ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

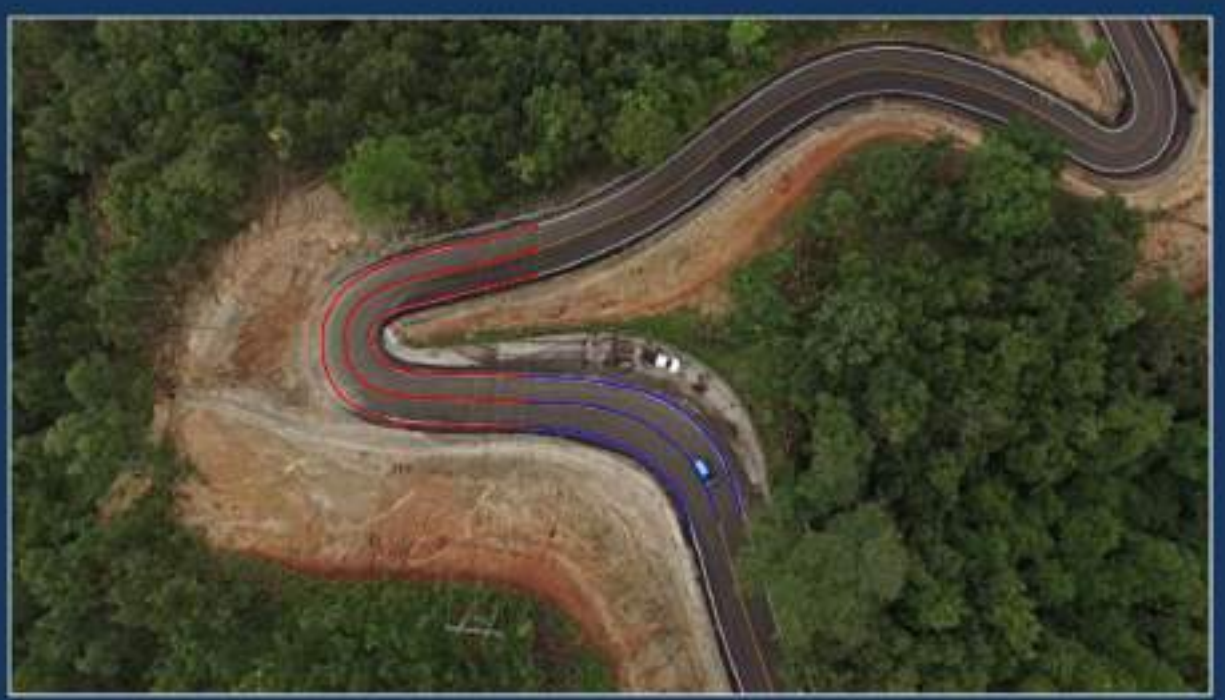
Διπλωματική Εργασία

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΠΛΑΤΥΝΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΟΔΩΝ ΜΙΚΡΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ

Αθανασιάδου Βασιλεία

Επιβλέπων: Α. Λοΐζος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Φ. Μερτζάνης, Επιστημονικός Συνεργάτης Ε.Μ.Π.



Αθήνα, Οκτώβριος 2015

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική Εργασία

«ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΠΛΑΤΥΝΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΟΔΩΝ ΜΙΚΡΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ»

ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΑ

Επιβλέπων: Α. Λοΐζος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Φ. Μερτζάνης, Επιστημονικός Συνεργάτης Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

Αφιερωμένη στην οικογένειά μου

και στους φίλους μου..

Ευχαριστίες

Με την παρούσα Διπλωματική Εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. Θα ήθελα λοιπόν, με την αφορμή αυτή, να ευχαριστήσω όλους εκείνους που στάθηκαν δίπλα μου, σε ολόκληρη τη φοιτητική μου πορεία.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. κύριο Ανδρέα Λοΐζο, που ανέλαβε την επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας και ιδιαιτέρως τον Επιστημονικό Συνεργάτη Ε.Μ.Π. κύριο Φώτη Μερτζάνη, για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, τη συνεχή βοήθεια και υποστήριξη κατά την εκπόνησή της καθώς και για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για την οργάνωση και τη διόρθωσή της. Χωρίς την πολύτιμη συνεισφορά του δε θα ήταν εφικτή η ολοκλήρωση της εργασίας. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάκτωρ Μηχανικό Ε.Μ.Π. κύριο Στέργιο Μαυρομάτη, για τη δημιουργική συνεργασία και το χρόνο που διέθεσε καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω, επίσης, τους φίλους και συμφοιτητές μου, και ιδιαίτερα τον συνάδελφο Κωνσταντίνο Ηλιάδη για την πολύτιμη βοήθεια και τη συνεχή υποστήριξη που μου προσέφεραν.

Το μεγαλύτερο, όμως, ευχαριστώ χρωστάω στην οικογένειά μου, που πάντα με στηρίζει στις επιλογές μου και με την απεριόριστη αγάπη και προσφορά της μου δίνει τη δυνατότητα να επιτύχω κάθε στόχο και επιδίωξή μου.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

Αθανασιάδου Βασιλεία

Σύνοψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνήθηκαν οι μεθοδολογίες υπολογισμού της διαπλάτυνσης σε καμπύλες οδών μικρής ακτίνας. Στόχος ήταν αφενός η εξέταση και η σύγκριση ορισμένων υφιστάμενων οδηγιών, αφετέρου η ανάπτυξη μιας ενιαίας μεθοδολογίας που να οδηγεί σε επιλύσεις με βέλτιστη σχέση ασφάλειας, λειτουργικότητας και οικονομίας. Πραγματοποιήθηκε εφαρμογή των υφιστάμενων οδηγιών με χρήση κοινών δεδομένων σχεδιασμού και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Διαπιστώθηκε σχετική διαφοροποίηση σε μικρές ακτίνες καμπυλότητας και σύγκλιση όσο η ακτίνα αυξανόταν. Για την ανάπτυξη ειδικής μεθοδολογίας υπολογισμού της διαπλάτυνσης δημιουργήθηκε το ειδικό λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή Vehicle Turn (VT), βάση του οποίου αποτέλεσε η προσομοίωση της κίνησης οχήματος σε απλή καμπύλη ή ελιγμό. Ο σχεδιασμός του γραφικού περιβάλλοντος εφαρμογής πραγματοποιήθηκε από το λογισμικό χάραξης H12. Ύστερα από σύγκριση των αποτελεσμάτων του VT και εκείνων από την εφαρμογή των ελληνικών οδηγιών ΟΜΟΕ – Χαράξεις, παρατηρήθηκε σχετική υπερδιαστασιολόγηση σε μικρές ακτίνες καμπυλότητας και υποδιαστασιολόγηση στις μεγάλες, το οποίο επιβεβαιώνει την ανάγκη για ανάπτυξη συμπληρωματικών μεθόδων προσέγγισης, όπως αυτή της προσομοίωσης.

Λέξεις Κλειδιά

Διαπλάτυνση, ανακάμπτων ελιγμός, στροφή, κυκλικό τόξο, οδηγίες διαπλατύνσεων σε καμπύλη, γωνία αλλαγής διεύθυνσης, λογισμικό Η/Υ προσομοίωσης κίνησης, Fortran.

Abstract

The present thesis investigates calculation procedures of the required widening of road pavement in curves of short radius. The aim was firstly to examine and compare some of the existing Directives, furthermore, to develop a common methodology, leading to a solution with optimal combination of security, functionality and low construction cost. Through the implementation of the existing Directives, using common design data, relative variation appeared in the results, especially in small radii of curvature, and convergence as the radius increased. In order to develop specific widening calculation methodology, special computer software Vehicle Turn (VT) was created. VT was based on the simulation of vehicle movement on simple curve or maneuver. The graphical environment on which VT ran was designed with the computer software H12. After comparing the results produced by VT with those from the application of Greek directives OMOE - X, relative oversizing by OMOE was observed in small radii of curvature and undersizing in large radii. This confirms the need of development of additional methods of approach to the existing Directives, including simulation.

Keywords:

Widening, maneuver, curve, circular arc, directives on curve widening, direction change angle, computer software of driving simulation, Fortran.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη μελέτη των μεθοδολογιών υπολογισμού της διαπλάτυνσης σε καμπύλες οδών μικρής ακτίνας. Για το σκοπό αυτό εξετάσθηκαν και συγκρίθηκαν οι εξής οδηγίες:

- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Χαράξεις,
- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Κύριες Αστικές Οδοί,
- Οδηγίες για την κατασκευή υπεραστικών οδών – RAL,
- Οδηγίες για την μελέτη αστικών οδών – RASt,
- Οδηγίες για την κατασκευή δασικών οδών – United Station Forest Service (USFS),
- Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητόδρομων – American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) και
- Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητόδρομων – AUSTROADS.

Κατά την εκπόνηση της παραπάνω μελέτης εντοπιστήκαν διαφορετικές προσεγγίσεις και παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη μεταξύ των οδηγιών. Οι οριζοντιογραφίες που μελετήθηκαν αφορούσαν γωνίες αλλαγής διεύθυνσης από 20 έως 380 grad με βήμα 20 grad και ακτίνα καμπυλότητας R=20m, R=50m και R=70m.

Ενώ υπήρξε σχετική σύγκλιση των αποτελεσμάτων, έγινε η διάκριση των οδηγιών σε δύο ομάδες, ανάλογα με τη χρήση της γωνίας αλλαγής διεύθυνσης ως παράμετρο υπολογισμού. Η παράμετρος αυτή οδήγησε σε σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων για μικρή ακτίνα καμπυλότητας και μικρή γωνία αλλαγής διεύθυνσης. Πιο συγκεκριμένα, οι οδηγίες που δεν χρησιμοποιούσαν τη γωνία αλλαγής διεύθυνσης ως παράμετρο υπολογισμού παρουσίασαν σχετική υπερδιαστασιολόγηση έναντι των υπολοίπων.

Η έλλειψη ενιαίας αντιμετώπισης, το μεγάλο εύρος αποτελεσμάτων και η απουσία πρόβλεψης ειδικών περιπτώσεων όπως των καμπύλων οδών μικρής ακτίνας σε κάποιες από τις υπό εξέταση οδηγίες κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη για ανάπτυξη του ειδικού λογισμικού ηλεκτρονικού υπολογιστή Vehicle Turn (VT), με στόχο την επίτευξη βέλτιστων και ευρέως αποδεκτών αποτελεσμάτων. Βάση της τελικής επίλυσης αποτέλεσε η προσομοίωση της κίνησης οχήματος σε απλή καμπύλη ή ελιγμό. Ο σχεδιασμός του γραφικού περιβάλλοντος εφαρμογής του VT πραγματοποιήθηκε από το λογισμικό χάραξης H12 στην περίπτωση απλής στροφής και από το συνδυασμό των προγραμμάτων Eligmos και του λογισμικού χάραξης H12 στην περίπτωση ανακάμπτοντος ελιγμού.

Οι παράμετροι εισόδου του προγράμματος VT ήταν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οχήματος σχεδιασμού (πρόσθια προεξοχή, μεταξόνιο, οπίσθια προεξοχή, πλάτος) και το βήμα σχεδιασμού της τροχιάς του οχήματος. Μέσω της χρήσης των H12 και Eligmos εφαρμόστηκαν γωνίες αλλαγής διεύθυνσης από 20 έως 180grad στην περίπτωση απλής στροφής και 200 έως 380 grad στην περίπτωση του ανακάμπτοντος ελιγμού (με βήμα 20grad), για ακτίνες καμπυλότητας R=20m, R=30m, R=40m,

R=50m, R=60m και R=70m. Πραγματοποιώντας δοκιμές υπολογίστηκε γραφικά το ελάχιστο απαιτούμενο πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας για κάθε έναν από τους παραπάνω συνδυασμούς. Η απαιτούμενη διαπλάτυνση προέκυπτε από τη διαφορά του βασικού πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας από το απαιτούμενο πλάτος κίνησης του οχήματος σχεδιασμού στην υπό εξέταση καμπύλη.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων εφαρμογής του VT με τα αντίστοιχα που προέκυψαν μέσω της εφαρμογής των ελληνικών οδηγιών ΟΜΟΕ – Χαράξεις.

Παρουσιάστηκε σχετική διαφοροποίηση, με εμφάνιση υπερδιαστασιολόγησης των ΟΜΟΕ σε καμπύλες μικρής ακτίνας καμπυλότητας και υποδιαστασιολόγησης σε καμπύλες μεγάλης ακτίνας. Επιπλέον, σχετικά με την κατανομή της διαπλάτυνσης, παρουσιάστηκε διαφοροποίηση των ΟΜΟΕ, που προτείνουν την εφαρμογή της στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας και των αποτελεσμάτων του VT, από τα οποία προκύπτει πως πρέπει να μοιράζεται ισόποσα και στις δύο άκρες τις οδού.

Απόρροια των παραπάνω διαφοροποιήσεων αποτελούν, στη μεν υπερδιαστασιολόγηση, πιθανή αύξηση του κόστους κατασκευής και δυσκολία εφαρμογής της χάραξης, στη δε υποδιαστασιολόγηση και στην ανεπαρκή κατανομή της, πιθανός περιορισμός στην ομαλή κυκλοφορία με ταυτόχρονη μείωση της ασφάλειας και της λειτουργικότητας.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, προέκυψε το συμπέρασμα πως η προσέγγιση προβλημάτων χάραξης με χρήση εξειδικευμένων μεθόδων, όπως αυτής της προσομοίωσης, επιτυγχάνει ορθότερες λύσεις έναντι της εφαρμογής των υφιστάμενων υπολογιστικών μεθόδων. Η ανάπτυξη τέτοιων δυναμικών εργαλείων καθιστά δυνατή την προσαρμογή στις εξειδικευμένες απαιτήσεις που πιθανόν παρουσιαστούν και επιτρέπει την καθολική εφαρμογή ενός ενιαίου τρόπου επίλυσης.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή 1

1.1 Γενική ανασκόπηση 1

1.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας 3

1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας 4

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση 7

2.1 Γενικά 7

2.2 Έρευνες 7

2.3 Μεθοδολογίες υπολογισμού διαπλατύνσεων σε καμπύλη 11

2.3.1 Γενικά 11

2.3.2 Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) 12

2.3.2.1 Βασικοί ορισμοί: Ομάδες Οδών - Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας 12

2.3.2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλάτυνσης για Κύριες Αστικές Οδούς . 19

2.3.2.3 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλατύνσεων για δευτερεύουσες οδούς . 21

2.3.3 Γερμανικές Οδηγίες Χάραξης 22

2.3.3.1 Βασικοί ορισμοί 22

2.3.3.2 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλάτυνσης σε καμπύλη σε αγροτική οδό (RAL) 23

2.3.3.3 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλάτυνσης σε καμπύλη σε οδό τοπικού χαρακτήρα (RASt) 23

2.3.4 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλατύνσεων σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες 26

2.3.4.1 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλάτυνσης σε αυτοκινητόδρομους σύμφωνα με τους Geometric Design of Highways & Streets – AASHTO 26

2.3.4.2 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλατύνσεων σε καμπύλες σύμφωνα με τις οδηγίες του Forest Service για δασικές οδούς 42

2.3.5 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλατύνσεων σε καμπύλες σύμφωνα με τις Αυστραλιανές Οδηγίες 48

2.4 Εφαρμογή και σύγκριση Οδηγιών διαπλάτυνσης σε καμπύλη 51

2.4.1 Γενικά 51

2.4.2 Εφαρμογή 51

2.4.3 Συμπεράσματα 55

3. Θεωρητικό υπόβαθρο 57
3.1 Μοντέλα Προσομοίωσης 57
3.2 Γραφική μέθοδος επίλυσης υπολογισμού τροχιάς οχήματος 58

4. Ανάπτυξη της μεθοδολογίας 61
4.1 Γενικά 61
4.2 Βασικές έννοιες 61
4.2.1 Θεωρία κυκλικού τόξου και τόξου συναρμογής 61
4.2.1.1 Κυκλικό τόξο 61
4.2.1.1.1 Εφαρμογή 61
4.2.1.1.2 Τυπικές και οριακές τιμές 63
4.2.1.1.3 Σχέση διαδοχικών καμπυλών 63
4.2.1.1.4 Τόξο κανίστρου 65
4.2.1.2 Τόξο συναρμογής 66
4.2.1.2.1 Εφαρμογή 66
4.2.1.2.2 Οριακές τιμές 66
4.2.1.2.3 Μορφές τόξων συναρμογής 71
4.2.1.2.3.1 Απλή Κλωθοειδής 71
4.2.1.2.3.2 S – καμπύλη 71
4.2.1.2.3.3 Ωοειδής καμπύλη 73
4.2.1.2.3.4 Κλωθοειδής κανίστρου 73
4.2.1.2.3.5 C - κλωθοειδής 73
4.2.1.2.3.6 Κλωθοειδής κορυφ*ής* 73
4.2.2 Ανακάμπτοντες ελιγμοί 74
4.2.2.1 Γενικά 74
4.2.2.2 Ορισμός και χαρακτηριστικά μεγέθη ελιγμού 74
4.2.2.3 Θεμελιώδεις αρχές εφαρμογής 75
4.2.2.4 Μορφολογία του ελιγμού 75
4.2.2.5 Τύποι ελιγμών 77
4.2.2.6 Οριζοντιογραφία του ελιγμού 77
4.2.2.7 Μηκοτομή του ελιγμού 78

4.2.2.8 Επικλίσεις στον ελιγμό 79
4.2.2.9 Απαιτούμενα σχέδια και διαγράμματα 79
4.2.2.10 Μεθοδολογία μελέτης ελιγμού 80
4.2.2.11 Χάραξη οριζοντιογραφίας και μηκοτομής βρόγχου 82
4.3 Προγράμματα Eligmos και Vehicle Turn 83
4.3.1 Γενικά 83
4.3.2 Αναλυτικές σχέσεις προγράμματος Eligmos 84
4.3.2.1 Γενικά 84
4.3.2.2 Σχέσεις υπολογισμού μεγεθών για τη χάραξη της οριζοντιογραφίας ελιγμού με συμμετρικά τόξα συναρμογής 84
4.3.2.2.1 Υπολογισμός στοιχείων της οριζοντιογραφίας μορφής βρόχου και σχεδιασμός κλάδων που συμβάλλουν στον ελιγμό 84
4.3.2.2.2 Σχεδιασμός του ελιγμού και των δυο λωρίδων κυκλοφορίας 87
4.3.2.3 Σχέσεις υπολογισμού μεγεθών για τη χάραξη της οριζοντιογραφίας ελιγμού με μη συμμετρικά τόξα συναρμογής 96
4.3.2.3.1 Υπολογισμός στοιχείων της οριζοντιογραφίας μορφής βρόχου και σχεδιασμός κλάδων που συμβάλλουν στον ελιγμό 96
4.3.2.3.2 Σχεδιασμός του ελιγμού και των δυο λωρίδων κυκλοφορίας 98
4.3.3 Πρόγραμμα Vehicle Turn 106
4.3.3.1 Περιγραφή πορείας επίλυσης 106
4.3.3.2 Παραδείγματα 111
4.3.3.2.1 Εφαρμογή VT σε απλή στροφή 111
4.3.3.2.2 Εφαρμογή VT στον ανακάμπτοντα ελιγμό 112

5. Εφαρμογή μοντέλου προσομοίωσης 113
5.1 Γενικά 113
5.2 Παραδοχές 113
5.3 Εφαρμογή του προγράμματος και παρουσίαση αποτελεσμάτων 114
5.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων εφαρμογής VT και OMOE - Χαράξεις 118
5.4.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων για χάραξη απλής στροφής 118
5.4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων για χάραξη ανακάμπτοντα ελιγμού 124
5.5 Συμπεράσματα 130

6. Συμπεράσματα – Προτάσεις 131

6.1 Γενικά 131

6.2 Συμπεράσματα 131

6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα 132

Βιβλιογραφία 133

Παράρτημα Α. Υποδιαίρεση ομάδων οδών σύμφωνα με τις ελληνικές οδηγίες 135

Παράρτημα Β. Οριζοντιογραφίες των υπό εξέταση κλάδων 137

Παράρτημα Γ. Προεδρικό Διάταγμα 71/07-04-1998 149

Παράρτημα Δ. Διαστάσεις οχημάτων σχεδιασμού για τις Αμερικάνικες και τις Αυστραλιανές οδηγίες σχεδιασμού 167

Παράρτημα Ε. Παρουσίαση προγραμμάτων 175

Κατάλογος Σχημάτων, Πινάκων, Διαγραμμάτων και Εικόνων

Σχήματα

Σχήμα 1.1 Διάγραμμα ροής βασικών σταδίων διπλωματικής εργασίας..... 5

Σχήμα 2.1 Δείκτης ατυχημάτων και ακτίνα ή βαθμός καμπυλότητας..... 8

Σχήμα 2.2 Επιλογή γεωμετρικών χαρακτηριστικών και επίδραση αυτών στην οδική ασφάλεια 10

Σχήμα 2.3 Επίδραση της γωνίας αλλαγής κατεύθυνσης στο δείκτη ατυχημάτων..... 10

Σχήμα 2.4 Διαπλάτυνση οδοστρώματος σε κυκλικό τόξο, ανά λωρίδα κυκλοφορίας 12

Σχήμα 2.5 Μέρη απαρτίζοντα τη διατομή υπεραστικής οδού με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, μιας λωρίδας κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση..... 15

Σχήμα 2.6 Μέρη απαρτίζοντα τη διατομή υπεραστικής οδού με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, χωρίς λωρίδα έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ)..... 15

Σχήμα 2.7 Μέρη απαρτίζοντα τη διατομή υπεραστικής οδού με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, και με λωρίδα έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ)..... 16

Σχήμα 2.8 Διαστάσεις του περιτυπώματος..... 17

Σχήμα 2.9 Διαστασιολόγηση λωρίδας κυκλοφορίας 18

Σχήμα 2.10 Βασικό πλάτος καταστρώματος οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας κατηγορίας LS III 23

Σχήμα 2.11 Θέση οχήματος εν κινήσει επί καμπύλης 25

Σχήμα 2.12 Γωνία ολίσθησης..... 26

Σχήμα 2.13 Πλάτος οχήματος για διαπλάτυνση του καταστρώματος της οδού σε καμπύλη.. 29

Σχήμα 2.14 Μπροστινή προεξοχή για διαπλάτυνση οδού σε καμπύλες 30

Σχήμα 2.15 Επιπλέον πλάτος ανοχής για την αντιμετώπιση των σφαλμάτων στην οδήγηση σε καμπύλα τμήματα..... 31

Σχήμα 2.16 Στοιχεία διαπλάτυνσης καμπύλης σε ανοιχτούς αυτοκινητόδρομους (αυτοκινητόδρομοι δύο λωρίδων, μονής ή διπλής κατεύθυνσης) 33

Σχήμα 2.17 Απεικόνιση πλάτους στροφής οδού σε περίπτωση συνάντησης..... 35

Σχήμα 2.18 Διαπλάτυνση καμπύλης για συνδυασμό οχημάτων A 44

Σχήμα 2.19 Διαπλάτυνση καμπύλης για συνδυασμό οχημάτων B..... 45

Σχήμα 2.20 Διαστάσεις οχήματος σχεδιασμού..... 52

Σχήμα 2.21 Υπολογιστικά φύλλα για την αυτοματοποίηση των υπολογισμών 53

Σχήμα 2.22 Διαπλάτυνση καμπύλης με ακτίνα καμπυλότητας R=20m..... 53

Σχήμα 2.23 Διαπλάτυνση καμπύλης με ακτίνα καμπυλότητας R=50m..... 54

Σχήμα 2.24 Διαπλάτυνση καμπύλης με ακτίνα καμπυλότητας R=70m..... 54

Σχήμα 4.1. Σχέση διαδοχικών ακτίνων κυκλικών τόξων για οδούς της ομάδας Α και της κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ (Επιθυμητή για τις κατηγορίες ΒΙΙΙ και ΒΙV)..... 64

Σχήμα 4.2 Ελάχιστες τιμές παραμέτρου κλωθοειδούς σε συνάρτηση με την ακτίνα και την επίκεντρη γωνία του κυκλικού τόξου..... 69

Σχήμα 4.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κλωθοειδούς..... 69

Σχήμα 4.4 Δυνατότητες εφαρμογής της κλωθοειδούς..... 72

Σχήμα 4.5 Γεωμετρική απεικόνιση του ελιγμού..... 76

Σχήμα 4.6 Οριζοντιογραφία του ελιγμού 78

Σχήμα 4.7 Οριζοντιογραφία οδικού τμήματος ΑΒ 80

Σχήμα 4.8 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου..... 82

Σχήμα 4.9 Απεικόνιση μεταβλητών a1, b1, a2, b2 85

Σχήμα 4.10 Απεικόνιση μεταβλητών d1k, d13, d3k, g..... 86

Σχήμα 4.11 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου..... 87

Σχήμα 4.12 Απεικόνιση μεταβλητών x5, y5, x6, y6, z3, b3, z4, b4, xm, ym..... 88

Σχήμα 4.13 Απεικόνιση μεταβλητών xA1, yA1, xA2, yA2, dko1, dko2,xo1, xo2, yo1, yo2.. 90

Σχήμα 4.14 Απεικόνιση μεταβλητών xwp1, ywp1, xwp2, ywp2, X, Xm..... 91

Σχήμα 4.15 Απεικόνιση μεταβλητών z7, b7, z8, b8 92

Σχήμα 4.16 Απεικόνιση μεταβλητών xw1, yw1, xw2, yw2..... 93

Σχήμα 4.17 Απεικόνιση μεταβλητών xd, yd..... 94

Σχήμα 4.18 Απεικόνιση μεταβλητών xd, yd, xd1, yd1, xd2, yd2 95

Σχήμα 4.19 Οριζοντιογραφία ελιγμού που προκύπτει μετά την εκτέλεση του προγράμματος με συμμετρικά τόξα συναρμογής..... 95

Σχήμα 4.20 Απεικόνιση μεταβλητών a1, b1, a2, b2 96

Σχήμα 4.21 Απεικόνιση μεταβλητών d1k, d13, d3k, g..... 97

Σχήμα 4.22 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου..... 98

Σχήμα 4.23 Απεικόνιση μεταβλητών x5, y5, x6, y6, z3, b3, z4, b4, xm, ym..... 99

Σχήμα 4.24 Απεικόνιση μεταβλητών xA1, yA1, xA2, yA2, dko1, dko2,
xo1, xo2, yo1, yo2..... 101

Σχήμα 4.25 Απεικόνιση μεταβλητών xwp1, ywp1, xwp2, ywp2, X, Xm..... 102

Σχήμα 4.26 Απεικόνιση μεταβλητών z7, b7, z8, b8 103

Σχήμα 4.27 Απεικόνιση μεταβλητών xd, yd..... 104

Σχήμα 4.28 Οριζοντιογραφία ελιγμού που προκύπτει μετά την εκτέλεση του προγράμματος με μη συμμετρικά τόξα συναρμογής 105

Σχήμα 4.29 Γεωμετρικά στοιχεία οχήματος σχεδιασμού και οδογραμμές..... 108

Σχήμα 4.30 Τοποθέτηση οχήματος σε απόσταση ίση με το βήμα σχεδιασμού..... 109

Σχήμα 4.31 Παρουσίαση γεωμετρικής επίλυσης..... 109

Σχήμα 4.32 Διάγραμμα ροής Vehicle Turn 110

Σχήμα 4.33 Οριζοντιογραφία και περιτύπωμα οχήματος σχεδιασμού για γωνίας αλλαγής διεύθυνσης 20g και ακτίνα καμπυλότητας R=20m..... 111

Σχήμα 4.34 Οριζοντιογραφία και περιτύπωμα οχήματος σχεδιασμού για γωνίας αλλαγής διεύθυνσης 160g και ακτίνα καμπυλότητας R=20m..... 111

Σχήμα 4.35 Οριζοντιογραφία και περιτύπωμα οχήματος σχεδιασμού για γωνίας αλλαγής διεύθυνσης 40g και ακτίνα καμπυλότητας R=50m..... 112

Σχήμα 4.36 Οριζοντιογραφία και περιτύπωμα οχήματος σχεδιασμού για γωνίας αλλαγής διεύθυνσης 100g και ακτίνα καμπυλότητας R=50m..... 112

Σχήμα 5.1 Όχημα σχεδιασμού εφαρμογής Vehicle Turn..... 114

Σχήμα 5.2 Υπολογιστικά φύλλα για την καταγραφή δεδομένων του VT 116

Σχήμα ΠΒ.1 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 20grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 138

Σχήμα ΠΒ.2 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 40grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 138

Σχήμα ΠΒ.3 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 60grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 139

Σχήμα ΠΒ.4 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 80grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 139

Σχήμα ΠΒ.5 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 100grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 140

Σχήμα ΠΒ.6 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 120grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 140

Σχήμα ΠΒ.7 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 140grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 141

Σχήμα ΠΒ.8 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 160grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 141

Σχήμα ΠΒ.9 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 180grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 142

Σχήμα ΠΒ.10 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 220grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 142

Σχήμα ΠΒ.11 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 240grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 144

Σχήμα ΠΒ.12 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 260grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 144

Σχήμα ΠΒ.13 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 280grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 145

Σχήμα ΠΒ.14 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 300grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 145

Σχήμα ΠΒ.15 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 320grad με ακτίνες R=20 έως R=70m..... 146

Σχήμα ΠΒ.16 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 340grad με ακτίνες R=20 έως R=70m 146

Σχήμα ΠΒ.17 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 360grad με ακτίνες R=20 έως R=70m 147

Σχήμα ΠΒ.18 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 380grad με ακτίνες R=20 έως R=70m 147

Σχήμα ΠΔ.1 Ελάχιστο πλάτος τροχιάς διαπολιτειακού ημιρυμουλκούμενου οχήματος σχεδιασμού σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες 170

Σχήμα ΠΔ.2 Χαρακτηριστικά καμπύλης για συνδυασμό τυπικού φορτηγού τράκτορα-ρυμουλκούμενου σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες 171

Σχήμα ΠΔ.3 Υπολογιστική μέθοδος για τον προσδιορισμό της κεντρικής ακτίνας καμπυλότητας για συνδυασμό τυπικού φορτηγού τράκτορα-ρυμουλκούμενου σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες 171

Σχήμα ΠΔ.4 Οχήματα σχεδιασμού σύμφωνα με τις Αυστραλιανές οδηγίες 172

Σχήμα ΠΔ.5 Οχήματα σχεδιασμού σύμφωνα με τις Αυστραλιανές οδηγίες 173

Πίνακες

Πίνακας 2.1 Περιοχή που ισχύουν οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων ΟΜΟΕ – ΛΚΟΔ 13

Πίνακας 2.2 Χαρακτηριστικές διαστάσεις τυπικών βαρέων οχημάτων 17

Πίνακας 2.3 Τυπικές διαστάσεις του περιτυπώματος 18

Πίνακας 2.4 Διαστάσεις λωρίδων κυκλοφορίας διατομής οδού (πλάτος τυπικού οχήματος για όλες τις ομάδες διατομών: 2.50m) 18

Πίνακας 2.5 Διαπλάτυνση οδοστρώματος σε καμπύλες 22

Πίνακας 2.6 Κατηγορίες οδών και πεδίο εφαρμογής γερμανικών οδηγιών 23

Πίνακας 2.7α Υπολογιστικά και σχεδιαστικά μεγέθη για τη διαπλάτυνση του καταστρώματος της οδού σε καμπύλες αυτοκινητόδρομων (αυτοκινητόδρομοι δύο λωρίδων, μονής ή διπλής κατεύθυνσης) 37

Πίνακας 2.7β Υπολογιστικά και σχεδιαστικά μεγέθη για τη διαπλάτυνση του καταστρώματος της οδού σε καμπύλες αυτοκινητόδρομων (αυτοκινητόδρομοι δύο λωρίδων, μονής ή διπλής κατεύθυνσης) 38

Πίνακας 2.8 Αναπροσαρμογές των μεγεθών της διαπλάτυνση του καταστρώματος της οδού σε καμπύλες αυτοκινητόδρομων (αυτοκινητόδρομοι δύο λωρίδων, μονής ή διπλής κατεύθυνσης) 39

Πίνακας 2.9 Σχέση διαπλάτυνσης με επίπεδο λειτουργικότητας 43

Πίνακας 2.10 Μήκη ομοιόμορφης κατανομής διαπλάτυνσης καμπύλης 47

Πίνακας 2.11 Διαπλάτυνση καμπύλης σύμφωνα με τις Αυστραλιανές Οδηγίες 50

Πίνακας 2.12 Οδηγίες υπολογισμού διαπλάτυνσης οδού σε καμπύλη 51

Πίνακας 2.5 Περιοχές που ισχύουν οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων 15

Πίνακας 4.1 Κριτήριο Ασφαλείας Ι για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (κατηγορίες ΑΙ έως Α IV). Όριο τιμών απόκλισης μεταξύ Ve και V85 για το χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής..... 62

Πίνακας 4.2 Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β 63

Πίνακας 4.3 Σχέση μεταξύ μηκών ευθυγραμμίας και μεταβολής της ταχύτητας V85 κατά την αλληλουχία ευθυγραμμία – καμπύλη 64

Πίνακας 4.4 Οριακές τιμές ωοειδούς καμπύλης 73

Πίνακας 4.5 Ελάχιστες ακτίνες (min Rs) σε κλωθοειδείς κορυφής 74

Πίνακας 4.6 Τύποι ελιγμών ανάλογα με την ακτίνα και το πλάτος του οδοστρώματος..... 77

Πίνακας 5.1 Βασικό πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας..... 113

Πίνακας ΠΑ.1 Υποδιαίρεση ομάδων των οδών Α έως Ε 134..... 136

Πίνακας ΠΔ.1 Διαστάσεις οχημάτων σχεδιασμού Αμερικάνικες οδηγίες (m) 168

Πίνακας ΠΔ.2 Διαστάσεις οχημάτων σχεδιασμού Αμερικάνικες οδηγίες (ft) 169

Διαγράμματα

Διάγραμμα 5.1 Απαιτούμενη διαπλάτυνση σε κυκλικό τόξο..... 117

Διάγραμμα 5.2 Απαιτούμενη διαπλάτυνση σε ανακάμπτοντα ελιγμό 117

Διάγραμμα 5.3 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=20m 118

Διάγραμμα 5.4 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=20m..... 118

Διάγραμμα 5.5 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=30m 119

Διάγραμμα 5.6 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=30m..... 119

Διάγραμμα 5.7 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=40m 120

Διάγραμμα 5.8 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=40m..... 120

Διάγραμμα 5.9 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=50m 121

Διάγραμμα 5.10 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=50m..... 121

Διάγραμμα 5.11 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=60m 122

Διάγραμμα 5.12 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=60m..... 122

Διάγραμμα 5.13 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=70m 123

Διάγραμμα 5.14 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=70m..... 123

Διάγραμμα 5.15 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντα ελιγμού, R=20m 124

Διάγραμμα 5.16 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=20m..... 124

Διάγραμμα 5.17 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντα ελιγμού, R=30m 125

Διάγραμμα 5.18 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=30m..... 125

Διάγραμμα 5.19 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντα ελιγμού, R=40m 126

Διάγραμμα 5.20 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=40m..... 126

Διάγραμμα 5.21 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντα ελιγμού, R=50m 127

Διάγραμμα 5.22 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=50m..... 127

Διάγραμμα 5.23 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντα ελιγμού, R=60m 128

Διάγραμμα 5.24 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=60m..... 128

Διάγραμμα 5.25 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντα ελιγμού, R=70m 129

Διάγραμμα 5.26 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=70m..... 129

Εικόνες

Εικόνα 1.1 Παράδειγμα διαδοχικών ανακαμπτόντων ελιγμών στη Γαλλία 1

Εικόνα 1.2 Οριακή διέλευση φορτηγού μεταφοράς ξυλείας 2

Εικόνα 1.3 Τρισδιάστατη προσομοίωση διέλευσης οχήματος από κυκλικό κόμβο 3

Εικόνα 2.1 Παράδειγμα κυκλικού τόξου με διαπλάτυνση σε ορεινή δασική περιοχή 11

Εικόνα 4.1 Παράδειγμα κυκλικού τόξου καμπύλης 61

Εικόνα 4.2 Χάραξη ελιγμού σε ορεινή δασική περιοχή 74

Εικόνα 4.3 Μοντέλο εδάφους..... 106

Εικόνα 4.4 Κορυφές οριζοντιογραφίας 106

Εικόνα 4.5 Στοιχεία οχήματος σχεδιασμού 107

Εικόνα 4.6 Στοιχεία χάραξης οριογραμμών 107

Εικόνα 5.1 Τυπική οριζοντιογραφία απλής στροφής..... 115

Εικόνα 5.2 Τυπική οριζοντιογραφία ανακάμπτοντος ελιγμού 116

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική ανασκόπηση

Ο σχεδιασμός και η χάραξη μίας οδού αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία στην οποία λαμβάνονται υπόψη πολλές κρίσιμες παράμετροι. Η συνήθης πολυσχιδής μορφολογία εδάφους που συχνά συναντάται και άλλοι παράγοντες όπως θέματα ιδιοκτησίας ή εμποδίων καθιστούν συχνή την εφαρμογή καμπυλών ποικίλων γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Με βάση τη γωνία αλλαγή διεύθυνσης που πραγματοποιείται μπορεί να γίνει η διάκριση των καμπυλών σε απλές στροφές και ανακάμπτοντες ελιγμούς.

Εικόνα 1.1 Παράδειγμα διαδοχικών ανακαμπτόντων ελιγμών στη Γαλλία

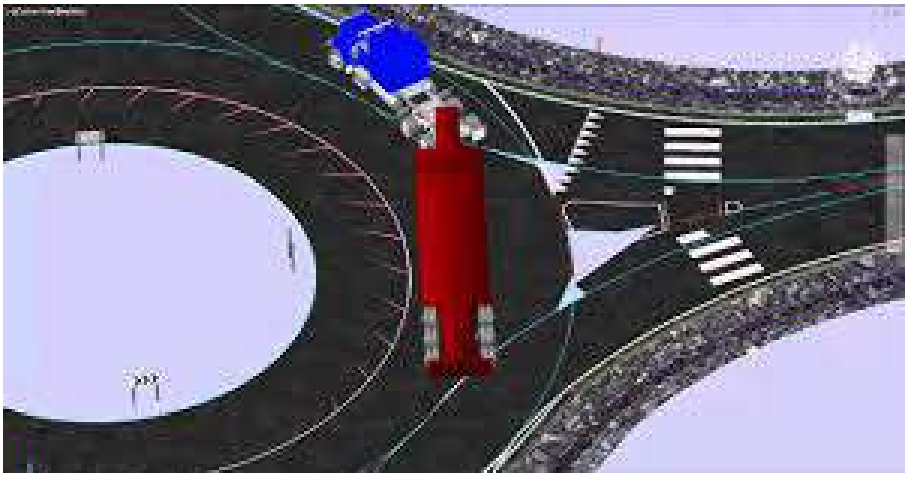
Ανεξαρτήτου κατηγορίας, οι καμπύλες αποτελούν ιδιαίτερα στοιχεία χάραξης και απαιτούν ειδική αντιμετώπιση σε σύγκριση με την απλή ευθυγραμμία. Παράδειγμα τέτοιας αντιμετώπισης αποτελεί η διαπλάτυνση του οδοστρώματος. Κάνοντας ανασκόπηση σε οδηγίες που εφαρμόζονται σε ορισμένα κράτη παρατηρείται διαφοροποίηση τόσο στη μεθοδολογία όσο και στα αποτελέσματα που αποδίδουν. Αυτή η διαφοροποίηση απορρέει από μία γενικότερη έλλειψη κοινών προτύπων εφαρμογής, λόγω της αδυναμίας αντιμετώπισης των ιδιαιτεροτήτων και των μεμονωμένων αναγκών που πιθανόν παρουσιάζονται από υπολογιστικές μεθόδους, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη περιορισμένο αριθμό παραμέτρων.

Παράμετροι όπως η μηκοτομή ή η εξυπηρέτηση και η χρήση της οδού μπορούν να διαφοροποιήσουν σημαντικά τις απαιτήσεις χάραξης και η συμπερίληψή τους στην πορεία επίλυσης κρίνεται αναγκαία.

Σημαντικό είναι επίσης να λαμβάνονται υπόψη μηχανολογικά χαρακτηριστικά των οχημάτων σχεδιασμού όπως η μέγιστη γωνία στροφής με στόχο τη μέγιστη προσέγγιση πραγματικών συνθηκών.

Εικόνα 1.2 Οριακή διέλευση φορτηγού μεταφοράς ξυλείας

Σε αρκετά κράτη, όπως η Γερμανία, γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης συμπληρωματικών εργαλείων προς τις υπάρχουσες οδηγίες με χρήση νέων τεχνολογιών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η προσομοίωση κίνησης σε πραγματικές συνθήκες και η τηλεματική. Έχει αποδειχθεί ότι η υιοθέτηση τέτοιων τακτικών οδηγεί στην επίτευξη βέλτιστων λύσεων, οι οποίες προσαρμόζονται στις εκάστοτε συνθήκες και αποδίδουν την επιθυμητή σχέση ασφάλειας, κόστους και λειτουργικότητας. Ο δυναμικός τους χαρακτήρας, τις καθιστά κατάλληλες για ευρεία εφαρμογή και ικανές να αναπροσαρμόζονται στις αναπτυσσόμενες ανάγκες των οδικών μεταφορών.



