγχος απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας	101
Τελικός προσδιορισμός επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας	103
Τελικά αποτελέσματα – αρχεία	104
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	107
Αποτελέσματα παραχωρημένης προμελέτης	107
Αποτελέσματα μεθοδολογίας με ελληνικούς κανονισμούς	108
Αποτελέσματα μεθοδολογίας με αμερικάνικους κανονισμούς	111
Αποτελέσματα μεθοδολογίας με κανονισμούς Άμπου Ντάμπι	114
Συγκεντρωτικά διαγράμματα	117
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	120
• Αναφορές	122
• ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΑΡΧΕΙΟ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ ΟΔΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	123
• ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΟΔΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	124

- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΟΠΩΣ ΑΥΤΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ 126
 - Τα παρακάτω δεδομένα είναι σε μορφή στην οποία χρησιμοποιούνται από το λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία. Προκύπτουν από το λογισμικό κατά την εισαγωγή των δεδομένων από αρχεία του λογισμικού <<ΟΔΟΣ>> και δεν δύναται να επεξεργαστούν. 126
 - ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΗΚΟΤΟΜΗ 126
 - ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ 126
 - ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΟΔΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ 128
- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΚΩΔΙΚΑΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ C++ 129

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2-1: Λειτουργική κατάταξη οδών βάσει κανονισμών (ΟΜΟΕ-Χ)	15
Πίνακας 2-2: Γεωμετρικά στοιχεία των οδικών τμημάτων μέτρησης της μελέτης (OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS)	30
Πίνακας 2-3: Προσδιορισμός επιπέδου εξυπηρέτησης βάσει των οδηγιών HCM για οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας	34
Πίνακας 2-4: Αντιστοιχία v/c με το επίπεδο εξυπηρέτησης (Chao Gao, 2020)	38
Πίνακας 2-5: Προσδιορισμός παραμέτρων a,b βάσει των ΟΜΟΕ τεύχος 5.....	40
Πίνακας 3-1: Προσδιορισμός ταχύτητας βαρέος οχήματος μελέτης και διαδρομής για κλίση πολυγωνικής ερυθράς S=7% με ελληνικούς κανονισμούς ΟΜΟΕ	45
Πίνακας 3-2: Προσδιορισμός ταχύτητας βαρέος οχήματος μελέτης και διαδρομής για κλίση πολυγωνικής ερυθράς S=7% με αμερικάνικους κανονισμούς AASHTO	46
Πίνακας 3-3: Προσδιορισμός ταχύτητας βαρέος οχήματος μελέτης και διαδρομής για κλίση πολυγωνικής ερυθράς S=7% με τους κανονισμούς των ΗΑΕ	48
Πίνακας 3-4: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών ΟΜΟΕ-ΠΛΚ (επιβράδυνση).....	55
Πίνακας 3-5: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών ΟΜΟΕ-ΠΛΚ (επιτάχυνση)	62
Πίνακας 3-6: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών AASHTO (επιβράδυνση)	66
Πίνακας 3-7: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών AASHTO (επιτάχυνση)	74
Πίνακας 3-8: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών ΗΑΕ (επιβράδυνση).....	78
Πίνακας 3-9: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών ΗΑΕ (επιβράδυνση).....	86
Πίνακας 4-1: Μορφή στοιχείων μηκοτομής για την εισαγωγή στο λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία.....	95

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 2-1: Παράδειγμα απο ομόρροπες καμπύλες.....	17
Σχήμα 2-2: Παράδειγμα απο αντίρροπες καμπύλες.....	17
Σχήμα 2-3: Σχέση διαδοχικών ακτίνων κυκλικών τόξων για οδούς ομάδων A,BI,BII των κανονισμών ΟΜΟΕ-Χ.....	18
Σχήμα 2-4: Διάγραμμα των κανονισμών ΟΜΕΟ-Χ στο οποίο παρατηρείται το πόσο επηρεάζεται η λειτουργική ταχύτητα μίας οδού απο την ελικτότητα της οδού.....	22
Σχήμα 2-5: Διαγράμματα ταχύτητας βαρέος οχήματος ΟΜΟΕ 5ο τεύχος - ΠΛΚ.....	25
Σχήμα 2-6: Διαγράμματα ταχύτητας βαρέων οχημάτων βάσει των κανονισμών των ΗΑΕ.....	26
Σχήμα 2-7: Διαγράμματα επιβράδυνσης της ταχύτητας βαρέων οχημάτων των κανονισμών ΑΑSΗΤΟ.....	27
Σχήμα 2-8: Διαγράμματα επιτάχυνσης της ταχύτητας βαρέων οχημάτων των κανονισμών ΑΑSΗΤΟ.....	28
Σχήμα 2-9: Υπολογισμένη V85 και V15 των μετρήσεων της μελέτης (OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS).....	31
Σχήμα 2-10: Διάγραμμα καμπυλότητας του συνολικού εξεταζόμενου οδικού τμήματος της μελέτης (OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS).....	32
Σχήμα 2-11: Μηκοτομή του συνολικού εξεταζόμενου οδικού τμήματος της μελέτης (OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS).....	32
Σχήμα 2-12: Μεταβολή του επίπεδου εξυπηρέτησης βάσει της λειτουργικής ταχύτητας της οδού από τους κανονισμούς των ΗΑΕ.....	35
Σχήμα 2-13: Διάγραμμα επιρροής του φόρτου των βαρέων οχημάτων στην μέση ταχύτητα της οδού (Chao Gao, 2020).....	37
Σχήμα 2-14: Διάγραμμα επιρροής του φόρτου των βαρέων οχημάτων στην μέση ταχύτητα των αυτοκινήτων (Chao Gao, 2020).....	37
Σχήμα 3-1: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΟΜΟΕ για κλίση πολυγωνικής ερυθράς S=7%.....	45
Σχήμα 3-2: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΑΑSΗΤΟ για κλίση πολυγωνικής ερυθράς S=7%.....	47
Σχήμα 3-3: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΗΑΕ για κλίση πολυγωνικής ερυθράς S=7%.....	48
Σχήμα 3-4: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΟΜΟΕ.....	52
Σχήμα 3-5: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΟΜΟΕ.....	52
Σχήμα 3-6: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΟΜΟΕ.....	53
Σχήμα 3-7: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΟΜΟΕ.....	54

Σχήμα 3-54: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ	82
Σχήμα 3-55: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ	82
Σχήμα 3-56: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ	83
Σχήμα 3-57: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ	83
Σχήμα 3-58: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ	84
Σχήμα 3-59: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ	85
Σχήμα 3-60: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ	85
Σχήμα 3-61: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ	86
Σχήμα 3-62: Διάγραμμα λειτουργικής ταχύτητας κατά μήκος της οδού ελέγχου.....	91
Σχήμα 5-1: Εξέλιξη ταχύτητας βάσει της παραχωρημένης προμελέτης	108
Σχήμα 5-2: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών ΟΜΟΕ	109
Σχήμα 5-3: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών ΟΜΟΕ (χρήση στιγμιαίας κλίσης ερυθράς).....	110
Σχήμα 5-4: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών AASHTO	111
Σχήμα 5-5: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών AASHTO (χρήση κλίσης ερυθράς)	113
Σχήμα 5-6: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών των ΗΑΕ	114
Σχήμα 5-7: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών Τt ABU DHABI (χρήση κλίσης ερυθράς)	116
Σχήμα 5-8: Συγκεντρωτικός πίνακας λειτουργικής ταχύτητας βαρέων οχημάτων όπως αυτές προσδιορίστηκαν απο το λογισμικό της παρούσας εργασίας.....	118
Σχήμα 5-9: Συγκεντρωτικό διάγραμμα προτεινόμενων θέσεων λωρίδας βραδυπορίας βάση των εκάστοτε κανονισμών	119

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση των απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα και η ανάπτυξη λογισμικού για τον εντοπισμό των χιλιομετρικών θέσεων μεταξύ των οποίων πληρούνται οι απαιτήσεις προσθήκης λωρίδας σε μία οδό. Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής σχεδιάστηκε λογισμικό ικανό να προσδιορίσει τις απαιτήσεις προσθήκης λωρίδας σε ένα οδικό τμήμα. Για τον ορθό σχεδιασμό του λογισμικού εξετάστηκαν κανονισμοί διαφορετικών χωρών και επιλέχθηκαν τα κατάλληλα δεδομένα και μέθοδοι. Τα αποτελέσματα του λογισμικού έχουν αξιολογηθεί και επιπλέον στα πλαίσια της διπλωματικής έχει πραγματοποιηθεί και μία μελέτη βελτίωσης της μεθόδου προσδιορισμού των ταχυτήτων των βαρέων οχημάτων.

Κατά την λειτουργία μίας οδού παρατηρούνται περιοχές μείωσης του επιπέδου εξυπηρέτησης ή του δείκτη ασφαλείας εξαιτίας των βαρέων οχημάτων. Αναλυτικότερα, τα βαρέα οχήματα κινούνται με μικρότερη ταχύτητα από τους υπόλοιπους χρήστες της οδού, ειδικά σε περιοχές με έντονη ανωφέρεια η διαφορά αυτή μεγιστοποιείται και γίνεται αισθητή. Παρατηρούνται, λοιπόν χιλιομετρικές θέσεις σε μία οδό μεταξύ των οποίων η διαφορά των ταχυτήτων μεταξύ βαρέων οχημάτων και υπολοίπων χρηστών προκαλεί κυκλοφοριακή συμφόρηση. Φαινόμενο που προκαλείται καθώς η ελαττωμένη ταχύτητα ενός βαρέως οχήματος εξαναγκάζει τους υπόλοιπους χρήστες της οδού να παραμείνουν πίσω από το βαρύ όχημα, να μειώσουν εξίσου την ταχύτητα τους με αυτό και να σχηματιστεί εν τέλει ουρά οχημάτων. Το αποτέλεσμα είναι με την αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης να μειώνεται η στάθμη εξυπηρέτησης μίας οδού. Εκτός της αύξησης χρόνου διάσχισης της οδού, αυξάνεται και η επικινδυνότητα της οδού. Γεγονός που παρατηρείται όταν η διαφορά ταχύτητας μεταξύ βαρέων οχημάτων των υπολοίπων χρηστών της οδού είναι αρκετά μεγάλη. Οπότε είναι πιθανό ένας οδηγός ΙΧ να μην προλάβει να μειώσει ταχύτητα εγκαίρως. Επιπλέον, σε οδούς με ενιαίο οδόστρωμα και μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση είναι πιθανό οι οδηγοί να επιχειρήσουν την προσπέραση του βαρέως οχήματος σε περιοχές χωρίς επαρκή ορατότητα και να προκληθεί ατύχημα. Για αυτό τον λόγο η παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται σε οδούς οι οποίες εμπίπτουν στην προαναφερόμενη κατηγορία οδών, καθώς οι οδηγοί εκθέτονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο και το υπό εξέταση φαινόμενο παρουσιάζεται συχνά.

Απαιτείται, λοιπόν, κατά την χάραξη μίας οδού να προβλέπονται οι θέσεις που τα βαρέα οχήματα ελαττώνουν σημαντικά την ταχύτητα τους, ώστε να λαμβάνονται ανάλογα μέτρα. Τα μέτρα που λαμβάνονται μπορεί να είναι διαφορετικά σε κάθε περίπτωση και ο εκάστοτε μηχανικός να αποφασίζει με την προσωπική του κρίση. Παρόλα αυτά, προτείνεται από τους κανονισμούς, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής, η προσθήκη μίας επιπλέον λωρίδας βραδυπορίας στο ρεύμα στο οποίο εντοπίζονται μεγάλες διαφορές ταχύτητας μεταξύ των βαρέων οχημάτων και των υπολοίπων χρηστών της οδού. Η επιλογή των χιλιομετρικών θέσεων μεταξύ των οποίων γίνεται η προσθήκη της λωρίδας αναλύεται στην παρούσα διπλωματική. Έχει προκύψει ύστερα από την μελέτη των αμερικάνικων κανονισμών (AASHTO), των ελληνικών κανονισμών (ΟΜΟΕ), των γερμανικών κανονισμών (RAL) και των κανονισμών των ΗΑΕ.

Κατά την διαδικασία της μελέτης μίας οδού ο προσδιορισμός των χιλιομετρικών θέσεων στις οποίες τα βαρέα οχήματα πρόκειται να ελαττώσουν σημαντικά την ταχύτητα τους εκπονεύεται με συμβατικές μεθόδους. Αναλυτικότερα, βάσει των ισχυόντων κανονισμών κατά την διάρκεια της μελέτης προσδιορίζεται η ταχύτητα ενός βαρέος οχήματος δειγματοληπτικά σε όλο το εύρος της χάραξης. Ο υπολογισμός αυτής της ταχύτητας γίνεται μέσω διαγραμμάτων που παρέχονται από τους κανονισμούς. Κάποιοι κανονισμοί (π.χ. AASHTO) περιέχουν διαγράμματα τα οποία έχουν εκπονηθεί πρόσφατα και αντιπροσωπεύουν τις σύγχρονες συνθήκες με μεγαλύτερη ακρίβεια από άλλους (όπως ΟΜΟΕ). Ο υπολογισμός της ταχύτητας γίνεται βάσει της κλίσης της οδού και της διαδρομής την οποία έχει διανύσει το όχημα επί της ερυθράς με σταθερή κλίση (λαμβάνεται υπόψη η κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς). Επιπλέον, υπολογίζεται η διαφορά με την λειτουργική ταχύτητα της οδού σε αυτά τα σημεία. Σε περίπτωση που αυτή η διαφορά ξεπερνάει τα όρια τα οποία θέτονται από τους κανονισμούς οι οποίοι είναι εν ισχύ, τότε αυτή η θέση επιλέγεται ως αφετηρία της επιπρόσθετης λωρίδας. Αντίστοιχα, όταν η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων αυξηθεί και επανέλθει στην αποδεκτή τιμή, επιλέγεται αυτή η θέση ως τέλος της επιπρόσθετης λωρίδας. Αφού, υπολογιστούν οι περιοχές στις οποίες απαιτείται επιπρόσθετη λωρίδα, πραγματοποιείται ένας επιπλέον έλεγχος, ώστε να διαπιστωθεί εάν αυτή η λωρίδα είναι αναγκαία για το έργο. Η διαπίστωση αυτή γίνεται με τον έλεγχο του μήκους της υπό εξέταση λωρίδας. Εάν για παράδειγμα, η διαφορά μεταξύ της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων και της λειτουργικής ταχύτητας της οδού παρατηρείται μεταξύ δυο ΧΘ, οι οποίες απέχουν σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Τότε δεν κρίνεται αναγκαία η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας. Σημειώνεται επίσης, ότι σε οδικά τμήματα στα οποία το ποσοστό της κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων είναι μικρότερο από κάποιες τιμές οι οποίες προτείνονται από τους εκάστοτε κανονισμούς, τότε δεν είναι αναγκαία η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας.

Όμως, κατά την διάρκεια μίας μελέτης οι τιμές της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων υπολογίζονται με συμβατικές μεθόδους και απαιτούν πολύ χρόνο, ελαττώνοντας παράλληλα την ακρίβεια του αποτελέσματος. Αναλυτικότερα, η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων προκύπτει από διαγράμματα τα οποία σε όλους τους κανονισμούς βρίσκονται σε μεγάλη κλίμακα. Άρα ένας μελετητής προσδιορίζει την ταχύτητα του βαρέος με σφάλμα ίσως και μονάδας σε μερικές περιπτώσεις. Επιπλέον, οι κανονισμοί περιγράφουν την εξέλιξη της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων σε συγκεκριμένες κλίσεις (Δεν παρατηρούνται κλίσεις με δεκαδικούς αριθμούς), οπότε χρειάζονται επιπλέον υπολογισμοί για να προσδιοριστεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Είναι αδύνατον λοιπόν, σε μία οδό (ειδικά εάν η οδός είναι μεγάλου μήκος) να επαναληφθεί η παραπάνω διαδικασία πολλές φορές εξαιτίας χρονικών περιορισμών, οπότε διαλέγονται αντιπροσωπευτικά σημεία για να πραγματοποιηθούν οι παραπάνω έλεγχοι.

Η παρούσα διπλωματική βελτιώνει όμως την μέθοδο προσδιορισμού των θέσεων μεταξύ των οποίων απαιτείται η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας. Αναλυτικότερα, για τις ανάγκες εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής σχεδιάστηκε λογισμικό προσδιορισμού των παραπάνω θέσεων. Το λογισμικό αυτό εξετάζει σε όλο το μήκος της οδού τις περιοχές στις οποίες είναι αναγκαία η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας και παρουσιάζει το τελικό αποτέλεσμα στον μελετητή. Το λογισμικό εκτελεί την παραπάνω μέθοδο σε ελάχιστο χρόνο και είναι συμβατό με λογισμικό σχεδιασμού οδοποιίας το <<ΟΔΟΣ>>. Επιπλέον, επιτυγχάνει μεγαλύτερη ακρίβεια από τις συμβατικές

μεθόδους, καθώς υπολογίζει την ταχύτητα των βαρέων οχημάτων με μεταβλητό βήμα ορισμένο από τον χρήστη (για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής έγινε με βήμα 10μ) σε όλο το μήκος της οδού. Επίσης, τα μοντέλα υπολογισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων έχουν προκύψει από τα διαγράμματα που παρέχονται από τους προαναφερθέντες κανονισμούς. Άρα ο υπολογισμός γίνεται από επίλυση μαθηματικών μοντέλων και όχι από την παρατήρηση διαγραμμάτων, διαδικασία η οποία μπορεί να προκαλέσει σφάλματα. Σημειώνεται, ότι το λογισμικό δύναται να λειτουργήσει και να παράγει αποτέλεσμα βασισμένο σε όλους τους προαναφερθέντες κανονισμούς. Καθώς, ο σχεδιασμός του λογισμικού απαιτούσε εξοικείωση με τις οδηγίες των κανονισμών για την προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας.

Για την ποιοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του προγράμματος χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα επίσημης μελέτης οδοποιίας. Αναλυτικότερα, για τα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας παραχωρήθηκε από την <<ΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ>> προμελέτη οδικού άξονα σε ορεινό τμήμα της Ελλάδας. Όστε να γίνει έλεγχος και σύγκριση των αποτελεσμάτων του προγράμματος με τους ελέγχους της μελέτης.

Τέλος, έγινε διερεύνηση βελτίωσης της διαδικασίας υπολογισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων. Αναλυτικότερα, έγινε υπολογισμός της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων χρησιμοποιώντας την κρίση της ερυθράς στην εκάστοτε μέτρηση και όχι η κλίση της πολυγωνικής όπως προτείνεται από όλους του κανονισμούς. Οι διαφορές οι οποίες προέκυψαν έχουν αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια.

2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Για την διερεύνηση των απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων απαιτείται κατανόηση της γεωμετρίας μίας οδού και των οδηγιών οι οποίες παρέχονται από τους κανονισμούς. Πιο συγκεκριμένα, είναι σημαντικό να δύναται ο υπολογισμός στοιχείων της ερυθράς μίας οδού, στοιχεία της πολυγωνικής της ερυθράς της και προσδιορισμός της λειτουργικής της ταχύτητας. Σημειώνεται, ότι στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής η διερεύνηση των προαναφερθέντων απαιτήσεων πραγματοποιείται σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα, άρα οι οδηγίες των κανονισμών οι οποίες ακολουθήθηκαν είναι για τις αντίστοιχες κατηγορίες οδών. Έγινε χρήση των ελληνικών Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ-ΠΛΚ) και κατ' επέκταση των γερμανικών καθώς από αυτούς άντλησαν στοιχεία, των αμερικάνικων κανονισμών AASHTO (2018) και των κανονισμών των ΗΑΕ. Οι κανονισμοί επιλέχθηκαν καθώς αφορούν τη διαχείριση του θέματος από τρεις διαφορετικές Ηπείρους με διαφορετικά χαρακτηριστικά και παρέχουν πληροφορίες για το πεδίο κάλυψης της παρούσας εργασίας.

Λειτουργική κατάταξη οδού

Η κατάταξη των οδών σε κατηγορίες γίνεται ανάλογα με την έκταση και τη σημασία που αποδίδεται σε κάθε μία οδό, σε σχέση με τις λειτουργίες της σύνδεσης, της πρόσβασης, και της παραμονής. Οι ομάδες των οδών Α έως Ε υποδιαιρούνται ανάλογα με τη λειτουργική βαθμίδα σε υποομάδες που χαρακτηρίζονται με τους λατινικούς αριθμούς I, II, III, IV, V και VI (βλ. ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ). Τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά και οι παράμετροι μελέτης όλων των κατηγοριών οδών αναφέρονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 2-1: Λειτουργική κατάταξη οδών βάσει κανονισμών (ΟΜΟΕ-Χ)

Λειτουργικά χαρακτηριστικά οδών		Παράμετροι		
Ομάδα οδών	Κατηγορία οδού Χαρακτηρισμός οδού	Είδος οχημάτων	Επιτρεπόμενη ταχύτητα $V_{επιτρ}$ [km/h]	Χαρακτηριστικά επιφάνειας κυκλοφορίας
1	2	3	4	5
A οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός σχεδίου (υπεραστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση παραδίων ιδιοκτησιών Σημείωση : Η κατηγορία ΑΙ αφορά οδούς σύνδεσης ευρύτερων περιοχών και οι οποίες δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες	A I Αυτοκινητόδρομος	μηχ.	≤ 120	διαχωρισμένη
	A II Οδός ταχείας κυκλοφορίας	μηχ.	≤ 90 (100)	διαχωρισμένη / ενιαία
	A III Οδός μεταξύ νομών/επαρχιών	μηχ. (μηχ.) γεν.	≤ 90	διαχωρισμένη ενιαία
	A IV Οδός μεταξύ μικρών οικισμών Συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 80	ενιαία
	A V Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	γεν.	≤ 60 (70)	ενιαία
	A VI Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία
B οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός σχεδίου (ημιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση των παραδίων ιδιοκτησιών Σημείωση : Οι οδοί κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες	B I Αστικός αυτοκινητόδρομος	μηχ.	≤ 100	διαχωρισμένη
	B II Αστική οδός ταχείας κυκλοφορίας	μηχ.	≤ 90	διαχωρισμένη ενιαία
	B III Αστική αρτηρία	μηχ. γεν.	≤ 70 ≤ 70	διαχωρισμένη ενιαία
	B IV Κύρια συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 60	ενιαία
Γ οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός** ή εντός σχεδίου (περιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με δυνατότητα εξυπηρέτησης των παραδίων ιδιοκτησιών	Γ III Αστική αρτηρία	γεν. γεν.	50 (≤ 70) 50 (≤ 80)	διαχωρισμένη ενιαία
	Γ IV Κύρια συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 50 (≤ 60)	ενιαία
Δ οδοί σε περιοχές εντός σχεδίου (αστικές) με βασική λειτουργία την πρόσβαση	Δ IV Συλλεκτήρια οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία
	Δ V Τοπική οδός	γεν.	≤ 50	ενιαία
Ε οδοί σε περιοχές εντός σχεδίου (αστικές) με βασική λειτουργία την παραμονή	Ε V Τοπική οδός	γεν.	≤ 30 ταχύτητα βηματισμού	ενιαία
	Ε VI Τοπική οδός κατοικιών	γεν.	ταχύτητα βηματισμού	ενιαία

μηχ.= οχήματα με μέγιστη αναπυσώσιμη ταχύτητα >60km/h
 γεν.= οχήματα παντός είδους
 (...) = εξαίρεση

* δεν απαιτείται καθορισμός ταχύτητας μελέτης V_e
 ** νοούνται περιπτώσεις που από την ισχύουσα νομοθεσία

Η διερεύνηση των κριτηρίων για την προσθήκη λωρίδας βραδυτορίας μπορεί να εκτελεστεί στις κατηγορίες οδών στις οποίες οι οδηγοί πρόκειται να κινηθούν με μεγάλες σχετικά ταχύτητες. Για αυτό τον λόγο για την παρούσα εργασία εξετάζονται οι οδοί κατηγορίας Α και Β. Επιπλέον, στην παρούσα εργασία εξετάζονται οι οδοί με δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ενιαίο οδόστρωμα. Άρα οι οδοί στις οποίες μπορεί να γίνει έλεγχος των κριτηρίων είναι οι οδοί των κατηγοριών ΑΙ,ΑΙΙ,ΑΙΙΙ,(ΑΙV), ΒΙ,ΒΙΙ,(ΒΙΙΙ).

Καθοριστικές ταχύτητες

Κατά την διαδικασία της μελέτης μίας οδού διακρίνονται τρεις ταχύτητες βάσει των οποίων επιλέγονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών. Οι καθοριστικές ταχύτητες είναι:

- $V_{επιτρ}$: η επιτρεπόμενη ταχύτητα
- V_e : η ταχύτητα μελέτης
- V_{85} : η λειτουργική ταχύτητα 85%.

Η επιτρεπόμενη ταχύτητα $V_{\text{επιτρ}}$ είναι το τοπικό ή γενικά ισχύον μέγιστο όριο ταχύτητας. Παρ' ότι τα στοιχεία μελέτης της οδού δεν προσδιορίζονται με βάση την επιτρεπόμενη ταχύτητα $V_{\text{επιτρ}}$, η ταχύτητα αυτή θεωρείται καθοριστική, δεδομένου ότι η ταχύτητα μελέτης που σχετίζεται άμεσα με τα στοιχεία μελέτης της οδού, πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την επιτρεπόμενη ταχύτητα.

Η ταχύτητα μελέτης V_e προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη τα περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια, που ανταποκρίνονται στον προβλεπόμενο λειτουργικό χαρακτήρα της οδού στο οδικό δίκτυο και την επιδιωκόμενη ποιότητα κυκλοφοριακής ροής, με βάση το λειτουργικό χαρακτήρα της οδού. Στην ταχύτητα μελέτης αντιστοιχούν οριακές και προτεινόμενες τιμές για τα περισσότερα στοιχεία μελέτης καθώς και οι αποδεκτές τιμές για τη συσχέτιση των μεμονωμένων στοιχείων μελέτης. Ειδικότερα για ένα οδικό τμήμα η ταχύτητα μελέτης καθορίζει :

- τις ελάχιστες ακτίνες των οριζοντίων καμπυλών
- τις ελάχιστες παραμέτρους των κλωθοειδών
- τις μέγιστες κατά μήκος κλίσεις
- τις ελάχιστες ακτίνες των κυρτών και κοίλων κατακόρυφων καμπυλών

Η λειτουργική ταχύτητα V_{85} είναι ένα μέγεθος που χρησιμοποιείται στο γεωμετρικό υπολογισμό μεμονωμένων στοιχείων μελέτης της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και της διατομής και έχει άμεση σχέση με τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων. Δηλώνει την ταχύτητα στην οποία θα κινηθεί ανεμπόδιστα το 85% των επιβατηγών οχημάτων. Υπολογίζεται διαφορετικά ανάλογα τους ισχύοντες κανονισμούς. Οι μέθοδοι υπολογισμού της αναλύονται παρακάτω.

Γεωμετρικά στοιχεία οδού

Μία οδός περιγράφεται γεωμετρικά με την βοήθεια της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και των διατομών μίας οδού. Η οριζοντιογραφία είναι η προβολή της μελέτης στο οριζόντιο επίπεδο, η μηκοτομή είναι η προβολή της οδού στο κατακόρυφο επίπεδο και διατομές της οδού είναι εγκάρσιες τομές σε όλο το μήκος του έργου.

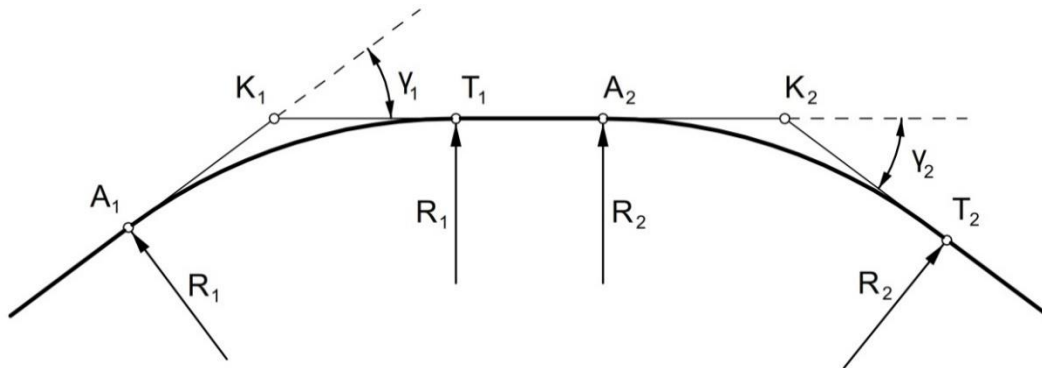
Η ομοιογένεια στο γεωμετρικό σχεδιασμό, ο περιορισμός των μεγάλου μήκους ευθύγραμμων τμημάτων, η σωστή αλληλουχία που παρουσιάζουν οι οριζοντιογραφικές καμπύλες, είναι στοιχεία που περιορίζουν την ταχύτητα των κινούμενων οχημάτων. Είναι επιθυμητό να αποφεύγονται οι μεγάλες ευθυγραμμίες, ιδιαίτερα όταν η κατά μήκος κλίση είναι σταθερή. Το μέγιστο μήκος ευθυγραμμίας με σταθερή κλίση σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ, για οδούς κατηγορίας Α είναι :

$$\max L_{\text{ευθ}} = 20 * V_e \text{ (εξ. 2-1)}$$

Όπου $\max L_{\text{ευθ}}$ = Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος ευθυγραμμίας (m)

V_e = η ταχύτητα μελέτης.

Εξετάζοντας την ευθυγραμμία μεταξύ δύο καμπυλών διακρίνονται δύο περιπτώσεις: οι καμπύλες να είναι ομόρροτες ή να είναι αντίρροτες.



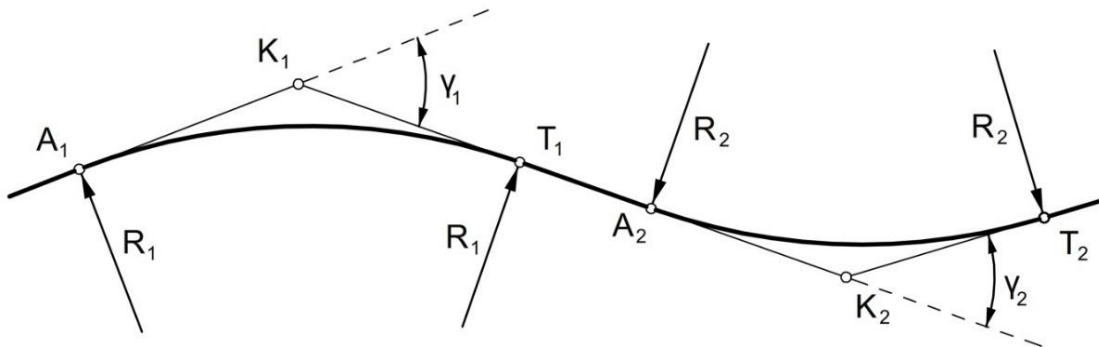
Σχήμα 2-1: Παράδειγμα απο ομόρροτες καμπύλες

Στην περίπτωση εφαρμογής δύο ομόρροπων καμπυλών, ο οδηγός καθώς εξέρχεται από την καμπύλη K1 και εισέρχεται στην ευθυγραμμία θα πρέπει να ευθυγραμμίσει το τιμόνι του μέχρι τελικά να αναγκαστεί να το επαναφέρει προκειμένου να εισέλθει στην επόμενη καμπύλη K2. Το γεγονός αυτό δημιουργεί κάποια αυξημένη ενασχόληση του οδηγού, ειδικά στην περίπτωση που το μήκος της ευθυγραμμίας είναι ιδιαίτερα μικρό και επομένως ο χρόνος που ο οδηγός διατηρεί το τιμόνι του σταθερό στην ευθυγραμμία είναι περιορισμένος. Η συνιστάμενη τιμή για το ελάχιστο μήκος μεταξύ ομόρροπων καμπυλών σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ για οδούς κατηγορίας Α είναι:

$$\min L_{\text{ευθ}} = 6 * V_e \text{ (εξ. 2-2)}$$

Όπου $\min L_{\text{ευθ}}$ = Το ελάχιστο απαιτούμενο μήκος ευθυγραμμίας μεταξύ ομόρροπων καμπυλών (m) και

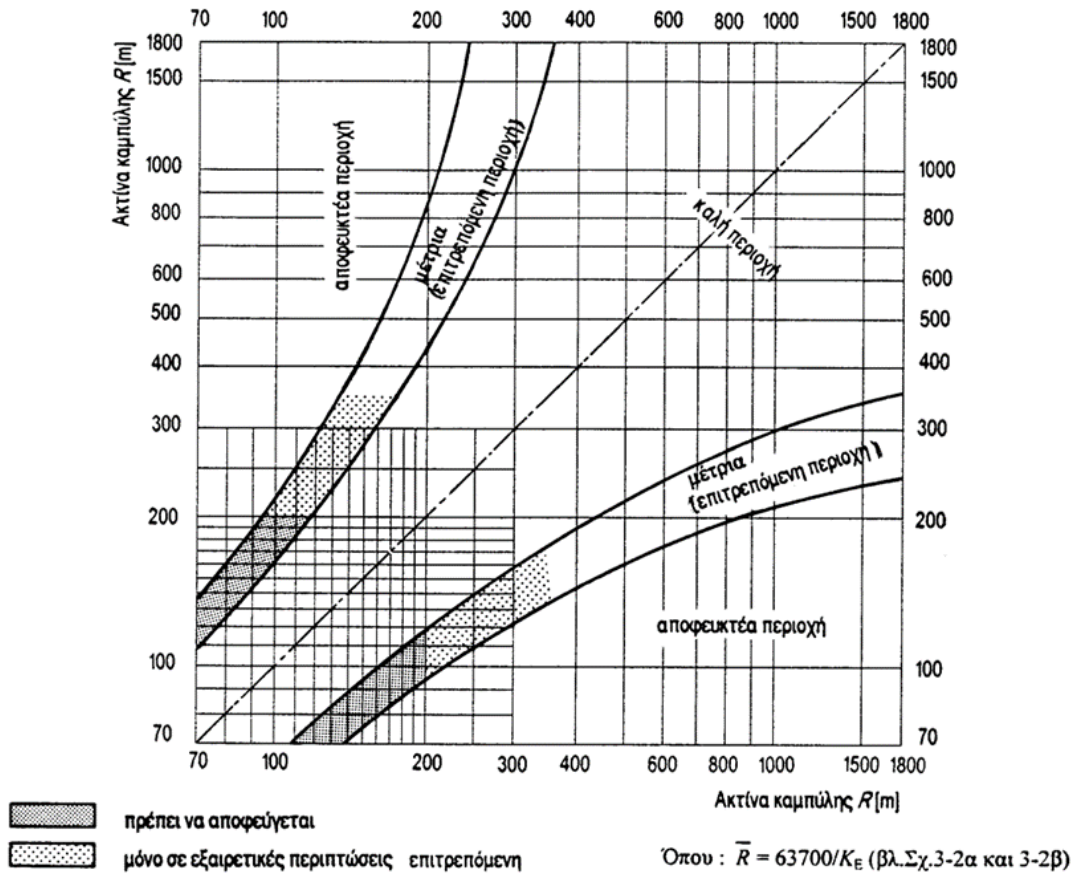
V_e = η ταχύτητα μελέτης (χω).



Σχήμα 2-2: Παράδειγμα απο αντίρροτες καμπύλες

Οι ακτίνες των ομόρροπων ή αντίρροπων διαδοχικών κυκλικών τόξων, πρέπει να παρουσιάζουν μία αρμονική σχέση για λόγους ομοιογένειας των λειτουργικών ταχυτήτων που οδηγεί σε αναβάθμιση του παρεχόμενου επιπέδου οδικής ασφαλείας. Αυτή η απαίτηση οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός, ότι δεν πρέπει να μεταβάλλεται απότομα η λειτουργική ταχύτητα V_{85} μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών.

Ο σχεδιασμός βάσει την αρμονική σχέση των διαδοχικών στοιχείων μελέτης έχει την έννοια, ότι τα στοιχεία μελέτης με ελάχιστες ή μέγιστες τιμές των παραμέτρων τους δεν διαδέχονται το ένα το άλλο αυθαίρετα, αλλά αντίθετα, δημιουργούνται ακολουθίες στοιχείων μελέτης, στις οποίες ένα στοιχείο μελέτης έχει συγκεκριμένη σχέση με το προηγούμενο και το επόμενο. Η επιτρεπόμενη σχέση των ακτινών διαδοχικών κυκλικών τόξων δίδεται, κατά τις ΟΜΟΕ-Χ, στο παρακάτω σχήμα, το οποίο ορίζει για κάθε τιμή οριζοντιογραφικής ακτίνας R το εύρος των τιμών που πρέπει να έχει η ακτίνα ενός επόμενου ή προηγούμενου κυκλικού τόξου σε σχέση με το όμορο του.



Σχήμα 2-3: Σχέση διαδοχικών ακτινών κυκλικών τόξων για οδούς ομάδων A, BI, BII των κανονισμών ΟΜΟΕ-Χ

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός της οριζοντιογραφίας μιας οδού, αποτελεί μία από τις κυριότερες παραμέτρους προσδιορισμού της λειτουργικής ταχύτητας μίας οδού. Βάσει της χάραξης της ευθυγραμμίας δηλαδή των ευθυγραμμιών και των καμπύλων τις οποίες

παρουσιάζει δύναται να υπολογιστεί η ελικτότητα. Η ελικτότητα είναι κύριο χαρακτηριστικό για τον υπολογισμό της λειτουργικής ταχύτητας μίας οδού βάσει των ΟΜΟΕ-Χ.

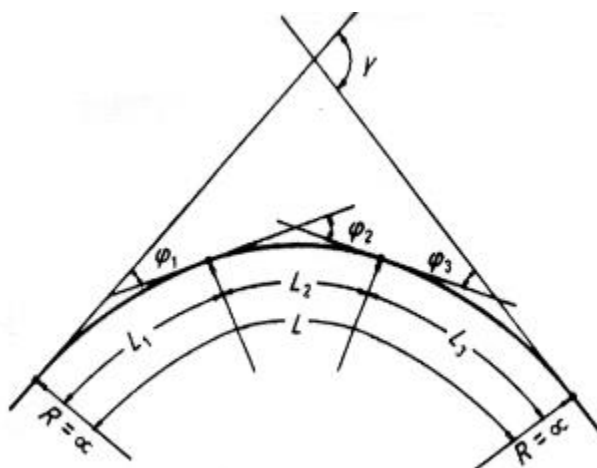
Η ελικτότητα K_E της μεμονωμένης καμπύλης είναι συνάρτηση της γωνίας αλλαγής κατεύθυνσης και του συνολικού μήκους της καμπύλης, που αποτελείται από το μήκος του κυκλικού τόξου και τα μήκη των εκατέρωθεν τόξων συναρμογής. Αν μία καμπύλη αποτελείται από περισσότερα του ενός κυκλικά τόξα ή και τόξα συναρμογής, τότε για τη καμπύλη αυτή υπολογίζεται ενιαία τιμή της ελικτότητας K_E . Τα ευθύγραμμα τμήματα λαμβάνονται υπόψη κατά περίπτωση στον υπολογισμό της ελικτότητας των καμπυλών. Η τιμή της ελικτότητας K_E για κάθε μεμονωμένη καμπύλη υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_E = \gamma/L \text{ (εξ. 2-3)}$$

,όπου K_E = ελικτότητα μεμονωμένης καμπύλης

γ = γωνία αλλαγής κατεύθυνσης σε κάθε μία καμπύλη

L = συνολικό μήκος της καμπύλης



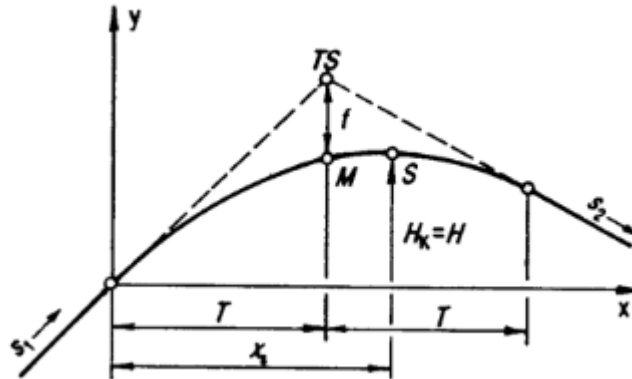
Εικόνα 2-1: γενική περίπτωση ελικτότητας

Στο παραπάνω σχέδιο η ελικτότητα θα υπολογιζόταν από τον τύπο:

$$K_E = (|\varphi_1| + |\varphi_2| + |\varphi_3|) * 63700 / (L_1 + L_2 + L_3) \text{ (εξ. 2-4)}$$

Με τη χάραξη του άξονα της οδού σε οριζοντιογραφία ορίζεται η θέση του κατά Χ και Υ. Επειδή όμως η οδός αναπτύσσεται στο χώρο είναι απαραίτητο να τοποθετήσουμε τον άξονα κατακόρυφα προσδιορίζοντας έτσι και την 3η διάσταση του που είναι η υψομετρική του θέση. Αυτό γίνεται με τη χάραξη της κατά μήκος τομής του άξονα της οδού ή αλλιώς της μηκοτομής. Στην αρχή και το τέλος της κατακόρυφης καμπύλης συναρμογής τοποθετείται κατάλληλη σήμανση (σημαία).

Κρίσιμα για τον προσδιορισμό της λειτουργικής ταχύτητας μίας οδού είναι τα στοιχεία της μηκοτομής. Αναλυτικότερα, για την μηκοτομή χρειάζεται να είναι γνωστά, η στιγμιαία κλίση της ερυθράς, η κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς και οι ακτίνες της μηκοτομής.



Εικόνα 2-2: Σχέδιο γεωμετρικών στοιχείων της μηκοτομής

Για τον υπολογισμό των παραπάνω στοιχείων:

$$X_s = -\frac{s_1}{100} * H \text{ (εξ. 2-5)}$$

$$S(X) = S_1 + \frac{x}{H} * 100 \text{ (εξ. 2-6)}$$

$$y(X) = \frac{s_1}{100} * X + \frac{X^2}{2H} \text{ (εξ. 2-7)}$$

$$T = \frac{H}{2} * \left(\frac{s_2 - s_1}{100}\right) \text{ (εξ. 2-8)}$$

$$f = \frac{H}{8} * \left(\frac{s_2 - s_1}{100}\right)^2 \text{ (εξ. 2-9)}$$

Κανόνες πρόσημων:

Ανωφέρεια: θετική (+S₁,+S₂)

Κατωφέρεια : αρνητική (-S₁,-S₂)

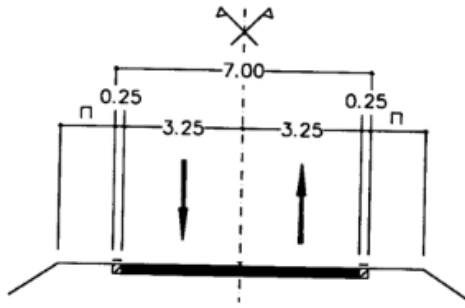
Ακτίνα κοίλης κατακόρυφης καμπύλης συναρμογής : θετική (+H)

Ακτίνα κυρτής κατακόρυφης καμπύλης συναρμογής : αρνητική (-H)

Επιπλέον για τον προσδιορισμό της λειτουργικής ταχύτητας κρίσιμη είναι και η τυπική διατομή της οδού. Βάσει της τυπικής διατομής μίας οδού προσδιορίζεται το πλάτος της λωρίδας της οδού, το πλάτος του ερείσματος και βάσει αυτής μπορούν να επιλεχθούν τα οχήματα τα οποία θα κινηθούν επί της οδού. Στην παρούσα εργασία γίνεται διερεύνηση των κριτηρίων για οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα. Παράδειγμα τυπικής διατομής:

δ 2

Κατηγορία οδού
ΑΙΙ, ΑΙV : $V_{επιτρ} \leq 80 \text{ km/h}$
ισόπεδοι κόμβοι
ΒΙΙΙ : $V_{επιτρ} \leq 70 \text{ km/h}$
ισόπεδοι κόμβοι
ΒΙV : $V_{επιτρ} \leq 60 \text{ km/h}$
ισόπεδοι κόμβοι



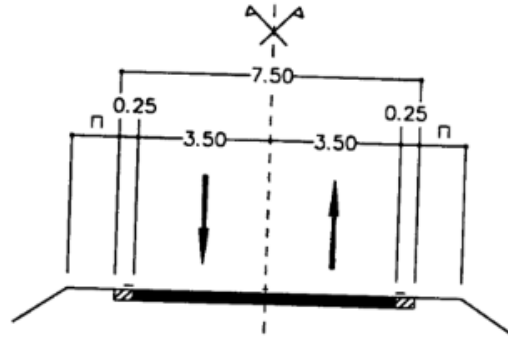
Εικόνα 2-3: Τυπική διατομή δ2 βάσει των κανονισμών ΟΜΟΕ-Δ

γ 2

Κατηγορία οδού ΑΙΙ, ΑΙΙΙ
 $V_{επιτρ} \leq 90 \text{ km/h}$
ισόπεδοι κόμβοι

Υπόμνημα
— Λωρίδα κυκλοφορίας
▨ Λωρίδα καθοδήγησης
□ Σταθεροποιημένο έρεισμα

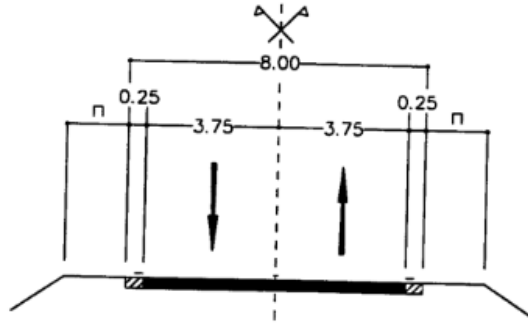
π : πλάτος μη σταθεροποιημένου ερείσματος
(δίνεται στο Παράρτημα Ι ανάλογα με
την κατηγορία της διατομής)



Εικόνα 2-4: Τυπική διατομή γ2 βάσει των κανονισμών ΟΜΟΕ-Δ

β 2

Κατηγορία οδού ΑΙΙ, ΑΙΙΙ
 $V_{\text{επιρ}} \leq 90 \text{ km/h}$
 ισόπεδοι κόμβοι
 Εφαρμόζεται κυρίως σε περίπτωση
 μεγάλου ποσοστού βαρέων
 οχημάτων, αλλιώς να αποφεύγεται

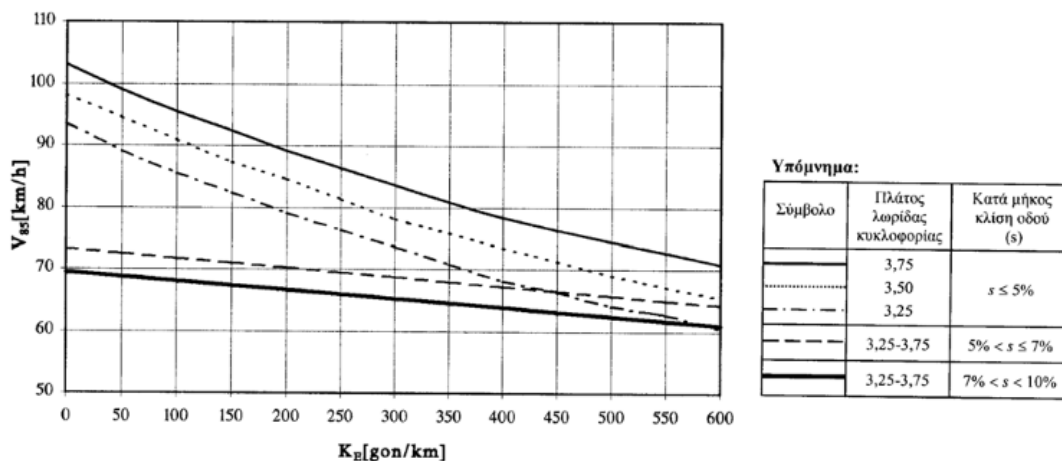


Εικόνα 2-5: Τυπική διατομή β2 βάσει των κανονισμών ΟΜΟΕ-Δ

Λειτουργική Ταχύτητα

Ως λειτουργική ταχύτητα ορίζεται ως η ταχύτητα η οποία παρατηρείται στους οδηγούς μίας οδού σε συνθήκες ελεύθερης ροής. Η ταχύτητα αυτή έχει σχέση με την δυναμική της κυκλοφορίας για αυτό τον λόγο υπολογίζεται μέσω της γεωμετρίας της οδού. Τα γεωμετρικά στοιχεία μίας οδού τα οποία επηρεάζουν τις τιμές αυτής της ταχύτητας έχουν προσδιοριστεί από τους εκάστοτε κανονισμούς από μετρήσεις πεδίου σε διαφορετικές συνθήκες. Ανάλογα τους ισχύοντες κανονισμούς, ο αλγόριθμος με τον οποίο υπολογίζεται η λειτουργική ταχύτητα της οδού διαφέρει. Στην παρούσα εργασία εξετάζονται οι κανονισμοί ΟΜΟΕ, οι κανονισμοί AASHTO και οι κανονισμοί των ΗΑΕ.

Πιο συγκεκριμένα, ο υπολογισμός της λειτουργικής ταχύτητας (V_{85}) σε μία χιλιομετρική θέση της οδού σύμφωνα με το πρότυπο των ΟΜΟΕ-Χ εξαρτάται από την ελκτικότητα της οδού (K_E) στην θέση αυτή και στην κλίση της ερυθράς της οδού. Στην παρούσα διπλωματική η λειτουργική ταχύτητα υπολογίζεται με χρήση του μοντέλου των ΟΜΟΕ-Χ.



Σχήμα 2-4: Διάγραμμα των κανονισμών ΟΜΟΕ-Χ στο οποίο παρατηρείται το πόσο επηρεάζεται η λειτουργική ταχύτητα μίας οδού από την ελκτικότητα της οδού

Στο παραπάνω διάγραμμα των ΟΜΟΕ-Χ παρατηρείται η μεταβολή της λειτουργικής ταχύτητας μίας οδού σε σχέση με την ελκτικότητα της οδού και με την κατά μήκος κλίσης.

Παρατηρείται, ότι η λειτουργική διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα όταν η κατά μήκος κλίση της οδού είναι απότομη(μεγάλες τιμές πάνω από 5% κατά μήκος κλίση). Αντίστοιχα παρατηρείται ότι η αύξηση της ελκτότητας της οδού, επίσης μειώνει την λειτουργική ταχύτητα. Λογικό, διότι όσο μεγαλύτερη η ελκτότητα μίας οδού τόσο μικρότερες οι ευθυγραμμίες οι οποίες παρατηρούνται στην εν λόγω οδό. Άρα, δεν δύναται τα οχήματα να εξελίξουν μεγάλες ταχύτητες.

Για τον υπολογισμό της λειτουργικής ταχύτητας βάσει των ΟΜΟΕ-Χ:

- Σε οδούς ομάδας Α
 - Σε περίπτωση ανεξάρτητης ευθυγραμμίας ($K_E = 0$), η ταχύτητα V_{85} προσδιορίζεται ως η μέση τιμή των ταχυτήτων και για τις δύο κατευθύνσεις σε συνάρτηση με το τεταμένο της καμπύλης από τις επόμενες σχέσεις, εξετάζοντας παράλληλα το Σχήμα 3-1 των ΟΜΟΕ-Χ. Σε περίπτωση όπου δεν παρατηρείται ανεξάρτητη ευθυγραμμία:
 - Για κατά μήκος κλίση $s \geq 5\%$ ή $s < 5\%$ εφόσον το μήκος της είναι μικρότερο από 250m:

$$V_{85} = \left[\frac{10^6}{10150.10 + 8.529K_E} \right] + [(b - 3.5) \times 20], \quad b = \text{πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας(εξ. 2-10)}$$

- Για $s > 5\%$ εφόσον το μήκος της οδού είναι μεγαλύτερο ή ίσο από 250m, ανεξαρτήτως του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας:
 - Για $5\% < s < 7\%$:

$$V_{85} = 73.260 - 0.015K_E$$
 - Για $7\% < s < 10\%$:

$$V_{85} = 69.456 - 0.014K_E$$
- Σε οδούς ομάδας Β
 - $V_{85} = V_{\text{επιτρ}} + 20$ (Κατηγορία ΒΙ και ΒΙΙ)
 - $V_{85} = V_{\text{επιτρ}} + 10$ (Κατηγορία ΒΙΙΙ)

Για την παρούσα διπλωματική οι παραπάνω υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν μέσω λογισμικού οδοποιίας. Το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε είναι το <<ΟΔΟΣ>>. Επιλέχθηκε αυτό, καθώς επιλύει τους παραπάνω τύπους αυτόματα σε μία οδό με χρήση των κανονισμών ΟΜΟΕ-Χ.

Η λειτουργική ταχύτητα βάσει των αμερικάνικων κανονισμών AASHTO υπολογίζεται με διαφορετική μέθοδο. Βάσει των κανονισμών AASHTO η λειτουργική ταχύτητα μίας οδού επηρεάζεται σε ένα οδικό τμήμα επηρεάζεται απο:

- Οριζοντιογραφική ακτίνα
- Κατά μήκος κλίσης
- Ύπαρξη κόμβων
- Διαμόρφωση κεντρικής νησίδας
- Παρκαρισμένων οχημάτων
- Σήμανση οδού

- Φόρτου της οδού
- Χρήση της οδού από πεζούς ή ποδήλατα

Όλα τα παραπάνω κριτήρια επηρεάζουν την λειτουργική ταχύτητα μίας οδού. Όλα τα παραπάνω λαμβάνονται υπόψιν και η λειτουργική ταχύτητα της εκάστοτε οδού υπολογίζεται με την χρήση των κανονισμών HCM. Από την μέθοδο της HCM προκύπτει ότι σε υπεραστικές οδούς με δύο λωρίδες κυκλοφορίας η λειτουργική ταχύτητα μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

$$V_{85} = 34.70 - 1 * (DC) + 2.081(LW) + 0.174(SW) + 0.0004(AADT) \text{ (εξ. 2-11)}$$

,όπου

V_{85} = η λειτουργική ταχύτητα της οδού σε οριζοντιογραφική καμπύλη (miles/hour)

DC= Η κατά μήκος κλίση στην οριζοντιογραφική καμπύλη

LW = το πλάτος της λωρίδας

SW = το πλάτος του ερείσματος της οδού

AADT = ο μέσος όρος της ημερήσιας κυκλοφορίας (οχήματα / ημέρα)

Στους κανονισμούς των ΗΑΕ αναγράφεται ότι τα μοντέλα για τον υπολογισμό της λειτουργικής ταχύτητας μίας οδού ακολουθούν το πρότυπο των κανονισμών HCM. Οπότε η παραπάνω σχέση χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της λειτουργικής ταχύτητας βάσει των κανονισμών αυτών.

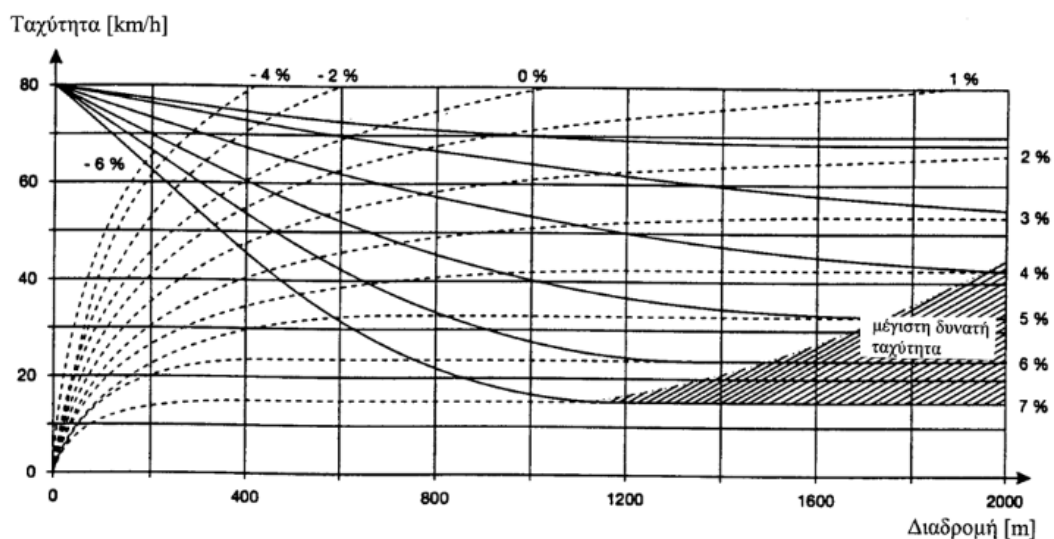
Σε καθένα από τους κανονισμούς γίνεται αναφορά στην διαφορά της λειτουργικής ταχύτητας μεταξύ βαρέων οχημάτων και των υπόλοιπων χρηστών της οδού. Βάσει των αμερικάνικων κανονισμών ως βαρέα οχήματα θεωρούνται όσα έχουν περισσότερους από 4 τροχούς. Η θεώρηση αυτή είναι ορθή διότι τα βαρέα οχήματα εξαιτίας της μάζας τους, της διαθέσιμης τους ιπποδύναμης, της μειωμένης αεροδυναμικής τους, τα ελαστικά τους και άλλες λεπτομέρειες κατασκευής τους. Βάσει λοιπόν της ίδιας της κατασκευής τους τα βαρέα οχήματα απαιτούν περισσότερο χρόνο για να επιβραδύνουν ή να επιταχύνουν. Οπότε, για να εκκινήσουν από ακινησία (σε μία θέση STOP για παράδειγμα) ή για να διασχίσουν μία ανωφέρεια χρειάζονται περισσότερο χρόνο από ένα αυτοκίνητο εξαιτίας της χαμηλότερης ταχύτητας την οποία αναπτύσσουν.

Η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων φαίνεται από μετρήσεις όλων των κανονισμών ότι επηρεάζεται σε κύριο βαθμό από την κατά μήκος κλίση της οδού. Για τον λόγο αυτό οι εκάστοτε κανονισμοί παραθέτουν διαγράμματα τα οποία περιγράφουν την ταχύτητα των βαρέων οχημάτων σε διαφορετικές κατά μήκος κλίσεις μίας οδού.

Τα διαγράμματα τα οποία παρουσιάζονται έχουν προκύψει με μετρήσεις αντίστοιχων οχημάτων στην χώρα στην οποία έχουν εκπονηθεί οι εκάστοτε κανονισμοί. Τα διαγράμματα περιγράφουν την εξέλιξη της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος μελέτης στις εκάστοτε κατά μήκος κλίσεις. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι κανονισμοί ΟΜΟΕ, οι κανονισμοί AASHTO και οι κανονισμοί των ΗΑΕ.

Πιο συγκεκριμένα οι κανονισμοί ΟΜΟΕ επιλέχθηκαν για την παρούσα εργασία διότι είναι οι ισχύοντες κανονισμοί στην Ελλάδα. Περιγράφουν, δηλαδή τις συνθήκες η οποίας επικρατούν στους ελληνικούς δρόμους και χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο πολλών μελετών στις οποίες δύναται για τα πλαίσια της παρούσας εργασίας να παραχωρούνταν πρόσβαση για τον τελικό έλεγχο της παρούσας εργασίας (case study). Σημειώνεται, ότι οι κανονισμοί αυτοί περιέχουν μοντέλα τα οποία προέκυψαν από μετρήσεις του 1987, οπότε οι τεχνολογίες των βαρέων οχημάτων είναι παλαιότερες και αποκλίνουν από την σύγχρονη πραγματικότητα.

Παρακάτω το διάγραμμα εξέλιξης ταχύτητας στην διαδρομή ενός βαρέος οχήματος επί σταθερής κλίσης της πολυγωνικής της ερυθράς:

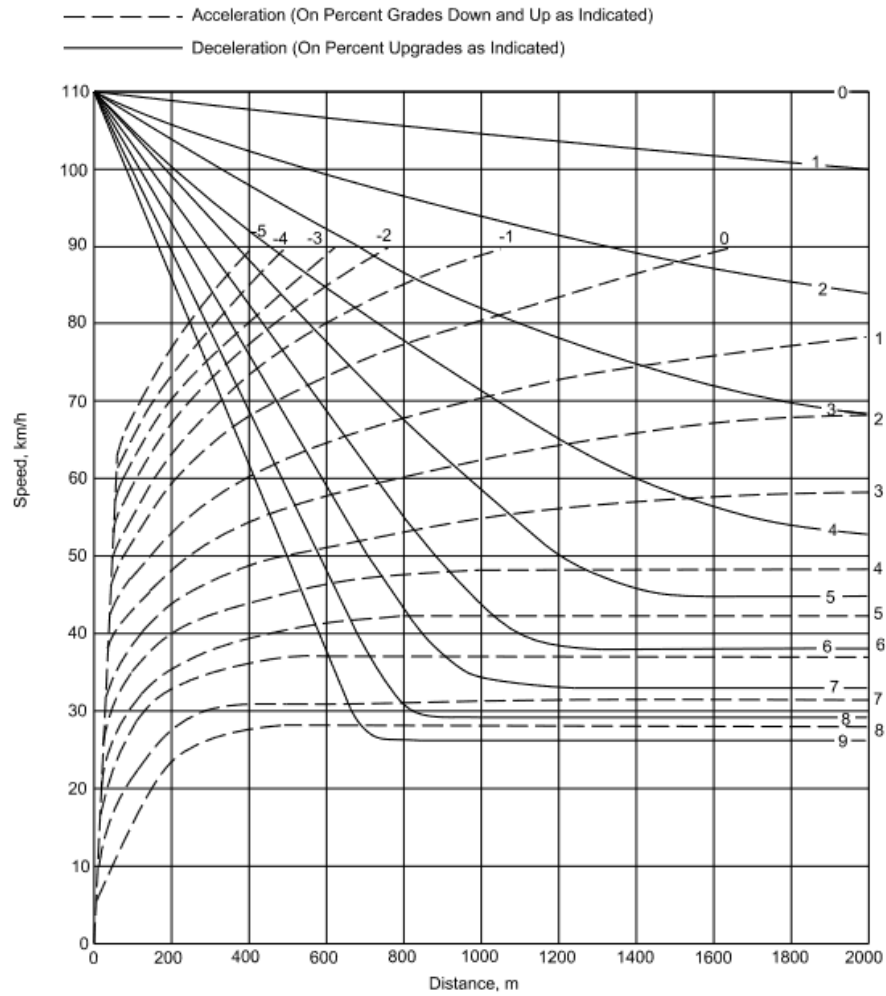


Σχήμα 2-5: Διαγράμματα ταχύτητας βαρέος οχήματος ΟΜΟΕ 5ο τεύχος - ΠΛΚ

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται η εξέλιξη της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος μελέτης σε μία δεδομένη κατά μήκος κλίση βάσει των κανονισμών ΟΜΟΕ. Με συνεχείς γραμμή παρατηρούμε τις μετρήσεις για την επιβράδυνση του οχήματος μελέτης, ενώ με διακεκομμένες γραμμές παρατηρούμε τις μετρήσεις για την επιτάχυνση του οχήματος μελέτης. Κάθε καμπύλη περιγράφει την εξέλιξη της ταχύτητας σε μία δεδομένη κατά μήκος κλίση η οποία αναγράφεται στην εκάστοτε καμπύλη.

Επιπλέον εξετάζονται οι κανονισμοί των ΗΑΕ. Η επιλογή αυτών των κανονισμών έγινε καθώς παρέχουν μοντέλα προσδιορισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων, τα οποία έχουν εκπονηθεί με νεότερες μετρήσεις και περιγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις σύγχρονες συνθήκες. Ήταν σημαντικό, επίσης για τα πλαίσια της παρούσας εργασίας να εξεταστούν και οι κανονισμοί μίας διαφορετικής ηπείρου. Παρακάτω το διάγραμμα εξέλιξης ταχύτητας στην διαδρομή ενός βαρέος οχήματος επί σταθερής κατά μήκος κλίσης:

Figure 6-7: Performance Curves for a Typical Heavy Truck (120 kg/kW)



Note: For entering speeds equal to or greater than 110 km/h, use an initial speed of 110 km/h. For speeds less than 110 km/h, use the design speed or posted speed limit as the initial speed.

Source: (1)

Σχήμα 2-6: Διαγράμματα ταχύτητας βαρέων οχημάτων βάσει των κανονισμών των ΗΑΕ

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται η εξέλιξη της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος μελέτης σε μία δεδομένη κατά μήκος κλίση βάσει των κανονισμών των ΗΑΕ. Με συνεχείς γραμμή παρατηρούμε τις μετρήσεις για την επιβράδυνση του οχήματος μελέτης, ενώ με διακεκομμένες γραμμές παρατηρούμε τις μετρήσεις για την επιτάχυνση του οχήματος μελέτης. Κάθε καμπύλη περιγράφει την εξέλιξη της ταχύτητας σε μία δεδομένη κατά μήκος κλίση η οποία αναγράφεται στην εκάστοτε καμπύλη.

Επιπλέον εξετάζονται οι αμερικάνικοι κανονισμοί AASHTO. Η επιλογή αυτών των κανονισμών έγινε καθώς παρέχουν μοντέλα προσδιορισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων, τα οποία έχουν εκπονηθεί με νεότερες μετρήσεις και περιγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις σύγχρονες συνθήκες. Επιπλέον, οι αμερικάνικοι κανονισμοί είναι ευρέως αποδεκτοί για τον σχεδιασμό οδών και εφαρμόζονται παγκοσμίως. Παρακάτω το διάγραμμα εξέλιξης ταχύτητας στην διαδρομή ενός βαρέος οχήματος επί σταθερής κλίσης της πολυγωνικής της ερυθράς:

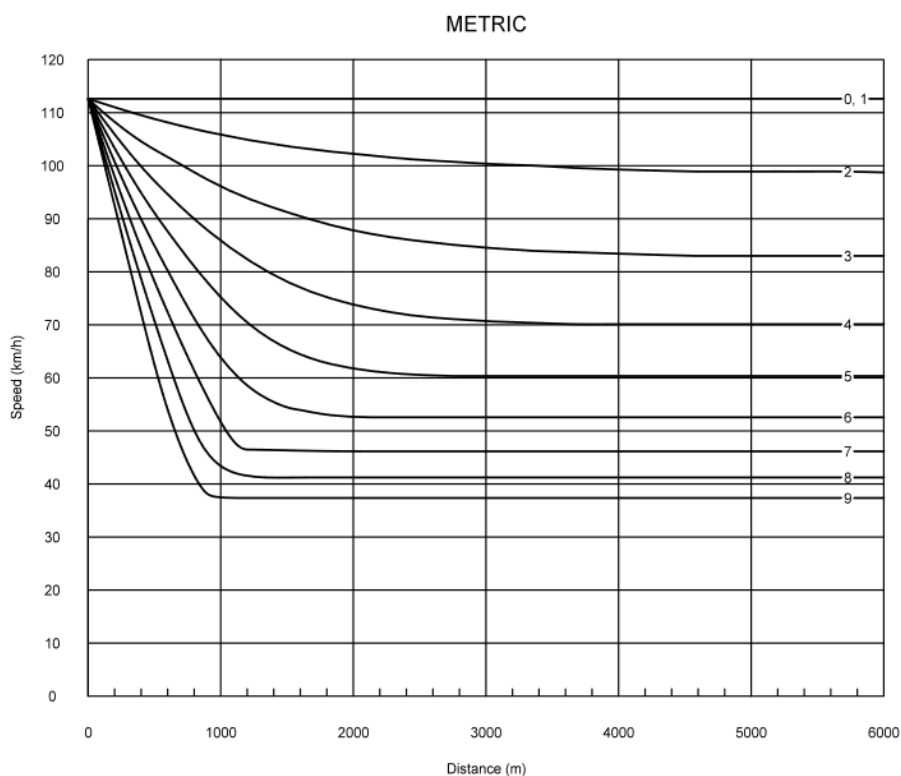
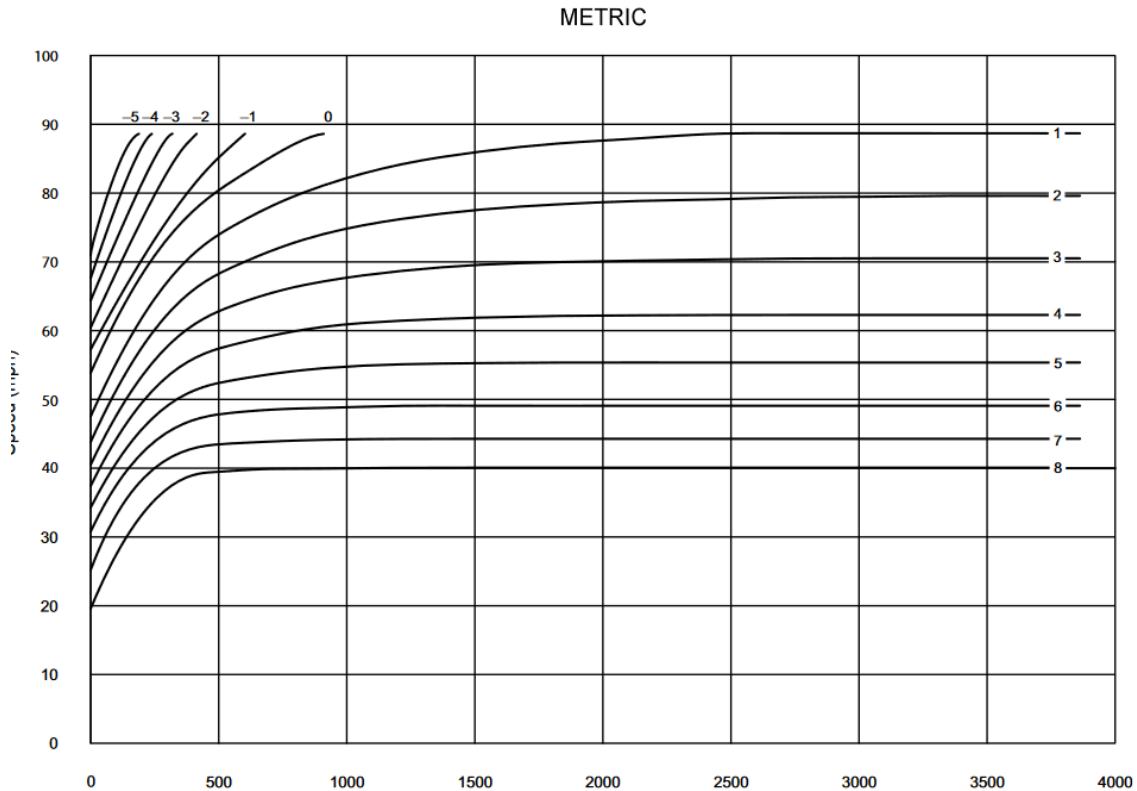


Figure 3-15. Speed-Distance Curves for a Typical Heavy Truck Deceleration on Upgrades

Σχήμα 2-7: Διαγράμματα επιβράδυνσης της ταχύτητας βαρέων οχημάτων των κανονισμών AASHTO

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται η εξέλιξη της ταχύτητας ενός επιβραδυνόμενου βαρέος οχήματος μελέτης σε μία δεδομένη κατά μήκος κλίση βάσει των κανονισμών AASHTO. Κάθε καμπύλη περιγράφει την εξέλιξη της ταχύτητας σε μία δεδομένη κατά μήκος κλίση η οποία αναγράφεται στην εκάστοτε καμπύλη.



Σχήμα 2-8: Διαγράμματα επιτάχυνσης της ταχύτητας βαρέων οχημάτων των κανονισμών AASHTO

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται η εξέλιξη της ταχύτητας ενός επιταχυνόμενου βαρέος οχήματος μελέτης σε μία δεδομένη κατά μήκος κλίση βάσει των κανονισμών AASHTO. Κάθε καμπύλη περιγράφει την εξέλιξη της ταχύτητας σε μία δεδομένη κατά μήκος κλίση η οποία αναγράφεται στην εκάστοτε καμπύλη.

Για τον προσδιορισμό της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος βάσει οποιουδήποτε από τα παραπάνω διαγράμματα πραγματοποιούνται τα παρακάτω βήματα:

- Υπολογίζεται η κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς μεταξύ των δύο σημαιών της υπό εξέταση διαδρομής
- Υπολογίζεται το μήκος διαδρομής (δηλαδή πόση απόσταση θα διανύσει το βαρύ όχημα με την κλίση της πολυγωνικής η οποία έχει υπολογιστεί)
- Προσδιορίζεται η αρχική ταχύτητα του βαρέος οχήματος στην υπό εξέταση διαδρομή, δηλαδή η τιμή του βαρέος οχήματος όταν εισέρχεται στην χιλιομετρική θέση της πρώτης σημαίας της υπό εξέτασης διαδρομής
- Προσδιορίζεται εάν το βαρύ όχημα μελέτης επιταχύνει ή επιβραδύνει για να χρησιμοποιηθεί η αντίστοιχη καμπύλη. Για αυτόν τον προσδιορισμό απαιτείται μία σύνθετη μέθοδος, διότι ο μελετητής είναι αναγκαίο να λάβει υπόψιν τα εξής κριτήρια:
 - Εάν το πρόσημο της κλίσης μεταβάλλεται, δηλαδή εάν το όχημα από κατωφέρεια εισήλθε σε ανωφέρεια, τότε θα επιβραδύνει, σε αντίθετη περίπτωση θα ισχύει το αντίθετο

- Εάν η διαφορά με την προηγούμενη κλίση είναι αρνητική ή θετική, δηλαδή εάν το όχημα κινείται από ανωφέρεια σε ανωφέρεια είναι πιθανό να μεταβεί από μία ήπια ανηφορική κλίση σε μία απότομη ανηφορική κλίση, τότε θα επιβραδύνει, σε αντίθετη περίπτωση θα ισχύει το αντίθετο
- Εντοπίζεται βάσει της κλίσης της πολυγωνικής της ερυθράς η πλησιέστερη καμπύλη η οποία θα χρησιμοποιηθεί (δηλαδή εάν έχουμε 3,8% κλίση θα χρησιμοποιήσουμε την καμπύλη η οποία αντιστοιχεί στην κλίση 4%)
- Από την αρχική ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης εντοπίζεται το σημείο της καμπύλης στο οποίο βρίσκεται
- Βάσει της διαδρομής που διανύει στην δεδομένη κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς, εντοπίζεται το μήκος στο οποίο μετακινείται κατά X στο δεδομένο διάγραμμα και τελικά εξάγεται η ταχύτητα στην οποία θα καταλήξει το βαρύ όχημα
- Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για τις επόμενες δύο διαδοχικά σημαίες μέχρι την σημαία τέλους, χρησιμοποιώντας για αρχική ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης την τελική υπολογισμένη τιμή της ταχύτητας για την προηγούμενη διαδρομή. Σημειώνεται ότι στην πρώτη σημαία γίνεται κάποια παραδοχή από τον εκάστοτε μελετητή.

Πέρα από τους κανονισμούς ο προσδιορισμός της λειτουργικής ταχύτητας των βαρέων οχημάτων σε οδούς με δύο λωρίδες κυκλοφορίας περιγράφεται από μαθηματικά μοντέλα τα οποία έχουν προκύψει από μελέτες. Σκοπός των μαθηματικών μοντέλων αυτών είναι ο προσδιορισμός του ποσοστού επιρροής του φόρτου των βαρέων οχημάτων στην λειτουργική ταχύτητα μίας οδού.

Όπως αναφέρεται στην μελέτη (OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS) τα περισσότερα ατυχήματα στις υπεραστικές οδούς στα οποία η κρούση πραγματοποιείται μεταξύ ενός οχήματος και του προπορευόμενου του, τα δύο οχήματα είναι ένα επιβατικό και ένα βαρύ όχημα. Όπως επίσης αναφέρεται στην προαναφερόμενη μελέτη ο κύριος λόγος της σύγκρουσης είναι η διαφορά της ταχύτητας των βραδυκίνητων βαρέων οχημάτων και των αυτοκινήτων. Μάλιστα, υπογραμμίζεται ότι η διαφορά της ταχύτητας παρατηρείται διότι τα βαρέα οχήματα επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από την κατά μήκος κλίση της οδού εξαιτίας της μάζας τους και του πιθανού φορτίου τους. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν για λόγους οδικής ασφάλειας και βελτίωσης των χαράξεων ο προσδιορισμός της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων.

Στην προαναφερόμενη μελέτη πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της ταχύτητας 83 διαφορετικών βαρέων οχημάτων σε υπεραστικό οδικό τμήμα δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Τα βαρέα οχήματα τα οποία επιλέχθηκαν ήταν οχήματα 5 αξόνων και η μικτή μάζα του καθενός (όχημα + φορτίο) κυμαίνονταν κατά μέσο όρο στα 120kg/kw. Δηλαδή, η μικτή τους μάζα ήταν ίση με αυτή που εξετάζεται στους αμερικάνικους κανονισμούς AASHTO.



Εικόνα 2-6: Βαρύ όχημα μελέτης βάση κανονισμών AASHTO (125kg/kw)

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε οδικά τμήματα της Ισπανίας τα οποία παρουσίαζαν έντονες κατά μήκος κλίσης και διαφορετικές τιμές ελκτικότητας. Επιπλέον, τα οδικά τμήματα στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, είναι επί μέρους τμήματα υπεραστικής οδού με δύο λωρίδες κυκλοφορίας και πλάτος λωρίδας 3,0μ-3,5μ. Για την μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν αρκετοί υποσταθμοί στο πέρασ κάθε οδικού τμήματος. Για το σημείο της μέτρησης είχαν προσδιοριστεί ο αριθμός των ευθυγραμμίων, η ελκτικότητα της οδού στο σημείο αυτό, και μέγιστη και ελάχιστη κατά μήκος κλίση.

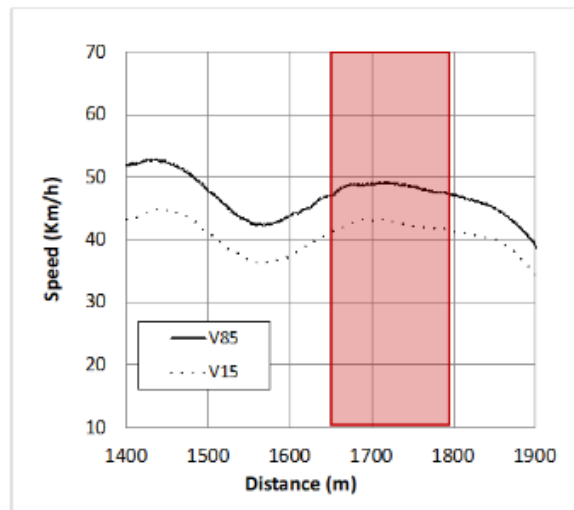
Πίνακας 2-2: Γεωμετρικά στοιχεία των οδικών τμημάτων μέτρησης της μελέτης (OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS)

Road	Name of the Section	Road length (m)	Number of tangents	Number of tangents considered	Curvature Change Rate (gon/km)	Grade (%)	
						Minimum	Maximum
CV-425	Buñol - Alborache	1,956	14	5	195.312	-8	+6
CV-425	Alborache - CV-429	752	10	4	270.978	-3	+6
CV-425	Macastre I - Macastre II	1,419	6	2	119.681	-5	+2
CV-425	CV-580 - La Matrona I	1,062	1	0	0.000	-1	+8
CV-425	Macastre II - CV-580	11,996	98	29	298.050	-9	+11
CV-425	La Matrona I - La Matrona II	5,836	16	5	629.831	-12	+12
CV-345	Villar del Arzobispo - Higuera	7,215	31	2	322.722	-5	+8
CV-600	Xàvita - Fenollet	2,685	8	1	11.938	-2	+2
CV-610	Genovés - Cuatretonda	7,304	29	5	244.131	-8	+10
CV-610	Cuatretonda - Llutxent	2,686	20	2	179.736	-3	+10
CV-608	Llutxent - Planta	1,660	14	1	175.902	-8	+8
CV-610	Llutxent - CV-60	5,685	34	3	200.564	-5	+6

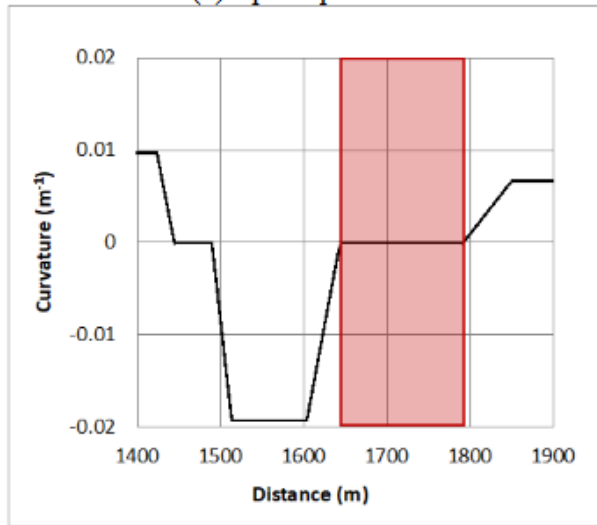
Παραπάνω στον πίνακα παρατηρούνται ο κωδικός του κάθε σταθμού μέτρησης, το όνομα του σταθμού, το μήκος του εξεταζόμενου οδικού τμήματος, ο αριθμός των ευθυγραμμίων,

ο αριθμός των ευθυγραμμιών που λήφθηκε υπ' όψιν, η ελκτικότητα του τμήματος στο σημείο μέτρησης και οι μέγιστη και ελάχιστη κατά μήκος κλίση του τμήματος με την σειρά αυτή. Παρατηρείται ότι στην οδό παρατηρούνται έντονες κατά μήκος κλίσεις (π.χ. -12%) αλλά και ήπιες (π.χ. -1%). Όστε να προσδιοριστεί η εξέλιξη της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων σε διάφορες συνθήκες.

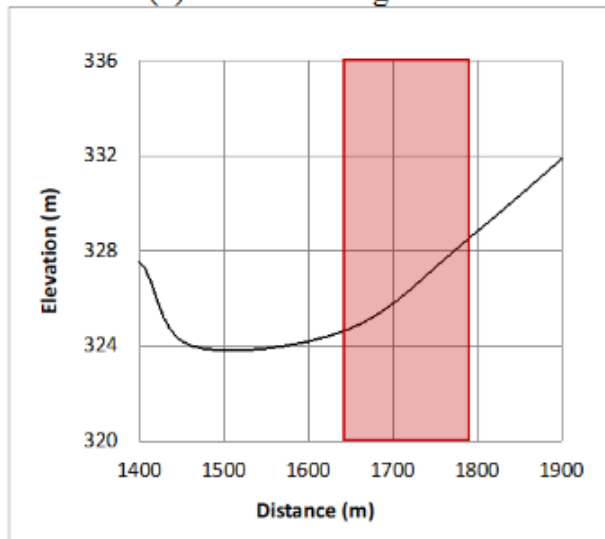
Στόχος της μελέτης αυτής αποτελούσε ο προσδιορισμός της λειτουργικής ταχύτητας V15 και V85. Αναλυτικότερα, Η λειτουργική ταχύτητα των αυτοκινήτων εκτιμάται από την ταχύτητα V85, η οποία αντιπροσωπεύει το 85% των οδηγών, το υπόλοιπο 15% θα κινηθεί με ταχύτητες μεγαλύτερες από αυτήν. Αντιθέτως, η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων μπορεί να εκτιμηθεί ως το 15% των οδηγών οι οποίοι θα κινηθούν με τις μικρότερες στατιστικά ταχύτητες ή το 85% της ταχύτητας των οδηγών των βαρέων οχημάτων. Η υπό εξέταση μελέτη στόχευε στον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τα οποία επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό και την συσχέτιση της λειτουργικής ταχύτητας των βαρέων οχημάτων με την λειτουργική ταχύτητα των αυτοκινήτων.



Σχήμα 2-9: Υπολογισμένη V85 και V15 των μετρήσεων της μελέτης (OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS)



Σχήμα 2-10: Διάγραμμα καμπυλότητας του συνολικού εξεταζόμενου οδικού τμήματος της μελέτης (OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS)



Σχήμα 2-11: Μηκοτομή του συνολικού εξεταζόμενου οδικού τμήματος της μελέτης (OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS)

Παραπάνω παρατηρούνται στα ανάλογα διαγράμματα πόσο επηρεάζεται η λειτουργική ταχύτητα των βαρέων οχημάτων από την οριζοντιογραφία και την μηκοτομή ταυτόχρονα. Ουσιαστικά προσδιορίζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια τα γεωμετρικά στοιχεία μίας οδού τα οποία επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό την λειτουργική ταχύτητα των βαρέων οχημάτων.

Η υπό εξέταση μελέτη παρήγαγε μαθηματικά μοντέλα βάση των οποίων μπορεί να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η λειτουργική ταχύτητα των βαρέων οχημάτων. Τα μοντέλα:

Βάση των γεωμετρικών στοιχείων του οδικού τμήματος:

Το 85% των οδηγών βαρέων οχημάτων με φορτίο θα κινηθούν με ταχύτητα:

$$V_{85L} = 85.98 - \left(\frac{58.09}{e^{0.003 * L}} \right) - 1.02 * g \text{ (εξ. 2-12), όπου } g = \text{κλίση}$$

Ενώ αυτών που θα κινηθούν χωρίς φορτίο:

$$V_{85U} = 45.48 + \left(\frac{44.49}{e^{0.0024 * CCR_{C-T-C}}} \right) \text{ (εξ. 2-13), όπου } CCR_{C-T-C} \text{ μία παράμετρος που προκύπτει από την ελικτικότητα του οδικού τμήματος και το μήκος του.}$$

Το 15% των οδηγών βαρέων οχημάτων (οι περισσότερο βραδυκίνητοι) με φορτία θα κινηθούν με ταχύτητα:

$$V_{15L} = 79.14 - \left(\frac{50.13}{e^{0.0019 * L}} \right) - 1.07 * g \text{ (εξ. 2-14)}$$

Ενώ αυτών που θα κινηθούν χωρίς φορτίο:

$$V_{15U} = 34.48 + \left(\frac{42.83}{e^{0.0024 * CCR_{C-T-C}}} \right) \text{ (εξ. 2-15)}$$

Βάση της λειτουργικής ταχύτητας της οδού:

Το 85% των οδηγών βαρέων οχημάτων με φορτίο θα κινηθούν με ταχύτητα:

$$V_{85L} = 5.70 + 1.05 * V_{85,pc} - 0.69 * g \text{ (εξ. 2-16), όπου } V_{85,pc} \text{ η ταχύτητα με την οποία κινούνται το 85\% των οδηγών αυτοκινήτων (} V_{85} \text{) του οδικού τμήματος}$$

Ενώ αυτών που θα κινηθούν χωρίς φορτίο:

$$V_{85U} = 72.95 - \left(\frac{40.54}{e^{0.0017 * CCR_{C-T-C}}} \right) + 0,39 * V_{85,pc} \text{ (εξ. 2-17), όπου } CCR_{C-T-C} \text{ μία παράμετρος που προκύπτει από την ελικτικότητα του οδικού τμήματος και το μήκος του.}$$

Το 15% των οδηγών βαρέων οχημάτων (οι περισσότερο βραδυκίνητοι) με φορτία θα κινηθούν με ταχύτητα:

$$V_{15L} = 4.76 + 1.04 * V_{15,pc} - 0.65 * g \text{ (εξ. 2-18), όπου } V_{15,pc} \text{ η ταχύτητα με την οποία κινούνται το 15\% των βραδύτερων οδηγών αυτοκινήτων του οδικού τμήματος}$$

Ενώ αυτών που θα κινηθούν χωρίς φορτίο:

$$V_{15U} = 64.85 - \left(\frac{39.54}{e^{0.0017 * L}} \right) + 0,39 * V_{15,pc} \text{ (εξ. 2-19)}$$

Σημειώνεται ότι μεγαλύτερη ακρίβεια προσδιορισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων προσδιορίζεται με την χρήση της λειτουργικής ταχύτητας των οδηγών των

αυτοκινήτων. Εάν όμως οι ταχύτητες αυτές δεν είναι γνωστές μπορεί να χρησιμοποιηθούν και οι εξισώσεις που βασίζονται στα γεωμετρικά στοιχεία του οδικού τμήματος.

Λωρίδες βραδυπορίας βαρέων οχημάτων

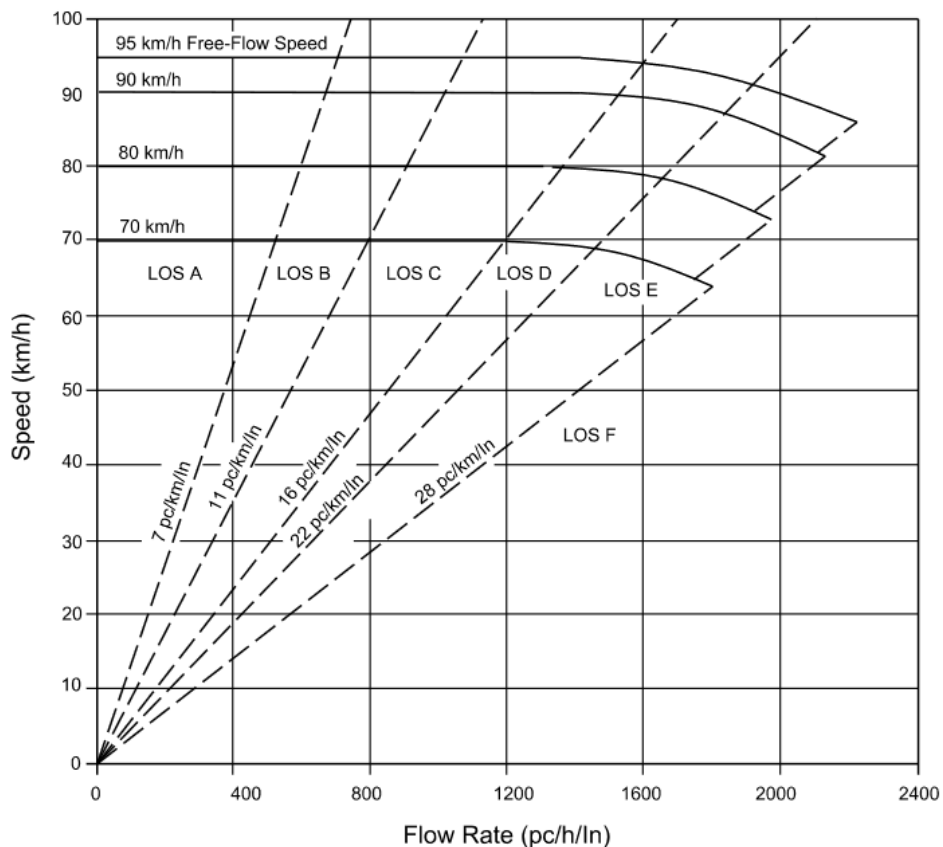
Πρόσθετες λωρίδες κυκλοφορίας (ΠΛΚ) είναι οι λωρίδες κυκλοφορίας με τις οποίες διαπλατώνεται το οδόστρωμα σε ανωφέρειες. Οι λωρίδες αυτές διευκολύνουν την απεμπλοκή των ταχέων οχημάτων από τα βραδυπορούντα, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αύξηση της ασφάλειας και της ποιότητας της κυκλοφορίας. Η διερεύνηση των απαιτήσεων για την προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων κατά την μελέτη μίας οδού είναι αναγκαία για την διασφάλιση της λειτουργικής της ταχύτητας. Μία υπό μελέτη οδός πρόκειται να εξυπηρετήσει διαφορετικούς τύπους οχημάτων κατά την διάρκεια ζωής του έργου. Σε ένα μεγάλο ποσοστό το οποίο διαφέρει ανάλογα με την περιοχή μελέτης, η οδός θα χρησιμοποιηθεί από βαρέα οχήματα. Τα βαρέα οχήματα κινούνται με μικρότερη ταχύτητα συγκριτικά με άλλους χρήστες της οδού και για αυτό τον λόγο μειώνεται συνήθως η λειτουργική ταχύτητα της οδού.

Είναι σημαντικό σε μία οδό να διατηρείται η λειτουργική ταχύτητα της οδού ώστε να διατηρείται το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού. Το επίπεδο εξυπηρέτησης μίας οδού είναι μία παράμετρος η οποία χαρακτηρίζει της συνθήκες λειτουργίας της οδού. Οι συνθήκες λειτουργίας της οδού προκύπτουν από μετρήσεις σχετικές με την ταχύτητα, τον χρόνο διέλευσης της οδού, την πλέξη με άλλες οδούς, την άνεση και την ασφάλεια. Λαμβάνει τιμές βάσει των οδηγιών HCM από A-F. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας το επίπεδο εξυπηρέτησης μίας οδού δύο λωρίδων προσδιορίζεται από τον παρακάτω πίνακα και φαίνεται να επηρεάζεται αρκετά από την λειτουργική ταχύτητα της οδού.

Πίνακας 2-3: Προσδιορισμός επιπέδου εξυπηρέτησης βάσει των οδηγιών HCM για οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας

LOS	Class I Highways	
	ATS (km/h)	PTSF (%)
A	> 90	≤ 35
B	> 80 – 90	> 35 – 50
C	> 70 – 80	> 50 – 65
D	> 60 – 70	> 65 – 80
E	≤ 60	> 80

Στο παραπάνω πίνακα παρατηρείται η στάθμη εξυπηρέτησης μίας οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας και πως αυτή μεταβάλλεται βάσει της μέσης ταχύτητας για την διάσχιση της οδού(ATS) και του ποσοστού αναμονής πίσω από ένα όχημα (PTSF). Σημειώνεται ότι ως Class I Highways είναι οδοί στις οποίες αναμένονται υψηλές ταχύτητες των οχημάτων. Πρόκειται για οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας οι οποίες ενώνουν δύο αστικά κέντρα. Εξυπηρετούν την κίνηση μεταξύ δύο αστικών κέντρων και όχι τις παρόδιες προσβάσεις.



Σχήμα 2-12: Μεταβολή του επίπεδου εξυπηρέτησης βάσει της λειτουργικής ταχύτητας της οδού από τους κανονισμούς των ΗΑΕ

Το παραπάνω διάγραμμα το οποίο παρέχεται από τους κανονισμούς των ΗΑΕ δείχνει το πόσο μεταβάλλεται το επίπεδο εξυπηρέτησης βάσει της λειτουργικής ταχύτητας (Free-Flow-Speed) και της ροής της κυκλοφορίας (Flow Rate). Φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα ότι όσο μικρότερη η λειτουργική ταχύτητα της οδού αυξάνεται και η το επίπεδο ροής της κυκλοφορίας. Δηλαδή, εάν η λειτουργική ταχύτητα μίας οδού είναι σχετικά χαμηλή τότε παρατηρείται μεγαλύτερο αριθμός διερχόμενων από μία διατομή οχημάτων ανά ώρα όπως επίσης ισχύει και το αντίθετο. Βάσει των παραπάνω στοιχείων φαίνεται ότι για την διατήρηση του επίπεδου εξυπηρέτησης μίας οδού είναι αρκετά σημαντικό να μην μειώνεται η λειτουργική ταχύτητα της οδού ή να μην αυξάνεται η ροή της κυκλοφορίας.

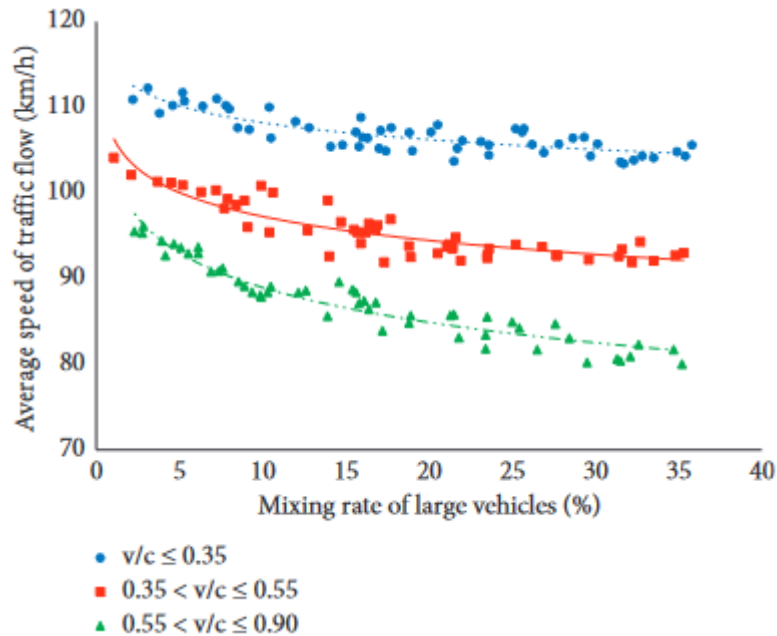
Σε οδού μίας λωρίδας κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση τα δύο αυτά μεγέθη επηρεάζονται από τα βαρέα οχήματα. Αναλυτικότερα, τα βαρέα οχήματα είναι ογκώδη οχήματα τα οποία κινούνται με χαμηλότερες ταχύτητες συγκριτικά με ένα αυτοκίνητο. Εξαιτίας του μεγάλου τους μεγέθους και του φορτίου που μεταφέρουν είναι αδύνατο να κινηθούν με υψηλές ταχύτητες. Για αυτό τον λόγο τα βαρέα οχήματα κινούνται συνήθως με ταχύτητες μικρότερες από τους υπόλοιπους χρήστες της οδού. Όμως όταν σε μία οδό στην οποία παρουσιάζεται μεγάλη ανωφέρεια, δηλαδή για ένα συγκεκριμένο μήκος της οδού παρουσιάζεται απότομη ανηφορική κλίση, η ταχύτητα με την οποία κινούνται τα βαρέα οχήματα ελαττώνεται περισσότερο. Ως αποτέλεσμα, δημιουργούνται ουρές σε σημεία της οδού όπου οι οδηγοί αναγκάζονται να παραμείνουν πίσω από κάποιο βραδυκινούμενο

όχημα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα περισσότεροι χρήστες να κινούνται με ταχύτητα αρκετά χαμηλότερη από την λειτουργική και να αυξάνεται ο αριθμός των οχημάτων τα οποία διέρχονται από μία διατομή της οδού σε μία ώρα. Δηλαδή, μειώνεται το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού.

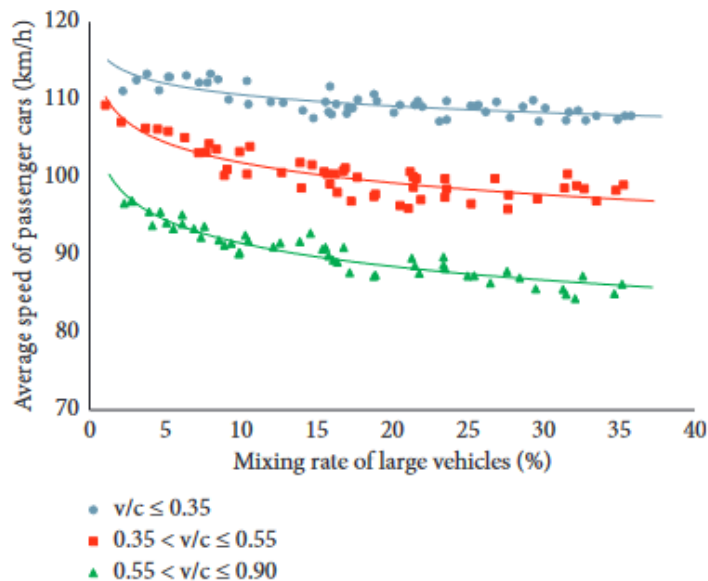


Εικόνα 2-7: Ορατότητα οχήματος πίσω από βαρύ φορτηγό

Τα βαρέα οχήματα σε μία οδό έχει παρατηρηθεί ότι μειώνουν την λειτουργική ταχύτητα μίας οδού. Ανάλογα το ποσοστό της κυκλοφορίας των βαρέων οχημάτων σε μία οδό επηρεάζεται η μείωση της μέσης ταχύτητας της οδού ή της μέσης ταχύτητας των αυτοκινήτων.



Σχήμα 2-13: Διάγραμμα επιρροής του φόρτου των βαρέων οχημάτων στην μέση ταχύτητα της οδού (Chao Gao, 2020)



Σχήμα 2-14: Διάγραμμα επιρροής του φόρτου των βαρέων οχημάτων στην μέση ταχύτητα των αυτοκινήτων (Chao Gao, 2020)

Τα παραπάνω διαγράμματα αντλήθηκαν από επιστημονικό άρθρο (Chao Gao, 2020). Τα διαγράμματα αυτά έχουν προκύψει από μετρήσεις πεδίου. Η μέση ταχύτητα της οδού είναι ο μέσος όρος της ταχύτητας όλων των οχημάτων τα οποία διήλθαν από την διατομή της οδού στην οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Αντίστοιχα, η μέση ταχύτητα των αυτοκινήτων είναι η μέση ταχύτητα των επιβατηγών οχημάτων στην αντίστοιχη διατομή. Οι μετρήσεις αυτές έχουν προκύψει από μετρήσεις σε δρόμους τεσσάρων διαφορετικών

επιπέδων εξυπηρέτησης (A-D). Ο λόγος v/c έχει υπολογιστεί από τους συντάκτες του άρθρου και παραπέμπει στις εξής κατηγορίες βαθμού εξυπηρέτησης:

Πίνακας 2-4: Αντιστοιχία v/c με το επίπεδο εξυπηρέτησης (Chao Gao, 2020)

Level of service	v/C
A	$v/C \leq 0.35$
B	$0.35 < v/C \leq 0.55$
C	$0.55 < v/C \leq 0.75$
D	$0.75 < v/C \leq 0.90$
E	$0.90 < v/C \leq 1.00$
F	$v/C > 1.00$

Παρατηρείται, λοιπόν ότι ο φόρτος των βαρέων οχημάτων σε μία οδό επηρεάζει την ταχύτητα την οποία θα κινηθούν και οι υπόλοιποι χρήστες της οδού. Η μείωση της ταχύτητας μπορεί να μειώσει την στάθμη εξυπηρέτησης της οδού. Ειδικά, όταν πρόκειται για οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό κατά την μελέτη μίας οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα να εκτελούνται οι απαραίτητοι έλεγχοι για το εντοπισμό των τμημάτων της οδού στις οποίες μειώνεται η ταχύτητα των οχημάτων εξαιτίας του φόρτου των βαρέων οχημάτων. Σημειώνεται ότι με ταχύτητα αρκετά μικρότερη από το όριο ταχύτητας της οδού μπορεί να κινούνται και άλλοι χρήστες της οδού, όμως ένα τέτοιο φαινόμενο είναι σπανιότερο και προκύπτει από την συμπεριφορά ενός οδηγού. Σε αντίθεση τα βαρέα οχήματα δεν έχουν την δυνατότητα να κινηθούν ταχύτερα εξαιτίας του φορτίου τους. Οπότε είναι ένα φαινόμενο το οποίο μπορεί να εκτιμηθεί και να ληφθούν τα αντίστοιχα μέτρα.

Πρέπει συνεπώς να διασφαλιστεί ότι στα οδικά τμήματα, στα οποία εκτιμάται ότι τα βαρέα οχήματα δεν δύναται να κινηθούν με ταχύτητες οι οποίες βρίσκονται κοντά στο όριο ταχύτητας ή ακόμα καλύτερα κοντά στην λειτουργική ταχύτητα της οδού, ότι το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού δεν θα μειωθεί. Σχεδιάζεται σε αυτά τα οδικά τμήματα επιπλέον λωρίδα κίνησης στο ρεύμα στο οποίο τα βαρέα οχήματα εκτιμάται ότι θα έχουν χαμηλότερες τιμές. Τα κριτήρια για την επιλογή των τμημάτων στα οποία θα προστεθεί λωρίδα βραδυπορίας διαφέρει ανάλογα τους κανονισμούς που διερευνήθηκαν παρακάτω.



Εικόνα 2-8: Παράδειγμα οδού με λωρίδα βραδυπορίας

Στην εικόνα παρατηρείται υπεραστική οδός με λωρίδα βραδυπορίας στην ανηφορική κατεύθυνση. Όπως φαίνεται στην εικόνα η οδός έχει 2 λωρίδες κυκλοφορίας στην αναφορική κατεύθυνση και μία λωρίδα κυκλοφορίας στην κατηφορική κατεύθυνση. Είναι πιθανό ο σχεδιασμός αυτός να πραγματοποιήθηκε εξαιτίας της πτώσης της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων στο ανηφορικό ρεύμα.

Η εξέλιξη της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων σε ανηφορικές και κατηφορικές κλίσεις περιγράφεται με διαγράμματα τα οποία εντοπίζονται σε διαφορετικούς κανονισμούς. Για την παρούσα διπλωματική επιλέχθηκαν οι ελληνικοί κανονισμοί, οι γερμανικοί κανονισμοί, οι αμερικάνικοι κανονισμοί και οι κανονισμοί των ΗΑΕ. Αναλυτικά τα κριτήρια των εκάστοτε κανονισμών για την επιλογή των τμημάτων στα οποία επιλέγεται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας.

Αναλυτικότερα, η μέθοδος η οποία περιγράφεται στο αντίστοιχο τεύχος των ελληνικών κανονισμών ΟΜΟΕ-ΠΛΚ. Αρχικά, υπολογίζονται η ταχύτητα του βαρέος οχήματος σε διάφορα τμήματα της οδού και η λειτουργική ταχύτητα της οδού στα αντίστοιχα τμήματα. Στην συνέχεια γίνεται έλεγχος των κριτηρίων για την προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Οι παράμετροι επιλογής προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας για βαρέα οχήματα σε οδούς δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα βάσει τους κανονισμούς ΟΜΟΕ:

- Προτείνεται η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας σε περιοχές της οδού όπου η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων έχει διαφορά μεγαλύτερη από 10km/h σε σχέση με την επιδιωκόμενη ταχύτητα υπολογισμού της οδού
- Απαιτείται η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας σε περιοχές της οδού όπου η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων μειώνεται περισσότερο από 20km/h σε σχέση με την επιδιωκόμενη ταχύτητα υπολογισμού της οδού
Σε περίπτωση που η ταχύτητα του βαρέος οχήματος βρίσκεται μεταξύ των ορίων που προαναφέρθηκαν γίνεται επιπλέον έλεγχος

- Απαιτείται η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας σε περιοχές της οδού όπου η ταχύτητα βαρέος οχήματος είναι μικρότερη από την επιτρεπόμενη ελάχιστη ταχύτητα (V_{EET}) του βαρέος οχήματος μελέτης στο υπόψη οδικό τμήμα. Η ταχύτητα V_{EET} υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$V_{EET} = a + b \cdot Q_B \text{ (εξ. 2-20)}$$

Οι παράμετροι a,b προσδιορίζονται βάσει του παρακάτω πίνακα των ΟΜΟΕ τεύχος 5 :

Πίνακας 2-5: Προσδιορισμός παραμέτρων a,b βάσει των ΟΜΟΕ τεύχος 5

Ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας 2 λωρίδων δύο κατευθύνσεων		Ποσοστό βαρείας κυκλοφορίας	$V_B =$ 40 km/h	$V_B =$ 50 km/h	$V_B =$ 60 km/h	$V_B =$ 70 km/h
Ελικτότητα $KU < 150$ [gon/km]	a:	5%	- 274	- 155	- 82	- 11
		10%	- 258	- 144	- 73	- 4
		15%	- 246	- 135	- 65	1
		20%	- 236	- 128	- 59	7
	b:		0,2002	0,1381	0,1078	0,0803
Ελικτότητα $KU \geq 150$ [gon/km]	a:	5%	- 158	- 90	- 35	-
		10%	- 145	- 80	- 27	-
		15%	- 135	- 71	- 21	-
		20%	- 126	- 64	- 15	-
	b:		0,1524	0,1179	0,1026	-

Επιπρόσθετοι παράμετροι επιλογής προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας κατά ΟΜΟΕ:

- Το ελάχιστο μήκος μίας πρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας σε οδούς δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα προτείνεται να είναι τουλάχιστον 500μ. Σε περίπτωση που δύο χιλιομετρικές θέσεις της οδού, μεταξύ των οποίων απαιτείται προσθήκη λωρίδας κυκλοφορίας, απέχουν λιγότερο από 500μ. Η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας δεν συνιστάται.
- Για λόγους ασφαλείας εάν τα δύο άκρα δύο επιπρόσθετων λωρίδων κυκλοφορίας απέχουν λιγότερο από 800μ (για οδούς δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα), τότε προτείνεται η κατασκευή μίας ενιαίας λωρίδας επιπρόσθετης κυκλοφορίας.

Οι αμερικάνικοι κανονισμοί χρησιμοποιούν διαφορετικά κριτήρια από τους ελληνικούς. Αρχικά, υπολογίζονται η ταχύτητα του βαρέος οχήματος σε διάφορα τμήματα της οδού και η λειτουργική ταχύτητα της οδού στα αντίστοιχα τμήματα. Εναλλακτικά, μπορούν να προσδιοριστούν από το HCM οι περιοχές στις οποίες μειώνεται το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού εξαιτίας του φόρτου των βαρέων οχημάτων. Στην συνέχεια, γίνεται έλεγχος των κριτηρίων για την προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Παράμετροι επιλογής προσθήκης

λωρίδας βραδυπορίας για βαρέα οχήματα σε οδούς δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα βάσει των κανονισμών AASHTO:

- Απαιτείται η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας σε περιοχές της υπό μελέτη οδού όπου ισχύουν όλα τα παρακάτω:
 - Ο κυκλοφοριακός φόρτος του υπό εξέταση τμήματος ξεπερνάει τα 200οχ/ώρα
 - Ο κυκλοφοριακός φόρτος βαρέων οχημάτων στο υπό εξέταση τμήμα ξεπερνάει τα 20οχ/ώρα
 - Ισχύει ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω:
 - Η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης μειώνεται περισσότερο από 15km/h από την επιδιωκόμενη ταχύτητα υπολογισμού της οδού
 - Το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού σε μία ανωφέρεια είναι E ή F
 - Το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού μειώνεται κατά δύο επίπεδα κατά την ανωφέρεια
- Ταυτόχρονα γίνεται έλεγχος από τον εκάστοτε μηχανικό για το αντίκτυπο της προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας στο κόστος της οδού και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα προκύψουν από την προσθήκη της λωρίδας.