Εικόνα 1.3 Τρισδιάστατη προσομοίωση διέλευσης οχήματος από κυκλικό κόμβο

1.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η σύγκριση των ισχυουσών οδηγιών για τον υπολογισμό της διαπλάτυνσης του οδοστρώματος σε καμπύλες οδών μικρής ακτίνας. Επιπρόσθετος στόχος είναι η ανάπτυξη μεθόδου υπολογισμού της διαπλάτυνσης με τη δυνατότητα ενιαίας εφαρμογής και προσαρμογής σε ειδικές περιπτώσεις. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ειδικό λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή το οποίο, μέσω της διαδικασίας της προσομοίωσης κίνησης του οχήματος σχεδιασμού επί της οδού, υπολογίζει την απαιτούμενη διαπλάτυνση. Πραγματοποιήθηκαν παραδείγματα για διάφορες τιμές ακτίνας καμπυλότητας και γωνίας αλλαγής διεύθυνσης και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων με εκείνα της εφαρμογής των ελληνικών οδηγιών ώστε να διεξαχθούν ανάλογα συμπεράσματα.

1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας συνοψίζεται ως εξής:

Στο **πρώτο κεφάλαιο** πραγματοποιείται συνοπτική αναφορά στο πρόβλημα της έλλειψης κοινής μεθοδολογίας υπολογισμού διαπλάτυνσης οδοστρώματος σε καμπύλη και η ανάγκη για την ανάπτυξη ενιαίας μεθοδολογίας που να προσαρμόζεται στην εκάστοτε περίπτωση και να επιτυγχάνει βέλτιστα αποτελέσματα.

Το **δεύτερο κεφάλαιο** περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται, έρευνες σχετικά με την οδική ασφάλεια στις οριζόντιες καμπύλες και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους. Παράμετροι όπως το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας, η ακτίνα καμπυλότητας και η γωνία αλλαγής διεύθυνσης επηρεάζουν σημαντικά την οδική ασφάλεια της οδού. Με βάση τα παραπάνω, γίνεται διερεύνηση υφιστάμενων οδηγιών σχετικά με τον υπολογισμό της διαπλάτυνσης του οδοστρώματος σε καμπύλη, ειδικά στις περιπτώσεις εφαρμογής μικρής ακτίνας. Τέλος, πραγματοποιείται εφαρμογή των υπό εξέταση οδηγιών με κοινές παραμέτρους εισόδου και σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν με ανάλογη διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο βασίστηκε η παρούσα διπλωματική εργασία. Αναλύεται η μέθοδος της προσομοίωσης και η γραφικής μέθοδος επίλυσης υπολογισμού τροχιάς στην οποία βασίστηκε το λογισμικό που αναπτύχθηκε.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** πραγματοποιείται η ανάπτυξη της μεθοδολογίας. Αρχικά παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες του κυκλικού τόξου και του ανακάμπτοντα ελιγμού. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή Eligmos, το οποίο δημιουργήθηκε για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών μεγεθών και την αυτοματοποίηση του σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας του ανακάμπτοντος ελιγμού, καθώς και το Vehicle Turn (VT), το οποίο δημιουργήθηκε για τον υπολογισμό της απαιτούμενης διαπλάτυνσης σε καμπύλη μέσω της προσομοίωσης κίνησης του οχήματος σχεδιασμού. Περιγράφεται αναλυτικά η πορεία επίλυσης που ακολουθείται και παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα εφαρμογής.

Το **πέμπτο κεφάλαιο** περιλαμβάνει την εφαρμογή του μοντέλου προσομοίωσης, χρησιμοποιώντας δεδομένα σχεδιασμού προσαρμοσμένα στις ελληνικές οδηγίες. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν με τα αντίστοιχα των ελληνικών οδηγιών ΟΜΟΕ-Χαράξεις με ανάλογη διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο **έκτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα βασικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα διπλωματική εργασία και γίνονται προτάσεις για εφαρμογή και περαιτέρω έρευνα.

Τέλος, παρατίθενται η **βιβλιογραφία** που μελετήθηκε για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας και τα **παραρτήματα.**

Σχήμα 1.1 Διάγραμμα ροής βασικών σταδίων διπλωματικής εργασίας

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ερευνών σχετικά με την οδική ασφάλεια στις οριζόντιες καμπύλες και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους. Πιο συγκεκριμένα, η εμφάνιση ατυχημάτων σε μια οριζόντια καμπύλη θεωρείται πως είναι συνάρτηση της ακτίνας καμπυλότητας. Επιπλέον, το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας έχει άμεση επίδραση στα ατυχήματα τύπου εκτροπής και σύγκρουσης αντιθέτων οχημάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων που εφαρμόζονται στην Ελλάδα σχετικά με τη διαπλάτυνση του οδοστρώματος σε καμπύλη που επηρεάζει το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας μία οδού.

2.2 Έρευνες

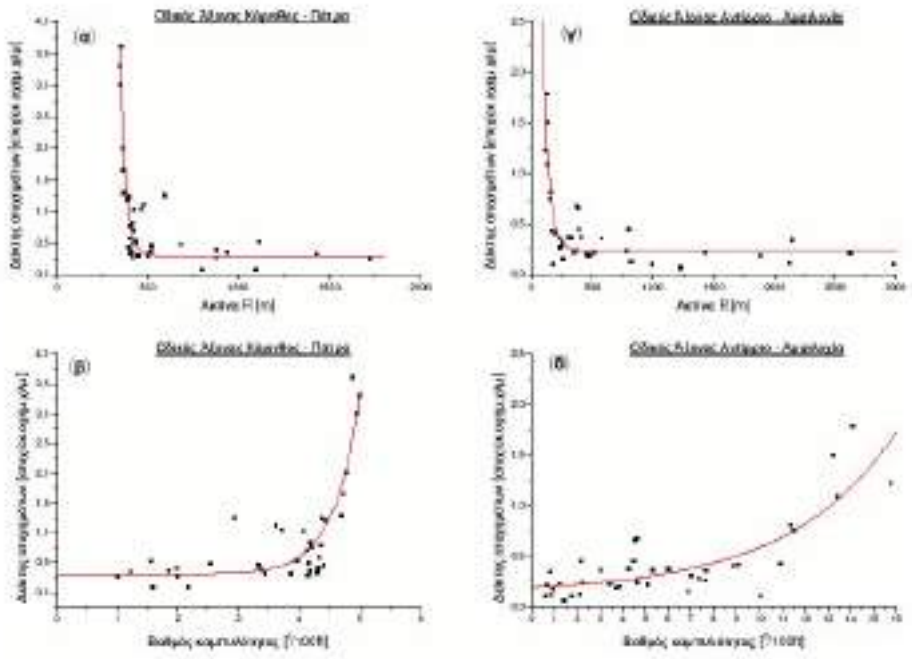
Ύστερα από αναζήτηση σχετικών μελετών από την Ελλάδα και το εξωτερικό εντοπίστηκαν τα παρακάτω:

3ο Πανελλήνιο συνέδριο οδικής ασφάλειας, Πάτρα, 10-11 Οκτ., 2005 - Ευάγγελος Ματσούκης, Δημήτρης Μπαλαδήμας, Σπουδαστήριο Τεχνικής Μεταφορών και Κυκλοφορίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών – Συσχέτιση οδικής ασφάλειας στις οριζόντιες καμπύλες και γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Η περίπτωση των υπεραστικών δρόμων

Στη συγκεκριμένη εργασία εντοπίστηκαν διάφορα στοιχεία της οριζόντιας χάραξης τα οποία σχετίζονται με την ασφάλεια στις οριζόντιες καμπύλες. Η ασφάλεια σε μια οριζόντια καμπύλη - συχνότητα ατυχημάτων και βαθμός επικινδυνότητας - καθορίζεται εν μέρει από χαρακτηριστικά εσωτερικά (βαθμός ή καμπυλότητα καμπύλης, υπερύψωση κ.λπ.) και εν μέρει από χαρακτηριστικά εξωτερικά προς αυτήν (πυκνότητα των καμπυλών ανάντη, μήκος των εφαπτόμενων τμημάτων, μήκος ορατότητας κ.λπ.) τα οποία επηρεάζουν την συμπεριφορά του οδηγού και την ταχύτητα προσέγγισης στην καμπύλη.
Στην εργασία αυτή εξετάζεται η συσχέτιση του δείκτη ατυχημάτων με τον βαθμό καμπυλότητας. Ως βαθμός καμπυλότητας (D) ορίζεται ο αριθμός των βαθμών τόξου στο οποίο αντιστοιχεί καμπύλη μήκους 100 ποδιών. Η ακτίνα της καμπύλης (R) σε μέτρα ισοδυναμεί με 1748/D.
Για την εξέταση της σχέσης μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών μίας οδού και του δείκτη ατυχημάτων μελετήθηκαν τα στοιχεία των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και οι κυκλοφοριακοί φόρτοι της Εθνικής οδού Αθήνα - Κόρινθος – Πάτρα και της Εθνικής οδού Αντιρρίου – Μεσολόγγι – Άρτα. Επιπλέον μελετήθηκαν τα στοιχεία ατυχημάτων και κυκλοφοριακών φόρτων τα οποία προέρχονται από τη βάση δεδομένων του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. Τα διαθέσιμα στοιχεία αναφέρονται στα έτη 1996 έως 2003 και περιλαμβάνουν για κάθε συμβάν το έτος, τη χιλιομετρική θέση όπου

έγινε το ατύχημα και εάν αυτό συνέβη σε ευθυγραμμία, δεξιά ή αριστερή στροφή ή αλληλουχία στροφών.

Για την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων, επιλέχθηκαν τα τμήματα που ανήκουν σε κυκλικό τόξο και εντοπίστηκαν τα καταγεγραμμένα ατυχήματα από τη βάση δεδομένων. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο δείκτης ατυχημάτων Rs για κάθε καμπύλη. Με τον δείκτη ατυχημάτων κατατάσσονται οι εξεταζόμενες θέσεις ανάλογα με τον αριθμό των ατυχημάτων που συμβαίνουν σε κάθε θέση σε μια προκαθορισμένη περίοδο, διαιρούμενο όμως με ένα μέγεθος (συνήθως εκατομμύρια οχηματοχιλιόμετρα) που εκφράζει το βαθμό χρησιμοποίησης της εξεταζόμενης θέσης στην ίδια περίοδο. Η τελική μορφή των δεδομένων αποτελείται από τα ζεύγη του δείκτη ατυχημάτων σε κάθε καμπύλη και την ακτίνα (και κατ' επέκταση του βαθμού καμπυλότητας) της καμπύλης.



Σχήμα 2.1 Δείκτης ατυχημάτων και ακτίνα ή βαθμός καμπυλότητας

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τους ελληνικούς υπεραστικούς δρόμους είναι τα εξής:

1. Ο αριθμός ατυχημάτων ελαττώνεται με την αύξηση της ακτίνας της καμπύλης με μορφή - σε γενικές γραμμές - αρνητική εκθετική. Επίσης, επειδή η ακτίνα είναι ανάλογη προς το αντίστροφο της τιμής του βαθμού καμπυλότητας, ο αριθμός ατυχημάτων αυξάνει εκθετικά σε σχέση με τον βαθμό καμπυλότητας.

2. Η καμπύλη που ακολουθείται είναι *μετατοπισμένη* εκθετική κατανομή. Ο λόγος της ύπαρξης *μετατόπισης* είναι απλά ότι δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για μικρού μεγέθους ακτίνες - τέτοιες ακτίνες, κάτω από ένα ορισμένο όριο, δεν χρησιμοποιούνται στους υπό εξέταση υπεραστικούς δρόμους .

3. Για να προσδιοριστεί επακριβώς η μετατόπιση, χρειάζεται να μπει και αυτή ως παράμετρος στους υπολογισμούς. Σ' αυτήν την περίπτωση, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η κατανομή Γάμα, με μία επιπλέον παράμετρο.

4. Γύρω στην τιμή της R = 500, φαίνεται ότι υπάρχει μια καμπή της καμπύλης συσχέτισης αριθμού ατυχημάτων και ακτίνας. Αυτό συμφωνεί και με τα ευρήματα των διεθνών αντίστοιχων ερευνητικών προσπαθειών.

Μπαλαδήμας Γεώργιος, Διατριβή με θέμα: Οδική Ασφάλεια και γεωμετρικά χαρακτηριστικά υπεραστικών οδών δύο λωρίδων κυκλοφορίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Τεχνολογίας του Περιβάλλοντος και Συγκοινωνιών, Σπουδαστήριο Τεχνικής των Μεταφορών και Κυκλοφορίας, Μάιος 2006

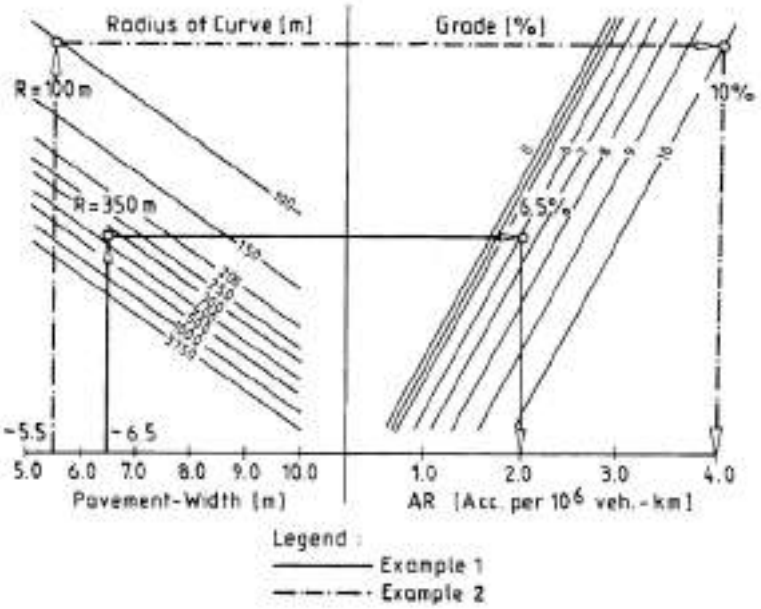
Η εργασία αυτή έχει σαν στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών στην οδική ασφάλεια. Αρχικά γίνεται μία γενική αναφορά στην οδική ασφάλεια και παρουσιάζονται συνοπτικά στοιχεία για το επίπεδο οδικής ασφάλειας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και στη χώρα μας. Παρουσιάζονται επίσης οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια, που είναι το όχημα, η οδός και οι χρήστες της.

Στη συνέχεια γίνεται μία συνοπτική αναφορά των κυριότερων μέτρων που προβλέπονται για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας από τους ισχύοντες κανονισμούς για το γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών. Αναλύονται οι κανονισμοί που περιλαμβάνουν τις διαδικασίες για τον έλεγχο της οδικής ασφάλειας, ο οποίος περιλαμβάνει τον έλεγχο της επαρκούς διαπλάτυνσης στις οδούς. Περιγράφονται οι ερευνητικές προσπάθειες που έχουν γίνει κυρίως στο εξωτερικό, προς την κατεύθυνση συσχέτισης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών οδικών τμημάτων με τα ατυχήματα έτσι ώστε να προσδιορίζονται επικίνδυνες θέσεις και να προτείνονται τα αποτελεσματικότερα μέτρα για την πρόληψή τους. Στις έρευνες αυτές εξετάζεται η επίδραση της ακτίνας της οριζόντιας καμπύλης στο δείκτη ατυχημάτων.

Επίσης εξετάζεται η επιρροή και άλλων γεωμετρικών χαρακτηριστικών όπως το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας, η κατά μήκος κλίση και η ακτίνα της καμπύλης. Στο Σχήμα 2.2 παρουσιάζεται Νομογράφημα επιλογής γεωμετρικών χαρακτηριστικών και επίδραση αυτών στην οδική ασφάλεια. Στο σχήμα παρουσιάζονται δύο παραδείγματα:

Παράδειγμα 1: για πλάτος οδοστρώματος 6,50m, ακτίνα R=350m, κατά μήκος κλίση g=6,5% ο αναμενόμενος δείκτης ατυχημάτων είναι 2 ατυχήματα/ανα εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα/έτος

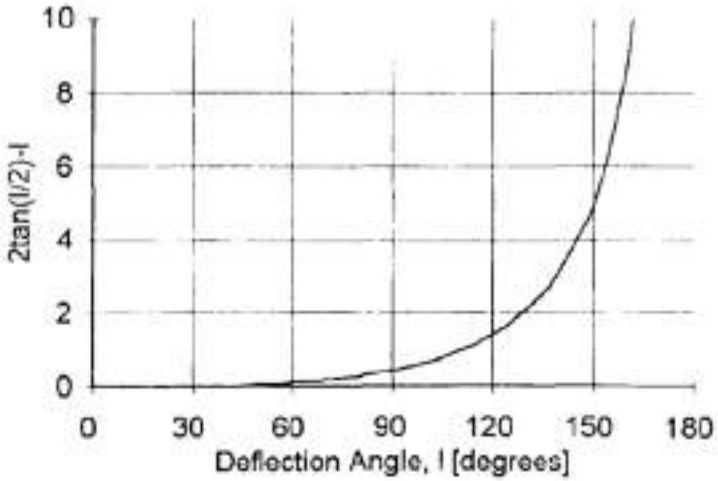
Παράδειγμα 1: για πλάτος οδοστρώματος 5,50m, ακτίνα R=100m, κατά μήκος κλίση g=10% ο αναμενόμενος δείκτης ατυχημάτων είναι 4 ατυχήματα/εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα/έτος



Σχήμα 2.2 Επιλογή γεωμετρικών χαρακτηριστικών και επίδραση αυτών στην οδική ασφάλεια

Σχετικά με το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας, με περαιτέρω έρευνα προκύπτει πως έχει άμεση επίδραση στα ατυχήματα τύπου εκτροπής και σύγκρουση αντίθετων οχημάτων και η αύξησή του οδηγεί στη μείωσή τους.

Τέλος αναλύονται τα δεδομένα της μελέτης που αναφέρθηκε παραπάνω (2005 - Ευάγγελος Ματσούκης, Δημήτρης Μπαλαδήμας - Συσχέτιση οδικής ασφάλειας στις οριζόντιες καμπύλες και γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Η περίπτωση των υπεραστικών δρόμων) και προσδιορίζεται η επίδραση της γωνίας αλλαγής διεύθυνσης που δεν λαμβάνεται υπόψη στους ελληνικούς κανονισμούς. Πιο συγκεκριμένα, για μεγάλες γωνίες αλλαγής κατεύθυνσης ο δείκτης ατυχημάτων αυξάνεται σημαντικά όσο μικραίνει η ακτίνα που επιλέγεται να εφαρμοσθεί. Στο Σχήμα 2.3 φαίνεται η επίδραση της γωνίας αλλαγής κατεύθυνσης στο δείκτη ατυχημάτων.



Σχήμα 2.3 Επίδραση της γωνίας αλλαγής κατεύθυνσης στο δείκτη ατυχημάτων

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω έρευνες, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως οι οριζόντιες καμπύλες αποτελούν κρίσιμα σημεία χάραξης. Παράμετροι όπως το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας, η ακτίνα καμπυλότητας και η γωνία αλλαγής διεύθυνσης επηρεάζουν σημαντικά την οδική ασφάλεια της οδού. Με βάση τα παραπάνω, προέκυψε η ανάγκη για διερεύνηση των υφιστάμενων οδηγιών σχετικά με τον υπολογισμό της διαπλάτυνσης του οδοστρώματος σε καμπύλη, ειδικά στις περιπτώσεις εφαρμογής μικρής ακτίνας.

2.3 Μεθοδολογίες υπολογισμού διαπλατύνσεων σε καμπύλη

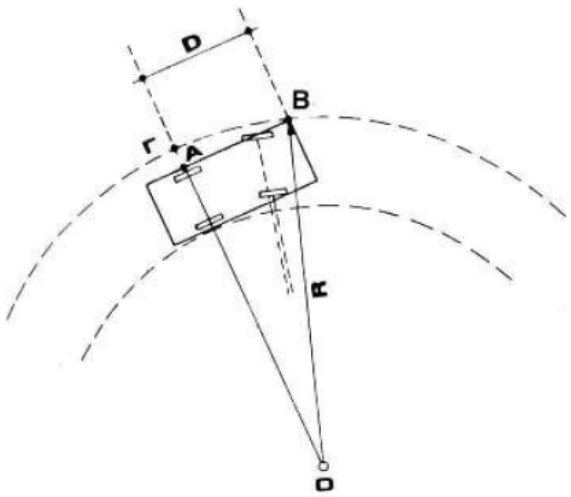
2.3.1 Γενικά

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μεθοδολογίες υπολογισμού της διαπλάτυνσης σε καμπύλες σύμφωνα με τις:

- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Χαράξεις,
- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Κύριες Αστικές Οδοί,
- Οδηγίες για την κατασκευή υπεραστικών οδών - RAL,
- Οδηγίες για την μελέτη αστικών οδών - RASt,
- Οδηγίες για την κατασκευή δασικών οδών – United Station Forest Service (USFS),
- Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητόδρομων – American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) και
- Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητόδρομων - AUSTROADS.

Εικόνα 2.1 Παράδειγμα κυκλικού τόξου με διαπλάτυνση σε ορεινή δασική περιοχή

Με τον όρο διαπλάτυνση εννοούμε το επιπλέον πλάτος της οδού που απαιτείται όταν ένα όχημα κινείται σε καμπύλη. Η απαίτηση της διαπλάτυνσης οφείλεται στο φαινόμενο κατά το οποίο οι πίσω τροχοί του οχήματος διαγράφουν τροχιά που βρίσκεται εσωτερικά της τροχιάς που διαγράφουν οι μπροστινοί τροχοί, με αποτέλεσμα να καταβάλλεται μεγαλύτερη προσπάθεια για να κρατηθεί το όχημα στην τροχιά του, μέσα στη λωρίδα της οδού που κινείται. Επιπλέον κατά τη διασταύρωση δύο οχημάτων, στην καμπύλη, απαιτείται μεγαλύτερη απόσταση ασφαλείας μεταξύ τους, σε σχέση με την ευθυγραμμία.



Σχήμα 2.4 Διαπλάτυνση οδοστρώματος σε κυκλικό τόξο, ανά λωρίδα κυκλοφορίας

2.3.2 Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ)

2.3.2.1 Βασικοί ορισμοί: Ομάδες Οδών - Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας

Ένα οδικό τμήμα κατατάσσεται σε μία ομάδα οδών με βάση τη θέση και τις διάφορες απαιτήσεις χρήσεων. Ιδιαίτερα όσον αφορά τις οδούς με παρόδια δόμηση, οι απαιτήσεις των χρήσεων επηρεάζονται πάρα πολύ από το είδος, τη σύνθεση, την πυκνότητα και την τάση εγκατάστασης αυτών των χρήσεων, π.χ. είναι καθοριστικής σημασίας, όταν πρόκειται για χρήση της παρόδιας δόμησης μόνο για λόγους κατοικίας, αν συνυπάρχει με την κατοίκηση η παροχή υπηρεσιών, ή αν η δόμηση χρησιμοποιείται μόνο για εμπορικούς ή βιομηχανικούς σκοπούς. Ιδιαίτερης επίσης σημασίας για τη λειτουργία της πρόσβασης και της παραμονής είναι το γεγονός της ύπαρξης δημόσιων εγκαταστάσεων (π.χ. σχολεία, παιδικοί σταθμοί, νοσοκομεία, μουσεία). Πολύ σημαντικός είναι επίσης ο βαθμός δόμησης της περιοχής (υλοποιημένος συντελεστής ΣΔ) αλλά και η προβλεπόμενη ένταση εγκατάστασης ορισμένων χρήσεων οι οποίες εμφανίζουν μεγαλύτερη δυναμικότητα στη χωροθέτησή τους παρόδια έναντι άλλων, με αποτέλεσμα την αλλαγή της σύστασης /σύνθεσης των χρήσεων γης. Για παράδειγμα, η επεκτατική διάθεση εγκατάστασης εμπορίου συρρικνώνει την κατοικία.

Στη Ελλάδα η νομοθεσία που διέπει την κατάταξη των οικιστικών περιοχών (πόλεις, χωριά, παραθεριστικοί οικισμοί κτλ) είναι σύνθετη και όχι πλήρως θεσμοθετημένη. Η αντιστοίχηση με μεγάλο βαθμό προσέγγισης της λειτουργικής κατάταξης των οικισμών αλλά και των κέντρων και άλλων περιοχών των πόλεων με την αντίστοιχη κατάταξη, όπως ισχύει σε άλλες χώρες, είναι απαραίτητη, προκειμένου να είναι δυνατή η εφαρμογή της μεθοδολογίας που περιγράφεται για τον καθορισμό της λειτουργικής κατάταξης του οδικού δικτύου. Ο πολεοδομικός χαρακτηρισμός του είδους της δόμησης και της χρήσης της δεν μπορεί μόνος του να καθορίσει με επάρκεια ούτε τις απαιτήσεις της σύνδεσης και της πρόσβασης, ούτε τις απαιτήσεις της μη – κυκλοφοριακής λειτουργίας της παραμονής. Στην προσπάθεια, επομένως, για αντιμετώπιση αυτών των αντικρουόμενων χρήσεων μέσω του σχεδιασμού και της μελέτης, ο προσδιορισμός της καθοριστικής λειτουργίας μιας οδού έρχεται σε πρώτη

θέση προκειμένου να εντοπισθεί η κατηγορία της. Η απόδοση σε ένα οδικό τμήμα μιας καθοριστικής λειτουργίας δεν σημαίνει, εν τούτοις, ότι θα πρέπει να αγνοηθούν οι απαιτήσεις, που θα προέρχονται από τις υπόλοιπες δύο λειτουργίες.

Ο καθορισμός μιας λειτουργίας σε μία οδό προϋποθέτει να έχουν αποφασισθεί οι λειτουργικές απαιτήσεις που τυχόν εμφανισθούν σε ένα οδικό τμήμα, οι οποίες, ενώ θα είναι αντικρουόμενες, θα θεωρηθούν από το σχεδιασμό ως καθοριστικές για τη συγκεκριμένη οδό.

Οι οδοί επομένως διακρίνονται κατά τμήματα με βάση τα επόμενα κριτήρια:

α. Θέση εντός ή εκτός σχεδίου πόλης (νοούνται και οι οικισμοί προ του 1923)

β. Δυνατότητα εξυπηρέτησης παρόδιων ιδιοκτησιών

γ. Καθοριστικά λειτουργικά χαρακτηριστικά, αποτέλεσμα της στάθμισης των απαιτήσεων στη χρήση της οδού από τις τρεις λειτουργικές δυνατότητες.

γ1. Σύνδεση,

γ2. Πρόσβαση,

γ3. παραμονή

Με βάση αυτά τα κριτήρια ορίζονται πέντε ομάδες οδών Α έως Ε, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 2-1.

Θέση	Εξυπηρέτηση παρόδιων ιδιοκτησιών	Λειτουργικός χαρακτήρας	Ομάδα Οδών	Εφαρμοζόμενη Οδηγία	Συμβολισμός
1	2	3	4	5	6
εκτός σχεδίου	με περιορισμούς	σύνδεση	Α	**Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου** Διατομές Χαράξεις Ισόπεδοι Κόμβοι Ανισόπεδοι Κόμβοι	**ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ** ΟΜΟΕ-Δ ΟΜΟΕ-Χ ΟΜΟΕ-ΙΚ* ΟΜΟΕ-ΑΚ*
εντός σχεδίου	με περιορισμούς	σύνδεση	Β		
εκτός σχεδίου**	ναι	σύνδεση	Γ	**Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου** Κύριες Αστικές Οδοί	**ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ** ΟΜΟΕ-ΚΑΟ
εντός σχεδίου	ναι	σύνδεση	Γ		
		πρόσβαση	Δ	**Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου** Δευτερεύουσες Αστικές Οδοί	**ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ** ΟΜΟΕ-ΔΑΟ*
		παραμονή	Ε		

* εκκρεμεί η εκπόνησή τους
** νοούνται περιπτώσεις που από την ισχύουσα νομοθεσία επιτρέπεται η δόμηση

Πίνακας 2.1 Περιοχή που ισχύουν οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων ΟΜΟΕ – ΛΚΟΔ

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 (Παράρτημα Α, Πίνακας ΠΑ.1).

Η Λωρίδα κυκλοφορίας μίας οδού διαχωρίζεται σε:

- Κύρια, που είναι κάθε διήκουσα λωρίδα κυκλοφορίας της κανονικής διατομής.
- Πρόσθετη (ΠΛΚ), που είναι κάθε λωρίδα που προστίθεται στις κανονικές λωρίδες για συγκεκριμένο μήκος της οδού με σκοπό να εξυπηρετήσει ανάγκες αριστερής ή δεξιάς στροφής ή βραδυπορείας.

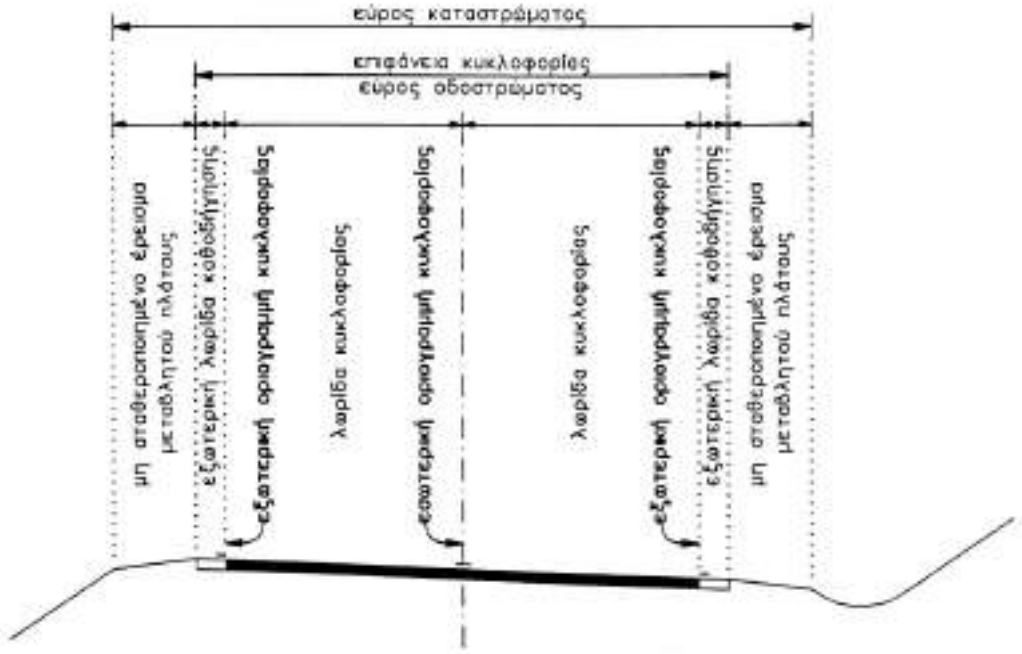
Οι Βασικές διαστάσεις της λωρίδας κυκλοφορίας εξαρτώνται από τις παραμέτρους που επηρεάζουν τόσο τη διαμόρφωση όσο και την επιλογή των μερών που συνιστούν τις διατομές οι οποίες είναι:

- τα λειτουργικά δεδομένα του οδικού δικτύου
- τα λειτουργικά δεδομένα της κυκλοφορίας, όπως:
    - η ταχύτητα
    - ο φόρτος και
    - η σύνθεση της κυκλοφορίας
- οι επιπτώσεις στο περιβάλλον,
- η σχέση της οδού με τον παρόδιο χώρο,
- οι διάφορες λειτουργικές απαιτήσεις που εμφανίζονται στον οδικό χώρο

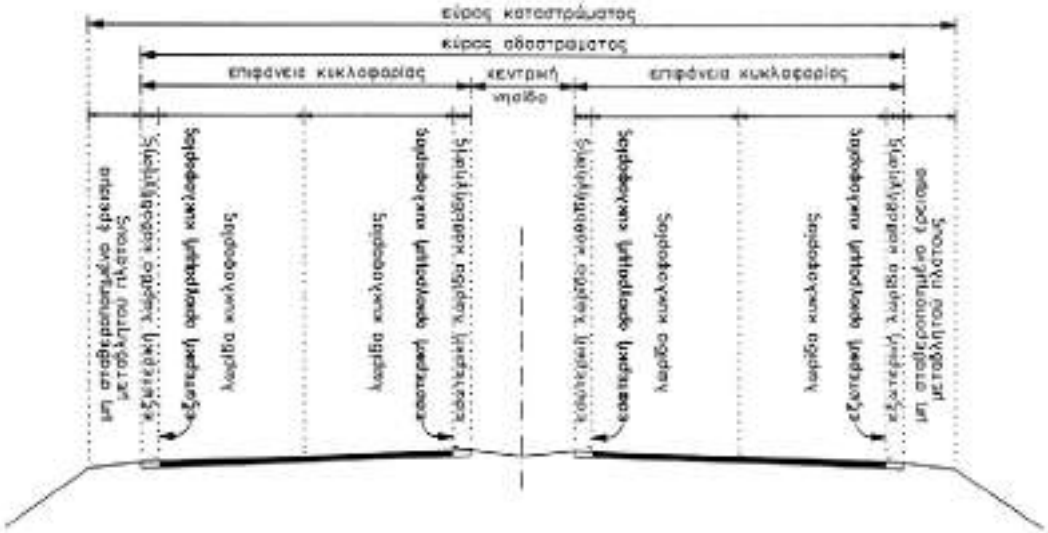
Οι διατομές των οδών ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία κατατάσσονται στις ομάδες α έως ζ (με πεζά γράμματα χαρακτηρίζονται οι ομάδες των διατομών, ενώ με κεφαλαία οι ομάδες των οδών και οι κατηγορίες των οδών). Το καθοριστικό στοιχείο για κάθε ομάδα διατομών είναι το βασικό πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας. Αυτό προκύπτει από τα πλάτη του οχήματος μελέτης και του πλευρικού χώρου ελευθερίας κινήσεων (Πίνακες 2.2 έως 2.4). Επιπλέον, στην περίπτωση που οι κατευθύνσεις κυκλοφορίας δεν διαχωρίζονται με δομικά στοιχεία, προσαυξάνεται το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας.

Στα Σχήματα 2.5 έως 2.7 απεικονίζονται τα μέρη που συνιστούν τη διατομή, για:

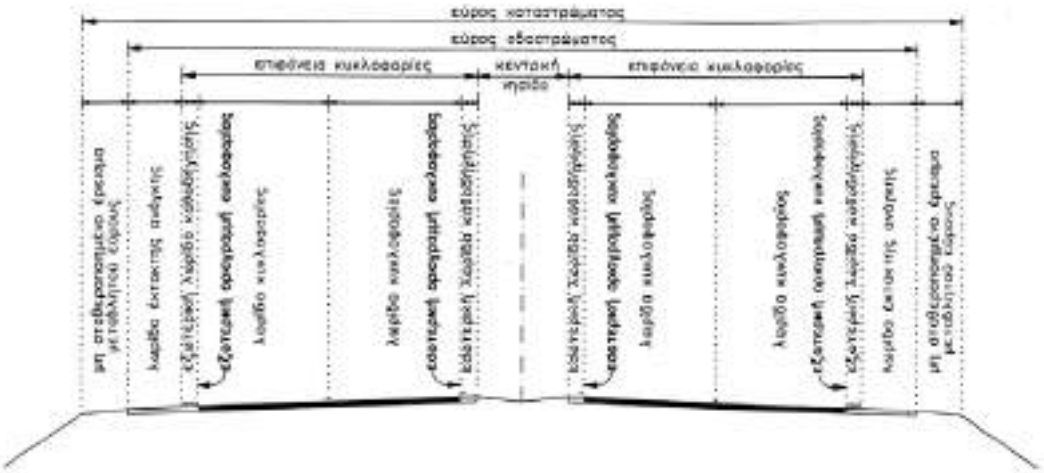
- υπεραστική οδό με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας και μια λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και
- υπεραστική οδό με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας και δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.



Σχήμα 2.5 Μέρη απαρτίζοντα τη διατομή υπεραστικής οδού με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας μιας λωρίδας κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση



Σχήμα 2.6 Μέρη απαρτίζοντα τη διατομή υπεραστικής οδού με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, χωρίς λωρίδα έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ)



Σχήμα 2.7 Μέρη απαρτίζοντα τη διατομή υπεραστικής οδού με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, και με λωρίδα έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ)

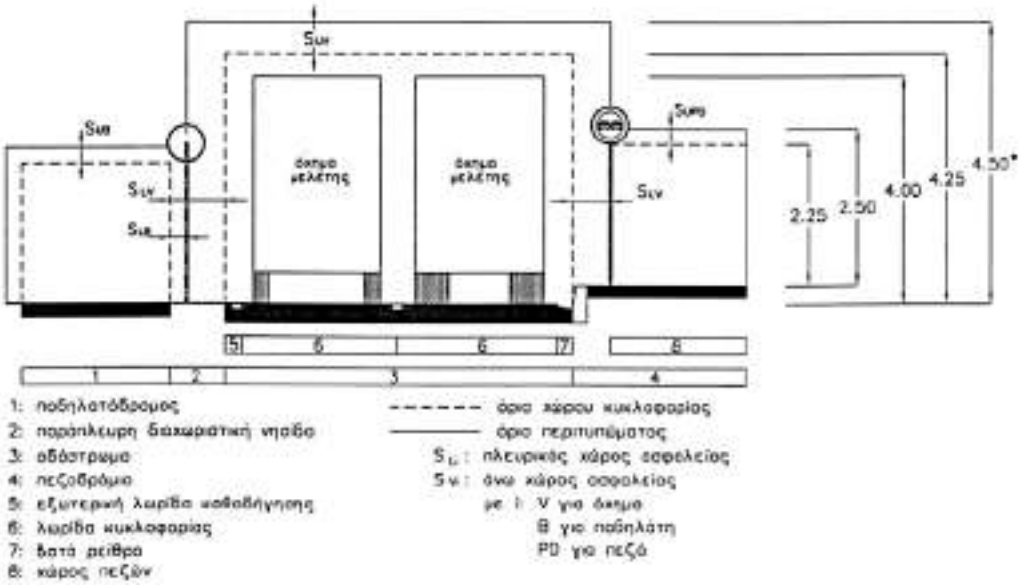
Ο πλευρικός χώρος ελευθερίας κινήσεων είναι ο χώρος που είναι απαραίτητος ως απόσταση ασφαλείας για τυχόν προεξέχοντα τμήματα φορτίων, εξωτερικούς καθρέπτες κλπ, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι μικρο-εκτροπές κίνησης ενός οχήματος μη σταθερής τροχιάς.

Οι διαστάσεις του πλευρικού χώρου ελευθερίας κινήσεων σε οδούς χωρίς παρόδια δόμηση είναι συνάρτηση της ταχύτητας κίνησης, του κυκλοφοριακού φόρτου, λαμβανομένων υπόψη της συχνότητας εμφάνισης αντίθετης κυκλοφορίας, των ελιγμών προσπέρασης και της σύνθεσης της κυκλοφορίας (συμμετοχή φορτηγών οχημάτων).

Το πλάτος του πλευρικού χώρου ελευθερίας κινήσεων εξαρτάται από τη διατομή της οδού, και ανά λωρίδα κυκλοφορίας κυμαίνεται από 1,25m για τις οδούς της ομάδας διατομών **α** έως 0,00m για τις οδούς της ομάδας διατομών **ζ**, μειούμενη κάθε φορά κατά 0,25m για τις οδούς των ενδιαμέσων ομάδων διατομών **β, γ, δ, ε** (Πίνακας 2.3). Για την κυκλοφορία των ποδηλάτων το πλάτος του πλευρικού χώρου ελευθερίας κινήσεων είναι ίσο με 0,10m σε κάθε πλευρά.

Για την κυκλοφορία των πεζών δεν απαιτείται πλευρικός χώρος ελευθερίας κινήσεων. Τα βασικά πλάτη των λωρίδων κυκλοφορίας κάθε ομάδας διατομών προκύπτουν από το πλάτος του αντιπροσωπευτικού οχήματος μελέτης, συμπεριλαμβανομένου του πλάτους του πλευρικού χώρου ελευθερίας κινήσεων (Πίνακας 2.3).

Το περιτύπωμα είναι ο χώρος της διατομής της οδού, στον οποίο δεν πρέπει να υπεισέρχονται σταθερά εμπόδια πλην πινακίδων σήμανσης και στηθαίων ασφαλείας. Αποτελείται από το χώρο κυκλοφορίας και τον άνω και πλευρικό χώρο ασφάλειας (Σχήμα 2.8). Οι διαστάσεις του περιτυπώματος αναγράφονται στον Πίνακα 2.2.