Οι κανονισμοί των ΗΑΕ χρησιμοποιούν παρόμοια κριτήρια με τους αμερικάνικους. Αρχικά, υπολογίζονται η ταχύτητα του βαρέος οχήματος σε διάφορα τμήματα της οδού και η λειτουργική ταχύτητα της οδού στα αντίστοιχα τμήματα. Εναλλακτικά, μπορούν να προσδιοριστούν από το HCM οι περιοχές στις οποίες μειώνεται το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού εξαιτίας του φόρτου των βαρέων οχημάτων. Στην συνέχεια, γίνεται έλεγχος των κριτηρίων για την προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Παράμετροι επιλογής προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας για βαρέα οχήματα σε οδούς δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα βάσει των κανονισμών των ΗΑΕ:

- Απαιτείται η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας σε περιοχές της υπό μελέτη οδού όπου ισχύουν όλα τα παρακάτω:
 - Ο κυκλοφοριακός φόρτος του υπό εξέταση τμήματος ξεπερνάει τα 200οχ/ώρα
 - Ο κυκλοφοριακός φόρτος βαρέων οχημάτων στο υπό εξέταση τμήμα ξεπερνάει τα 20οχ/ώρα
 - Ισχύει ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω:
 - Η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης μειώνεται περισσότερο από 15km/h από την επιδιωκόμενη ταχύτητα υπολογισμού της οδού
 - Το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού σε μία ανωφέρεια είναι E ή F
 - Το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού μειώνεται κατά δύο επίπεδα κατά την ανωφέρεια
- Ταυτόχρονα γίνεται έλεγχος από τον εκάστοτε μηχανικό για το αντίκτυπο της προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας στο κόστος της οδού και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα προκύψουν από την προσθήκη της λωρίδας.

Επιλογή γλώσσας πραγματισμού για τον σχεδιασμό του λογισμικού

Για την εκπόνηση του λογισμικού διερεύνησης των απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας για τα βαρέα οχήματα επιλέχθηκε η γλώσσα C++. Ο λόγος χρήσης αυτής της γλώσσας προγραμματισμού είναι καθώς τα λογισμικά σχεδιασμού οδοποιίας (Autocad Civil, ΟΔΟΣ κλπ.) είναι γραμμένα σε αυτή την γλώσσα προγραμματισμού. Ήταν επιθυμητό το λογισμικό το οποίο σχεδιάστηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής να ήταν συμβατό με τα υπόλοιπα ευρείας χρήσης λογισμικά οδοποιίας.

Η γλώσσα C++ είναι μία γλώσσα προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου για αυτό τον λόγο επιτρέπει μεγαλύτερη ευκινησία στους προγραμματιστές. Μία γλώσσα προγραμματισμού θεωρείται χαμηλού επιπέδου όταν επιτρέπει στον χρήστη να προγραμματίσει πιο βασικές λειτουργίες και δεν του παρέχει έτοιμες βιβλιοθήκες. Για παράδειγμα, αυτό σημαίνει ότι σε μία γλώσσα υψηλού επιπέδου εάν ζητηθεί ο πολλαπλασιασμός δύο χρήστη πινάκων, η διαδικασία εκτελείται και παράγει αποτέλεσμα. Αντίθετα, σε μία γλώσσα προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου ο χρήστης για να εκτελέσει την ίδια διαδικασία θα χρειαζόταν να προγραμματίσει και την μέθοδο με την οποία πολλαπλασιάζονται δύο πίνακες.

Η γλώσσα C++ λοιπόν επιλέγεται για σχεδιασμό λογισμικών οδοποιίας γιατί επιτρέπει στον χρήστη να σχεδιάσει βασικές λειτουργίες και μεθόδους. Υπάρχουν περισσότεροι λόγοι, οι οποίοι όμως είναι εκτός του αντικείμενου της παρούσας εργασίας. Ενδεικτικά κάποιιοι από αυτούς είναι η ασφαλής και γρήγορη διαχείριση της μνήμης και ασφαλής διαχείριση των γραφικών.

3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η μεθοδολογία η οποία αναπτύσσεται στην παρούσα εργασία είναι αναγκαίο να τεθεί σε εφαρμογή σε κάποια οδό είτε υφιστάμενη είτε υπό μελέτη. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία υπό μελέτη οδικού άξονα για την διερεύνηση των κριτηρίων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας με τους κανονισμούς οι οποίοι επιλέχθηκαν για την παρούσα εργασία. Για την διερεύνηση του ζητήματος και στα πλαίσια της παρούσας εργασίας σχεδιάστηκε λογισμικό ικανό να εντοπίζει σε μία οδό δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα, τις χιλιομετρικές θέσεις στις οποίες απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας, βάσει όλων των επιλεγμένων κανονισμών. Για τον σχεδιασμό του αλγόριθμου ήταν αναγκαίο να γίνει μοντελοποίηση των διαγραμμάτων ταχύτητας των βαρέων οχημάτων, τα οποία εντοπίζονταν στους εκάστοτε κανονισμούς. Επίσης, για τον ταυτόχρονο έλεγχο της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας και του αλγόριθμου χρειάστηκαν τα γεωμετρικά στοιχεία μίας οδού στην οποία έχει προηγηθεί έλεγχος των κριτηρίων σε κάποια επίσημη μελέτη.

Όσο αναφορά τον σχεδιασμό του αλγόριθμου κανένας από τους επιλεγμένους κανονισμούς δεν περιείχε τα μαθηματικά μοντέλα βάσει των οποίων έχουν σχεδιαστεί τα διαγράμματα περιγραφής ταχύτητας των βαρέων οχημάτων. Οι κανονισμοί οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την άντληση αυτών των μοντέλων ήταν οι ΟΜΟΕ-5^ο Τεύχος, οι κανονισμοί AASHTO και οι κανονισμοί σχεδιασμού οδοποιίας των ΗΑΕ. Είναι πιθανό τα διαγράμματα αυτά να έχουν προκύψει ύστερα από πειραματικές μετρήσεις της ταχύτητας βαρέων οχημάτων σε αντίστοιχες συνθήκες.

Για την εκπόνηση του λογισμικού το οποίο συνοδεύει την παρούσα διπλωματική εργασία χρειάστηκε η μαθηματική μοντελοποίηση των διαγραμμάτων των κανονισμών της βιβλιογραφίας για την περιγραφή της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων. Ωστε τα μαθηματικά αυτά μοντέλα να ενταχθούν στο λογισμικό και να δύναται ο ταχύς και ακριβής υπολογισμός της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος σε μία δεδομένη χιλιομετρική θέση της εκάστοτε οδού. Παρακάτω στο αντίστοιχο υποκεφάλαιο αναλύεται η μέθοδος με την οποία πραγματοποιήθηκε η μοντελοποίηση των διαγραμμάτων και στο αντίστοιχο παράρτημα επισυνάπτονται οι μετρήσεις οι οποίες προέκυψαν από τα διαγράμματα αυτά.

Εκτός της μοντελοποίησης των διαγραμμάτων των κανονισμών προαναφέρθηκε ότι αντλήθηκαν τα γεωμετρικά στοιχεία και ο έλεγχος κριτηρίων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας υπό μελέτης οδού. Αναλυτικότερα, η γεωμετρία μίας πραγματικής οδού ήταν αναγκαία για την άντληση αρχικών δεδομένων για την δοκιμή της μεθοδολογίας που αναπτύσσεται σε επόμενο κεφάλαιο. Για τα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας παραχωρήθηκε από την <<ΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ>> η προμελέτη οδικού άξονα σε ορεινό τμήμα της Ελλάδας και στο αντίστοιχο υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της.

Επιπλέον, η προμελέτη η οποία παραχωρήθηκε συμβάλει στον έλεγχο των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας η οποία παρουσιάζεται σε επόμενο κεφάλαιο. Διότι, στην παραχωρημένη μελέτη έχει προηγηθεί έλεγχος των απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων βάσει των ελληνικών κανονισμών. Συγκρίνονται σε επόμενο κεφάλαιο τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας της παρούσας διπλωματικής με

τα αποτελέσματα της παραχωρημένης προμελέτης. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας με τα αποτελέσματα επίσημης μελέτης ήταν αρκετά σημαντική για τον εντοπισμό και την διόρθωση σφαλμάτων στην μέθοδο η οποία αναπτυσσόταν κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Μοντελοποίηση διαγραμμάτων υπολογισμού ταχύτητας βαρέων οχημάτων των κανονισμών

Για την μοντελοποίηση των διαγραμμάτων ταχύτητας των βαρέων οχημάτων ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για όλα τα διαγράμματα ανεξαιρέτως των κανονισμών από τους οποίους παρέχονται. Η μέθοδος η οποία ακολουθήθηκε παρουσιάζεται παρακάτω και τα αποτελέσματα της συγκρίνονται με αυτά των συμβατικών μεθόδων εξαγωγής πληροφορίας από τα αντίστοιχα διαγράμματα.

Στα διαγράμματα των επιλεγμένων κανονισμών τα οποία περιγράφουν την μεταβολή της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος, παρουσιάζονται μερικές χαρακτηριστικές καμπύλες ανάλογα με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς της οδού. Οι καμπύλες έχουν ακέραιες τιμές κλίσης (0%,1%,2%...) και περιγράφουν τις περισσότερο συνηθισμένες κλίσεις στην οδοποιία (βλ. Σχήμα 3 ως παράδειγμα). Για να επιτευχθεί ο προσδιορισμός του μαθηματικού μοντέλου το οποίο περιγράφει την εκάστοτε καμπύλη χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές μέθοδοι προσδιορισμού. Από τις δύο αυτές μεθόδους επιλέχθηκε αυτή της οποίας το τελικό αποτέλεσμα παρουσίαζε τις μικρότερες αποκλίσεις από τον προσδιορισμό της ταχύτητας του βαρέος οχήματος με την χρήση του διαγράμματος.

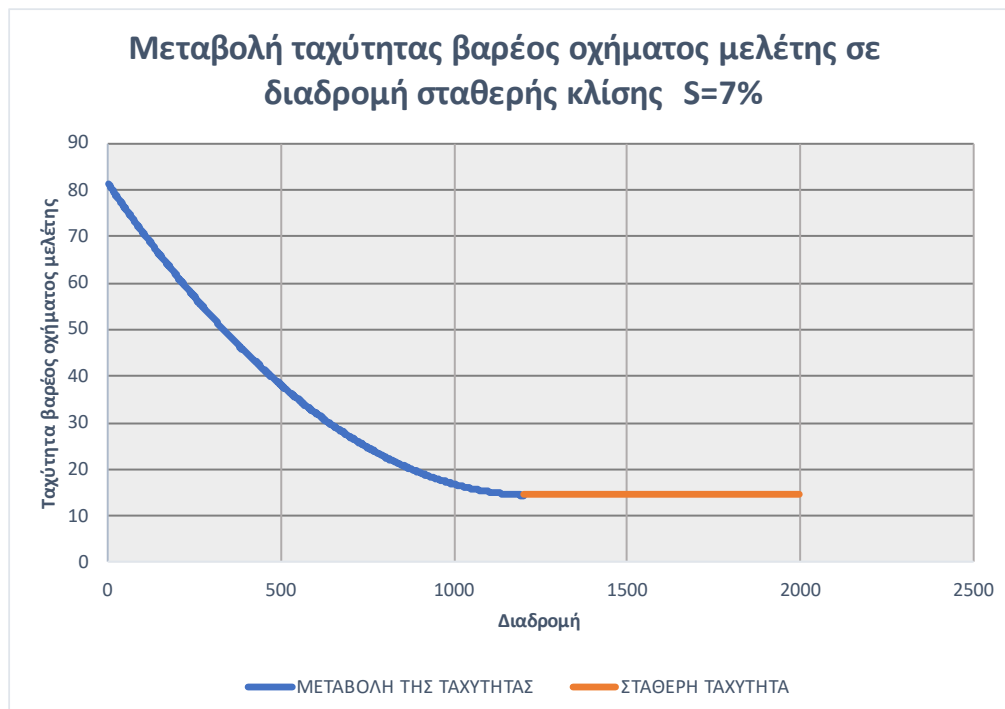
- Η λογική της πρώτης μεθόδου ήταν η εξαγωγή μετρήσεων από κάθε διάγραμμα σε τυχαία σημεία, η εισαγωγή αυτών των μετρήσεων στο excel και ο προσδιορισμός της εξίσωσης η οποία περιγράφει τις μετρήσεις αυτές. Αναλυτικότερα, από κάθε διάγραμμα εκπονήθηκαν δειγματοληπτικά ένας μεγάλος αριθμός μετρήσεων σε κάθε καμπύλη κάθε διαγράμματος των επιλεγμένων κανονισμών. Δηλαδή, στην εκάστοτε διαθέσιμη καμπύλη για τυχαία μήκη διαδρομών υπολογίστηκε η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης των εκάστοτε κανονισμών. Οπότε, προέκυψαν για κάθε καμπύλη μετρήσεις οι οποίες περιείχαν το μήκος της διαδρομής και την ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης. Δηλαδή για κάθε καμπύλη, υπήρχαν πολλές μετρήσεις σημείων με X (την διαδρομή) και Y (την ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης). Αυτές οι μετρήσεις εισάχθηκαν σε υπολογιστικό φύλλο (excel) και με τα εργαλεία του υπολογιστικού φύλλου προσδιορίστηκε η εξίσωση η οποία περιγράφει την κάθε καμπύλη των εκάστοτε κανονισμών. Αναλυτικότερα, έχοντας πραγματοποιήσει αρκετές μετρήσεις των X και Y της κάθε καμπύλης με την βοήθεια των εργαλείων του excel δύναται ο προσδιορισμός εξίσωσης η οποία περιγράφει αυτά τα X και Y και υπολογίζεται παράλληλα και το πεδίο εμπιστοσύνης. Αυτή η διεργασία πραγματοποιήθηκε για κάθε καμπύλη όλων των διαγραμμάτων των επιλεγμένων κανονισμών. Άρα, προέκυψαν εξισώσεις για κάθε καμπύλη των διαγραμμάτων των κανονισμών. Οπότε, ήταν δυνατόν για μία δεδομένη κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς μίας οδού να προσδιοριστεί η ταχύτητα ενός βαρέος οχήματος μελέτης σε σχέση με το μήκος το οποίο διανύει το βαρύ όχημα μελέτης σε αυτή την κλίση. Διαδικασία η οποία μπορούσε να πραγματοποιηθεί για οποιονδήποτε από τους επιλεγμένους κανονισμούς της παρούσας εργασίας. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα

της μεθόδου για κλίση πολυγωνικής ερυθράς 7% όταν το όχημα βρίσκεται σε επιβράδυνση:

- ο Με χρήση των διαγραμμάτων των ελληνικών κανονισμών ΟΜΟΕ:

Πίνακας 3-1: Προσδιορισμός ταχύτητας βαρέος οχήματος μελέτης και διαδρομής για κλίση πολυγωνικής ερυθράς $S=7\%$ με ελληνικούς κανονισμούς ΟΜΟΕ

Ταχύτητα	Διαδρομή
80	0
70	120
60	226,7
50	340
40	466,7
35,3	540
20	853,3
16,7	1000
14,9	1200



Σχήμα 3-1: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΟΜΟΕ για κλίση πολυγωνικής ερυθράς $S=7\%$

$$V = 4E-05x^2 - 0,1085x + 81,388 \text{ για τιμές μέχρι } 1200\mu \text{ (εξ. 3-1) και}$$

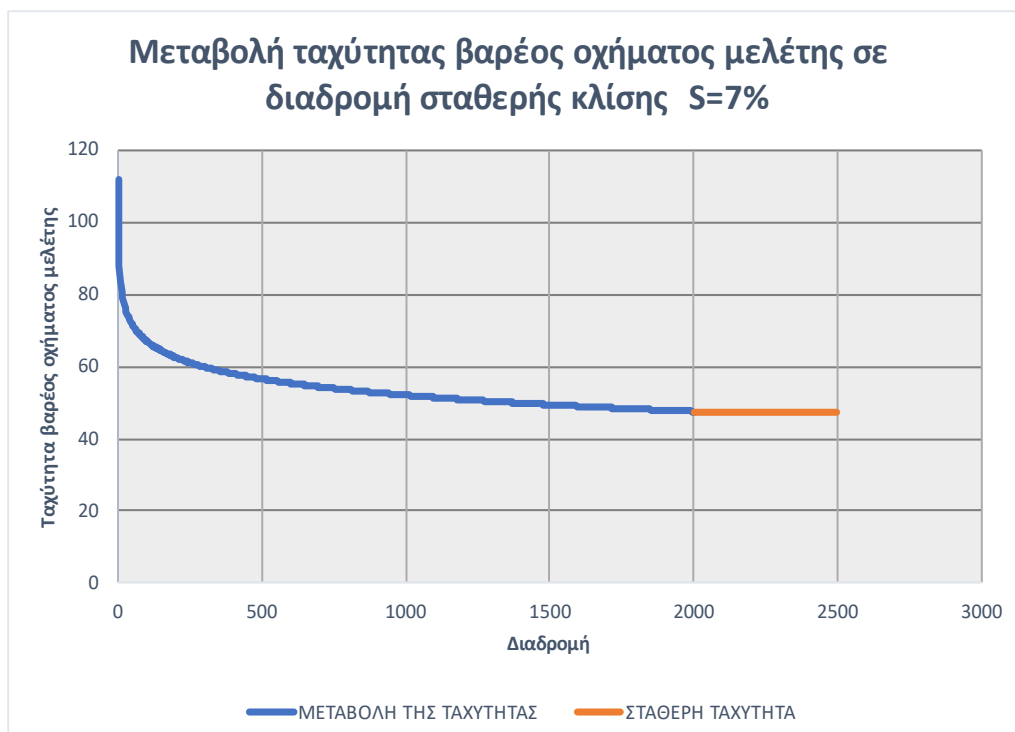
$$V=14,9 \text{ για τιμές από } 1200\mu. \text{ και πάνω}$$

Παρατηρούνται στον Πίνακα 2 οι μετρήσεις οι οποίες έγιναν στην εξεταζόμενη καμπύλη των ΟΜΟΕ σε τυχαίες θέσεις της διαδρομής (άξονας Χ) και η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης η οποία προέκυψε (άξονας Υ). Στην συνέχεια γίνεται παρουσίαση των μετρήσεων αυτών σε νέα καμπύλη υπολογισμένη από τα εργαλεία του excel στο Σχήμα 6. Επίσης, παρουσιάζεται η εξίσωση όπως αυτή προέκυψε από τα εργαλεία του excel. Θεωρητικά, για κάθε διαδρομή σε κλίση πολυγωνικής της ερυθράς $S=7\%$ μπορεί να υπολογιστεί η ταχύτητα βαρέος οχήματος μελέτης βάσει των ΟΜΟΕ.

- Με χρήση των διαγραμμάτων των αμερικάνικων κανονισμών AASHTO:

Πίνακας 3-2: Προσδιορισμός ταχύτητας βαρέος οχήματος μελέτης και διαδρομής για κλίση πολυγωνικής ερυθράς $S=7\%$ με αμερικάνικους κανονισμούς AASHTO

ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ
0	112
85	110
167	100
394	90
547	80
687	70
873	60
1088	50
2000	49



Σχήμα 3-2: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO για κλίση πολυγωνικής ερυθράς S=7%

$$V = -6,496 \ln(x) + 96,948 \text{ για τιμές μέχρι } 2000\mu \text{ (εξ. 3-2) και}$$

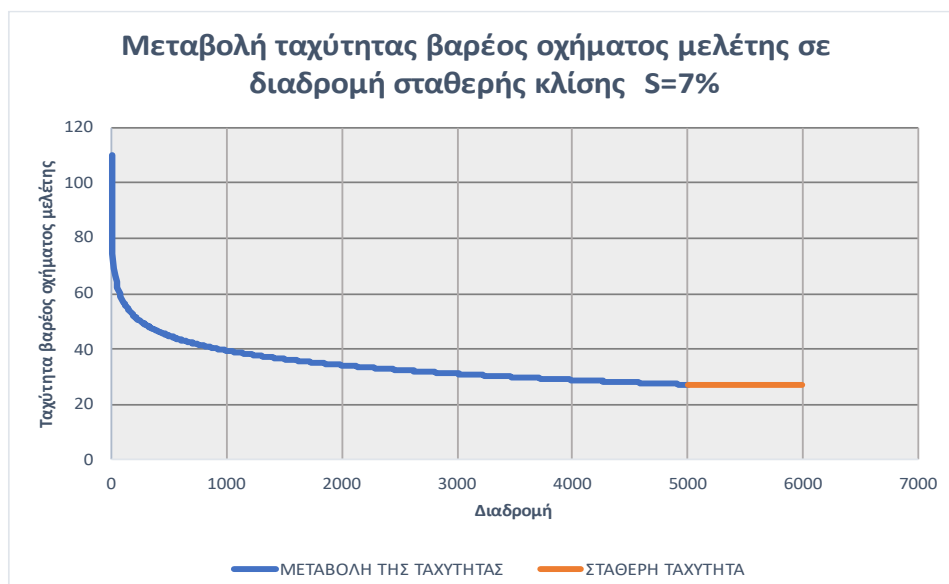
$$V=49 \text{ για τιμές από } 2000\mu \text{ και πάνω}$$

Παρατηρούνται στον Πίνακα 3 οι μετρήσεις οι οποίες έγιναν στην εξεταζόμενη καμπύλη των οδηγιών AASHTO σε τυχαίες θέσεις της διαδρομής (άξονας X) και η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης η οποία προέκυψε (άξονας Y). Στην συνέχεια γίνεται παρουσίαση των μετρήσεων αυτών σε νέα καμπύλη υπολογισμένη από τα εργαλεία του excel στο Σχήμα 7. Επίσης, παρουσιάζεται η εξίσωση όπως αυτή προέκυψε από τα εργαλεία του excel. Θεωρητικά, για κάθε διαδρομή σε κλίση πολυγωνικής της ερυθράς S=7% μπορεί να υπολογιστεί η ταχύτητα βαρέος οχήματος μελέτης βάσει των κανονισμών AASHTO.

- Με χρήση των διαγραμμάτων των κανονισμών των ΗΑΕ:

Πίνακας 3-3: Προσδιορισμός ταχύτητας βαρέος οχήματος μελέτης και διαδρομής για κλίση πολυγωνικής ερυθράς S=7% με τους κανονισμούς των ΗΑΕ

ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ
0	110
200	93
400	77
850	40
1000	36
2000	32,8



Σχήμα 3-3: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ για κλίση πολυγωνικής ερυθράς S=7%

$$V = -7,63 \ln(x) + 92,195 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu. \text{ (εξ. 3-3) και}$$

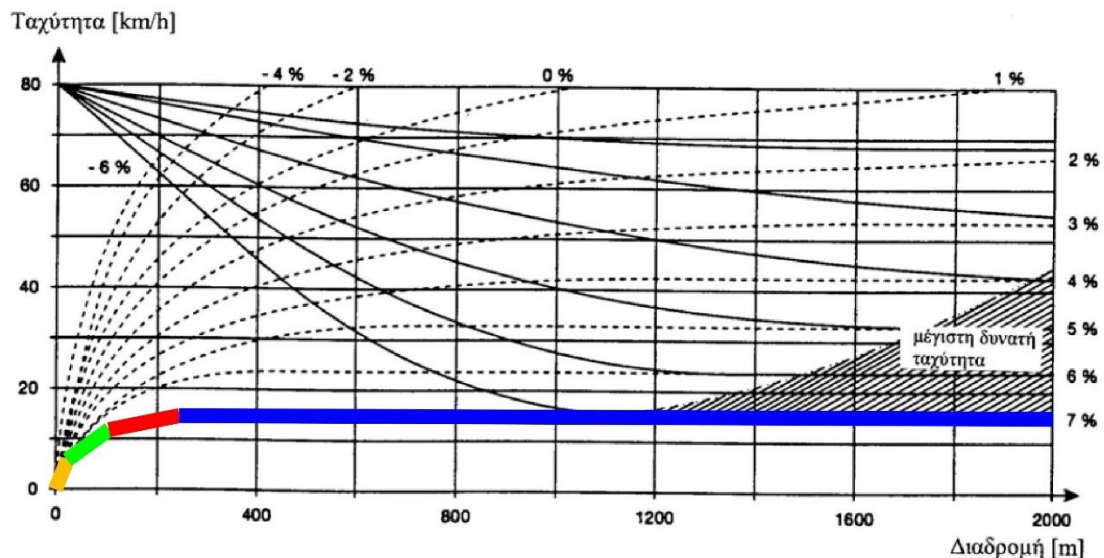
$$V=29 \text{ για τιμές από } 5000\mu \text{ και πάνω}$$

Παρατηρούνται στον Πίνακα 4 οι μετρήσεις οι οποίες έγιναν στην εξεταζόμενη καμπύλη των οδηγίων μελετών οδοποιίας των ΗΑΕ σε τυχαίες θέσεις της διαδρομής (άξονας X) και η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης η οποία προέκυψε (άξονας Y). Στην συνέχεια γίνεται παρουσίαση των μετρήσεων αυτών σε νέα καμπύλη υπολογισμένη από τα εργαλεία του excel στο Σχήμα 8. Επίσης, παρουσιάζεται η εξίσωση όπως αυτή προέκυψε από τα εργαλεία του excel. Θεωρητικά, για κάθε διαδρομή σε κλίση πολυγωνικής της ερυθράς S=7% μπορεί να υπολογιστεί η ταχύτητα βαρέος οχήματος μελέτης βάσει των κανονισμών των ΗΑΕ.

Αυτή η μέθοδος παρήγαγε τις μαθηματικές σχέσεις οι οποίες περιγράφουν όλες τις καμπύλες των διαγραμμάτων. Οι τιμές οι οποίες υπολογίζονταν μέσω των μαθηματικών

αυτών μοντέλων για την ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης χρησιμοποιήθηκαν κατέληξαν σε κοινά αποτελέσματα συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους εξαγωγής της ταχύτητας αυτής. Δηλαδή, εξαγωγή της τιμής της ταχύτητας από τα διαγράμματα με χρήση χάρακα. Δειγματοληπτικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις τόσο με την χρήση των μαθηματικών μοντέλων όσο και με συμβατικές μεθόδους. Η διαφορά των δύο μεθόδων κατέληγε σε κοινά αποτελέσματα με μικρές αποκλίσεις. Οι διαφορές αυτές ήταν της τάξης 1km/h και μπορεί να οφείλονταν και στο σφάλμα του οφθαλμού, διότι τα διαγράμματα έχουν παρουσιάζονται με μεγάλη κλίμακα. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε τελικά για την μαθηματική μοντελοποίηση των διαγραμμάτων καθώς προσέγγιζε περισσότερο την πραγματικότητα. Αναλυτικά τα διαγράμματα κάθε καμπύλης και η εξίσωση που την περιγράφει παρακάτω. Οι αναλυτικές μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν για την περιγραφή της εκάστοτε καμπύλης επισυνάπτονται στο αντίστοιχο παράρτημα.

- Η δεύτερη μέθοδος ακολούθησε διαφορετική λογική. Σε αυτή την μέθοδο σε κάθε καμπύλη έγινε εντοπισμός των σημείων στα οποία παρατηρείται ότι αλλάζει η κλίση της καμπύλης και υπολογίστηκε αυτή η κλίση για κάθε δύο διαδοχικά σημεία. Η κλίση αυτή αντιπροσωπεύει το τιμή της επιτάχυνσης ή της επιβράδυνσης αντίστοιχα του βαρέος οχήματος σε αυτό το τμήμα της διαδρομής. Ουσιαστικά, μεταξύ δύο σημείων της εκάστοτε καμπύλης η κλίση τους προσδιορίζει τον ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης για την υπό εξέταση διαδρομή. Άρα, εάν τα σημεία αυτά επιλεχθούν να βρίσκονται σε σημεία στα οποία αλλάζει η κλίση της καμπύλης, τότε μπορεί αυτό το τμήμα της καμπύλης να περιγραφεί με χρήση ευθείας. Άρα, αυτή η μέθοδος περιγράφει την εκάστοτε καμπύλη των διαγραμμάτων των κανονισμών οι οποίοι επιλέχθηκαν για την παρούσα εργασία μετατρέποντας τα επί μέρους τμήματα της σε ευθείας. Παρακάτω η μέθοδος σε σχήμα:



Εικόνα 3-1: Οι ευθείες (με χρώμα) οι οποίες περιγράφουν την αντίστοιχη καμπύλη του διαγράμματος των ΟΜΟΕ-ΠΛΚ

Έστω ότι χρειαζόταν να υπολογιστεί η ταχύτητα ενός βαρέος οχήματος μελέτης βάσει της καμπύλης της παραπάνω εικόνας. Η καμπύλη περιγράφει την μεταβολή της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης σε κατάσταση επιτάχυνσης επί κλίση 7%. Έστω ότι η αρχική ταχύτητα του βαρέος οχήματος είναι 0km/h και το όχημα θα κινηθεί για 200μ επί της διαδρομής. Τότε για τον προσδιορισμό της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης θα χρησιμοποιηθεί η κλίση της της πράσινης ευθείας η οποία τέμνει το σημείο της καμπύλης με X=200μ. Η κλίση αυτή θα πολλαπλασιαστεί με το μήκος της πράσινης ευθείας από την αρχή της ευθείας μέχρι το σημείο με X=200. Το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού αυτού προστίθεται στην ταχύτητα που έχει το βαρύ όχημα μελέτης στην αρχή της πράσινης γραμμής. Έτσι το τελικό αποτέλεσμα είναι η ταχύτητα του επιταχυνόμενου βαρέος οχήματος μελέτης μετά από 200 μέτρα διαδρομής επί σταθερή κλίση 7% με αρχική ταχύτητα 0km/h. Στην προκειμένη περίπτωση το αποτέλεσμα είναι ίσο με 14.9km/h.

Η εξίσωση : $V_{\tau\epsilon\lambda} = V_0 + (S * L)$, όπου V_0 η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης στην αρχή της ευθείας και L το μήκος από την αρχή της ευθείας μέχρι το επιθυμητό σημείο.

Αυτή η μέθοδος πραγματοποιήθηκε για όλες τις καμπύλες οι οποίες παρουσιάστηκαν στα διαγράμματα των επιλεγμένων κανονισμών. Τα σημεία τα οποία εντοπίστηκαν ως σημεία αλλαγής κλίσης των καμπυλών όπως επίσης οι υπολογισμένες μεταξύ τους κλίσεις επισυνάπτονται στο αντίστοιχο παράρτημα της παρούσας έκθεσης. Στο παράρτημα εντοπίζονται για κάθε καμπύλη οι μετρήσεις των σημείων αλλαγής κλίσης και η υπολογισμένη μεταξύ τους κλίση, όπως αυτά χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική.

s=8			
0	112	-	0,024
82	110	-	0,128
160	100	-	0,060
327	90	-	0,075
460	80	-	0,115
547	70	-	0,079
673	60	-	0,068
821	50	-	0,016
1400	41		
1600	41		

Εικόνα 3-2: Σημεία αλλαγής της κλίσης της καμπύλης επιβράδυνσης βαρέος οχήματος μελέτης των αμερικάνικων κανονισμών AASHTO για κλίση 8% και οι μεταξύ τους κλίσεις

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούνται τα σημεία αλλαγής κλίσης μίας καμπύλης περιγραφής της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης και οι μεταξύ τους κλίσεις. Αναλυτικότερα, στην αριστερή στήλη είναι το μήκος της διαδρομής (X της καμπύλης), στην μεσαία στήλη είναι η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης (Y της καμπύλης) και στην δεξιά στήλη είναι η κλίση μεταξύ του σημείου και του επόμενου του διαδοχικά επί της καμπύλης. Η καμπύλη η οποία περιγράφεται με τα παραπάνω αποτελέσματα είναι η καμπύλη επιβράδυνσης βαρέος οχήματος σε οδό με κλίση 8% βάσει των διαγραμμάτων

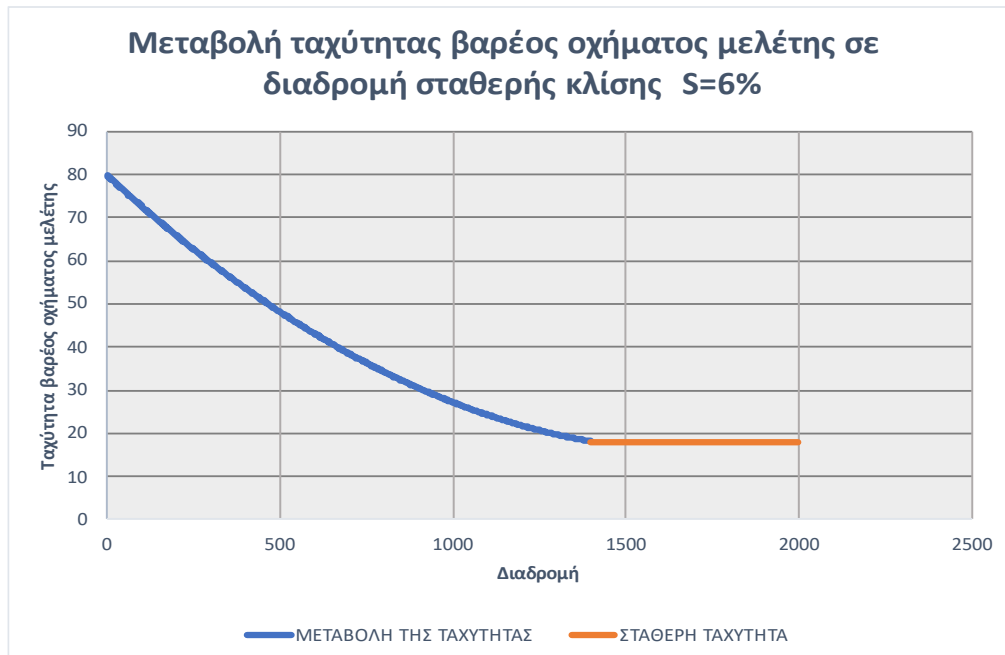
των αμερικάνικων κανονισμών AASHTO. Σημειώνεται ότι, η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης δεν μπορεί να ελαττωθεί περισσότερο από την ελάχιστη ταχύτητα της καμπύλης. Οπότε εάν χρειαζόταν στην προκειμένη περίπτωση να προσδιοριστεί η ταχύτητα σε διαδρομή μεγαλύτερη από 1600μ με κλίση 8% η τιμή που θα λάμβανε θα ήταν ίση με 41km/h. Σε όλες τις καμπύλες εντοπίζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης. Δεδομένο το οποίο έχει ληφθεί υπόψιν στην μεθοδολογία της παρούσας εργασίας.

Η μέθοδος αυτή εκτιμήθηκε ότι δεν είναι αρκετά και προσεγγίζει τα αποτελέσματα τα οποία θα υπολογίζονταν με συμβατικές μεθόδους. Η διαφορά των αποτελεσμάτων αυτής της μεθόδου προσδιορισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων με την συμβατική μέθοδο προσδιορισμού της ταχύτητας τους προσδιορίστηκε μεγαλύτερη των 5km/h με χρήση όλων των διαθέσιμων κανονισμών. Κρίνεται, λοιπόν ότι αυτή η μέθοδος δεν είναι αρκετά ακριβής και μπορεί να οδηγήσει σε λάθος αποτελέσματα. Εάν ληφθεί υπόψιν ότι στα κριτήρια εξετάζεται η διαφορά της τάξης των 10km/h μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης. Ένα σφάλμα τόσο μεγάλο μπορεί να προσδιορίσει την ταχύτητα των βαρέων οχημάτων αρκετά χαμηλή ώστε να απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας σε ένα οδικό τμήμα στο οποίο δεν είναι αναγκαίο ή το αντίθετο.

Βάσει λοιπόν της επιλεγμένης μεθόδου μαθηματικής μοντελοποίησης έχουν προκύψει τα παρακάτω διαγράμματα και οι παρακάτω εξισώσεις περιγραφής της εκάστοτε καμπύλης. Οι αναλυτικές μετρήσεις για τον υπολογισμό του κάθε διαγράμματος επισυνάπτονται στο αντίστοιχο παράρτημα.

Διαγράμματα ελληνικών οδηγιών :

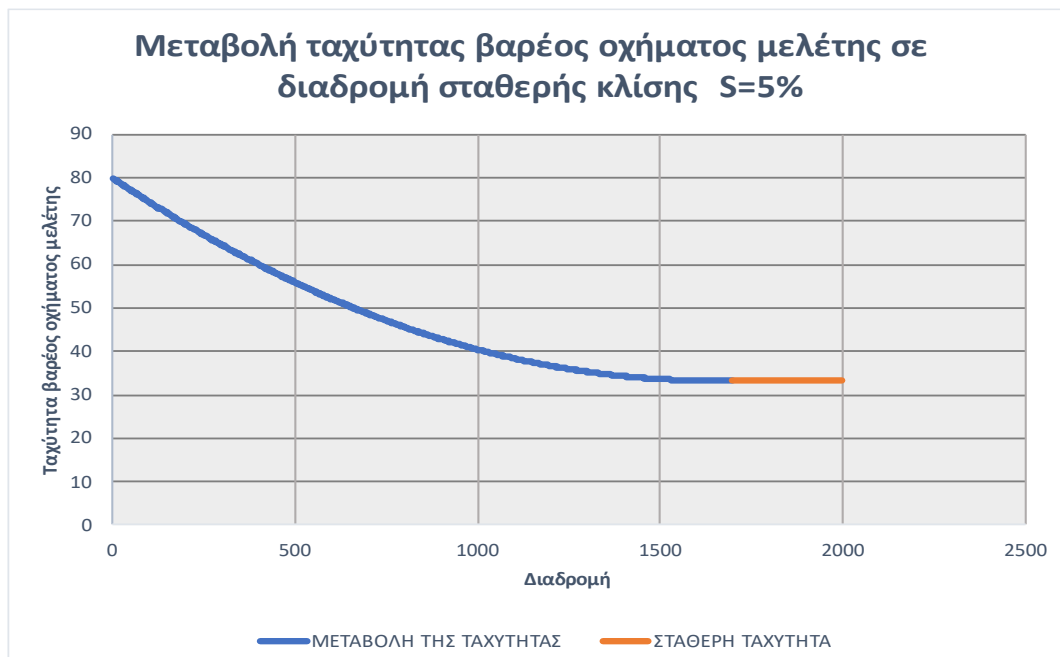
Όταν πρόκειται για επιβράδυνση του βαρέος οχήματος:



Σχήμα 3-4: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

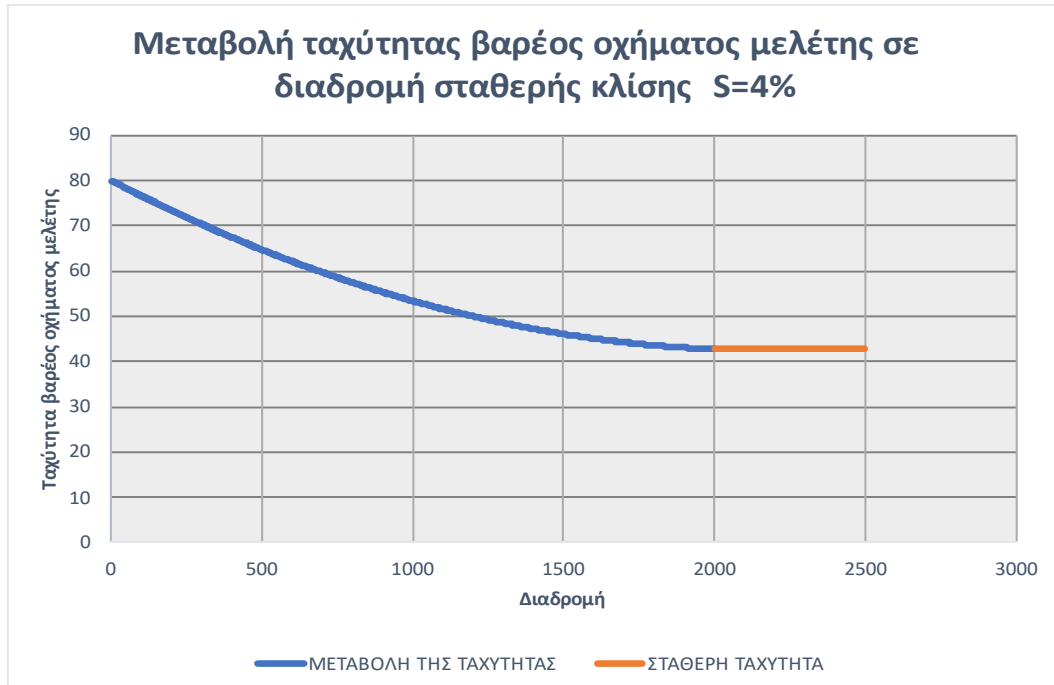
$$V = 2E-05x^2 - 0,0741x + 79,844 \text{ για τιμές μέχρι } 1400\mu \text{ (εξ. 3-4) και}$$

$$V=18 \text{ για τιμές από } 1400\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-5: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

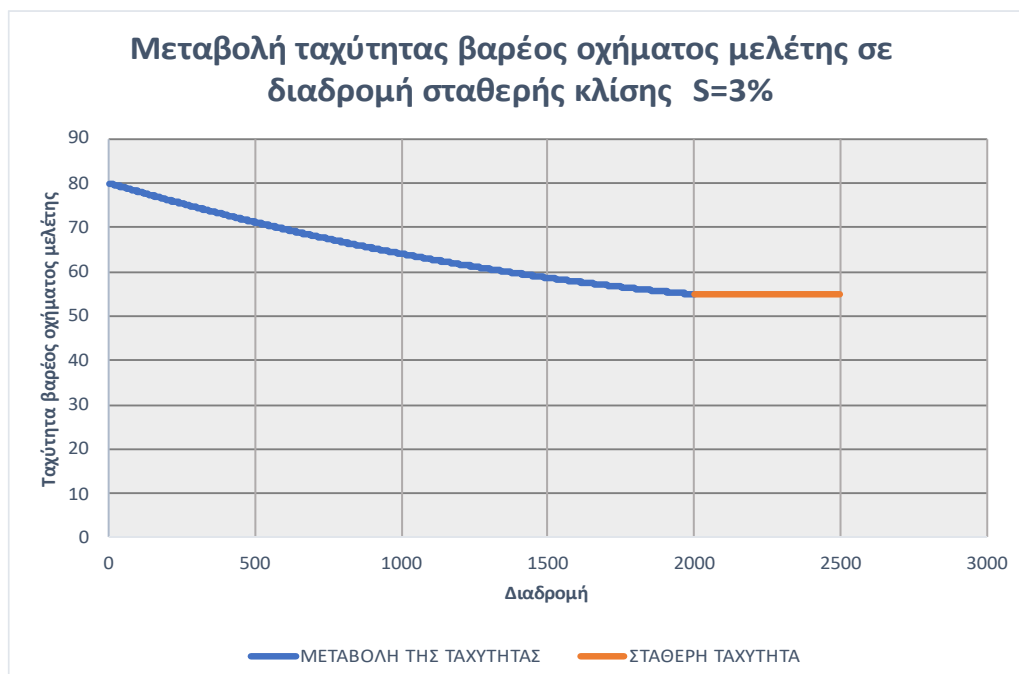
$V = 2E-10x^3 + 2E-05x^2 - 0,0566x + 80,064$ για τιμές μέχρι 1700μ (εξ. 3-5) και $V=33$ για τιμές από 1700μ και πάνω



Σχήμα 3-6: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

$V = 8E-06x^2 - 0,0345x + 80$ για τιμές μέχρι 2000μ (εξ. 3-6) και

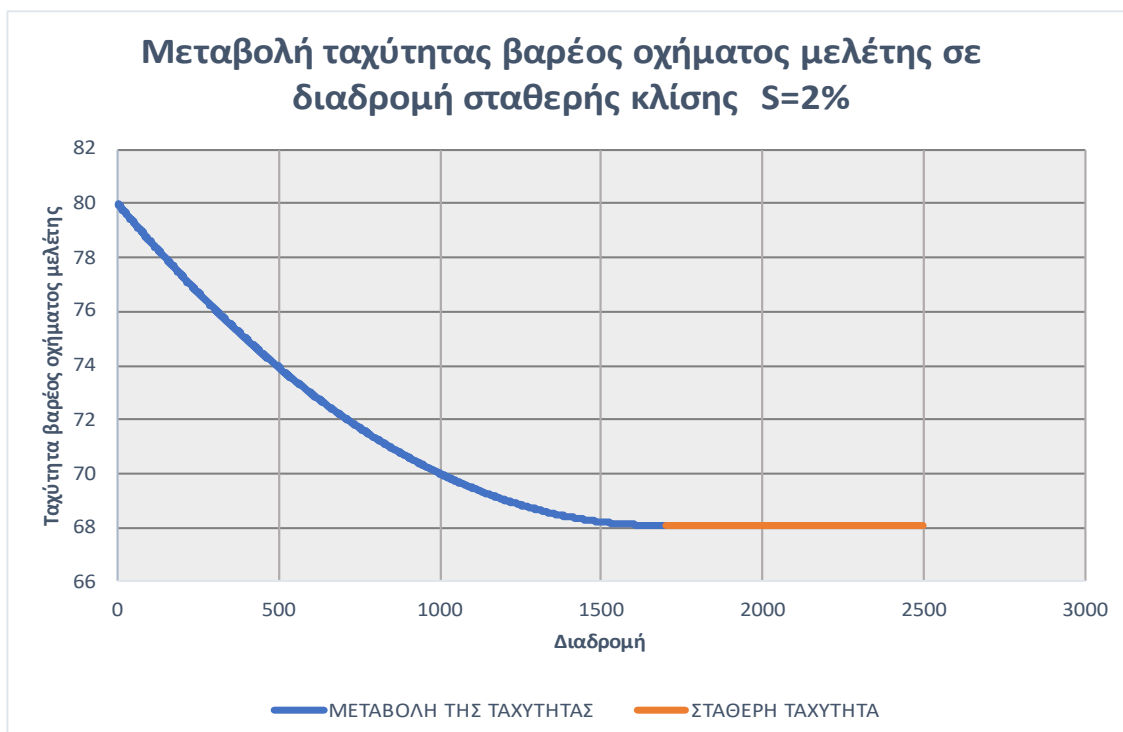
$V=42$ για τιμές από 2000μ και πάνω



Σχήμα 3-7: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

$$V = 3E-06x^2 - 0,0193x + 80 \text{ για τιμές μέχρι } 2000\mu \text{ (εξ. 3-7) και}$$

$$V=55 \text{ για τιμές από } 2000\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-8: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

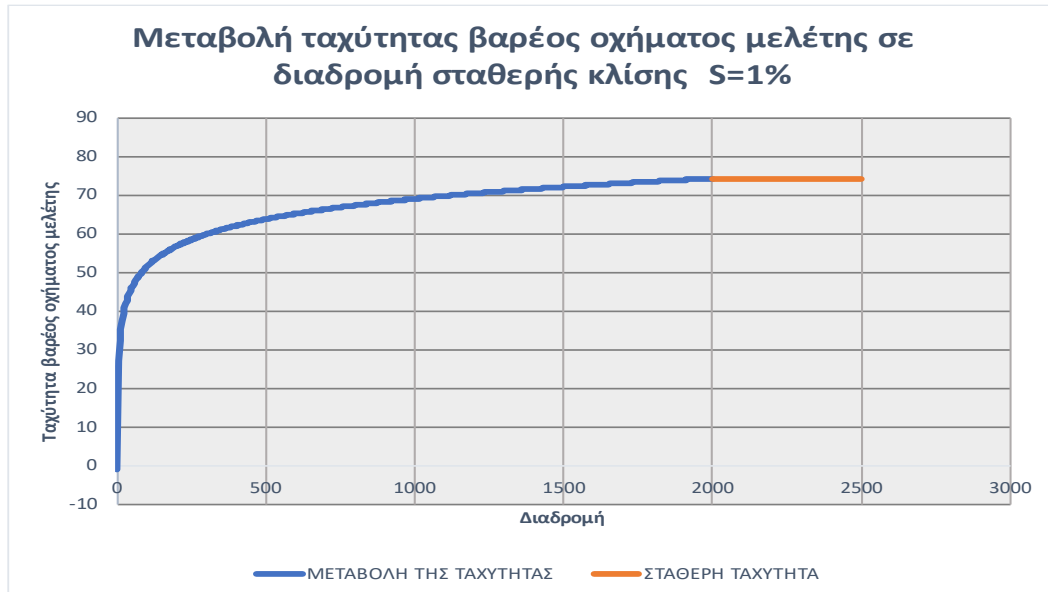
$$V = 4E-06x^2 - 0,0143x + 80 \text{ για τιμές μέχρι } 1600\mu \text{ (εξ. 3-8) και}$$

$$V=68 \text{ για τιμές από } 1600\mu \text{ και πάνω}$$

Πίνακας 3-4: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών ΟΜΟΕ-ΠΛΚ (επιβράδυνση)

Κλίση(%)	Εξίσωση(V)	Εφαρμογή μέχρι (m)	Ελάχιστη Ταχύτητα (km/h)
7	$4E-05x^2 - 0,1085x + 81,388$	1200	14,9
6	$2E-05x^2 - 0,0741x + 79,844$	1400	18
5	$2E-05x^2 - 0,0568x + 79,995$	1700	33
4	$8E-06x^2 - 0,0345x + 80$	2000	42
3	$3E-06x^2 - 0,0193x + 80$	2000	55
2	$4E-06x^2 - 0,0143x + 80$	1700	68

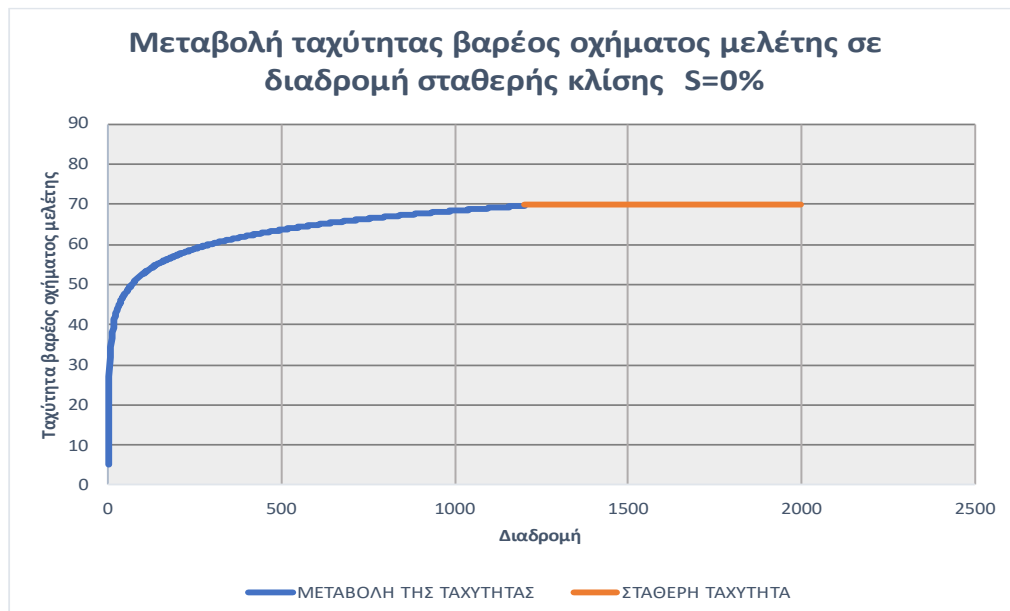
Όταν πρόκειται για επιτάχυνση του βαρέος οχήματος:



Σχήμα 3-9: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

$$V = 6,279 \ln(x) + 24,752 \text{ για τιμές μέχρι } 2000\mu \text{ (εξ. 3-9) και}$$

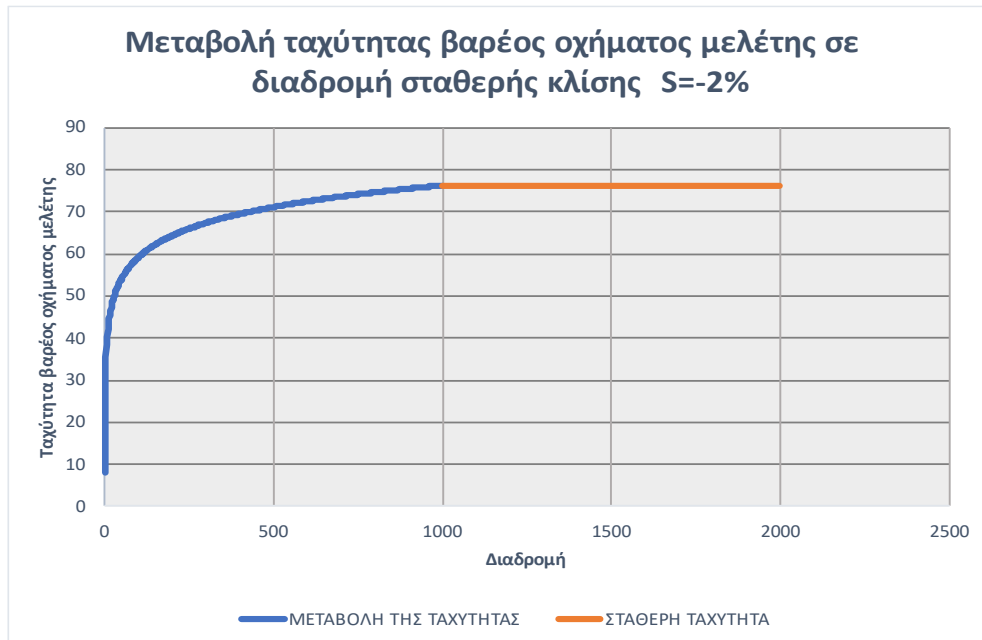
$$V=75 \text{ για τιμές από } 2000\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-10: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

$$V = 5,7837 \ln(x) + 23,894 \text{ για τιμές μέχρι } 1200\mu \text{ (εξ. 3-10) και}$$