Σχήμα 2.8 Διαστάσεις του περιτυπώματος

Τύπος Οχήματος	Εξωτερικές Διαστάσεις [m]						
	Μήκος	Απόσταση αξόνων	Μήκος προβόλου		Πλάτος	Ύψος	Ακτίνα εξωτερικού κύκλου στροφής
			Εμπρόσθιος	Οπίσθιος			
Φορτηγό :	16.00				2.50	4.00	
Ρυμουλκό (24 t)	9.50	5.30	1.50	2.70	2.50	4.00	έως 10.50
Ρυμουλκούμενο (18 t)	7.10	4.70	1.10	1.30	2.50	4.00	
Λεωφορείο :							
Τουριστικό (πούλμαν)	12.00	6.30	2.55	3.15	2.50	3.40	11.50
Διώροφο	12.00	6.30	2.45	3.25	2.50	4.00	10.20
Γραμμής	11.48	5.88	2.56	3.04	2.50	3.05	11.00
Αρθρωτό	17.40	5.63/6.17	2.56	3.04	2.50	2.95	έως 12.00
Μέγιστες Τιμές							
Μεμονωμένο όχημα	12.00						
Ημιρυμουλκούμενο (επικαθήμενο)	16.50				2.50	4.00	12.50
Αρθρωτό λεωφορείο	18.00				(2.60)*		
Φορτηγό	18.00						

* Οχήματα ψυγεία και μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (CONTAINERS)

Πίνακας 2.2 Χαρακτηριστικές διαστάσεις τυπικών βαρέων οχημάτων

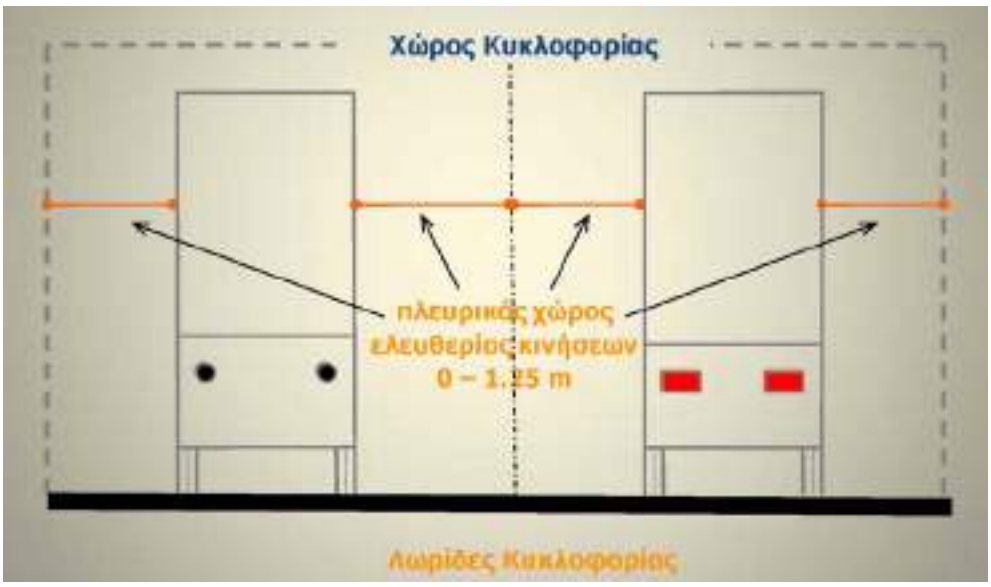
Είδος κυκλοφορίας	Επιρριπτόμενη ταχύτητα $V_{επιτ}$ [km/h]	Τυπικό πλάτος οχήματος μελέτης ή πεζού min [m]	Πλάτος του πλευρικού χώρου ελευθερίας κινήσεων [m]	Πλάτος του πλευρικού χώρου ασφαλείας S_L [m]	Τυπικό ύψος οχήματος μελέτης ή πεζού min [m]	Ύψος του άνω χώρου ελευθερίας κτήσεων [m]	Ύψος του άνω χώρου ασφαλείας S_u [m]	Ύψος του περιτυπώματος * [m]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Μηχανο-κίνητη κυκλοφορία	> 70 ≤ 70 ≤ 50	2.50 2.50 2.50	Ανάλογα με την ομάδα διατομών κυμαίνεται από 1.25 έως 0.00 (βλ. Πίνακα 2-2)	1.25 1.00 0.75	4.00 4.00 4.00	0.20 0.20 0.20	0.30 0.30 0.30	4.50 4.50 4.50
Κυκλοφορία ποδηλάτων		0.80	0.10	0.25	2.00	0.25	0.25	2.50
Κυκλοφορία πεζών		0.75	-	-	2.00	0.25	0.25	2.50

Πίνακας 2.3 Τυπικές διαστάσεις του περιτυπώματος

Ομάδα διατομής	Πλήθος λωρίδων κυκλοφορίας	Πλάτος πλευρικού χώρου ελευθερίας κινήσεων τυπικού οχήματος μελέτης	Βασικό πλάτος λωρίδας *	Πρόσθετο πλάτος λωρίδας λόγω αντίθετης κατεύθυνσης κυκλοφορίας	Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας	
					χωρίς αντίθετη κυκλοφορία	με αντίθετη κυκλοφορία
[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	2	3	4	5	6	7
α	6 ή 4	1,25	3,75	-	εξωτερική 3,75 εσωτερικές 3,50	-
β	6 ή 4	1,00	3,50	-	3,50	-
	2+1			0,25	3,50	3,75
	2			0,25	-	3,75
γ	4	0,75	3,25	-	3,25	-
	2			0,25	-	3,50
δ	2	0,50	3,00	0,25	-	3,25
ε	2	0,25	2,75	0,25	-	3,00
ζ	2	-	2,50	0,25	-	2,75

* το βασικό πλάτος λωρίδας (στήλη 4) προκύπτει ως άθροισμα του πλάτους του τυπικού οχήματος μελέτης (2.50 m) και του εκατέρωθεν του οχήματος απαιτούμενου χώρου ελευθερίας κινήσεων (στήλη 3)

Πίνακας 2.4 Διαστάσεις λωρίδων κυκλοφορίας διατομής οδού (πλάτος τυπικού οχήματος για όλες τις ομάδες διατομών: 2.50m)



Σχήμα 2.9 Διαστασιολόγηση λωρίδας κυκλοφορίας

2.3.2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλάτυνσης για Κύριες αστικές Οδούς

Οι διαπλατύνσεις της επιφάνειας κυκλοφορίας στα καμπύλα τμήματα είναι απαραίτητες, προκειμένου η περίπτωση συνάντησης τυπικών οχημάτων, που λαμβάνεται ως η τυπική για τη μελέτη της οδού και ανάλογα με την αναμενόμενη συχνότητα συνάντησης των τυπικών οχημάτων, να διασφαλίζει την απρόσκοπτη ροή της κυκλοφορίας και στα καμπύλα τμήματα. Όταν η περίπτωση συνάντησης των τυπικών οχημάτων εμφανίζεται σπάνια, μπορεί να γίνει αποδεκτή η χρήση της λωρίδας κυκλοφορίας του αντίθετου ρεύματος από τα μεγαλύτερα οχήματα, εφόσον με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται ανεπιθύμητες επεμβάσεις στον οδικό χώρο.

Η διαπλάτυνση της οδού στο κυκλικό τόξο υπολογίζεται για κάθε λωρίδα κυκλοφορίας από τη σχέση, σύμφωνα με τους ΟΜΟΕ-Χαράξεις:

$$i_{max} = \left(R - \sqrt{R^2 - D^2}\right)$$

όπου:

i_{max} [m] = διαπλάτυνση λωρίδας κυκλοφορίας

R [m] = ακτίνα κυκλικού τόξου του άξονα της οδού

D [m] = άθροισμα μήκους μεταξονίου και μήκους εμπρόσθιου προβόλου οχήματος

Όταν οι ακτίνες λάβουν τιμές R ≥ 30 m, ο υπολογισμός της τιμής i_{max} μπορεί να υπολογισθεί και από την προσεγγιστική σχέση:

$$i_{max} = \frac{D^2}{2R}$$

Για την τιμή D των διαφόρων οχημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω αποστάσεις:

Επιβατηγό όχημα	: 4,00 m
Φορτηγό (βαρύ όχημα)	: 8,00 m
Φορτηγό ημιρυμουλκούμενο (επικαθήμενο)	: 10,00 m
Λεωφορείο 1 (τυπικό λεωφορείο)	: 8,50 m
Λεωφορείο 2 (αρθρωτό λεωφορείο)	: 9,00 m
Λεωφορείο 3 (τύπου megaliner)	: 11,70 m

<u>Η συνολική απαιτούμενη διαπλάτυνση του οδοστρώματος ανάλογα με την τυπική περίπτωση συνάντησης (σε οδούς κατηγορίας ΓΙΙΙ φορτηγό / φορτηγό, σε οδούς κατηγορίας ΓΙV συνάντηση τυπικών οχημάτων σύμφωνα με τις ισχύουσες τοπικές συνθήκες</u>

κυκλοφορίας), ισούται με το άθροισμα των διαπλατύνσεων για κάθε λωρίδα κυκλοφορίας. Η συνολική αυτή τιμή της διαπλάτυνσης θεωρείται, εντούτοις, απαραίτητη μόνο όταν η μεταβολή της γωνίας διευθύνσεων μέχρι του σημείου που η διαπλάτυνση θα λάβει την τελική τιμή της (i_{max}), υπερβαίνει την τιμή:

$$\gamma_{imax} = 5 \cdot \arcsin\left(\frac{D}{R}\right) \cdot \frac{200}{\pi}$$

Σε διαφορετική περίπτωση η διαπλάτυνση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$i_{απαιτ} = \rho \cdot i_{max}$$

με $\rho = \sqrt[3]{\frac{\gamma_{υπαρ}}{\gamma_{i\max}}}$ όπου:

$i_{απαιτ}$ = μειωμένη τιμή διαπλάτυνσης

$\gamma_{υπαρχ}$ = υπάρχουσα μεταβολή γωνίας διεύθυνσης

γ_{max} = μέγιστη τιμή γωνίας διεύθυνσης

ρ = συντελεστής μείωσης

Διαπλατύνσεις με τιμές μικρότερες από 0,25 m δεν λαμβάνονται υπόψη όταν το πλάτος της επιφάνειας κυκλοφορίας είναι ≤6,00m. Το ίδιο ισχύει και για διαπλατύνσεις μικρότερες από 0,50 m για πλάτη οδοστρωμάτων μεγαλύτερα των 6,00 m. Οι υπολογισμοί των διαπλατύνσεων για κάθε μία λωρίδα κυκλοφορίας αναφέρονται στον άξονα της οδού. Η διαπλάτυνση *«i»* εφαρμόζεται στην εσωτερική πλευρά της καμπύλης, δηλαδή στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας.

2.3.2.3 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλατύνσεων για δευτερεύουσες οδούς

Κατά την κίνηση ενός οχήματος στις καμπύλες, οι οπίσθιοι τροχοί διαγράφουν μικρότερα τόξα από τους εμπρόσθιους τροχούς. Για αυτό το λόγο στις καμπύλες απαιτείται διαπλάτυνση *i*. Η απαιτούμενη διαπλάτυνση σε καμπύλες με συνολικό *n* πλήθος λωρίδων κυκλοφορίας της οδού, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$i = n \cdot \left(R - \sqrt{R^2 - D^2}\right)$$

Για ακτίνες R ≥ 30m η παραπάνω σχέση μπορεί να απλοποιηθεί, οπότε η απαιτούμενη διαπλάτυνση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$i = n\frac{D^2}{2 \cdot R}$$ όπου:

i [m] = διαπλάτυνση του οδοστρώματος

R [m] = ακτίνα κυκλικού τόξου

D [m] = μεταξόνιο και εμπρόσθια προεξοχή

n [-] = αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας
(δεν λαμβάνονται υπόψη τα σταθεροποιημένα ερείσματα).

Για την παράμετρο *D*, που εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες τιμές:

Τιμές *D*

Επιβατηγό όχημα	: 4,00 m
Φορτηγό (βαρύ όχημα)	: 8,00 m
Φορτηγό ημιρυμουλκούμενο (επικαθήμενο)	: 10,00 m
Λεωφορείο 1 (τυπικό λεωφορείο)	: 8,50 m
Λεωφορείο 2 (αρθρωτό λεωφορείο)	: 9,00 m
Λεωφορείο 3 (τύπου megaliner)	: 11,70 m

Συνήθως η απαιτούμενη διαπλάτυνση του οδοστρώματος για τις οδούς των ομάδων Α και Β υπολογίζεται : α) εφόσον η κύρια κυκλοφορία είναι λεωφορείων, με τυπική την περίπτωση συνάντησης λεωφορείο 2 / λεωφορείο 2. β) εφόσον η κύρια κυκλοφορία είναι φορτηγών, με τυπική την περίπτωση συνάντησης φορτηγό ημιρυμουλκούμενο / φορτηγό ημιρυμουλκούμενο.

Κυκλοφορία λεωφορείων	Επιλεγόμενος τύπος αντίθετα κινούμενων οχημάτων	Διαπλάτυνση οδοστρώματος (για n = 2) για *i* [m]	$b \leq 6.0$ m	$b > 6,0$ m
1	2	3	4	5
Ναι	Λεωφορείο 2 / λεωφορείο 2	$40 \cdot n / R$	$30 < R \leq 320$	$30 < R \leq 160$
Οχι	Φορτηγό ημιρυμουλκούμενο/ φορτηγό ημιρυμουλκούμενο	$50 \cdot n / R$	$30 < R \leq 400$	$30 < R \leq 200$

Πίνακας 2.5 Διαπλάτυνση οδοστρώματος σε καμπύλες

Σημείωση: Για την περίπτωση συνάντησης άλλων τύπων οχημάτων χρησιμοποιούνται οι τιμές *D* των οχημάτων αυτών.

Διαπλάτυνση οδοστρώματος υλοποιείται μόνον όταν η υπολογιζόμενη τιμή είναι ≥ 0,25m και ≥0,50 m αντιστοίχως για πλάτος οδοστρώματος $b \leq 6,0$m και b>6,0m. Οι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της διαπλάτυνσης του οδοστρώματος αναφέρονται στον άξονα του οδοστρώματος. Η διαπλάτυνση *i* εφαρμόζεται στην εσωτερική οριογραμμή του οδοστρώματος δηλαδή στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, με εξαίρεση τον ανακάμπτοντα ελιγμό.

Η μετάβαση από διατομή με κανονικό πλάτος οδοστρώματος σε διατομή διαπλατυσμένη κατά *i* πραγματοποιείται κατά μήκος και των τριών στοιχείων δηλαδή ευθυγραμμίας, κλωθοειδούς και κυκλικού τόξου.

2.3.3 Γερμανικές Οδηγίες χάραξης

2.3.3.1 Βασικοί ορισμοί

Οι Γερμανικές Οδηγίες Σχεδιασμού Οδικών Δικτύων (RIN) διαφέρουν ελάχιστα τόσο στη μεθοδολογία όσο και στις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη κατά τη χάραξη από τις ελληνικές οδηγίες (ΟΜΟΕ). Άλλωστε, οι ΟΜΟΕ βασίστηκαν στους γερμανικούς κανονισμούς με μικρές τροποποιήσεις για τη βέλτιστη προσαρμογή στο ελληνικό ανάγλυφο. Εντούτοις, οι RIN παρουσιάζουν έναν αρκετά πιο δυναμικό χαρακτήρα, με συχνές τροποποιήσεις, με στόχο τον εκσυγχρονισμό των διαδικασιών σχεδιασμού, την ικανοποίηση του αυξανόμενου φόρτου οδικών μεταφορών και τη μεγιστοποίηση της ποιότητας και της ασφάλειας του οδικού δικτύου.

Βασικός παράγοντας για τον προσδιορισμό των παραμέτρων χάραξης αποτελεί η κατηγοριοποίηση των οδών βάσει:

α) του χαρακτήρα των οδών και της σύνδεσης που προσφέρουν (π.χ. μεταξύ περιφερειών) και

β) της στάθμης λειτουργίας τους (π.χ. αν εξυπηρετούν διεθνείς μεταφορές)

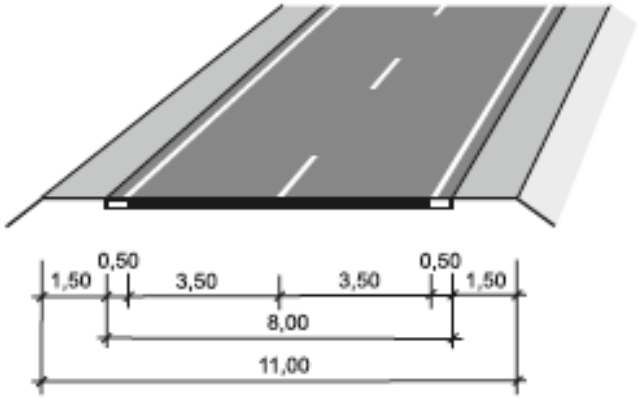
Για την ανάπτυξη των διαδικασιών χάραξης στις κατηγορίες που προκύπτουν, έχουν δημιουργηθεί τρία διαφορετικά τεύχη (RAA – RAL – RASt) με ξεχωριστό πεδίο εφαρμογής.

Στάθμη λειτουργίας \ **Ομάδα οδών**		Αυτοκινητόδρομοι	Αγροτικές οδοί	Οδικές αρτηρίες σε μη κατοικημένες περιοχές	Οδικές αρτηρίες σε κατοικημένες περιοχές	Τοπικές οδοί
		AS	**LS**	**VS**	**HS**	**ES**
Διεθνής	**0**	**AS 0**		-	-	-
Εθνική	**I**	**AS I**	**LS I**		-	-
Διαπεριφερειακή	**II**	**AS II**	**LS II**	**VS II**		-
Περιφερειακή	**III**	-	**LS III**	**VS III**	**HS III**	
Υποπεριοχών	**IV**	-	**LS IV**	-	**HS IV**	**ES IV**
Τοπική	**V**	-	**LS V**	-		**ES V**

Πεδίο εφαρμογής: **RAA** **RAL** **RASt**

Πίνακας 2.6 Κατηγορίες οδών και πεδίο εφαρμογής γερμανικών οδηγιών

Στο σχήμα 2.10 παρουσιάζεται μια τυπική διατομή οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας κατηγορίας LS III, όπου φαίνεται ο επιμέρους διαχωρισμός του βασικού πλάτους b του καταστρώματος στα συστατικά του μέρη.



Σχήμα 2.10 Βασικό πλάτος καταστρώματος οδού δύο λωρίδων κυκλοφορίας κατηγορίας LS III

Με περιοριστικό παράγοντα την ταχύτητα μελέτης και τις ελάχιστες επιτρεπόμενες ακτίνες καμπυλότητας σε στροφή, παρουσιάζεται παρακάτω η μεθοδολογία υπολογισμού διαπλατύνσεων σε καμπύλες των τευχών RAL και RASt για αγροτικές οδούς και οδούς τοπικού χαρακτήρα αντίστοιχα.

2.3.3.2 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλάτυνσης σε καμπύλη σε αγροτική οδό (RAL)

Σε καμπύλες με ακτίνα καμπυλότητας R < 200 m εφαρμόζεται διαπλάτυνση

i = 100/R, όπου

i [m] = η εφαρμοζόμενη διαπλάτυνση και

R [m] = η ακτίνα καμπυλότητας της καμπύλης

Η διεύρυνση προστίθεται στο βασικό πλάτος, εφαρμόζεται σε όλο το μήκος του κυκλικού τόξου, στο εσωτερικό της καμπύλης.

2.3.3.3 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλάτυνσης σε καμπύλη σε οδό τοπικού χαρακτήρα (RASt)

Η διαπλάτυνση της οδού στο κυκλικό τόξο υπολογίζεται για κάθε λωρίδα κυκλοφορίας από τη σχέση:

$$i_{max} = \left(R - \sqrt{R^2 - D^2}\right)$$

όπου:

i_{max} [m] = διαπλάτυνση λωρίδας κυκλοφορίας

R_a [m] = ακτίνα εξωτερικού κυκλικού τόξου κίνησης του οχήματος επί της καμπύλης

D [m] = άθροισμα μήκους μεταξονίου και μήκους εμπρόσθιου προβόλου οχήματος

Για ακτίνες R ≥ 30m η παραπάνω σχέση μπορεί να απλοποιηθεί, οπότε η συνολική απαιτούμενη διαπλάτυνση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$i = n\frac{D^2}{2 \cdot R}$$

όπου:

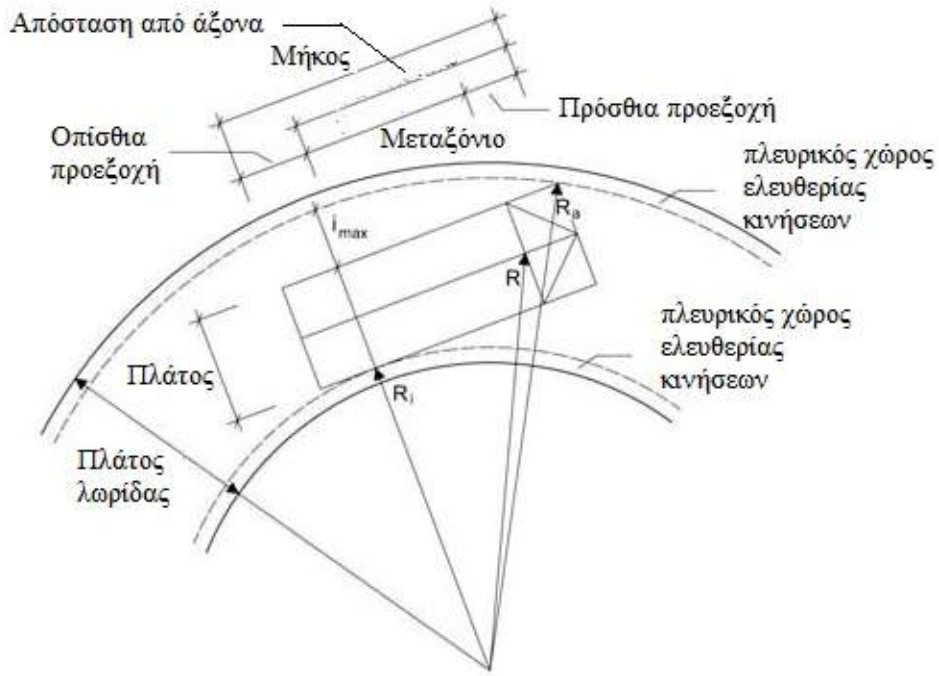
i [m] = διαπλάτυνση του οδοστρώματος

R [m] = ακτίνα κυκλικού τόξου άξονα οδού

D [m] = μεταξόνιο και εμπρόσθια προεξοχή

n [-] = αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας

(δεν λαμβάνονται υπόψη τα σταθεροποιημένα ερείσματα).



Σχήμα 2.11 Θέση οχήματος εν κινήσει επί καμπύλης

Για την τιμή *D* των διαφόρων οχημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω αποστάσεις:

Επιβατηγό όχημα	:	3,64 m
Φορτηγό (βαρύ όχημα) 2 αξόνων	:	6,60 m
3 αξόνων	:	6,78 m
Λεωφορείο 1 (τυπικό λεωφορείο)	:	8,72 m
Λεωφορείο 2 (αρθρωτό λεωφορείο)	:	9,11 m
Λεωφορείο 3 (τύπου megaliner 15,00 m)	:	10,05 m

Η συνολική αυτή τιμή της διαπλάτυνσης θεωρείται, εντούτοις, απαραίτητη μόνο όταν η μεταβολή της γωνίας διεύθυνσης μέχρι τη μέγιστη διαπλάτυνση του οδοστρώματος υπερβαίνει την τιμή:

$$\gamma_{imax} = 2 \cdot \frac{D}{R_a} \cdot \frac{200}{\pi}$$

Σε διαφορετική περίπτωση η διαπλάτυνση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$i_{απαιτ} = \rho \cdot i_{max}$$

με $\rho = \sqrt[3]{\frac{\gamma_{υπαρ}}{\gamma_{i\max}}}$

όπου:

$i_{απαιτ}$ = μειωμένη τιμή διαπλάτυνσης

$\gamma_{υπαρχ}$ = υπάρχουσα μεταβολή γωνίας διεύθυνσης

γ_{imax} = μέγιστη τιμή γωνίας διεύθυνσης

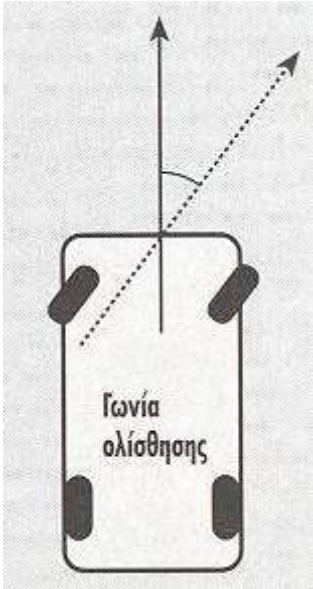
ρ = συντελεστής μείωσης

Διαπλατύνσεις με τιμές μικρότερες από 0,25 m δεν λαμβάνονται υπόψη όταν το πλάτος της επιφάνειας κυκλοφορίας είναι≤6,00 m. Το ίδιο ισχύει για διαπλατύνσεις μικρότερες από 0,50 m και πλάτη οδοστρωμάτων μεγαλύτερα των 6,00 m. Οι υπολογισμοί των διαπλατύνσεων για κάθε μία λωρίδα κυκλοφορίας αναφέρονται στον άξονα της οδού. Η διαπλάτυνση «*i*» εφαρμόζεται στην εσωτερική πλευρά της καμπύλης, δηλαδή στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας. Για συνδυασμό οχημάτων απαιτείται η χρήση ισεφαπτομενικής καμπύλης.

2.3.4 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλατύνσεων σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες

2.3.4.1 Μεθοδολογία σε αυτοκινητόδρομους σύμφωνα με τους Geometric Design of Highways & Streets - AASHTO

Η πορεία εκτός τροχιάς είναι ένα χαρακτηριστικό, το οποίο είναι συνηθισμένο σε όλα τα οχήματα, παρόλο που παρουσιάζεται πιο συχνά στα μεγαλύτερα οχήματα σχεδιασμού, στα οποία οι πίσω τροχοί δεν ακολουθούν ακριβώς την ίδια τροχιά με τους μπροστινούς όταν το όχημα διασχίζει μια οριζόντια καμπύλη ή όταν στρίβει. Όταν ένα όχημα διασχίζει μία καμπύλη χωρίς επίκλιση με χαμηλή ταχύτητα, οι πίσω τροχοί κινούνται εσωτερικά των μπροστινών τροχών. Όταν ένα όχημα διασχίζει μία καμπύλη με επίκλιση, οι πίσω τροχοί μπορεί να κινούνται εσωτερικά των μπροστινών τροχών περισσότερο ή λιγότερο απ' ότι εάν κινούνταν σε μία καμπύλη χωρίς επίκλιση. Αυτό οφείλεται στη γωνία ολίσθησης, που ορίζεται από τη διεύθυνση κίνησης των τροχών σε σχέση με την διεύθυνση της κίνησης του οχήματος, η οποία εξαρτάται από την πλευρική πρόσφυση που δημιουργείται ανάμεσα στο οδόστρωμα και τους κινούμενους τροχούς. Η σχετική θέση των τροχών των οχημάτων εξαρτάται από την ταχύτητα και τη τριβή που δημιουργείται για τη διατήρηση της πλευρικής δύναμης που εξουδετερώνεται από την επίκλιση ή όταν κινείται αργά, από τη τριβή που δημιουργείται για την εξουδετέρωση της επίδρασης της επίκλισης που δεν αντισταθμίζεται από την πλευρική δύναμη. Σε μεγαλύτερες ταχύτητες, οι πίσω τροχοί μπορεί ακόμα και να κινούνται εξωτερικά των μπροστινών τροχών.



Σχήμα 2.12 Γωνία ολίσθησης

Διαμόρφωση Κατασκευαστικών υπολογισμών για την διαπλάτυνση σε οριζόντιες καμπύλες

Σε κάθε περίπτωση, το μέγεθος της πορείας εκτός τροχιάς, επομένως και το μέγεθος της διαπλάτυνσης που απαιτείται στις οριζόντιες καμπύλες, εξαρτάται εξίσου από το μήκος και τα άλλα χαρακτηριστικά του οχήματος σχεδιασμού και την ακτίνα καμπυλότητας που διανύεται. Η επιλογή του οχήματος σχεδιασμού βασίζεται στο μέγεθος και τη συχνότητα κίνησης των διάφορων τύπων οχημάτων στη τοποθεσία που μελετάται. Το μέγεθος της διαπλάτυνσης που απαιτείται αυξάνεται με την αύξηση του μεγέθους του οχήματος σχεδιασμού (για μεμονωμένα οχήματα ή οχήματα με ίδιο αριθμό ρυμουλκούμενων ή ημιρυμουλκούμενων) και μειώνεται με την αύξηση της ακτίνας καμπυλότητας.

Οι διαστάσεις του οχήματος σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των κατάλληλων διαπλατύνσεων επί της οδού στις καμπύλες συμπεριλαμβάνοντας και το πλάτος των οχημάτων σχεδιασμού που μπορεί να συναντήσει ή να διασχίσει τη

καμπύλη, είναι: U: ο πλευρικός χώρος που πρέπει να είναι ελεύθερος από εμπόδια ανά όχημα, C: το πλάτος της μπροστινής προεξοχής του οχήματος που διασχίζει την εσωτερική λωρίδα ή τις λωρίδες, F_A: το πλάτος που προεξέχει στο πίσω μέρος, F_B: το επιτρεπόμενο πλάτος για τις δυσκολίες οδήγησης σε καμπύλη.
Το πλάτος του οχήματος (U) το οποίο διασχίζει μία καμπύλη ή κάνει μία στροφή, γνωστό και ως περίγραμμα της επιφάνειας που διαγράφει, είναι το άθροισμα του πλάτους του οχήματος στην εφαπτομένη (u) (2.44 ή 2.59m [8.0 ή 8.5 ft] το οποίο εξαρτάται από το όχημα σχεδιασμού) και το μέγεθος της πορείας εκτός τροχιάς. Η πορεία εκτός τροχιάς εξαρτάται από την ακτίνα της καμπύλης ή της στροφής καθώς και το μήκος της απόστασης μεταξύ των τροχών ανάμεσα στους άξονες του οχήματος σχεδιασμού και τον αριθμό και τις θέσεις των σημείων άρθρωσης. Το πλάτος του οχήματος στη καμπύλη (U) υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση:

$$U = u + R - (R^2 - \Sigma L_i^2)^{0.5}$$

U = πλάτος οχήματος στη καμπύλη, m

u = πλάτος οχήματος στην εφαπτομένη (από εξωτερικό σε εξωτερικό ελαστικό) m

R = ακτίνα της καμπύλης ή της στροφής m

L_i = απόσταση μεταξύ των τροχών του οχήματος σχεδιασμού ανάμεσα στους άξονες κατά σειρά (ή το σύνολο των διπλών τροχών) και των σημείων άρθρωσης, m

Η παραπάνω σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε συνδυασμό ακτίνας, ποσότητας και μήκους απόστασης μεταξύ των τροχών (για παράδειγμα απόσταση μεταξύ αξόνων). Η ακτίνα για τις ανοιχτές καμπύλες στον αυτοκινητόδρομο προκύπτει από το μέσο του μπροστινού άξονα· παρόλα αυτά, τις περισσότερες φορές για σχεδιαστικούς λόγους σε αυτοκινητόδρομους δύο λωρίδων, η ακτίνα της καμπύλης στο κέντρο του αυτοκινητόδρομου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απλοποίηση των υπολογισμών.

Η απόσταση μεταξύ των τροχών (L_i) που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς περιλαμβάνει τις αποστάσεις των αξόνων και των σημείων άρθρωσης του οχήματος. Για μεμονωμένα οχήματα λαμβάνεται υπόψη μόνο η απόσταση μεταξύ του μπροστινού άξονα και των κινούμενων τροχών. Για αρθρωτά οχήματα, κάθε σημείο άρθρωσης χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του U. Για παράδειγμα, ένας συνδυασμός οχήματος τράκτορα/ημιρυμουλκούμενο έχει τρία μεγέθη L_i τα οποία λαμβάνονται υπόψη για τον προσδιορισμό της πορείας εκτός τροχιάς: (1) η απόσταση του μπροστινού άξονα και του άξονα(ες) κατεύθυνσης στον τράκτορα, (2) η απόσταση από τον άξονα(ες) κατεύθυνσης και του σημείου περιστροφής και (3) η απόσταση του σημείου περιστροφής και του άξονα του πίσω μέρους.

Στα αθροίσματα, κάποιοι όροι μπορεί να είναι αρνητικοί αντί για θετικοί, εάν το σημείο άρθρωσης είναι μπροστά, αντί για το πίσω μέρος, του άξονα(ων) κατεύθυνσης ή εάν υπάρχει πίσω άξονας που προεξέχει.

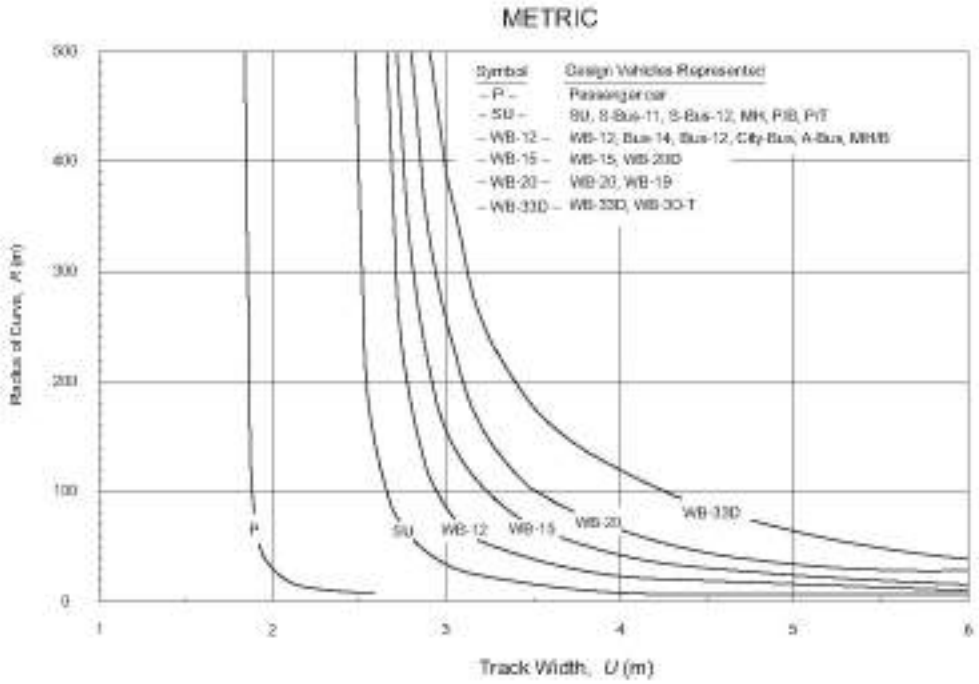
Ο πίσω άξονας που προεξέχει είναι η απόσταση ανάμεσα στον άξονα του πίσω μέρους και του κοτσαδόρου του ρυμουλκούμενου οχήματος για συνδυασμό οχήματος ημιρυμουλκούμενου. Αντιπροσωπευτικά μεγέθη για τα πλάτη των οχημάτων σχεδιασμού παρουσιάζονται στο σχήμα 3.10 για τον προσδιορισμό των διαφορών σε κοντινά πλάτη ανάμεσα σε ομάδες οχημάτων σχεδιασμού.

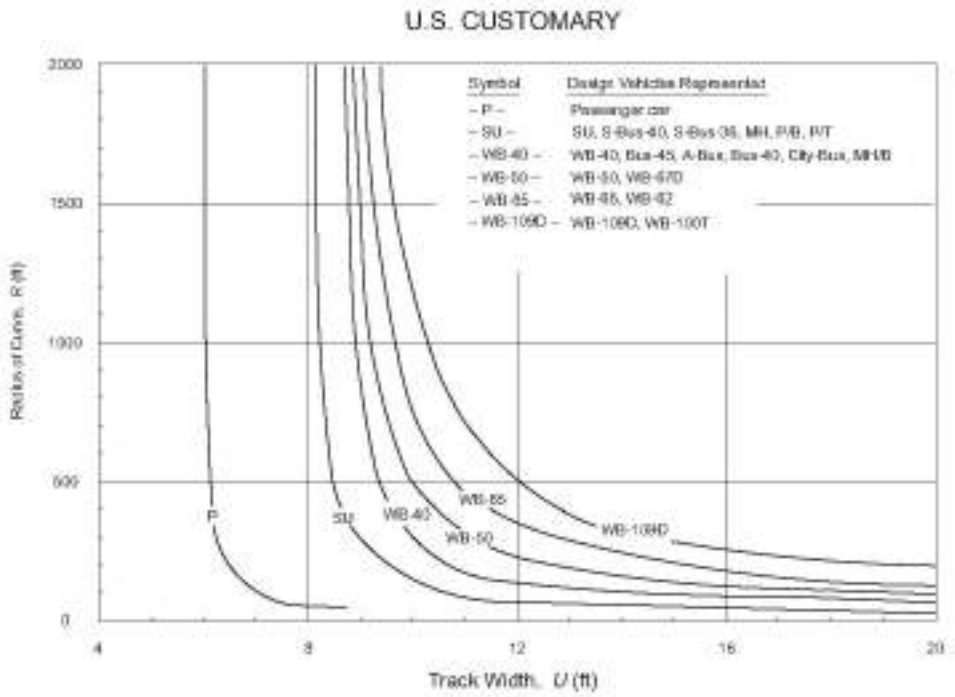
Ο πλευρικός χώρος που πρέπει να είναι ελεύθερος από εμπόδια, C, παρέχεται για την ορατότητα ανάμεσα στο όριο της οδού και τη κοντινότερη τροχιά της ρόδας και για τον χώρο ελευθερίας κινήσεων ανάμεσα στα διερχόμενα οχήματα ή στα οχήματα που συναντιούνται. Ο πλευρικός χώρος που πρέπει να είναι ελεύθερος από εμπόδια ανά όχημα λαμβάνεται 0.6, 0.75 και 0.9 m [2.0, 2.5 και 3.0 ft] για τα εφαπτομενικά πλάτη W_n με τιμές 6.0, 6.6, και 7.2 m [20, 22 και 24 ft] αντίστοιχα.

Το πλάτος της μπροστινής προεξοχής (F_A) είναι η ακτινική απόσταση ανάμεσα στην εξωτερική άκρη της τροχιάς του εξωτερικού τροχού και της πορείας της εξωτερικής μπροστινής προεξοχής του σώματος του οχήματος. Στις καμπύλες το F_A εξαρτάται από την ακτίνα της καμπύλης, το εύρος της μπροστινής προεξοχής του οχήματος σχεδιασμού και την απόσταση μεταξύ των τροχών του ίδιου του οχήματος. Στη περίπτωση του συνδυασμού τράκτορα-ρυμουλκούμενου, χρησιμοποιείται μόνο η απόσταση μεταξύ των τροχών του τράκτορα. Το σχήμα 2.14 παρουσιάζει σχετικά μεγέθη προεξοχών για το F_A που καθορίζονται από τη σχέση:

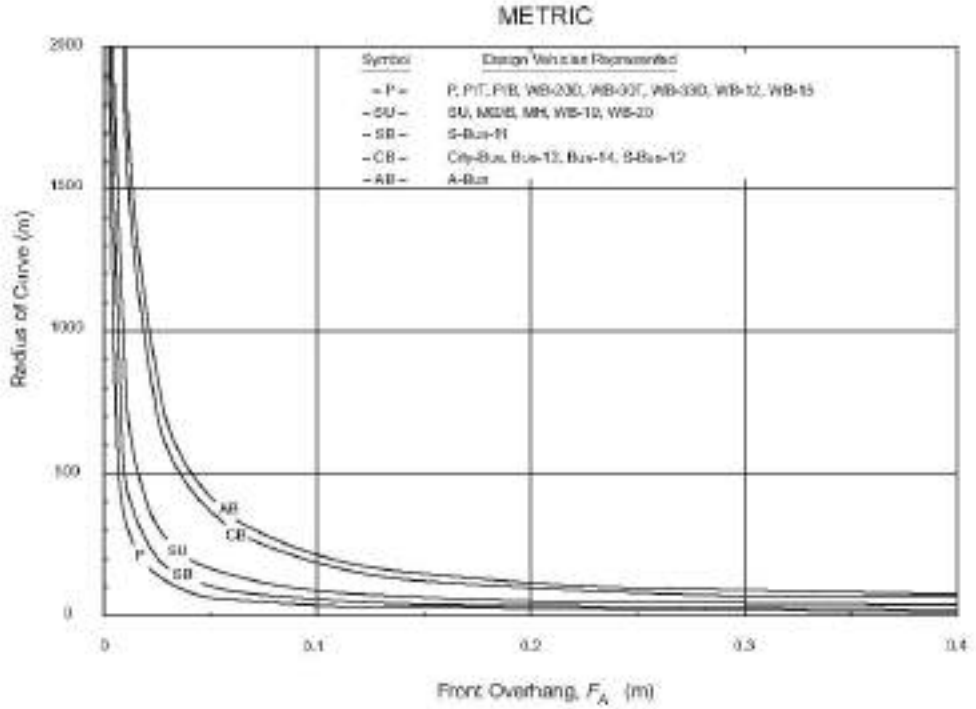
$$F_A = (R^2 + A * (2L + A))^{0.5} – R$$

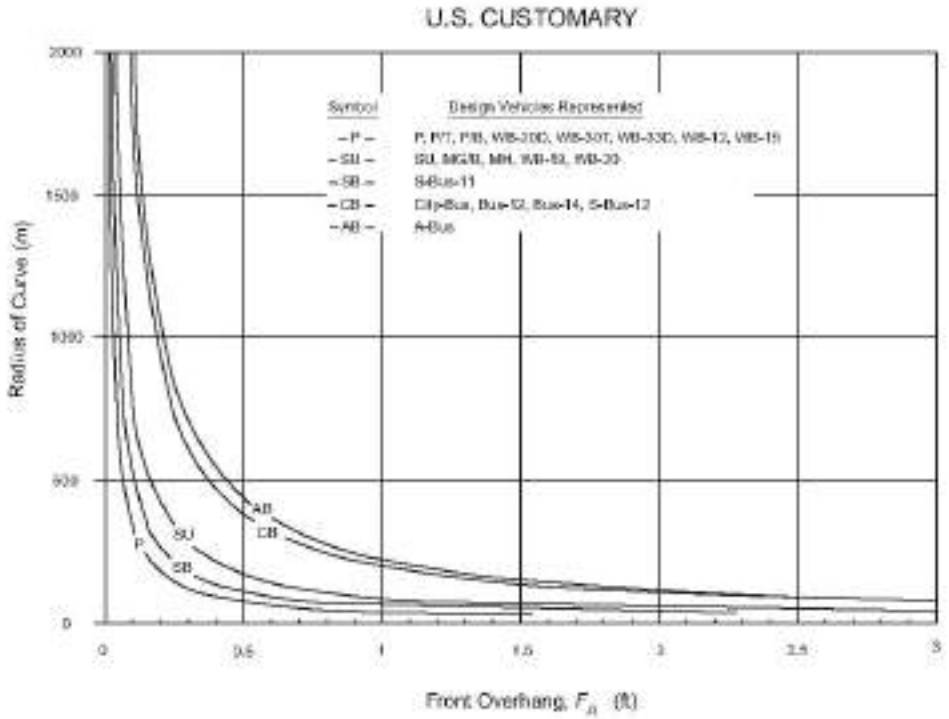
Όπου:
R = ακτίνα καμπυλότητας, m
A = το μήκος της πρόσθιας προεξοχής του οχήματος που κινείται στην εσωτερική λωρίδα, m
L = απόσταση μεταξύ των τροχών της μονάδας ή του τράκτορα



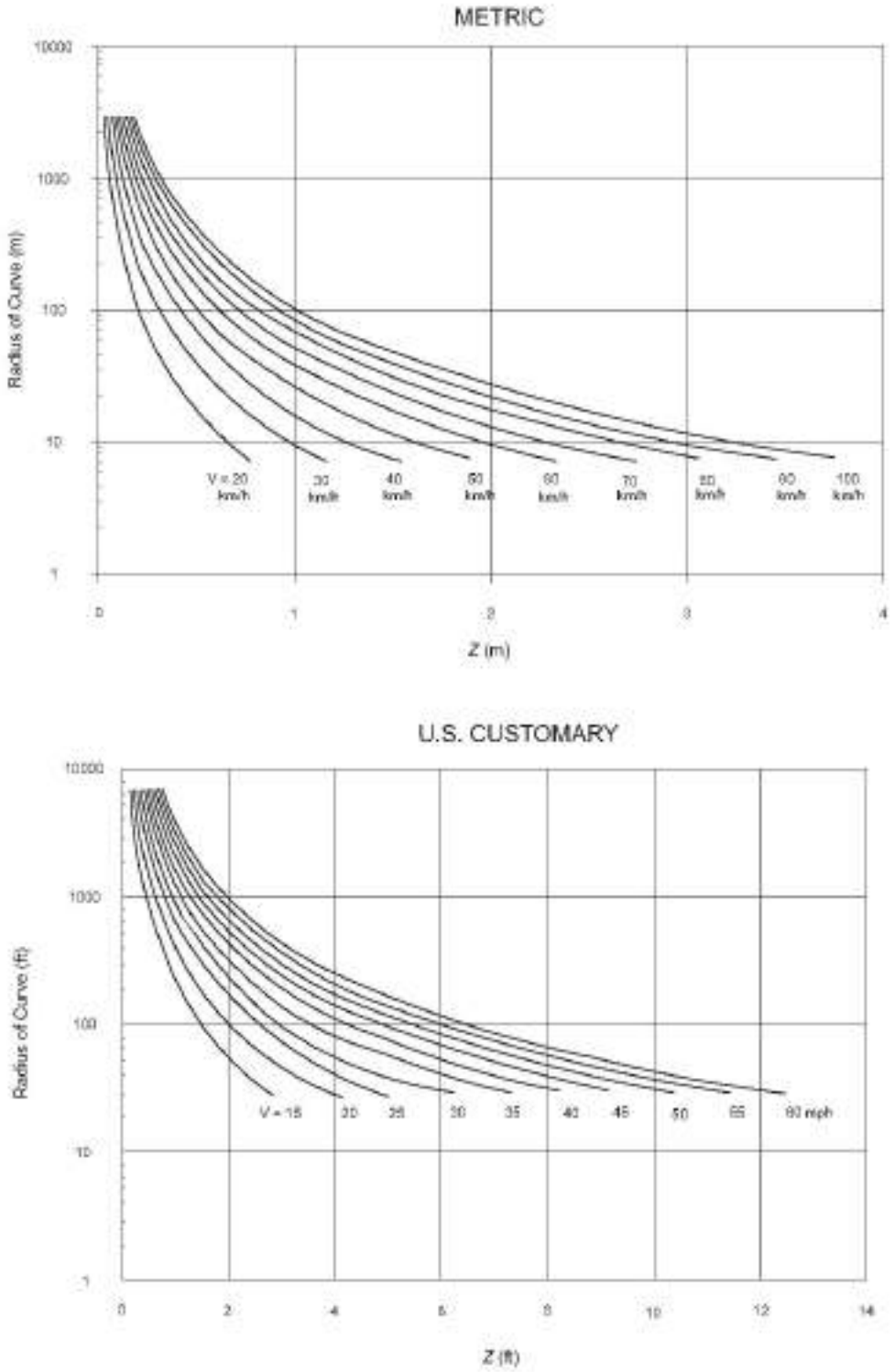


Σχήμα 2.13 Πλάτος οχήματος για διαπλάτυνση του καταστρώματος της οδού σε καμπύλη





Σχήμα 2.14 Μπροστινή προεξοχή για διαπλάτυνση οδού σε καμπύλες



Σχήμα 2.15 Επιπλέον πλάτος ανοχής για την αντιμετώπιση των σφαλμάτων στην οδήγηση σε καμπύλα τμήματα

Το πλάτος της πίσω προεξοχής (F_B) είναι η ακτινική απόσταση ανάμεσα στην εξωτερική άκρη της τροχιάς του εσωτερικού τροχού και της πορείας της εσωτερικής μπροστινής προεξοχής του σώματος του οχήματος. Για τα οχήματα σχεδιασμού των επιβατικών οχημάτων (P), το πλάτος του σώματος είναι κατά 0.3m [1ft] μεγαλύτερο σε σχέση με το πλάτος από τη μία άκρη στην άλλη των πίσω τροχών, οπότε προκύπτει F_B = 0.15m [0.5 ft]. Στα οχήματα σχεδιασμού των φορτηγών, το πλάτος του σώματος είναι το ίδιο με το πλάτος των πίσω τροχών από τη μία άκρη στην άλλη οπότε προκύπτει F_B=0.

Το επιπλέον πλάτος ανοχής (Z) είναι ένα επιπλέον ακτινικό πλάτος του οδοστρώματος που αφήνει περιθώριο για τις δυσκολίες της οδήγησης σε καμπύλη καθώς και για την απόκλιση στην οδηγική συμπεριφορά. Αυτό το επιπλέον πλάτος είναι ένα εμπειρικό μέγεθος που μεταβάλλεται με τη ταχύτητα κυκλοφορίας και την ακτίνα της καμπύλης. Το επιπλέον πλάτος ανοχής υπολογίζεται από:

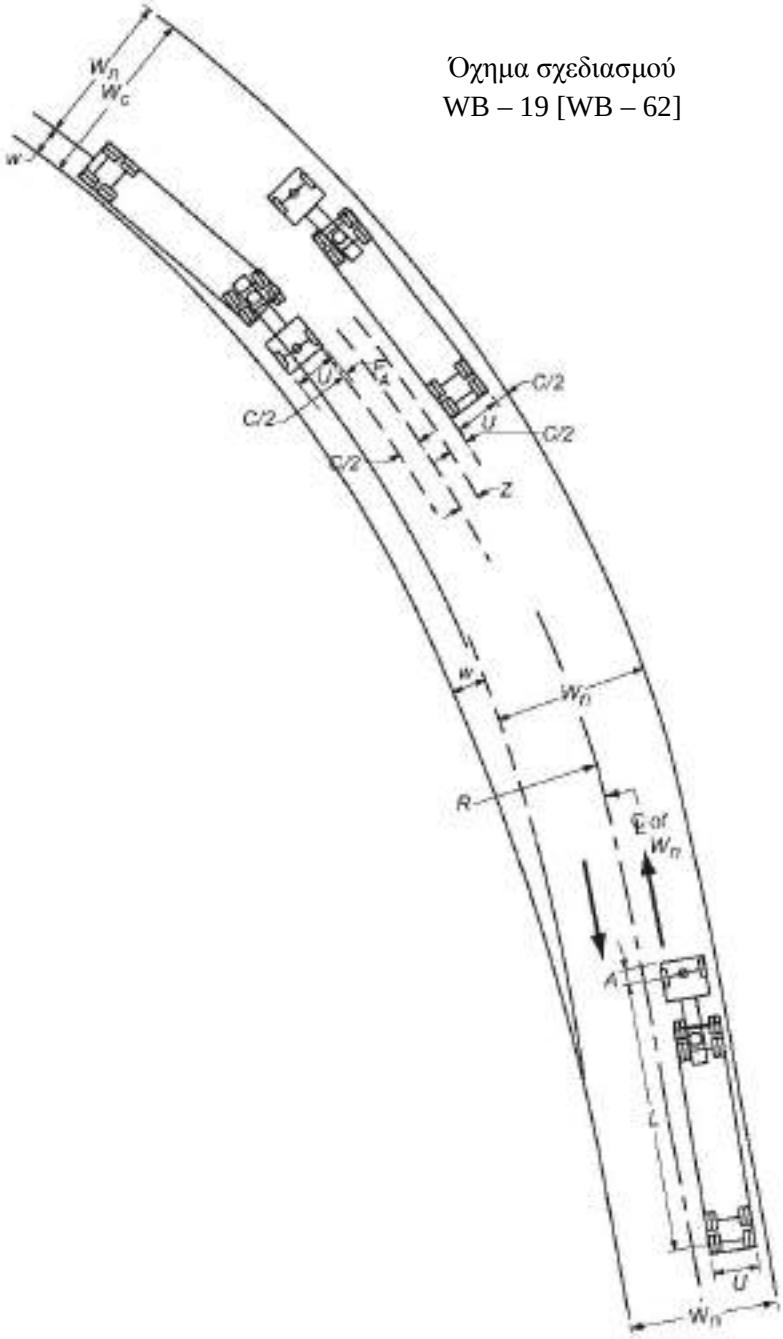
$$Z = 0.1 (V / R^{0.5})$$

Όπου:

V = ταχύτητα σχεδιασμού για τον αυτοκινητόδρομο km/h

R = ακτίνα καμπυλότητας ή ακτίνα λωρίδας αλλαγής διεύθυνσης

Αυτή η σχέση, που χρησιμοποιείται κυρίως για διαπλατύνσεις σε οδούς ανοιχτών αυτοκινητόδρομων, είναι επίσης κατάλληλη και για καμπύλες διασταυρώσεων. Στο σχήμα 2.15 απεικονίζονται τα υπολογισμένα μεγέθη του Z για ταχύτητες από 20 έως 100km/h [15 και 60 mph]. Για το συνηθισμένο εύρος των ακτινών καμπυλότητας στις διασταυρώσεις, το Z λαμβάνεται ως ένα σχεδόν σταθερό μέγεθος των 6.6 m [2ft] χρησιμοποιώντας τις σχέσεις ταχύτητας-καμπυλότητας του σχήματος 2.15 για ακτίνες εύρους 15 έως 150 m [50 έως 500 ft]. Αυτό το πρόσθετο πλάτος, όπως φαίνεται διαγραμματικά στα σχήματα 2.16 και 2.17, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι μοιράζεται ομοιόμορφα στο πλάτος του διανυθέντος τμήματος για την αντιμετώπιση των σφαλμάτων στην οδήγηση σε καμπύλα τμήματα.



Σχήμα 2.16 Στοιχεία διαπλάτυνσης καμπύλης σε ανοιχτούς αυτοκινητόδρομους (αυτοκινητόδρομοι δύο λωρίδων, μονής ή διπλής κατεύθυνσης)

Η διαπλάτυνση του διανυθέντος τμήματος σε οριζόντιες καμπύλες

Το κατάστρωμα της οδού στις οριζόντιες καμπύλες διευρύνεται κάποιες φορές για τη δημιουργία λειτουργικών συνθηκών, που να είναι συγκρίσιμες με αυτές στην ευθυγραμμία. Στους πρώιμους αυτοκινητόδρομους με στενές λωρίδες και απότομες στροφές, υπήρξε αξιόλογη ανάγκη για διαπλάτυνση στις καμπύλες, παρόλο που οι ταχύτητες ήταν κατά κύριο λόγο χαμηλές. Στους σύγχρονους αυτοκινητόδρομους και στις οδούς με λωρίδες πλάτους 3.6m [12ft] υψηλών προδιαγραφών, η ανάγκη διαπλάτυνσης έχει μειωθεί αισθητά παρά τις μεγάλες ταχύτητες, αλλά υπό κάποιες συνθήκες ταχύτητας, καμπυλότητας και πλάτους η διαπλάτυνση της οδού παραμένει απαραίτητη.

Η διαπλάτυνση απαιτείται σε συγκεκριμένες καμπύλες εξαιτίας:

(1) του οχήματος σχεδιασμού που καταλαμβάνει μεγαλύτερο πλάτος εξαιτίας των μπροστινών τροχών που κατά κύριο λόγο κινούνται στο εσωτερικό των μπροστινών (πορεία εκτός τροχιάς), ή

(2) της εμπειρίας των οδηγών σε σχέση με την δυσκολία οδήγησης των οχημάτων τους στο κέντρο της λωρίδας κυκλοφορίας

Το επιπλέον πλάτος που εφαρμόζεται ανά όχημα ενώ διασχίζει μία καμπύλη σε σύγκριση με το πλάτος του καταστρώματος στην ευθεία μπορεί να υπολογιστεί και γεωμετρικά για κάθε συνδυασμό ακτίνας και μεταξονίου. Η επίδραση της απόκλισης της θέσης των πλευρικών τροχών αναφορικά με τους μπροστινούς και η δυσκολία που προκύπτει στην οδήγηση, πρέπει να αντιμετωπιστούν με την διαπλάτυνση στις καμπύλες, αλλά το κατάλληλο μέγεθος της διαπλάτυνσης δεν μπορεί να καθοριστεί απόλυτα όπως για την απλή πορεία εκτός τροχιάς.

Το μέγεθος της διαπλάτυνσης του διανυθέντος τμήματος σε οριζόντιες καμπύλες είναι η διαφορά ανάμεσα στα απαιτούμενο πλάτος της καμπύλης και το πλάτος που εφαρμόζεται στην ευθυγραμμία.

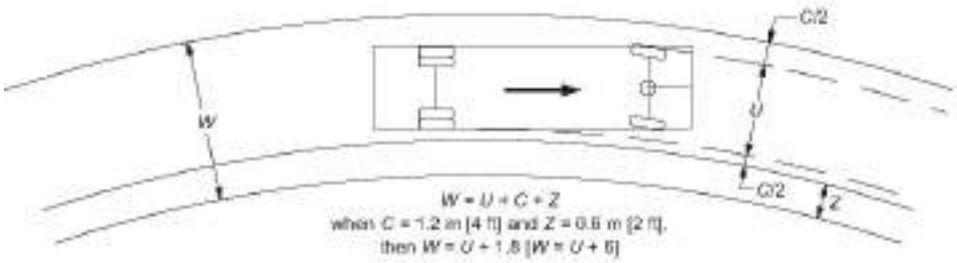
$W = Wc - Wn$

W = διαπλάτυνση της οδού στις καμπύλες, m

Wc = πλάτος οδού στις καμπύλες, m

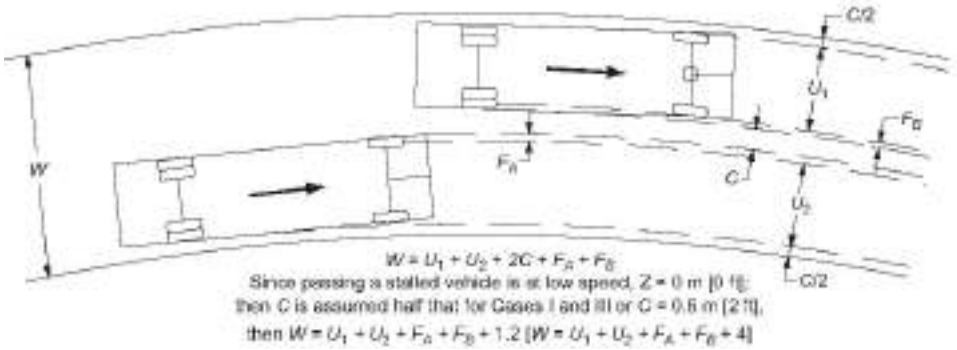
Wn = πλάτος οδού στην ευθυγραμμία, m

Το απαιτούμενο πλάτος του διανυθέντος τμήματος στην καμπύλη (Wc) περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία τα οποία σχετίζονται με την κίνηση σε καμπύλες, τα οποία περιλαμβάνουν: το πλάτος του οχήματος που συναντά ή διασχίζει την καμπύλη U, τον πλευρικό χώρο που πρέπει να είναι ελεύθερος από εμπόδια για κάθε όχημα C, το πλάτος της μπροστινής προεξοχής του οχήματος που διασχίζει την εσωτερική λωρίδα ή τις λωρίδες F_A και το πλάτος ανοχής για τη δυσκολία οδήγησης σε καμπύλη, Z. Η εφαρμογή αυτών των στοιχείων παρουσιάζεται στο σχήμα 2.17.



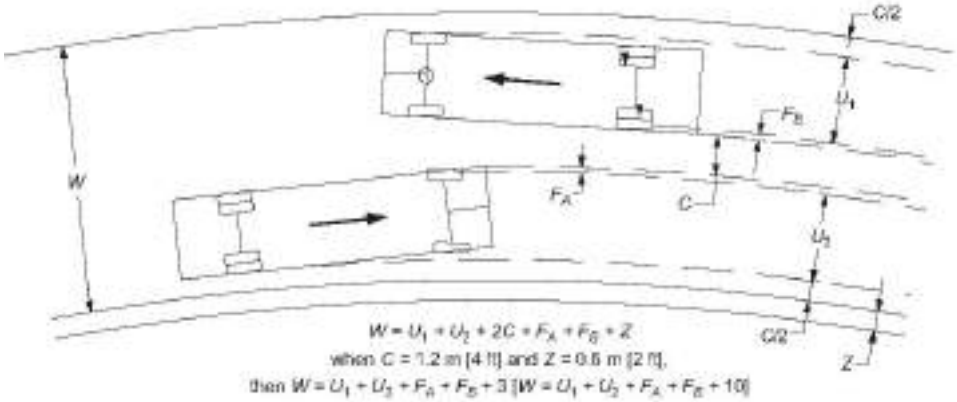
Περίπτωση I

Μονή λωρίδα μίας κατεύθυνσης – χωρίς συνάντηση διερχόμενου οχήματος



Περίπτωση II

Πρόβλεψη μονής λωρίδας μίας κατεύθυνσης για αποφυγή διερχόμενου οχήματος



Περίπτωση III

Δύο λωρίδες κυκλοφορίας – μονής ή διπλής κατεύθυνσης

U = Πλάτος οχήματος (από εξωτερικό σε εξωτερικό ελαστικό, m [ft]

F_A= Πλάτος μπροστινής προεξοχής, m [ft]

F_B= Πλάτος πίσω προεξοχής, m [ft]

C= Συνολικός πλευρικός χώρος ελεύθερος εμποδίων ανά όχημα

Z= Επιπλέον πλάτος ανοχής

Σχήμα 2.17 Απεικόνιση πλάτους στροφής οδού σε περίπτωση συνάντησης

Καθένα από αυτά τα στοιχεία προέρχεται από την ενότητα «Διαμόρφωση Κατασκευαστικών υπολογισμών για την διαπλάτυνση σε οριζόντιες καμπύλες», νωρίτερα σε αυτό κεφάλαιο.

Για τον προσδιορισμό του πλάτους Wc είναι απαραίτητη η επιλογή του κατάλληλου οχήματος σχεδιασμού. Το όχημα σχεδιασμού συνίσταται να είναι φορτηγό γιατί η πορεία εκτός τροχιάς είναι μεγαλύτερη στα φορτηγά σε σχέση με τα επιβατικά οχήματα. Το όχημα σχεδιασμού WB-19 [WB-62] θεωρείται αντιπροσωπευτικό για συνθήκες ανοιχτού αυτοκινητόδρομου δύο λωρίδων. Παρόλα αυτά μπορούν να επιλεγούν και άλλα οχήματα σχεδιασμού (Παράρτημα Δ), όταν αντιπροσωπεύουν την πραγματική κυκλοφορία σε μία συγκεκριμένη οδό.

Το πλάτος Wc υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Wc = N * (U + C) + (N – 1) * F_A + Z$$

N: αριθμός των λωρίδων

U: πλάτος του οχήματος σχεδιασμού στην καμπύλη (από τη μία άκρη των τροχών έως την άλλη)

C: ο πλευρικός χώρος που πρέπει να είναι ελεύθερος από εμπόδια

F_A: το πλάτος της μπροστινής προεξοχής του οχήματος της εσωτερικής λωρίδας

Z: επιπλέον πλάτος ανοχής

Η εκτίμηση της διαπλάτυνσης του καταστρώματος κυκλοφορίας για τις θεωρούμενες συνθήκες σχεδιασμού για το όχημα WB-19 [WB-62] σε αυτοκινητόδρομο δύο λωρίδων παρουσιάζεται στον πίνακα 2.7. Οι διαφορές στα πλάτη των οχημάτων σχεδιασμού SU, WB-12, WB-19, WB-20, WB-20D, WB-30T και WB-33D [SU, WB-40, WB-62, WB-65, WB-67D, WB-100T και WB-109D] είναι σημαντικές για οξείες καμπύλες που σχετίζονται με διασταυρώσεις, αλλά για ανοιχτούς αυτοκινητόδρομους στους οποίους η ακτίνα είναι συνήθως μεγαλύτερη από 200 m, με ταχύτητες σχεδιασμού πάνω από 50km/h, οι διαφορές είναι αμελητέες. Τόσο για οξείες γωνίες (με ταχύτητα σχεδιασμού 50km/h [30mph]) όσο και για το κυρίαρχο συνδυασμό μεγάλων οχημάτων, τα στοιχεία των διαπλατύνσεων που προέρχονται από το όχημα WB-19 πρέπει να διορθωθούν σύμφωνα με τον πίνακα 2.8. Οι προτεινόμενες αυξήσεις των στοιχείων που βρίσκονται σε στήλες για δύο μεγέθη ακτίνας καμπυλότητας είναι γενικές και δεν θα φέρουν απαραίτητα αποτέλεσμα στην περίπτωση μεγάλου πλευρικού χώρου που πρέπει να είναι ελεύθερος από εμπόδια ή για επιπλέον πλάτος ανοχής Z, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.15 για μικρότερες ακτίνες. Ωστόσο, με τις χαμηλότερες ταχύτητες και φόρτους σε οδούς με αυτή τη καμπυλότητα, ελάχιστα μικρότερος χώρος κενός από εμπόδια μπορεί να είναι αποδεκτός.

Metric																		
Radius of Curve (m)	Roadway width = 7.2 m						Roadway width = 6.6 m						Roadway width = 6.0 m					
	Design Speed (km/h)						Design Speed (km/h)						Design Speed (km/h)					
	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100
1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
2500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
2000	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
1500	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
1000	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
900	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
800	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
700	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
600	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
500	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
400	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
300	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6
250	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		1.2	1.3	1.3	1.4	1.4		1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	
200	1.1	1.2	1.3	1.3			1.4	1.5	1.6	1.6			1.7	1.8	1.9	1.9		
150	1.5	1.6	1.7	1.8			1.8	1.9	2.0	2.1			2.1	2.2	2.3	2.4		
140	1.6	1.7					1.9	2.0					2.2	2.3				
130	1.8	1.8					2.1	2.1					2.4	2.4				
120	1.9	2.0					2.2	2.3					2.5	2.6				
110	2.1	2.2					2.4	2.5					2.7	2.8				
100	2.3	2.4					2.6	2.7					2.9	3.0				
90	2.5						2.8						3.1					
80	2.8						3.1						3.4					
70	3.2						3.5						3.8					

Πίνακας 2.7α Υπολογιστικά και σχεδιαστικά μεγέθη για τη διαπλάτυνση του καταστρώματος της οδού σε καμπύλες αυτοκινητόδρομων (αυτοκινητόδρομοι δύο λωρίδων, μονής ή διπλής κατεύθυνσης)

Σημειώσεις:

Τα μεγέθη που παρουσιάζονται αφορούν το όχημα σχεδιασμού WB-19 και δίνουν την διαπλάτυνση σε μέτρα. Για διαφορετικά οχήματα σχεδιασμού χρησιμοποιούνται οι προσαρμογές του Πίνακα 2.8.

Τα μεγέθη που είναι μικρότερα των 0.6 m μπορούν να αγνοηθούν.

Για οδούς 3 λωρίδων τα παραπάνω μεγέθη πολλαπλασιάζονται κατά 1.5.

Για οδούς 4 λωρίδων τα παραπάνω μεγέθη πολλαπλασιάζονται κατά 2.

Metric																		
Radius of Curve (m)	Roadway width = 7.2 m						Roadway width = 6.6 m						Roadway width = 6.0 m					
	Design Speed (km/h)						Design Speed (km/h)						Design Speed (km/h)					
	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100
3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
2500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
2000	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
1500	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
1000	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
900	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
800	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
700	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
600	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
500	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
400	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
300	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6
250	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		1.2	1.3	1.3	1.4	1.4		1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	
200	1.1	1.2	1.3	1.3			1.4	1.5	1.6	1.6			1.7	1.8	1.9	1.9		
150	1.5	1.6	1.7	1.8			1.8	1.9	2.0	2.1			2.1	2.2	2.3	2.4		
140	1.6	1.7					1.9	2.0					2.2	2.3				
130	1.8	1.8					2.1	2.1					2.4	2.4				
120	1.9	2.0					2.2	2.3					2.5	2.6				
110	2.1	2.2					2.4	2.5					2.7	2.8				
100	2.3	2.4					2.6	2.7					2.9	3.0				
90	2.5						2.8						3.1					
80	2.8						3.1						3.4					
70	3.2						3.5						3.8					

Πίνακας 2.7β Υπολογιστικά και σχεδιαστικά μεγέθη για τη διαπλάτυνση του καταστρώματος της οδού σε καμπύλες αυτοκινητόδρομων (αυτοκινητόδρομοι δύο λωρίδων, μονής ή διπλής κατεύθυνσης)

Σημειώσεις:

Τα μεγέθη που παρουσιάζονται αφορούν το όχημα σχεδιασμού WB-19 και δίνουν την διαπλάτυνση σε μέτρα. Για διαφορετικά οχήματα σχεδιασμού χρησιμοποιούνται οι προσαρμογές του Πίνακα 2.8.

Τα μεγέθη που είναι μικρότερα των 0.6 m μπορούν να αγνοηθούν.

Για οδούς 3 λωρίδων τα παραπάνω μεγέθη πολλαπλασιάζονται κατά 1.5.

Για οδούς 3 λωρίδων τα παραπάνω μεγέθη πολλαπλασιάζονται κατά 2.

Metric									U.S. Customary								
Radius of Curve (m)	Design Vehicle								Radius of Curve (ft)	Design Vehicle							
	SU-9	SU-12	WB-12	WB-20	WB-20D	WB-28D	WB-30T	WB-33D		SU-30	SU-40	WB-40	WB-67	WB-67D	WB-92D	WB-100T	WB-109D
3000	−0.4	−0.3	−0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7000	−1.2	−1.2	−1.2	0.1	−0.1	0.1	−0.1	0.2
2500	−0.4	−0.4	−0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6500	−1.3	−1.2	−1.2	0.1	−0.1	0.1	−0.1	0.2
2000	−0.4	−0.4	−0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6000	−1.3	−1.2	−1.2	0.1	−0.1	0.1	−0.1	0.2
1500	−0.4	−0.4	−0.4	0.0	−0.1	0.0	0.0	0.1	5500	−1.3	−1.3	−1.2	0.1	−0.2	0.1	−0.1	0.2
1000	−0.5	−0.4	−0.4	0.0	−0.1	0.0	0.0	0.1	5000	−1.3	−1.3	−1.3	0.1	−0.2	0.1	−0.1	0.3
900	−0.5	−0.4	−0.4	0.0	−0.1	0.0	0.0	0.1	4500	−1.4	−1.3	−1.3	0.1	−0.2	0.1	−0.1	0.3
800	−0.5	−0.5	−0.4	0.0	−0.1	0.0	0.0	0.2	4000	−1.4	−1.4	−1.3	0.1	−0.2	0.1	−0.1	0.3
700	−0.5	−0.5	−0.5	0.1	−0.1	0.1	0.0	0.2	3500	−1.5	−1.4	−1.4	0.1	−0.3	0.1	−0.1	0.4
600	−0.6	−0.5	−0.5	0.1	−0.1	0.1	−0.1	0.2	3000	−1.6	−1.5	−1.4	0.1	−0.3	0.1	−0.1	0.5
500	−0.6	−0.6	−0.5	0.1	−0.2	0.1	−0.1	0.3	2500	−1.7	−1.6	−1.5	0.2	−0.4	0.2	−0.1	0.5
400	−0.7	−0.6	−0.6	0.1	−0.2	0.1	−0.1	0.3	2000	−1.8	−1.7	−1.6	0.2	−0.5	0.3	−0.2	0.7
300	−0.8	−0.7	−0.7	0.1	−0.3	0.1	−0.1	0.4	1800	−1.9	−1.8	−1.7	0.2	−0.5	0.2	−0.2	0.8
250	−0.9	−0.8	−0.8	0.1	−0.3	0.2	−0.1	0.5	1600	−2.0	−1.9	−1.8	0.2	−0.6	0.3	−0.2	0.8
200	−1.1	−1.0	−0.9	0.2	−0.4	0.2	−0.2	0.6	1400	−2.2	−2.0	−1.9	0.3	−0.6	0.3	−0.3	1.0
150	−1.3	−1.2	−1.1	0.2	−0.6	0.3	−0.2	0.8	1200	−2.4	−2.2	−2.1	0.3	−0.8	0.3	−0.3	1.1
140	−1.4	−1.3	−1.2	0.3	−0.6	0.3	−0.2	0.9	1000	−2.7	−2.4	−2.3	0.4	−0.9	0.4	−0.4	1.4
130	−1.5	−1.3	−1.2	0.3	−0.6	0.3	−0.2	1.0	900	−2.8	−2.6	−2.4	0.4	−1.0	0.5	−0.4	1.5
120	−1.6	−1.4	−1.3	0.3	−0.7	0.3	−0.3	1.1	800	−3.1	−2.8	−2.6	0.5	−1.1	0.5	−0.4	1.7
110	−1.7	−1.5	−1.4	0.3	−0.8	0.4	−0.3	1.2	700	−3.4	−3.0	−2.9	0.6	−1.3	0.6	−0.5	1.9
100	−1.8	−1.6	−1.5	0.4	−0.8	0.4	−0.3	1.3	600	−3.8	−3.4	−3.2	0.7	−1.5	0.7	−0.6	2.3
90	−2.0	−1.8	−1.6	0.4	−0.9	0.4	−0.4	1.4	500	−4.3	−3.8	−3.6	0.8	−1.8	0.8	−0.7	2.7
80	−2.2	−1.9	−1.8	0.5	−1.0	0.5	−0.4	1.6	450	−4.7	−4.2	−3.9	0.9	−2.0	0.9	−0.8	3.0
70	−2.5	−2.2	−2.0	0.5	−1.2	0.6	−0.5	1.9	400	−5.2	−4.6	−4.3	1.0	−2.3	1.0	−0.9	3.4
									350	−5.8	−5.1	−4.7	1.1	−2.6	1.2	−1.0	3.9
									300	−6.6	−5.8	−5.4	1.3	−3.0	1.4	−1.2	4.6
									250	−7.7	−6.7	−6.3	1.6	−3.6	1.7	−1.4	5.5
									200	−9.4	−8.2	−7.6	2.0	−4.6	2.1	−1.8	7.0

Πίνακας 2.8 Αναπροσαρμογές των μεγεθών της διαπλάτυνση του καταστρώματος της οδού σε καμπύλες αυτοκινητόδρομων (αυτοκινητόδρομοι δύο λωρίδων, μονής ή διπλής κατεύθυνσης)

Σημειώσεις:
Οι αναπροσαρμογές εφαρμόζονται προσθέτοντας ή αφαιρώντας από τα μεγέθη του Πίνακα 2.7.
Οι αναπροσαρμογές εξαρτώνται μόνο από την ακτίνα και το όχημα σχεδιασμού, είναι ανεξάρτητες του πλάτους της λωρίδας και της ταχύτητας σχεδιασμού.
Για οδούς τριών λωρίδων πολλαπλασιάζονται κατά 1.5.
Για οδούς τριών λωρίδων πολλαπλασιάζονται κατά 2.

Στοιχεία σχεδιασμού για διαπλάτυνση του διανυθέντος τμήματος

Το κόστος της διαπλάτυνσης είναι μεγάλο, ενώ στην πραγματικότητα τα οφέλη της είναι λίγα όταν η τιμή της είναι μικρή. Προτείνεται να χρησιμοποιείται ως ελάχιστη διαπλάτυνση τα 0.6m και να αγνοούνται όλα τα μικρότερα μεγέθη του Πίνακα 2.7. Να σημειωθεί πως τα μεγέθη στον Πίνακα 2.7 αφορούν το όχημα σχεδιασμού WB-19 [WB-62]. Για άλλα οχήματα σχεδιασμού, θα πρέπει να γίνει αναπροσαρμογή σύμφωνα με τον Πίνακα 2.8. Επιπλέον, τα μεγέθη στον Πίνακα 2.8 είναι συμβατά για οδούς δύο λωρίδων, μονής κατεύθυνσης (δηλαδή, για κάθε ρεύμα κυκλοφορίας σε έναν διαχωρισμένο αυτοκινητόδρομο ή οδό). Μελέτες δείχνουν πως σε ευθυγραμμίες εφαρμόζονται ελαφρώς μικρότερα μεγέθη ορατότητας ανάμεσα στα οχήματα που κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση σε σχέση με τα διασταυρούμενα οχήματα που κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις.
Δεν υπάρχει καμία απόδειξη πως αυτές οι ελάχιστες τιμές ορατότητας εξασφαλίζονται σε καμπύλες δρόμων μονής κατεύθυνσης. Επιπλέον, οι οδηγοί δεν είναι σε θέση να αξιολογήσουν επαρκώς τα μεγέθη ορατότητας για διερχόμενα οχήματα προς την ίδια κατεύθυνση σε σχέση με αυτά που συναντιούνται και κινούνται προς αντίθετες κατευθύνεις σε καμπύλες αυτοκινητόδρομων δύο κατευθύνσεων. Για το λόγο αυτό και επειδή όλα τα γεωμετρικά στοιχεία σε διαχωρισμένο αυτοκινητόδρομο κατά κύριο λόγο είναι επαρκώς σχεδιασμένα, η διαπλάτυνση σε οδό δύο λωρίδων, μονής κατεύθυνσης σε διαχωρισμένο αυτοκινητόδρομο πρέπει να είναι ίδια σε σχέση με τη διαπλάτυνση οδού δύο λωρίδων, διπλής κατεύθυνσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.7.

Εφαρμογή της διαπλάτυνσης στις καμπύλες

Η διαπλάτυνση πρέπει να μεταβάλλεται σταδιακά στα όρια της καμπύλης για να εξασφαλίσει την ομαλή επαναφορά της άκρης του καταστρώματος της οδού και για να ταυτιστεί με τη τροχιά των οχημάτων που εισέρχονται ή εξέρχονται από την καμπύλη. Τα βασικά σημεία που μας απασχολούν για το σχεδιασμό της διαπλάτυνσης σε καμπύλες, η οποία εφαρμόζεται και στις δύο άκρες του αυτοκινητόδρομου, παρουσιάζονται παρακάτω:

- Σε απλές καμπύλες (χωρίς τόξο συναρμογής), η διαπλάτυνση πρέπει να εφαρμόζεται μόνο στην εσωτερική άκρη του καταστρώματος. Σε καμπύλες που σχεδιάζονται με τόξα συναρμογής, η διαπλάτυνση μπορεί να εφαρμοστεί στην εσωτερική άκρη ή να κατανεμηθεί ίσα σε κάθε πλευρά της κεντρικής γραμμής. Με βάση πρόσφατες μεθόδους, με την επέκταση της εξωτερικής άκρης της εφαπτομένης αποφεύγεται μια μικρή σιγμοειδής καμπύλη (καμπύλη “S”) στην εξωτερική άκρη. Σε κάθε περίπτωση, η τελική επιλογή της κεντρικής γραμμής και κατά προτίμηση κάθε διαμήκης σύνδεση, πρέπει να τοποθετηθεί στο μέσο της οδού ανάμεσα στις άκρες του καταστρώματος που έχει διαπλατυνθεί.
- Η διαπλάτυνση στις καμπύλες πρέπει να μεταβάλλεται σταδιακά σε επαρκές μήκος ώστε όλο το κατάστρωμα της οδού να είναι λειτουργικό. Παρόλο που η μεγάλη κατά μήκος μεταβολή είναι επιθυμητή για τη λειτουργικότητα της οδού, μπορεί να

καταλήξουμε σε ένα τμήμα στενού οδοστρώματος που είναι δύσκολο και δαπανηρό στην κατασκευή. Είναι προτιμότερο, η διαπλάτυνση να μεταβάλλεται κατά το μήκος συναρμογής της επίκλισης της εξωτερικής οριογραμμής, αλλά κάποιες φορές εφαρμόζεται σε μικρότερα μήκη. Οι μεταβολές στο πλάτος πρέπει να κατανέμονται σε απόσταση πάνω από 30 έως 60m.

- Από πλευράς λειτουργικότητας και εμφάνισης, η άκρη του καταστρώματος κατά μήκος της μεταβαλλόμενης διαπλάτυνσης πρέπει να είναι μία ομαλή, αρμονική καμπύλη. Η εφαπτομενική μεταβολή της άκρης πρέπει να αποφεύγεται. Σε δευτερεύοντες αυτοκινητόδρομους ή σε περιπτώσεις που οι σχεδιαστικές λεπτομέρειες δεν είναι διαθέσιμες, μία μεταβαλλόμενη καμπύλη οριοθετημένη εμπειρικά είναι κατά κύριο λόγο ικανοποιητική και προτιμότερη σε σχέση με την εφαπτομενική μεταβολή. Σε κάθε περίπτωση, στα άκρα της μεταβολής θα πρέπει να αποφεύγεται η απότομη μεταβολή γωνίας στην άκρη του οδοστρώματος.
- Στην ευθυγραμμία αυτοκινητόδρομων χωρίς κυκλικά τόξα, η ομαλή και λειτουργική ευθυγραμμία προκαλείται, εφαρμόζοντας την διαπλάτυνση από το 1/2 στα 2/3 του μήκους μεταβολής κατά μήκος της εφαπτομένης και από την ισορροπία κατά μήκος της καμπύλης. Αυτό συνάδει με την κοινή μέθοδο εφαρμογής της επίκλισης. Η εσωτερική άκρη του καταστρώματος της οδού μπορεί να σχεδιαστεί σαν ένα διαμορφωμένο τόξο συναρμογής, με ελεγχόμενα σημεία καθορισμένα είτε από το πλάτος/μήκος της ακτίνας του τριγωνικού άκρου, είτε υπολογίζοντας τα μεγέθη βασιζόμενοι στην παραβολική ή στην κυβοειδή καμπύλη, ή με την αύξηση της ακτίνας (ωοειδής) καμπυλότητας. Διαφορετικά, μπορεί να ενσωματωθεί εμπειρικά στο πεδίο εφαρμογής. Στους αυτοκινητόδρομους με προσαρμογή της οδού με τόξα συναρμογής, η αύξηση του πλάτους είναι συνήθως κατανεμημένη κατά μήκος του τόξου συναρμογής.
- Οι διαπλατυσμένες περιοχές μπορούν να παρουσιαστούν λεπτομερώς στα σχέδια κατασκευής. Εναλλακτικά, μπορούν να αναφερθούν γενικές κατευθύνσεις στην κατασκευή ή στα βασικά σχέδια αφήνοντας τις τελικές λεπτομέρειες στον μηχανικό.

2.3.4.2 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλατύνσεων σε καμπύλες σύμφωνα με τις οδηγίες του Forest Service για δασικές οδούς

Η διαπλάτυνση της επιφάνειας κυκλοφορίας απαιτείται σε κάποιες καμπύλες για την αποφυγή της πορείας εκτός τροχιάς φορτηγών με ρυμουκλούμενο και κάποιων μικρότερων οχημάτων σε συνδυασμό με ρυμουλκούμενο. Η διαπλάτυνση θεωρείται ως μέρος της επιφάνειας κυκλοφορίας προσφέροντας επαρκή χώρο για την κίνηση του οχήματος σχεδιασμού.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο μελετητής πρέπει να λάβει υπόψη του αρκετούς τύπους οχημάτων, με πιο συχνούς τους εξής:

α) Συνδυασμός τράκτορα και ρυμουλκούμενου όπου το σημείο πρόσδεσης βρίσκεται ακριβώς πάνω από τους κινητήριους άξονες.

β) Συνδυασμός τράκτορα και ρυμουλκούμενου με το σημείο πρόσδεσης πίσω από τους κινητήριους άξονες.

γ) Συνδυασμός τράκτορα ημιρυμουλκούμενου με δύο σημεία πρόσδεσης και πρόσθετους άξονες.