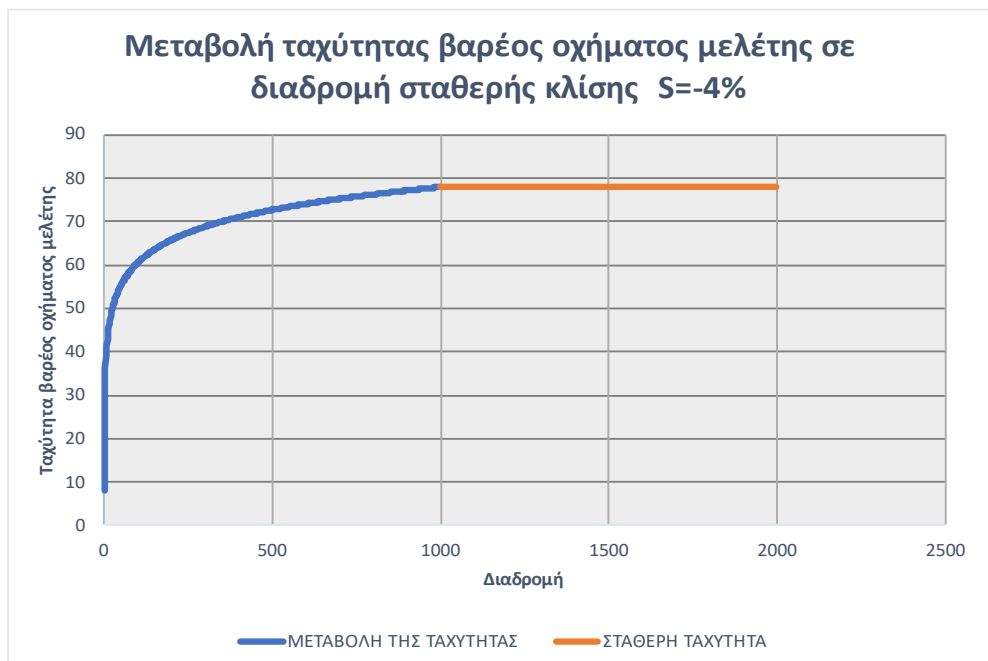
$V=70$ για τιμές από 1200μ και πάνω



Σχήμα 3-11: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

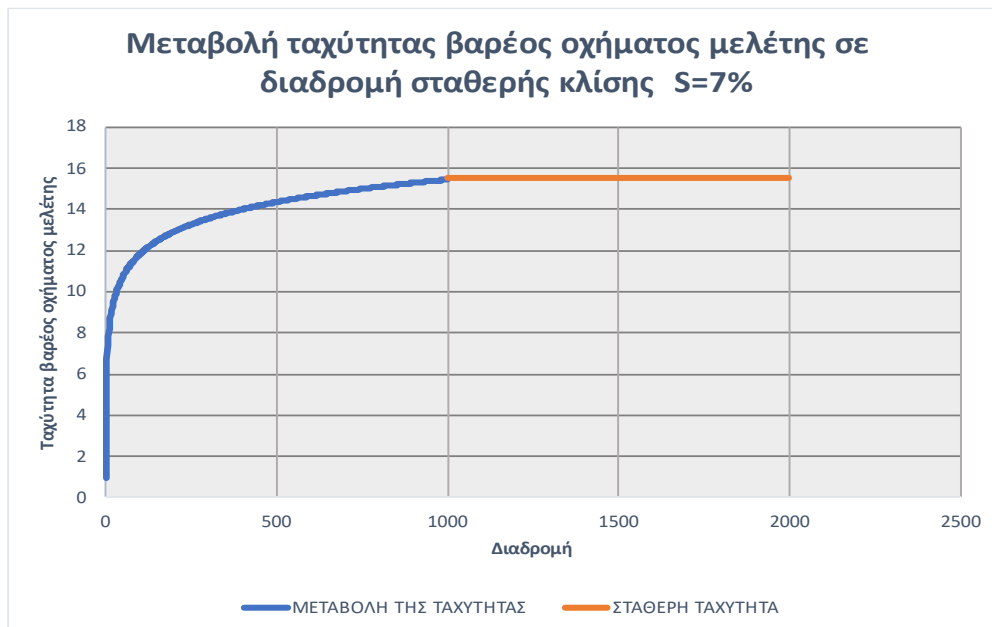
$V = 6,0345 \ln(x) + 25,173$ για τιμές μέχρι 1000μ (εξ. 3-11) και

$V=78$ για τιμές από 1000μ και πάνω



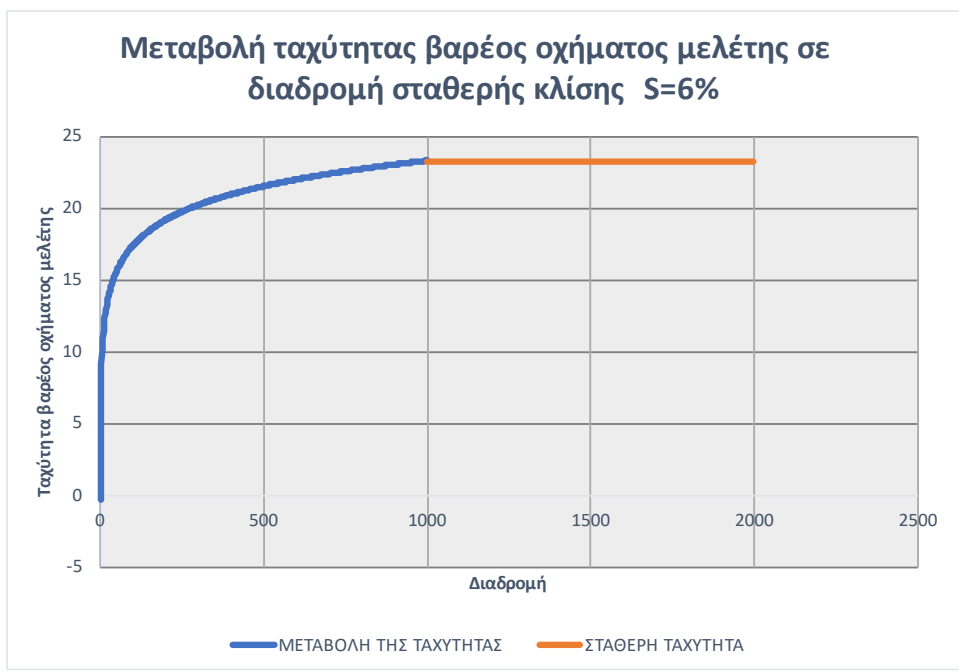
Σχήμα 3-12: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

$V = 6,1645\ln(x) + 25,816$ για τιμές μέχρι 1000μ (εξ. 3-12) και
 $V=79$ για τιμές από 1000μ και πάνω



Σχήμα 3-13: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

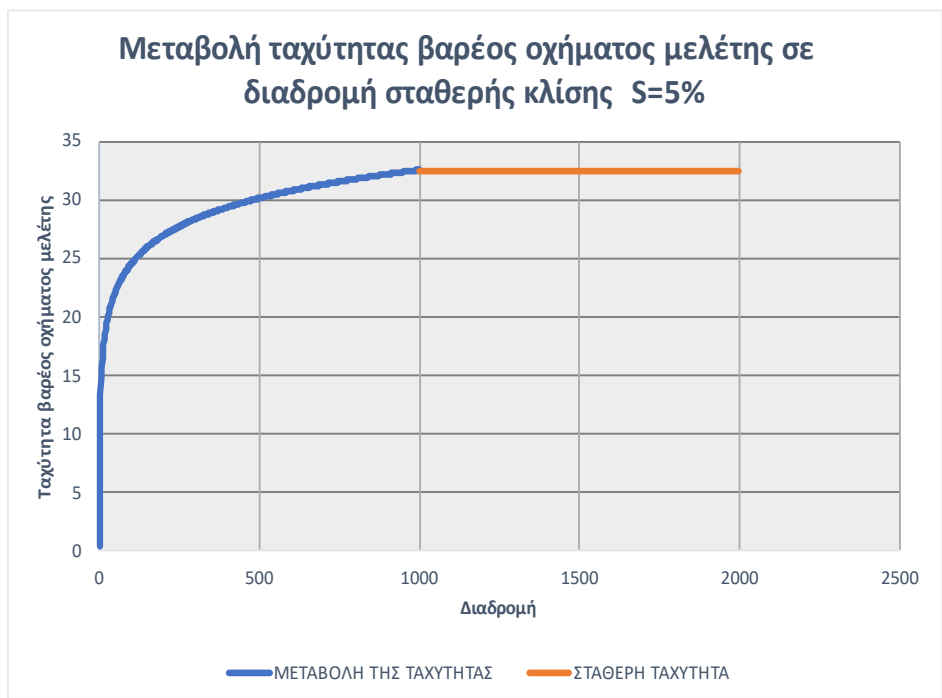
$V = 1,3353\ln(x) + 5,9277$ για τιμές μέχρι 1000μ (εξ. 3-13) και
 $V=15,5$ για τιμές από 1000μ και πάνω



Σχήμα 3-14: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

$V = 2,1069 \ln(x) + 8,3874$ για τιμές μέχρι 1000μ (εξ. 3-14) και

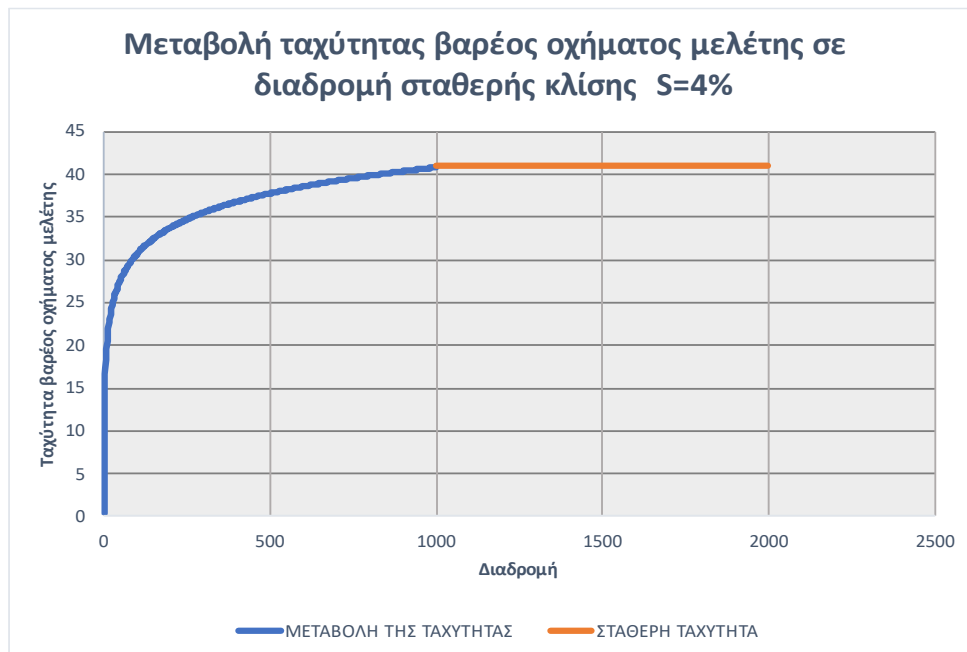
$V=23$ για τιμές από 1000μ και πάνω



Σχήμα 3-15: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΟΜΟΕ

$V = 2,7761\ln(x) + 12,399$ για τιμές μέχρι 1000μ (εξ. 3-15) και

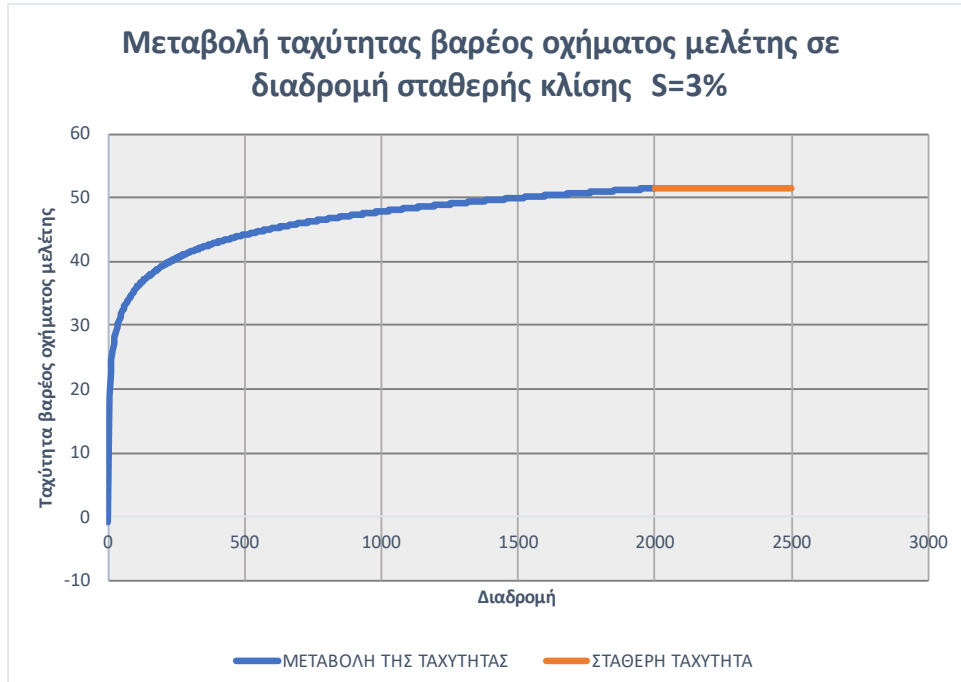
$V=33$ για τιμές από 1000μ και πάνω



Σχήμα 3-16: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΟΜΟΕ

$V = 3,5258\ln(x) + 15,561$ για τιμές μέχρι 1000μ (εξ. 3-16) και

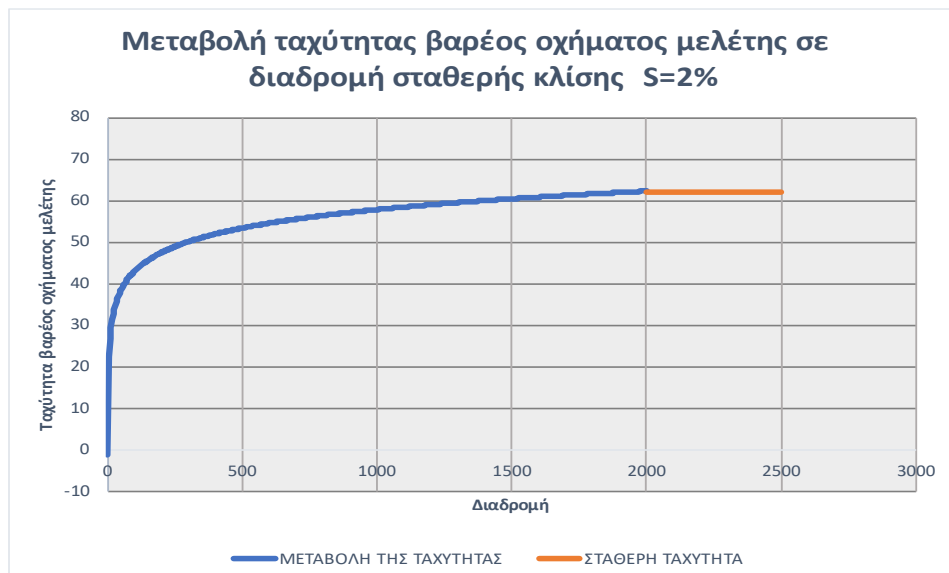
$V=42$ για τιμές από 1000μ και πάνω



Σχήμα 3-17: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΟΜΟΕ

$V = 4,456 \ln(x) + 18,253$ για τιμές μέχρι 2000μ (εξ. 3-17) και

$V=52$ για τιμές από 2000μ και πάνω



Σχήμα 3-18: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιτάχυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΟΜΟΕ

$V = 5,4262 \ln(x) + 21,795$ για τιμές μέχρι 2000μ (εξ. 3-18) και

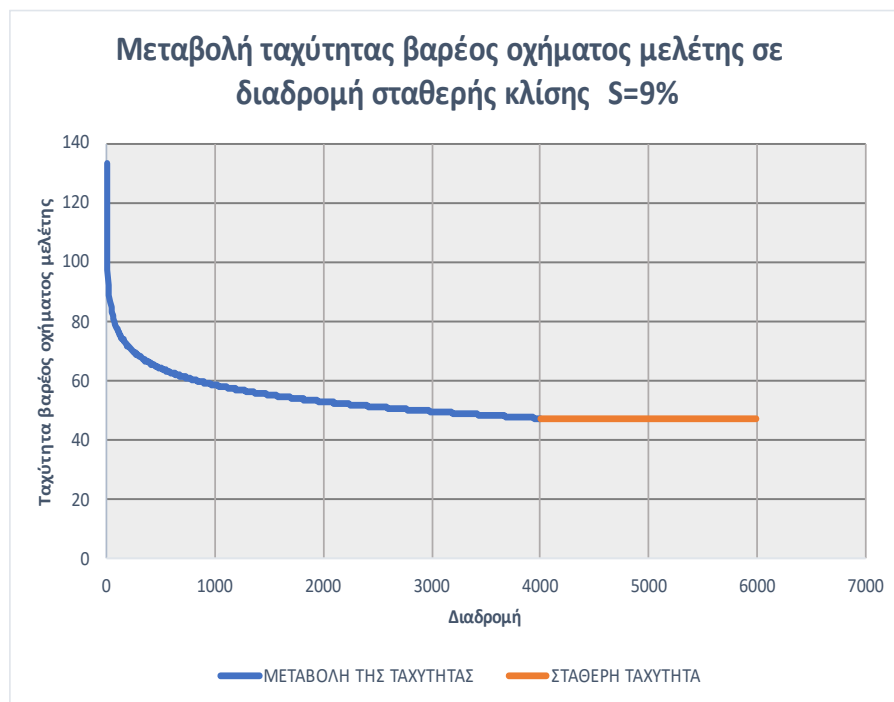
V=63 για τιμές από 2000μ και πάνω

Πίνακας 3-5: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών ΟΜΟΕ-ΠΛΚ (επιτάχυνση)

Κλίση(%)	Εξίσωση(V)	Εφαρμογή μέχρι (m)	Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)
-4	$6,1645\ln(x) + 25,816$	5000	88
-2	$6,0345\ln(x) + 25,173$	1000	78
0	$5,7837\ln(x) + 23,894$	1200	70
1	$6,279\ln(x) + 24,752$	2000	75
2	$5,4262\ln(x) + 21,795$	2000	63
3	$4,456\ln(x) + 18,253$	2000	52
4	$3,5258\ln(x) + 15,561$	1000	42
5	$2,7761\ln(x) + 12,399$	1000	33
6	$2,1069\ln(x) + 8,3874$	1000	23
7	$1,3353\ln(x) + 5,9277$	1000	15,5

Διαγράμματα αμερικάνικων οδηγίων

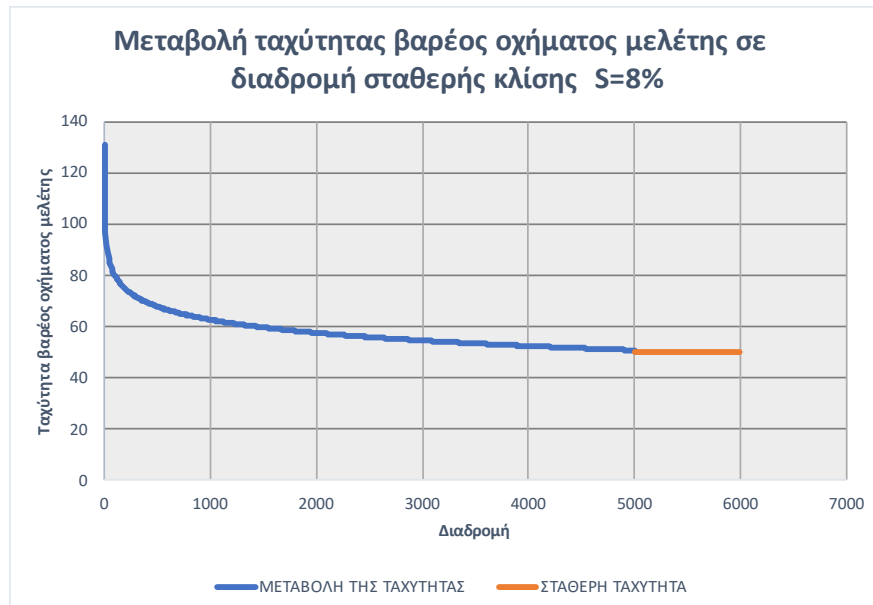
Όταν πρόκειται για επιβράδυνση του βαρέος οχήματος:



Σχήμα 3-19: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων AASHTO

$V = -7,741\ln(x) + 113,4$ για τιμές μέχρι 4000μ (εξ. 3-19) και

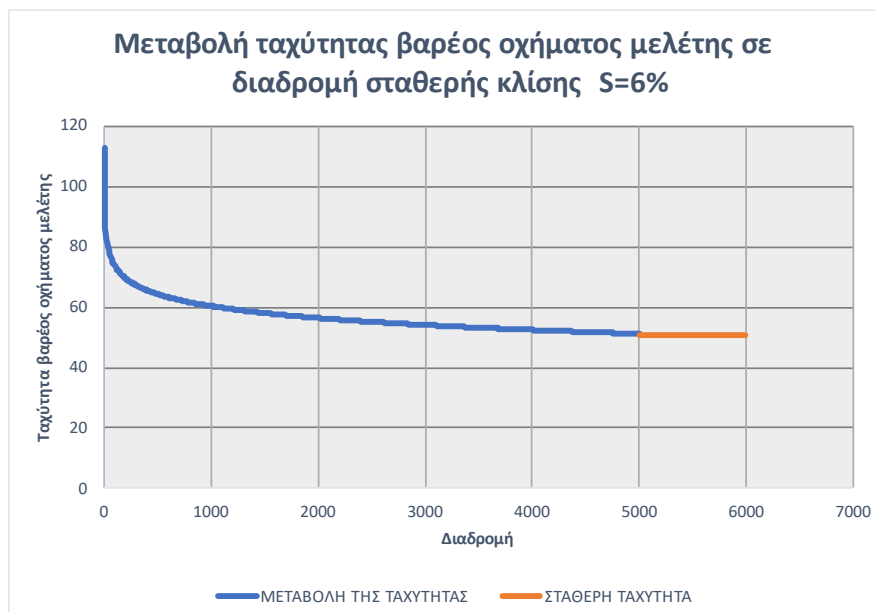
$V=42$ για τιμές από 4000μ και πάνω



Σχήμα 3-20: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων AASHTO

$$V = -6,959 \ln(x) + 112,46 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-20) και}$$

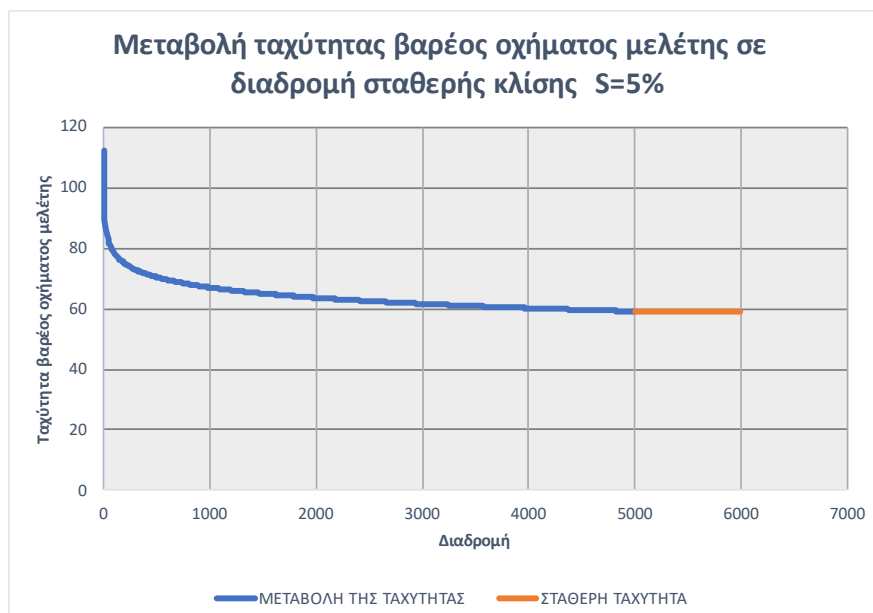
$$V=43 \text{ για τιμές από } 5000\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-21: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων AASHTO

$$V = -5,638 \ln(x) + 99,553 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-21) και}$$

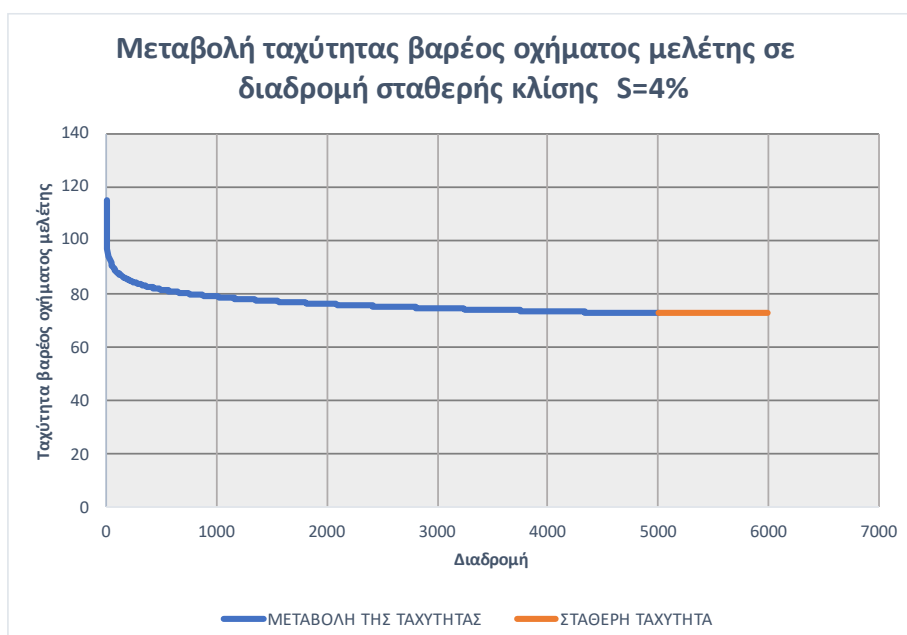
$$V=51 \text{ για τιμές από } 5000\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-22: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$$V = -4,88\ln(x) + 100,98 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-22) και}$$

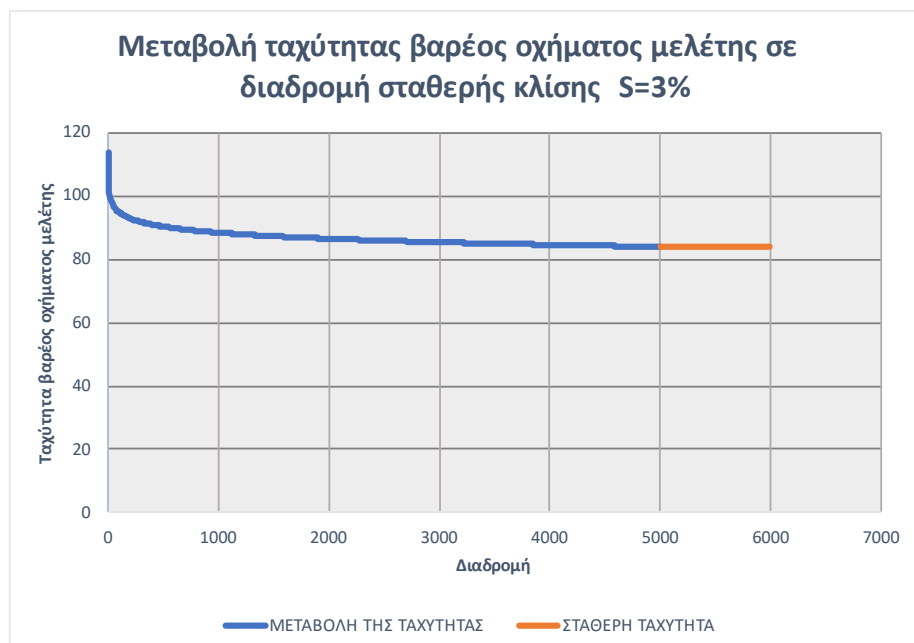
$$V=60 \text{ για τιμές από } 5000\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-23: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$$V = -3,604\ln(x) + 105,91 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-23) και}$$

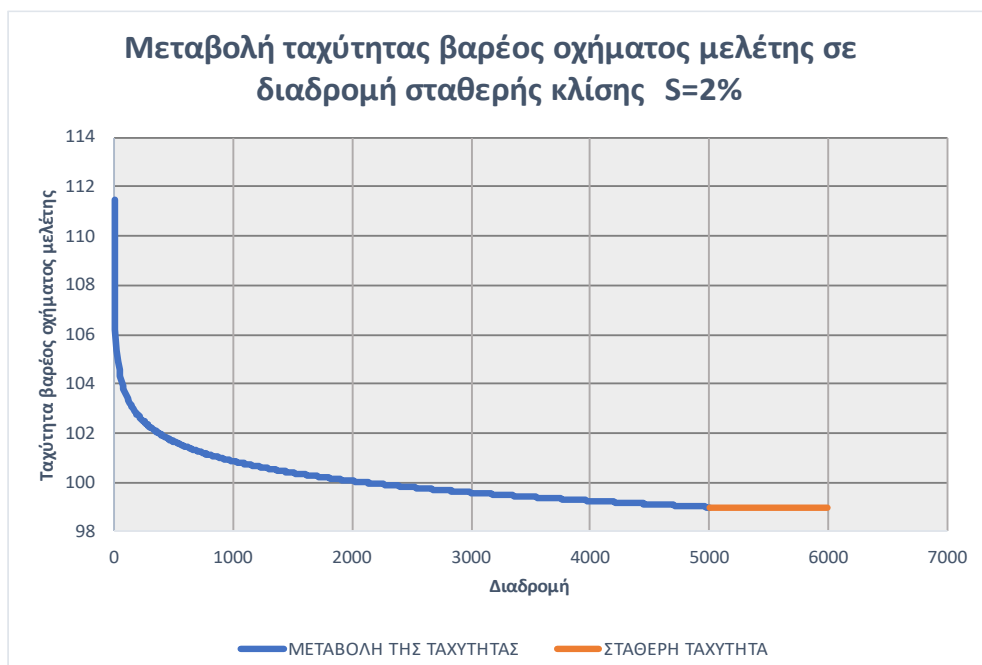
$$V=72 \text{ για τιμές από } 5000\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-24: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = -2,483\ln(x) + 107,66$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-24) και

$V=82$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-25: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

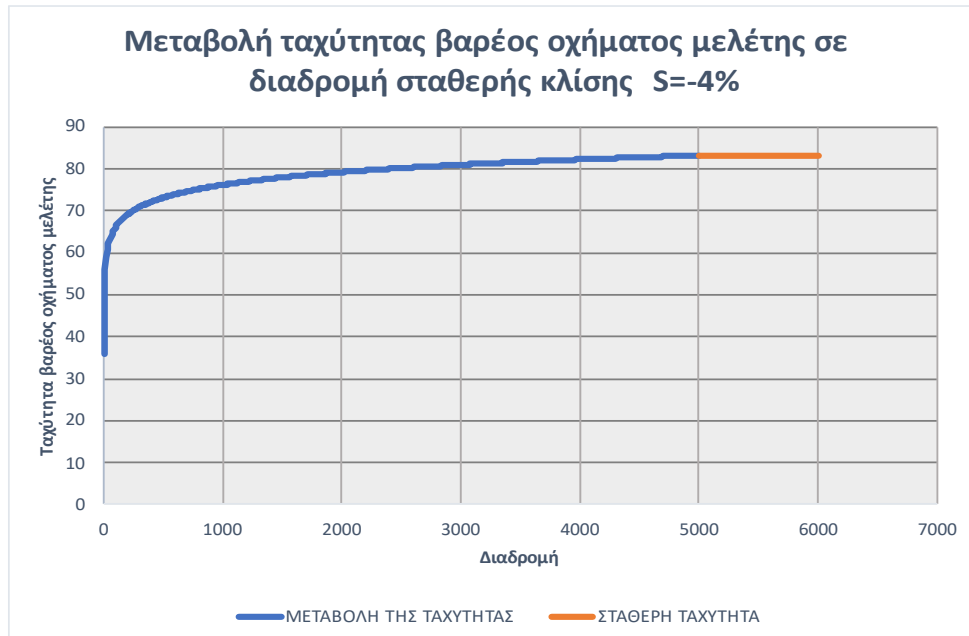
$V = -1,223\ln(x) + 108,8$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-25) και

$V=99$ για τιμές από 5000μ και πάνω

Πίνακας 3-6: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών AASHTO (επιβράδυνση)

Κλίση(%)	Εξίσωση(V)	Εφαρμογή μέχρι (m)	Ελάχιστη Ταχύτητα (km/h)
9	$-7,741\ln(x) + 113,4$	4000	42
8	$-6,959\ln(x) + 112,46$	5000	43
7	$-6,496\ln(x) + 96,948$	2000	49
6	$-5,638\ln(x) + 99,553$	5000	51
5	$-4,88\ln(x) + 100,98$	5000	60
4	$-3,604\ln(x) + 105,91$	5000	72
3	$-2,483\ln(x) + 107,66$	5000	82
2	$-1,223\ln(x) + 108,8$	5000	72

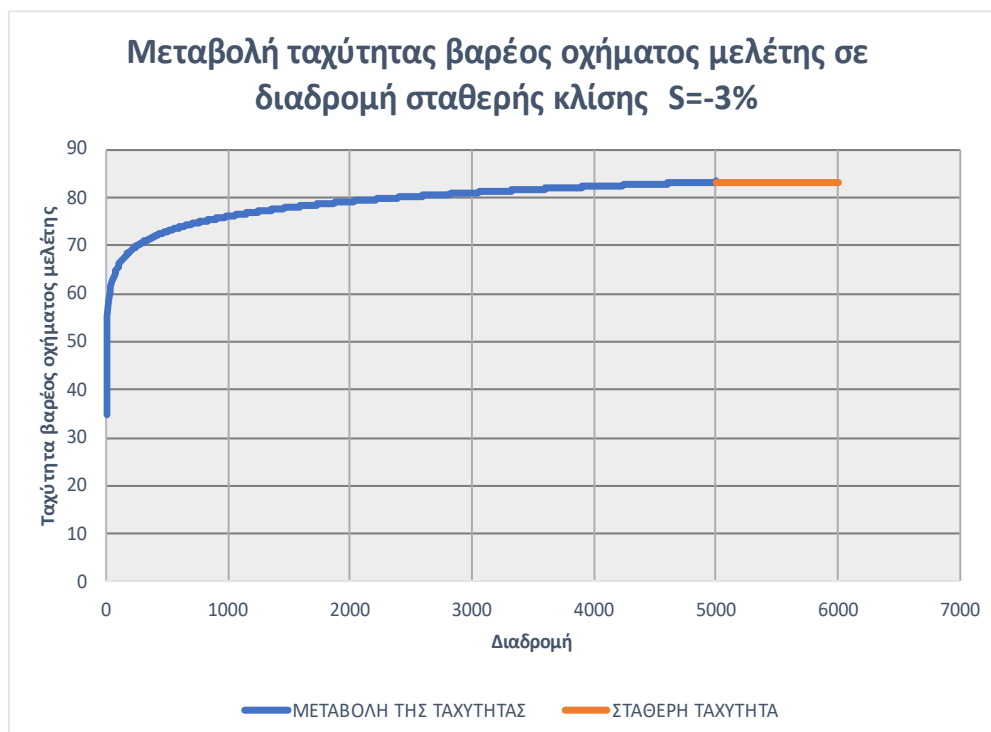
Όταν πρόκειται για επιτάχυνση του βαρέος οχήματος:



Σχήμα 3-26: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 4,8285\ln(x) + 47,055$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-26) και

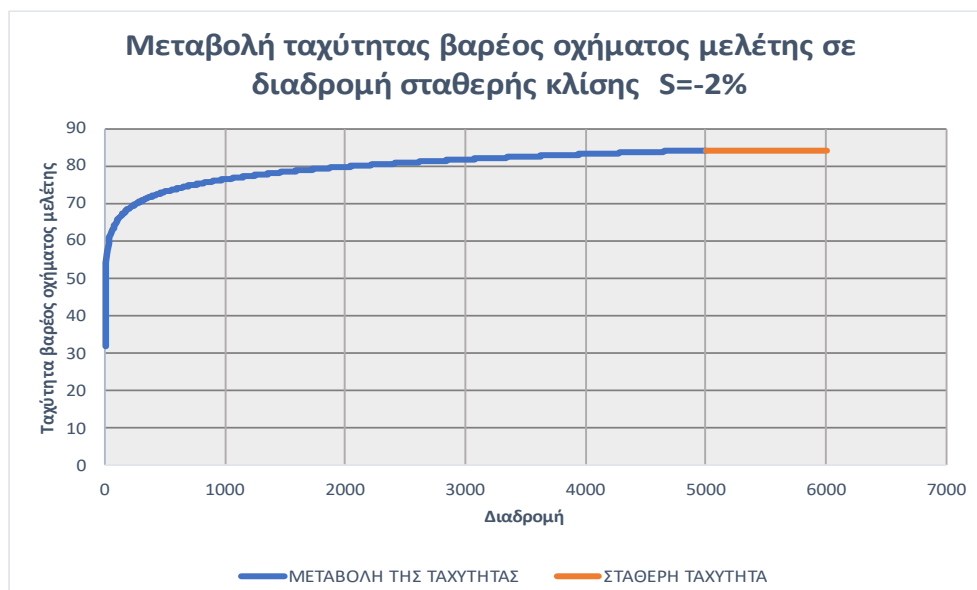
$V=81$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-27: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$$V = 5,5424 \ln(x) + 45,777 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-27) και}$$

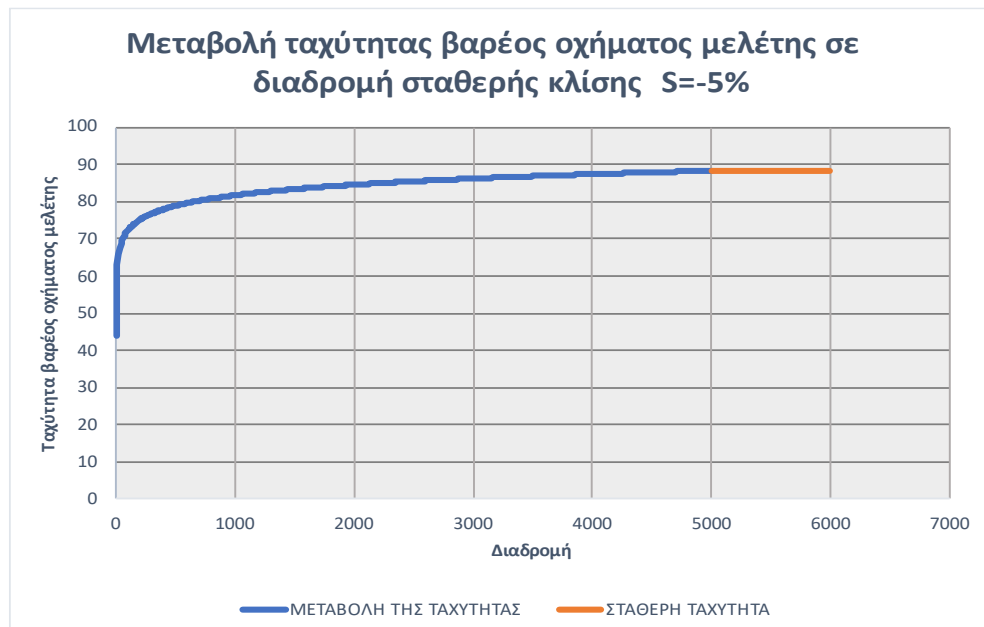
$$V=81 \text{ για τιμές από } 5000\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-28: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 5,7425\ln(x) + 44,097$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-28) και

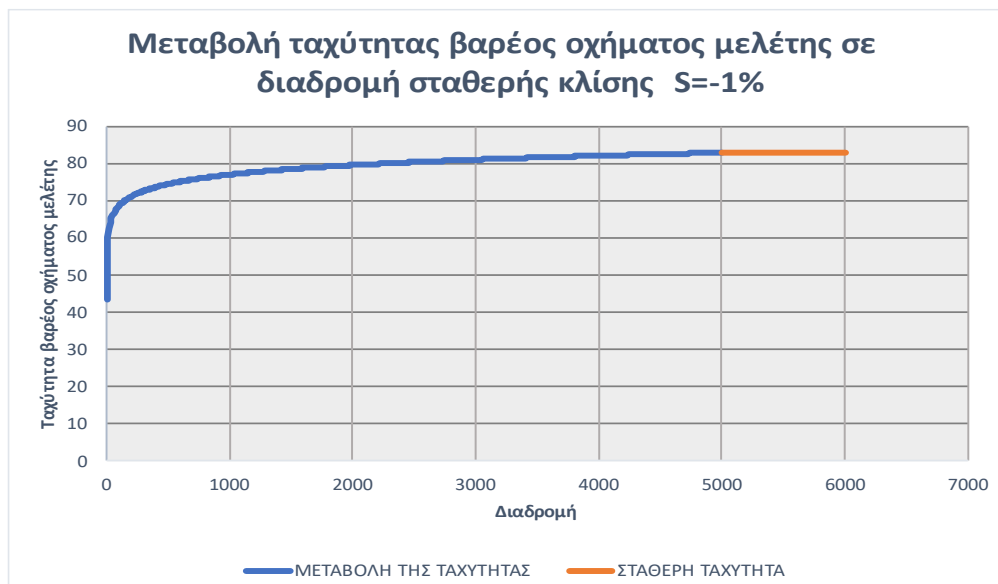
$V=81$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-29: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 5,1038\ln(x) + 56,09$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-29) και

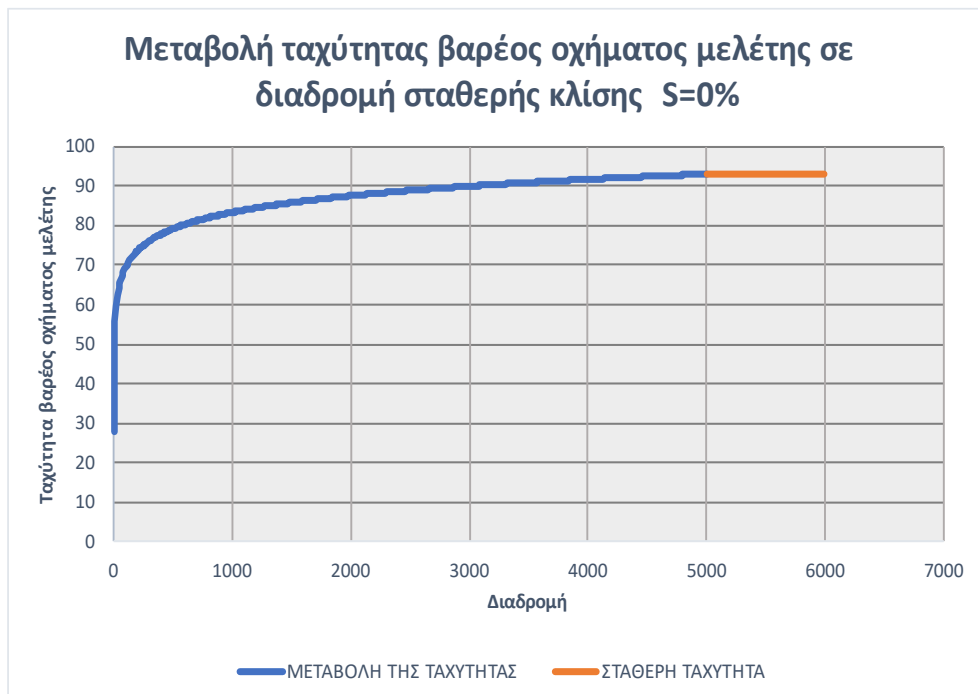
$V=88$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-30: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 5,8554 \ln(x) + 42,705$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-30) και

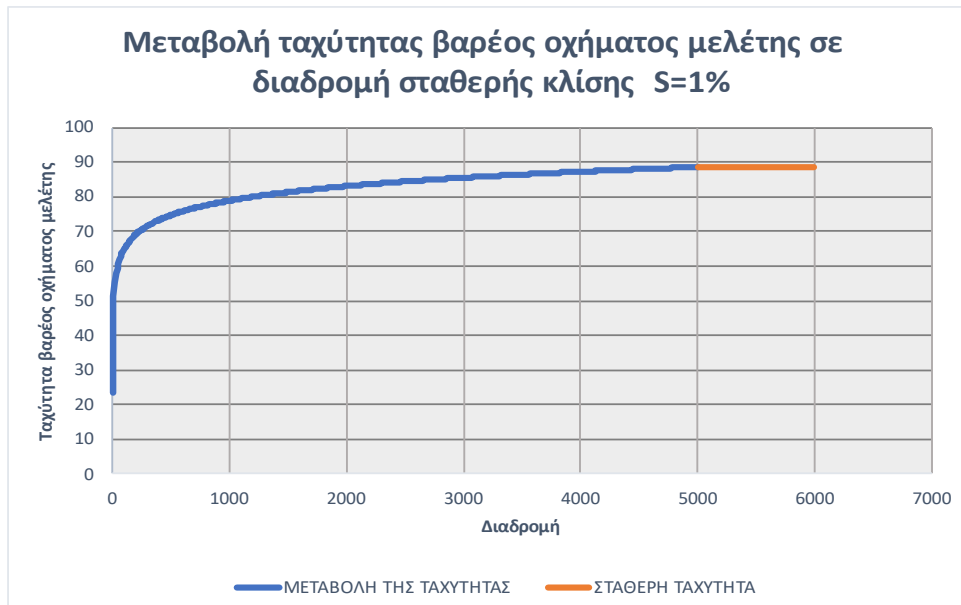
$V=81$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-31: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 6,478 \ln(x) + 42,376$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-31) και

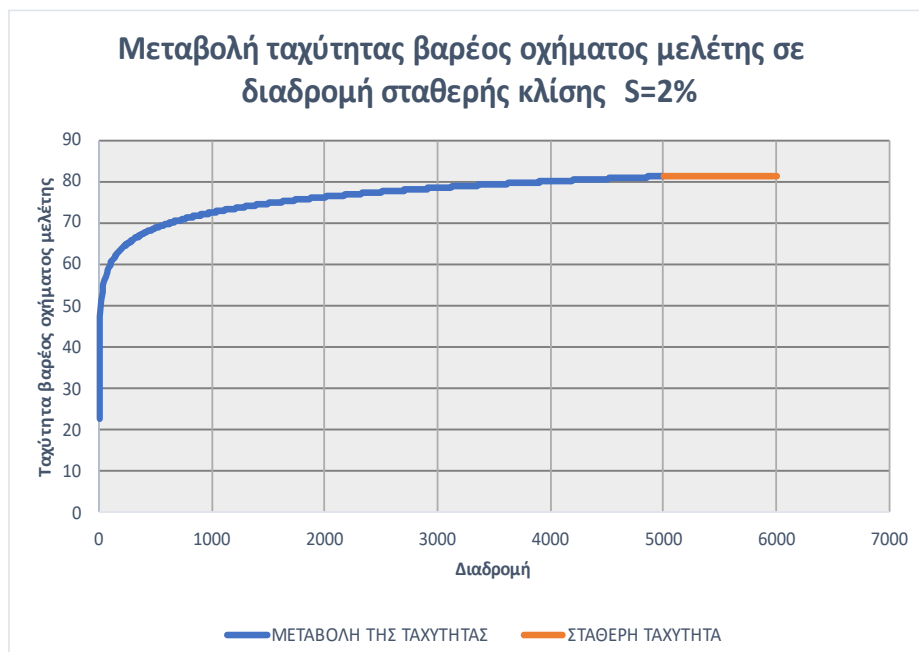
$V=91$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-32: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 5,9702\ln(x) + 37,25$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-32) και

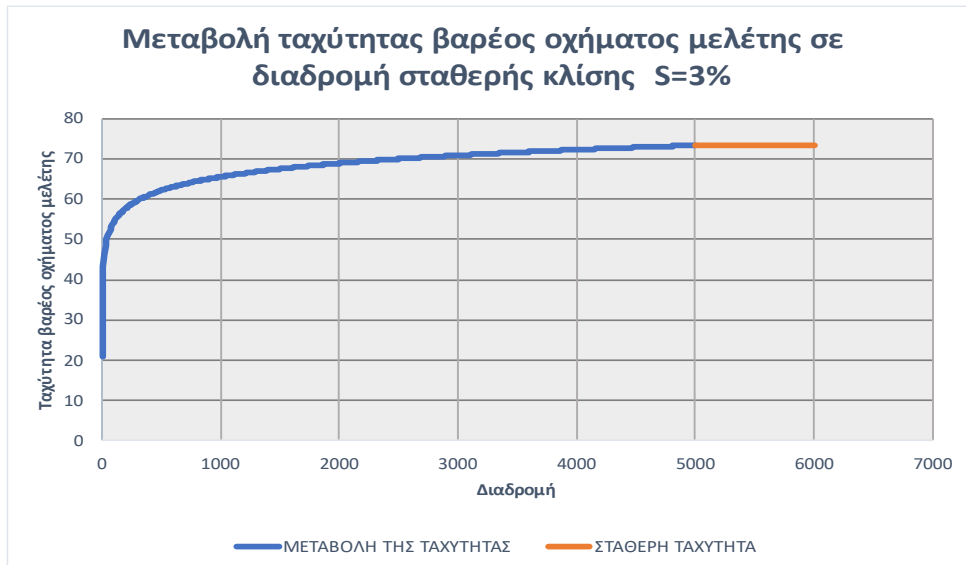
$V=89$ Για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-33: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 5,2278\ln(x) + 34,617$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-33) και

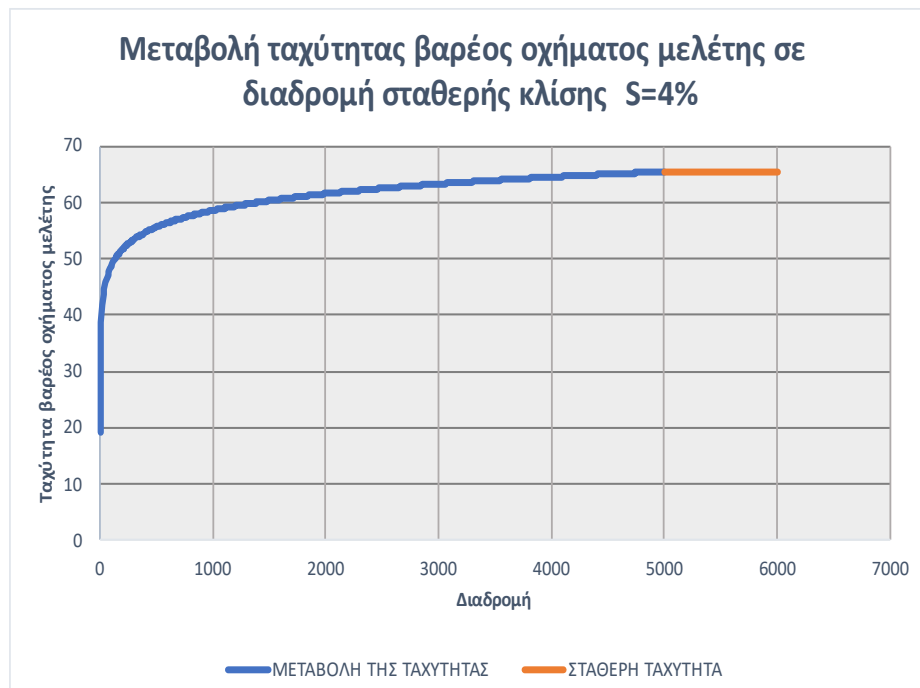
$V=81$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-34: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 4,9981\ln(x) + 32,022$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-34) και

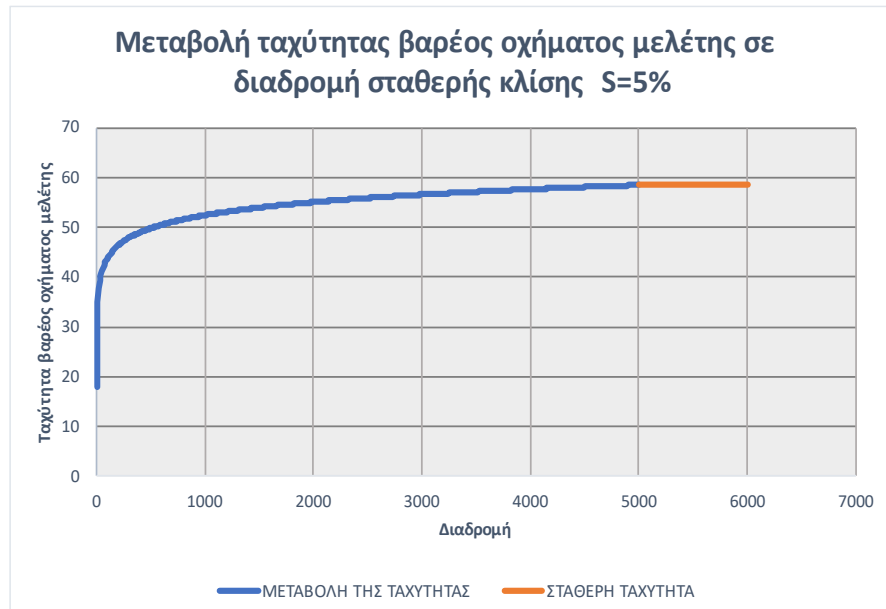
$V=71$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-35: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 4,4419\ln(x) + 29,116$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-35) και

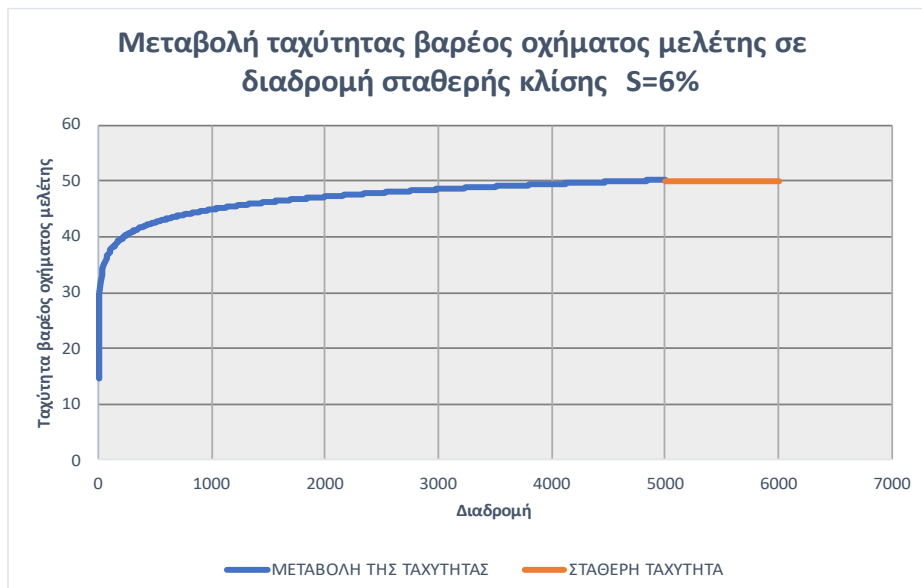
V=65 για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-36: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων AASHTO

$V = 3,9347\ln(x) + 26,677$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-36) και

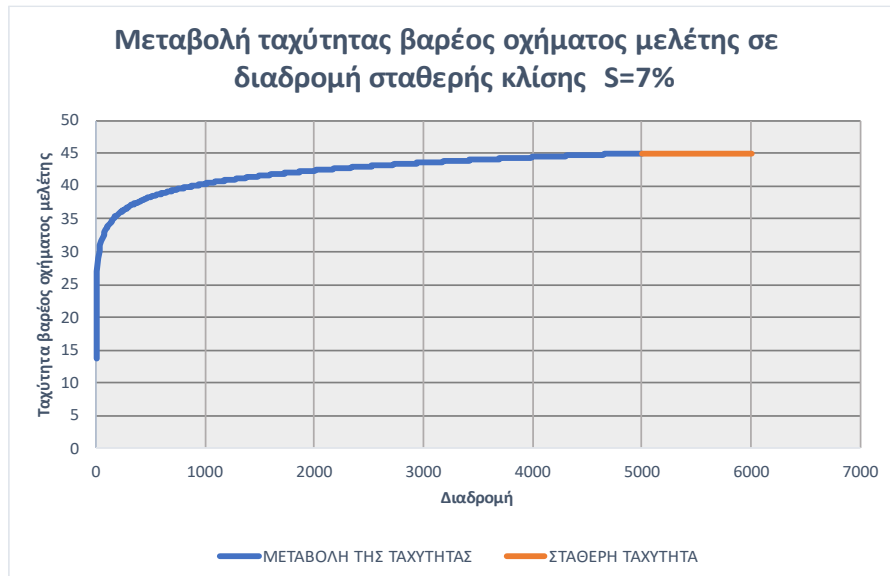
V=58 για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-37: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων AASHTO

$V = 3,4786\ln(x) + 22,56$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-37) και