δ) Ειδικούς συνδυασμούς για άλλα εμπορικά οχήματα όπως τράκτορες με δύο ή τρία ρυμουλκούμενα.

ε) Μεγάλα οχήματα αναψυχής όπως τροχόσπιτα, τουριστικά λεωφορεία και αγροτικά οχήματα με συνδυασμούς ρυμουλκούμενου.

ζ) Οχήματα μεταφοράς κορμών δέντρων και μηχανήματα έργων με δυνατότητα μετακίνησης.

Η διαπλάτυνση επηρεάζεται από τον τύπο του οχήματος, την ακτίνα καμπυλότητας και την κεντρική ή την παραπληρωματική γωνία.

Γενικά, η απαίτηση για διαπλάτυνση στις καμπύλες αυξάνεται όσο μειώνεται η ακτίνα. Μικρότερες καμπύλες απαιτούν μικρότερη διαπλάτυνση σε σχέση με τις μεγαλύτερες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η σχέση της διαπλάτυνσης της καμπύλης και του επιπέδου λειτουργικότητας μίας οδού.

Επίπεδο λειτουργικότητας	**Διαπλάτυνση καμπύλης**
G	Παρέχεται για τη φιλοξενία του οχήματος σχεδιασμού στην ταχύτητα μελέτης κάθε καμπύλης. Η διαπλάτυνση καμπύλης πρέπει να παρέχεται σε κάθε λωρίδα σε οδούς διπλής λωρίδας κυκλοφορίας. Η διαπλάτυνση καμπύλης για κρίσιμα οχήματα που κινούνται νόμιμα σε αυτοκινητόδρομους πρέπει να παρέχεται με τη χρήση άλλων στοιχείων σχεδιασμού εφόσον προβλέπεται, όπως λωρίδες πολλαπλών χρήσεων και λωρίδες έκτακτης ανάγκης. Η διαπλάτυνση καμπύλης για κρίσιμα οχήματα που δεν προβλέπονται στους αυτοκινητόδρομους, πρέπει να παρέχεται μόνο με το απαιτούμενο μέγεθος ώστε τα οχήματα να διασχίζουν με ασφάλεια την οδό με ειδικούς λειτουργικούς χειρισμούς, όπως η απαίτηση για οδηγούς οχημάτων με ειδική άδεια σε ισχύ.
H	Ίδιο με το επίπεδο λειτουργικότητας G
I	Ίδιο με το επίπεδο λειτουργικότητας G, εκτός της διαπλάτυνσης καμπύλης για κρίσιμα οχήματα που κινούνται νόμιμα σε αυτοκινητόδρομους που μπορεί να μειωθεί μέχρι το μέγεθος που είναι απαραίτητο για να διασχίσουν την οδό με ασφάλεια με ειδικούς λειτουργικούς χειρισμούς.
J	Κατά κύριο λόγο, παρέχεται αποκλειστικά για το όχημα σχεδιασμού. Τα φορτία που μετακινούνται με τα κρίσιμα οχήματα μπορούν να μετακινηθούν με διαφορετικό τρόπο ή να μεταφερθούν με οχήματα που είναι ικανά να διασχίσουν την οδό. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί προσωρινή διαπλάτυνση, που δίνει τη δυνατότητα στα κρίσιμα οχήματα να διασχίσουν την οδό, όπως η προσωρινή επιχωμάτωση τάφρου σε στενά τμήματα.

Πίνακας 2.9 Σχέση διαπλάτυνσης με επίπεδο λειτουργικότητας

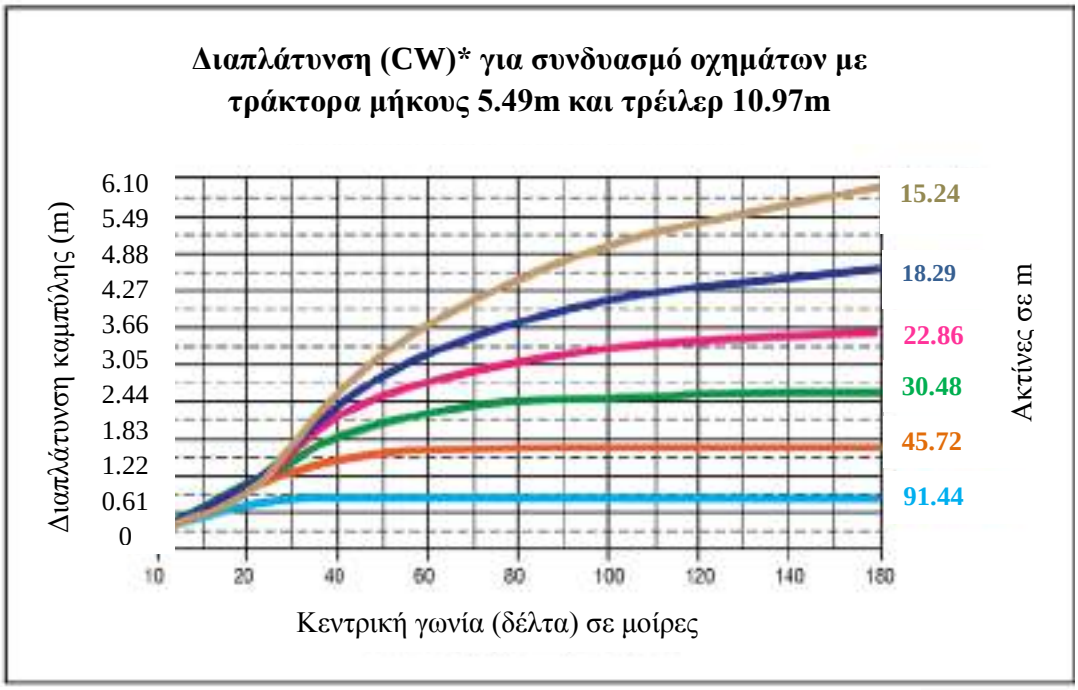
Για επίπεδα λειτουργικότητας οδών I και J, μπορεί να είναι επιθυμητός ο σχεδιασμός λωρίδων πολλαπλών χρήσεων εκεί που διαφορετικά θα απαιτούνταν μεγάλη διαπλάτυνση, όπως σε καμπύλες μικρής ακτίνας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το ελάχιστο πλάτος λωρίδας πρέπει να είναι μεγαλύτερο από:

1. Βασικό πλάτος λωρίδας, αυξανόμενο κατά την διαπλάτυνση καμπύλης του οχήματος σχεδιασμού, αυξανόμενο κατά το πλάτος της λωρίδας πολλαπλών χρήσεων.

2. Βασικό πλάτος λωρίδας αυξανόμενο κατά τη διαπλάτυνση καμπύλης του κρίσιμου οχήματος σχεδιασμού.

Η λωρίδα πολλαπλών χρήσεων πρέπει να επεκταθεί από το σημείο αρχής μέχρι το σημείο τέλους της καμπύλης και να μειώνεται κατάλληλα σύμφωνα με το όχημα σχεδιασμού.

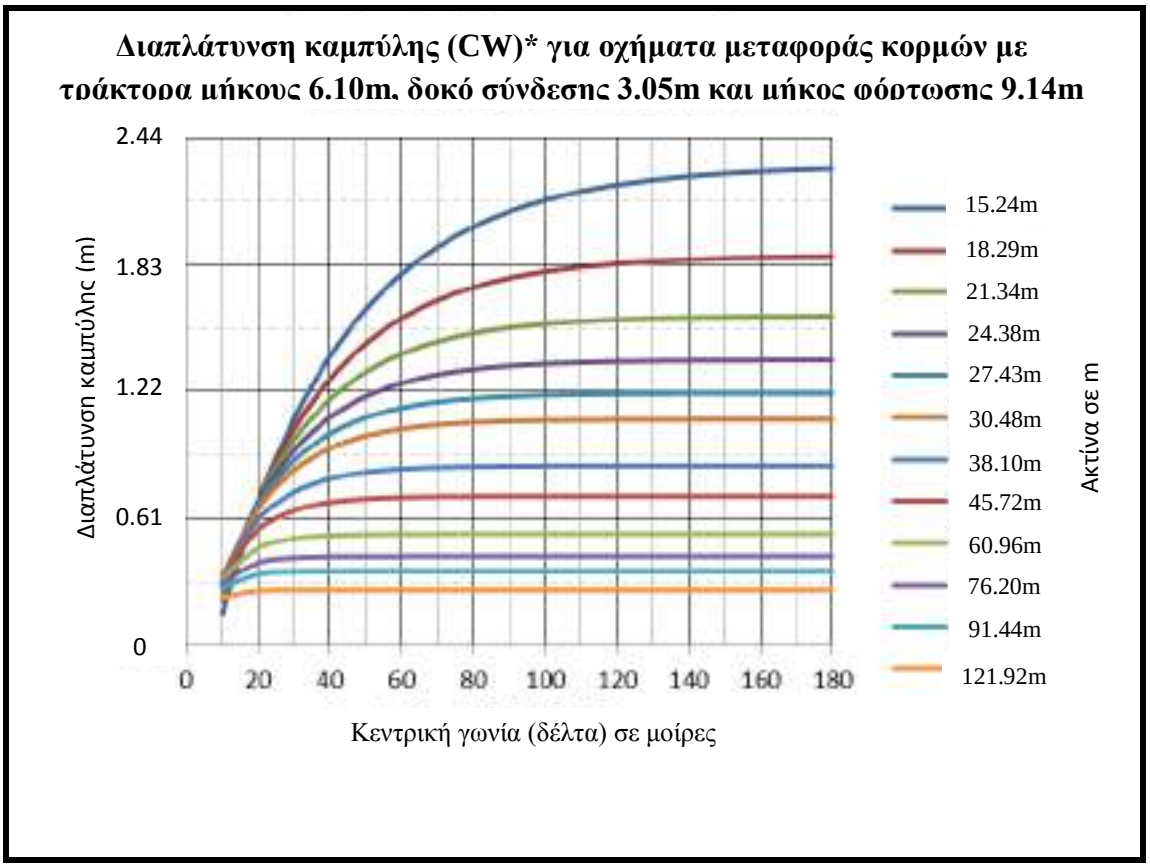
Η διαπλάτυνση προσδιορίζεται, με κατάλληλη χρήση του Πίνακα 2.9, των διαγραμμάτων 2.18, 2.19 και των παρακάτω εξισώσεων. Οι καμπύλες στα διαγράμματα δημιουργήθηκαν από διάφορα μεγέθη κεντρικής γωνίας ή γωνίας αλλαγής διεύθυνσης οχημάτων χρησιμοποιώντας τις σχέσεις για την πορεία εκτός τροχιάς. Το σχήμα 2.18 εφαρμόζεται για συνδυασμούς τράκτορα και ρυμουλκούμενου και το σχήμα 2.19 εφαρμόζεται για σχηματισμούς οχημάτων μεταφοράς κορμών δέντρων. Για τους άλλους σχηματισμούς γίνεται αναφορά στο AASHTO's "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets."



*Η διαπλάτυνση καμπύλης (CW) προστίθεται στο πλάτος λωρίδας

Σχήμα 2.18 Διαπλάτυνση καμπύλης για συνδυασμό οχημάτων A

Δεν είναι απαραίτητη η διαπλάτυνση όλων των καμπύλων. Εφόσον το ελάχιστο πλάτος που καθορίζεται από τις σχέσεις παρακάτω είναι ίσο ή μικρότερο από την επιφάνεια κυκλοφορίας, δεν απαιτείται διαπλάτυνση στην καμπύλη.



Σχήμα 2.19 Διαπλάτυνση καμπύλης για συνδυασμό οχημάτων Β

Από την παρακάτω εξίσωση, που έχει εφαρμογή για ακτίνες καμπυλότητας 15.24m και πάνω, προκύπτει το ελάχιστο πλάτος λωρίδας (MLW), το οποίο περιλαμβάνει και επιπλέον 0.61m (3ft) για την αντιμετώπιση του προβλήματος κίνησης εκτός τροχιάς.

MLW = 4.27m (14ft) + διαπλάτυνση καμπύλης (CW), όπου το CW προσδιορίζεται από την εξίσωση παρακάτω.

Το ελάχιστο πλάτος λωρίδας μπορεί να μειωθεί στα 4.27m αυξανόμενο κατά τη διαπλάτυνση της καμπύλης για οδούς με επίπεδο λειτουργικότητας I, που επιτρέπουν την κίνηση οχημάτων εμπορικής χρήσης ή επιβατικών επαγγελματικών οχημάτων και στα 3.66m αυξανόμενο κατά τη διαπλάτυνση της καμπύλης για οδούς με διαφορετικό επίπεδο λειτουργικότητας από I, όπου η ανάλυση υποδεικνύει πως η επάρκεια για την ασφάλεια των χρηστών και η λειτουργικότητα της οδού εξασφαλίζονται και με το μειωμένο πλάτος.

$$CW = \left[\left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) \left(1 - e^{\left\{ \frac{-0.015\Delta R}{L} + 0.216 \right\}} \right) \right],$$ όπου:

R = κεντρική ακτίνα σε m,
e = η βάση του φυσικού λογαρίθμου,
Δ = γωνία αλλαγής διεύθυνσης σε μοίρες, και
L = το μέγεθος όπως υπολογίζεται παρακάτω.

Για τράκτορα και ρυμουλκούμενο, $L = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 + L_3^2}$, όπου:

L_1 = το μεταξόνιο σε m,
L_2 = η απόσταση από το σημείο πρόσδεσης στο μέσο των πίσω δίδυμων τροχών του τελευταίου ρυμουλκούμενου σε m, και
L_3 = η απόσταση από το σημείο πρόσδεσης στο μέσο των πίσω δίδυμων τροχών του δεύτερου ρυμουλκούμενου σε m

Για όχημα μεταφοράς κορμών με δοκό σύνδεσης, $L = \sqrt{L_1^2 - L_2^2 + L_3^2}$, όπου:

L_1 = το μεταξόνιο του τράκτορα σε m,
L_2 = το μήκος της δοκού σύνδεσης υπολογιζόμενο από το μέσο του πίσω άξονα του τράκτορα μέχρι το τέλος της δικού, και
L_3 = το μήκος φόρτωσης, μειωμένο κατά το μήκος της δοκού σύνδεσης σε m.

Η διαπλάτυνση της καμπύλης πρέπει να μειωθεί ομοιόμορφα πριν από την αρχή και μετά το τέλος της καμπύλης για τα ακόλουθα μήκη:

Μήκη ομοιόμορφης κατανομής της διαπλάτυνσης της καμπύλης			
Ακτίνα		**Μήκος**	
feet	**m**	**feet**	**m**
<70	21.34	60	18.28
70-85	21.34 - 25.9	50	15.24
86-100	26.21 – 30.48	40	12.19
>100	30.48	30	9.14

Πίνακας 2.10 Μήκη ομοιόμορφης κατανομής της διαπλάτυνσης της καμπύλης

Πρέπει να ληφθεί προσεκτικά υπόψη η επάρκεια της διαπλάτυνσης για σιγμοειδής καμπύλες (καμπύλη "S") ή για ωοειδής καμπύλες ή για καμπύλες διαχωρισμένες από εφαπτόμενες μικρότερες από το μήκος μετάβασης της διαπλάτυνσης της καμπύλης.

Περιορισμένες αρχικές μελέτες σε σιγμοειδείς καμπύλες υποδεικνύουν ότι το ελάχιστο πλάτος λωρίδας στο σημείο της αντίθετης καμπυλότητας πρέπει να είναι:

1. 4.27m για επίπεδο λειτουργικότητας οδών I που επιτρέπουν την κίνηση οχημάτων εμπορικής χρήσης ή επιβατικών επαγγελματικών οχημάτων
2. 3.66m για οδούς με διαφορετικό επίπεδο λειτουργικότητας από I + 2/3 (διαπλάτυνση της πρώτης καμπύλης) + 2/3 (διαπλάτυνση της δεύτερης καμπύλης)

Η διαπλάτυνση για ωοειδής καμπύλες πρέπει να υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη συνολική αλλαγή διεύθυνσης και των δύο καμπύλων. Εφαρμόζεται η μεγαλύτερη από τις διαπλατύνσεις που υπολογίστηκε για κάθε καμπύλη στην περίπτωση που έχουμε συνεχείς καμπύλες, όπως και στη διαπλάτυνση καμπύλης στην περίπτωση της σιγμοειδούς καμπύλης (καμπύλης "S").

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη κίνηση των οχημάτων δίνονται στο Παράρτημα Δ, σχήματα ΠΔ.2 και ΠΔ.3.

2.3.5 Μεθοδολογία υπολογισμού διαπλατύνσεων σε καμπύλες σύμφωνα με τις Αυστραλιανές Οδηγίες

Τα οδοστρώματα μπορούν να διαπλατυνθούν στις καμπύλες για να διατηρήσουν την πλευρική ορατότητα ανάμεσα στα οχήματα ίση με τη διαθέσιμη ορατότητα σε τμήματα οδού που βρίσκονται σε ευθείες. Η διαπλάτυνση απαιτείται για δύο λόγους:

- Ένα όχημα που διασχίζει μία καμπύλη καταλαμβάνει μεγαλύτερο πλάτος του οδοστρώματος από αυτό που καταλαμβάνει στην ευθεία, αφού οι πίσω τροχοί για χαμηλές ταχύτητες κινούνται εσωτερικά σε σχέση με τους μπροστινούς και η μπροστινή προεξοχή μειώνει την ορατότητα ανάμεσα στα διερχόμενα οχήματα και στα οχήματα που προσπερνούν. (Για μεγάλες ταχύτητες οι πίσω τροχοί κινούνται εξωτερικά των μπροστινών)
- Τα οχήματα παρεκκλίνουν περισσότερο από την κεντρική γραμμή της λωρίδας στην καμπύλη σε σχέση με την ευθεία

Το μέγεθος της απαιτούμενης διαπλάτυνσης εξαρτάται από:

- Την ακτίνα της καμπύλης
- Το πλάτος της λωρίδα στην ευθυγραμμία
- Το πλάτος και το μήκος του οχήματος
- Ορατότητα

Στοιχεία όπως, η προεξοχή του μπροστινού μέρους του οχήματος, η απόσταση μεταξύ των αξόνων και το πλάτος του οχήματος επηρεάζουν τους υπολογισμούς. Παρόλα αυτά, υπάρχει ένα ελάχιστο πρακτικό όριο στην διαπλάτυνση ώστε να είναι κατασκευαστικά εφικτή, ενώ για οδό δύο λωρίδων η διαπλάτυνση θα πρέπει να παραλείπεται όταν το συνολικό μέγεθός της είναι μικρότερο των 0.5m.

Η διαπλάτυνση του οδοστρώματος μπορεί να επιβάλλεται σε οριζόντιες καμπύλες για οχήματα που καταλαμβάνουν μεγαλύτερο πλάτος οδοστρώματος σε σχέση με αυτό του οχήματος σχεδιασμού (19m για ημιρυμουλκούμενο).

Δεν υπάρχει κανένα πρόσθετο περιθώριο ασφαλείας για τη δυσκολία οδήγησης σε καμπύλες. Αυτό αποτελεί τη βάση των Austroads από το 1979 και έχει βασιστεί στις παρακάτω παραδοχές:

- Υπάρχει λιγότερη απόκλιση στην οδήγηση με το όχημα σχεδιασμού αφού είναι ένα μεγάλο εμπορικό όχημα το οποίο χειρίζεται επαγγελματίας οδηγός
- Το πλάτος της τροχιάς του οχήματος σχεδιασμού περιλαμβάνει την τροχιά μικρότερων οχημάτων ενώ επιπλέον παρέχει χώρο για την απόκλιση στην οδήγηση (και για την απόκλιση στις δυνατότητες του οδηγού) μικρότερων οχημάτων

- Η κοινή χρήση όλου του πλάτους ή μέρους του πλάτους της οδού και το έρεισμα αναπληρώνουν την απουσία στοιχείων σχετικά με την ανοχή στην οδήγηση για το όχημα σχεδιασμού

Ο πίνακας 2.11 δείχνει την διαπλάτυνση για ένα εύρος ακτίνας καμπυλότητας και των οχημάτων σχεδιασμού.

Για διαπλάτυνση λωρίδων με μεταβαλλόμενες καμπύλες, η συνήθης πρακτική είναι η εφαρμογή της μισής διαπλάτυνσης της καμπύλης σε κάθε πλευρά της οδού. Παρόλα αυτά, αυτό σημαίνει ότι η μετατόπιση που έχει σχέση με την μεταβολή του πλάτους, (μεταβολή=$Lp^2/24R$, όπου Lp είναι το μήκος της μεταβαλλόμενης καμπύλης και R είναι η ακτίνα καμπυλότητας) πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την διαπλάτυνση της καμπύλης που εφαρμόζεται στην εξωτερική της άκρη ώστε το όχημα σχεδιασμού να χρησιμοποιεί τη διαπλάτυνση. Αυτό συνήθως αποτελεί πρόβλημα μόνο όταν η διαπλάτυνση της καμπύλης πρέπει να εξυπηρετεί μεγάλα ρυμουλκούμενα οχήματα (με δύο ή περισσότερα ρυμουλκούμενα), που ένα μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής διαπλάτυνσης θα πρέπει να εφαρμοστεί στο εσωτερικό της καμπύλης. Η κεντρική γραμμή της λωρίδας θα πρέπει να σχεδιαστεί έκκεντρα σε σχέση με τη γραμμή ελέγχου της λωρίδας για να παρέχει ίσα πλάτη λωρίδων.

Για μη μεταβαλλόμενες καμπύλες, η συνήθης πρακτική είναι η εφαρμογή ολόκληρης της διαπλάτυνσης στη καμπύλη στο εσωτερικό, με την κεντρική γραμμή της λωρίδας να είναι σχεδιασμένη έκκεντρα σε σχέση με τη γραμμή ελέγχου της λωρίδας για να παρέχει ίσα πλάτη. Αυτή η εφαρμογή βοηθά του οδηγούς να κάνουν την δική τους μεταβαση.

Η ανάγκη διαπλάτυνσης υφιστάμενων δρόμων παύει όταν η διαπλάτυνση ανά λωρίδα είναι μικρότερη από 0.25m (δηλαδή υπολογισμένα πλάτη λωρίδων μικρότερα των 3.8m, για να χωρέσουν την ελάχιστη πρακτική διαπλάτυνση για οδό δύο λωρίδων των 0.5m). Οι μικρές ακτίνες καμπυλότητας θα πρέπει να σχεδιαστούν με την βοήθεια πρότυπων στροφών ή υπολογιστικών προγραμμάτων προσομοίωσης κίνησης σε καμπύλη. Αυτό οφείλεται στο ότι η γωνία της καμπύλης ξεκινάει να επηρεάζει το πλάτος της τροχιάς, το οποίο πρέπει να ελεγχτεί με την εφαρμοζόμενη διαπλάτυνση.

Οι διαστάσεις των οχημάτων σχεδιασμού παρουσιάζονται στο Παράρτημα Δ.

Ακτίνα (m)	Μεμονωμένο όχημα ή Λεωφορείο	Τράκτορας και Ημιρυμουλκούμενο	Τράκτορας και Ημιρυμουλκούμενο με δύο σημεία άρθρωσης	Τύπος 1 Φορτηγό μεγάλου μήκους	Τύπος 2 Φορτηγό μεγάλου μήκους
30		**Χρήση**			
40	1.03				
50	0.82		**Πρότυπων**		
60	0.71	1.27			
70	0.59	1.03	1.31		
80	0.52	0.91	1.16	1.62	**Στροφών**
90	0.46	0.81	1.03	1.44	
100	0.41	0.71	0.90	1.26	1.80
120	0.36	0.63	0.80	1.13	1.61
140	0.32	0.56	0.71	1.00	1.43
160	0.28	0.49	0.62	0.87	1.25
180	0.24	0.42	0.53	0.74	1.07
200		0.35	0.45	0.62	0.89
250		0.29	0.37	0.51	0.74
300		0.23	0.30	0.41	0.59
350			0.26	0.35	0.51
400			0.22	0.30	0.44
450				0.27	0.39
500				0.25	0.35
600				0.21	0.30
700					0.25
800					0.22

Πίνακας 2.11 Διαπλάτυνση καμπύλης σύμφωνα με τις Αυστραλιανές Οδηγίες

Σημειώσεις:

Για τις γκρίζες περιοχές χρησιμοποιούνται τα πρότυπα στροφών.

Η ανάγκη χρήσης των πρότυπων στροφών καθορίζεται από την μεταβολή της διαπλάτυνσης εξαιτίας της γωνίας της στροφής. Η ανάγκη διαπλάτυνσης στην καμπύλη παύει όταν η διαπλάτυνση ανά λωρίδα είναι <0,25.

Η διαπλάτυνση στην καμπύλη για δεδομένη οδό θα είναι η διαπλάτυνση/λωρίδα x τον αριθμό των λωρίδων. Το συνολικό πλάτος που προκύπτει για τις λωρίδες κυκλοφορίας μπορεί τότε να στρογγυλοποιηθεί στο κοντινότερο πολλαπλάσιο του 0,25.

Η διαπλάτυνση ανά λωρίδα δεν εξαρτάται από το πλάτος της λωρίδας στην ευθυγραμμία.
Η διαπλάτυνση επιδιώκεται να διατηρεί τον οριζόντιο χώρο κενό από εμπόδια στην ευθυγραμμία.

Πηγή: Πολιτεία του Κουΐνσλαντ, τμήμα Κύριων Οδών (2002a)

2.4 Εφαρμογή και σύγκριση Οδηγιών διαπλάτυνσης σε καμπύλη

2.4.1 Γενικά

Στη συνέχεια πραγματοποιείται εφαρμογή των υπό εξέταση οδηγιών με κοινές παραμέτρους εισόδου και σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν με ανάλογη διεξαγωγή συμπερασμάτων.

2.4.2 Εφαρμογή

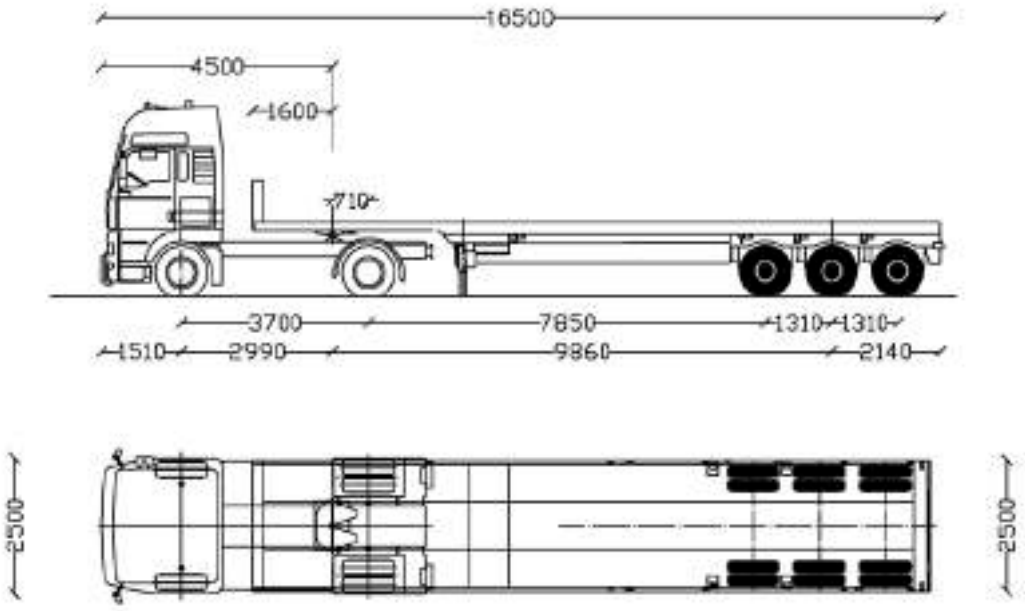
Ύστερα από τη διερεύνηση της μεθοδολογίας που εφαρμόζεται σε κάθε μία από τις οδηγίες θεωρήθηκε σκόπιμη η σύγκριση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή παραδειγμάτων διαπλάτυνσης όμοιων μεταβλητών εισόδου.

Συνοπτικά, εφαρμόστηκαν οι εξής οδηγίες:

Τίτλος τεύχους	**Χώρα εφαρμογής**
Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Χαράξεις 2001	Ελλάδα
Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Κύριες Αστικές Οδοί 2001	Ελλάδα
Οδηγίες για την κατασκευή υπεραστικών οδών - RAL 2012	Γερμανία
Οδηγίες για την μελέτη αστικών οδών - RASt 2006	Γερμανία
Οδηγίες για την κατασκευή δασικών οδών – United Station Forest Service (USFS) 2014	Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής
Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητόδρομων – American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 2011	Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής
Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητόδρομων - AUSTROADS 2009	Αυστραλία

Πίνακας 2.12 Οδηγίες υπολογισμού διαπλάτυνσης οδού σε καμπύλη

Κατά την εφαρμογή των οδηγιών θεωρήθηκε όχημα σχεδιασμού συνδυασμός διαξονικού τράκτορα με τριαξονικό επικαθήμενο, με διαστάσεις όπως φαίνονται στο σχήμα 2.20.



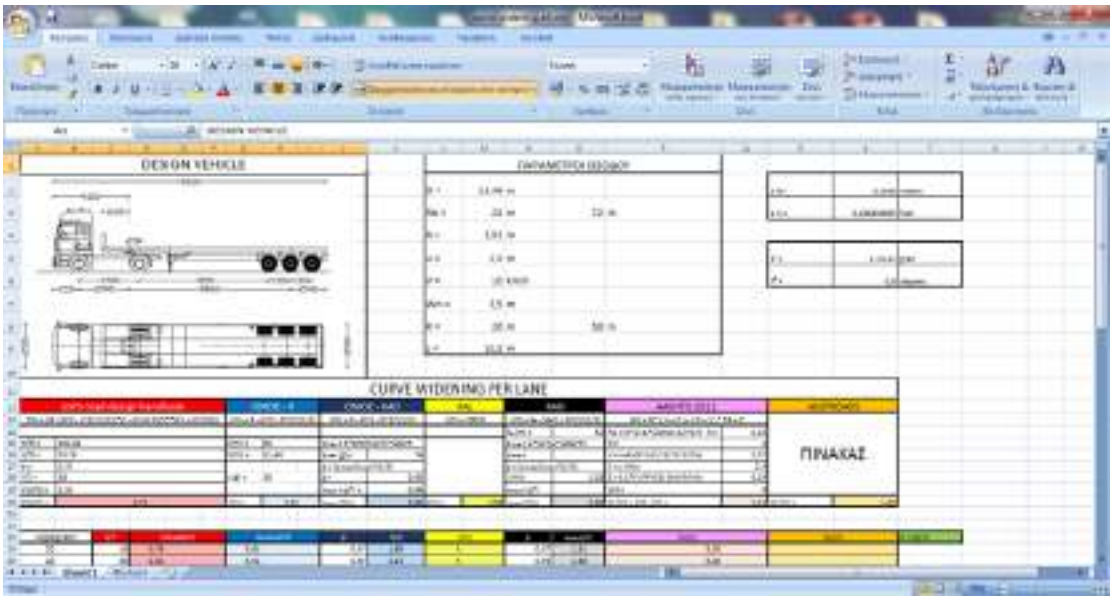
Σχήμα 2.20 Διαστάσεις οχήματος σχεδιασμού

Εκτός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του οχήματος, εισήχθησαν παράμετροι όπως:

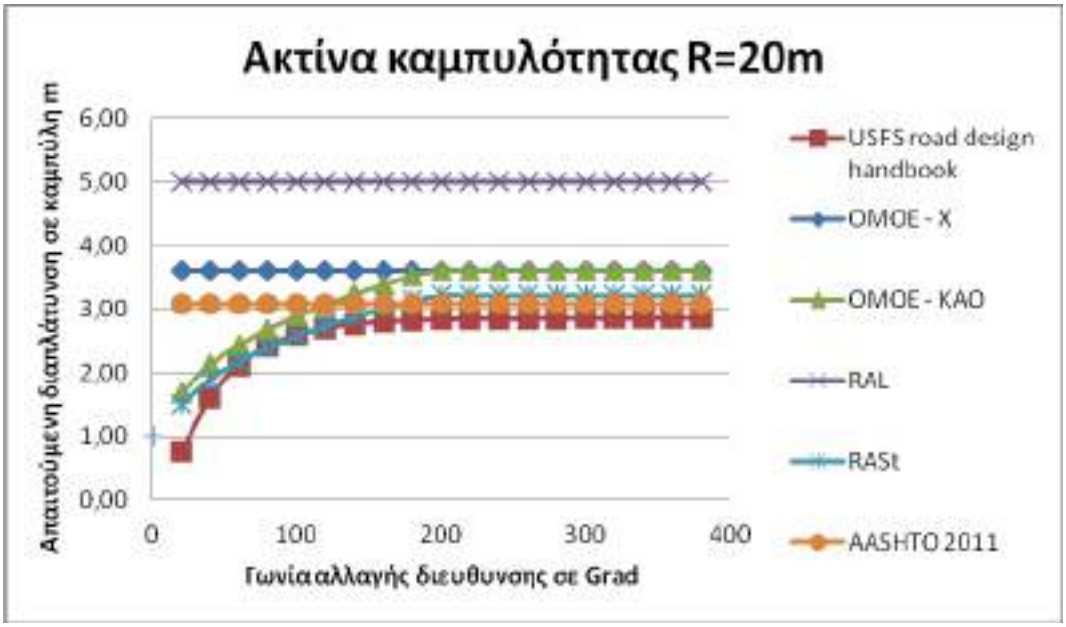
- Ακτίνα καμπυλότητας
- Αλλαγή γωνίας διεύθυνσης
- Βασικό πλάτος λωρίδας
- Ταχύτητα σχεδιασμού
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της τροχιάς κίνησης του οχήματος σχεδιασμού επί της καμπύλης

Για την απόδοση αποτελεσμάτων, επιλέχθηκαν ακτίνες καμπυλότητας R=20m, R=50m και R=70 m και γωνίες αλλαγής διεύθυνσης από 20grad έως 380grad με βήμα σχεδιασμού 20grad. Για την αυτοματοποίηση των υπολογισμών αναπτύχθηκαν υπολογιστικά φύλλα τα οποία εξυπηρετούν στην άμεση εξαγωγή αποτελεσμάτων (Σχήμα 2.21).

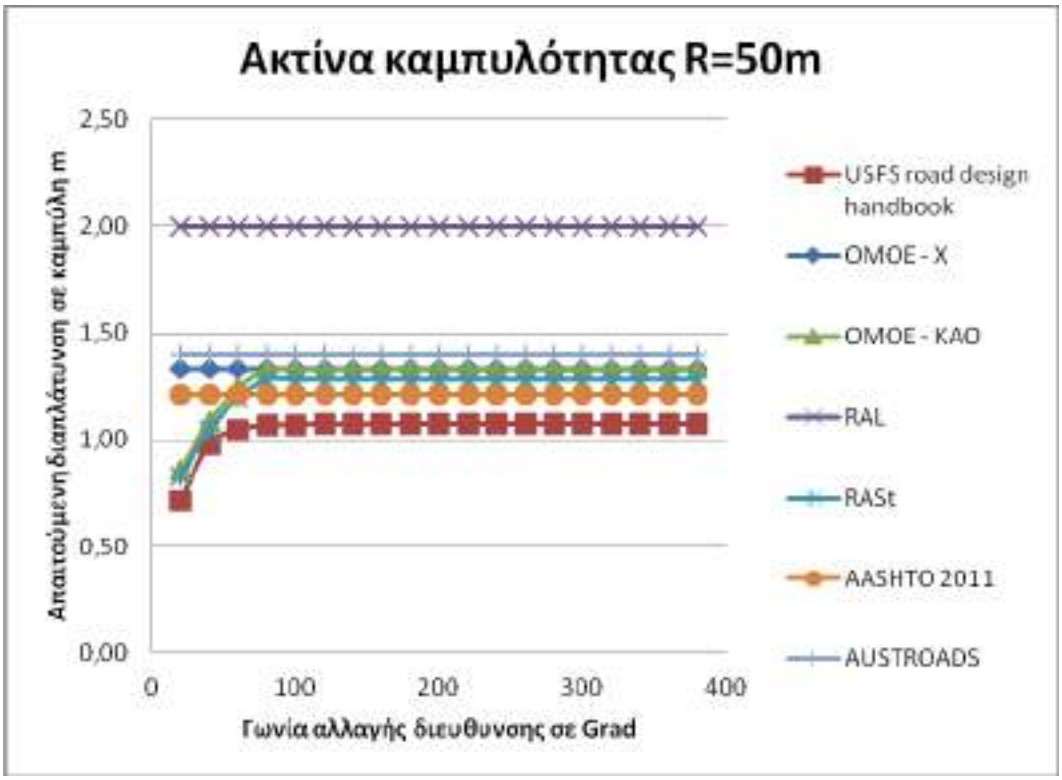
Αξίζει να σημειωθεί ότι παρά τους περιορισμούς που αναφέρονταν σε κάποιες από τις οδηγίες (για παράδειγμα ελάχιστες ακτίνες καμπυλότητας) πραγματοποιήθηκε διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής τους ώστε να επιτύχουμε αποτελέσματα στις επιθυμητές ακτίνες. Στα σχήματα 2.22 έως 2.24 παρουσιάζονται τα εν λόγω αποτελέσματα.



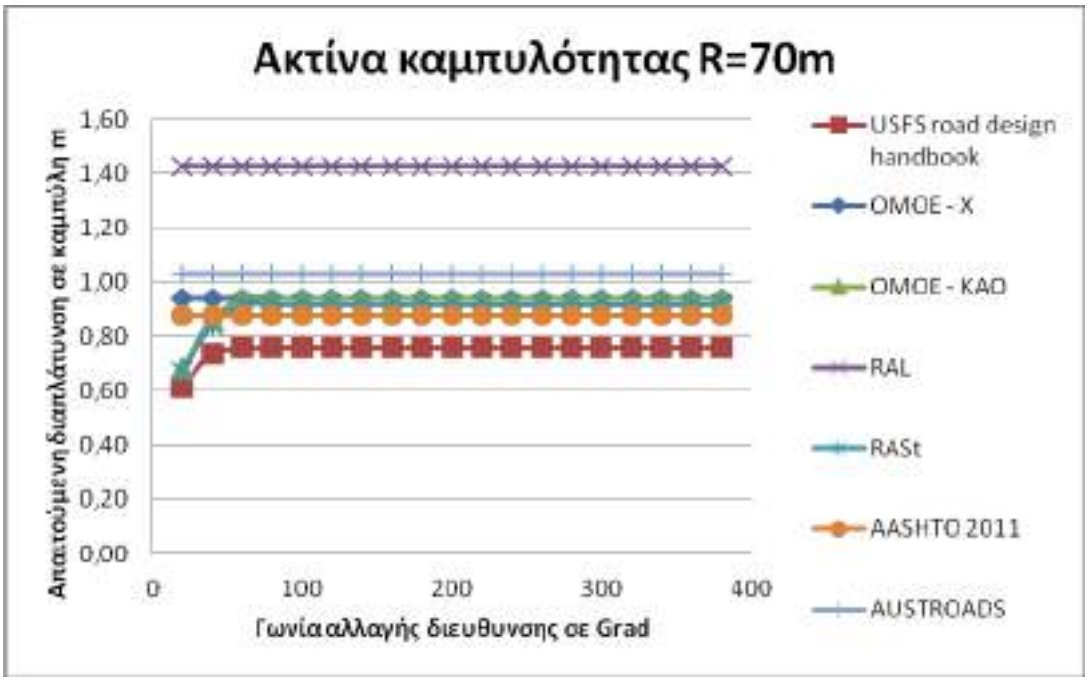
Σχήμα 2.21 Υπολογιστικά φύλλα για την αυτοματοποίηση των υπολογισμών



Σχήμα 2.22 Διαπλάτυνση καμπύλης με ακτίνα καμπυλότητας R=20m



Σχήμα 2.23 Διαπλάτυνση καμπύλης με ακτίνα καμπυλότητας R=50m



Σχήμα 2.24 Διαπλάτυνση καμπύλης με ακτίνα καμπυλότητας R=70m

2.4.3 Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αποτελέσματα καθώς και τη διερεύνηση των Οδηγιών που πραγματοποιήθηκε καταλήξαμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Υπήρξε διάκριση των οδηγιών σε δύο ομάδες, με σημείο διάκρισης την εξάρτησή τους από τη γωνία αλλαγής διεύθυνσης. Παρατηρήθηκαν λοιπόν, αποτελέσματα με σταθερή τιμή διαπλάτυνσης (OMOE-X, RAL, AUSTROADS, AASHTO) και αποτελέσματα με μεταβλητή τιμή άμεσα εξαρτώμενη από τη γωνία (OMOE-KAO, RASt, USFS Road Design Handbook). Αναλύοντας τη δεύτερη ομάδα οδηγιών, παρατηρήσαμε έντονη μεταβολή της απαιτούμενης διαπλάτυνσης ανάλογη με τη γωνία αλλαγής διεύθυνσης σε μικρές ακτίνες καμπυλότητας και μικρότερη εξάρτηση σε μεγαλύτερες.

- Παρατηρήθηκε διαφοροποίηση μεταξύ των οδηγιών σχετικά με την κατανομή της απαιτούμενης διαπλάτυνσης. Προέκυψαν λοιπόν, δύο επιπλέον ομάδες, με πρώτη την ομάδα που εφαρμόζει την απαιτούμενη διαπλάτυνση στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορία και δεύτερη την ομάδα που την εφαρμόζει ισόποσα στις δυο άκρες του οδοστρώματος.

- Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των αποτελεσμάτων υπήρξε για μικρή ακτίνα καμπυλότητας και μικρή γωνία αλλαγής διεύθυνσης. Πρακτικά αυτή η διαφοροποίηση αντιστοιχεί σε πιθανή υπερδιαστασιολόγηση έναντι της απαραίτητης διαπλάτυνσης, από τις οδηγίες που δεν λαμβάνουν υπόψη τη γωνία αλλαγής διεύθυνσης, το οποίο συνεπάγεται πιθανή αύξηση κόστους και δυσκολίας κατασκευής.

- Παρά τη διαφοροποίηση στην πορεία υπολογισμού της διαπλάτυνσης, και τις διαφορετικές παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν υπήρξε σύγκλιση μεταξύ των οδηγιών.

- Υπήρξαν διαφορετικοί τρόποι προσέγγισης της χάραξης με απόδοση βαρύτητας είτε στην λειτουργικότητα της οδού (RAL) είτε στην ελαφρύτερη χάραξη (USFS-δασικές οδοί).

- Παρατηρήθηκε σχετική έλλειψη κατευθυντήριων οδηγιών για χαράξεις με μικρές ακτίνες καμπυλότητας.

Στο πλαίσιο των διαφοροποιήσεων και των αδυναμιών των μαθηματικών μοντέλων που αναφέρθηκαν παραπάνω, παρατηρείται παγκοσμίως μία τάση εκσυγχρονισμού των διαδικασιών χάραξης και διαχείρισης οδικής κυκλοφορίας μέσω της χρήσης συμπληρωματικών μεθόδων και εργαλείων υπολογισμού. Μία τέτοια μέθοδος είναι και αυτή της προσομοίωσης, η οποία αναπτύσσεται παρακάτω.

3. Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1 Μοντέλα Προσομοίωσης

Οι εφαρμογές μοντέλων προσομοίωσης καλύπτουν μεγάλο εύρος περιοχών έρευνας. Βρίσκουν εφαρμογή στην ανάλυση, σχεδίαση και στον έλεγχο συστημάτων, καθώς και στην αξιολόγηση αποφάσεων υπό αβεβαιότητα. Αποτελούν μία μέθοδο που χρησιμοποιείται στην πληροφορική, στην οικονομία, στις κοινωνικές και στις θετικές επιστήμες, όπως είναι η φυσική και η μετεωρολογία, στη διαχείριση και στη διοίκηση επιχειρήσεων, στα Logistics, στις επικοινωνίες, στην υγεία, στις μεταφορές, στην παραγωγή ενέργειας στις βιομηχανίες και σε πολλούς άλλους τομείς.

Πριν ορισθεί η έννοια της «προσομοίωσης» είναι απαραίτητος ο ορισμός των εννοιών του «συστήματος» και του «μοντέλου».

«Σύστημα» είναι ένα σύνολο αλληλοεπιδρώντων στοιχείων, τα οποία συνεργάζονται ή λειτουργούν συλλογικά για την επίτευξη κάποιου στόχου ακολουθώντας ένα πλαίσιο κανόνων, οι οποίοι εκφράζονται με μαθηματικές ή λογικές σχέσεις. Ως σύστημα μπορεί να νοηθεί ένα αντικείμενο, ένα φαινόμενο, μια δραστηριότητα ή μια διαδικασία.

Το «μοντέλο» αποτελεί ένα τεχνητό πρότυπο του συστήματος. Για να μπορέσει κάποιος να αποδώσει την περιγραφή ενός συστήματος, ή να το αναλύσει, πρέπει πρώτα να εκφράσει το σύστημα με κάποια μορφή αναπαράστασης. Αυτή η αναπαράσταση ονομάζεται μοντέλο. Λόγω της πιθανής πολυπλοκότητας και των πολλαπλών παραμέτρων του συστήματος, τα μοντέλα σπάνια αποδίδουν όλα τα συμβαίνοντα σχετικά με το σύστημα που αναπαριστούν, άρα αποτελούν στην πράξη μέρος του πραγματικού συνόλου. Σε κάθε περίπτωση, οι παράμετροι «μοντέλου» και «συστήματος» θα πρέπει να παρουσιάζουν πλήρη αντιστοιχία.

Έχοντας αναλύσει τις έννοιες του «συστήματος» και του «μοντέλου», είναι πλέον δυνατή η κατανόηση της μεθόδου της προσομοίωσης. Με τον όρο «προσομοίωση», λοιπόν, νοείται μια μέθοδος μελέτης ενός συστήματος μέσω της ανάπτυξης ενός μοντέλου. Μέσω της προσομοίωσης είναι εφικτή η μελέτη της συμπεριφοράς ενός συστήματος και η εξοικείωση με τα χαρακτηριστικά του, με σκοπό τη βελτιστοποίηση του συστήματος, τη μελέτη της λειτουργίας του, την ανάλυση της ευαισθησίας του, τον έλεγχο των υποθέσεων ή θεωριών σχετικά με τη συμπεριφορά του και την πρόβλεψη ή εκτίμηση της μελλοντικής του συμπεριφοράς. Ως επί των πλείστων, η προσομοίωση αναπτύσσεται με χρήση προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της προσομοίωσης είναι τα εξής:

- Μπορεί να αποτελεί την μόνη προσέγγιση για την επίλυση κάποιων προβλημάτων (π.χ. μελέτη λειτουργίας ενός απροσπέλαστου συστήματος)
- Μπορεί να κοστίζει λιγότερο από το χειρισμό του πραγματικού συστήματος

- Παρουσιάζει μεγαλύτερη ευαισθησία στην αντίληψη των σχέσεων μεταξύ των προβλημάτων (αφού οι μεταβλητές που μπορούμε να χειριστούμε είναι εμφανείς και προσπελάσιμες από τους χρήστες της προσομοίωσης)
- Είναι ασφαλής μέθοδος (π.χ. χειρισμός αεροπλάνου) σε αντίθεση με πολλά από τα πραγματικά πειράματα
- Δίνει τη δυνατότητα επανάληψης του ιδίου φαινομένου κατά βούληση

Η μέθοδος της προσομοίωσης παρουσιάζει εντούτοις και ορισμένες αδυναμίες όπως:

- Κάποιες φορές απαιτεί σημαντικό χρόνο ανάπτυξης και μεγάλο κόστος
- Δεν εγγυάται ότι θα οδηγήσει στην καλύτερη δυνατή λύση
- Μπορεί να μην αντανακλά με ακρίβεια την υπό μελέτη κατάσταση
- Απαιτεί μεγάλη εξοικείωση του χρήστη με το σύστημα που εξετάζει ώστε να αντιλαμβάνεται πιθανά μη λογικά αποτελέσματα που οφείλονται σε εσφαλμένο σχεδιασμό του μοντέλου
- Οδηγεί στην ανάγκη για περιβάλλοντα που επιτρέπουν τη δημιουργία μοντέλων

3.2 Γραφική μέθοδος επίλυσης υπολογισμού τροχιάς οχήματος

Η ανάπτυξη του προγράμματος προσομοίωσης που εφαρμόστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε με βάση τη γραφική μέθοδο επίλυσης. Η μέθοδος αυτή, σύμφωνα με το βιβλίο του Robert Horonjeff (1975), περιγράφεται ως μια απλή γραφική επίλυση με ικανοποιητική ακρίβεια καθορισμού της καμπύλης συναρμογής, για καθορισμό του κέντρου βάσης του άξονα τροχών του οχήματος (U).

Η μέθοδος αυτή προσομοιάζει την κίνηση του οχήματος σχεδιάζοντας την σε κλίμακα. Δηλαδή το όχημα σχεδιασμού τοποθετείται διαδοχικά σε διάφορες θέσεις. Για κάθε θέση το σημείο αναφοράς S βρίσκεται επί της καθοδηγητικής γραμμής του άξονα. Τα τμήματα Si προσδιορίζονται διαδοχικά από τις προηγούμενες θέσεις του κέντρου βάσης του άξονα τροχών (U) του οχήματος, έτσι ώστε SU = d . Στην προέκταση της άξονα των τροχών μετριέται το περιθώριο ασφάλειας M και έτσι προκύπτει η εσωτερική οριογραμμή. Στο τέλος η οριογραμμή μορφώνεται συνήθως σαν κυκλικό τόξο εγγεγραμμένο στην περιβάλλουσα. Αναλυτικότερα η μέθοδος αποτελείται από τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1. Σχεδιάζεται η τροχιά που ακολουθεί το κέντρο βάσης του άξονα τροχών σε μια ικανοποιητική κλίμακα. Σημειώνεται ότι η κλίμακα αυτή πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να επιτυγχάνεται ικανοποιητική ακρίβεια.

Βήμα 2. Λαμβάνεται το μήκος αναφοράς (d) του οχήματος σαν μονάδα SU στην κλίμακα σχεδιασμού που επιλέχθηκε.

Βήμα 3. Σημειώνεται η αρχική θέση της κλίμακας στην οδηγό γραμμή.

Βήμα 4. Τοποθετείται το σημείο U της κλίμακας στο σημείο U2, σε μικρή απόσταση από το σημείο U1, και σημειώνεται το σημείο S2 στην οδηγό γραμμή. Η απόσταση U1U2 αναπαριστά την πρώτη αύξηση μετακίνησης των αξόνων κίνησης του οχήματος, στο τέλος του οποίου το κέντρου βάσης του άξονα τροχών βρίσκεται στο σημείο S2.

Βήμα 5. Στην διεύθυνση που ορίζεται από τα σημεία U2S2, μετακινούμε το σημείο U της κλίμακας, κατά μια μικρή απόσταση στο σημείο U3, και σημειώνουμε το σημείο S3, που είναι η νέα θέση του κέντρο άξονα των τροχών στην προκαθορισμένη τροχιά του άξονα του οχήματος.

Βήμα 6. Ομοίως, στην διεύθυνση που ορίζεται από τα σημεία U3S3, μετακινούμε το σημείο S4, που είναι η νέα θέση του άξονα των τροχών στην προκαθορισμένη τροχιά του άξονα του οχήματος.

Βήμα 7. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι η τροχιά του κέντρου U βάσης του κέντρου βάσης του άξονα των τροχών του οχήματος, καθορισθεί από τα σημεία U1, U2, U3, και ούτω καθεξής. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην πρώτη φάση της στροφής οι αυξήσεις των μετακινήσεων του άξονα των τροχών πρέπει να είναι λογικά μεγάλες χωρίς αξιοσημείωτη απώλεια ακριβείας, αλλά μικρότερες αυξήσεις είναι επιθυμητές σε επόμενη φάση για να περιοριστεί η αλλαγής της διεύθυνσης του άξονα του οχήματος μεταξύ διαδοχικών θέσεων του άξονα των τροχών. Μετά από την εξοικείωση με την μέθοδο αυτή, γίνεται κατανοητό το εύρος των τιμών της αύξησης της μετακίνησης που θεωρείται αποδεκτό.

Βήμα 8. Η καμπύλη γραμμή που ορίζεται από τα σημεία U1,U2,…,Un αντιπροσωπεύει την τροχιά του κέντρου U της βάσης του κέντρου βάσης του άξονα τροχών του οχήματος.

Βήμα 9. Από την καμπύλη γραμμή που προέκυψε από το προηγούμενο βήμα σχεδιάζεται μια παράλληλη γραμμή σε απόσταση (T/2 + M). Κατά αυτό τον τρόπο προκύπτει η εσωτερική οριογραμμή του οχήματος η οποία καλύπτει τις απαιτήσεις σχετικά με το ελάχιστο περιθώριο ασφαλείας M.

4. Ανάπτυξη της μεθοδολογίας

4.1 Γενικά

Για τον υπολογισμό της διαπλάτυνσης του οδοστρώματος σε καμπύλη δημιουργήθηκε μοντέλο προσομοίωσης το οποίο διακρίνεται στα εξής επιμέρους στοιχεία:

- τη διάταξη της οδού και
- την τροχιά του οχήματος.

Στη συνέχεια, αναπτύσσονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν και τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την πορεία υπολογισμού, αφού πρώτα γίνει μια αναφορά σε βασικές έννοιες, απαραίτητες για την κατανόηση της μεθοδολογίας που εφαρμόσθηκε.

4.2 Βασικές έννοιες

4.2.1 Θεωρία κυκλικού τόξου και τόξου συναρμογής

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία υπολογισμού και χάραξης κυκλικού τόξου και τόξου συναρμογής σύμφωνα με τις Οδηγίες Μελετών Οδικών έργων – Χαράξεις.

Εικόνα 4.1 Παράδειγμα κυκλικού τόξου

4.2.1.1 Κυκλικό τόξο

4.2.1.1.1 Εφαρμογή

Για τα κυκλικά τόξα των οδών της ομάδας Α (Παράρτημα, Πίνακας ΠΑ.1), επιλέγονται οι μεγαλύτερες δυνατές ακτίνες ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των μικρών επίκεντρων γωνιών και όταν ακολουθούν ευθυγραμμίες, προκειμένου να επιτευχθούν:

- κατά κανόνα συνολικώς μικρά μήκη καμπυλών,
- επαρκή μήκη ορατότητας για προσπέραση,
- αρμονία και συνέχεια στην οδική συμπεριφορά

Παράλληλα με τους προαναφερθέντες σκοπούς, η επιλογή των ακτίνων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε:

- η οδός να προσαρμόζεται κατά μορφή και μέγεθος με το ανάγλυφο του εδάφους και το τοπίο,
- όσον αφορά τα μεγέθη και την αλληλουχία των καμπυλών, να εξασφαλίζεται η συμβατότητα μεταξύ οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, και να επιτυγχάνεται η καλή ανάπτυξη της οδού στο χώρο,
- να εξασφαλίζεται η αρμονική σχέση μεταξύ ταχύτητας μελέτης V_e και λειτουργικής ταχύτητας V_{85} σύμφωνα με την Περίπτωση 1 του Κριτηρίου Ασφαλείας Ι, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1.

Επιτρέπεται η θλάση του άξονα της χάραξης χωρίς εφαρμογή οριζόντιας καμπύλης όταν η γωνία θλάσης γ είναι μικρότερη από την τιμή που προκύπτει (ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης V_e) από τις σχέσεις:

- όταν $V_e < 70$km/h, $\gamma = \arctan(1{,}6/V_e)$
- όταν $V_e \geq 70$km/h, $\gamma = \arctan(155/V_e^2)$

Περίπτωση 1: Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού **$\lvert V_{85} - V_e \rvert \leq$ 10 km/h** Δεν απαιτούνται προσαρμογές ή διορθωτικές επεμβάσεις στη χάραξη της οδού
Περίπτωση 2: Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού 10 km/h $< \lvert V_{85} - V_e \rvert \leq$ 20 km/h Στην περίπτωση αυτή οι επικλίσεις πρέπει να επαναϋπολογιστούν με βάση την ταχύτητα V_{85} προκειμένου να εξασφαλισθεί, ότι ο διατιθέμενος συντελεστής πλευρικής τριβής θα αντιστοιχεί στον απαιτούμενο συντελεστή τριβής. Οι απαιτούμενες βελτιώσεις αντιμετωπίζονται κατά περίπτωση. Επίσης συνιστάται η τοποθέτηση των κατάλληλων προειδοποιητικών πινακίδων.
Περίπτωση 3: Μη αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού **$\lvert V_{85} - V_e \rvert >$ 20 km/h** Ο προβλεπόμενος δείκτης σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων χαρακτηρίζει τη μη ασφαλή και μη οικονομική χρήση της οδού. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται κατά κανόνα η ανακατασκευή της οδού και οπωσδήποτε η λήψη διορθωτικών μέτρων.

Πίνακας 4.1 Κριτήριο Ασφαλείας Ι για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (κατηγορίες ΑΙ έως Α IV). Όριο τιμών απόκλισης μεταξύ V_e και V_{85} για το χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος ως καλής, μέτριας ή μη αποδεκτής

4.2.1.1.2 Τυπικές και οριακές τιμές

Για τις οδούς των ομάδων Α και Β οι ελάχιστες ακτίνες των καμπυλών R_{min} δίδονται στον Πίνακα 4.2. Οι τιμές αυτές εξαρτώνται από την ταχύτητα μελέτης V_e, τον βαθμό εκμετάλλευσης του συντελεστή εγκάρσιας τριβής n, και τις οριακές τιμές της επίκλισης q. Για λόγους καλύτερης προσαρμογής στις κλιματολογικές και τις τοπογραφικές συνθήκες της Ελλάδας, η επιλογή των τιμών R_{min} εξαρτάται εκτός από την ομάδα, στην οποία ανήκει η οδός, και από την κατηγορία του εδάφους (πεδινό, λοφώδες ή ορεινό). Ο Πίνακας 4.2 προέκυψε με στρογγύλευση των τιμών στις οριακές τιμές της επίκλισης q.

V_e [km/h]	R_{min} [m]						
	Ομάδα οδών Α					Ομάδα οδών Β	
	πεδινό έδαφος		λοφώδη και ορεινό έδαφος			όλες οι κατηγορίες εδαφών	
	q_{max}=8 (9)%	q_{min}=2,5%	q_{max}= 7%	q_{min}= 2,5%		q_{max}= 6%	q_{min}= 2,5%
	n = 45%	n = 10%	n = 40%	n = 10%		n = 60%	n = 30%
1	2		3	4		5	6
50	80		325	95	325	70	150
60	125	(120)	490	140	490	110	230
70	180	(170)	700	200	700	160	335
80	250	(235)	960	280	960	220	470
90	330	(310)	1.260	370	1.260	300	630
100	420	(400)	1.620	480	1.620	–	–
110	530	(500)	2.020	600	2.020	–	–
120	650	(620)	2.470	740	2.470	–	–
(130)	790	(740)	2.970	890	2.970	–	–

Οι τιμές σε ( ) εφαρμόζονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις

Πίνακας 4.2 Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α και Β

Σε οδούς με διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας, εφόσον υπάρχουν εμπόδια στην κεντρική νησίδα που παρεμποδίζουν την ορατότητα, απαιτείται η επιλογή μεγαλύτερων ακτινών από τις ελάχιστες ακτίνες που δίδονται στον Πίνακα 4.2, ή η διαπλάτυνση της κεντρικής νησίδας. Σε αριστερόστροφες καμπύλες πρέπει να εξετάζεται αν διατίθεται το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση στην αριστερή λωρίδα (λωρίδα προσπέρασης).

Σε εξαιρετικές περιπτώσεις οδών της ομάδας Α, υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της μέγιστης τιμής της επίκλισης κατά 1%, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2, μόνο για τις τιμές εντός παρένθεσης.

Τα κυκλικά τόξα πρέπει να έχουν μήκος τουλάχιστον ίσο με εκείνο που διανύεται σε 2 δευτερόλεπτα από όχημα κινούμενο με την ταχύτητα μελέτης.

4.2.1.1.3 Σχέση διαδοχικών καμπυλών

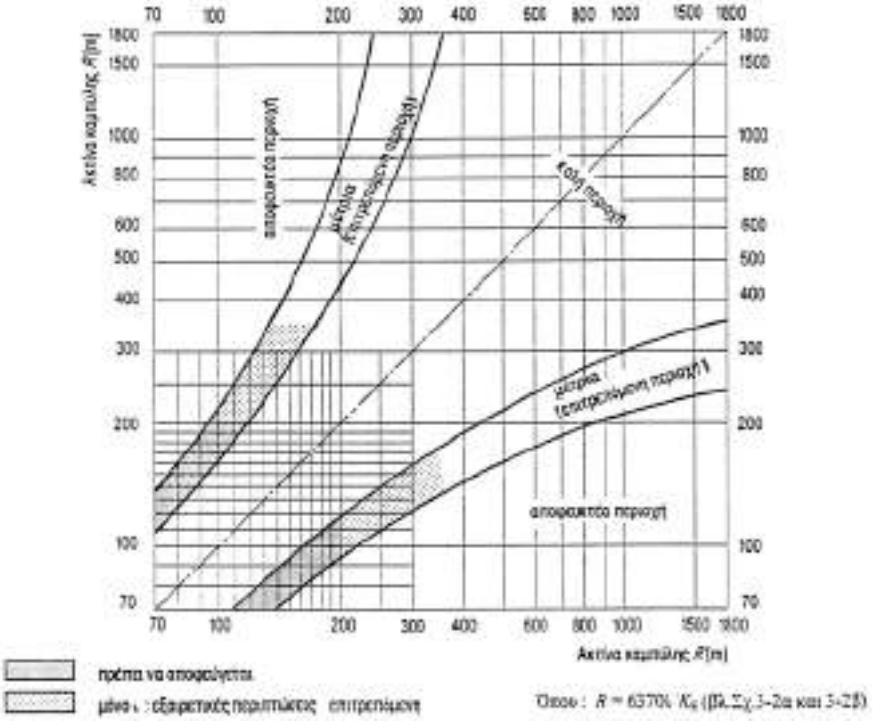
Οι ακτίνες των ομόρροπων ή αντίρροπων διαδοχικών κυκλικών τόξων, μεταξύ των οποίων υπάρχει ευθύγραμμο τμήμα μήκους από καθόλου μέχρι TL_S, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.3, σε οδούς της ομάδας Α ή κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ πρέπει να παρουσιάζουν μία αρμονική σχέση για λόγους κυκλοφοριακής ασφάλειας. Επίσης η αρμονική σχέση μεταξύ διαδοχικών κυκλικών τόξων είναι επιθυμητή στις οδούς κατηγορίας Β ΙΙΙ, καθώς και στις οδούς κατηγορίας Β IV, εφόσον είναι εφικτό.

V_{85K} σε καμπύλη [km/h]	Τιμές TL_1 και TL_5						
	V_{85T} σε ευθυγραμμία [km/h]						
	70	75	80	85	90	95	100
1	2	3	4	5	6	7	8
50	**110**	*145*	*180*	*215*	*255*	*300*	**345**
55		**120**	*155*	*195*	*230*	*275*	**320**
60			**130**	*165*	*205*	*250*	**295**
65				**140**	*175*	*220*	**265**
70					**145**	*190*	**235**
75						**155**	**200**
80							**165**

Πίνακας 4.3 Σχέση μεταξύ μηκών ευθυγραμμίας και μεταβολής της ταχύτητας V_{85} κατά την αλληλουχία ευθυγραμμία – καμπύλη

Αυτή η απαίτηση οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός, ότι δεν πρέπει να μεταβάλλεται απότομα η λειτουργική ταχύτητα V_{85} μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών. Στην περίπτωση των υπεραστικών οδών με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας αυτό εξασφαλίζεται με την εφαρμογή του Κριτηρίου Ασφαλείας ΙΙ σύμφωνα με τις Οδηγίες σχετικά με την αξιολόγηση ευθυγραμμιών κατά την εκπόνηση μελετών.

Ο σχεδιασμός με βάση 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 ακτίνων διαδοχικών κυκλικών τόξων δίδεται στο Σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1. Σχέση διαδοχικών ακτίνων κυκλικών τόξων για οδούς της ομάδας Α και της κατηγορίας ΒΙ και ΒΙΙ (Επιθυμητή για τις κατηγορίες ΒΙΙΙ και ΒΙV)

Στις κατηγορίες οδών Α Ι έως ΑΙV και Β Ι και Β ΙΙ η αλληλουχία των ακτίνων πρέπει να βρίσκεται στην καλή περιοχή. Στις κατηγορίες οδών Β ΙΙΙ και Β IV η αλληλουχία των ακτίνων μπορεί να βρίσκεται και στη μέτρια περιοχή. Η αρμονική σχέση μεταξύ διαδοχικών καμπυλών πρέπει να εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο στη μελέτη νέων οδών, επειδή ενδεχόμενα η εφαρμογή της υποχρέωσης αυτής κατά την βελτίωση ή την ανακατασκευή υφιστάμενων οδών είναι πολύ δύσκολη για λόγους κόστους, περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή πολεοδομικών περιορισμών.
Όμως σ' αυτές τις περιπτώσεις (βελτίωσης ή ανακατασκευής υφιστάμενων οδών) επιβάλλεται κατά την επιλογή των διαδοχικών ακτίνων, η απαίτηση του Κριτηρίου Ασφαλείας ΙΙ - που αφορά την επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη λειτουργική ταχύτητα - για μεταβολή της ταχύτητας V_{85} στα επιλεγόμενα τόξα, να μην υπερβαίνει τα 15 km/h.
Για την αλληλουχία «ανεξάρτητη ευθυγραμμία - τόξο συναρμογής - κυκλικό τόξο» πρέπει να εφαρμόζονται κυκλικά τόξα με ακτίνα R > 400 m. Επειδή όμως η ακτίνα των 400 m βρίσκεται στο όριο μεταξύ καλής και επιτρεπόμενης περιοχής, για λόγους πρόσθετης ασφάλειας της κυκλοφορίας των οχημάτων κατά την αλληλουχία «ανεξάρτητη ευθυγραμμία – καμπύλη» πρέπει να εφαρμόζονται κυκλικά τόξα με ελάχιστη ακτίνα R_{min} = 500 m. Επισημαίνεται ότι κατά την εναρμόνιση των διαδοχικών ακτίνων πρέπει να τηρείται η ελάχιστη τιμή της ακτίνας που αντιστοιχεί στην ταχύτητα μελέτης.
Σε περιπτώσεις βελτίωσης/ανακατασκευής υφιστάμενων οδών η διατήρηση της μέτριας σχέσης μεταξύ των διαδοχικών ακτίνων οδηγεί συχνά στην υιοθέτηση λύσεων που αντιβαίνουν στην προσπάθεια ικανοποίησης των στόχων του περιβαλλοντικού ή του πολεοδομικού σχεδιασμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις επιτρέπεται να μην υιοθετηθεί η οριακά παραδεκτή σχέση μεταξύ των διαδοχικών ακτίνων στις κατηγορίες οδών Α ΙΙΙ, Α IV και Β Ι, Β ΙΙ, επειδή η τήρηση της οριακά παραδεκτής σχέσης των διαδοχικών ακτίνων προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στον πολεοδομικό ή περιβαλλοντικό σχεδιασμό. Παράλληλα όμως με τη μη τήρηση της οριακά παραδεκτής σχέσης πρέπει να λαμβάνονται ειδικά κυκλοφοριακά μέτρα, που θα επισημαίνουν στους οδηγούς την ύπαρξη ασυνέχειας και απότομης αλλαγής των ακτίνων, τα οποία θα επιδρούν διορθωτικά στην οδική συμπεριφορά (κατάλληλη οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση, ειδική δεντροφύτευση κτλ).

4.2.1.1.4 Τόξο κανίστρου

Το τόξο κανίστρου αποτελείται από ομόρροπα διαδοχικά κυκλικά τόξα με διαφορετικές ακτίνες και κοινές εφαπτόμενες στα κοινά σημεία. Αυτή η μορφή καμπύλης πρέπει κατά κανόνα να αποφεύγεται. Τόξα κανίστρου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν μόνο στις οδούς της ομάδας Α, καθώς και στις κατηγορίες οδών ΒΙ, ΒΙΙ, ΒΙΙΙ και ΒΙV, όταν είναι αδύνατη η παρεμβολή τόξου συναρμογής εξ αιτίας τοπικών ιδιαιτεροτήτων, όπως διέλευση από υποχρεωτικά σημεία, τήρηση συγκεκριμένων αποστάσεων από τοποσταθερά κτλ. Η διαδοχή των ακτίνων στα τόξα κανίστρου πρέπει να είναι τέτοια, ώστε αυτές να βρίσκονται στην καλή περιοχή του διαγράμματος του Σχήματος 4.1, ενώ για τις κατηγορίες οδών Β ΙΙΙ και Β IV επιτρέπεται να βρίσκονται στην οριακά παραδεκτή περιοχή. Το μήκος του κάθε

κυκλικού τόξου, που συνθέτει το τόξο κανίστρου, πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το μήκος που διανύει ένα όχημα κινούμενο επί 2 δευτερόλεπτα με την ταχύτητα μελέτης. Δεν επιτρέπεται η χρήση τόξων κανίστρου με περισσότερα από τρία κυκλικά τόξα.

4.2.1.2 Τόξο συναρμογής

4.2.1.2.1 Εφαρμογή

Το τόξο συναρμογής πρέπει:

- κατά τη μετάβαση από μία καμπυλότητα σε άλλη να επιτρέπει συνεχή γραμμική μεταβολή της φυγόκεντρης επιτάχυνσης,
- να χρησιμοποιείται ως μήκος συναρμογής για τη μεταβολή της επίκλισης,
- με την προοδευτική μεταβολή της καμπυλότητας να εξασφαλίζει μία αρμονική και συνεχή χάραξη με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ομοιόμορφης λειτουργικής ταχύτητας,
- να συντείνει σε μία οπτικά ικανοποιητική χάραξη, ιδιαίτερα σε οδούς των ομάδων Α και Β.

Η εφαρμογή τόξων συναρμογής επιβάλλεται στις οδούς της ομάδας ΑΙ έως ΑΙV καθώς και στις Β Ι και Β ΙΙ, ενώ είναι επιθυμητή στην κατηγορία οδών Β ΙΙΙ και Β IV.

Ως τόξο συναρμογής χρησιμοποιείται η κλωθοειδής. Σε αυτό τον τύπο τόξου, η καμπυλότητα μεταβάλλεται γραμμικά με το μήκος του τόξου. Η κλωθοειδής εκφράζεται από τη σχέση: $A^2 = R \cdot L$, όπου:

A^2 [m] παράμετρος της κλωθοειδούς

R [m] ακτίνα καμπυλότητας στο πέρας του τμήματος της κλωθοειδούς

L [m] μήκος του τόξου της κλωθοειδούς από την αρχή του ($R=\infty$) μέχρι την ακτίνα R.

Για όλες τις κατηγορίες οδών και τις V_e με βάση τα δεδομένα της ασφάλειας και της άνεσης της κίνησης των οχημάτων, την αισθητική της οδού και την απορροή των ομβρίων επιτρέπεται η άμεση σύνδεση ευθυγραμμιών με κυκλικά τόξα χωρίς την παρεμβολή τόξων συναρμογής όταν:

- η ακτίνα του κυκλικού τόξου είναι $R \geq 1000$m
- η μεταβολή της γωνίας διεύθυνσης (γωνία θλάσης) της καμπύλης γ είναι μικρότερη από 10grad (γ<10grad).

Σε αυτές τις περιπτώσεις το ελάχιστο μήκος του τόξου $\min L_c$ [m] πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το διπλάσιο της ταχύτητας μελέτης V_e [km/h].

4.2.1.2.2 Οριακές τιμές

Η διάταξη του τόξου συναρμογής γίνεται οπτικά αντιληπτή, όταν η μεταβολή κατεύθυνσης είναι ίση τουλάχιστον με τ=3,5grad. Συνεπώς η ελάχιστη τιμή της παραμέτρου A είναι:

$$A_{\min} = \frac{R}{3}$$

όπου:

A_{min} [m] = ελάχιστη τιμή παραμέτρου κλωθοειδούς

R [m] = ακτίνα στο πέρας της κλωθοειδούς

Σε μεγάλες ακτίνες επιτρέπεται η επιλογή παραμέτρου κλωθοειδούς μικρότερης από την τιμή $R/3$, εφόσον η τιμή της εκτροπής ΔR είναι τουλάχιστον ίση με 0,25m.

Σε καμπύλες με πολύ μικρή επίκεντρη γωνία, όπου το μήκος του τόξου δεν επαρκεί, πρέπει το μήκος της κλωθοειδούς και του κυκλικού τόξου να είναι ίσα ($L_1 = L_c = L_2$), ώστε σε κλωθοειδείς με $A \geq R/3$ να εξασφαλίζεται μήκος κυκλικού τόξου τουλάχιστον ίσο με εκείνο που διανύει ένα όχημα κινούμενο επί 2 sec με την V_e. Για αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μέγιστη επιτρεπόμενη πρόσθετη κλίση οριογραμμών Δs_{max}, η οποία προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$\Delta s_{max} = \frac{q_\tau - q_\alpha}{LV_{min}} \cdot a$$

όπου:

L_{Vmin} [m] = ελάχιστο μήκος προσαρμογής της επίκλισης

Δs_{max} [%] = μέγιστη πρόσθετη κλίση οριογραμμής

q_τ [%] = επίκλιση οδοστρώματος στο τέλος του τμήματος προσαρμογής

q_α [%] = επίκλιση οδοστρώματος στην αρχή του τμήματος προσαρμογής (η q_α έχει αρνητική τιμή όταν είναι αντίρροπη της q_τ)

α [m] = απόσταση του άξονα περιστροφής της επιφάνειας κυκλοφορίας από την εξωτερική οριογραμμή της απώτατης, ως προς αυτόν, λωρίδας κυκλοφορίας (δεν νοούνται οι πρόσθετες λωρίδες, ΛΕΑ ή ΛΠΧ και λωρίδες καθοδήγησης)

Για λόγους ασφαλείας της κυκλοφορίας η μέγιστη τιμή της παραμέτρου A της κλωθοειδούς δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή, $A_{max} = R$

όπου:

A_{max}: μέγιστη τιμή παραμέτρου κλωθοειδούς [m]

R: ακτίνα στο πέρας της κλωθοειδούς [m]

Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μεταβολή της γωνίας εφαπτομένης ίση με τ = 31,8grad. Επομένως για τις προαναφερόμενες κατηγορίες οδών ισχύει η σχέση:

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

όπου:

A: παράμετρος της κλωθοειδούς σε μία καμπύλη [m]

R: ακτίνα στο πέρας της κλωθοειδούς [m]

Για λόγους δυναμικής της κίνησης των οχημάτων και μίας επίσης οπτικά ικανοποιητικής διαμόρφωσης της οδού, η ελάχιστη παράμετρος της κλωθοειδούς δίδεται από το διάγραμμα του Σχήματος 4.2 ως συνάρτηση της ακτίνας του κυκλικού τόξου και της επίκεντρης γωνίας του.
Αν η εφαρμογή του διαγράμματος δεν είναι δυνατή λόγω κατασκευαστικών περιορισμών, τότε η ελάχιστη τιμή της παραμέτρου της κλωθοειδούς $A_{\min}$ πρέπει να υπολογίζεται με βάση το απαιτούμενο μήκος προσαρμογής της επίκλισης (μέγιστη κλίση υπερύψωσης) σύμφωνα με τη σχέση:

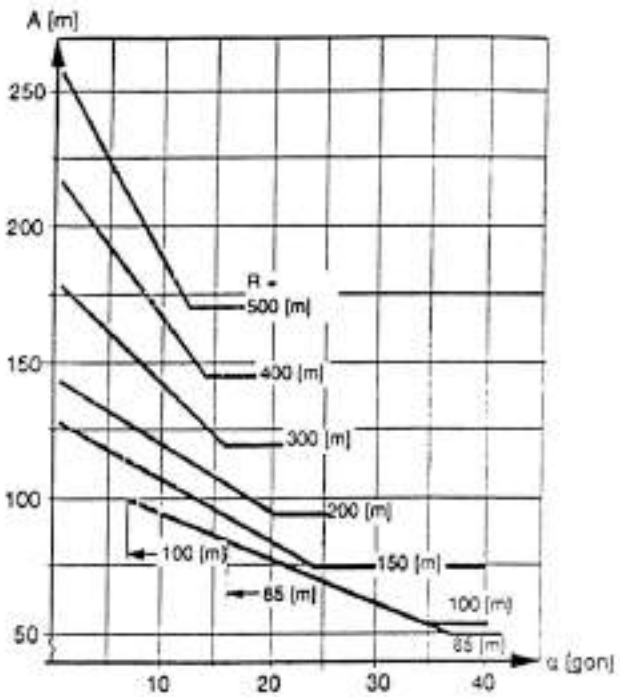
$$A_{\min} = \sqrt{\frac{a \cdot (q_\tau \pm q_a)}{\Delta s_{\max}}} \cdot R$$

Στην περίπτωση ωοειδούς καμπύλης (τμήμα κλωθοειδούς) η σχέση γίνεται:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{a \cdot (q_\tau - q_a)}{\Delta s_{\max} \cdot \left(\frac{1}{R_\tau} - \frac{1}{R_\alpha}\right)}}$$

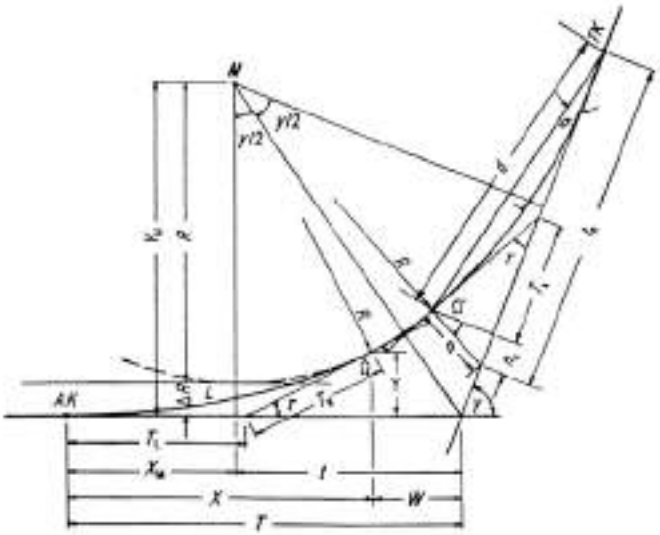
όπου:

$A_{\min}$	[m]	=	ελάχιστη τιμή παραμέτρου κλωθοειδούς
R	[m]	=	ακτίνα στο πέρας της κλωθοειδούς
R_α	[m]	=	ακτίνα κυκλικού τόξου στην αρχή του τμήματος της κλωθοειδούς
R_τ	[m]	=	ακτίνα κυκλικού τόξου στο πέρας του τμήματος της κλωθοειδούς
α	[m]	=	απόσταση οριογραμμής οδοστρώματος από τον άξονα περιστροφής του οδοστρώματος
$\Delta s_{\max}$	[%]	=	μέγιστη τιμή πρόσθετης κλίσης οριογραμμών (υπερύψωσης)
q_α	[%]	=	επίκλιση στην αρχή του τμήματος της κλωθοειδούς
q_τ	[%]	=	επίκλιση στο πέρας του τμήματος της κλωθοειδούς (επίκλιση στο κυκλικό τόξο)
“+”		=	όταν επίκλιση q_α αντίρροπη με q_τ
“-“		=	όταν επίκλιση q_α ομόρροπη με q_τ



Σχήμα 4.2 Ελάχιστες τιμές παραμέτρου κλωθοειδούς σε συνάρτηση με την ακτίνα και την επίκεντρη γωνία του κυκλικού τόξου

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κλωθοειδούς φαίνονται στο Σχήμα 4.3.



Σχήμα 4.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κλωθοειδούς

Για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κλωθοειδούς ισχύουν οι σχέσεις που ακολουθούν:

Μήκος κλωθοειδούς *L* $$L = \frac{A^2}{R}$$

Γωνία εφαπτομένης *τ* $$\tau = \frac{L^2 \cdot \rho}{2 \cdot A^2} = \frac{L \cdot \rho}{2 \cdot R} = \frac{A^2 \cdot \rho}{2 \cdot R^2}$$

Τοπικές συντεταγμένες *X, Y* τυχόντος σημείου της κλωθοειδούς

$$X=\alpha_0 \cdot L+\alpha_1 \cdot \frac{L^5}{A^4}+\alpha_2 \cdot \frac{L^9}{A^8}+\alpha_3 \cdot \frac{L^{13}}{A^{12}}+\alpha_4 \cdot \frac{L^{17}}{A^{16}}+\alpha_5 \cdot \frac{L^{21}}{A^{20}}$$

$$Y=\beta_0 \cdot \frac{L^3}{A^2}+\beta_1 \cdot \frac{L^7}{A^6}+\beta_2 \cdot \frac{L^{11}}{A^{10}}+\beta_3 \cdot \frac{L^{15}}{A^{14}}+\beta_4 \cdot \frac{L^{19}}{A^{18}}$$

όπου:

α_0 = 1,00000 00000	β_0 = 0,16666 66667
α_1 = -0,24999 99568 $\cdot 10^{-1}$	β_1 = -0,29761 71940 $\cdot 10^{-2}$
α_2 = 0,28934 94937 $\cdot 10^{-3}$	β_2 = 0,23668 17123 $\cdot 10^{-6}$
α_3 = -0,16689 02491 $\cdot 10^{-5}$	β_3 = -0,10266 50462 $\cdot 10^{-6}$
α_4 = 0,56630 02773 $\cdot 10^{-8}$	β_4 = 0,25203 17142 $\cdot 10^{-9}$
α_5 = -0,11442 20675 $\cdot 10^{-10}$	

Συντεταγμένες X_M, Y_M του κέντρου του κύκλου καμπυλότητας στην υπόψη θέση

$X_M = X - R \cdot \sin\tau$
$Y_M = Y + R \cdot \cos\tau$

Εκτροπή ΔR $\quad \Delta R = Y_M - R = Y + R \cdot \cos\tau - R$

Εφαπτομένη T_L $\quad T_L = X - Y \cdot \cot\tau$

Εφαπτομένη T_K $\quad T_K = \frac{Y}{\sin\tau}$

Πολικές συντεταγμένες d και σ

$d = \sqrt{X^2 Y^2}$

$\sigma = \arctan \frac{Y}{X}$

Πολλές φορές είναι χρήσιμες και οι εξής τιμές:

Κάθετος της κλωθοειδούς n $\quad n = \frac{Y}{\cos\tau} = T_K \cdot \tan\tau$

Υποεφαπτόμενη T_s $\quad T_s = Y \cdot \cot\tau = T_K \cdot \cos\tau$

Υποκάθετος n_s $\quad n_s = Y \cdot \tan\tau$

Απόσταση της τομής της καθέτου n με τον άξονα x (εφαπτομένη στην αρχή κλωθοειδούς) από την αρχή της κλωθοειδούς

$tn = X + Y \tan\tau$

όπου:

L	[m]	= μήκος τόξου της κλωθοειδούς από την αρχή τη μέχρι την υπόψη θέση
A	[m]	= παράμετρος κλωθοειδούς
R	[m]	= ακτίνα καμπυλότητας της κλωθοειδούς στην υπόψη θέση
τ	[grad]	= γωνία εφαπτομένης στην υπόψη θέση
ρ	[-]	= 63,661977 συντελεστής μετατροπής σε grad
X	[m]	= τετμημένη της κλωθοειδούς στην υπόψη θέση
Y	[m]	= τεταγμένη της κλωθοειδούς στην υπόψη θέση
X_M	[m]	= τετμημένη του κέντρου του κύκλου καμπυλότητας στην υπόψη θέση
Y_M	[m]	= τεταγμένη του κέντρου του κύκλου καμπυλότητας στην υπόψη θέση
T_K	[m]	= μήκος της εφαπτομένης από την υπόψη θέση έως το σημείο τομής με την εφαπτομένη της αρχής (Σχήμα 2.3)
T_L	[m]	= μήκος της εφαπτομένης της αρχής έως το σημείο τομής με την εφαπτομένη T_K στην υπόψη θέση (Σχήμα 2.3)
d	[m]	= απόσταση του σημείου στην υπόψη θέση από την αρχή της κλωθοειδούς (Σχήμα 2.3)
σ	[grad]	= γωνία μεταξύ χορδής ΤΚ-Ω΄ και άξονα τετμημένων X
T_s	[m]	= μήκος της υποεφαπτομένης στην υπόψη θέση
n_s	[m]	= μήκος της υποκαθέτου στην υπόψη θέση
tn	[m]	= απόσταση της τομής της καθέτου n με τον άξονα X από την αρχή της κλωθοειδούς

4.2.1.2.3 Μορφές τόξων συναρμογής

Για τις διάφορες μορφές των τόξων συναρμογής προκύπτουν οι απεικονιζόμενες στο Σχήμα 4.4 δυνατότητες εφαρμογής. Τόξα συναρμογής χρησιμοποιούνται κυρίως στις οδούς της ομάδας Α καθώς επίσης και στις κατηγορίες οδών ΒΙ και Β ΙΙ. Επιθυμητή είναι η χρησιμοποίησή τους και στις κατηγορίες οδών ΒΙΙΙ και ΒΙV, ενώ δεν απαιτείται στις οδούς ΑV.