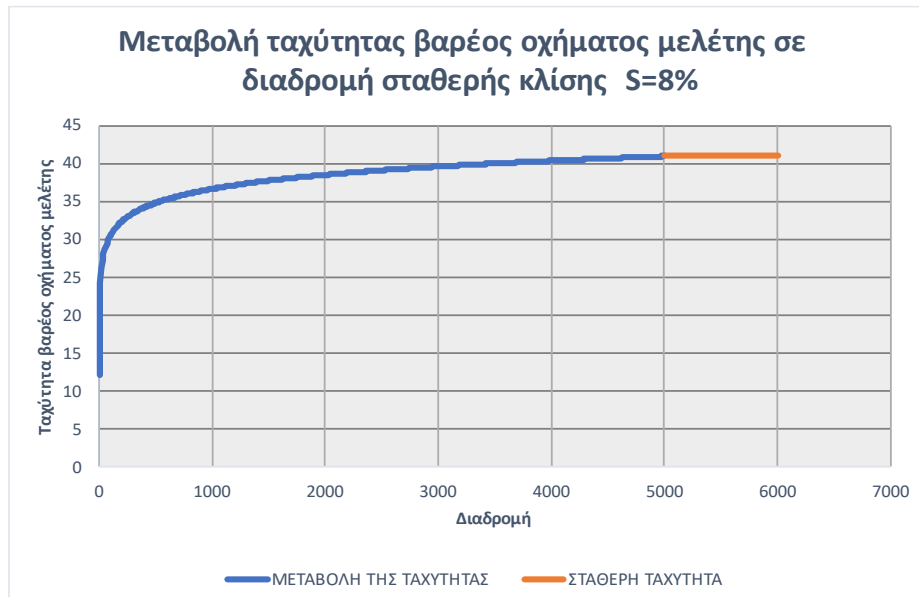
V=50 για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-38: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 3,0747 \ln(x) + 20,63$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-38) και

V=45 για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-39: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών AASHTO

$V = 2,8222 \ln(x) + 18,548$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-39) και

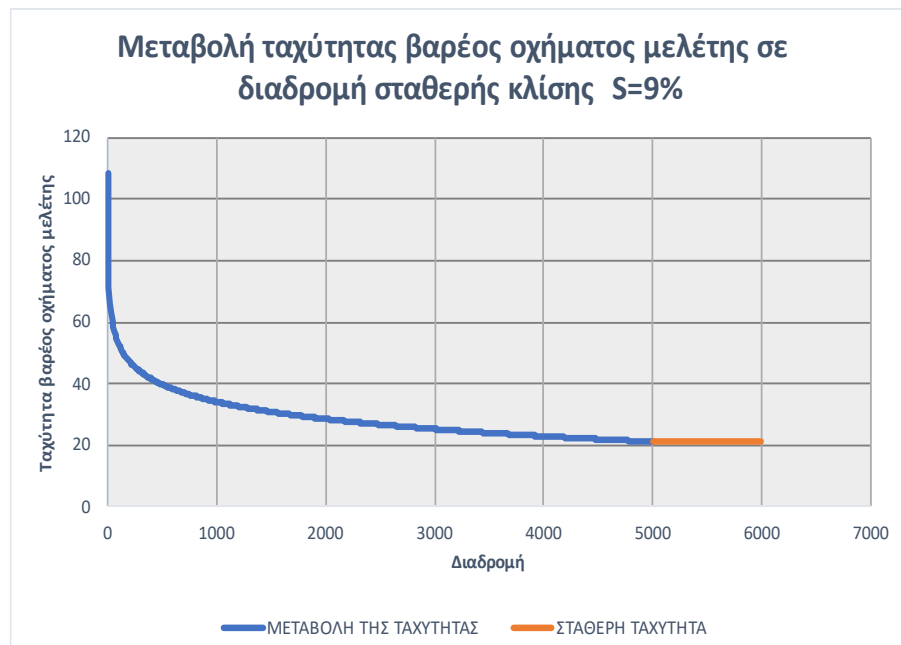
V=41 για τιμές από 5000μ και πάνω

Πίνακας 3-7: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών AASHTO (επιτάχυνση)

Κλίση(%)	Εξίσωση(V)	Εφαρμογή μέχρι (m)	Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)
-5	$5,1038\ln(x) + 56,09$	5000	88
-4	$4,8285\ln(x) + 47,055$	5000	81
-3	$5,5424\ln(x) + 45,777$	5000	81
-2	$5,7425\ln(x) + 44,097$	5000	81
-1	$5,8554\ln(x) + 42,705$	5000	81
0	$6,478\ln(x) + 42,376$	5000	91
1	$5,9702\ln(x) + 37,25$	5000	89
2	$5,2278\ln(x) + 34,617$	5000	81
3	$4,9981\ln(x) + 32,022$	5000	71
4	$4,4419\ln(x) + 29,116$	5000	65
5	$3,9347\ln(x) + 26,677$	5000	58
6	$3,4786\ln(x) + 22,56$	5000	50
7	$3,0747\ln(x) + 20,63$	5000	45
8	$2,8222\ln(x) + 18,548$	5000	41

Διαγράμματα κανονισμών ΗΑΕ

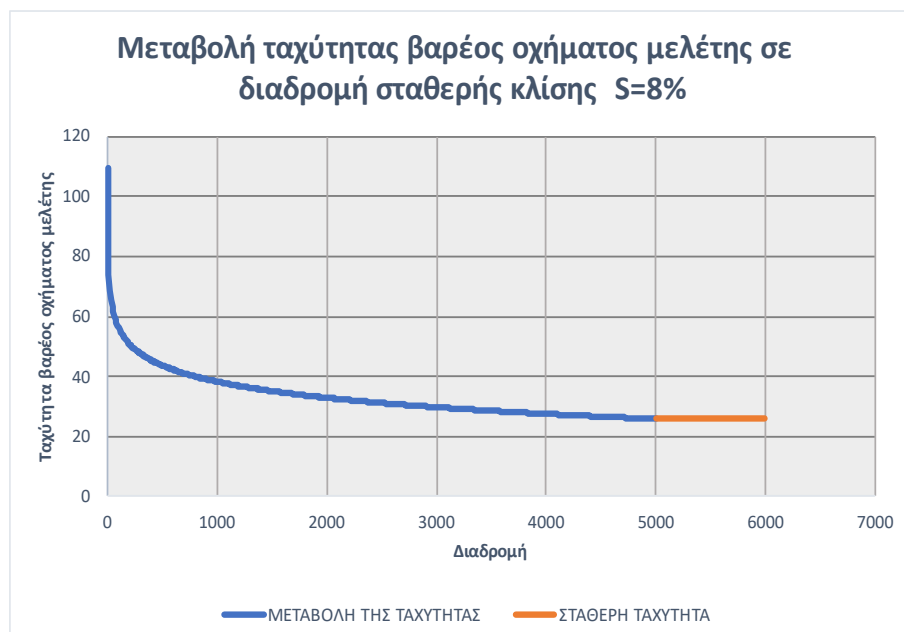
Όταν πρόκειται για επιβράδυνση του βαρέος οχήματος:



Σχήμα 3-40: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$$V = -9,216\ln(x) + 88,902 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-40) και}$$

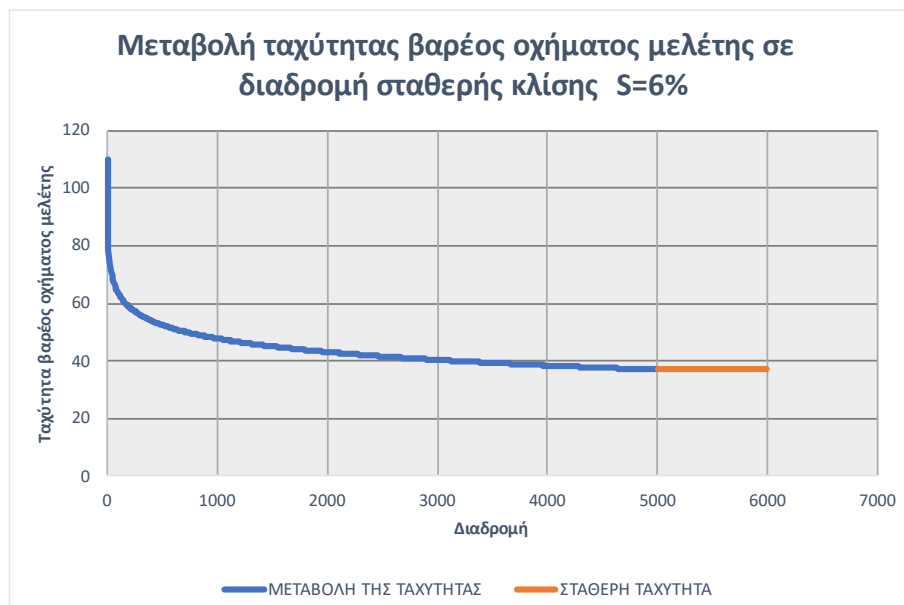
$$V=21 \text{ για τιμές από } 5000\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-41: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = -7,934 \ln(x) + 91,831$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-41) και

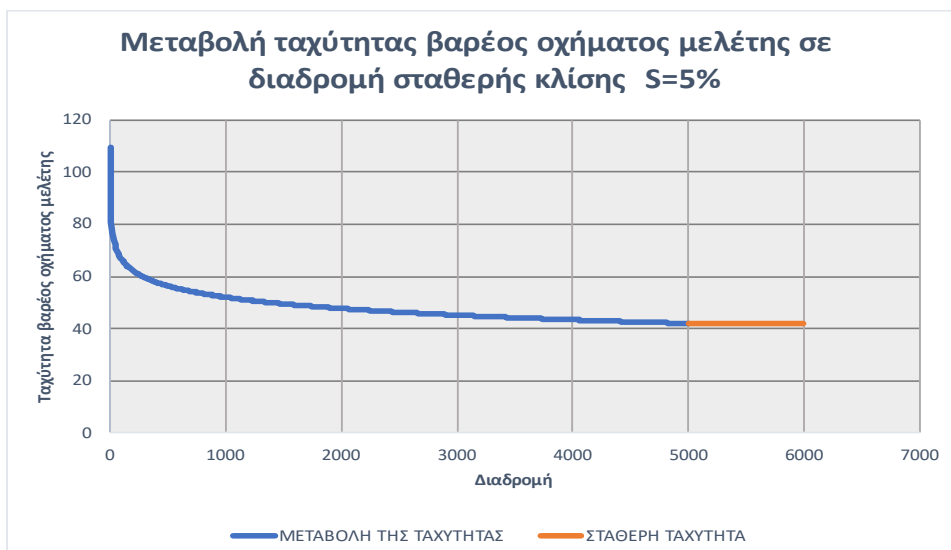
$V=28$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-42: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = -6,601 \ln(x) + 94,9$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-42) και

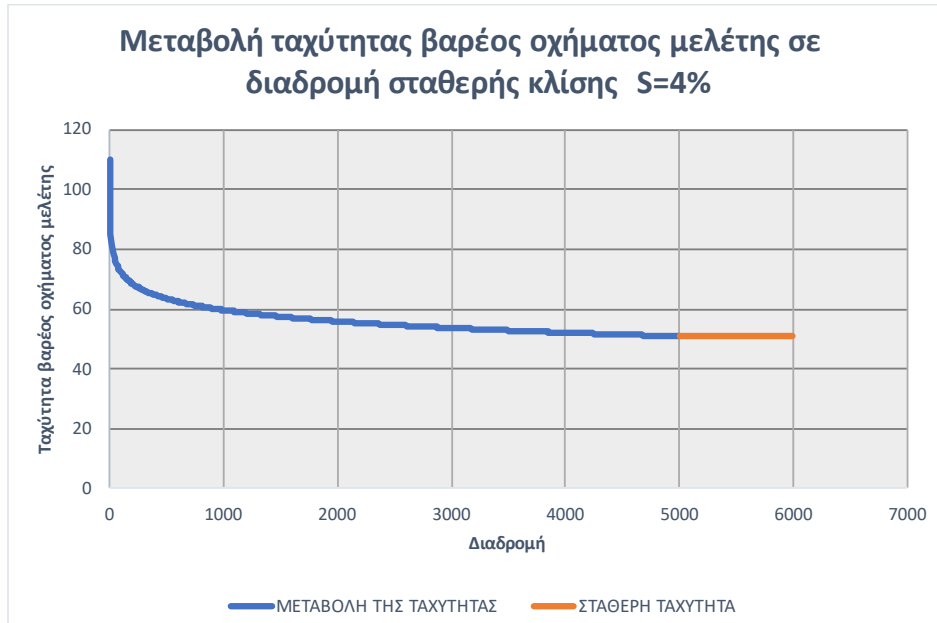
$V=39$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-43: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = -6,388\ln(x) + 95,291$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-43) και

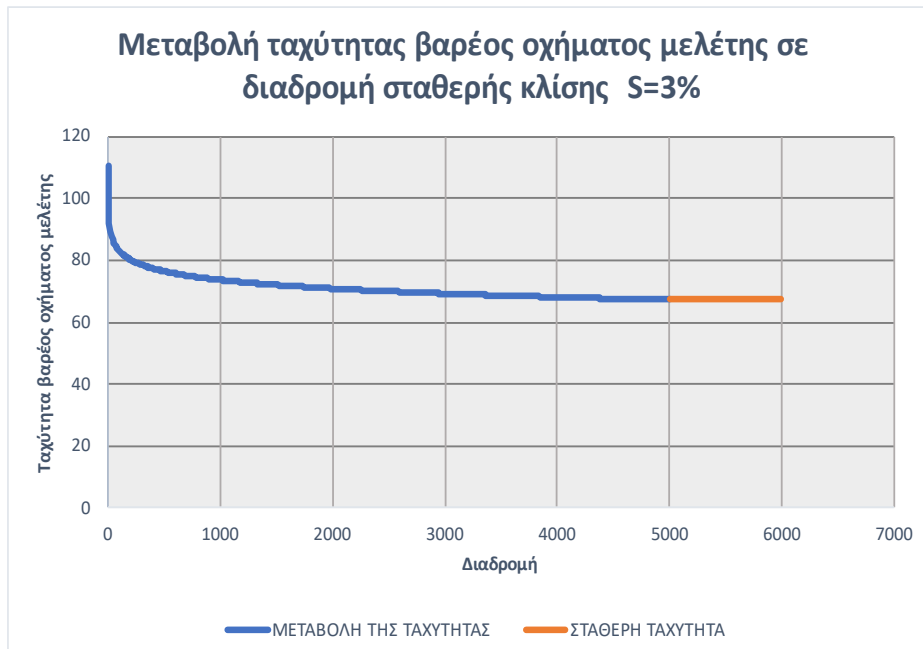
$V=41$ τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-44: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = -5,507\ln(x) + 97,389$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-44) και

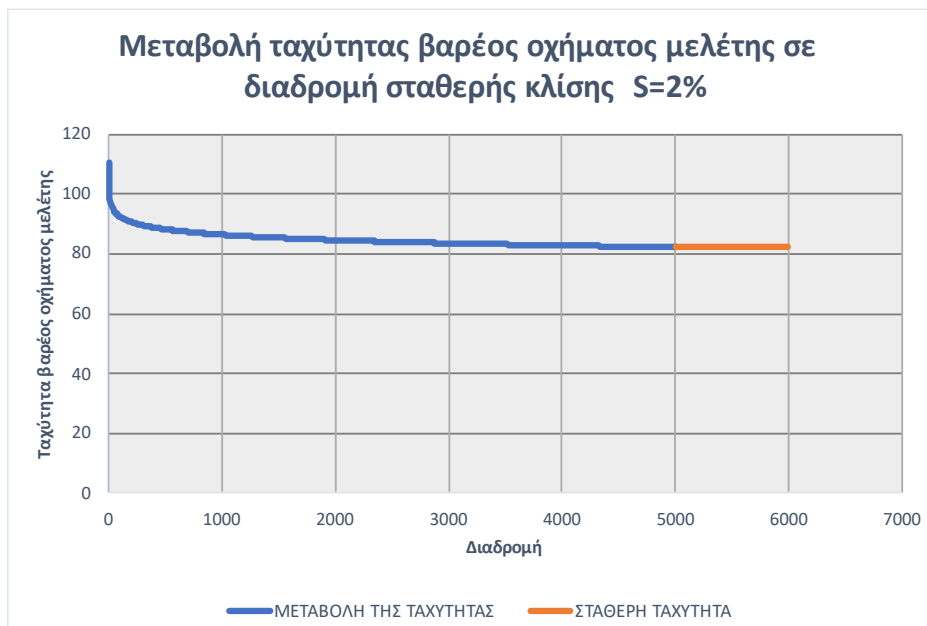
$V=52$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-45: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = -3,96\ln(x) + 101,45$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-45) και

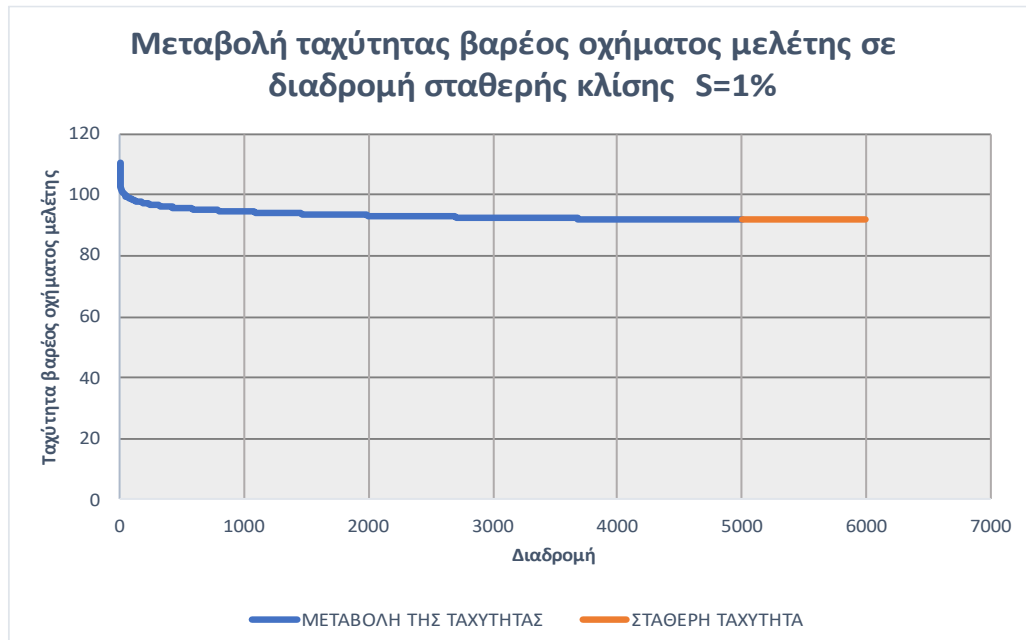
$V=66$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-46: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = -2,547\ln(x) + 104,46$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-46) και

$V=81$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-47: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

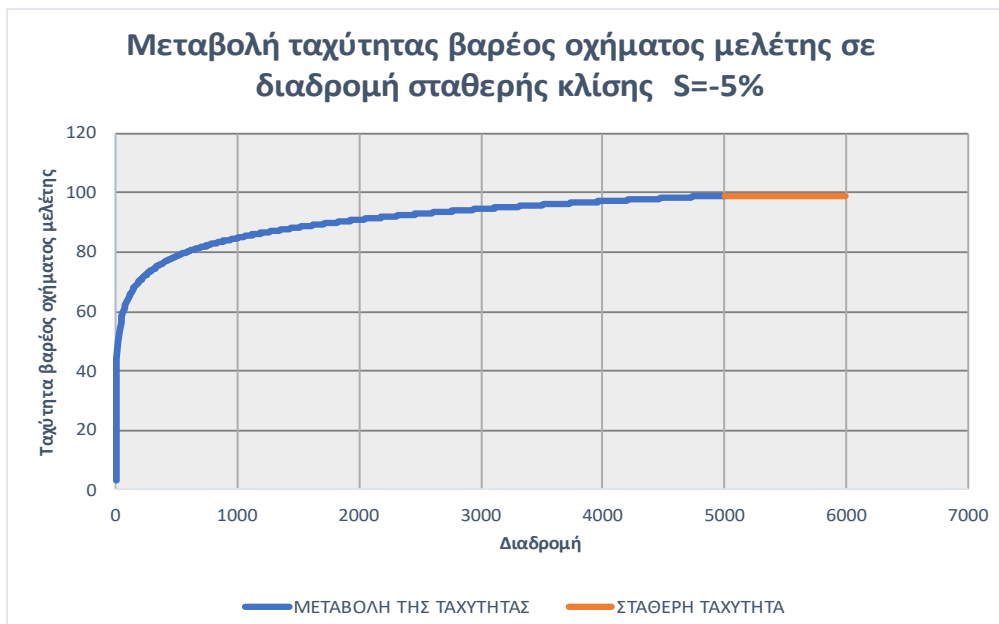
$$V = -1,508 \ln(x) + 106,83 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-47) και}$$

$$V=91 \text{ για τιμές από } 5000\mu \text{ και πάνω}$$

Πίνακας 3-8: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών ΗΑΕ (επιβράδυνση)

Κλίση(%)	Εξίσωση(V)	Εφαρμογή μέχρι (m)	Ελάχιστη Ταχύτητα (km/h)
9	$-9,216 \ln(x) + 88,902$	5000	21
8	$-7,934 \ln(x) + 91,831$	5000	28
7	$-7,63 \ln(x) + 92,195$	5000	29
6	$-6,601 \ln(x) + 94,9$	5000	39
5	$-6,388 \ln(x) + 95,291$	5000	41
4	$-5,507 \ln(x) + 97,389$	5000	52
3	$-3,96 \ln(x) + 101,45$	5000	66
2	$-2,547 \ln(x) + 104,46$	5000	81
1	$-1,508 \ln(x) + 106,83$	5000	91

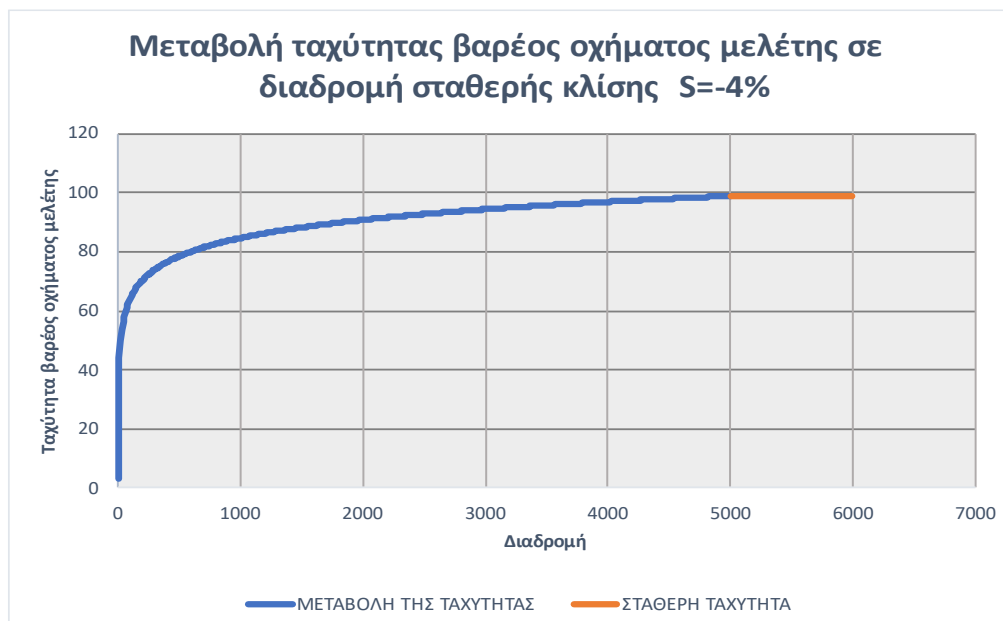
Όταν πρόκειται για επιτάχυνση του βαρέος οχήματος:



Σχήμα 3-48: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = 10,447\ln(x) + 22,903$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-48) και

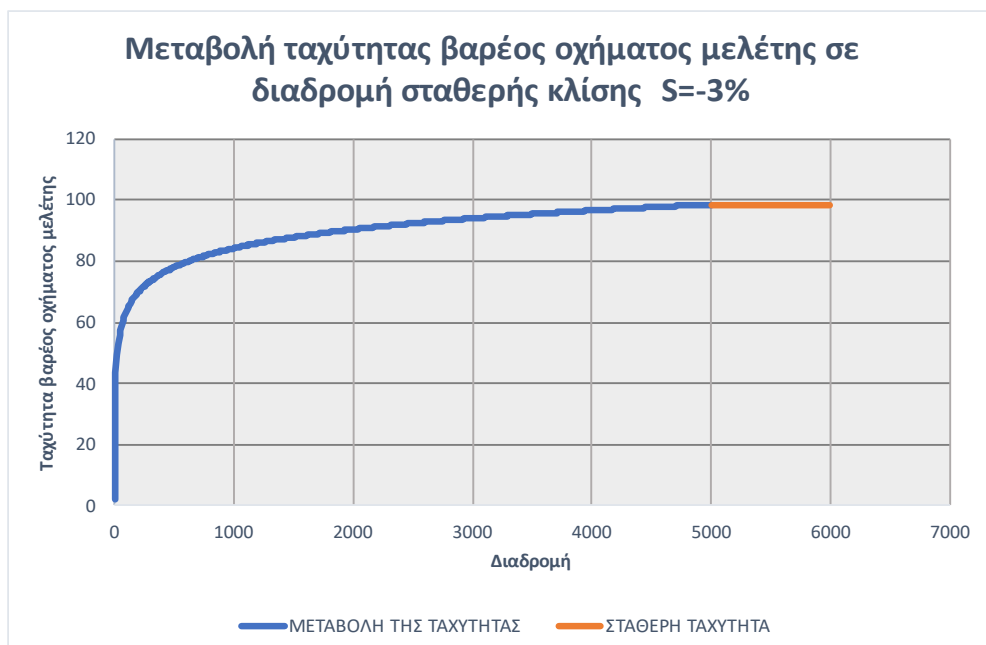
$V=97$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-49: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = 10,366\ln(x) + 22,992$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-49) και

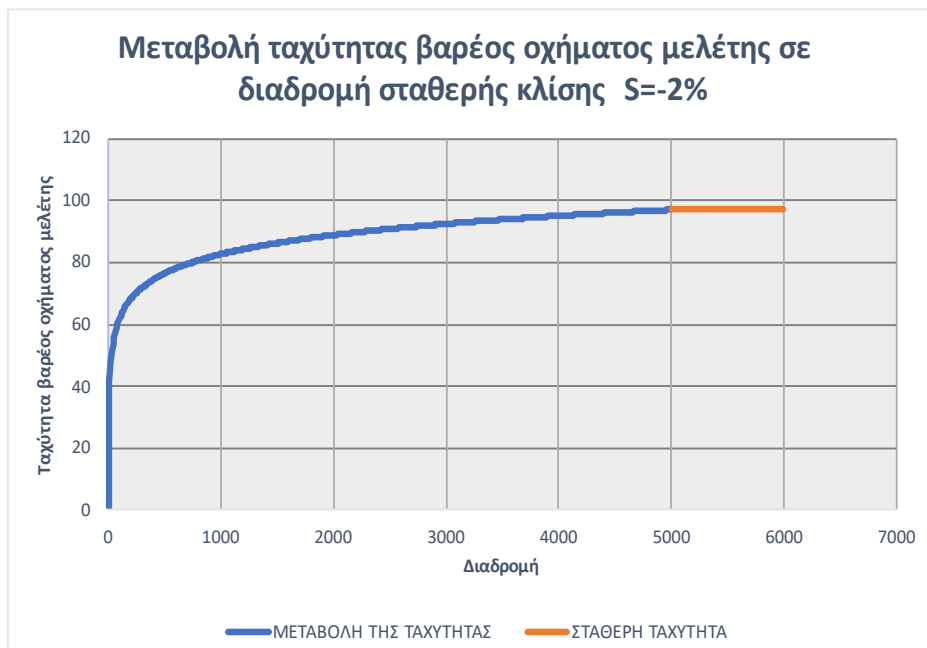
$V=97$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-50: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$$V = 10,398 \ln(x) + 22,251 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-50) και}$$

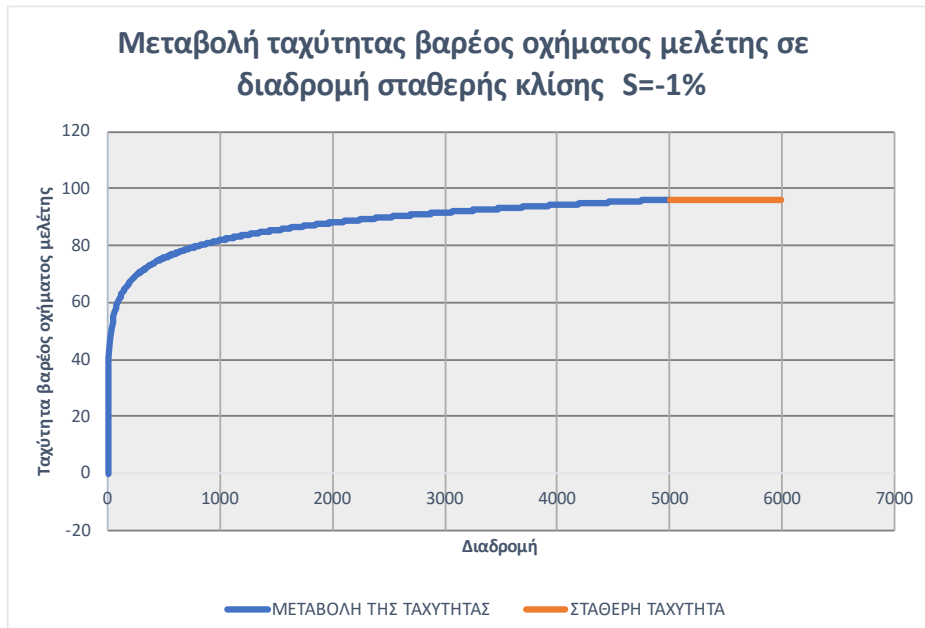
$$V=97 \text{ για τιμές από } 5000\mu \text{ και πάνω}$$



Σχήμα 3-51: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$$V = 10,144 \ln(x) + 21,03 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-51) και}$$

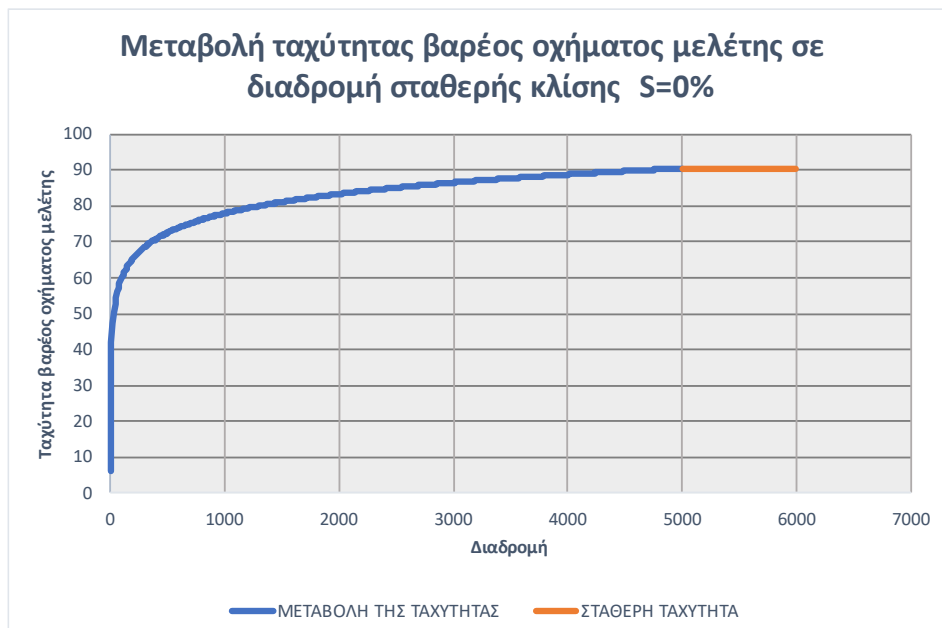
V=95 για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-52: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

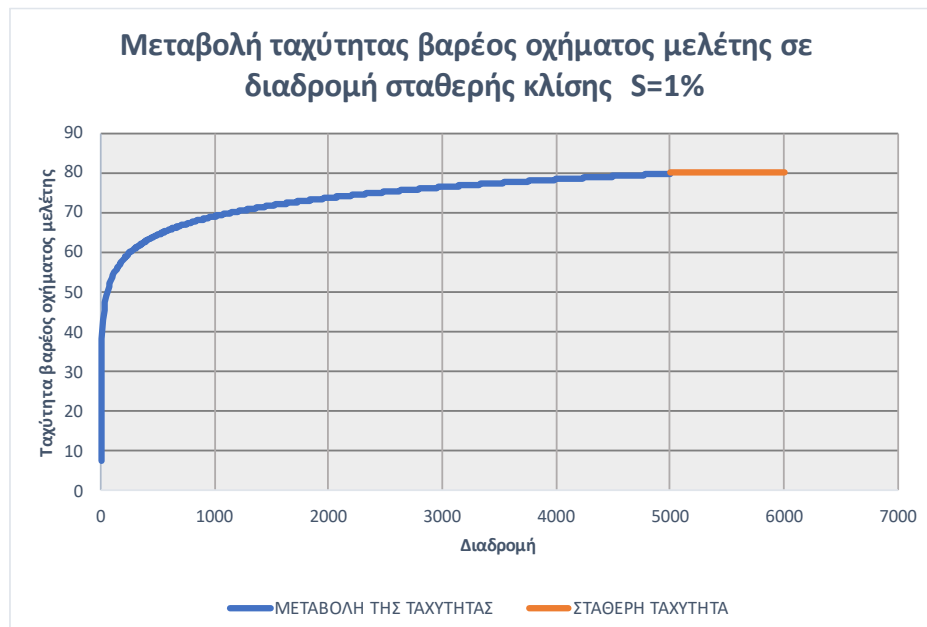
$$V = 9,5308 \ln(x) + 19,918 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-52) και}$$

V=93 για τιμές από 5000μ και πάνω



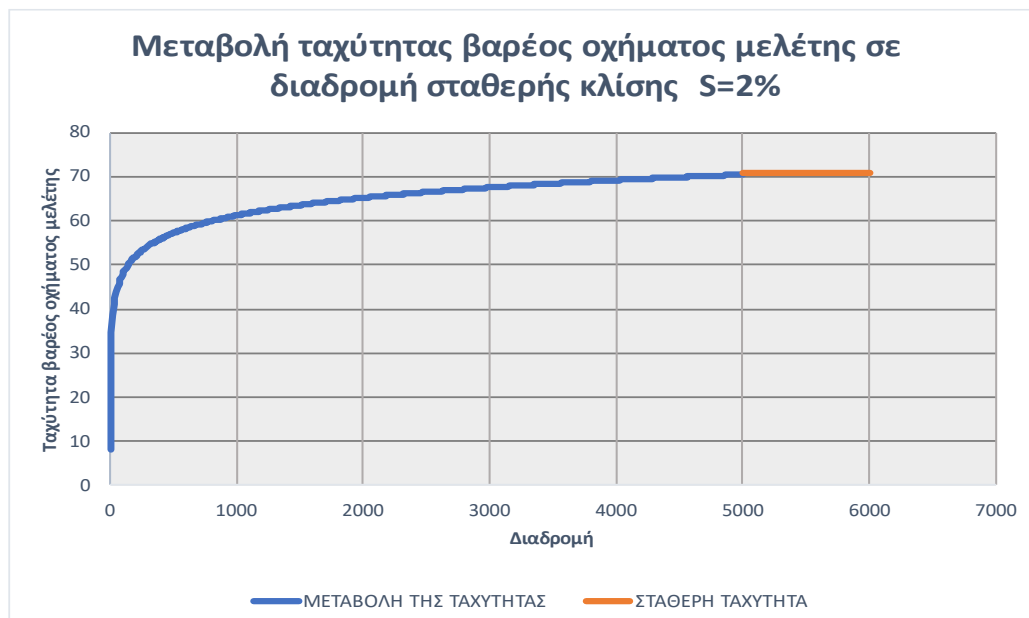
Σχήμα 3-53: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = 8,828\ln(x) + 17,738$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-53) και
 $V=90$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-54: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΗΑΕ

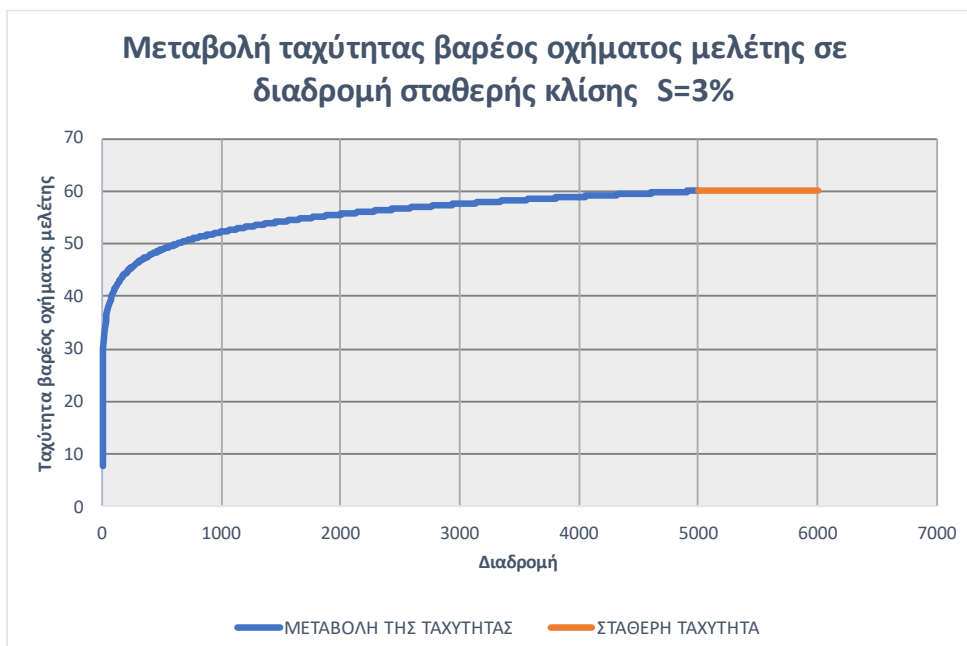
$V = 7,6577\ln(x) + 16,518$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-54) και
 $V=80$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-55: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΗΑΕ

$V = 6,7492\ln(x) + 15,032$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-55) και

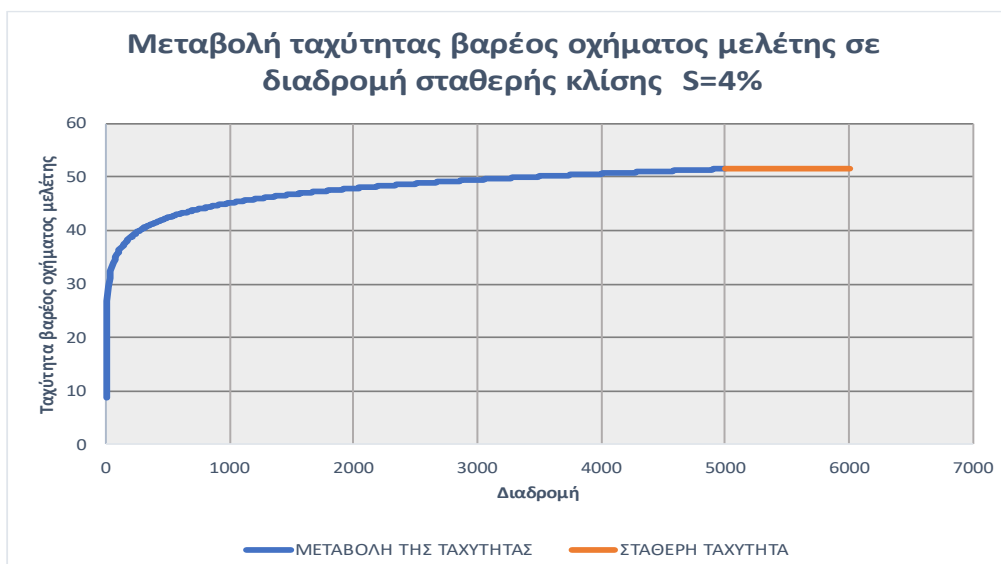
$V=70,5$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-56: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΗΑΕ

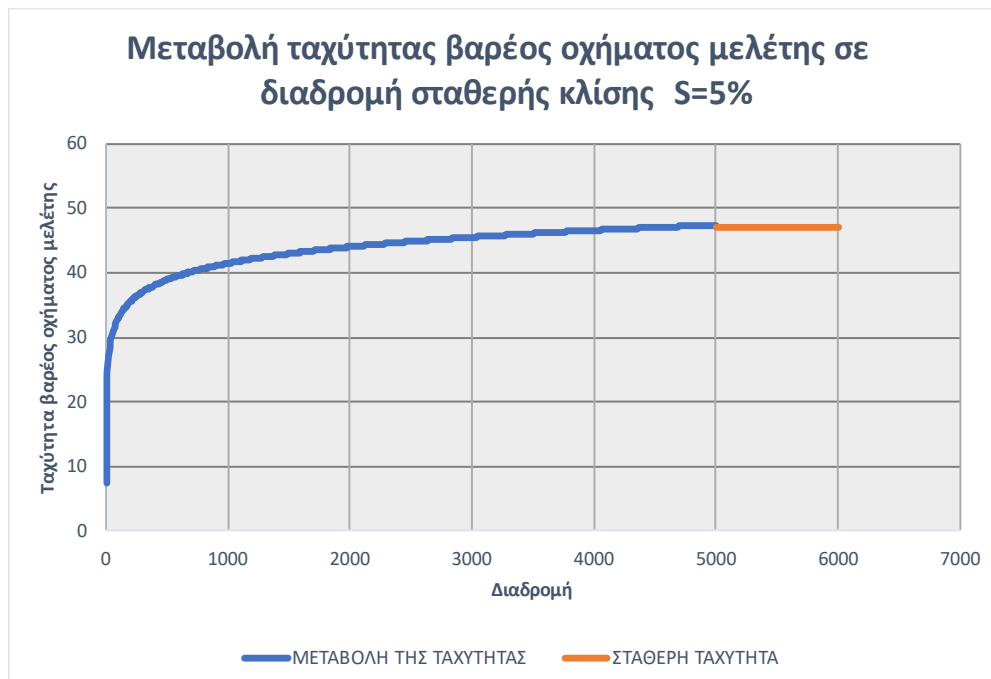
$V = 5,9426\ln(x) + 12,592$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-56) και

$V=60$ για τιμές από 5000μ και πάνω



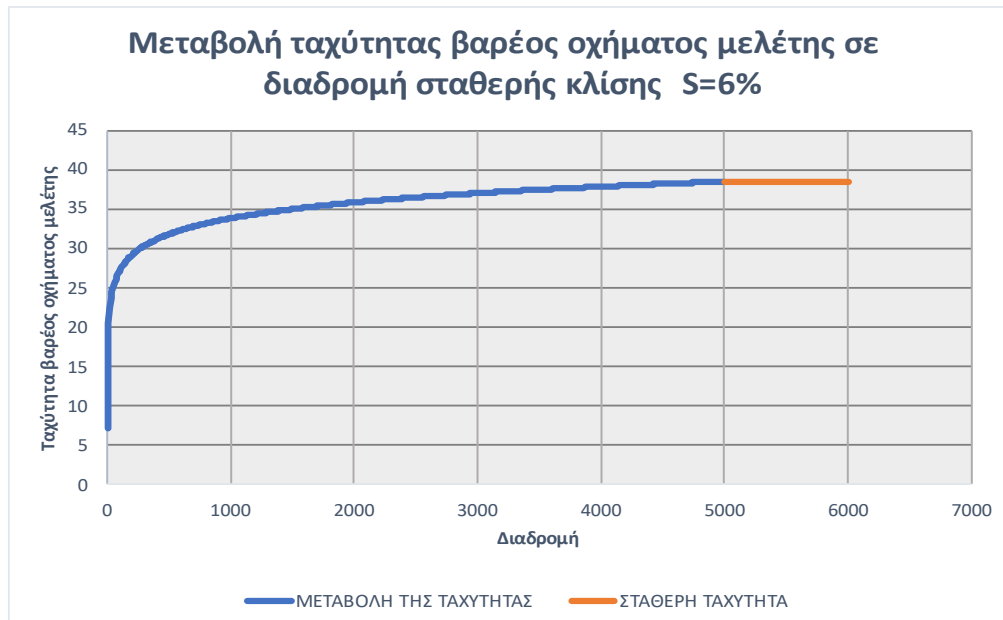
Σχήμα 3-57: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΗΑΕ

$V = 5,2575 \ln(x) + 11,186$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-57) και
 $V=51$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-58: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

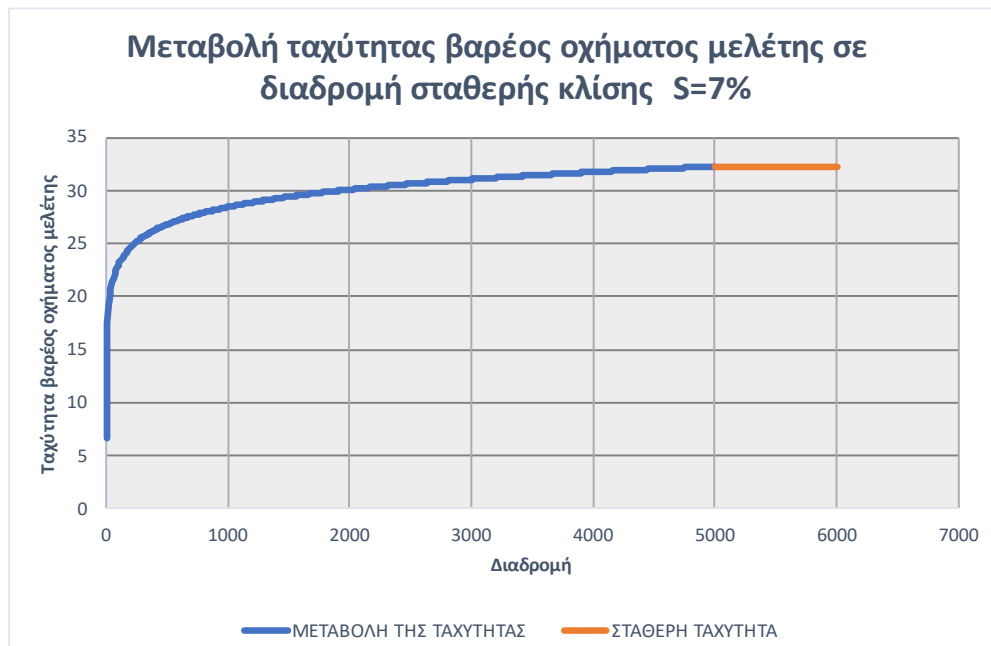
$V = 4,6374 \ln(x) + 9,764$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-58) και
 $V=46$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-59: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = 3,81\ln(x) + 7,7252$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-59) και

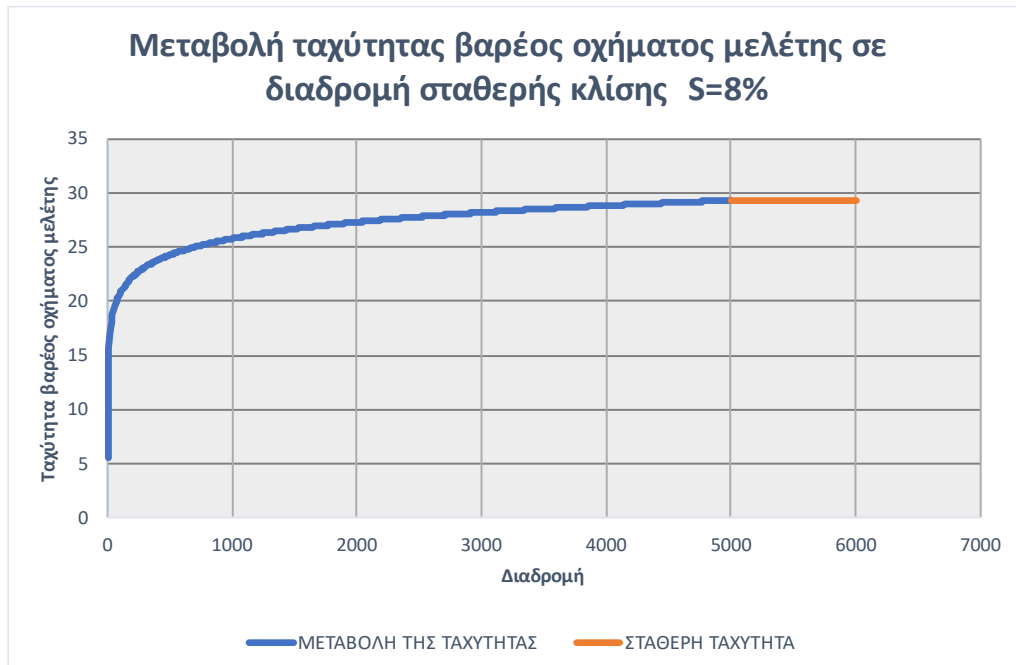
$V=38$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-60: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγίων ΗΑΕ

$V = 3,5492\ln(x) + 6,0782$ για τιμές μέχρι 5000μ (εξ. 3-60) και

$V=32$ για τιμές από 5000μ και πάνω



Σχήμα 3-61: Υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της καμπύλης επιβράδυνσης του βαρέος οχήματος μελέτης των οδηγιών ΗΑΕ

$$V = 3,3715\ln(x) + 4,7705 \text{ για τιμές μέχρι } 5000\mu \text{ (εξ. 3-61) και}$$

$V=28$ για τιμές από 5000μ και πάνω

Πίνακας 3-9: Εξισώσεις για την περιγραφή των καμπύλων του διαγράμματος των κανονισμών ΗΑΕ (επιβράδυνση)

Κλίση(%)	Εξίσωση(V)	Εφαρμογή μέχρι (m)	Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)
-5	$-9,216\ln(x) + 88,902$	5000	97
-4	$-7,934\ln(x) + 91,831$	5000	97
-3	$10,398\ln(x) + 22,251$	5000	97
-2	$10,144\ln(x) + 21,03$	5000	95
-1	$9,5308\ln(x) + 19,918$	5000	93
0	$8,828\ln(x) + 17,738$	5000	90
1	$7,6577\ln(x) + 16,518$	5000	80
2	$6,7492\ln(x) + 15,032$	5000	70,5
3	$5,9426\ln(x) + 12,592$	5000	60
4	$5,2575\ln(x) + 11,186$	5000	51
5	$4,6374\ln(x) + 9,764$	5000	46
6	$3,81\ln(x) + 7,7252$	5000	38
7	$3,5492\ln(x) + 6,0782$	5000	32
8	$3,3715\ln(x) + 4,7705$	5000	28

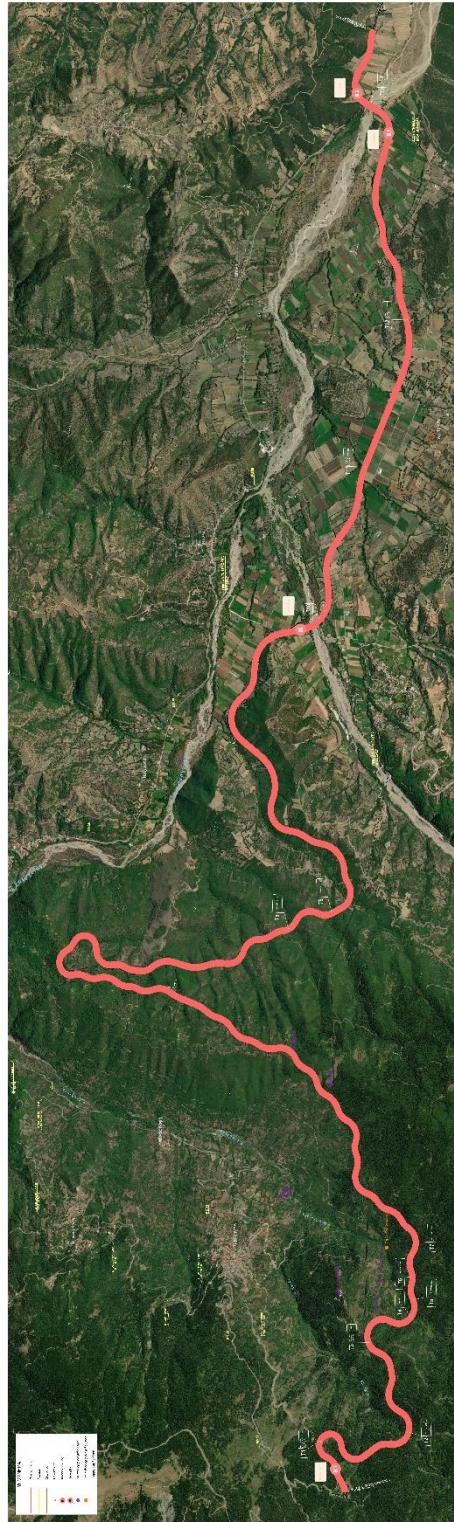
Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού ελέγχου

Για τον έλεγχο της μεθοδολογίας η οποία αναπτύσσεται στην παρούσα εργασία και την δοκιμή του λογισμικού το οποίο αναπτύχθηκε. Αναγκαία ήταν η εφαρμογή της μεθόδου σε

μία υπό μελέτη οδό. Σε αυτή την οδό εκτός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της τα οποία απαιτούνται ήταν αναγκαίο να έχει πραγματοποιηθεί έλεγχος απαιτήσεων προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων. Επιπλέον, η οδός θα χρειαζόταν για τις προϋποθέσεις της παρούσας εργασίας να ήταν οδός δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα κυκλοφορίας. Για τα πλαίσια της παρούσας εργασίας η εταιρεία <<ΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ>> παρείχε μελέτη οδικού άξονα σε ορεινή περιοχή.

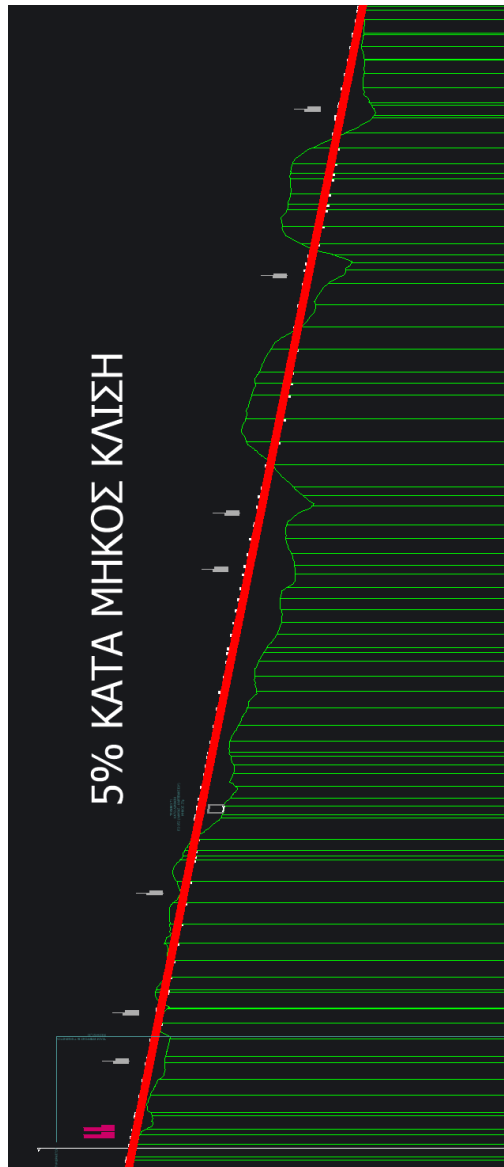
Αναλυτικότερα, η εταιρεία παρείχε οδικό άξονα σε στάδιο προμελέτης οδοποιίας για τον έλεγχο της μεθοδολογίας η οποία αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο και τον έλεγχο του λογισμικού το οποίο αναπτύχθηκε με την παρούσα εργασία. Πιο συγκεκριμένα, διατέθηκαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, οι κυκλοφοριακοί φόρτοι στο υπό εξέταση οδικό τμήμα και ο έλεγχος απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας κυκλοφορίας με συμβατικές μεθόδους σε όλο το μήκος της οδού.