4.2.1.2.3.1 Απλή Κλωθοειδής

Χρησιμοποιείται ως τόξο συναρμογής μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικού τόξου, προκειμένου να επιτευχθεί ομοιόμορφη αύξηση της καμπυλότητας από την ευθυγραμμία στο κυκλικό τόξο και ομοιόμορφη μείωση αντίστοιχα. Έτσι προκύπτει η εξής σειρά στοιχείων: ευθυγραμμία – κλωθοειδής – κυκλικό τόξο – κλωθοειδής – ευθυγραμμία.

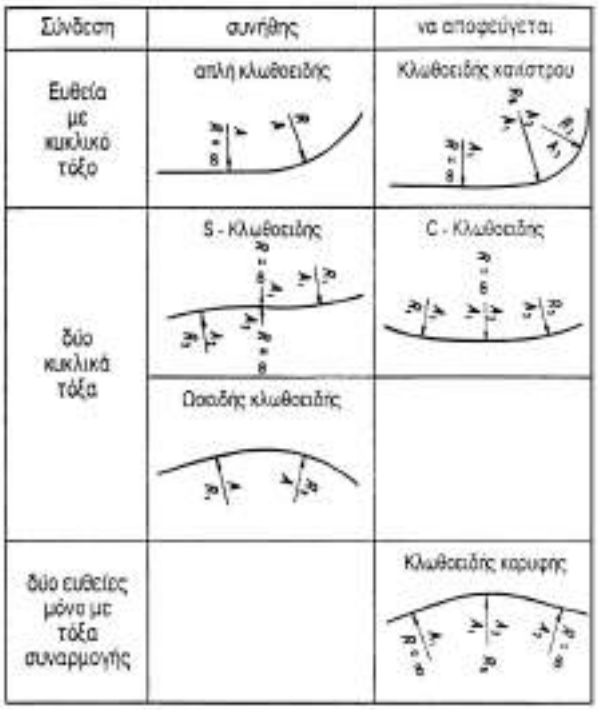
4.2.1.2.3.2 S – καμπύλη

Η S – καμπύλη αποτελείται από δύο αντίρροπες κλωθοειδείς χωρίς ενδιάμεση ευθυγραμμία (Σχήμα 4.4). Για την κάθε μία κλωθοειδή ισχύουν οι συνθήκες των απλών κλωθοειδών. Οι δύο κλωθοειδείς είναι σκόπιμο να έχουν την ίδια περίπου παράμετρο για λόγους αρμονίας της χάραξης και ομοιόμορφης πρόσθετης κλίσης των οριογραμμών.

Στην περίπτωση που οι παράμετροι A_1, A_2 των κλωθοειδών διαφέρουν, πρέπει για $A_2 \leq 200$ σε οδούς των κατηγοριών AI και AII και κατά το δυνατόν σε οδούς των κατηγοριών A III, B I και BII να ισχύει η σχέση:

$$A_1 \leq 1{,}5 \cdot A_2$$

όπου:
A_1 [m] = μεγάλη παράμετρος κλωθοειδούς
A_2 [m] = μικρή παράμετρος κλωθοειδούς



Σχήμα 4.4 Δυνατότητες εφαρμογής της κλωθοειδούς

Η σχέση των ακτινών των κυκλικών τόξων της S-καμπύλης καθορίζεται από το Σχήμα 4.4.

Για την προσαρμογή σε τοπικά υποχρεωτικά σημεία επιτρέπεται η διάταξη ευθυγραμμίας μικρού μήκους μεταξύ των δύο σημείων αρχής. Προκειμένου να διατηρηθεί η οπτική εντύπωση της S-καμπύλης, πρέπει η τιμή του μήκους της ενδιάμεσης ευθυγραμμίας να μην υπερβαίνει την τιμή

$$L_z \leq 0{,}08 \cdot (A_1 + A_2)$$

όπου:

$A_{1,2}$ [m] = παράμετροι κλωθοειδούς
L_z [m] = μήκος της ενδιάμεσης ευθυγραμμίας

4.2.1.2.3.3 Ωοειδής καμπύλη

Η ωοειδής καμπύλη είναι τμήμα κλωθοειδούς του οποίου η αρχική καμπυλότητα είναι η καμπυλότητα του πρώτου κυκλικού τόξου. Χρησιμοποιείται ως τόξο συναρμογής μεταξύ δύο ομόρροπων κυκλικών τόξων (Σχήμα 4.4), εκ των οποίων το ένα περιέχει το άλλο. Αν τέμνονται ή είναι το ένα δίπλα στο άλλο, πρέπει να χρησιμοποιηθεί βοηθητικό κυκλικό τόξο, οπότε προκύπτει η εξής σειρά στοιχείων: κυκλικό τόξο – ωοειδής – κυκλικό τόξο (βοηθητικό) – ωοειδής – κυκλικό τόξο.
Για τις ακτίνες των εκατέρωθεν της ωοειδούς κυκλικών τόξων ισχύουν οι οριακές τιμές του Πίνακα 4.4. Και σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να εξασφαλίζεται μεταβολή κατεύθυνσης $\tau \geq 3{,}5$grad, προκειμένου η ωοειδής να είναι οπτικά αντιληπτή.

Πεδίο μικρότερης ακτίνας R_2 [m]	Επιτρεπόμενη σχέση ακτινών R_1:R_2	Ελάχιστο μήκος κλωθοειδούς L_{min} [m]
$R_2 \leq 100$	1,5	$\frac{Ve[km/h]}{3{,}6}$
$100 < R_2 \leq 500$	2,0	
$R_2 > 500$	χωρίς περιορισμό	

Πίνακας 4.4 Οριακές τιμές ωοειδούς καμπύλης

4.2.1.2.3.4 Κλωθοειδής κανίστρου

Η κλωθοειδής κανίστρου αποτελείται από αλληλουχία ομόρροπων τμημάτων κλωθοειδών με διαφορετικές παραμέτρους. Στα σημεία επαφής των επιμέρους κλωθοειδών, οι ακτίνες είναι ίσες και οι εφαπτόμενες κοινές.
Η κλωθοειδής κανίστρου για λόγους κυκλοφοριακής ασφάλειας πρέπει να αποφεύγεται σε οδούς των κατηγοριών AI, AII, AIII, BI, BII και BIII. Όταν όμως δεν μπορεί να αποφευχθεί οι παράμετροι των διαδοχικών κλωθοειδών δεν πρέπει να διαφέρουν πολύ μεταξύ τους.

4.2.1.2.3.5 C - κλωθοειδής

Η C-κλωθοειδής αποτελείται από αλληλουχία δύο ομόρροπων κλωθοειδών σε επαφή κατά τα αρχικά σημεία τους. Επειδή η περιοχή μικρής καμπυλότητας με $\tau < 3{,}5$grad διαφέρει ελάχιστα από την ευθεία, προκαλείται η οπτική εντύπωση ενδιάμεσης ευθυγραμμίας. Για αυτό το λόγο πρέπει να αποφεύγεται η χρήση της.

4.2.1.2.3.6 Κλωθοειδής κορυφής

Η κλωθοειδής κορυφής αποτελείται από δύο απλές ομόρροπες συνεχόμενες κλωθοειδείς με παραμέτρους A_1 και A_2, χωρίς ενδιάμεσο κυκλικό τόξο, με ακτίνα καμπυλότητας $R_1 = R_2 = R_s$ στη θέση επαφής.
Εφαρμόζεται μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, επειδή η άμεση διαδοχή καμπύλης με αυξανόμενη καμπυλότητα με καμπύλη με μειούμενη καμπυλότητα προκαλεί δυσκολίες στην κίνηση των οχημάτων. Οι παράμετροι των κλωθοειδών πρέπει κατά το δυνατόν να είναι ίσες ($A_1 = A_2$,) ιδιαίτερα σε οδούς των κατηγοριών AI και AII και να αποφεύγεται η χρήση κλωθοειδούς κορυφής με ακτίνες μικρότερες από εκείνες του Πίνακα 2.6.

min R_s [m] σε οδούς της ομάδας	
A	**B**
500	**260**

Πίνακας 4.5 Ελάχιστες ακτίνες (min R_s) σε κλωθοειδείς κορυφής

Για λόγους δυναμικής της κυκλοφορίας καθώς και για κατασκευαστικούς λόγους η μέγιστη τιμή της επίκλισης κατανέμεται κατά το ήμισυ και στις δύο κλωθοειδείς και εφαρμόζεται σε μήκος ίσο με:

$L_{\sigma\tau\alpha\theta\,q} = 0{,}3 \cdot V_e$, όπου:

$L_{\sigma\tau\alpha\theta\,q}$ [m] = μήκος με σταθερή επίκλιση

V_e [km/h] = ταχύτητα μελέτης

4.2.2 Ανακάμπτοντες ελιγμοί

4.2.2.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η γεωμετρική διαμόρφωση των ελιγμών που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα καθώς και το λογισμικό που αναπτύχθηκε για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας υπολογισμού των χαρακτηριστικών του μεγεθών.

Εικόνα 4.2 Χάραξη ελιγμού σε ορεινή δασική περιοχή

4.2.2.2 Ορισμός και χαρακτηριστικά μεγέθη ελιγμού

Με τον όρο ανακάμπτοντες ελιγμοί εννοούμε τις οριζόντιες καμπύλες πολύ μικρής ακτίνας, μικρότερης των τριάντα μέτρων, των οποίων η αλλαγή διεύθυνσης υπερβαίνει κατά πολύ τους 100g. Κατασκευάζονται κυρίως βάσει των γεωμετρικών στοιχείων των οχημάτων, ενώ λαμβάνεται υπόψη και η δυναμική του οχήματος.

Βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος ενός ανακάμπτοντος ελιγμού είναι το πλάτος του οδοστρώματος σε ευθυγραμμία b καθώς και η ακτίνα του κυκλικού τόξου της εσωτερικής οριογραμμής του οδοστρώματος. Άλλωστε αυτά είναι και τα δύο στοιχεία που χαρακτηρίζουν έναν ανακάμπτοντα ελιγμό, αφού αυτά ορίζουν και τον τύπο του. Σημαντικό χαρακτηριστικό των ελιγμών είναι και ο διαχωρισμός του σε δύο κλάδους. Έτσι ο πρώτος κλάδος – ονομάζεται και κλάδος εισόδου – είναι αυτός στον οποίον το όχημα εισέρχεται στον ελιγμό ενώ κινείται στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας του οδοστρώματος, ενώ ο δεύτερος κλάδος – που λέγεται και κλάδος εξόδου – είναι αυτός στον οποίον το όχημα εισέρχεται στην περιοχή του ελιγμού ενώ κινείται στην εξωτερική λωρίδα κυκλοφορίας του οδοστρώματος. Για τη γεωμετρική διαμόρφωση των ελιγμών χρησιμοποιείται στην Ελλάδα το τεύχος 104/1 Ε.1964, που συντάχτηκε με βάση τους αντίστοιχους ελβετικούς κανονισμούς SNV 40267 και SNV 640198, που στηρίζονται σε έρευνες για διάφορους τύπους οχημάτων.

4.2.2.3 Θεμελιώδεις αρχές εφαρμογής

Στην περίπτωση ανάβασης ή κατάβασης, κατά τη χάραξη μιας οδού, για να εξουδετερώσουμε την υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων που θέλουμε να ενώσουμε, χρησιμοποιούμε το λόγο της υψομετρικής διαφοράς προς την επιθυμητή κατά μήκος κλίση της οδού, ώστε να προκύψει το απαιτούμενο μήκος της χάραξης. Στις περιπτώσεις, όμως, που η χάραξη περιορίζεται μέσα σε ένα ορισμένο τμήμα των πλαγιών, επειδή συνήθως υπάρχουν δεξιά και αριστερά εμπόδια – όπως χαράδρες, βράχοι κ.λ.π – δεν είναι δυνατό να έχουμε το απαιτούμενο οριζόντιο μήκος για την ομαλή εξουδετέρωση της υψομετρικής διαφοράς. Σε αυτές τις περιπτώσεις και για να αυξηθεί αυτό το μήκος της χάραξης δημιουργούμε έναν ή περισσότερους ανακάμπτοντες ελιγμούς.

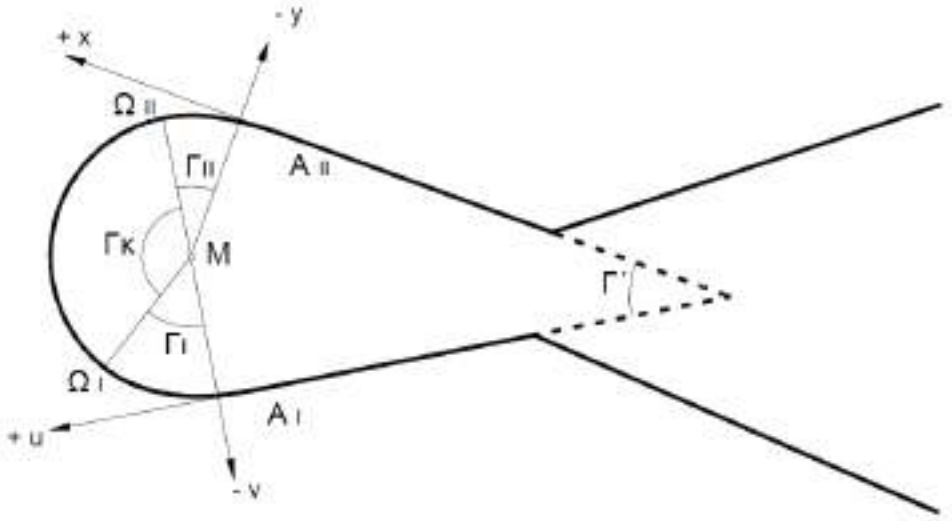
Γενικά, η κατασκευή των ελιγμών δεν έχει ευρεία χρήση και πρέπει να αποφεύγεται, καθώς συνιστούν σοβαρό εμπόδιο στην κυκλοφορία. Όμως, πολλές φορές τόσο οι τοπογραφικές συνθήκες όσο και το μεγάλο κόστος μιας διαφορετικής χάραξης επιβάλλουν τη δημιουργία τους. Ιδιαίτερα σε ορεινές χώρες, όπως η Ελλάδα, και σε χαράξεις επαρχιακών δικτύων, η εφαρμογή των ανακαμπτόντων ελιγμών είναι επιβεβλημένη.

Σε αυτές τις περιπτώσεις βασική αρχή κατά τη διαμόρφωση ενός ελιγμού είναι να επιλέγονται όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ακτίνες. Επίσης, ιδιαίτερα σημαντικό είναι να επιλέγεται η καταλληλότερη περιοχή όπου θα αναπτυχθεί ο ελιγμός και ύστερα από λεπτομερή μελέτη του τοπογραφικού διαγράμματος, έτσι ώστε να μειώνονται κατά το δυνατόν οι δαπάνες κατασκευής και λειτουργίας.

4.2.2.4 Μορφολογία του ελιγμού

Σε κάθε ελιγμό διακρίνουμε τον άξονά του, τις δύο οριογραμμές, εσωτερική και εξωτερική, το κέντρο ανάκαμψης Μ και τη γωνία Γ. Επίσης, διακρίνουμε τον κλάδο εισόδου Ι και τον κλάδο εξόδου ΙΙ, όπως έχουμε ήδη αναφέρει.

Γενικά το γεωμετρικό σχήμα του ελιγμού δεν είναι συμμετρικό ως προς τη διχοτόμο της γωνίας των δύο ευθυγραμμιών του άξονά του. Ο άξονας του ελιγμού, ως διαχωριστική γραμμή των δύο λωρίδων κυκλοφορίας με αντίθετη κατεύθυνση, δεν απέχει ίδια απόσταση από τις δύο οριογραμμές, αλλά βρίσκεται πλησιέστερα στην εξωτερική οριογραμμή.



Σχήμα 4.5 Γεωμετρική απεικόνιση του ελιγμού

Ο άξονας αυτός αποτελείται από το κεντρικό κυκλικό τόξο $\Omega_I\Omega_{II}$ και από τα δύο εκατέρωθεν τμήματα συναρμογής $A_I\Omega_I = S_I$ και $A_{II}\Omega_{II} = S_{II}$. Το ίδιο συμβαίνει και για τις δύο οριογραμμές του οδοστρώματος. Οι καμπύλες συναρμογής ευθυγραμμιών και τόξων κύκλου του ελιγμού δεν προσδιορίζονται μέσω ενός απλού μαθηματικού τύπου, γι' αυτό και ο άξονας του ελιγμού καθώς και οι οριογραμμές – εσωτερική και εξωτερική – του οδοστρώματος προσδιορίζονται τόσο στο σχέδιο όσο και στο έδαφος με ορθογώνιες συντεταγμένες που δίνονται σε ειδικούς πίνακες. Τα κεντρικά, τέλος, τόξα κύκλου του άξονα του ελιγμού και των οριογραμμών του οδοστρώματος έχουν το ίδιο κέντρο M και αντίστοιχες ακτίνες R, $R_{εσ}$ και $R_{εξ}$. Όταν οι καμπύλες συναρμογής σχεδιαστούν σύμφωνα με τους πίνακες συντεταγμένων κάθε τύπου ελιγμού, τότε το τόξο του κύκλου θα είναι περισσότερο ή λιγότερο επιμήκες ανάλογα με το μέγεθος της αλλαγής διευθύνσεως, δηλαδή ανάλογα με το μέγεθος της γωνίας που σχηματίζουν οι ευθυγραμμίες των αξόνων των δύο κλάδων του ελιγμού.

Η χάραξη κάθε ελιγμού στα τόξα συναρμογής γίνεται ανεξάρτητα από τη γωνία Γ΄ που σχηματίζουν οι άξονες των κλάδων I και II του ελιγμού, δεδομένου ότι στους πίνακες δίνονται τα διάφορα γεωμετρικά μεγέθη και οι συντεταγμένες ανεξάρτητα από την παραπάνω γωνία (Σχήμα 4.5).

Από τη μεταβολή της γωνίας Γ' επηρεάζεται μόνον το μήκος του κυκλικού τόξου. Μεταξύ των γωνιών Γ΄, ΓΙ, ΓΙΙ, ΓΚ υπάρχει η ακόλουθη σχέση:

$$Γ' = ΓΙ + ΓΚ + ΓΙΙ - 200g$$

4.2.2.5 Τύποι ελιγμών

Ο τύπος του ελιγμού αναφέρεται με ένα κλάσμα, του οποίου ο αριθμητής εκφράζει το πλάτος του οδοστρώματος σε ευθυγραμμία και ο παρανομαστής την ακτίνα του τόξου της εσωτερικής οριογραμμής του οδοστρώματος. Έτσι, για παράδειγμα ο τύπος του ελιγμού 7/15 αντιστοιχεί σε οδό συνολικού πλάτους οδοστρώματος εφτά μέτρων και ακτίνα τόξου της εσωτερικής οριογραμμής του οδοστρώματος δεκαπέντε μέτρων. Έχουν καθιερωθεί και εφαρμόζονται οι τύποι των ελιγμών που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πλάτος οδοστρώματος σε ευθυγραμμία (m)	Ακτίνα $R_{εσ}$ της εσωτερικής οριογραμμής			
	8	10	15	20
6.00	**6/8**	**6/10**	**6/15**	**6/20**
6.50	**-**	**6.5/10**	**6.5/15**	**6.5/20**
7.00	**-**	**7/10**	**7/15**	**7/20**

Πίνακας 4.6 Τύποι ελιγμών ανάλογα με την ακτίνα και το πλάτος του οδοστρώματος

Για οδούς με πλάτος οδοστρώματος b=5,50m εφαρμόζονται οι τύποι για πλάτος b=6,00 m. Γενικότερα σε δυσχερείς οδούς με πλάτος 5.50 m, 6.00 m και 7.00 m η εσωτερική ακτίνα $R_{εσ}$ δεν πρέπει να είναι μικρότερη των δέκα μέτρων. Ο τύπος ελιγμού 6/8 εφαρμόζεται μόνο για τοπικές οδούς με πολύ δύσκολη μορφολογία εδάφους. Γι' αυτό και στους ελιγμούς αυτούς απαγορεύεται η κυκλοφορία φορτηγών και λεωφορείων, για τα οποία η διαγραφή εντός του ελιγμού είναι επικίνδυνη. Τέλος, σε περίπτωση που έχουμε σχεδιασμό ενός ελιγμού του οποίου η ακτίνα του τόξου της εσωτερικής οριογραμμής του οδοστρώματος δεν περιλαμβάνεται στους κανονικούς τύπους ελιγμών, υπολογίζουμε τα απαραίτητα στοιχεία με παρεμβολή.

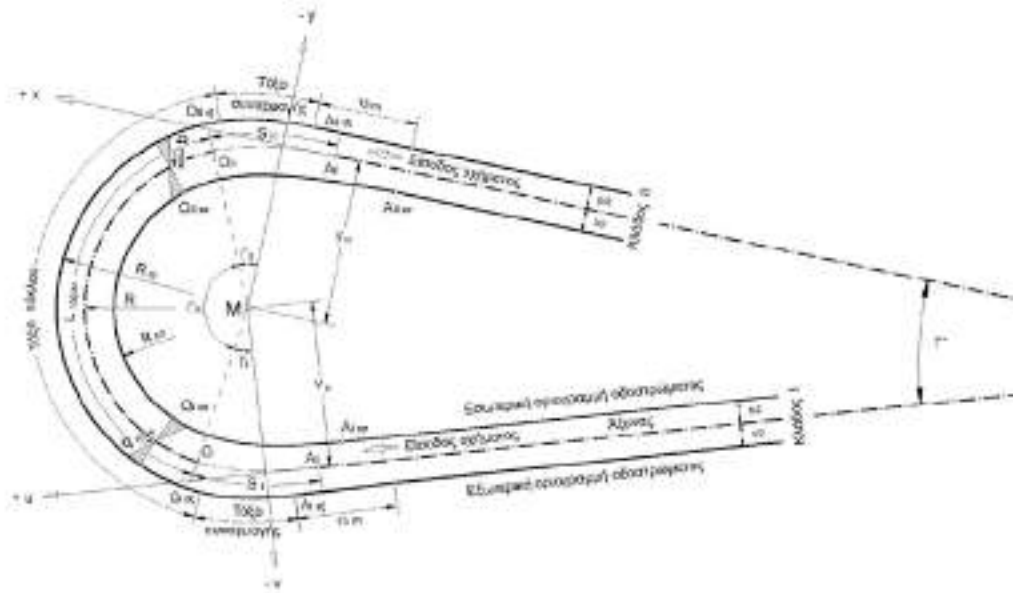
4.2.2.6 Οριζοντιογραφία του ελιγμού

Κατά τη χάραξη της οριζοντιογραφίας ενός ελιγμού μπορούμε να διακρίνουμε τρία βασικά οδικά τμήματα, αυτό του ελιγμού και ένα που προηγείται του κλάδου εισόδου I και ένα που ακολουθεί μετά τον κλάδο εξόδου II. Η βασική δυσκολία χάραξης της οριζοντιογραφίας έγκειται στον εντοπισμό της σωστής θέσης κατασκευής του ελιγμού.

Η θέση αυτή πρέπει να πλεονεκτεί συγκρινόμενα με άλλες θέσεις ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής μεγαλύτερης ακτίνας R με τη μικρότερη δαπάνη κατασκευής. Επομένως το έδαφος πρέπει να έχει τη μικρότερη εγκάρσια κλίση και να είναι κατά προτίμηση γαιώδες. Η διαδικασία χάραξης δε διαφέρει σε τίποτα με τη χάραξη μιας άλλης οδού. Χαράσσονται οι κατάλληλες ισοκλινείς γραμμές με κατεύθυνση τη θέση του ελιγμού και με βάση αυτές οι κλάδοι I και II ως επέκταση της πολυγωνικής γραμμής που ορίζεται.

Στη συνέχεια, επιλέγεται ο τύπος του ελιγμού και χαράσσονται κανονικά και σύμφωνα με τους κανονισμούς τα δύο οδικά τμήματα που προηγούνται και ακολουθούν τον ελιγμό. Κατά τη χάραξη του ελιγμού ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην ύπαρξη αρκετού μήκους οδού, ώστε να επιτρέπεται η πλήρης απόσβεση των επικλίσεων. Τέλος, καθορίζονται οι θέσεις του κυκλικού τόξου του ελιγμού και των καμπύλων συναρμογής των δύο κλάδων.

Οι ορθογώνιες συντεταγμένες που δίνονται από τους πίνακες για κάθε τύπο ελιγμού, περιλαμβάνουν και τις αντίστοιχες διαπλατύνσεις, οι οποίες εξυπηρετούν την ασφαλή κίνηση των οχημάτων μέσα στον ελιγμό. Έτσι ορίζεται και το πλάτος του οδοστρώματος του ελιγμού, που είναι σταθερό κατά μήκος του κυκλικού τόξου, ενώ στις περιοχές των τόξων συναρμογής είναι μεταβλητό.



Σχήμα 4.6 Οριζοντιογραφία του ελιγμού

4.2.2.7 Μηκοτομή του ελιγμού

Στην περιοχή του ελιγμού και για αρκετό μήκος εκατέρωθεν η κατά μήκος κλίση πρέπει να είναι μειωμένη στα τμήματα του άξονα, ακόμη και αν πριν και μετά τον ελιγμό υπάρχουν ισχυρές κατά μήκος κλίσεις. Έτσι, η μέγιστη κατά μήκος κλίση στον άξονα του ελιγμού λαμβάνεται ίση με την τιμή max s = 3%. Οι συναρμογές των κλάδων της μηκοτομής στην περιοχή του ελιγμού πρέπει να γίνονται με τόξα στρογγύλευσης, όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ακτίνας, ώστε να αποφεύγονται οι δυσμενείς επιπτώσεις στην κυκλοφορία λόγω απότομης αλλαγής της κλίσης και η πιθανότητα πρόσκρουσης του χαμηλού μέρους του οχήματος στην επιφάνεια του οδοστρώματος στις κλειστές στροφές.

Ιδαίτερη προσοχή απαιτείται από το μελετητή, ώστε τα τόξα στρογγύλευσης της μηκοτομής να τοποθετούνται έξω από τις αντίστοιχες οριζοντιογραφικές συναρμογές του ελιγμού και γενικότερα της οδού.

Ακόμα, η μηκοτομή της εσωτερικής ή εξωτερικής οριογραμμής δεν πρέπει να έχει κλίση μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη κατά μήκος κλίση στην οδό σε ευθυγραμμία - για την περίπτωση της εξωτερικής οριογραμμής - και να μην έχει κλίση μικρότερη του 0.5% - για την περίπτωση της εσωτερικής οριογραμμής – ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή απορροή των όμβριων υδάτων.

4.2.2.8 Επικλίσεις στον ελιγμό

Η βασική διαφορά των επικλίσεων στον ελιγμό από τις επικλίσεις μιας άλλης οδού έγκειται στο γεγονός ότι το εσωτερικό κυκλικό τόξο είναι μικρότερο από το εξωτερικό. Γι' αυτό το λόγο στις επικλίσεις στον ελιγμό η μέγιστη επίκλιση πρέπει να είναι σταθερή μόνο κατά μήκος του αναπτύγματος του εσωτερικού κυκλικού τόξου. Ως μέγιστη και προτεινόμενη τιμή επίκλισης στους ελιγμούς είναι η q =10%. Αυτή η τιμή έχει υπολογιστεί έτσι ώστε να μην προκύπτει κατά μήκος κλίση των οριογραμμών του οδοστρώματος, αφενός μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση στην οδό σε ευθυγραμμία και αφετέρου μικρότερη της ελάχιστης κλίσης και ίση με 0.5%. Βέβαια, είναι δυνατόν να μειωθεί αυτή η τιμή της επίκλισης στον ελιγμό κατά την κρίση του μελετητή, ανάλογα με την κατά μήκος κλίση του άξονα του ελιγμού, με το πλάτος του οδοστρώματος ή και με το μήκος των καμπύλων συναρμογής της εσωτερικής και εξωτερικής οριογραμμής, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μη γίνεται υπέρβαση των ορίων των κλίσεων της μηκοτομής.

4.2.2.9 Απαιτούμενα σχέδια και διαγράμματα

Για τη μελέτη ενός ελιγμού απαιτούνται:

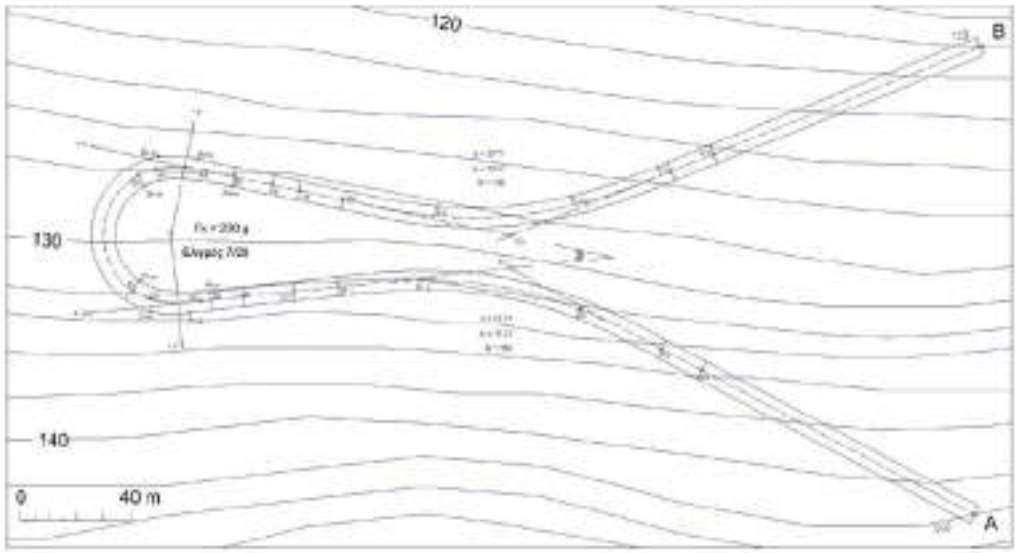
α. Γενική οριζοντιογραφία σε κλίμακα 1:500 του ελιγμού με τις παρακείμενες κορυφές της πολυγωνικής του άξονα της οδού και τις πλευρές της, σε τόσο μήκος ώστε να περιλαμβάνονται και οι αντίστοιχες καμπύλες του άξονα της οδού με τις συναρμογές τους. Στη γενική οριζοντιογραφία θα φαίνονται οι οριογραμμές του οδοστρώματος, όπως στα Σχήματα 4.6 και 4.7.

β. Οριζοντιογραφία σε κλίμακα 1:100, κάθε κλάδου του ελιγμού, όπου θα αναγράφονται οι συντεταγμένες των σημείων του άξονα και των δύο οριογραμμών του οδοστρώματος.

γ. Μηκοτομή σε κλίμακα 1:1000/1:100 του άξονα της οδού.

δ. Διάγραμμα επικλίσεων.

ε. Διατομές σε κλίμακα 1:100 σε όλες τις χαρακτηριστικές θέσεις του ελιγμού.



Σχήμα 4.7 Οριζοντιογραφία οδικού τμήματος ΑΒ

4.2.2.10 Μεθοδολογία μελέτης ελιγμού

Τα βήματα που ακολουθούνται στην μελέτη ενός ελιγμού είναι τα παρακάτω:

α. Από τους αντίστοιχους πίνακες προσδιορίζονται τα vM και yM που αντιστοιχούν στον τύπο του ελιγμού.

β. Φέρεται παράλληλος προς τον άξονα u του κλάδου Ι του ελιγμού σε απόσταση ίση προς vM.

γ. Φέρεται παράλληλος προς τον άξονα x του κλάδου ΙΙ του ελιγμού σε απόσταση ίση με yM.

δ. Από την τομή των δύο παραλλήλων βρίσκεται το κέντρο Μ του ελιγμού.

ε. Η αρχή των αξόνων u και v (στον Ι κλάδο του ελιγμού) βρίσκεται στον πόδα της καθέτου που άγεται από το κέντρο Μ του ελιγμού επί τον άξονα u.

στ. Η αρχή των αξόνων x και y (στον κλάδο ΙΙ του ελιγμού) βρίσκεται στον πόδα της καθέτου που άγεται από το κέντρο Μ του ελιγμού επί τον άξονα x.

ζ. Στους πίνακες δίνονται οι ορθογώνιες συντεταγμένες u και v των καμπύλων συναρμογής του άξονα και των δύο οριογραμμών του οδοστρώματος του ελιγμού στον κλάδο Ι από τα σημεία ΑΙ, ΑΙεσ, ΑΙεξ, μέχρι τα σημεία αντιστοίχως ΩΙ, ΩΙεσ, ΩΙεξ, καθώς και οι ορθογώνιες συντεταγμένες των καμπύλων συναρμογής του άξονα και των δύο οριογραμμών του οδοστρώματος του ελιγμού στον κλάδο ΙΙ από τα σημεία ΑΙΙ, ΑΙΙεσ, ΑΙΙεξ, μέχρι τα σημεία ΩΙΙ, ΩΙΙεσ, ΩΙΙεξ.

η. Τα καμπύλα τμήματα του άξονα και των δύο οριογραμμών του οδοστρώματος του ελιγμού που βρίσκονται μεταξύ των σημείων ΩΙ και ΩΙΙ, ΩΙεσ και ΩΙΙεξ είναι τόξα κύκλων αντιστοίχων ακτίνων R, Rεσ και Rεξ και επομένως κάθε σημείο των

κυκλικών τόξων μπορεί να προσδιορισθεί ακριβώς με μετροταινία και με άλλα κατάλληλα τοπογραφικά όργανα (ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους) διότι είναι γνωστή η θέση του κέντρου Μ του ελιγμού, η θέση των αξόνων u και x και γνωστές οι ακτίνες R, Rεσ και Rεξ (που δίνονται στους πίνακες).

θ. Επί του εδάφους υπολογίζονται οι γωνίες ΓΙ, ΓΚ και ΓΙΙ.

ι. Το άθροισμα των γωνιών αυτών δίνει τη γωνία Γ του ελιγμού η οποία πάντοτε πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 200g.

ια. Το μέτρο των γωνιών ΓΙ και ΓΙΙ είναι σταθερό για κάθε τύπο ελιγμού γιατί η εφαπτομένη των γωνιών αυτών είναι συνάρτηση των τετμημένων των σημείων ΩΙ και ΩΙΙ και της ακτίνας R του ελιγμού.

ιβ. Το μέτρο της γωνίας Γ, επομένως και της γωνίας ΓΚ, είναι διαφορετικό για κάθε περίπτωση και εξαρτάται από τη διεύθυνση των αξόνων u και x.

Σημείωση: Επιβάλλεται πάντοτε κατά το στάδιο της προμελέτης της οδού να τοποθετούνται κατάλληλα οι παρακείμενες προς τον ελιγμό κορυφές καθώς και οι διευθύνσεις των αξόνων u και x, έτσι ώστε αφενός η γωνία Γ του ελιγμού να είναι πάντοτε μεγαλύτερη των 200 g και αφετέρου να εξασφαλίζονται οι εκάστοτε απαραίτητες αποστάσεις μεταξύ των σημείων Αεσ του ελιγμού και των σημείων Α των καμπύλων συναρμογής των παρακειμένων κορυφών για την ομαλή μεταβολή των επικλίσεων.

Στη σύγχρονη εποχή τα μηχανήματα που υπάρχουν καθώς και η τεχνογνωσία επιτρέπει στον πολιτικό μηχανικό την κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων, καθώς και τη διάνοιξη σηράγγων με ιδιαίτερη ευκολία σε σύγκριση με τα παλιότερα χρόνια. Παρόλα αυτά η δαπάνη τέτοιων κατασκευών είναι πολύ μεγάλη και δεν είναι δυνατή για όλες τις περιπτώσεις. Σε μικρές χώρες, σε ορεινές περιοχές, σε επαρχιακά δίκτυα δεν είναι ούτε λογική αλλά ούτε και επιθυμητή - κυρίως από οικονομικής άποψης - η επιλογή τέτοιων λύσεων σε χαράξεις που εξυπηρετούν μικρό τμήμα του πληθυσμού και όχι μαζικές μετακινήσεις.

Τέτοιοι λόγοι, καθώς και τοπογραφικές δυσκολίες – όπως απότομες πλαγιές – πολλές φορές επιβάλλουν τη χρήση των ελιγμών στις χαράξεις.

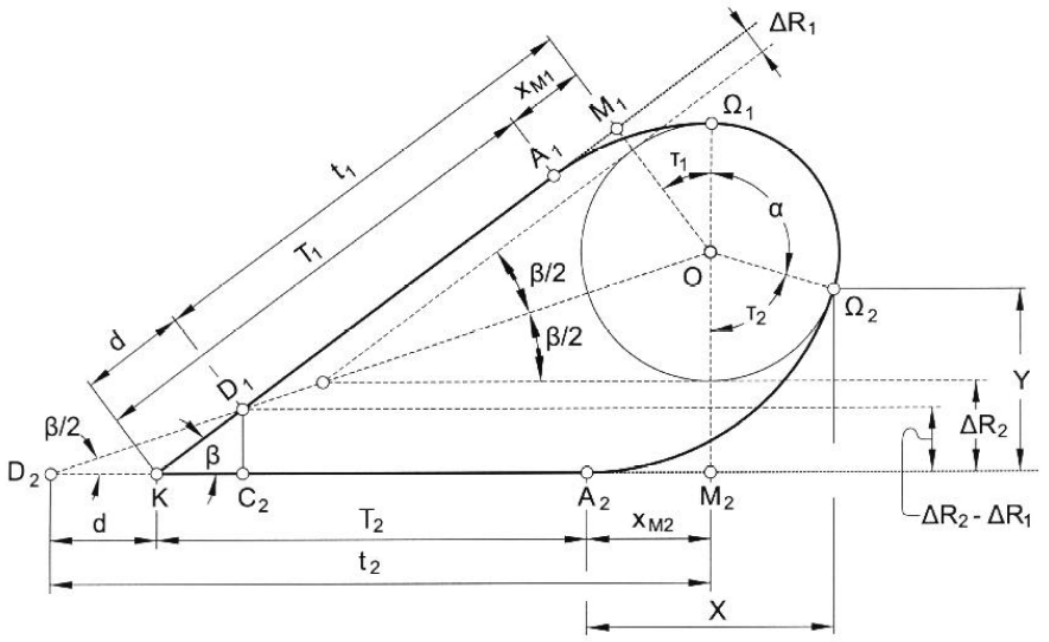
Η χάραξη ενός ελιγμού, και ιδιαίτερα στη φάση της προμελέτης όπου οι δοκιμές είναι πολλές και αναπόφευκτες, δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη. Είναι μια διαδικασία χρονοβόρα, καθώς πρέπει να ληφθούν αρκετοί παράμετροι υπόψη και να γίνουν αρκετές γεωμετρικές κατασκευές. Η εναλλαγή μεταξύ των λύσεων απαιτεί εκ νέου χάραξη, καθώς είτε ο τύπος του ελιγμού, είτε η θέση του στη γενικότερη τοπογραφία της περιοχής μεταβληθούν, αλλάζουν όλα τα δεδομένα.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία ένας από τους στόχους είναι η δημιουργία ενός λογισμικού, το οποίο θα επιτρέπει στο μηχανικό να χρησιμοποιήσει τον ηλεκτρονικό υπολογιστή για τη χάραξη του ελιγμού. Για τη δημιουργία αυτού του προγράμματος

τηρήθηκαν όλοι οι κανονισμοί της χάραξης του ελιγμού με στόχο να βοηθηθεί η εργασία του μηχανικού. Σε καμία περίπτωση δεν αφαιρείται η κριτική του σκέψη, αφού αυτός δίνει τα δεδομένα, αυτός βλέπει τα παραγόμενα σχέδια και αυτός κρίνει εάν η λύση που σχεδίασε είναι επιθυμητή ή όχι. Το πρόγραμμα και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής σε γενικότερη έννοια, απλώς συντομεύει τη διαδικασία. Επιτρέπει στο χρήστη να ελιχθεί μεταξύ των πιθανών λύσεων, να αναλώσει το χρόνο του σε κρίση των λύσεων και όχι στο χρονοβόρο σχεδιασμό του ελιγμού.