Η οδός η οποία παραχωρήθηκε διέρχεται από ορεινό ανάγλυφο και πρόκειται για οδό με δύο λωρίδες κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα. Η οδός αυτή κρίνεται κατάλληλη για τον έλεγχο της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας καθώς παρουσιάζει απότομες ανηφορικές κλίσεις, έχει την απαραίτητη τυπική διατομή και έχει γίνει ήδη έλεγχος των απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας κίνησης (βάσει των κανονισμών ΟΜΟΕ – 5^ο τεύχος).



Εικόνα 3-3: Γενική οριζοντιογραφία οδού ελέγχου. Το σχέδιο παρέχεται από τους μελετητές της οδού και δεν δύναται η επεξεργασία του.

Στην εικόνα παρατηρείται το τελικό σχέδιο της γενικής οριζοντιογραφίας της προμελέτης του οδικού άξονα τον οποίο παρέιχε η <<ΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ>>. Όπως φαίνεται η χάραξη από ορεινό ανάγλυφο, το οποίο σημαίνει ότι θα παρουσιάζει έντονες κλίσεις στην μηκοτομή. Επιπλέον, παρατηρούνται αρκετές καμπύλες, το οποίο σημαίνει ότι η ελικτότητα της οδού είναι υψηλή άρα και η λειτουργική ταχύτητα της οδού θα είναι περιορισμένη.



Εικόνα 3-4: Απόσπασμα μηκοτομής της οδού ελέγχου. Το σχέδιο παρέχεται από τους μελετητές της οδού και δεν δύναται η επεξεργασία του

Στην εικόνα παρατηρείται απόσπασμα από το σχέδιο μηκοτομής των πρώτων χιλιομέτρων της οδού ελέγχου. Στην εικόνα παρατηρείται με πράσινο χρώμα η τομή του εδάφους υπό τον άξονα της οδού ελέγχου. Είναι αντιληπτό ότι πρόκειται για ορεινό ανάγλυφο με έντονες διακυμάνσεις. Η ερυθρά της οδού με κόκκινο χρώμα φαίνεται ότι δημιουργεί έντονες κλίσεις και μεγάλες διαδρομές ανωφέρειας ή κατωφέρειας ανάλογα το ρεύμα της κίνησης. Αναμένεται κατά τον έλεγχο μεταξύ των δύο αυτών σημείων που φαίνονται στην εικόνα να απαιτείται επιπρόσθετη λωρίδα κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων. Σημειώνεται, επίσης ότι δεν παρατηρούνται μεγάλες ακτίνες στις σημαίες της μηκοτομής το οποίο σημαίνει ότι η στιγμιαία κλίση δεν θα παρουσιάζει μεγάλη απόκλιση από την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς.

Η μεθοδολογία η οποία αναπτύσσεται στην παρούσα εργασία υπολογίζει την ταχύτητα των βαρέων οχημάτων τόσο με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς όσο και με την στιγμιαία κλίση της ερυθράς. Όμως, η οδός ελέγχου δεν παρουσιάζει μεγάλη απόκλιση μεταξύ των δύο αυτών κλίσεων, καθώς οι ακτίνες που χαράσσονται στην μηκοτομή είναι μικρές. Το τελικό αποτέλεσμα του υπολογισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων αναμένεται να μην αποκλείει μεταξύ της περίπτωσης όταν χρησιμοποιείται ως δεδομένο η κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς και της περίπτωσης όταν χρησιμοποιείται ως δεδομένο η στιγμιαία κλίση της ερυθράς. Ίσως για τον πλήρη έλεγχο της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας να έπρεπε να χρησιμοποιηθεί μία οδός η οποία εκτός των άλλων κριτηρίων να πληροί και αυτό το κριτήριο δηλαδή να παρουσιάζονται στην μηκοτομή μεγάλες ακτίνες, ώστε να υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς και της κλίσης της πολυγωνικής της ερυθράς. Παρόλα αυτά, δεν υπήρχε κάποια διαθέσιμη μελέτη οδού η οποία εκτός αυτού του κριτηρίου να πληροί και τα υπόλοιπα κριτήρια:

- Η οδός να βρίσκεται σε ορεινό ανάγλυφο
- Η οδός να σχεδιάζεται με δύο λωρίδες και ενιαίο οδόστρωμα
- Για την οδό να έχει πραγματοποιηθεί έλεγχος των κριτηρίων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας ώστε να γίνει σύγκριση με το τελικό αποτέλεσμα της μεθοδολογίας

Επειδή, λοιπόν η οδός ελέγχου πληροί τα παραπάνω κριτήρια θεωρείται ιδανική για τον έλεγχο της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας.

Όπως έχει προαναφερθεί η οδός ελέγχου χρειάζεται να σχεδιάζεται με δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ενιαίο οδόστρωμα. Η οδός η οποία παραχωρήθηκε από την <<ΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ>> έχει τυπική διατομή β2 κατά ΟΜΟΕ-Δ (Εικόνα 2-5) . Δηλαδή, πρόκειται για μία οδό δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα, άρα κρίνεται ιδανικά για τον έλεγχο της μεθοδολογίας της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Η τυπική διατομή επιλέχθηκε από τους μελετητές εξαιτίας του κυκλοφοριακού φόρτου και της σύστασης της κυκλοφορίας τα οποία έχουν εκτιμηθεί για τις περιοχές τις οποίες συνδέει η υπό μελέτη αρτηρία. Αναλυτικότερα, έχει εκτιμηθεί ότι κατά την ώρα αιχμής θα διέρχονται περίπου 500 οχήματα/ώρα και το ποσοστό βαρέων οχημάτων είναι 12%. Βάσει αυτών των δεδομένων η ελάχιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα (V_{EET}) βάσει των κανονισμών ΟΜΟΕ – 5° Τεύχος υπολογίζεται ίση με 26.04km/h.

Οι τιμές της λειτουργικής ταχύτητας της οδού ελέγχου υπολογίστηκαν βάσει των ΟΜΟΕ μέσω λογισμικού οδοποιίας. Οι τιμές οι οποίες προέκυψαν παρουσιάζονται αναλυτικά στο αντίστοιχο παράρτημα. Παρακάτω το διάγραμμα της λειτουργικής ταχύτητας σε σχέση με την χιλιομέτρηση της οδού.



Σχήμα 3-62: Διάγραμμα λειτουργικής ταχύτητας κατά μήκος της οδού ελέγχου

Από το σχήμα παρατηρούνται οι χιλιομετρικές θέσεις της οδού μεταξύ των οποίων μειώνεται και αυξάνεται η ταχύτητα των οχημάτων. Στις περιοχές που παρατηρείται απότομη μείωση της ταχύτητας είναι πιθανό να χρειάζεται να προστεθεί λωρίδα βραδυπορίας για τα βαρέα οχήματα, διότι τα βαρέα οχήματα σε εκείνες τις περιοχές θα μειώσουν περισσότερο την ταχύτητα τους.

Τα στοιχεία της οδού ελέγχου όπως αυτά έχουν παραχωρηθεί από τους ανάδοχους μελετητές του έργου επισυνάπτονται στα αντίστοιχα παραρτήματα. Τα στοιχεία αυτά δόθηκαν από τους ανάδοχους μελετητές σε διάφορες μορφές αρχείων. Η γεωμετρία της οδού δόθηκε σε αρχεία μορφής του λογισμικού <<ΟΔΟΣ>> και σε σχέδια μορφής pdf. Οι μετρήσεις των φόρτων αντλήθηκαν από την τεχνική έκθεση της προμελέτης της οδού ελέγχου.

Η οδός ελέγχου αξιοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική για τον ποιοτικό έλεγχο και την σύγκριση των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας και του λογισμικού το οποίο σχεδιάστηκε στα πλαίσια της. Η οδός ελέγχου έχει σχεδιαστεί με όλα τα αναγκαία χαρακτηριστικά για τον έλεγχο της μεθοδολογίας, όπως αυτά έχουν αναλυθεί στο παρόν κεφάλαιο.

Προσδιορισμός ταχύτητας βαρέων οχημάτων και θέσεις επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας της οδού ελέγχου

Στην μελέτη του οδικού άξονα τον οποίο παρέιχε η <<ΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ>> έχει εκτελεστεί έλεγχος των κριτηρίων για τις απαιτήσεις προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας

βραδυπορίας βαρέων οχημάτων. Δηλαδή, έχουν προσδιοριστεί με συμβατικές μεθόδους οι περιοχές μεταξύ των οποίων απαιτείται προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας βάσει των ΟΜΟΕ- 5^ο Τεύχος. Σημειώνεται ότι ως βαρύ όχημα μελέτης έχει θεωρηθεί αυτό των ΟΜΟΕ-5^ο Τεύχος, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά δεν προσδιορίζονται από τις οδηγίες αυτές.

Για την οδό έχουν πραγματοποιηθεί από τους ανάδοχους μελετητές σε όλο το μήκος της οδού ελέγχου υπολογισμοί της λειτουργικής ταχύτητας, της ταχύτητας βαρέος οχήματος μελέτης και έλεγχος των κριτηρίων για την προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα, με ακαθόριστο βήμα σε διάφορες θέσεις σε όλο το μήκος της οδού λήφθηκαν οι τιμές της λειτουργικής ταχύτητας όπως αυτή υπολογίζεται με τις οδηγίες που παρέχονται από τους κανονισμούς ΟΜΟΕ-Χ. Στις ίδιες θέσεις έχει εκτιμηθεί η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης με την μέθοδο η οποία παρέχεται από τους κανονισμούς ΟΜΟΕ – 5^ο Τεύχος και ως όχημα μελέτης είναι το βαρύ επικαθήμενο όχημα. Τέλος, στις ίδιες θέσεις ελέγχθηκαν τα κριτήρια των ΟΜΟΕ για την προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας μεταξύ των χιλιομετρικών θέσεων της οδού ελέγχου. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν δύο επιπρόσθετες λωρίδες κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων :

- Μεταξύ των χιλιομετρικών θέσεων: 5+290 – 12+380
- Μεταξύ των χιλιομετρικών θέσεων: 13+835 – 18+482

Για την επιλογή των χιλιομετρικών θέσεων της οδού μεταξύ των οποίων προστέθηκε λωρίδα βραδυπορίας λήφθηκαν περισσότερα κριτήρια. Αναλυτικότερα, κατά την διαδικασία της μελέτης του εν λόγω οδικού άξονα για την επιλογή των χιλιομετρικών θέσεων μεταξύ των οποίων απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας, θεωρήθηκαν από τους ανάδοχους μελετητές επιπρόσθετα κριτήρια πέρα των κριτηρίων των ΟΜΟΕ. Τα κριτήρια τα οποία επιλέχθηκαν εκτός της διατήρησης της στάθμης εξυπηρέτησης της υπό μελέτης οδού είχαν ως στόχο των περιορισμό του κόστους κατασκευής, τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την δυνατότητα κατασκευής του έργου.

Οπότε αυτό που παρατηρείται στην οδό ελέγχου είναι ότι ο έλεγχος των κριτηρίων απαιτήσεων για την προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας βάσει των κανονισμών δεν καταλήγει σε απόλυτο αποτέλεσμα. Δηλαδή, περισσότερα κριτήρια και η κρίση του μηχανικού λαμβάνονται υπόψη στον τελικό σχεδιασμό. Για αυτό τον λόγο ένα λογισμικό το οποίο αποδεσμεύει τον μελετητή από την χρονοβόρα διαδικασία του ελέγχου των κριτηρίων των κανονισμών και τον βοηθάει να εστιάζει ταχύτερα στις περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν μείωση της στάθμης εξυπηρέτησης της οδού είναι αρκετά χρήσιμο.

Οι εκτιμήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από τους ανάδοχους μελετητές για την ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης έχουν επισυναφθεί στο αντίστοιχο παράρτημα. Οι μετρήσεις τόσο της λειτουργικής ταχύτητας της οδού όσο και της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης έχουν πραγματοποιηθεί βάσει των οδηγιών ΟΜΟΕ. Το αρχείο το οποίο περιείχε τις εν λόγω μετρήσεις και τις χιλιομετρικές θέσεις μεταξύ των οποίων επιλέχθηκε η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων έχει δημιουργηθεί σε μορφή excel και είναι επισυνημμένο στο αντίστοιχο παράρτημα της παρούσας έκθεσης.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την διερεύνηση των απαιτήσεων προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων εκμεταλλεύτηκαν όλα τα προαναφερθέντα δεδομένα και οι γνώσεις του επιστημονικού υποβάθρου. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αναλύθηκαν τρεις διαφορετικοί τρόποι προσέγγισης του προβλήματος, με τρεις διαφορετικούς κανονισμούς, όπως αυτοί έχουν περιγραφεί στο κεφάλαιο του θεωρητικού υπόβαθρου. Στους κανονισμούς εντοπίζονται διαφορές στα διαγράμματα υπολογισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων και στα κριτήρια επιλογής επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας.

Έχει εκπονηθεί αλγόριθμος για τον έλεγχο πλήρωσης των απαιτήσεων προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας βάσει των επιλεγμένων κανονισμών της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιώντας τύπους δεδομένων από το λογισμικό οδοποιίας <<ΟΔΟΣ>>. Όπως έχει αναλυθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, για τον σχεδιασμό του αλγόριθμου ήταν αναγκαίος ο υπολογισμός στοιχείων της μηκοτομής και η λειτουργική ταχύτητα της εξεταζόμενης οδού.

Έγινε δοκιμή για βελτίωση της μεθόδου υπολογισμού της ταχύτητας των βαρέων σε σχέση με την μέθοδο η οποία προτείνεται από τους κανονισμούς. Αναλυτικότερα, βάσει των διαγραμμάτων περιγραφής της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων που προέρχονται από τους εκάστοτε κανονισμούς, η ταχύτητα ενός βαρέος οχήματος προσδιορίζεται ως συνάρτηση της διαδρομής που διανύει το βαρύ όχημα σε μία δεδομένη σταθερή κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής υπολογίστηκε η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων με την χρήση τόσο της κλίσης της πολυγωνικής της ερυθράς όσο και με την σημειακή κλίση (δηλαδή την κλίση της ερυθράς στην εκάστοτε χιλιομετρική θέση).

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας σχεδιάστηκε λογισμικό ικανό να εκτελέσει έλεγχο των κριτηρίων για την προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας σε μία οδό δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα. Το λογισμικό πραγματοποιεί την υπό εξέταση μεθοδολογία σε μικρό χρονικό διάστημα και με υψηλή ακρίβεια. Δηλαδή με δεδομένα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μίας οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα το λογισμικό δύναται να προσδιορίσει εάν υπάρχουν χιλιομετρικές θέσεις μεταξύ των οποίων απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων. Το αποτέλεσμα το οποίο παράγεται έχει κριθεί ως ορθό για τα διαθέσιμα δεδομένα ελέγχου. Επιπλέον, το λογισμικό δύναται να πραγματοποιήσει την μεθοδολογία με την χρήση των ελληνικών κανονισμών ΟΜΟΕ, των αμερικάνικων κανονισμών AASHTO και των κανονισμών των ΗΑΕ. Ο κώδικας του λογισμικού σε γλώσσα προγραμματισμού C++ επισυνάπτεται παρακάτω στο αντίστοιχο παράρτημα.

Ο αλγόριθμος όμως βάσει του οποίου σχεδιάστηκε το λογισμικό είναι η μεθοδολογία η οποία αναπτύσσεται στο παρόν κεφάλαιο. Για τον αλγόριθμο χρησιμοποιήθηκαν τα μαθηματικά μοντέλα τα οποία περιγράφουν τα διαγράμματα ταχύτητας των βαρέων οχημάτων όπως αυτά προέκυψαν από την συλλογή δεδομένων και παρουσιάζονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Παρακάτω παρουσιάζονται στα αντίστοιχα υποκεφάλαια με σειρά τα βήματα του αλγορίθμου για την διερεύνηση των απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας βραδυτορίας βαρέων οχημάτων. Τα δεδομένα τα οποία απαιτούνται για την λειτουργία του αλγορίθμου και ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται. Οι υπολογισμοί και οι έλεγχοι οι οποίοι πραγματοποιούνται για τον εντοπισμό των χιλιομετρικών θέσεων στις οποίες απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυτορίας. Όλα τα παραπάνω αναλύονται παρακάτω με την σειρά την οποία ακολουθεί ο αλγόριθμος και έχει σχεδιαστεί και το λογισμικό.

Εισαγωγή Δεδομένων

Τα δεδομένα τα οποία απαιτούνται για τον έλεγχο των απαιτήσεων προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας είναι τα στοιχεία της μηκοτομής της υπό εξέταση οδού και η λειτουργική ταχύτητα της οδού στα αντίστοιχα εξεταζόμενα τμήματα. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται συνήθως από κάποιο λογισμικό σχεδιασμού οδοποιίας σε μορφή αρχείων txt. Για την παρούσα διπλωματική έχουν χρησιμοποιηθεί τα αντίστοιχα αρχεία τα οποία παρέχουν τα αναγκαία δεδομένα από το λογισμικό <<ΟΔΟΣ>>.

Τα δεδομένα τα οποία είναι αναγκαία για την περιγραφή της μηκοτομής είναι οι χιλιομετρικές θέσεις των σημαιών της πολυγωνικής, η κλίση της ερυθράς μεταξύ των σημαιών και η ακτίνα της εκάστοτε σημαίας. Για την εισαγωγή αυτών των δεδομένων χρησιμοποιούνται τα αρχεία μορφής txt από το λογισμικό <<ΟΔΟΣ>>. Η μορφή του αρχείου αυτού είναι ένας πίνακας 4 στηλών και τόσων γραμμών όσες οι σημαίες της ερυθράς. Σε κάθε γραμμή έχει καταχωρηθεί η χιλιομετρική θέση της σημαίας, το υψόμετρο πολυγωνικής της ερυθράς στην θέση της σημαίας, η ακτίνα της σημαίας και ο κωδικός της σημαίας. Με εξαίρεση την πρώτη γραμμή στην οποία αναγράφεται η χιλιομετρική θέση της σημαίας αρχής, το υψόμετρο της σημαίας αρχής, η χιλιομετρική θέση της σημαίας τέλους και το υψόμετρο της σημαίας τέλους με αυτή την σειρά. Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία της παρακάτω μηκοτομής:

Πίνακας 4-1: Μορφή στοιχείων μηκοτομής για την εισαγωγή στο λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία

Χ.Θ.	ΥΨ. ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ	ΑΚΤΙΝΑ (Η)	ΚΩΔΙΚΟΣ
0	1052,126	19677,523	275,946
112,379	1051,268	4000	Σ1
284,894	1041,125	10000	Σ2
477,039	1032,164	20000	Σ3
2049,764	948,852	4000	Σ4
2561,865	956,712	5000	Σ5
3173,347	938,494	8000	Σ6
3371,824	936,289	5000	Σ7
4149,499	901,503	8000	Σ8
5185,585	891,208	8000	Σ9
7969,758	789,242	250000	Σ10
12495,82	620,289	8000	Σ11
13835,06	606,02	8000	Σ12
18834,07	282,834	5000	Σ13
19612,64	277,384	8000	Σ14

Κατά την εισαγωγή αυτών των δεδομένων υπολογίζεται η κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς από μία σημαία στην επόμενη. Η κλίση μεταξύ δύο σημείων υπολογίζεται από την σχέση $s = \Delta X / \Delta H * 100$. Από τα δεδομένα αυτά επίσης αντλείται η χιλιομετρική θέση αρχής και η χιλιομετρική θέση τέλους της υπό εξέταση οδού.

Επιπλέον εκτός των γεωμετρικών στοιχείων της μηκοτομής αναγκαία είναι τα δεδομένα της λειτουργικής ταχύτητας της οδού. Η λειτουργική ταχύτητα της οδού υπολογίζεται μέσω των προγραμμάτων οδοποιίας σε όλο το μήκος της οδού. Τα προγράμματα οδοποιίας χρησιμοποιούν διαφορετικούς κανονισμούς ανάλογα την χώρα στην οποία χρησιμοποιούνται. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας χρησιμοποιείται ελληνικό λογισμικό οδοποιίας, οπότε η λειτουργική ταχύτητα υπολογίζεται βάσει των ΟΜΟΕ. Η επιθυμητή λειτουργική ταχύτητα είναι μία ταχύτητα ορισμένη από τον χρήστη, όπου εάν οι τιμές της προσδιορισμένης ταχύτητας των βαρέων οχημάτων ξεπερνάνε αυτή την τιμή, θεωρείται ότι τα βαρέα οχήματα δεν μειώνουν το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού, συνεπώς είναι περιττή η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων (στην παρούσα διπλωματική εργασία ορίστηκε ως 70km/h, δηλαδή 10km/h μικρότερη από το όριο ταχύτητας 80km/h).

Σημειώνεται ότι επιλέχθηκε η επιθυμητή λειτουργική ταχύτητα στα 70km/h για την παρούσα εργασία από τους κανονισμούς ΟΜΟΕ 5^ο τεύχος (ΠΛΚ). Σε αυτό το τεύχος των ΟΜΟΕ η επιθυμητή λειτουργική ταχύτητα σε μία οδό δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα ορίζεται στα 80km/h. Οπότε εάν τα βαρέα οχήματα κινούνται βάσει των αντίστοιχων διαγραμμάτων με ταχύτητα 70km/h τότε η διαφορά της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων με την λειτουργική ταχύτητα θα είναι μικρότερη από 10km/h. Συνεπώς, προκύπτει από τους υπό εξέταση κανονισμούς ότι η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων είναι περιττή.

Τέλος, ο χρήστης χρειάζεται να εισάγει τα δεδομένα για τους κυκλοφοριακούς φόρτους (οχήματα/ ώρα), τα δεδομένα για την σύσταση της κυκλοφορίας (δηλαδή το ποσοστό βαρέων οχημάτων), την ελικτότητα της οδού και τους κανονισμούς τους οποίους θα ληφθούν υπόψη. Με την εισαγωγή αυτών των δεδομένων υπολογίζεται η V_{EET} (δηλαδή η ελάχιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα βαρέων οχημάτων για το υπό εξέταση οδικό τμήμα βάσει των κανονισμών ΟΜΟΕ).

Όλα τα παραπάνω έχουν ισχύ σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα κυκλοφορίας, καθώς αυτό ορίστηκε για τα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Επίσης, σημειώνεται ότι τα λογισμικά γεωμετρικού σχεδιασμού οδοποιίας δεν περιλαμβάνουν μοντέλα επίλυσης κυκλοφοριακών φόρτων. Για αυτό τα στοιχεία αυτά χρειάζεται να τα δώσει ο ίδιος ο χρήστης. Η διερεύνηση, λοιπόν για την ανάγκη προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων στηρίζεται στην εξέταση της διαφοράς της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης με την λειτουργική ταχύτητα της οδού.

Υπολογισμός ταχύτητας βαρέως οχήματος μελέτης

Το επόμενο βήμα από την εισαγωγή των δεδομένων της υπό εξέταση οδού είναι ο προσδιορισμός της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος μελέτης σε όλο το μήκος της οδού. Προσδιορίζοντας την εξέλιξη της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης θεωρείται ότι παρόμοια θα συμπεριφερθεί οποιοδήποτε βαρύ όχημα στο υπό εξέταση οδικό τμήμα. Η ταχύτητα προσδιορίζεται με χρήση των αντίστοιχων διαγραμμάτων των κανονισμών που επέλεξε ο χρήστης.

Το βαρύ όχημα μελέτης το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί από τους επιλεγμένους κανονισμούς για τον προσδιορισμό των διαγραμμάτων είναι το βαρύ φορτηγό (120 kg/kw) (Εικόνα 2-6). Σημειώνεται ότι οι κανονισμοί ΟΜΟΕ δεν διευκρινίζουν το βαρύ όχημα μελέτης το οποίο χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό του διαγράμματος ταχύτητας των βαρέων οχημάτων. Θεωρείται ότι καθώς οι αμερικάνικοι κανονισμοί και οι κανονισμοί των ΗΑΕ χρησιμοποιούν το ίδιο βαρύ όχημα μελέτης, δηλαδή το βαρύ φορτηγό (120kg/kw) τότε ο ίδιος τύπος βαρέος οχήματος μπορεί να εξετάστηκε απο τους ελληνικούς κανονισμούς για τον σχεδιασμό του διαγράμματος ταχύτητας βαρέων οχημάτων. Με μετρήσεις βάσει αυτού του οχήματος έχουν προκύψει τα διαγράμματα ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης σε όλους τους εξεταζόμενους κανονισμούς.

Το πρώτο βήμα για την διερεύνηση των κριτηρίων προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας είναι ο προσδιορισμός της οδηγικής συμπεριφοράς του βαρέος οχήματος μελέτης. Δηλαδή, χρειάζεται να προσδιοριστεί η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης σε όλο το μήκος του τμήματος της υπό εξέτασης οδού. Για να προσδιοριστεί η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης χρησιμοποιούνται τα μαθηματικά μοντέλα τα οποία υπολογίστηκαν κατά την συλλογή δεδομένων για τα διαγράμματα περιγραφής ταχύτητας των βαρέων οχημάτων των εκάστοτε κανονισμών. Τα προαναφερόμενα μαθηματικά μοντέλα επιλύονται στο λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία.

Ο προσδιορισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης απο τα διαγράμματα των κανονισμών με συμβατικές μεθόδους είναι αρκετά χρονοβόρος και δεν επιτρέπει απο τους μελετητές να προσδιορίσουν την ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης σε πυκνές χιλιομετρικές θέσεις της υπό μελέτης οδού. Η μαθηματική μοντελοποίηση όμως των διαγραμμάτων κατά την συλλογή δεδομένων πρόκειται για μία ταχύτερη μέθοδο η οποία

καταλήγει σε ίδια αποτελέσματα ή σε αποτελέσματα με μικρή απόκλιση από αυτά των συμβατικών μεθόδων. Γεγονός το οποίο επιτρέπει στους εκάστοτε μελετητές να χρησιμοποιούν σταθερό βήμα υπολογισμού της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης και να προσδιορίζουν την ταχύτητα του σε πυκνές χιλιομετρικές θέσεις της υπό εξέταση οδού.

Για την εκκίνηση του αλγορίθμου απαιτείται η συλλογή δεδομένων σε μορφή η οποία αναλύεται στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Το δεύτερο στάδιο της παρούσας μεθοδολογίας είναι ο προσδιορισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης σε όλο το εξεταζόμενο οδικό τμήμα. Για να επιτευχθεί αυτό ο χρήστης χρειάζεται αφού εισάγει τα δεδομένα να ορίσει το βήμα υπολογισμού. Δηλαδή το πόσο πυκνές θα είναι οι μετρήσεις της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων στον οδικό άξονα. Το μικρότερο βήμα υπολογισμού θα βοηθήσει στον ακριβέστερο προσδιορισμό των θέσεων μεταξύ των οποίων απαιτείται προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδα βραδυπορίας. Όμως, είναι σημαντικό το βήμα που θα επιλεγεί να είναι πρακτικό. Διότι, όταν υπολογίζονται οι διαπλάτυνσεις μίας οδού στρογγυλοποιούνται στην μονάδα (βάσει των ΟΜΟΕ-Χ στο επόμενο 5). Οπότε, το βήμα υπολογισμού πρέπει να επιτυγχάνει ταυτόχρονα τον βέλτιστο προσδιορισμό της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων μελέτης και να είναι πρακτικό.

Για την παρούσα εργασία ο προσδιορισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης εκπονήθηκε με βήμα υπολογισμού ίσο με 10μ. Δηλαδή, από την αρχή της χιλιομέτρησης της οδού ελέγχου μέχρι το πέρας της πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης ανά 10 μέτρα. Αναλυτικότερα, η οδός ελέγχου πρόκειται για οδικό άξονα δεκαεννέα χιλιομέτρων, άρα οι μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν ήταν περίπου 1900. Συγκριτικά με την επίσημη μελέτη στην οποία πραγματοποιήθηκαν περίπου 60 μετρήσεις της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης σε όλο τον οδικό άξονα, η παρούσα μεθοδολογία δημιούργησε μία πληρέστερη και ακριβέστερη εικόνα για τις ταχύτητες των βαρέων οχημάτων. Η ανάπτυξη του λογισμικού το οποίο εκτελεί την υπό εξέταση μεθοδολογία και η μαθηματική μοντελοποίηση των διαγραμμάτων των κανονισμών συνέβαλε για την πραγματοποίηση όλων αυτών των μετρήσεων με ακρίβεια και σε γρήγορο χρονικό διάστημα.

Πιο συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος υπολογισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων τέμνει τον οδικό άξονα σε μικρότερες διαδρομές βάσει του βήματος υπολογισμού. Δηλαδή, ο οδικός άξονας τέμνεται σε διαδρομές σταθερού μήκους βάσει του βήματος υπολογισμού. Σε κάθε μία από αυτές τις διαδρομές είναι γνωστό από τα δεδομένα η κλίση της ερυθράς και η κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς και από το βήμα υπολογισμού είναι γνωστή και η διαδρομή την οποία θα διανύσει το βαρύ όχημα μελέτης. Στην περίπτωση, της οδού ελέγχου όπου το βήμα υπολογισμού έχει ληφθεί ίσο με 10μ το μήκος της κάθε διαδρομής είναι ίσο με 10μ. Βάσει των διαγραμμάτων των κανονισμών με αυτόν τον τρόπο έχουμε σχεδόν όλα τα δεδομένα τα οποία απαιτούνται για τον προσδιορισμό της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης σε κάθε χιλιομετρική θέση η οποία βρίσκεται στο πέρας του εκάστοτε βήματος (άρα σε κάθε θέση της υπό ελέγχου οδού στην οποία θα γίνει μέτρηση της ταχύτητας). Για τον τελικό υπολογισμό της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης είναι η αρχική του ταχύτητα. Σε κάθε βήμα υπολογισμού ως αρχική ταχύτητα του βαρέος οχήματος ορίζεται η τελική ταχύτητα του προηγούμενου βήματος. Λογικό, διότι τα βήματα εκτελούνται διαδοχικά από την αρχή της χιλιομέτρησης μέχρι το

πέρασ της. Οπότε, σε κάθε βήμα υπολογισμού βάσει των δεδομένων τα οποία έχουν δοθεί υπολογίζεται η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης στην χιλιομετρική θέση στο πέρασ του βήματος. Άρα στο επόμενο βήμα αυτή η χιλιομετρική θέση είναι η θέση αρχής του επόμενου βήματος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι το πέρασ των χιλιομετρήσεων.

Όμως, σημαντικό είναι να οριστεί η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης στην αρχική χιλιομετρική θέση του οδικού τμήματος. Είναι πιθανό το οδικό τμήμα στο οποίο εκτελείται ο έλεγχος απαιτήσεων επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας να αποτελεί συνέχεια οδικού τμήματος επί του οποίου τα οχήματα κινούνται με μία ταχύτητα. Είναι πιθανό, στο υπό εξέταση οδικό τμήμα τα οχήματα να εισέρχονται από ισόπεδο κόμβο και να εκκινούν απο μηδενική ταχύτητα. Για τα πλαίσια της παρούσας εργασίας η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων στην αρχική θέση του εξεταζόμενου οδικού τμήματος λαμβάνεται ίση με την λειτουργική ταχύτητα της οδού στην θέση αυτή.

Συνοψίζοντας την μέθοδο υπολογισμού της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος μελέτης σε έναν οδικό άξονα:

1. Επιλέγονται οι κανονισμοί βάσει των οποίων θα προσδιοριστεί η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης. Με την χρήση του λογισμικού της παρούσας εργασίας δύναται η επιλογή υπολογισμού με τους ελληνικούς κανονισμούς, τους αμερικάνικους κανονισμούς και τους κανονισμούς των ΗΑΕ.
2. Επιλέγεται το βήμα υπολογισμού της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης. Δηλαδή πόσο πυκνές θα είναι οι εκτιμήσεις της ταχύτητας σε όλο το εξεταζόμενο μήκος της οδού.
3. Ο αλγόριθμος τέμνει το εξεταζόμενο οδικό τμήμα σε υποτμήματα με ίσο μήκος με το βήμα υπολογισμού.
4. Η αρχική ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης θέτεται ίση με την λειτουργική ταχύτητα της εξεταζόμενης οδού στην χιλιομετρική θέση αυτή.
5. Προσδιορίζεται εάν το όχημα επιβραδύνει ή επιταχύνει στην υπό εξέταση διαδρομή. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται σε κάθε σημείο που το βαρύ όχημα μελέτης εισέρχεται σε νέα κλίση. Εάν η διαφορά των απόλυτων τιμών της νέας κλίσης με την παλιά είναι θετική το όχημα θεωρείται ότι επιταχύνει. Διαφορετικά το όχημα θεωρείται ότι επιβραδύνει.
6. Υπολογίζεται η ταχύτητα του βαρέος οχήματος για το επόμενο σημείο μέτρησης το οποίο βρίσκεται σε απόσταση επί της χιλιομέτρησης της οδού ίση με το βήμα υπολογισμού. Ο υπολογισμός πραγματοποιείται καθώς είναι διαθέσιμα όλα τα αναγκαία δεδομένα. Η αρχική ταχύτητα του οχήματος, η διαδρομή και η κλίση. Ο υπολογισμός πραγματοποιείται βάσει του μαθηματικού μοντέλου το οποίο αναλύθηκε στο κεφάλαιο της συλλογής δεδομένων. Δηλαδή, βάσει των επιλεγμένων κανονισμών και της κλίσης της οδού η οποία χρησιμοποιείται (μπορεί ο υπολογισμός να πραγματοποιείται με την στιγμιαία κλίση της ερυθράς ή με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς), επιλέγεται η καμπύλη η οποία θα χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ταχύτητας του οχήματος μελέτης. Εάν το όχημα δεν κινείται επί ακέραιας κλίσης(1%,2%,...) τότε διαλέγονται δύο καμπύλες προσδιορισμού της ταχύτητας, η αμέσως επόμενη κατά ακέραιας τιμής καμπύλη και η αμέσως προηγούμενη κατά ακέραιας τιμής καμπύλη. Εάν, λοιπόν

θέλαμε να προσδιορίσουμε την ταχύτητα βαρέος οχήματος μελέτης σε οδικό τμήμα με κλίση 2.5% θα επιλέγονταν για την μέτρηση η καμπύλη της 2% κλίσης και η καμπύλη της 3% κλίσης των ισχυόντων κανονισμών. Ο υπολογισμός λοιπόν εκτελείται ως εξής:

- i. Από την μαθηματική μοντελοποίηση της καμπύλης διαλέγεται η εξίσωση η οποία περιγράφει την κλίση της καμπύλης στην οποία βρισκόμαστε.
- ii. Λύνεται η μαθηματική εξίσωση η οποία έχει προκύψει για την εκάστοτε καμπύλη υπολογίζοντας την μεταβολή της ταχύτητας για διαδρομή ίση με το βήμα υπολογισμού.
- iii. Η τελική ταχύτητα προκύπτει από την αρχική ταχύτητα του βαρέος οχήματος στην υπό εξέταση διαδρομή προσθέτοντας την υπολογισμένη μεταβολή.

Εάν, ο υπολογισμός χρειάστηκε να γίνει σε δύο διαφορετικές καμπύλες τότε με την μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων υπολογίζεται η τελική τιμή της ταχύτητας για την επιθυμητή κλίση της οδού.

7. Η τελική ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης η οποία υπολογίζεται, θέτεται ως η αρχική ταχύτητα για το επόμενο βήμα και η διαδικασία υπολογισμού επαναλαμβάνεται. Η επανάληψη συνεχίζει μέχρι την χιλιομετρική θέση τέλους του υπό εξέταση οδικού τμήματος.

Η παραπάνω διαδικασία εκτελείται για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας από το λογισμικό το οποίο σχεδιάστηκε στην παρούσα εργασία. Ο υπολογισμός αυτός εκτελείται σε σύντομο χρονικό διάστημα χωρίς αποκλίσεις από τις συμβατικές μεθόδους προσδιορισμού της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης. Σε αυτό το στάδιο της μεθοδολογίας έχουν υπολογιστεί για κάθε χιλιομετρικό σημείο του βήματος υπολογισμού η ταχύτητα βαρέος οχήματος μελέτης. Άρα, συνδυάζοντας τα διαθέσιμα δεδομένα της οδού με την προσδιορισμένη ταχύτητα των βαρέων οχημάτων. Διατίθενται για κάθε χιλιομετρική θέση της εξεταζόμενης οδού ανάλογα το ορισμένο βήμα υπολογισμού η λειτουργική ταχύτητα της οδού και η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης.

Στην οδό ελέγχου υπολογίστηκε η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης βάσει του βήματος σε περίπου 1900 διαφορετικές χιλιομετρικές θέσεις. Οπότε, ο έλεγχος των κριτηρίων απαίτησης προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας δύναται να εκτελεστεί σε περίπου 1900 σημεία. Το οποίο σημαίνει ότι μπορούν να προσδιοριστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι θέσεις στις οποίες απαιτείται η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κίνησης βαρέων οχημάτων.

X.TH.	Vbom	V85
18487.5	61.09	90
18477.5	60.48	90
18467.5	59.87	88
18457.5	59.26	88
18447.5	58.65	88
18437.5	58.04	88
18427.5	57.43	88
18417.5	56.82	80
18407.5	56.21	80
18397.5	55.6	80
18387.5	54.99	80
18377.5	54.38	80
18367.5	53.77	80
18357.5	53.16	80
18347.5	52.55	80
18337.5	51.94	80
18327.5	51.33	80
18317.5	50.72	80
18307.5	50.11	80
18297.5	49.5	80
18287.5	48.89	80
18277.5	48.28	80
18267.5	47.67	80
18257.5	47.06	80

Εικόνα 4-1: Απόσπασμα από τους υπολογισμούς του λογισμικού της παρούσας εργασίας για την ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης και της λειτουργικής ταχύτητας της οδού. Τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν από το λογισμικό και δεν μπορούν να επεξεργαστούν.

Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται οι υπολογισμοί οι οποίοι πραγματοποιήθηκαν σε ένα τμήμα της οδού ελέγχου για τον προσδιορισμό του βαρέος οχήματος μελέτης. Αναλυτικότερα, στην αριστερή στήλη βλέπουμε τις χιλιομετρικές θέσεις στις οποίες πραγματοποιήθηκε ο εκάστοτε υπολογισμός. Παρατηρείται ότι οι χιλιομετρικές θέσεις αυξάνουν σε κάθε βήμα 10μ όσο δηλαδή έχει επιλεγεί το βήμα υπολογισμού για την οδό ελέγχου. Στην μεσαία στήλη παρατηρείται η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης όπως αυτή υπολογίστηκε με την μέθοδο η οποία παρουσιάστηκε παραπάνω. Τα αποτελέσματα έχουν προκύψει από την γεωμετρία της οδού ελέγχου μέσω της μεθόδου η οποία αναλύθηκε. Στην δεξιά στήλη παρατηρείται η λειτουργική ταχύτητα της οδού όπως αυτή έχει υπολογιστεί από το λογισμικό <<ΟΔΟΣ>> για τις χιλιομετρικές θέσεις της οδού ελέγχου οι οποίες παρουσιάζονται στην αριστερή στήλη. Σημειώνεται ότι, τα αποτελέσματα της παραπάνω εικόνας έχουν προκύψει από τα διαγράμματα των κανονισμών ΟΜΟΕ – 5^ο Τεύχος.

Οι παραπάνω υπολογισμοί εκτελέστηκαν από το λογισμικό το οποίο σχεδιάστηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Τα αποτελέσματα αναλυτικά για τους κανονισμούς

ΟΜΟΕ, παρουσιάζονται στο αντίστοιχο σχήμα των αποτελεσμάτων(βλ. Σχήμα 5-2: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών ΟΜΟΕ).

Στις παραπάνω μετρήσεις παρατηρείται μεγάλη διαφορά της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης με την λειτουργική ταχύτητα της οδού. Είναι πιθανό στα σημεία αυτά να απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας.

Έλεγχος απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας

Το επόμενο στάδιο του αλγόριθμου είναι ο προσδιορισμός όλων των τμημάτων τα οποία πληρούν τα βασικά κριτήρια για προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας ανάλογα τους ισχύοντες κανονισμούς. Δηλαδή να εντοπιστούν και να καταχωρηθούν όλες οι χιλιομετρικές θέσεις μεταξύ των οποίων παρατηρείται μεγάλη διαφορά μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων.

Έχοντας πλέον υπολογίσει την ταχύτητα των βαρέων οχημάτων σε όλο το μήκος της οδού και έχοντας από τα δεδομένα την λειτουργική ταχύτητα της οδού στα αντίστοιχα σημεία δύναται να γίνει έλεγχος των κριτηρίων για την προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βάσει των επιλεγμένων κανονισμών. Ο έλεγχος πραγματοποιείται για κάθε μία από τις μετρήσεις του βήματος υπολογισμού ξεχωριστά και προσδιορίζονται οι χιλιομετρικές θέσεις μεταξύ των οποίων απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας.

Τα κριτήρια ελέγχου διαφέρουν ανάλογα την περίπτωση της οδού, τους ισχύοντες κανονισμούς και των επιπλέον ιδιαίτερων κριτηρίων που προκύπτουν στην εκάστοτε μελέτη. Στην παρούσα εργασία όμως εξετάζεται η περίπτωση η οδός να έχει δύο λωρίδες κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα, διότι σε αυτές πληρούνται συχνότερα τα κριτήρια προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας και τα κριτήρια σε αυτές τις οδούς είναι αυστηρότερα σε όλους τους κανονισμούς. Καθώς, σε αυτές τις οδούς τα βαρέα οχήματα μπορεί να προκαλέσουν μείωση του βαθμού εξυπηρέτησης της οδού και μπορεί να αναγκάσουν τους οδηγούς ταχύτερων οχημάτων να προσπεράσουν με μειωμένη ορατότητα σε επικίνδυνα σημεία τα βαρέα οχήματα.

Οι χιλιομετρικές θέσεις στις οποίες προτείνεται από τους εκάστοτε κανονισμούς η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας, εντοπίζονται στις περιοχές στις οποίες μειώνεται η στάθμη εξυπηρέτησης του εξεταζόμενου οδικού τμήματος. Ο εντοπισμός αυτών των τμημάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε στις περιοχές στις οποίες το βαρύ όχημα μελέτης επιβραδύνει σε μεγάλο βαθμό συγκριτικά με τους υπόλοιπους χρήστες της οδού είτε στις περιοχές στις οποίες υπολογίζονται βεβαρημένοι φόρτοι κυκλοφορίας με υψηλά ποσοστά βαρέων οχημάτων είτε με συνδυασμό των δύο περιπτώσεων. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στον προσδιορισμό των περιοχών στις οποίες τα βαρέα οχήματα υπολογίζεται ότι μειώνουν σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα τους. Η επιλογή αυτή έγινε καθώς η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων και η λειτουργική ταχύτητα της οδού μπορούν να υπολογιστούν από την γεωμετρία της οδού. Άρα, μέσω του ελέγχου της γεωμετρίας μίας οδού μπορεί να εντοπιστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι χιλιομετρικές θέσεις στις οποίες απαιτείται επιπρόσθετη λωρίδα βραδυπορίας. Επιπλέον, είναι πιθανότερο εάν σε μία μελέτη εντοπίζονται βεβαρημένοι φόρτοι και υψηλά ποσοστά βαρέων οχημάτων να μην χρησιμοποιηθεί τυπική διατομή στην οδό με δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ενιαίο οδόστρωμα.

Σε αυτό το στάδιο του αλγόριθμου κρίνεται σε κάθε μέτρηση του βήματος υπολογισμού εάν απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων. Ανάλογα τους ισχύοντες κανονισμούς επιλέγονται και τα ανάλογα κριτήρια. Οι κανονισμοί οι οποίοι εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία και τα κριτήρια τους εντοπίζονται στο θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας εργασίας είναι οι ελληνικοί κανονισμοί ΟΜΟΕ, οι αμερικάνικοι κανονισμοί AASHTO και οι κανονισμοί των ΗΑΕ για σχεδιασμό οδοποιίας. Σε περίπτωση επιλογής των αμερικάνικων κανονισμών ή των ΗΑΕ εάν δεν πληρούνται τα κριτήρια κυκλοφοριακού φόρτου στο οδικό τμήμα τότε δεν απαιτείται σε καμία χιλιομετρική θέση προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας, δηλαδή εάν ο φόρτος είναι μικρότερος από 200οχ/ώρα και ο φόρτος των βαρέων οχημάτων είναι μικρότερος από 20οχ/ώρα.

Στις υπόλοιπες περιπτώσεις γίνεται έλεγχος βάσει των ταχυτήτων. Ανάλογα των κανονισμών οι οποίοι χρησιμοποιούνται γίνονται οι παρακάτω έλεγχοι σε κάθε χιλιομετρική θέση στην οποία προέκυψε από το βήμα υπολογισμού και έχει υπολογιστεί η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης και η λειτουργική ταχύτητα της οδού:

- Σε κάθε χιλιομετρική θέση εάν η διαφορά μεταξύ της λειτουργική ταχύτητας και της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης είναι μεγαλύτερη από 20km/h (15km/h στους αμερικάνικους κανονισμούς και στους κανονισμούς των ΗΑΕ), τότε σε περίπτωση που ισχύει κάτι από τα παρακάτω:
 - Η ταχύτητα του βαρέος οχήματος είναι μικρότερη από την επιθυμητή λειτουργική ταχύτητα (70km/h στην οδό ελέγχου)
 - Η ταχύτητα του βαρέος οχήματος είναι μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα(26.04km/h στην οδό ελέγχου)

Τότε, προτείνεται στην συγκεκριμένη θέση να προστεθεί επιπρόσθετη λωρίδα κυκλοφορίας.

Οπότε για κάθε χιλιομετρική θέση του βήματος υπολογισμού βάσει του αλγορίθμου έχουν υπολογιστεί η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης, η λειτουργική ταχύτητα της οδού και βάσει της διαφοράς των δύο αυτών ταχυτήτων έχει προσδιοριστεί και εάν σε αυτή την θέση απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Σημειώνεται ότι, σε κάθε θέση στην οποία παρατηρείται μεγάλη διαφορά της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων μπορεί να μην απαιτείται η χρήση προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας. Περισσότερα, κριτήρια λαμβάνονται υπόψιν για τον τελικό προσδιορισμό των χιλιομετρικών θέσεων μεταξύ των οποίων απαιτείται προσθήκη λωρίδας.

Στο παρόν στάδιο του αλγορίθμου έχουν εντοπιστεί όσα σημεία φαίνεται η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων έχει μειωθεί αρκετά από την λειτουργική ταχύτητα της οδού. Έχουν προκύψει λοιπόν τμήματα του υπό εξέταση οδικού τμήματος στα οποία χρειάζεται να εξεταστεί εάν απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Ο λόγος για τον οποίο ο έλεγχος αυτός δεν είναι τελικός είναι διότι μπορεί ένα τμήμα το οποίο κρίνεται ως προβληματικό να είναι μικρού μήκους και να μην προκαλείται πρόβλημα στην λειτουργία της οδού ούτε μείωση της στάθμης εξυπηρέτησης.

Ο παραπάνω έλεγχος εκτελείται παράλληλα με τον υπολογισμό της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης στο λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε στην παρούσα διπλωματική. Δηλαδή, το λογισμικό σε κάθε χιλιομετρική θέση του ορισμένου από τον χρήστη βήματος

υπολογισμού του οδικού τμήματος ύστερα από τον προσδιορισμό της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης ελέγχει την διαφορά της ταχύτητας αυτής με την λειτουργική ταχύτητα της οδού στο σημείο αυτό και κρίνει εάν η χιλιομετρική θέση αυτή απαιτεί λωρίδα βραδυπορίας.

Τελικός προσδιορισμός επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας

Το επόμενο στάδιο του αλγορίθμου είναι ο τελικός καθορισμός των χιλιομετρικών θέσεων του εξεταζόμενου οδικού τμήματος στις οποίες απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βάσει των κριτηρίων των ισχυόντων κανονισμών. Πιο συγκεκριμένα, έχουν προσδιοριστεί οι χιλιομετρικές θέσεις του εξεταζόμενου οδικού τμήματος στις οποίες το βαρύ όχημα μελέτης επιβραδύνει συγκριτικά με τους υπόλοιπους χρήστες της οδού σε τέτοιο βαθμό ώστε να προτείνεται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Όμως, οι κανονισμοί λαμβάνουν περισσότερα κριτήρια εκτός της διαφοράς των δύο αυτών ταχυτήτων και αυτά τα κριτήρια εξετάζονται στον βήμα αυτό.

Εκτός της διαφοράς της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης και της λειτουργικής ταχύτητας της μελέτης χρειάζεται να ελεγχθεί εάν η παρέμβαση πρόκειται να βελτιώσει το έργο. Αναλυτικότερα, οι κανονισμοί θέτουν τις παραμέτρους ότι η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας πρέπει να εξετάζεται σε περιοχές στις οποίες θα μειωθεί εν τέλει το επίπεδο εξυπηρέτησης του υπό μελέτης οδικού τμήματος. Διαφορετικά, μπορεί να αυξάνουμε το κόστος του έργου χωρίς να είναι αναγκαίο. Επιπλέον, πρέπει να συμπεριληφθούν και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει η προσθήκη μίας επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας στο έργο. Βέβαια, ο περιβαλλοντικός έλεγχος δεν μπορεί να κριθεί με κάποιον γενικό κανόνα, διότι κάθε έργο έχει ξεχωριστές περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Από τους επιλεγμένους κανονισμούς οι ΟΜΟΕ-5^ο τεύχος προτείνουν μία μέθοδο για την επιλογή των τελικών χιλιομετρικών θέσεων μεταξύ των οποίων απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε και για την παρούσα μεθοδολογία καθώς κρίνεται λογική. Η διαδικασία αυτή είναι σημαντική για να αποφευχθεί η αύξηση του κόστους του έργου καθώς επιλέγονται οι περιοχές στις οποίες η μείωση της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων παρατηρείται για μεγάλο μήκος. Αναλυτικότερα, μεταξύ των οδικών τμημάτων στα οποία η διαφορά της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης και της λειτουργικής ταχύτητας της οδού πληροί το κριτήριο για προσθήκη λωρίδας τότε ελέγχεται:

- Εάν τα τμήματα αυτά έχουν μήκος μικρότερο από 500μ, τότε δεν λαμβάνονται υπόψη.
- Εάν δύο τμήματα τα οποία έχουν μήκος το καθένα μεγαλύτερο από 500μ και απέχουν απόσταση μικρότερη από 800μ, τότε ενώνονται σε ένα ενιαίο τμήμα
- Εάν δύο επιμέρους τμήματα τα οποία έχουν αθροιστικό μήκος μεγαλύτερο από 500μ και το καθένα από αυτά ή ένα από αυτά έχει μήκος μικρότερο από 500μ, τότε ενώνονται σε ένα ενιαίο τμήμα.

Το τελικό αποτέλεσμα λοιπόν του αλγορίθμου είναι οι χιλιομετρικές θέσεις μεταξύ των οποίων απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων. Ο έλεγχος όμως αυτός είναι πολυκρητηριακός και το αποτέλεσμα του ορθό. Αφού, οι περιοχές στις οποίες προτείνεται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας μειώνουν την στάθμη εξυπηρέτησης της

οδού, διότι για μία διαδρομή μειώνεται η λειτουργική ταχύτητας της οδού εξαιτίας των βαρέων οχημάτων.

Τελικά αποτελέσματα – αρχεία

Ο αλγόριθμος ο οποίος περιγράφεται στο παρόν κεφάλαιο δύναται να εντοπίσει σε ένα οδικό τμήμα τις περιοχές στις οποίες απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βάσει των επιλεγμένων κανονισμών. Οι κανονισμοί οι οποίοι επιλέχθηκαν για την παρούσα εργασία και μέσω αυτών εκπονήθηκε η υπό έλεγχο μεθοδολογία είναι οι ελληνικοί κανονισμοί ΟΜΟΕ, οι αμερικάνικοι κανονισμοί AASHTO και οι κανονισμοί για την μελέτη οδοποιίας των ΗΑΕ.

Η μεθοδολογία η οποία εκπονήθηκε στην παρούσα εργασία χρειάζεται για κάθε οδικό τμήμα να εκτελεστεί δύο φορές. Αναλυτικότερα, είναι αναγκαίο η εξέταση των κριτηρίων για την προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας να πραγματοποιηθεί στο εξεταζόμενο οδικό τμήμα τόσο με την φορά της χιλιομέτρησης όσο και με την αντίθετη φορά. Η ανάγκη αυτή δημιουργείται καθώς κατά την φορά της χιλιομέτρησης μπορεί να παρουσιάζεται κατωφέρεια στην μηκοτομή στην οποία το βαρύ όχημα μελέτης να προσεγγίζει την λειτουργική ταχύτητα της οδού, οπότε η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας να μην κρίνεται αναγκαία για το ρεύμα αυτό. Αλλά, στο αντίθετο ρεύμα στην μηκοτομή θα παρουσιάζεται μεγάλη ανωφέρεια, στην οποία είναι πιθανό το βαρύ όχημα μελέτης να επιβραδύνει αρκετά χαμηλότερα από την λειτουργική ταχύτητα της οδού για τέτοιο μήκος ώστε να απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας στο τμήμα αυτό.

Επιπλέον στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν τα αποτελέσματα του προσδιορισμού της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης τόσο με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς όσο και με την στιγμιαία κλίση της ερυθράς. Οπότε, η παρούσα μεθοδολογία χρειάστηκε να εκτελεστεί δύο φορές, ώστε να υπολογιστεί η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης και με τις δύο διαφορετικές κλίσεις, ώστε να συγκριθούν οι τυχόν διαφορές τους.

Το τελικό αποτέλεσμα του παραπάνω αλγορίθμου:

- Πίνακας δύο στηλών στον οποίο στην μία στήλη παρουσιάζονται οι χιλιομετρικές θέσεις που πραγματοποιήθηκαν ο υπολογισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης και η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης στην εκάστοτε χιλιομετρική θέση υπολογισμένη με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς. Οι γραμμές του πίνακα είναι ίσες με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην οδό ανάλογα του βήματος υπολογισμού που ορίστηκε.
- Πίνακας δύο στηλών στον οποίο στην μία στήλη παρουσιάζονται οι χιλιομετρικές θέσεις που πραγματοποιήθηκαν ο υπολογισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης και η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης στην εκάστοτε χιλιομετρική θέση υπολογισμένη με την κλίση της ερυθράς. Οι γραμμές του πίνακα είναι ίσες με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην οδό ανάλογα του βήματος υπολογισμού που ορίστηκε.
- Πίνακας με την χιλιομετρική θέση αρχής και την χιλιομετρική θέση τέλους των τελικών τμημάτων στα οποία απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων.

Για να εκτελεστεί λοιπόν η παραπάνω μεθοδολογία σχεδιάστηκε λογισμικό στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Το λογισμικό αυτό δύναται να εκτελέσει τον αλγόριθμο ο οποίος περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο με οποιονδήποτε από τους κανονισμούς οι οποίοι επιλέχθηκαν για την παρούσα διπλωματική. Το λογισμικό εκτελεί τον αλγόριθμο για οποιαδήποτε οδό χρησιμοποιώντας τα απαιτούμενα δεδομένα από αρχεία τα οποία έχουν παραχθεί από το λογισμικό οδοποιίας <<ΟΔΟΣ>>. Ο αλγόριθμος εκτελείται αυτόματα μέσω του λογισμικού τόσο κατά την φορά της χιλιομέτρησης όσο και κατά την αντίθετη φορά. Υπολογίζοντας, ταυτόχρονα την ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης με την στιγμιαία κλίση της ερυθράς και με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς.

Το τελικό αποτέλεσμα του λογισμικού είναι αρχεία μορφής txt. Αναλυτικότερα, παράγεται ένα αρχείο για κάθε τρόπο με τον οποίο υπολογίστηκε η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης (στην φορά της χιλιομέτρησης και αντίστροφα χρησιμοποιώντας και τις δύο κλίσεις). Επίσης ο έλεγχος των κριτηρίων για την προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας εκτελείται για κάθε διαφορετικό τρόπο υπολογισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων, παράγοντας ένα αντίστοιχο αρχείο στο οποίο περιέχονται οι χιλιομετρικές θέσεις στις οποίες πληρούνται τα κριτήρια ανάλογα τους επιλεγμένους κανονισμούς. Τα αρχεία αυτά έχουν την μορφή η οποία εξηγείται παραπάνω.

Το πρόγραμμα εκτελέστηκε με τα δεδομένα τα οποία παρέχονταν από την οδό ελέγχου, ώστε να γίνει έλεγχος της μεθοδολογίας και να κριθεί εάν μέσω αυτής παράγονται ορθά αποτελέσματα. Το πρόγραμμα εκτελέστηκε χρησιμοποιώντας όλους τους κανονισμούς οι οποίοι επιλέχθηκαν στην παρούσα εργασία. Τα αποτελέσματα του λογισμικού δεν αποκλείουν από τα αποτελέσματα της επίσημης μελέτης για την οδό ελέγχου. Αναλυτικότερα, τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο επόμενο κεφάλαιο. Αξίζει να σημειωθεί μία ιδιαιτερότητα της οδού ελέγχου. Η οδός ελέγχου παρουσιάζει σταθερή κατωφέρεια κατά την φορά της χιλιομέτρησης και σταθερή ανωφέρεια στην αντίθετη φορά. Οπότε, το αποτέλεσμα για το ένα ρεύμα κίνησης (το ρεύμα της κατωφέρειας) με χρήση όλων των διαθέσιμων κανονισμών ήταν ότι δεν απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Για αυτόν τον λόγο στο παρακάτω κεφάλαιο αναλύονται μόνο τα αποτελέσματα του ρεύματος της ανωφέρειας της οδού ελέγχου.

Arxh XTH PLK	Telos XTH PLK
18457.5	13577.5
11397.5	4657.52
1247.52	0

Εικόνα 4-2: Μορφή αποτελεσμάτων λογισμικού για τις χιλιομετρικές θέσεις στις οποίες απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων βάσει των κανονισμών ΟΜΟΕ. Τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν από το λογισμικό και δεν μπορούν να επεξεργαστούν.

No need for extra lane
Arxh XTH PLK Telos XTH PLK

Εικόνα 4-3: Μορφή αποτελεσμάτων λογισμικού στην περίπτωση που δεν απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων σε όλο το εξεταζόμενο οδικό τμήμα.

Τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν από το λογισμικό και δεν μπορούν να επεξεργαστούν.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ακολουθώντας την διαδικασία η οποία έχει περιγραφεί στο προηγούμενο κεφάλαιο σχεδιάστηκε λογισμικό ικανό να προσδιορίζει τις περιοχές στις οποίες απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Βάσει της μεθοδολογίας και του λογισμικού προσδιορίστηκαν σε μία οδό ελέγχου οι χιλιομετρικές θέσεις στις οποίες απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας.

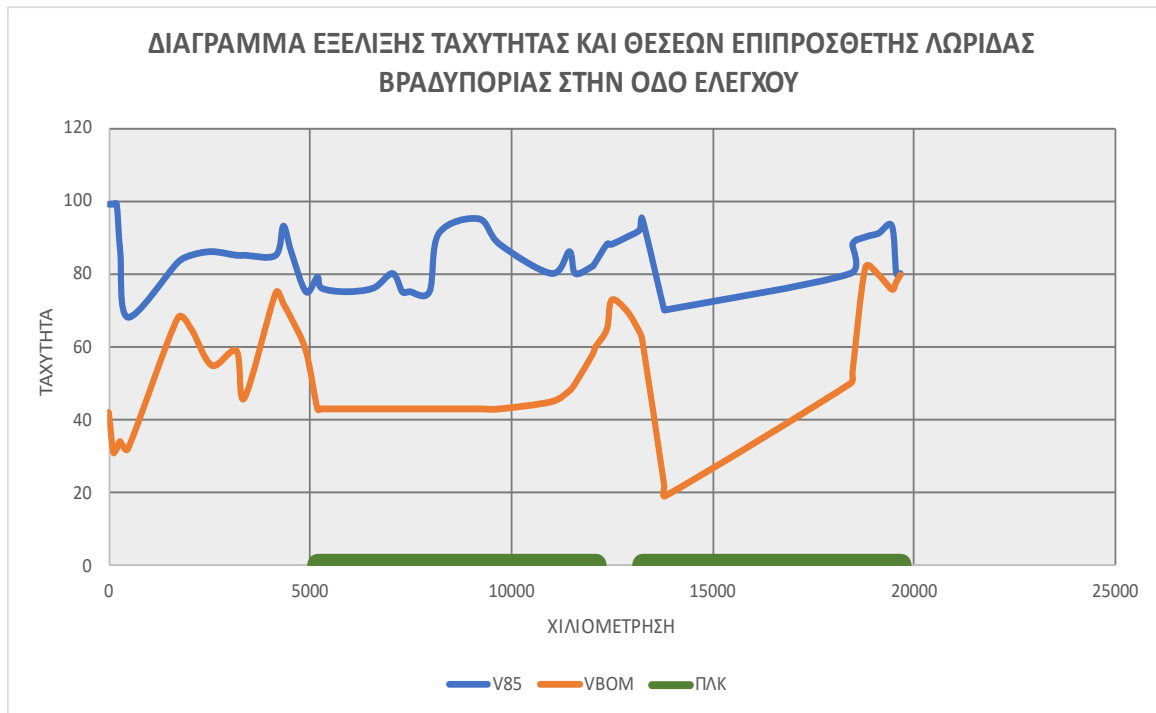
Για να γίνει παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μεθόδου ήταν αναγκαία η άντληση κάποιων δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά χρειαζόταν να πηγάζουν από μία πραγματική οδό στην οποία να έχει εφαρμοστεί έλεγχος των απαιτήσεων για προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων. Επίσης, τα δεδομένα αυτά χρειαζόταν να καλύπτουν το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, δηλαδή να πρόκειται για οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα. Με τα δεδομένα αυτά ελέγχεται ο αλγόριθμος και αξιολογείται ταυτόχρονα η εγκυρότητα των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Για αυτό τον η μεθοδολογία χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί σε μία οδό ελέγχου (case study). Η οδός ελέγχου η οποία χρησιμοποιήθηκε για αυτόν τον σκοπό και τα δεδομένα που αντλήθηκαν από αυτήν έχουν παρουσιαστεί στην συλλογή δεδομένων.

Η οδός αυτή έχει μελετηθεί από την <<ΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ>> σε στάδιο προμελέτης και έχουν προσδιοριστεί οι θέσεις μεταξύ των οποίων απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας από τους ανάδοχους μελετητές. Τα στοιχεία αυτής της οδού χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα εργασία για δοκιμή τόσο της μεθόδου η οποία αναπτύχθηκε όσο και του λογισμικού το οποίο σχεδιάστηκε. Σημειώνεται ότι η οδός έχει χαραχθεί σε ορεινό τμήμα και παρουσιάζει απότομες κλίσεις. Γεγονός που την καθιστά ιδανική για την διερεύνηση των απαιτήσεων προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας για την κίνηση των βαρέων οχημάτων.

Για την οδό ελέγχου βάσει της μεθοδολογίας η οποία αναπτύχθηκε έγινε προσδιορισμός των θέσεων μεταξύ των οποίων απαιτείται λωρίδα βραδυπορίας. Το αποτέλεσμα της μεθόδου είναι οι τιμές της αναμενόμενης ταχύτητας των βαρέων οχημάτων σε όλο το μήκος της οδού υπολογισμένη με τα διαγράμματα των ελληνικών, των αμερικανικών και των κανονισμών των ΗΑΕ. Ο προσδιορισμός της ταχύτητας των βαρέων έγινε τόσο με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς όσο και με την στιγμιαία κλίση της ερυθράς. Έπειτα υπολογίστηκαν οι επιμέρους διαφορές της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων με την λειτουργική ταχύτητα της οδού και τέλος προσδιορίστηκαν οι περιοχές στις οποίες απαιτείται η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βάσει των εκάστοτε κανονισμών.

Αποτελέσματα παραχωρημένης προμελέτης

Για την προμελέτη η οποία παραχωρήθηκε για την παρούσα διπλωματική είχε γίνει διερεύνηση των απαιτήσεων προσθήκης επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων. Η διερεύνηση αυτή εκπονήθηκε βάσει των οδηγιών των κανονισμών ΟΜΟΕ – 5^ο τεύχος.

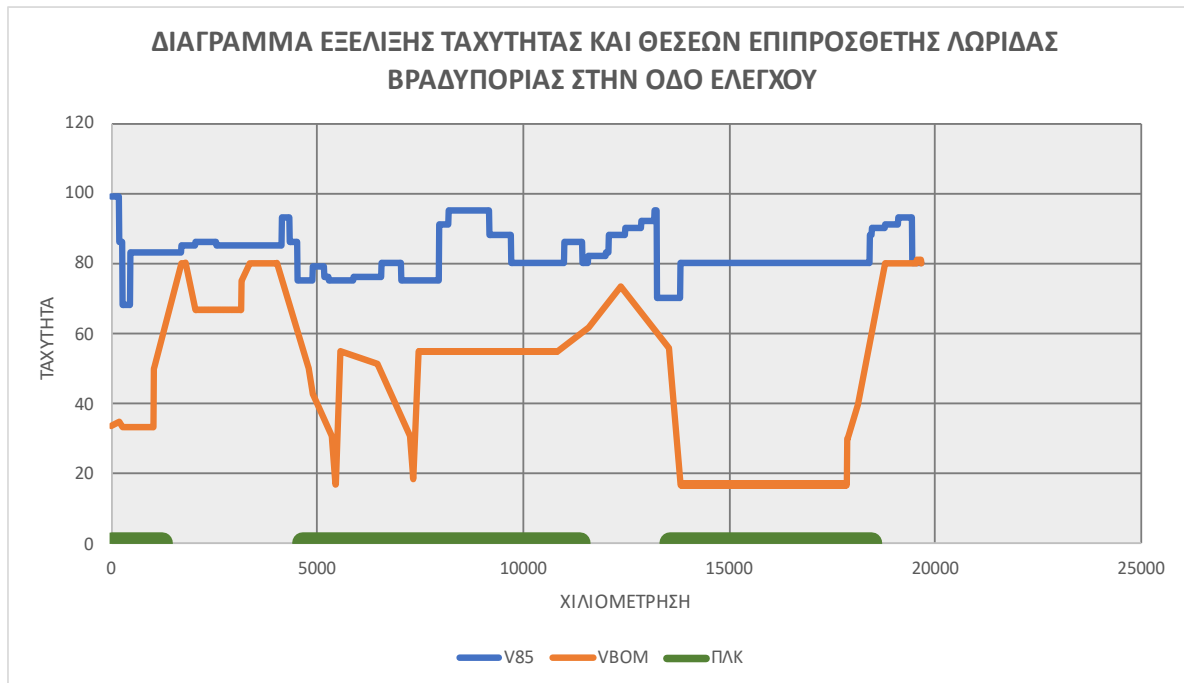


Σχήμα 5-1: Εξέλιξη ταχύτητας βάσει της παραχωρημένης προμελέτης

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε με τα αντίστοιχα χρώματα την εξέλιξη της λειτουργικής ταχύτητας σε όλο το μήκος της οδού, την εξέλιξη της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης σε όλο το μήκος της οδού και τις περιοχές στις οποίες επιλέχθηκε η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας για την εξυπηρέτηση των βαρέων οχημάτων. Για την επιλογή των θέσεων στις οποίες τοποθετείται η επιπρόσθετη λωρίδα κυκλοφορίας σε αυτή την μελέτη, εκτός των κανονισμών έχουν επιλεγθεί και άλλα κριτήρια από τους ανάδοχους μελετητές, τα οποία εξυπηρετούν μόνο αυτή την μελέτη και δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής. Η παράθεση των παραπάνω στοιχείων γίνεται αποκλειστικά για σύγκριση με τα παραγόμενα αποτελέσματα της μεθοδολογίας η οποία επιλέχθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας και επιλύθηκε με την χρήση του λογισμικού το οποίο επίσης σχεδιάστηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Αποτελέσματα μεθοδολογίας με ελληνικούς κανονισμούς

Βάσει των ελληνικών κανονισμών ΟΜΟΕ – 5^ο τεύχος και την μεθοδολογία της παρούσας εργασίας προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα για την οδό ελέγχου. Αναλυτικότερα, έχει υπολογιστεί η ταχύτητα ενός βαρέως οχήματος μελέτης ανά 10μ της οδού ελέγχου και έχει προσδιοριστεί βάσει αυτών των τιμών και των τιμών της λειτουργικής ταχύτητας της οδού στα αντίστοιχα τμήματα οι χιλιομετρικές θέσεις μεταξύ των οποίων απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας.



Σχήμα 5-2: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών ΟΜΟΕ

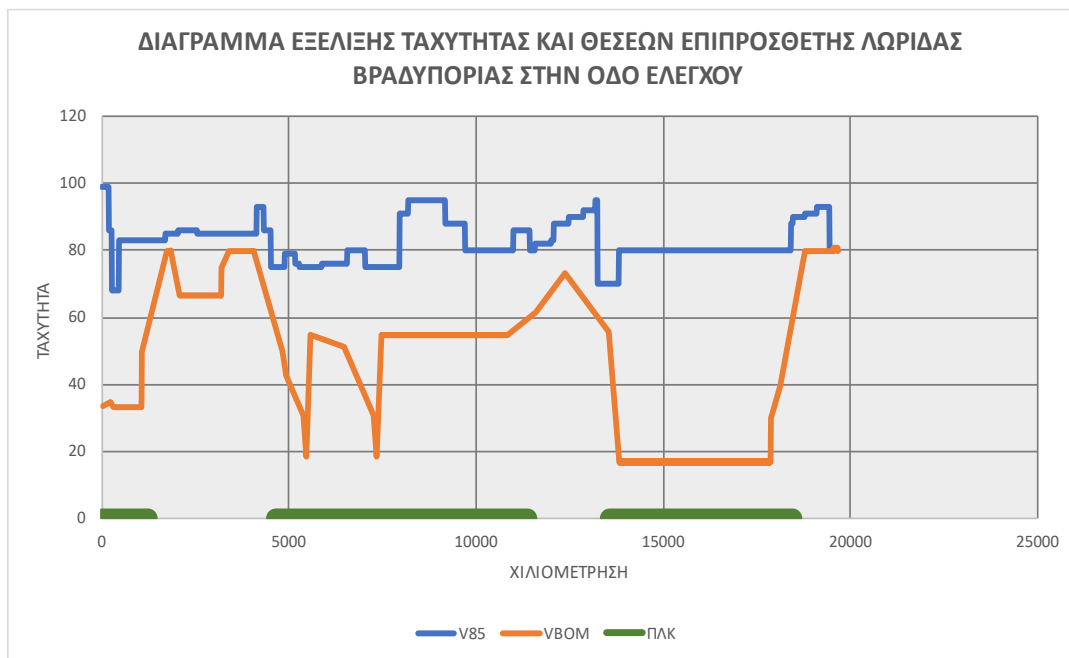
Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε με τα αντίστοιχα χρώματα την εξέλιξη της λειτουργικής ταχύτητας σε όλο το μήκος της οδού, την εξέλιξη της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης σε όλο το μήκος της οδού και τις περιοχές στις οποίες επιλέχθηκε η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας για την εξυπηρέτηση των βαρέων οχημάτων.

Για την εξαγωγή του παραπάνω αποτελέσματος έχουν πραγματοποιηθεί 1960 υπολογισμοί σε όλο το μήκος της οδού. Οι μετρήσεις αυτές είναι ο προσδιορισμός της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης, η διαφορά με την λειτουργική ταχύτητα και ο τελικός προσδιορισμός των χιλιομετρικών θέσεων μεταξύ των οποίων απαιτείται λωρίδα βραδυπορίας βάσει των κανονισμών οι οποίοι επιλέχθηκαν. Με τις συμβατικές μεθόδους θα ήταν μία χρονοβόρα διαδικασία. Για αυτό τον λόγο στην οδό ελέγχου κατά την διαδικασία της μελέτης της αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε 47 φορές. Όμως το αποτέλεσμα του διαγράμματος προκύπτει από το λογισμικό το οποίο σχεδιάστηκε στην παρούσα εργασία βάσει της μεθοδολογίας η οποία αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Η διαφορά η οποία παρατηρείται μεταξύ του διαγράμματος των ταχυτήτων της παρούσας μεθοδολογίας και των συμβατικών μεθόδων προκύπτει από την διαφορά της πυκνότητας των μετρήσεων. Όμως, βάσει της μεθοδολογίας υπολογίζονται παρόμοιες θέσεις για προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Η διαφορά με τις θέσεις που επιλέχθηκαν από την επίσημη μελέτη της οδού ελέγχου προκύπτει από το γεγονός ότι στην μελέτη έχει γίνει έλεγχος περισσότερων κριτηρίων (όπως οικονομικά, δυνατότητα κατασκευής, περιβαλλοντικές επιπτώσεις κτλ).

Σημειώνεται επίσης ότι ο προσδιορισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης εξαρτάται αποκλειστικά από την μηκοτομή. Ενώ η λειτουργική ταχύτητα της οδού προκύπτει από στοιχεία τόσο της μηκοτομής όσο και της οριζοντιογραφίας. Για αυτό παρατηρείται παρόμοια τάση μεταξύ των διαγραμμάτων αυτών των ταχυτήτων (δηλαδή φθίνουν μεταξύ των ίδιων θέσεων ή αυξάνονται μεταξύ των ίδιων θέσεων). Όμως, τα δύο διαγράμματα δεν ομοιάζουν.

Ο υπολογισμός της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων στο παραπάνω διάγραμμα προέκυψε με την χρήση της κλίσης της πολυγωνικής της ερυθράς. Η διαδικασία υπολογισμού επαναλήφθηκε με την χρήση της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς.



Σχήμα 5-3: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών ΟΜΟΕ (χρήση στιγμιαίας κλίσης ερυθράς)

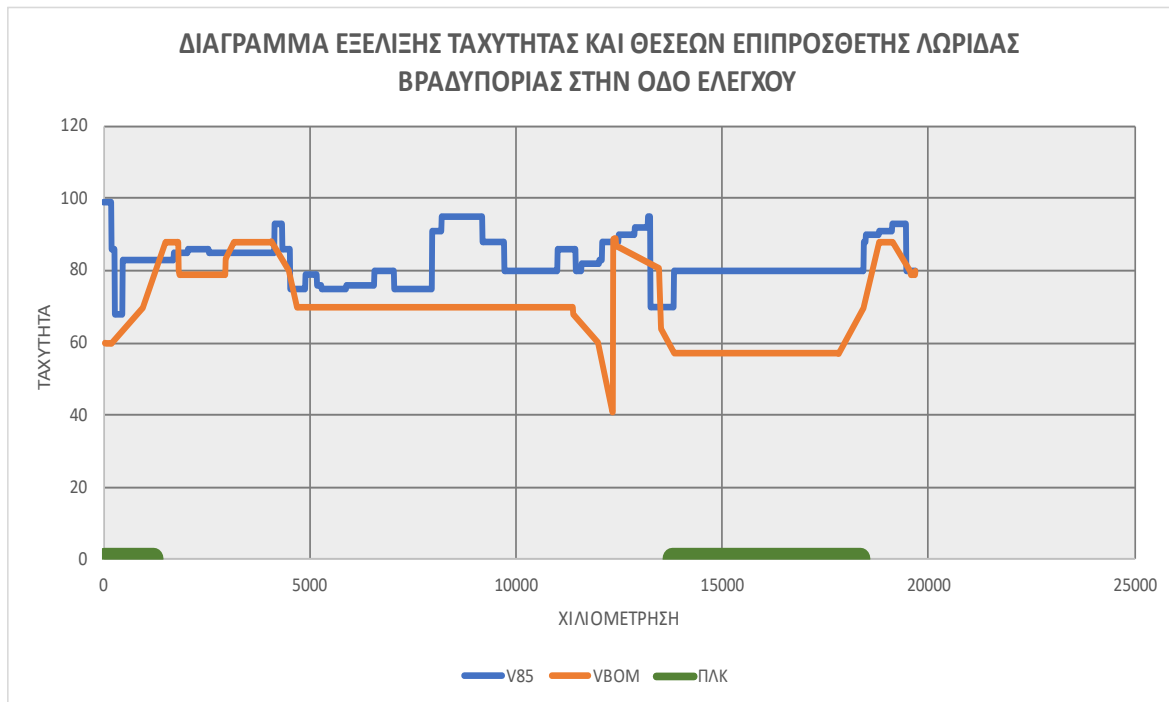
Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε με τα αντίστοιχα χρώματα την εξέλιξη της λειτουργικής ταχύτητας σε όλο το μήκος της οδού, την εξέλιξη της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης σε όλο το μήκος της οδού (με χρήση της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς) και τις περιοχές στις οποίες επιλέχθηκε η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας για την εξυπηρέτηση των βαρέων οχημάτων.

Το αποτέλεσμα των δύο διαφορετικών μεθόδων προσδιορισμού της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης φαίνεται ότι δεν παρουσιάζει διαφορές. Σημειώνεται ότι στην οδό ελέγχου της μεθοδολογίας έχουν χρησιμοποιηθεί οι οριακές τιμές των ακτίνων της μηκοτομής διότι η οδός έχει χαραχθεί σε ορεινό ανάγλυφο. Παρατηρείται για αυτό τον λόγο η χρήση μικρών τιμών στις ακτίνες της ερυθράς της μηκοτομής. Άρα η στιγμιαία κλίση της ερυθράς δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς. Οπότε, ο υπολογισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης με την στιγμιαία κλίση της ερυθράς δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την τιμή της ταχύτητας υπολογισμένης με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς. Αυτό παρατηρείται όμως στην οδό ελέγχου.

Σε διαφορετική περίπτωση, σε μία οδό η οποία θα είχε σχεδιαστεί με μεγάλες ακτίνες στην ερυθρά θα παρατηρούσαμε μεγαλύτερη διαφορά στα αποτελέσματα των δύο διαφορετικών μεθόδων.

Αποτελέσματα μεθοδολογίας με αμερικάνικους κανονισμούς

Βάσει των αμερικάνικων κανονισμών (AASHTO) και την μεθοδολογία της παρούσας εργασίας προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα για την οδό ελέγχου. Αναλυτικότερα, έχει υπολογιστεί η ταχύτητα ενός βαρέος οχήματος μελέτης ανά 10μ της οδού ελέγχου και έχει προσδιοριστεί βάσει αυτών των τιμών και των τιμών της λειτουργικής ταχύτητας της οδού στα αντίστοιχα τμήματα οι χιλιομετρικές θέσεις μεταξύ των οποίων απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας.



Σχήμα 5-4: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών AASHTO

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε με τα αντίστοιχα χρώματα την εξέλιξη της λειτουργικής ταχύτητας σε όλο το μήκος της οδού, την εξέλιξη της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης σε όλο το μήκος της οδού και τις περιοχές στις οποίες επιλέχθηκε η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας για την εξυπηρέτηση των βαρέων οχημάτων.

Για την εξαγωγή του παραπάνω αποτελέσματος έχουν πραγματοποιηθεί 1960 υπολογισμοί σε όλο το μήκος της οδού. Οι μετρήσεις αυτές είναι ο προσδιορισμός της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης, η διαφορά με την λειτουργική ταχύτητα και ο τελικός προσδιορισμός των χιλιομετρικών θέσεων μεταξύ των οποίων απαιτείται λωρίδα βραδυπορίας βάσει των κανονισμών οι οποίοι επιλέχθηκαν. Με τις συμβατικές μεθόδους θα ήταν μία χρονοβόρα διαδικασία. Για αυτό τον λόγο στην οδό ελέγχου κατά την διαδικασία της μελέτης της αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε 47 φορές. Όμως το

αποτέλεσμα του διαγράμματος προκύπτει από το λογισμικό το οποίο σχεδιάστηκε στην παρούσα εργασία βάσει της μεθοδολογίας η οποία αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

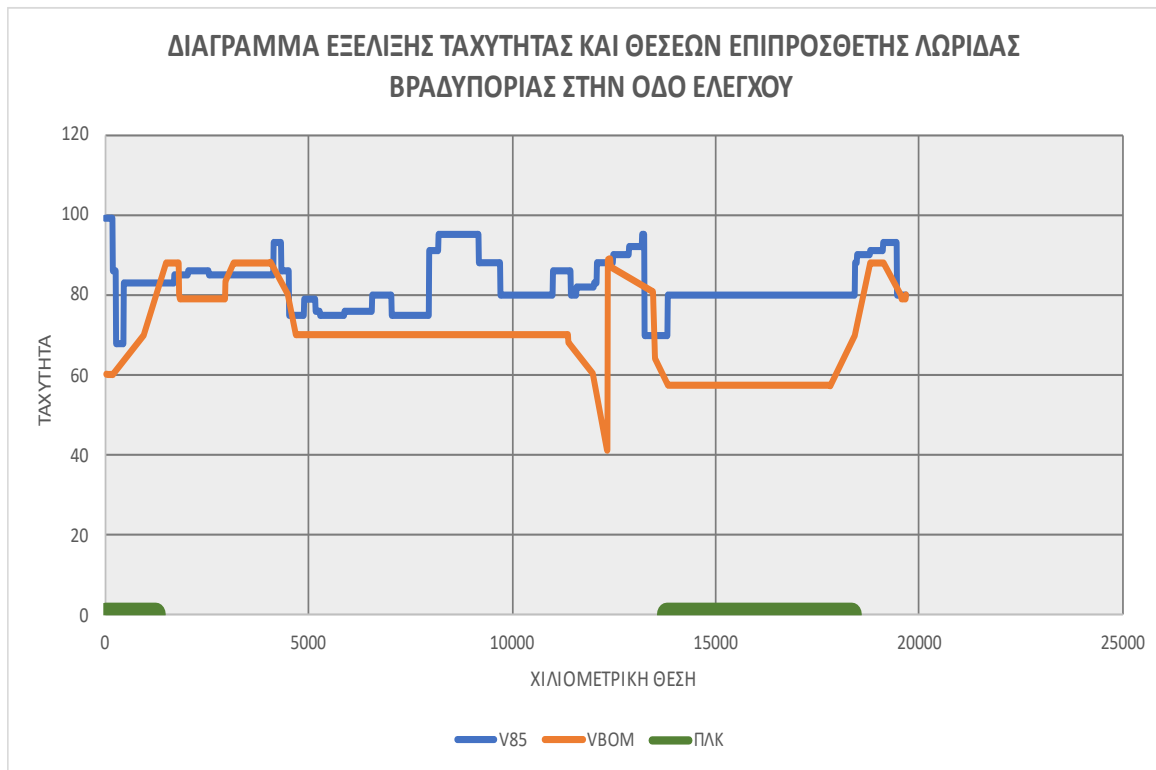
Σημειώνεται ότι ο προσδιορισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης εξαρτάται αποκλειστικά από την μηκοτομή βάσει των διαγραμμάτων υπολογισμού της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης. Ενώ η λειτουργική ταχύτητα της οδού προκύπτει από στοιχεία τόσο της μηκοτομής όσο και της οριζοντιογραφίας βάσει των ελληνικών κανονισμών ΟΜΟΕ-Χ, η λειτουργική ταχύτητα της οδού υπολογίστηκε από λογισμικό οδοποιίας το οποίο χρησιμοποιεί τους ελληνικούς κανονισμούς. Για αυτό παρατηρείται παρόμοια τάση μεταξύ των διαγραμμάτων αυτών των ταχυτήτων (δηλαδή φθίνουν μεταξύ των ίδιων θέσεων ή αυξάνονται μεταξύ των ίδιων θέσεων). Όμως, τα δύο διαγράμματα δεν ομοιάζουν.

Η διαφορά η οποία παρατηρείται μεταξύ του διαγράμματος των ταχυτήτων της παρούσας μεθοδολογίας και των συμβατικών μεθόδων προκύπτει από την διαφορά της πυκνότητας των μετρήσεων και του μοντέλου υπολογισμού των συμβατικών μετρήσεων. Οι μετρήσεις με συμβατικές μεθόδους έχουν εκπονηθεί με την χρήση του διαγράμματος ταχύτητας βαρέων οχημάτων των ΟΜΟΕ – 5^ο τεύχος. Όμως, βάσει της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας υπολογίζονται διαφορετικές θέσεις για προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Η διαφορά με τις θέσεις που επιλέχθηκαν από την επίσημη μελέτη της οδού ελέγχου προκύπτει από το γεγονός ότι στην μελέτη έχει γίνει έλεγχος περισσότερων κριτηρίων (όπως οικονομικά, δυνατότητα κατασκευής, περιβαλλοντικές επιπτώσεις κτλ). Επίσης η διαφορά επηρεάζεται από το γεγονός ότι έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά μοντέλα προσδιορισμού ταχύτητας του βαρέος οχήματος. Με χρήση των διαγραμμάτων της ταχύτητας του βαρέος οχήματος των αμερικάνικων κανονισμών προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας για το βαρύ όχημα μελέτης σε σχέση με την χρήση διαγραμμάτων των ελληνικών κανονισμών. Γεγονός που παρατηρείται εξαιτίας της χρονολογικής διαφοράς εκπόνησης των δύο διαγραμμάτων.

Αναλυτικότερα, παρατηρείται ότι το βαρύ όχημα μελέτης με την χρήση των διαγραμμάτων υπολογισμού των αμερικάνικων κανονισμών κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα σε όλο το μήκος της οδού σε σχέση με την ταχύτητα η οποία υπολογίζεται από τα διαγράμματα των ελληνικών κανονισμών. Η διαφορά η οποία προκύπτει είναι λογική, καθώς τα αμερικάνικα διαγράμματα περιγραφής της εξέλιξης της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος έχουν υπολογιστεί το 2016 και προκύπτουν από οχήματα νεότερης τεχνολογίας. Συγκριτικά τα διαγράμματα υπολογισμού της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης βάσει των ελληνικών κανονισμών έχουν προκύψει από παλαιότερα τεύχη των οδηγιών RAL, τα οποία έχουν υπολογιστεί με οχήματα παλαιότερης τεχνολογίας (πριν της δεκαετίας του 90). Οπότε είναι λογικό να υπολογίζονται υψηλότερες τιμές της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων βάσει των διαγραμμάτων των αμερικάνικων κανονισμών.

Καθώς υπολογίζονται υψηλότερες τιμές για την ταχύτητα των βαρέων οχημάτων βάσει των διαγραμμάτων των αμερικάνικων κανονισμών, προσδιορίζονται ότι απαιτούνται λιγότερες επιπρόσθετες λωρίδες βραδυπορίας. Καθώς η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης λαμβάνει υψηλότερες τιμές, η διαφορά της ταχύτητας του με την λειτουργική ταχύτητα της οδού μειώνεται, με αποτέλεσμα η στάθμη εξυπηρέτησης της οδού να μην μειώνεται. Άρα, η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας να θεωρείται περιττή.

Ο υπολογισμός της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων στο παραπάνω διάγραμμα προέκυψε με την χρήση της κλίσης της πολυγωνικής της ερυθράς. Η διαδικασία υπολογισμού επαναλήφθηκε με την χρήση της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς.



Σχήμα 5-5: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών AASHTO (χρήση κλίσης ερυθράς)

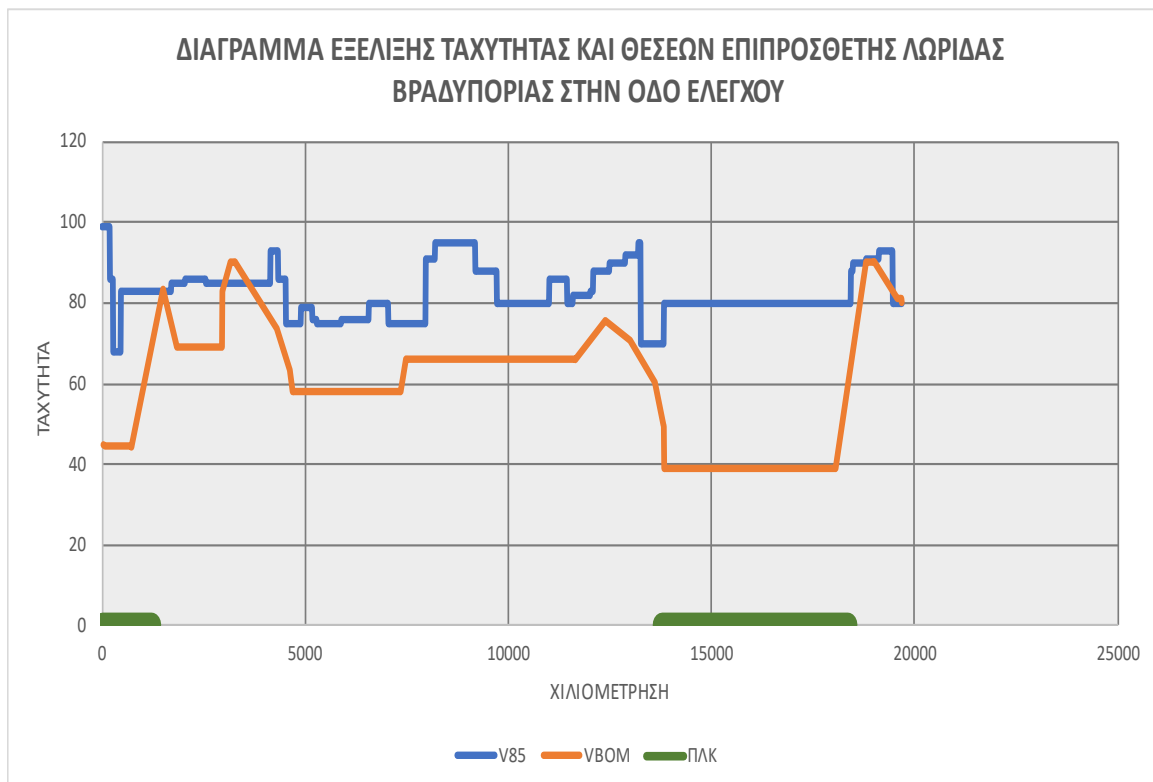
Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε με τα αντίστοιχα χρώματα την εξέλιξη της λειτουργικής ταχύτητας σε όλο το μήκος της οδού, την εξέλιξη της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης σε όλο το μήκος της οδού (με χρήση της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς) και τις περιοχές στις οποίες επιλέχθηκε η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας για την εξυπηρέτηση των βαρέων οχημάτων.

Το αποτέλεσμα των δύο διαφορετικών μεθόδων προσδιορισμού της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης φαίνεται ότι δεν παρουσιάζει διαφορές. Σημειώνεται ότι στην οδό ελέγχου της μεθοδολογίας έχουν χρησιμοποιηθεί οι οριακές τιμές των ακτίνων της μηκοτομής διότι η οδός έχει χαραχθεί σε ορεινό ανάγλυφο. Παρατηρείται για αυτό τον λόγο η χρήση μικρών τιμών στις ακτίνες της ερυθράς της μηκοτομής. Άρα η στιγμιαία κλίση της ερυθράς δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς. Οπότε, ο υπολογισμός της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης με την στιγμιαία κλίση της ερυθράς δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την τιμή της ταχύτητας υπολογισμένης με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς. Αυτό παρατηρείται όμως στην οδό ελέγχου. Σε διαφορετική περίπτωση, σε μία οδό η οποία θα είχε σχεδιαστεί με μεγάλες ακτίνες στην

ερυθρά θα παρατηρούσαμε μεγαλύτερη διαφορά στα αποτελέσματα των δύο διαφορετικών μεθόδων.

Αποτελέσματα μεθοδολογίας με κανονισμούς Άμπου Ντάμπι

Βάσει των κανονισμών των ΗΑΕ και την μεθοδολογία της παρούσας εργασίας προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα για την οδό ελέγχου. Αναλυτικότερα, έχει υπολογιστεί η ταχύτητα ενός βαρέος οχήματος μελέτης ανά 10μ της οδού ελέγχου και έχει προσδιοριστεί βάσει αυτών των τιμών και των τιμών της λειτουργικής ταχύτητας της οδού στα αντίστοιχα τμήματα οι χιλιομετρικές θέσεις μεταξύ των οποίων απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας.



Σχήμα 5-6: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών των ΗΑΕ

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε με τα αντίστοιχα χρώματα την εξέλιξη της λειτουργικής ταχύτητας σε όλο το μήκος της οδού, την εξέλιξη της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης σε όλο το μήκος της οδού και τις περιοχές στις οποίες επιλέχθηκε η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας για την εξυπηρέτηση των βαρέων οχημάτων.

Για την εξαγωγή του παραπάνω αποτελέσματος έχουν πραγματοποιηθεί 1960 υπολογισμοί σε όλο το μήκος της οδού. Οι μετρήσεις αυτές είναι ο προσδιορισμός της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης, η διαφορά με την λειτουργική ταχύτητα και ο τελικός προσδιορισμός των χιλιομετρικών θέσεων μεταξύ των οποίων απαιτείται λωρίδα βραδυπορίας βάσει των κανονισμών οι οποίοι επιλέχθηκαν. Με τις συμβατικές μεθόδους θα ήταν μία χρονοβόρα διαδικασία. Για αυτό τον λόγο στην οδό ελέγχου κατά την

διαδικασία της μελέτης της αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε 47 φορές. Όμως το αποτέλεσμα του διαγράμματος προκύπτει από το λογισμικό το οποίο σχεδιάστηκε στην παρούσα εργασία βάσει της μεθοδολογίας η οποία αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Σημειώνεται ότι ο προσδιορισμός της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης εξαρτάται αποκλειστικά από την μηκοτομή βάσει των διαγραμμάτων υπολογισμού της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης. Ενώ η λειτουργική ταχύτητα της οδού προκύπτει από στοιχεία τόσο της μηκοτομής όσο και της οριζοντιογραφίας βάσει των ελληνικών κανονισμών ΟΜΟΕ-Χ, η λειτουργική ταχύτητα της οδού υπολογίστηκε από λογισμικό οδοποιίας το οποίο χρησιμοποιεί τους ελληνικούς κανονισμούς. Για αυτό παρατηρείται παρόμοια τάση μεταξύ των διαγραμμάτων αυτών των ταχυτήτων (δηλαδή φθίνουν μεταξύ των ίδιων θέσεων ή αυξάνονται μεταξύ των ίδιων θέσεων). Όμως, τα δύο διαγράμματα δεν ομοιάζουν.

Η διαφορά η οποία παρατηρείται μεταξύ του διαγράμματος των ταχυτήτων της παρούσας μεθοδολογίας και των συμβατικών μεθόδων προκύπτει από την διαφορά της πυκνότητας των μετρήσεων και του μοντέλου υπολογισμού των συμβατικών μετρήσεων. Οι μετρήσεις με συμβατικές μεθόδους έχουν εκπονηθεί με την χρήση του διαγράμματος ταχύτητας βαρέων οχημάτων των ΟΜΟΕ – 5^ο τεύχος. Όμως, βάσει της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας υπολογίζονται διαφορετικές θέσεις για προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Η διαφορά με τις θέσεις που επιλέχθηκαν από την επίσημη μελέτη της οδού ελέγχου προκύπτει από το γεγονός ότι στην μελέτη έχει γίνει έλεγχος περισσότερων κριτηρίων (όπως οικονομικά, δυνατότητα κατασκευής, περιβαλλοντικές επιπτώσεις κτλ). Επίσης η διαφορά επηρεάζεται από το γεγονός ότι έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά μοντέλα προσδιορισμού ταχύτητας του βαρέος οχήματος. Με χρήση των διαγραμμάτων της ταχύτητας του βαρέος οχήματος των κανονισμών των ΗΑΕ προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας για το βαρύ όχημα μελέτης σε σχέση με την χρήση διαγραμμάτων των ελληνικών κανονισμών. Γεγονός που παρατηρείται εξαιτίας της χρονολογικής διαφοράς εκπόνησης των δύο διαγραμμάτων.

Αναλυτικότερα, παρατηρείται ότι το βαρύ όχημα μελέτης με την χρήση των διαγραμμάτων υπολογισμού των κανονισμών των ΗΑΕ κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα σε όλο το μήκος της οδού σε σχέση με την ταχύτητα η οποία υπολογίζεται από τα διαγράμματα των ελληνικών κανονισμών. Η διαφορά η οποία προκύπτει είναι λογική, καθώς τα διαγράμματα περιγραφής της εξέλιξης της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος των κανονισμών των ΗΑΕ έχουν υπολογιστεί το 2018 και προκύπτουν από οχήματα νεότερης τεχνολογίας. Συγκριτικά τα διαγράμματα υπολογισμού της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης βάσει των ελληνικών κανονισμών έχουν προκύψει από παλαιότερα τεύχη των οδηγιών RAL, τα οποία έχουν υπολογιστεί με οχήματα παλαιότερης τεχνολογίας (πριν της δεκαετίας του 90). Οπότε είναι λογικό να υπολογίζονται υψηλότερες τιμές της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων βάσει των διαγραμμάτων των κανονισμών των ΗΑΕ.

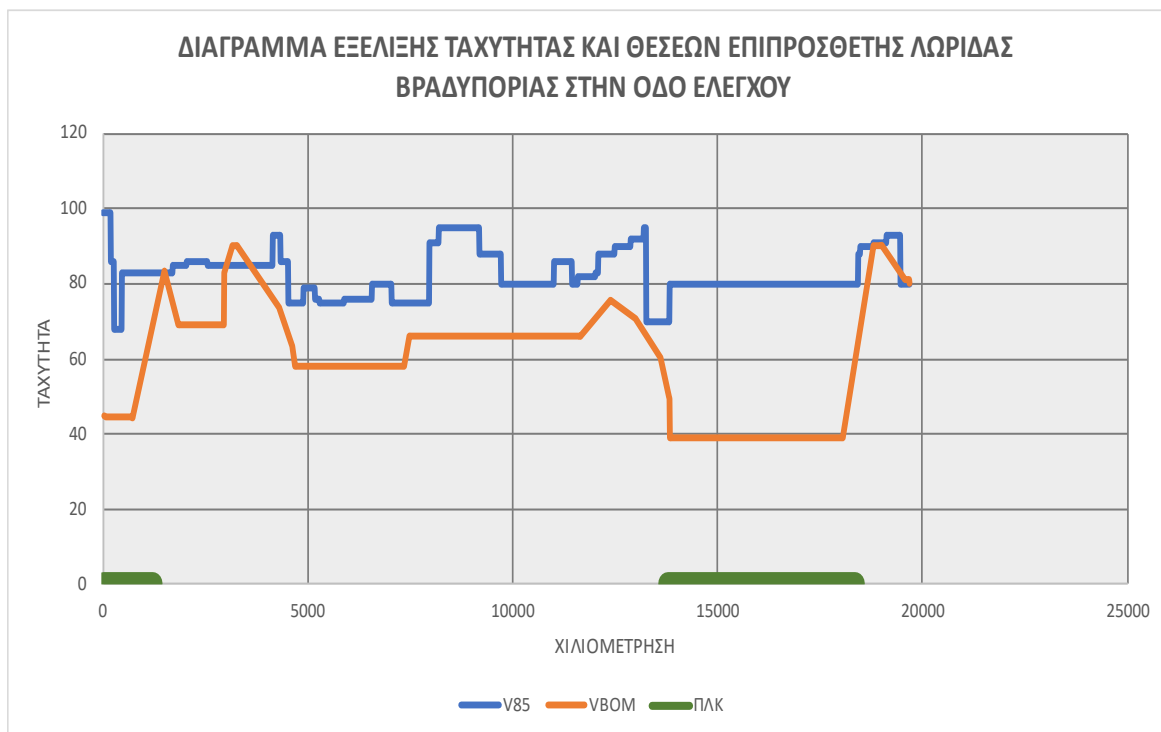
Καθώς υπολογίζονται υψηλότερες τιμές για την ταχύτητα των βαρέων οχημάτων βάσει των διαγραμμάτων των κανονισμών των ΗΑΕ, προσδιορίζονται ότι απαιτούνται λιγότερες επιπρόσθετες λωρίδες βραδυπορίας. Καθώς η ταχύτητα του βαρέος οχήματος μελέτης λαμβάνει υψηλότερες τιμές, η διαφορά της ταχύτητας του με την λειτουργική ταχύτητα της

οδού μειώνεται, με αποτέλεσμα η στάθμη εξυπηρέτησης της οδού να μην μειώνεται. Άρα, η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας να θεωρείται περιττή.

Επίσης, παρατηρείται διαφορά μεταξύ της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης υπολογισμένο από τα διαγράμματα των αμερικάνικων κανονισμών και των κανονισμών των ΗΑΕ. Οι τιμές της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης κατά μήκος της οδού ελέγχου υπολογίζονται παρόμοιες και στις δύο περιπτώσεις, φαίνεται όμως ότι με την χρήση των κανονισμών των ΗΑΕ η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων μεταβάλλεται ομαλότερα. Αυτό παρατηρείται εξαιτίας της διαφοράς της κλίμακας των διαγραμμάτων μεταξύ των δύο κανονισμών. Τα διαγράμματα των αμερικάνικων κανονισμών χρησιμοποιούν μεγάλη κλίμακα και δεν ξεχωρίζουν οι διαφορές της ταχύτητας σε μικρότερες αποστάσεις. Αντίθετα, τα διαγράμματα ταχύτητας βαρέων οχημάτων των κανονισμών των ΗΑΕ χρησιμοποιούν μικρή κλίμακα και προσδιορίζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια οι μεταβολές της ταχύτητας μεταξύ μικρότερων οδικών τμημάτων.

Παρά την διαφορά μεταξύ της ταχύτητας του βαρέος οχήματος μελέτης υπολογισμένο από τα διαγράμματα των αμερικάνικων κανονισμών και των κανονισμών των ΗΑΕ δεν παρατηρείται διαφορά στις προσδιορισμένες θέσεις στις οποίες απαιτείται πρόσθετη λωρίδα βραδυπορίας.

Ο υπολογισμός της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων στο παραπάνω διάγραμμα προέκυψε με την χρήση της κλίσης της πολυγωνικής της ερυθράς. Η διαδικασία υπολογισμού επαναλήφθηκε με την χρήση της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς.



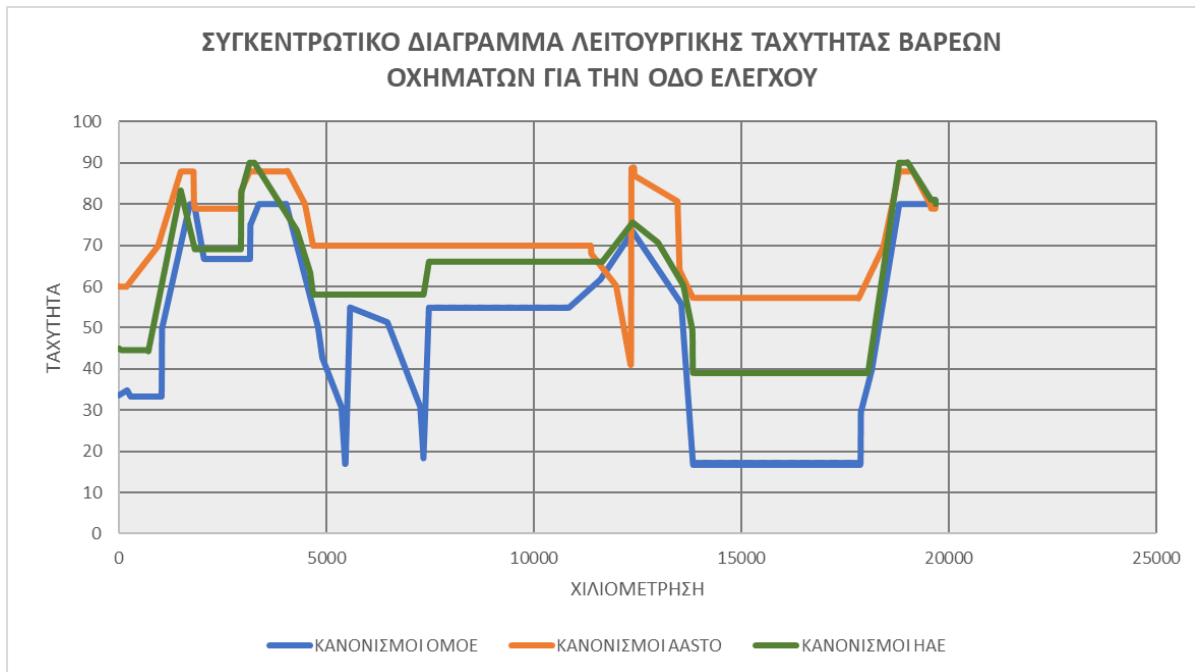
Σχήμα 5-7: Εξέλιξη ταχύτητας οδού ελέγχου με χρήση των κανονισμών Ττ ΑΒU DHABI (χρήση κλίσης ερυθράς)

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε με τα αντίστοιχα χρώματα την εξέλιξη της λειτουργικής ταχύτητας σε όλο το μήκος της οδού, την εξέλιξη της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης σε όλο το μήκος της οδού (με χρήση της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς) και τις περιοχές στις οποίες επιλέχθηκε η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας κυκλοφορίας για την εξυπηρέτηση των βαρέων οχημάτων.

Το αποτέλεσμα των δύο διαφορετικών μεθόδων προσδιορισμού της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης φαίνεται ότι δεν παρουσιάζει διαφορές. Σημειώνεται ότι στην οδό ελέγχου της μεθοδολογίας έχουν χρησιμοποιηθεί οι οριακές τιμές των ακτίνων της μηκοτομής διότι η οδός έχει χαραχθεί σε ορεινό ανάγλυφο. Παρατηρείται για αυτό τον λόγο η χρήση μικρών τιμών στις ακτίνες της ερυθράς της μηκοτομής. Άρα η στιγμιαία κλίση της ερυθράς δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς. Οπότε, ο υπολογισμός της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης με την στιγμιαία κλίση της ερυθράς δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την τιμή της ταχύτητας υπολογισμένης με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς. Αυτό παρατηρείται όμως στην οδό ελέγχου. Σε διαφορετική περίπτωση, σε μία οδό η οποία θα είχε σχεδιαστεί με μεγάλες ακτίνες στην ερυθρά θα παρατηρούσαμε μεγαλύτερη διαφορά στα αποτελέσματα των δύο διαφορετικών μεθόδων.

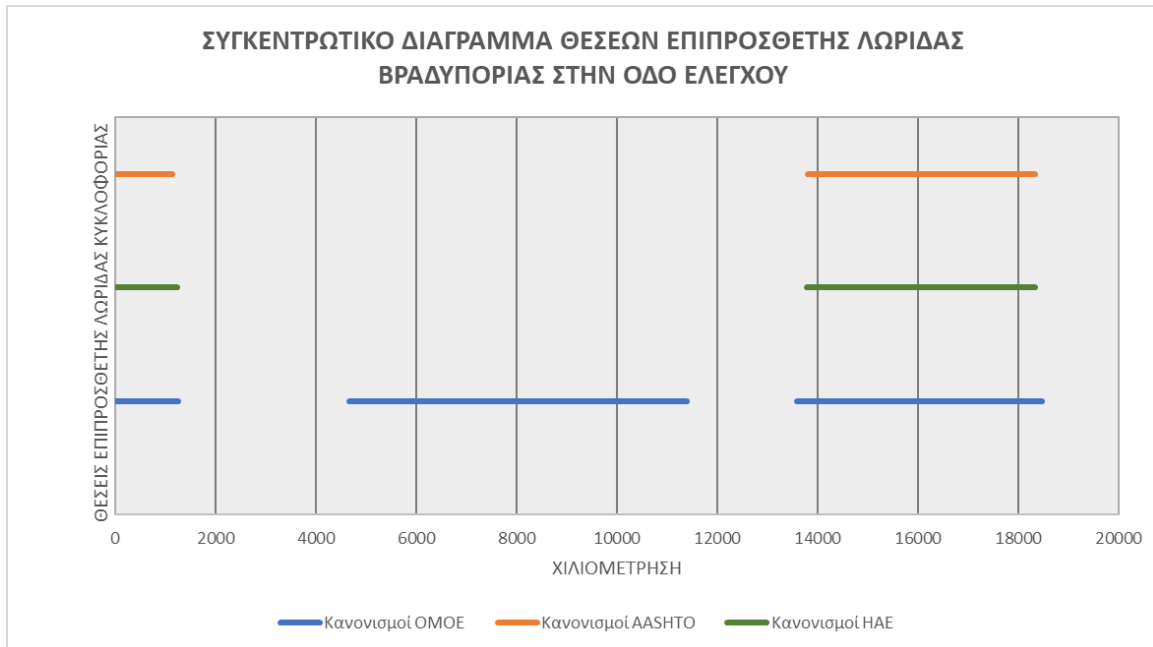
Συγκεντρωτικά διαγράμματα

Μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων προσδιορισμού της ταχύτητας του βαρέως οχήματος μελέτης παρατηρούνται και διαφορετικά αποτελέσματα. Οι κανονισμοί, όμως και κατ' επέκταση των διαγράμματα τους περιγράφουν την κατάσταση η οποία πραγματοποιείται σε διαφορετικές χώρες, τριών διαφορετικών ηπείρων. Είναι λογικό, να κινούνται διαφορετικοί τύποι οχημάτων, διαφορετικών τεχνολογιών, όπως επίσης και η συμπεριφορά των οδηγών να παρουσιάζει διαφορές στην εκάστοτε χώρα. Παρόλα αυτά είναι προτιμότερο για λόγους ακρίβειας να προσδιορίζεται η ταχύτητα των βαρέων οχημάτων με την χρήση της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς. Συγκεντρωτικά οι ταχύτητες των βαρέων οχημάτων βάση της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς:



Σχήμα 5-8: Συγκεντρωτικός πίνακας λειτουργικής ταχύτητας βαρέων οχημάτων όπως αυτές προσδιορίστηκαν από το λογισμικό της παρούσας εργασίας

Παρατηρούνται στο παραπάνω διάγραμμα οι λειτουργικές ταχύτητες των βαρέων οχημάτων προσδιορισμένες από τους αντίστοιχους κανονισμούς. Οι λόγοι για τους οποίους παρατηρούνται οι διαφορές έχουν αναφερθεί παραπάνω. Παρόλα αυτά, παρατηρείται ότι οι ελληνικοί κανονισμοί υπολογίζουν χαμηλότερες ταχύτητες και για αυτό ίσως απαιτείται ο εκσυγχρονισμός των αντίστοιχων διαγραμμάτων. Βάση των εκάστοτε κανονισμών συγκεντρωτικά τα οδικά τμήματα στα οποία απαιτείται προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας:



Σχήμα 5-9: Συγκεντρωτικό διάγραμμα προτεινόμενων θέσεων λωρίδας βραδυπορίας βάση των εκάστοτε κανονισμών

Παρατηρούνται στο παραπάνω διάγραμμα τα οδικά τμήματα στα οποία απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βάση των αντίστοιχων κανονισμών. Βάση των κανονισμών ΗΑΕ και των κανονισμών ΑΑΣΗΤΟ προκύπτουν παρόμοια οδικά τμήματα στα οποία απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Βάση των ΟΜΟΕ όμως προκύπτει απαιτείται σε ένα επιπλέον οδικό τμήμα η προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας. Κάτι τέτοιο, όμως θα ανέβαζε το κόστος του έργου συγκριτικά με την περίπτωση όπου ίσχυαν άλλοι κανονισμοί. Η διαφορά αυτή έχει προκύψει εξαιτίας των χαμηλότερων ταχυτήτων οι οποίες προκύπτουν από το διάγραμμα προσδιορισμού της λειτουργικής ταχύτητας των βαρέων οχημάτων. Είναι σημαντικό, λοιπόν τα διαγράμματα προσδιορισμού των λειτουργικών ταχυτήτων να ανανεώνονται και να περιγράφουν την σύγχρονη κατάσταση ώστε ο σχεδιασμός των οδικών τμημάτων να πληροί τις απαιτήσεις των χρηστών της εκάστοτε οδού και να αποφεύγονται περιττοί σχεδιασμοί.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την χρήση της μεθοδολογίας της παρούσας διπλωματικής προκύπτουν διαφορές τόσο μεταξύ των κανονισμών όσο και των δύο διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού της ταχύτητας βαρέων οχημάτων. Αναλυτικότερα, τα διαφορετικά μοντέλα υπολογισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων ανάλογα τους κανονισμούς εξήγαγαν διαφορετικά αποτελέσματα. Επίσης, η διαφορά στον υπολογισμό της ταχύτητας με την χρήση της στιγμιαίας κλίσης της ερυθράς και της κλίσης της πολυγωνικής της ερυθράς εξήγαγε διαφορετικά αποτελέσματα όμως με μικρές διαφορές, οι οποίες δεν είναι εμφανείς στα αντίστοιχα σχήματα αλλά στα παραρτήματα όπου επισυνάπτονται τα αποτελέσματα αναλυτικά.

Η διαφορά μεταξύ των κανονισμών η οποία προέκυψε ήταν λογική δεδομένης της διαφοράς των χρονολογιών κατά τις οποίες συντάχθηκαν και των διαφορετικών παραμέτρων τις οποίες ορίζουν οι εκάστοτε κανονισμοί. Οι αμερικάνικοι κανονισμοί και οι κανονισμοί των ΗΑΕ έχουν χρησιμοποιήσει πιο πρόσφατες μετρήσεις για τον προσδιορισμό των διαγραμμάτων τους και περιγράφουν ακριβέστερα τις σύγχρονες συνθήκες. Ο προσδιορισμός των θέσεων στις οποίες προτείνεται η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων βάσει των προαναφερθέντων κανονισμών προκύπτει κοινός, διότι οι κανονισμοί αυτοί χρησιμοποιούν παρόμοια κριτήρια για την επιλογή αυτών των θέσεων. Όπως επίσης, τα μοντέλα προσδιορισμού της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων είναι παρόμοια και στους δύο κανονισμούς. Η χρήση των ελληνικών κανονισμών εξήγαγε διαφορετικό αποτέλεσμα από τους υπόλοιπους κανονισμούς. Οι χιλιομετρικές θέσεις στις οποίες προτείνεται η προσθήκη επιπρόσθετης λωρίδας βραδυπορίας έχουν μικρή διαφορά με αυτές των υπολοίπων κανονισμών και με τις επιλεγμένες από την προμελέτη αντίστοιχες θέσεις. Η διαφορά η οποία προκύπτει με χρήση των ελληνικών κανονισμών δεν υποδεικνύει ότι οι κανονισμοί είναι εσφαλμένοι. Είναι λογικό μεταξύ διαφορετικών χωρών να κινούνται οχήματα με διαφορετικές δυνατότητες, σε διαφορετικές συνθήκες και να εμφανίζονται με διαφορετική συχνότητα.

Μεταξύ των υπολογισμών με χρήση διαφορετικής κλίσης (κλίσης ερυθράς ή κλίση πολυγωνικής ερυθράς) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές. Ο έλεγχος αυτός επιλέχθηκε να γίνει, διότι εάν η σημαία της ερυθράς μίας οδού έχει σχεδιαστεί με μεγάλη τιμή στην ακτίνα (H). Τότε, είναι πιθανό η κλίση στις χιλιομετρικές θέσεις του καμπύλου τμήματος της γεωμετρίας της ερυθράς να είναι ηπιότερη και να υπολογιστούν διαφορετικές τιμές για την ταχύτητα ενός βαρέος οχήματος με μεγάλη απόκλιση από ότι εάν υπολογιστούν με την κλίση της πολυγωνικής της ερυθράς. Εκπονεύεται λοιπόν ένας προσδιορισμός της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων ο οποίος προσεγγίζει περισσότερο τις πραγματικές συνθήκες.

Στην παρούσα εργασία παράχθηκε αλγόριθμος για την διερεύνηση των απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων βάσει των κανονισμών ΟΜΟΕ, των κανονισμών ΑΑSHTO και των κανονισμών για μελέτη οδοποιίας των ΗΑΕ. Ο αλγόριθμος αυτός συγκριτικά με παρόμοια επίσημη μελέτη υπολόγισε παρόμοια αποτελέσματα και για αυτόν τον λόγο θεωρείται ότι ο αλγόριθμος αυτός είναι ορθός και τα αποτελέσματα του λογικά.

Επιπλέον, όμως βάσει του αλγόριθμου της παρούσας διπλωματικής σχεδιάστηκε λογισμικό σε γλώσσα C++ το οποίο τον εκτελεί. Το λογισμικό αυτό είναι συμβατό με το λογισμικό γεωμετρικού σχεδιασμού οδοποιίας το <<ΟΔΟΣ>>, το οποίο είναι ευρέως διαδομένο στην ελληνική αγορά. Το λογισμικό της παρούσας εργασίας συνέβαλε στον ταχύ υπολογισμό του αλγορίθμου ο οποίος περιγράφεται στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας και στην εξαγωγή ορθών και λογικών αποτελεσμάτων.

Προτείνεται μελλοντικά η εξέλιξη των μεθόδων προσδιορισμού της λειτουργικής ταχύτητας των βαρέων οχημάτων. Είναι ευρέως γνωστό ότι η τεχνολογία εξελίσσεται, οπότε και η τεχνολογία των βαρέων οχημάτων θα βελτιωθεί. Διαρκώς νέα μοντέλα κυκλοφορούν στην αγορά τόσο των αυτοκινήτων όσο και των βαρέων οχημάτων τα οποία είναι ικανά να επιταχύνουν ή να επιβραδύνουν σε μικρότερο μήκος. Είναι σημαντικό να ελέγχεται ανά τακτά διαστήματα στο μέλλον κατά πόσο οι αποδόσεις των βαρέων οχημάτων επηρεάζονται από την γεωμετρία της οδού και ποια κριτήρια της γεωμετρίας επιβαρύνουν περισσότερο την ταχύτητα των οχημάτων αυτών. Οπότε, η διαρκής εξέλιξη των μαθηματικών μοντέλων προσδιορισμού της ταχύτητας ενός βαρέος οχήματος μελέτης και ο σχεδιασμός λογισμικών ικανών να επιλύουν τα μοντέλα αυτά σε μικρό χρονικό διάστημα είναι αρκετά σημαντικά για την εκπόνηση νέων χαράξεων οδοποιίας τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον.

Εν κατακλείδι, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής σχεδιάστηκε αλγόριθμος για την διερεύνηση των απαιτήσεων προσθήκης λωρίδας βραδυπορίας βαρέων οχημάτων σε οδούς δύο λωρίδων με ενιαίο οδόστρωμα. Βάσει του αλγορίθμου αυτού σχεδιάστηκε λογισμικό ικανό να προσδιορίζει τις χιλιομετρικές θέσεις μεταξύ των οποίων απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βάσει τριών διαφορετικών κανονισμών. Τα αποτελέσματα του λογισμικού συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα επίσημης μελέτης και προέκυψαν ελάχιστες αποκλίσεις. Γεγονός, το οποίο αποδεικνύει ότι το λογισμικό παράγει λογικά και ορθά αποτελέσματα. Όμως, η μέθοδος η οποία χρησιμοποιεί για όλους τους υπολογισμούς οι οποίοι απαιτούνται κρίνεται ότι είναι ακριβέστερο από τις συμβατικές μεθόδους. Άρα τελικά, τα αποτελέσματα της μεθόδου της παρούσας εργασίας είναι λογικά, ορθά και μεγαλύτερης ακρίβειας από τις συμβατικές μεθόδους.

- **Αναφορές**

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. (2018 7th Edition). *A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS (AASHTO)*.

Chao Gao, J. X. (2020, 1 8). Influence of Large Vehicles on the Speed of Expressway. *School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China*.

DEPARTMENT OF MUNICIPAL AFFAIRS AND TRANSPORT UNITED ARAB EMIRATES. (2016). *ROAD GEOMETRIC DESIGN MANUAL*. ABU DHABI.

NATZSCHKA, H. (χ.χ.). *ΟΔΟΠΟΙΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ 3η ΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ*. ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA de VALENCIA. (NOVEMBER 15, 2018). *OPERATING SPEED MODELS FOR HEAVY VEHICLES ON TANGENTS OF SPANISH TWO-LANE RURAL ROADS*.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ & ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ. (2001). *ΟΔΗΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΟΜΟΕ) ΤΕΥΧΟΣ 3 : ΧΑΡΑΞΕΙΣ (ΟΜΟΕ - Χ)*.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ & ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ. (2001). *ΟΔΗΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΟΜΟΕ) ΤΕΥΧΟΣ 5: ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΛΩΡΙΔΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (ΟΜΟΕ-ΠΛΚ)*.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ & ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ. (χ.χ.). *ΟΔΗΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΟΜΟΕ) ΤΕΥΧΟΣ 2: ΔΙΑΤΟΜΕΣ (ΟΜΟΕ-Δ)*.

ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΑΚΗΣ, Ν. Μ. (χ.χ.). *Η ΓΛΩΣΣΑ C++ ΣΕ ΒΑΘΟΣ 2η ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΗ ΕΚΔΟΣΗ*. ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ.

● **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΑΡΧΕΙΟ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ ΟΔΟΥ
ΕΛΕΓΧΟΥ**

Το παρόν αρχείο περιγράφει τα στοιχεία της μηκοτομής ελέγχου σε μορφή του λογισμικού <<ΟΔΟΣ>>. Είναι η μορφή την οποία το λογισμικό της παρούσας εργασίας δύναται να επεξεργαστεί και να υπολογίσει αποτελέσματα.

ΧΘ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	Η	ΣΗΜΑΙΑ
0.0	1.052.126		ΑΡΧΗ
112.379	1.051.268	4000.0	Σ1
284.894	1.041.125	10000.0	Σ2
477.039	1.032.164	20000.0	Σ3
2.049.764	948.852	4000.0	Σ4
2.561.865	956.712	5000.0	Σ5
3.173.347	938.494	8000.0	Σ6
3.371.824	936.289	5000.0	Σ7
4.149.499	901.503	8000.0	Σ8
5.185.585	891.208	8000.0	Σ9
7.969.758	789.242	250000.0	Σ10
12.495.816	620.289	8000.0	Σ11
13.835.063	606.02	8000.0	Σ12
18.834.066	282.834	5000.0	Σ13
19.612.639	277.384	8000.0	Σ14
19.677.523 275.946	ΤΕΛΟΣ		

όταν $V_B > 70 \text{ km/hr}$ δηλαδή δε χρειάζεται ΠΛΚ

όταν $V_B < 20 \text{ km/hr}$ δηλαδή χρειάζεται ΠΛΚ

Σε κάθε άλλη περίπτωση εξετάζεται η V_{eet} :

$KU = 217 > 150 \text{ αση/km}$ και $V_b > 60 \text{ km/hr}$

$V_{eet} = a + b \times Q$	26,04
a	-15
b	0,1026
Q (αχήματα/ώρα)	400

● ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΟΠΩΣ ΑΥΤΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ

Τα παρακάτω δεδομένα είναι σε μορφή στην οποία χρησιμοποιούνται από το λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία. Προκύπτουν από το λογισμικό κατά την εισαγωγή των δεδομένων από αρχεία του λογισμικού <<ΟΔΟΣ>> και δεν δύναται να επεξεργαστούν.

ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΗΚΟΤΟΜΗ

Header

Version=6.0

EndOfHeader

14

0.0	1052.126	19677.523	275.946
112.379	1051.268	4000.0	Σ1
284.894	1041.125	10000.0	Σ2
477.039	1032.164	20000.0	Σ3
2049.764	948.852	4000.0	Σ4
2561.865	956.712	5000.0	Σ5
3173.347	938.494	8000.0	Σ6
3371.824	936.289	5000.0	Σ7
4149.499	901.503	8000.0	Σ8
5185.585	891.208	8000.0	Σ9
7969.758	789.242	250000.0	Σ10
12495.816	620.289	8000.0	Σ11
13835.063	606.02	8000.0	Σ12
18834.066	282.834	5000.0	Σ13
19612.639	277.384	8000.0	Σ14

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

19677.523 80 70

19570.25	80	70
19464.58	93	70
19127 91	70	
18803.386	90	70
18482 88	70	
18430 80	70	
13835.062	70	70
13802.5	70	70
13260 95	70	
13200 92	70	
12878.56	90	70
12495.823	88	70
12380 88	70	
12092 83	70	
12022 82	70	
11592 80	70	
11448 86	70	
11008 80	70	
9718 88	70	
9193 95	70	
8202 91	70	
7969.758	75	70
7477 75	70	
7295 75	70	
7051 80	70	

6577	76	70
5889	75	70
5290	76	70
5185.591	79	70
4900	75	70
4534	86	70
4338.9	93	70
4149.499	85	70
3371.824	85	70
3173.34	85	70
2561.865	86	70
2049.764	85	70
1712	83	70
477.039	68	70
284.894	86	70
198	99	70
112.379	99	70
0	99	70

ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΟΔΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΕΛΙΚΤΟΤΗΤΑ 217

ΠΟΣΟΣΤΟ ΒΑΡΕΩΝ 12

ΟΧ/Ω 500

ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ 60

● ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΚΩΔΙΚΑΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ C++

Παρακάτω αναγράφεται ο κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού C++ του λογισμικού το οποίο σχεδιάστηκε στην παρούσα εργασία. Το παρόν λογισμικό δύναται να προσδιορίσει τα οδικά τμήματα στα οποία απαιτείται προσθήκη λωρίδας βραδυπορίας βάση των κανονισμών ΟΜΟΕ, ΑΑΣΗΤΟ, και των κανονισμών των ΗΑΕ για οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαίο οδόστρωμα. Η μορφή του αρχείου βρίσκεται σε μορφή τέτοια ώστε με αντιγραφή-επικόλληση σε κάποιο πρόγραμμα – compiler (Visual Basic) να εγγυάται την ομαλή λειτουργία του. Ο κώδικας:

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
#include <cmath>
#include <vector>
using namespace std;
string odhgiesfull(string s1)
{
    if (s1 == "G")
        return "Greek";
    if (s1 == "Ab")
        return "Abu Dhabi";
    if (s1 == "Am")
        return "American";
}
float ypologismosmhkos(float a, float b)
{
    if (a < b)
        return b - a;
    if (a > b)
        return a - b;
    else
        return 0.;
}
float veetcal()
{
    fstream in;
    in.open("import-file-ku-q.txt", ios::in);
    float KU, q, veet, Q, a, b, vb, KU150[5][4] = {-274,-155,-82,-11,-258,-144,-73,-4,-
246,-135,-65,1,-236,-128,-59,7,0.2002,0.1381,-5,7}, KU160[5][3] = {-158,-90,-35,-145,-
80,-27,-135,-71,-21,-126,-64,-15,0.1524,0.1179,0.1026};
    in >> KU >> q >> Q >> vb;
    in.close();
    int i=0, j=0;
    if(KU<150)
    {
        if (q == 5)
        {
```

```

        i = 0;
        if (vb == 40)
            j = 0;
        if (vb == 50)
            j = 1;
        if (vb == 60)
            j = 2;
        if (vb == 70)
            j = 3;
    }
    if (q == 10)
    {
        i = 1;
        if (vb == 40)
            j = 0;
        if (vb == 50)
            j = 1;
        if (vb == 60)
            j = 2;
        if (vb == 70)
            j = 3;
    }
    if (q == 15)
    {
        i = 2;
        if (vb == 40)
            j = 0;
        if (vb == 50)
            j = 1;
        if (vb == 60)
            j = 2;
        if (vb == 70)
            j = 3;
    }
    if (q == 20)
    {
        i = 3;
        if (vb == 40)
            j = 0;
        if (vb == 50)
            j = 1;
        if (vb == 60)
            j = 2;
        if (vb == 70)
            j = 3;
    }
    a = KU150[i][j];

```

```

        b = KU150[4][j];
    }
    if (KU >= 150)
    {
        if (q == 5)
        {
            i = 0;
            if (vb == 40)
                j = 0;
            if (vb == 50)
                j = 1;
            if (vb == 60)
                j = 2;
        }
        if (q == 10)
        {
            i = 1;
            if (vb == 40)
                j = 0;
            if (vb == 50)
                j = 1;
            if (vb == 60)
                j = 2;
        }
        if (q == 15)
        {
            i = 2;
            if (vb == 40)
                j = 0;
            if (vb == 50)
                j = 1;
            if (vb == 60)
                j = 2;
        }
        if (q == 20)
        {
            i = 3;
            if (vb == 40)
                j = 0;
            if (vb == 50)
                j = 1;
            if (vb == 60)
                j = 2;
        }
        a = KU160[i][j];
        b = KU160[4][j];
    }
}

```

```

    veet = a + b * Q;
    return veet;
}
float minmax(float a, float b, bool minmax) // Gia bool=0 tha epistrefei max gia bool =1 tha
epistrefei min
{
    if (minmax == 1 && a < b)
        return b;
    if (minmax == 0 && a <= b)
        return a;
    if (minmax == 1 && a >= b)
        return a;
    if (minmax == 0 && a > b)
        return b;
    else
        return a;
}
float absdif(float a, float b)//gyrizei thn diafora ths apolyths timhs
{
    float c = 1. * (a - b), d = 1. * (-c);
    if (c >= 0)
        return c;
    else return d;
}
float absval(float a)
{
    float b = -a;
    if (a >= 0)
        return a;
    else
        return b;
}
bool megalytero(float a, float b)
{if (a > b) return 1;
else return 0; }
bool checkPLK(float a,float b,float d,float epidiokomenh)// a=v85, b=vbom,d=veet,
epidiokomenh = Vep
{
    float c = absdif(a, b), par_D = epidiokomenh - b;
    if (c >= 20)
    {
        if (par_D >= 10 || b <= d)
            return 1;
        else return 0;
    }
    else return 0;
}

```

```

float meanwithweight(float a, float b, float sl) // grammikh parembolh b > a
{
    int SL = sl;
    float c = b - a, d = sl - SL;
    return a;
}
float keeponedigit(float a)
{
    int b = a;
    if (a - b == 0)
        return a;
    else
    {
        b = (a - b) * 10;
        return (a + b * 0.1);
    }
}
bool checkep(float a, float b, bool c) // a prohgoymenh klish, b tora klish, prohgoymenos elegxos
{
    if (a < b)
        return 0;
    if (a > b)
        return 1;
    if (a == b)
        return c;
}
float ellhnikes(float a, float d, bool dvdt)
{
    {
        float vbomnew = 0., bhma = 10.;
        int aepit;
        if (dvdt == 0)
            aepit = -1;
        else aepit = 1;
        if (dvdt == 0)
        {
            if (a == 7)
            {
                if (d > 100)
                    vbomnew = 100.;
                if (d > 40 && d <= 100)
                    vbomnew = (d + 0.086 * bhma * aepit);
                if (d > 20 && d <= 40)
                    vbomnew = (d + 0.052 * bhma * aepit);
                if (d > 20 && d <= 16.7)
                    vbomnew = (d + 0.022 * bhma * aepit);
            }
        }
    }
}

```

```

        if (d > 16.7 && d <= 14.9)
            vbomnew = (d + 0.009 * bhma * aepit);
        if (d <= 14.9)
            vbomnew = 14.9;
    }
    if (a == 6)
    {
        if (d > 100)
            vbomnew = 100.;
        if (d > 40 && d <= 100)
            vbomnew = (d + 0.061 * bhma * aepit);
        if (d > 30 && d <= 40)
            vbomnew = (d + 0.039 * bhma * aepit);
        if (d > 30 && d <= 23.3)
            vbomnew = (d + 0.023 * bhma * aepit);
        if (d > 17.2 && d < 23.3)
            vbomnew = (d + 0.053 * bhma * aepit);
        if (d <= 17.2)
            vbomnew = 17.2;
    }
    if (a == 5)
    {
        if (d > 100)
            vbomnew = 100.;
        if (d > 50 && d <= 100)
            vbomnew = (d + 0.045 * bhma * aepit);
        if (d > 50 && d <= 36.7)
            vbomnew = (d + 0.025 * bhma * aepit);
        if (d > 33.3 && d <= 36.7)
            vbomnew = (d + 0.006 * bhma * aepit);
        if (d <= 33.3)
            vbomnew = 33.3;
    }
    if (a == 4)
    {
        if (d > 100)
            vbomnew = 100.;
        if (d > 50 && d <= 100)
            vbomnew = (d + 0.025 * bhma * aepit);
        if (d > 42.7 && d <= 50)
            vbomnew = (d + 0.009 * bhma * aepit);
        if (d <= 47.2)
            vbomnew = 47.2;
    }
    if (a == 3)
    {
        if (d > 110)

```

```

        vbomnew = 110.;
    if (d > 61.7 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.015 * bhma * aepit);
    if (d > 54.9 && d <= 61.7)
        vbomnew = (d + 0.009 * bhma * aepit);
    if (d <= 54.9)
        vbomnew = 54.9;
}
if (a == 2)
{
    if (d > 110)
        vbomnew = 110.;
    if (d > 90 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.015 * bhma * aepit);
    if (d > 81 && d <= 90)
        vbomnew = (d + 0.009 * bhma * aepit);
    if (d <= 81)
        vbomnew = 81.;
}
if (a == 1)
    vbomnew = ellhnikes(a, d, 1);
if (a == 0)
    vbomnew = ellhnikes(a,d,1);
}
if (dvdt == 1)
{
    if (a == 7)
    {
        if (d < 10)
            vbomnew = (d + 0.123 * bhma * aepit);
        if (d >= 10 && d < 14.9)
            vbomnew = (d + 0.03 * bhma * aepit);
        if (d >= 14.9)
            vbomnew = 14.9;
    }
    if (a == 6)
    {
        if (d < 10)
            vbomnew = (d + 0.203 * bhma * aepit);
        if (d >= 10 && d < 20.3)
            vbomnew = (d + 0.068 * bhma * aepit);
        if (d >= 20.3 && d < 23.7)
            vbomnew = (d + 0.017 * bhma * aepit);
        if (d >= 23.7)
            vbomnew = 23.7;
    }
    if (a == 5)

```



```

{
    if (d < 22.9)
        vbomnew = (d + 0.115 * bhma * aepit);
    if (d >= 22.9 && d < 29.7)
        vbomnew = (d + 0.034 * bhma * aepit);
    if (d >= 29.7 && d < 33.3)
        vbomnew = (d + 0.018 * bhma * aepit);
    if (d >= 33.3)
        vbomnew = 33.3;
}
if (a == 4)
{
    if (d < 29.9)
        vbomnew = (d + 0.15 * bhma * aepit);
    if (d >= 29.9 && d < 41.2)
        vbomnew = (d + 0.019 * bhma * aepit);
    if (d >= 41.2 && d < 42.7)
        vbomnew = (d + 0.008 * bhma * aepit);
    if (d >= 42.7)
        vbomnew = 42.7;
}
if (a == 3)
{
    if (d < 30.8)
        vbomnew = (d + 0.154 * bhma * aepit);
    if (d >= 30.8 && d < 51.3)
        vbomnew = (d + 0.026 * bhma * aepit);
    if (d >= 51.3 && d < 54.9)
        vbomnew = (d + 0.004 * bhma * aepit);
    if (d >= 58)
        vbomnew = 54.9;
}
if (a == 2)
{
    if (d < 36.1)
        vbomnew = (d + 0.181 * bhma * aepit);
    if (d >= 36.1 && d < 54.7)
        vbomnew = (d + 0.047 * bhma * aepit);
    if (d >= 54.7 && d < 62.5)
        vbomnew = (d + 0.02 * bhma * aepit);
    if (d >= 62.5 && d < 66.7)
        vbomnew = (d + 0.004 * bhma * aepit);
    if (d >= 66.7)
        vbomnew = 66.7;
}
if (a == 1)
{

```

```

        if (d < 55.3)
            vbomnew = (d + 0.138 * bhma * aepit);
        if (d >= 55.3 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.015 * bhma * aepit);
        if (d >= 80)
            vbomnew = 80.;
    }
    if (a == 0)
    {
        if (d < 40)
            vbomnew = (d + 0.242 * bhma * aepit);
        if (d >= 40 && d < 50)
            vbomnew = (d + 0.073 * bhma * aepit);
        if (d >= 50 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.039 * bhma * aepit);
        if (d >= 80)
            vbomnew = 80.;
    }
    if (a == -1)
        vbomnew=(ellhnikes(0, d, 1)+ellhnikes(-2, d, 1))/2.;
    if (a == -2)
    {
        if (d < 50)
            vbomnew = (d + 0.282 * bhma * aepit);
        if (d >= 50 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.073 * bhma * aepit);
        if (d >= 80)
            vbomnew = 80.;
    }
    if (a == -3)
        vbomnew = (ellhnikes(-4, d, 1)+ellhnikes(-2, d, 1)) / 2.;
    if (a == -4)
    {
        if (d < 50)
            vbomnew = (d + 0.375 * bhma * aepit);
        if (d >= 50 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.106 * bhma * aepit);
        if (d >= 80)
            vbomnew = 80.;
    }
    }
    return vbomnew;
}
}
float abudhabi(float a, float d, bool dvdt)
{
    float vbomnew = 0., bhma = 10.;

```

```

int aepit;
if (dvdt == 0)
    aepit = -1;
else aepit = 1;
if (dvdt == 0)
{
    if (a == 9)
    {
        if (d > 110)
            vbomnew = 110.;
        if (d > 30 && d <= 110)
            vbomnew = (d + 0.119 * bhma * aepit);
        if (d <= 30)
            vbomnew = 26.15;
    }
    if (a == 8)
    {
        if (d > 110)
            vbomnew = 110.;
        if (d > 29 && d <= 110)
            vbomnew = (d + 0.103 * bhma * aepit);
        if (d <= 29)
            vbomnew = 29.;
    }
    if (a == 7)
    {
        if (d > 110)
            vbomnew = 110.;
        if (d > 32.8 && d <= 110)
            vbomnew = (d + 0.082 * bhma * aepit);
        if (d <= 32.8)
            vbomnew = 32.8;
    }
    if (a == 6)
    {
        if (d > 110)
            vbomnew = 110.;
        if (d > 39 && d <= 110)
            vbomnew = (d + 0.068 * bhma * aepit);
        if (d <= 39)
            vbomnew = 39.;
    }
    if (a == 5)
    {
        if (d > 110)
            vbomnew = 110.;
        if (d >44.55 && d <= 110)

```

```

        vbomnew = (d + 0.050 * bhma * aepit);
    if (d <= 44.55)
        vbomnew = 44.55;
}
if (a == 4)
{
    if (d > 110)
        vbomnew = 110.;
    if (d > 60 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.036 * bhma * aepit);
    if (d > 52 && d <= 60)
        vbomnew = (d + 0.012 * bhma * aepit);
    if (d <= 52)
        vbomnew = 52.;
}
if (a == 3)
{
    if (d > 110)
        vbomnew = 110.;
    if (d > 80 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.027 * bhma * aepit);
    if (d > 66 && d <= 80)
        vbomnew = (d + 0.013 * bhma * aepit);
    if (d <= 66)
        vbomnew = 66.;
}
if (a == 2)
{
    if (d > 110)
        vbomnew = 110.;
    if (d > 90 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.015 * bhma * aepit);
    if (d > 81 && d <= 90)
        vbomnew = (d + 0.009 * bhma * aepit);
    if (d <= 81)
        vbomnew = 81.;
}
if (a == 1)
{
    if (d > 110)
        vbomnew = 110.;
    if (d > 90 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.005 * bhma * aepit);
    if (d <= 90)
        vbomnew = 90.;
}
if (a == 0)

```

```

        vbomnew = abudhabi(a,d,1);
    }
    if (dvdt == 1)
    {
        if (a == 8)
        {
            if (d < 6)
                vbomnew = 6.;
            if (d >= 6 && d < 20)
                vbomnew = (d + 0.095 * bhma * aepit);
            if (d >= 20 && d < 28)
                vbomnew = (d + 0.031 * bhma * aepit);
            if (d >= 28)
                vbomnew = 28.;
        }
        if (a == 7)
        {
            if (d < 10)
                vbomnew = (d + 0.775 * bhma * aepit);
            if (d >= 10 && d < 22.5)
                vbomnew = (d + 0.123 * bhma * aepit);
            if (d >= 22.5 && d < 30.7)
                vbomnew = (d + 0.029 * bhma * aepit);
            if (d >= 30.7)
                vbomnew = 30.7;
        }
        if (a == 6)
        {
            if (d < 16.5)
                vbomnew = (d + 1.154 * bhma * aepit);
            if (d >= 16.5 && d < 23.15)
                vbomnew = (d + 0.033 * bhma * aepit);
            if (d >= 23.15 && d < 37.2)
                vbomnew = (d + 0.040 * bhma * aepit);
            if (d >= 37.2)
                vbomnew = 37.2;
        }
        if (a == 5)
        {
            if (d < 20)
                vbomnew = (d + 1.399 * bhma * aepit);
            if (d >= 20 && d < 37.2)
                vbomnew = (d + 0.038 * bhma * aepit);
            if (d >= 37.2 && d < 42.1)
                vbomnew = (d + 0.015 * bhma * aepit);
        }
    }

```

```

        if (d >= 42.1)
            vbomnew = 42.1;
    }
    if (a == 4)
    {
        if (d < 26)
            vbomnew = (d + 0.906 * bhma * aepit);
        if (d >= 26 && d < 44.2)
            vbomnew = (d + 0.046 * bhma * aepit);
        if (d >= 44.2 && d < 48.25)
            vbomnew = (d + 0.007 * bhma * aepit);
        if (d >= 48.25)
            vbomnew = 48.25;
    }
    if (a == 3)
    {
        if (d < 30)
            vbomnew = (d + 1.049 * bhma * aepit);
        if (d >= 30 && d < 40.7)
            vbomnew = (d + 0.107 * bhma * aepit);
        if (d >= 40.7 && d < 50)
            vbomnew = (d + 0.025 * bhma * aepit);
        if (d >= 50 && d < 58)
            vbomnew = (d + 0.007 * bhma * aepit);
        if (d >= 58)
            vbomnew = 58.;
    }
    if (a == 2)
    {
        if (d < 37.9)
            vbomnew = (d + 1.062 * bhma * aepit);
        if (d >= 37.9 && d < 52.8)
            vbomnew = (d + 0.049 * bhma * aepit);
        if (d >= 52.8 && d < 67.2)
            vbomnew = (d + 0.011 * bhma * aepit);
        if (d >= 67.2 && d < 69)
            vbomnew = (d + 0.003 * bhma * aepit);
        if (d >= 69)
            vbomnew = 69.;
    }
    if (a == 1)
    {
        if (d < 42.5)
            vbomnew = (d + 1.027 * bhma * aepit);
        if (d >= 42.5 && d < 60)
            vbomnew = (d + 0.05 * bhma * aepit);
        if (d >= 60 && d < 70.5)

```

```

        vbomnew = (d + 0.017 * bhma * aepit);
    if (d >= 70.5 && d < 79)
        vbomnew = (d + 0.008 * bhma * aepit);
    if (d >= 79)
        vbomnew = 79.;
}
if (a == 0)
{
    if (d < 46)
        vbomnew = (d + 1.072 * bhma * aepit);
    if (d >= 46 && d < 62.8)
        vbomnew = (d + 0.076 * bhma * aepit);
    if (d >= 62.8 && d < 73.5)
        vbomnew = (d + 0.032 * bhma * aepit);
    if (d >= 73.5 && d < 90)
        vbomnew = (d + 0.016 * bhma * aepit);
    if (d >= 90)
        vbomnew = 90.;
}
if (a == -1)
{
    if (d < 50)
        vbomnew = (d + 1.094 * bhma * aepit);
    if (d >= 46 && d < 90)
        vbomnew = (d + 0.042 * bhma * aepit);
    if (d >= 90)
        vbomnew = 90.;
}
if (a == -2)
{
    if (d < 52.17)
        vbomnew = (d + 1.076 * bhma * aepit);
    if (d >= 52.17 && d < 90)
        vbomnew = (d + 0.053 * bhma * aepit);
    if (d >= 90)
        vbomnew = 90.;
}
if (a == -3)
{
    if (d < 57.2)
        vbomnew = (d + 1.004 * bhma * aepit);
    if (d >= 57.2 && d < 90)
        vbomnew = (d + 0.053 * bhma * aepit);
    if (d >= 90)
        vbomnew = 90.;
}
if (a == -4)

```

```

    {
        if (d < 61.4)
            vbomnew = (d + 1.041 * bhma * aepit);
        if (d >= 46 && d < 90)
            vbomnew = (d + 0.065 * bhma * aepit);
        if (d >= 90)
            vbomnew = 90.;
    }
    if (a == -5)
    {
        if (d < 60)
            vbomnew = (d + 1.034 * bhma * aepit);
        if (d >= 46 && d < 90)
            vbomnew = (d + 0.086 * bhma * aepit);
        if (d >= 90)
            vbomnew = 90.;
    }
}
return vbomnew;
}
float americans(float a, float d, bool dvdt)
{
    float vbomnew = 0., bhma = 10.;
    int aepit;
    if (dvdt == 0)
        aepit = -1;
    else aepit = 1;
    if (dvdt == 0) {
        if (a == 9)
        {
            if (d >= 110)
                vbomnew = (d + 0.025 * bhma * aepit);
            if (d >= 100 && d < 110)
                vbomnew = (d + 0.149 * bhma * aepit);
            if (d >= 90 && d < 100)
                vbomnew = (d + 0.083 * bhma * aepit);
            if (d >= 80 && d < 90)
                vbomnew = (d + 0.079 * bhma * aepit);
            if (d >= 70 && d < 80)
                vbomnew = (d + 0.135 * bhma * aepit);
            if (d >= 60 && d < 70)
                vbomnew = (d + 0.137 * bhma * aepit);
            if (d >= 50 && d < 60)
                vbomnew = (d + 0.071 * bhma * aepit);
            if (d > 38.78 && d < 50)
                vbomnew = (d + 0.022 * bhma * aepit);
            if (d <= 38.78)

```



```

        vbomnew = 38.78;
    }
    if (a == 8)
    {
        if (d >= 110)
            vbomnew = (d + 0.024 * bhma * aepit);
        if (d >= 100 && d < 110)
            vbomnew = (d + 0.128 * bhma * aepit);
        if (d >= 90 && d < 100)
            vbomnew = (d + 0.060 * bhma * aepit);
        if (d >= 80 && d < 90)
            vbomnew = (d + 0.075 * bhma * aepit);
        if (d >= 70 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.115 * bhma * aepit);
        if (d >= 60 && d < 70)
            vbomnew = (d + 0.079 * bhma * aepit);
        if (d >= 50 && d < 60)
            vbomnew = (d + 0.068 * bhma * aepit);
        if (d > 41 && d < 50)
            vbomnew = (d + 0.016 * bhma * aepit);
        if (d <= 41)
            vbomnew = 41;
    }
    if (a == 7)
    {
        if (d >= 110)
            vbomnew = (d + 0.024 * bhma * aepit);
        if (d >= 100 && d < 110)
            vbomnew = (d + 0.122 * bhma * aepit);
        if (d >= 90 && d < 100)
            vbomnew = (d + 0.044 * bhma * aepit);
        if (d >= 80 && d < 90)
            vbomnew = (d + 0.065 * bhma * aepit);
        if (d >= 70 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.071 * bhma * aepit);
        if (d >= 60 && d < 70)
            vbomnew = (d + 0.054 * bhma * aepit);
        if (d > 50 && d < 60)
            vbomnew = (d + 0.047 * bhma * aepit);
        if (d <= 50)
            vbomnew = 50.;
    }
    if (a == 6)
    {
        if (d > 110)
            vbomnew = 110.;
        if (d >= 70 && d <= 110)

```

```

        vbomnew = (d + 0.048 * bhma * aepit);
    if (d > 57.3 && d < 70)
        vbomnew = (d + 0.021 * bhma * aepit);
    if (d <= 57.3)
        vbomnew = 57.3;
}
if (a == 5)
{
    if (d > 110)
        vbomnew = 110.;
    if (d >= 70 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.033 * bhma * aepit);
    if (d > 60 && d < 70)
        vbomnew = (d + 0.013 * bhma * aepit);
    if (d <= 60)
    {
        if (d < 47)
            vbomnew = americans(a, d, 1);
        else vbomnew = 60;
    }
}
if (a == 4)
{
    if (d > 110)
        vbomnew = 110.;
    if (d > 71.8 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.023 * bhma * aepit);
    if (d > 98.5 && d <= 71.8)
        vbomnew = (d + 0.022 * bhma * aepit);
    if (d <= 71.8)
    {
        if (d <= 57)
            vbomnew = americans(a, d, 1);
        else vbomnew = 70.;
    }
}
if (a == 3)
{
    if (d > 110)
        vbomnew = 110.;
    if (d >= 98.8 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.025 * bhma * aepit);
    if (d >= 88.8 && d < 98.8)
        vbomnew = (d + 0.007 * bhma * aepit);
    if (d <= 81.22)
    {
        if (d <= 70)

```

```

        vbomnew = americans(a, d, 1);
        else vbomnew = 81.22;
    }
}
if (a == 2)
{
    if (d > 110)
        vbomnew = 110.;
    if (d > 100 && d <= 110)
        vbomnew = (d + 0.055 * bhma * aepit);
    if (d <= 100)
    {
        if (d <= 85)
            vbomnew = americans(a, d, 1);
        else vbomnew = 100.;
    }
}
}
if (dvdt == 1)
{
    if (a == 8)
    {
        if (d < 24)
            vbomnew = 24.;
        if (d >= 24 && d <= 40)
            vbomnew = (d + 0.008 * bhma * aepit);
        if (d >= 40)
        {
            if (d >= 55)
                vbomnew = americans(a, d, 0);
            else vbomnew = 40.;
        }
    }
}
if (a == 7)
{
    if (d < 27)
        vbomnew = 27.;
    if (d >= 27 && d <= 44)
        vbomnew = (d + 0.009 * bhma * aepit);
    if (d >= 44)
        vbomnew = 44.;
}
}
if (a == 6)
{
    if (d < 29)
        vbomnew = 29.;
    if (d >= 29 && d <= 49)

```

```

        vbomnew = (d + 0.01 * bhma * aepit);
    if (d >= 49)
    {
        if (d >= 65)
            vbomnew = americans(a, d, 0);
        else vbomnew = 49.;
    }
}
if (a == 5)
{
    if (d < 35)
        vbomnew = 35.;
    if (d >= 35 && d < 50)
        vbomnew = (d + 0.0048 * bhma * aepit);
    if (d >= 50 && d < 56)
        vbomnew = (d + 0.004 * bhma * aepit);
    if (d >= 56)
    {
        if (d >= 70)
            vbomnew = americans(a, d, 0);
        else vbomnew = 56.;
    }
}
if (a == 4)
{
    if (d < 38)
        vbomnew = 38.;
    if (d >= 38 && d < 51.7)
        vbomnew = (d + 0.052 * bhma * aepit);
    if (d >= 51.7 && d < 60)
        vbomnew = (d + 0.016 * bhma * aepit);
    if (d >= 60 && d < 63)
        vbomnew = (d + 0.002 * bhma * aepit);
    if (d >= 63)
        vbomnew = 63.;
}
if (a == 3)
{
    if (d < 41)
        vbomnew = 41.;
    if (d >= 41 && d < 60)
        vbomnew = (d + 0.055 * bhma * aepit);
    if (d >= 60 && d < 68)
        vbomnew = (d + 0.013 * bhma * aepit);
    if (d >= 68)
        vbomnew = 70.;
}
}

```

```

if (a == 2)
{
    if (d < 45)
        vbomnew = 45.;
    if (d >= 45 && d < 64)
        vbomnew = (d + 0.049 * bhma * aepit);
    if (d >= 64 && d < 73)
        vbomnew = (d + 0.015 * bhma * aepit);
    if (d >= 73)
        vbomnew = 79.;
}
if (a == 1)
{
    if (d < 48)
        vbomnew = 48.;
    if (d >= 45 && d < 64)
        vbomnew = (d + 0.021 * bhma * aepit);
    if (d >= 64 && d < 80)
        vbomnew = (d + 0.335 * bhma * aepit);
    if (d >= 80 && d < 87)
        vbomnew = (d + 0.006 * bhma * aepit);
    if (d >= 87)
        vbomnew = 89.;
}
if (a == 0)
{
    if (d < 55)
        vbomnew = 55.;
    if (d >= 55 && d < 80)
        vbomnew = (d + 0.051 * bhma * aepit);
    if (d >= 80 && d < 88)
        vbomnew = (d + 0.019 * bhma * aepit);
    if (d >= 88)
        vbomnew = 88.;
}
if (a == -1)
{
    if (d < 50)
        vbomnew = 55.;
    if (d >= 50 && d < 80)
        vbomnew = (d + 0.059 * bhma * aepit);
    if (d >= 80)
        vbomnew = 88.;
}
if (a == -2)
{
    if (d < 50)

```

```

        vbomnew = 55.;
        if (d >= 50 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.076 * bhma * aepit);
        if (d >= 80)
            vbomnew = 88.;
    }
    if (a == -3)
    {
        if (d < 50)
            vbomnew = 55.;
        if (d >= 50 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.080 * bhma * aepit);
        if (d >= 80)
            vbomnew = 88.;
    }
    if (a == -4)
    {
        if (d < 50)
            vbomnew = 55.;
        if (d >= 50 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.099 * bhma * aepit);
        if (d >= 80)
            vbomnew = 88.;
    }
    if (a == -5)
    {
        if (d < 50)
            vbomnew = 55.;
        if (d >= 50 && d < 80)
            vbomnew = (d + 0.01 * bhma * aepit);
        if (d >= 80)
            vbomnew = 88.;
    }
}
return vbomnew;
}
float vbom(float a,float b, string ch, float d,bool ep)//a = s, b=mhkos, ch=poies odhgies
xrhsimopoioyntai,d=vbomarx
{
    float vbomfinal=25;
    if (ch == "G")
        vbomfinal = ellhnikes(a,d,ep);
    if (ch == "Am")
        vbomfinal=americans(a, d,ep);
    if (ch == "Ab")
        vbomfinal=abudhabi(a, d,ep);
    return vbomfinal;
}

```

```

}
class organize
{
private:
    fstream in;
    string operod(), odhgies = operod(),srev="",scs="";
    vector<float>
mhk_HW,mhk_chtharx,mhk_chthtel,mhk_slope,chth,klish,v85v,vbomv,chthel,v85vel,chth
arxtemp,chthteltemp,chtharxfin,chthtelfin,epitah,vep,klish_cs;
    vector<bool>elegxosPLK;
    int numberofdata = 0 , finalnumberofPLK = 0, countfile();
    float veet = veetcal();
    void getrawdata(), fillpossPLK(), vbomcal(), final_PLK(),printresults(),fillslope();
public :
    void initiate();
};
void organize::initiate()
{
    getrawdata();
    vbomcal();
    fillpossPLK();
    srev = "_reversed";
    reverse(chth.begin(), chth.end());
    reverse(v85v.begin(), v85v.end());
    reverse(vep.begin(), vep.end());
    reverse(klish.begin(), klish.end());
    chthel.clear();
    v85vel.clear();
    epitah.clear();
    vbomv.clear();
    elegxosPLK.clear();
    chtharxtemp.clear();
    chthteltemp.clear();
    chthtelfin.clear();
    chtharxfin.clear();
    vbomcal();
    fillpossPLK();
    scs = "_cs";
    int i;
    for (i = 0; i < klish_cs.size(); i++)
        klish[i] = klish_cs[i];
    chthel.clear();
    v85vel.clear();
    epitah.clear();
    vbomv.clear();
    elegxosPLK.clear();
    chtharxtemp.clear();

```

```

    chthteltemp.clear();
    chthtelfin.clear();
    chtharxfin.clear();
    vbomcal();
    fillpossPLK();
    srev = "";
    scs = "_cs";
    reverse(chth.begin(), chth.end());
    reverse(v85v.begin(), v85v.end());
    reverse(vep.begin(), vep.end());
    reverse(klish.begin(), klish.end());
    for (i = 0; i < klish_cs.size(); i++)
        klish[i] = klish_cs[i];
    chthel.clear();
    v85vel.clear();
    epitah.clear();
    vbomv.clear();
    elegxosPLK.clear();
    chtharxtemp.clear();
    chthteltemp.clear();
    chthtelfin.clear();
    chtharxfin.clear();
    vbomcal();
    fillpossPLK();
}
string organize::operod()
{
    string s1;
    cout << "Please enter guidelines (Am=american,Ab=Abu
Dhabi,G=greek)\nGuidelines:\t";
    cin >> s1;
    cout << endl;
    return s1;
}
void organize::getrawdata()
{
    float ct, v85, veep, s, xarx, ypsarx, xtcl,ypstel,x,yps,H;
    vector<float>ypsom;
    int i = 1;
    string carbage;
    in.open("import-file.txt", ios::in);
    while (!in.eof())
    {
        in >> ct >> v85>>veep;
        chth.push_back(ct);
        v85v.push_back(v85);
        vep.push_back(veep);
    }
}

```



```

        numberofdata++;
    }
    in.close();
    in.open("import-mhk.txt", ios::in);
    in >> carbage >> carbage >> carbage >> carbage >> xarx >> ypsarx >> xtel >>
ypstel;
    mhk_chtharx.push_back(xarx);
    ypsom.push_back(ypsarx);
    while (!in.eof())
    {
        in >> x >> yps >> H >> carbage;
        mhk_chtharx.push_back(x);
        ypsom.push_back(yps);
        s = (ypsom[i]-ypsom[i - 1]) / absdif(mhk_chtharx[i], mhk_chtharx[i - 1]);
        mhk_slope.push_back(s*100);
        mhk_chthtel.push_back(x);
        mhk_HW.push_back(H);
        i++;
    }
    in.close();
    mhk_HW.push_back(0.);
    mhk_chthtel.push_back(xtel);
    ypsom.push_back(ypstel);
    i = mhk_chthtel.size();
    s = (ypstel - ypsom[i - 1]) / absdif(mhk_chtharx[i-1], mhk_chthtel[i - 1]);
    mhk_slope.push_back(s*100);
    fillslope();
}
void organize::fillslope()
{
    int a = chth.size(), i, b = mhk_chthtel.size() , j = 0, atem=0, temp=1;
    float s, s_cs, x_cs, H_cs;
    bool coilkyrt; // 0=koilh
    for (i = 0; i < a; i++)
    {
        for (j = 0; j < b; j++)
        {
            if (chth[i] >= mhk_chtharx[j] && chth[i] <= mhk_chthtel[j])
                atem = j;
        }
        s = mhk_slope[atem];
        klish.push_back(s);
        j = 0;
    }
    if (klish[0] < klish[1]) coilkyrt = 1;
    else coilkyrt = 0;
    if (coilkyrt == 1) temp = -1;
}

```

```

else temp = 0;
for (i = 1; i < klish.size(); i++)
{
    if (klish[i] != klish[i - 1])
    {
        coilkyrt = checkep(klish[i], klish[i - 1], coilkyrt);
        if (coilkyrt == 1) temp = -1;
        else temp = 0;
    }
    s = klish[i];
    for (j = 0; j < b; j++)
    {
        if (chth[i] >= mhk_chtharx[j] && chth[i] <= mhk_chthtel[j])
            atem = j;
    }
    H_cs = mhk_HW[atem];
    x_cs = absdif(chth[i], mhk_chtharx[atem]);
    if (H_cs == 0)
        s_cs = s;
    else s_cs = s + (x_cs / H_cs * temp * 100.);
}
}
void organize::vbomcal()
{
    numberofdata = klish.size();
    float ct = chth[0], summhkos = absdif(chth[numberofdata - 1], chth[0]), v85 =
v85v[0], slope = klish[0], vbomarx = v85, veep=0;
    int partsum = 0, i = 1, j = 0, mhkos = 0, sl1=slope, sl2=sl1+1;
    v85vel.push_back(v85);
    vbomv.push_back(vbomarx);
    elegxosPLK.push_back(checkPLK(v85vel[0], vbomv[0], veet, vep[0]));
    bool epit = 0;
    if (megalytero(chth[numberofdata - 1], chth[0]) == 1)
    {
        while (partsum <= summhkos + 10)
        {
            chthel.push_back((ct + partsum));
            if ((ct + partsum) >= chth[j])
            {
                j++;
                epit = checkep(slope, klish[j-1], epit);
                v85 = v85v[j-1];
                mhkos = 0;
                slope = klish[j-1];
                veep = vep[j-1];
                sl1 = slope;
            }
        }
    }
}

```

```

        sl2 = sl1 + 1;
    }
    if ((ct + partsum) > chth[numberofdata - 1])
    {
        chthel[i - 1] = chth[numberofdata - 1];
        v85 = v85v[numberofdata - 1];
    }
    v85vel.push_back(v85);
    epitah.push_back(epit);
    meanwithweight(vbom(sl1, mhkos, odhgies, vbomarx,
epit),vbom(sl2,mhkos,odhgies,vbomarx,epit),slope);
    vbomv.push_back(vbomarx);
    elegxosPLK.push_back(checkPLK(v85vel[i], vbomv[i], veet,veep));
    mhkos += 10;
    partsum += 10;
    i++;
}
}
if (megalytero(chth[numberofdata - 1], chth[0]) == 0)
{
    for (i = 0; i < klish.size(); i++)
        klish[i] = klish[i] * (-1);
    i = 1;
    while (partsum <= summhkos + 10)
    {
        chthel.push_back((ct - partsum));
        if ((ct - partsum) <= chth[j])
        {
            j++;
            epit = checkep(slope, klish[j-1], epit);
            v85 = v85v[j-1];
            mhkos = 0;
            slope = klish[j-1];
            veep = vep[j-1];
            sl1 = slope;
            sl2 =sl1+1;
        }
        if ((ct - partsum) < chth[numberofdata - 1])
        {
            chthel[i-1] = chth[numberofdata - 1];
            v85 = v85v[numberofdata - 1];
        }
        v85vel.push_back(v85);
        epitah.push_back(epit);
        vbomarx = meanwithweight(vbom(sl1, mhkos, odhgies, vbomarx,
epit), vbom(sl2, mhkos, odhgies, vbomarx, epit), slope);
        vbomv.push_back(vbomarx);
    }
}

```

```

        elegxosPLK.push_back(checkPLK(v85vel[i-1],          vbomv[i-1],
veet,veep));
        mHKOS += 10;
        partsum += 10;
        i++;
    }
    for (i = 0; i < klish.size(); i++)
        klish[i] = klish[i] * (-1);
}
}
void organize::fillpossPLK()
{
    int f = elegxosPLK.size(),i,j=0;
    bool temp = elegxosPLK[0];
    if (temp == 1)
        chtharxtemp.push_back(chthel[0]);
    for (i = 1; i < (f-1); i++)
    {
        if (elegxosPLK[i] != temp)
        {
            if (elegxosPLK[i] == 1)
                chtharxtemp.push_back(chthel[i]);
            else
                chthteltemp.push_back(chthel[i]);

            temp = elegxosPLK[i];
        }
        if(i==(f-2) && elegxosPLK[i]==1) chthteltemp.push_back(chthel[i]);
    }
    final_PLK();
}
void organize::final_PLK()
{
    vector<float>cta, ctt;
    int i, f = chthteltemp.size();
    for (i = 0; i <f; i++)
    {
        if (absdif(chtharxtemp[i], chthteltemp[i]) >= 500)
        {
            cta.push_back(chtharxtemp[i]);
            ctt.push_back(chthteltemp[i]);
        }
    }
    f = ctt.size();
    for (i = 1; i < f; i++)
    {
        if (absdif(ctt[i - 1], cta[i]) >= 800.)

```

```

        {
            chtharxfin.push_back(cta[i - 1]);
            chhtelfin.push_back(ctt[i - 1]);
            if (i == (f - 1))
            {
                chtharxfin.push_back(cta[i]);
                chhtelfin.push_back(ctt[i]);
            }
        }
    else
    {
        chtharxfin.push_back(cta[i - 1]);
        chhtelfin.push_back(ctt[i]);
    }
}
printresults();
}
void organize::printresults()
{
    finalnumberofPLK = chtharxfin.size();
    int i,j=finalnumberofPLK,z=vbomv.size(),temp;
    string s1 = "PLK", s2 = "V", s5 = odhgiesfull(odhgies);
    s1 = s1 + "_" + s5 + scs + srev+".txt";
    s2 = s2 + "_" + s5 + scs + srev+".txt";
    fstream out,outvbom;
    out.open(s1, ios::out,ios::trunc);
    if (j == 0)
        out << "No need for extra lane" << endl;
    string s3 = "Arxh XTH PLK", s4 = "Telos XTH PLK";
    out << s3 << "\t" << s4 << endl;
    if(j!=0)
        for (i = 0; i < j; i++)
            out << chtharxfin[i] << "\t\t" << chhtelfin[i] << endl;
    out.close();
    outvbom.open(s2, ios::out, ios::trunc);
    outvbom << "Veet == " << veet<<endl<<"X.TH."<<"\t"<<"Vbom"<<"\t"<<"V85"
<< endl;
    for (i = 0; i < (z-1); i++)
    {
        outvbom <<chthel[i] << "\t\t" << vbomv[i] <<"\t"<<v85vel[i]<< endl;
    }
    outvbom.close();
}
int main()
{
    organize PLK;
    PLK.initiate();
}

```

```
exit(0);
```

```
}
```