4.2.2.11 Χάραξη οριζοντιογραφίας και μηκοτομής βρόγχου

Για τη γεωμετρική επίλυση του ελιγμού που οδήγησε στη δημιουργία του λογισμικού υπολογίστηκαν τα παρακάτω μεγέθη:



Σχήμα 4.8 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου

Θεωρούμε ότι η καμπύλη του βρόχου αποτελείται από (1) κλωθοειδή A1Ω1 [A1,R] (2) κυκλικό τόξο Ω1Ω2 [O,R] και (2) κλωθοειδή A2Ω2 [A2,R]. Σε κάθε κλωθοειδή είναι:

$$\mathbf{L = A^2 / R}$$

$$\boldsymbol{\tau = L / 2 * R}$$

$$\mathbf{X= L - L^3/40 * R^2+ L^5/3456 * R^4\ldots}$$

$$\mathbf{Y= L^2/R – (1/6- L^2/336 * R^2+ L^4/42240 * R^4\ldots}$$

$$\mathbf{X_M=X-R*\sin(\tau)}$$

$$\mathbf{\Delta R =Y - R * (1 -\cos(\tau))}$$

Σε κάθε μία από τις κλωθοειδείς A1, R και A2, R υπολογίζουμε τις τιμές των ανωτέρω παραμέτρων, δηλαδή τις τιμές **L1, τ1, X1, Y1, XM1, ΔR1 και L2, τ2, X2, Y2, XM2, ΔR2.** Από το ισοσκελές τρίγωνο D1D2K προκύπτει ότι $D=(\Delta R_2 - \Delta R_1) / \sin(\beta)$. Από τα ορθογώνια τρίγωνα D1M1O και D2M2O προκύπτει ότι:

$$t_1=(R+\Delta R_1) * \tan((\pi-\beta)/2)$$

$$t_2=(R+\Delta R2) * \tan((\pi-\beta)/2)$$

$$T_1= t_1 + d - X_{M1}$$

$$T_2= t_2 + d - X_{M2}$$

το μήκος Ω1Ω2 του κυκλικού τόξου είναι:

$$\Omega1\Omega2 = R * (\pi + \beta - \tau1 - \tau2)$$

και το συνολικό μήκος της καμπύλης του βρόχου είναι:

$$A1\Omega1\Omega2A2 = L1 + L2 + \Omega1\Omega2$$

Τα ανωτέρω μήκη εκφράζονται σε μέτρα [m], ενώ οι γωνίες β, τ_1 και τ_2 εκφράζονται σε ακτίνια [rad].

4.3. Προγράμματα Eligmos και Vehicle Turn

4.3.1 Γενικά

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο περιγράφεται η λειτουργία του προγράμματος Eligmos, το οποίο δημιουργήθηκε για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών μεγεθών και την αυτοματοποίηση του σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας του ελιγμού, καθώς και το πρόγραμμα Vehicle Turn (VT) που αναπτύχθηκε για τον υπολογισμό του ελάχιστου πλάτους λωρίδας που απαιτείται από ένα όχημα που κινείται σε απλή καμπύλη ή ελιγμό.

Η λειτουργία στην οποία βασίζεται το VT είναι αυτή της προσομοίωσης. Η μέθοδος αυτή αποτελεί ιδανικό τρόπο προσέγγισης προβλημάτων χάραξης καθώς η επίλυση προκύπτει ύστερα από την εφαρμογή πραγματικών δεδομένων και προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες της κάθε περίπτωσης. Για την επίτευξη του τελικού αποτελέσματος έγινε συνδυαστική χρήση του VT με το πρόγραμμα δημιουργίας οριζοντιογραφιών H12.

Το H12 είναι ένα πακέτο προγραμμάτων το οποίο έχει αναπτυχθεί από τον κ. Φώτη Μερτζάνη, Επιστημονικό Συνεργάτη του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Ε.Μ.Π. για εκπαιδευτική χρήση. Οι χρήστες του προγράμματος, έχοντας στοιχειώδεις γνώσεις Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και βασικές γνώσεις Οδοποιίας, μπορούν να μελετήσουν μια οδό και να παράγουν τα βασικά σχέδια της.

4.3.2 Αναλυτικές σχέσεις προγράμματος Eligmos

4.3.2.1 Γενικά

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι αναλυτικές σχέσεις βάσει των οποίων προκύπτουν τα γεωμετρικά στοιχεία που αποτελούν τον ανακάμπτοντα ελιγμό από το λογισμικό Eligmos. Η παρουσίαση των αναλυτικών σχέσεων ακολουθεί τη σειρά που εκτελούνται από το πρόγραμμα. Έτσι διαχωρίζονται σε τρία τμήματα:

- Στον υπολογισμό των στοιχείων οριζοντιογραφίας και το σχεδιασμό των κλάδων που συμβάλλουν στον κόμβο.
- Στο σχεδιασμό του ελιγμού και των δυο λωρίδων κυκλοφορίας.
- Στη εφαρμογή της διαπλάτυνσης.

4.3.2.2 Σχέσεις υπολογισμού μεγεθών για τη χάραξη της οριζοντιογραφίας ελιγμού με συμμετρικά τόξα συναρμογής

4.3.2.2.1 Υπολογισμός των στοιχείων της οριζοντιογραφίας μορφής βρόχου και σχεδιασμός των κλάδων που συμβάλλουν στον ελιγμό

Ξεκινάμε με την επιλογή τεσσάρων σημείων που δημιουργούν δύο αποκλίνοντες κλάδους. Επιλέγουμε το πρώτο σημείο ως σημείο αρχής και το τέταρτο ως σημείο τέλους του ελιγμού.

Καταγράφουμε τα σημεία **1 (x_1,y_1), 2(x_2,y_2), 3 (x_3,y_3), 4 (x_4,y_4)**.

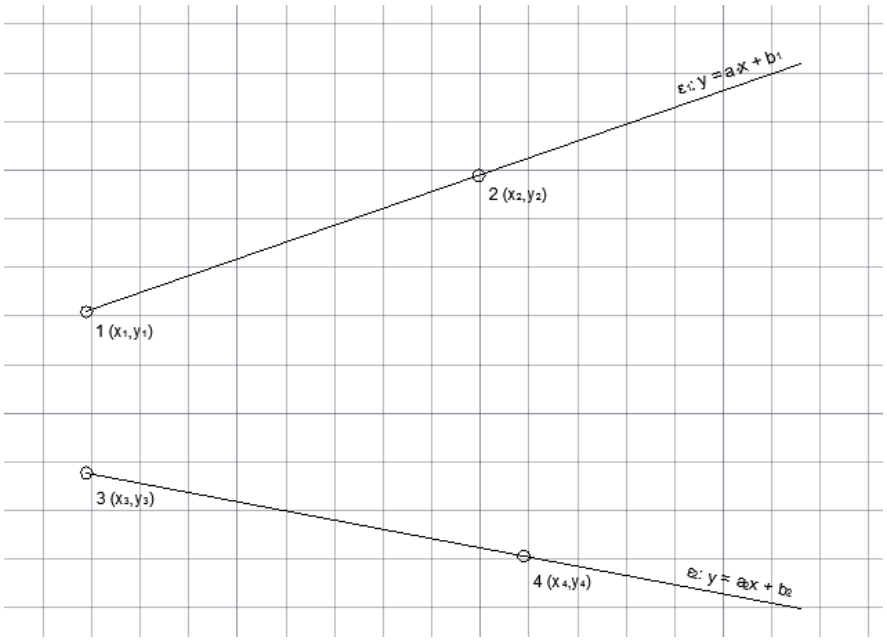
Οι εξισώσεις των δύο κλάδων προκύπτουν από τις σχέσεις:

$y=ax+b$

$a= (y_{ii-} y_i) /(x_{ii-} x_i)$

$b= y_i-a* x_i$

Μεταβλητές εξόδου: a1, b1, a2, b2



Σχήμα 4.9 Απεικόνιση μεταβλητών a1, b1, a2, b2

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας.

Ως μεταβλητές εισόδου έχουμε την ακτίνα καμπυλότητας R και την παράμετρο κλωθοειδούς A. Υπολογίζουμε τα απαραίτητα στοιχεία με τις παρακάτω σχέσεις:

Σημείο τομής των δύο κλάδων:

$x_κ$= (b2- b1)/(a2- a1)

$y_κ$=a1*Xκ+ b1

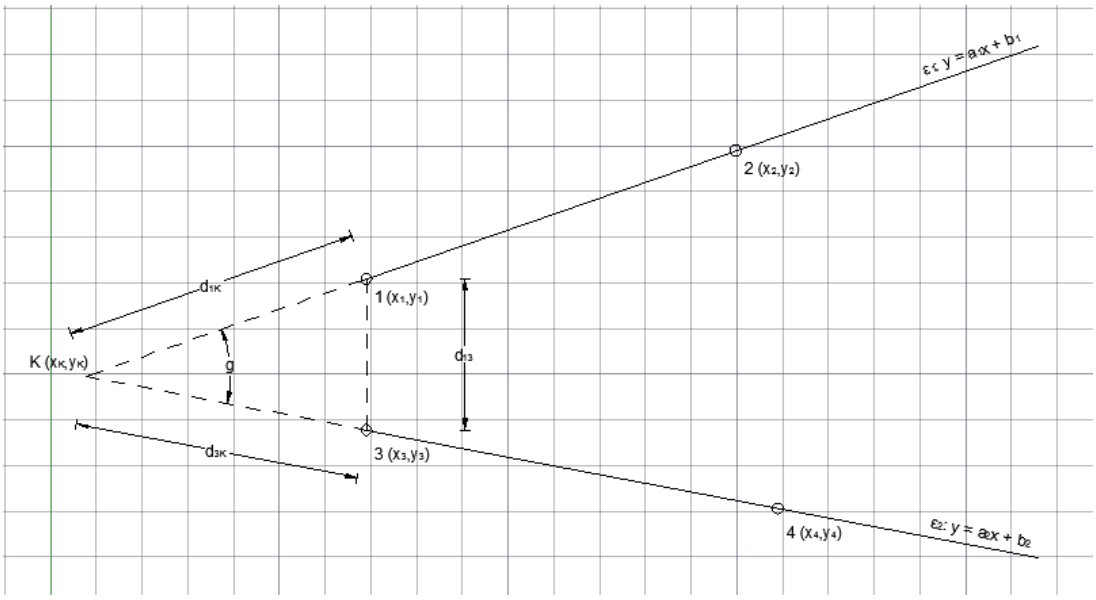
$d1k=((xk-x1)^2+(yk-y1)^2)^{0,5}$

$d13=((x3-x1)^2+(y3-y1)^2)^{0,5}$

$d3k=((xk-x3)^2+(yk-y3)^2)^{0,5}$

$cosg=(d3k^2+d1k^2-d13^2)/(2*d1k*d3k)$

g=acosg



Σχήμα 4.10 Απεικόνιση μεταβλητών d1k, d13, d3k, g

L=A2/R

τ=L/2R (rad)

X = L - L3/40*R2 + L5/3456*R4

Y = L2/6*R - L4/336*R3+ L6/42240 * R5

XM = X - R * ημ (τ)

ΔR = Y – R * (1-συν (τ))

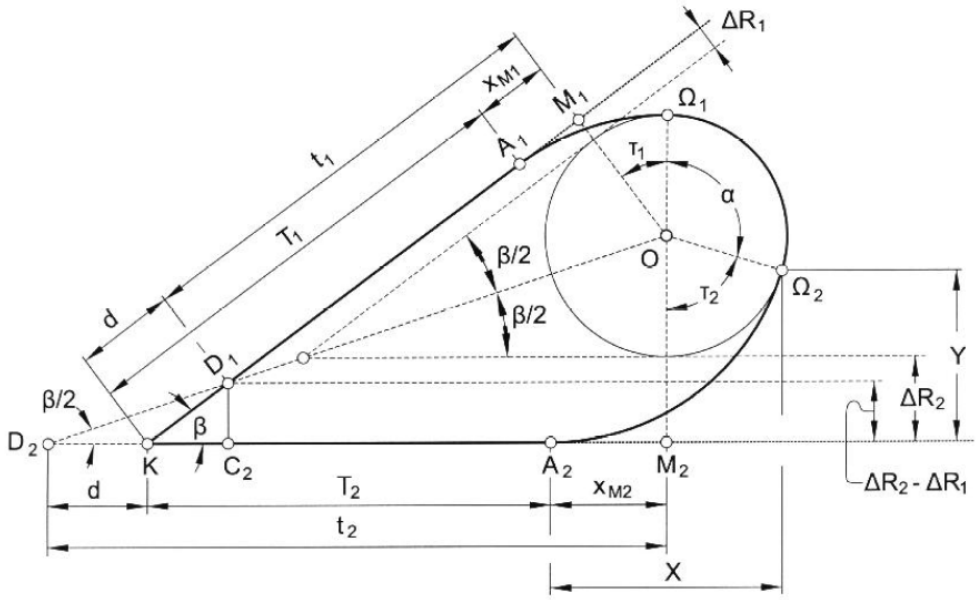
t = (R + ΔR) * tan ((π - β)/2)

d = (ΔR2 - ΔR1) / sin(β)

T = t + d - XM

Ω1Ω2 = R * (π + β - τ)

A1Ω1Ω2A2 = L + Ω1Ω2



Σχήμα 4.11 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου

4.3.2.2.2 Σχεδιασμός του ελιγμού και των δυο λωρίδων κυκλοφορίας

- **Το πρώτο βήμα για τον σχεδιασμό του ελιγμού είναι ο προσδιορισμός του κέντρου M (Xm, ym). Εφαρμόζοντας το νόμο συνημίτονων χρησιμοποιούμε τις παρακάτω σχέσεις:**

sing=(1- cosg)$^{0.5}$

d5k=(R+dr)/sing

d6k=(R+dr)/sing

Από αναλογία προκύπτει:

x5=(d4k*xk+d5k*x4-d5k*xk)/(d4k)

y5=α2*x5+b2

x6=(d2k*xk+d6k*x2-d6k*xk)/d2k

y6=α1*x5+b1

Υπολογίζουμε τις ευθείες που είναι παράλληλες στους κλάδους και επαληθεύουν τα σημεία 5 και 6 με τις παρακάτω σχέσεις:

z3=a1

z4=a2

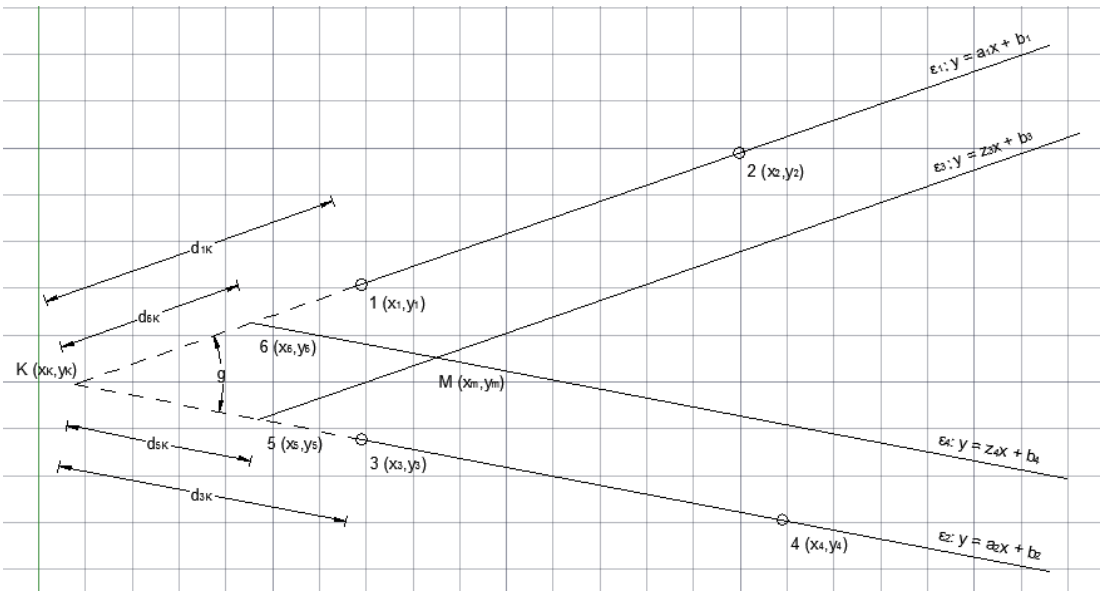
b3=y5-x5*z3

b4=y6-x6*z4

xm=(b4-b3)/(z3-z4)

ym=z3*xm+b3

Μεταβλητές εξόδου: x5, y5, x6, y6, z3, b3, z4, b4, xm, ym



Σχήμα 4.12 Απεικόνιση μεταβλητών x5, y5, x6, y6, z3, b3, z4, b4, xm, ym

- Υπολογίζουμε τις εξισώσεις των δύο ευθειών που επαληθεύουν το σημείο M (Xm, Ym) και είναι κάθετες στους δύο κλάδους.

a1*a5 =-1

a2*a6 =-1

q5 = Ym- α5 * Xm

q6 = Ym- α6 * Xm

Μεταβλητές εξόδου: a5, q5, a6. q6

- Υπολογίζουμε τα σημεία τομής των ευθειών των δύο κλάδων και των κάθετων ευθειών. Υπολογίζουμε σημεία O1 (xo1,yo1), O2 (xo2,yo2)

xo1=(q5 - b1)/(a1- a5)

yo1= xo1*a5+q5

xo2=(q6 – b2)/(a2- a6)

yo2= xo2*a6+q6

Μεταβλητές εξόδου: xo1, yo1, xo2, yo2

Υπολογίζουμε τις αποστάσεις ΚΟ στους δύο κλάδους

dko1=((xo1-xκ)^2+(yo1-yκ)^2)$^{\wedge 0,5}$)

dko2=((xo2-xκ)^2+(yo2-yκ)^2)$^{\wedge 0,5}$)

Μεταβλητές εξόδου: dko1, dko2

- Υπολογίζουμε το σημείο αρχής Α1 και το σημείο τέλους Α2 των αντίστοιχων κλωθοειδών

Από αναλογία προκύπτει: (xA-xk)/dkA=(xo-xk)/dko

kA1= dko1-X_M

xA1= xk+((dkA1/ dko1)*(xo1- xk)

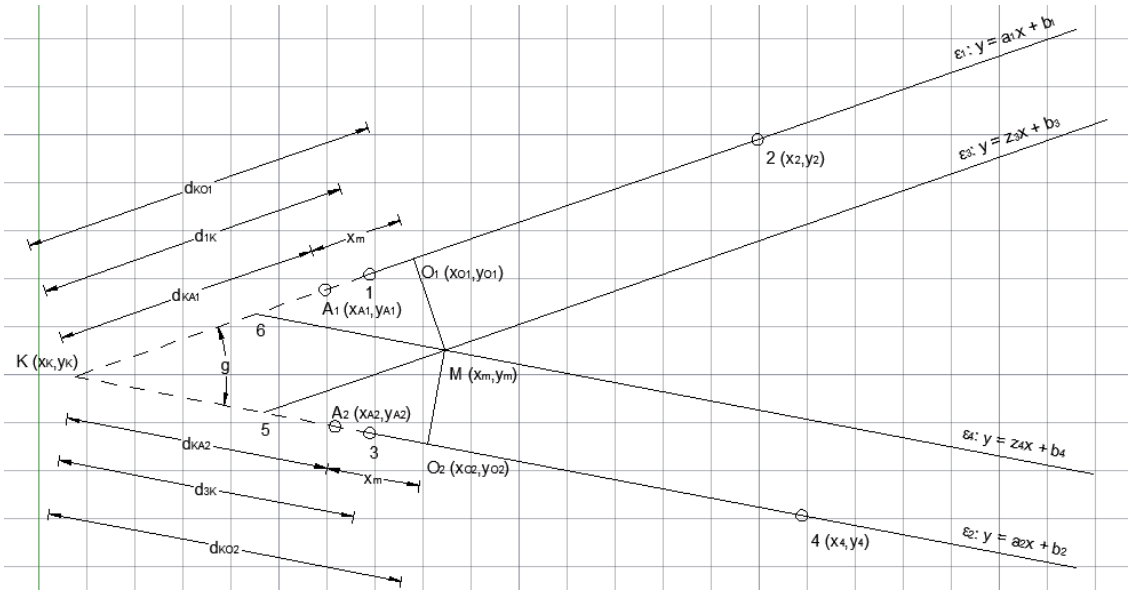
yA1= xA1*a1+b1

kA2= dko2-X_M

xA2= xk+((dkA2/ dko2)*(xo2- xk)

yA2= xA2*a2+b2

Μεταβλητές εξόδου: xA1, yA1, xA2, yA2



Σχήμα 4.13 Απεικόνιση μεταβλητών xA1, yA1, xA2, yA2, dko1, dko2, xo1, xo2, yo1, yo2

- Υπολογίζουμε την προβολή των σημείων Ω στους κλάδους, Ω1p και Ω2p, όπου το Ω1 αποτελεί σημείο τέλους και το Ω2 σημείο αρχής των αντίστοιχων κλωθοειδών

Από αναλογία προκύπτει: (xA-xo)/xm=(xA-xΩ)/X

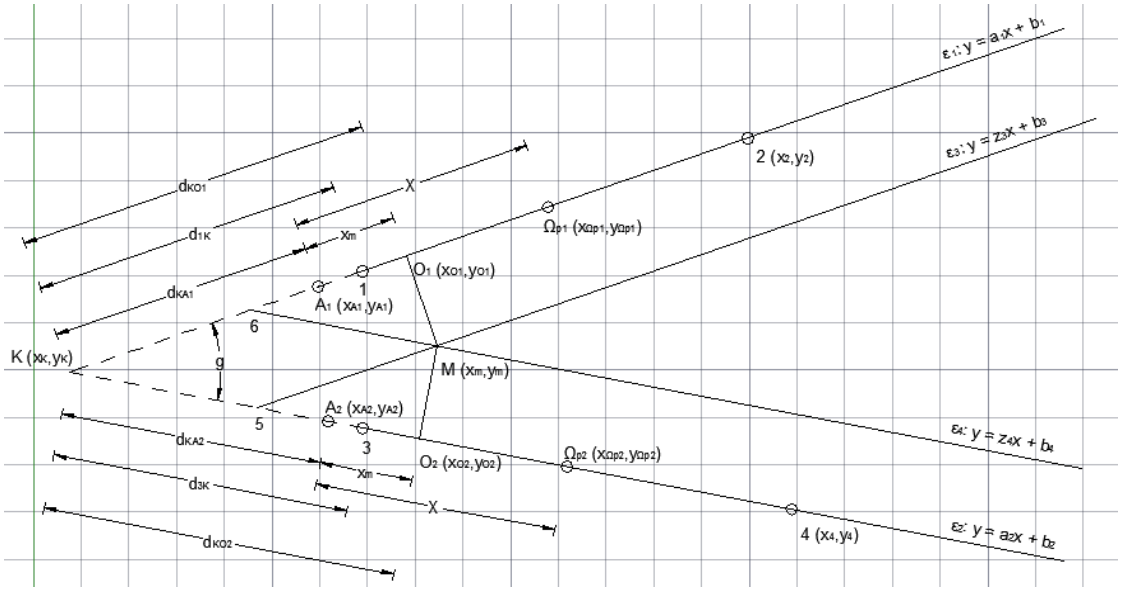
xwp1 =xA1-(X(xA1-xO1)/ xm)

ywp1=a1* xwp1+b1

xwp2 = xA2-(X(xA2-xO2)/ xm)

ywp2= a2* xwp2+b2

Μεταβλητές εξόδου: xwp1, ywp1, xwp2, ywp2



Σχήμα 4.14 Απεικόνιση μεταβλητών xwp1, ywp1, xwp2, ywp2, X, Xm

- Υπολογίζουμε παράλληλες ευθείες από τους κλάδους κατά Y

d7k=Y/sing

d8k=Y/sing

Από αναλογία προκύπτει: (xk-x7)/d7k=(xk-x1)/d1k

x8= xk- ((xk-x3)*d8k)/d3k

y8= x8*a2+b2

x7= xk- ((xk-x1)*d7k)/d1k

y7= x7*a1+b1

Στοιχεία ευθειών παράλληλων στους κλάδους που επαληθεύουν τα σημεία 7 και 8

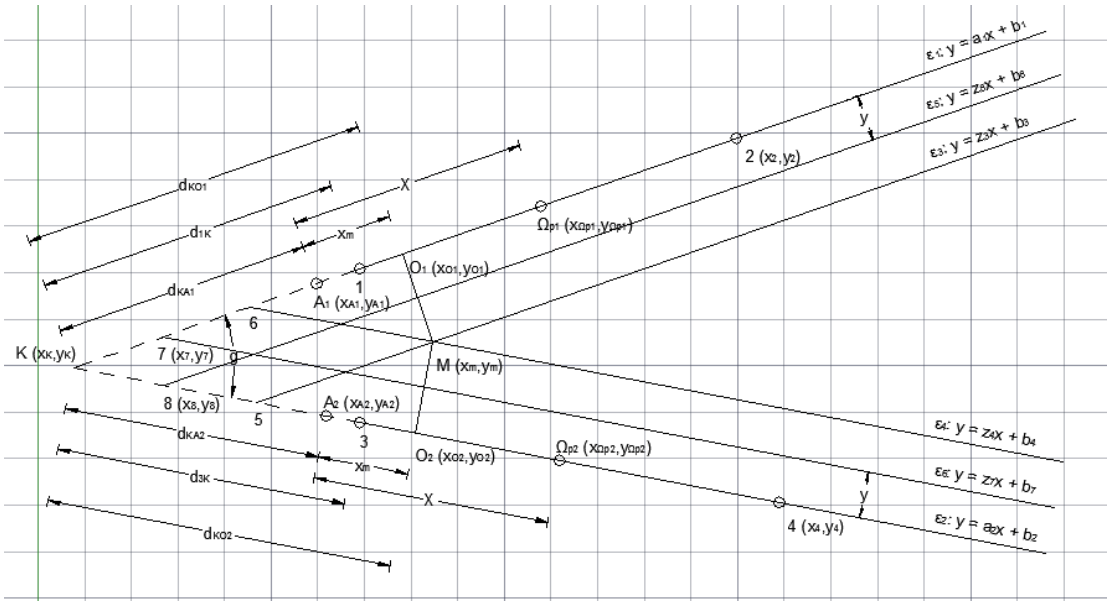
z7=a1

b7= y7- z7* x7

z8=a2

b8= y8- z8* x8

Μεταβλητές εξόδου: z7, b7, z8, b8



Σχήμα 4.15 Απεικόνιση μεταβλητών z7, b7, z8, b8

- **Υπολογίζουμε τις κάθετες ευθείες που επαληθεύουν τα σημεία Ω1p, Ω2p**

a9=-1/a1

q9=ywp1-a9*xwp1

a10=-1/a2

q10=ywp2-a10*xwp2

- **Υπολογίζουμε τα σημεία Ω1 και Ω2 τα οποία προκύπτουν από τα αντίστοιχα σημεία τομής των ευθειών 7 – 9 και 8 – 10**

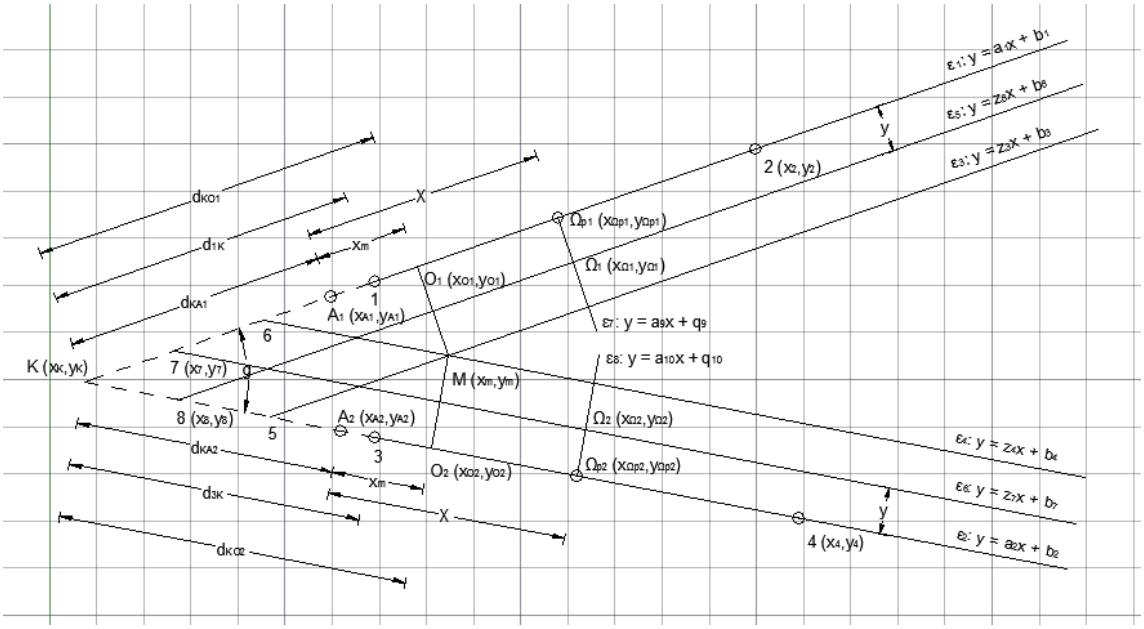
xw1=(q9-b7)/(z7-a9)

yw1=a9*xw1+ q9

xw2=(q10-b8)/(z8-a10)

yw2=a10*xw2+ q10

Μεταβλητές εξόδου: xw1, yw1, xw2, yw2



Σχήμα 4.16 Απεικόνιση μεταβλητών xw1, yw1, xw2, yw2

- **Υπολογίζουμε την απόσταση των σημείων ΚΜ**

dkm= $((xm-xk)^2+(ym-yk)^2)^{0,5}$

- **Υπολογίζουμε την εξίσωση ευθείας που επαληθεύει τα σημεία Μ και Κ**

a11=(ym-yk)/(xm-xk)

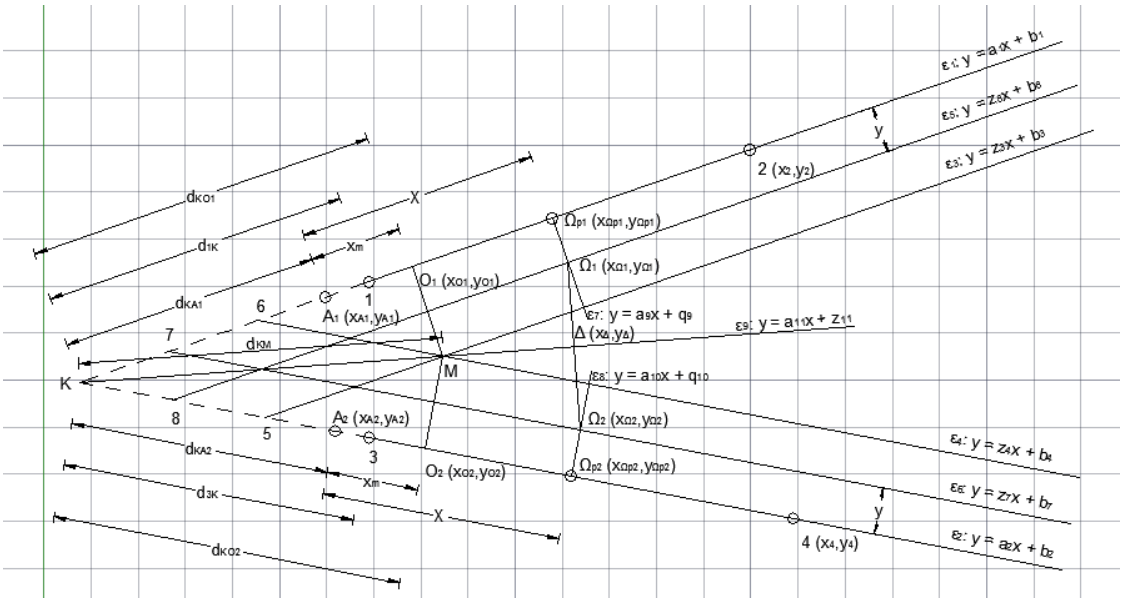
z11=yk-a11*xk

- **Υπολογίζουμε σημείο Δ**

Από αναλογία προκύπτει: (xk-xm)/dkm=(xk-xd)/(dkm+r)

xd=xk-((xk-xm)/dkm)*(dkm+r)

yd=a11*xd+z11



Σχήμα 4.17 Απεικόνιση μεταβλητών xd, yd

- **Υπολογίζουμε την ευθεία που επαληθεύει το σημείο Δ και είναι κάθετη στην ευθεία 11**

a12=-1/a11

q12=yd-a12*xd

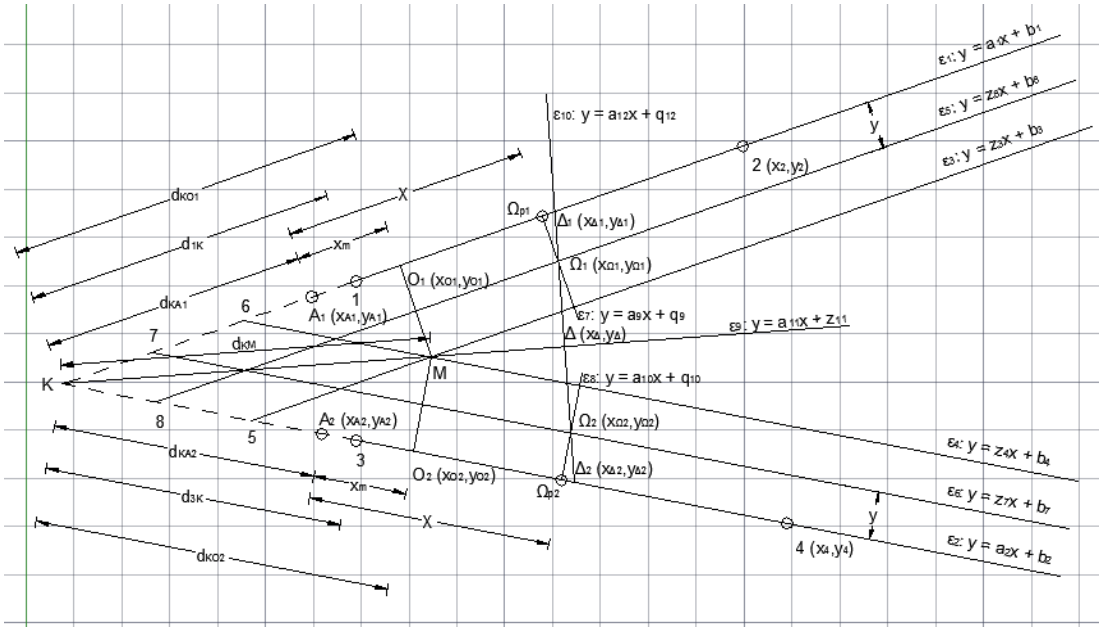
- **Υπολογίζουμε τα σημεία τομής της ευθείας 12 με τους δύο κλάδους**

xd1=(q12-b1)/(a1-a12)

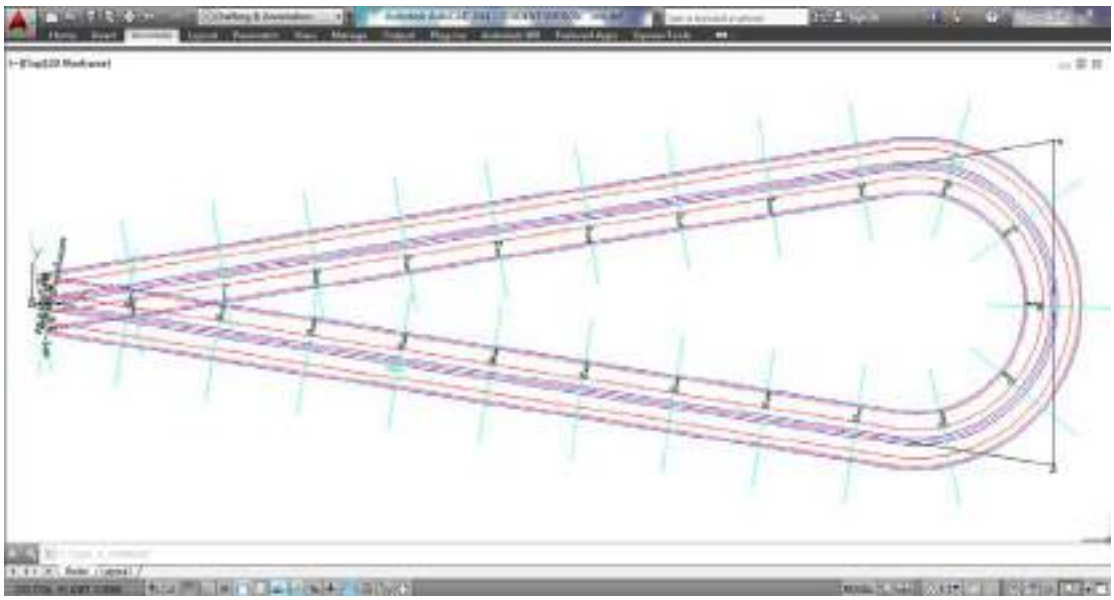
yd1=a1*xd1+b1

xd2=(q12-b2)/(a2-a12)

yd2=a2*xd2+b2



Σχήμα 4.18 Απεικόνιση μεταβλητών xd, yd, xd1, yd1, xd2, yd2



Σχήμα 4.19 Οριζοντιογραφία ελιγμού που προκύπτει μετά την εκτέλεση του προγράμματος με συμμετρικά τόξα συναρμογής

4.3.2.3 Σχέσεις υπολογισμού μεγεθών για τη χάραξη της οριζοντιογραφίας ελιγμού με μη συμμετρικά τόξα συναρμογής

4.3.2.3.1 Υπολογισμός των στοιχείων της οριζοντιογραφίας μορφής βρόχου και σχεδιασμός των κλάδων που συμβάλλουν στον ελιγμό

Ξεκινάμε με την επιλογή τεσσάρων σημείων που δημιουργούν δύο αποκλίνοντες κλάδους. Επιλέγουμε το πρώτο σημείο ως σημείο αρχής και το τέταρτο ως σημείο τέλους του ελιγμού.

Καταγράφουμε τα σημεία **1 (x_1,y_1), 2(x_2,y_2), 3 (x_3,y_3), 4 (x_4,y_4)**.

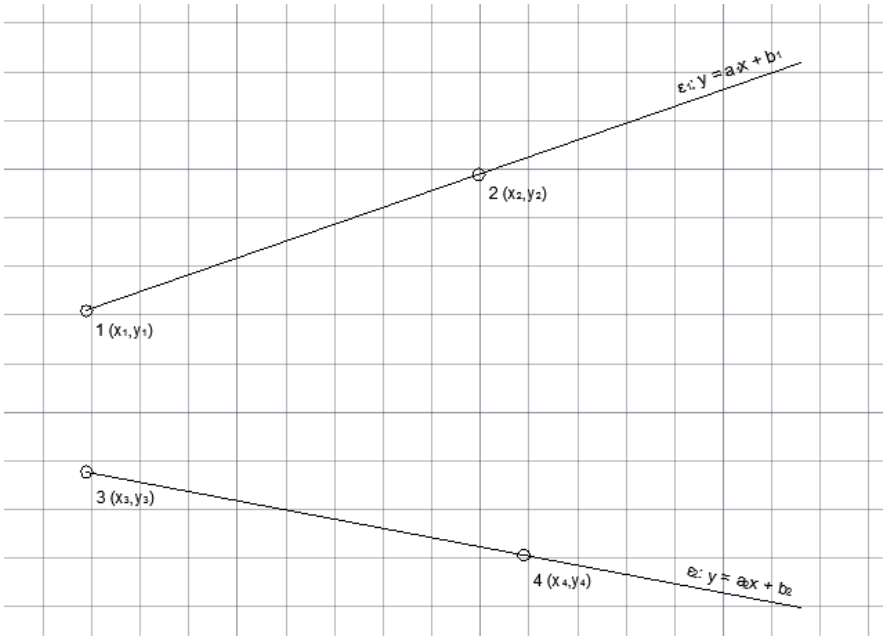
Οι εξισώσεις των δύο κλάδων προκύπτουν από τις σχέσεις:

$y=ax+b$

$a= (y_{ii-} y_i) /(x_{ii-} x_i)$

$b= y_i-a* x_i$

Μεταβλητές εξόδου: a1, b1, a2, b2



Σχήμα 4.20 Απεικόνιση μεταβλητών a1, b1, a2, b2

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας.

Ως μεταβλητές εισόδου έχουμε την ακτίνα καμπυλότητας R και τα μήκη των κλωθοειδών l_{c1} kai l_{c2}. Υπολογίζουμε τα απαραίτητα στοιχεία με τις παρακάτω σχέσεις:

Σημείο τομής των δύο κλάδων:

$x_κ$= (b2- b1)/(a2- a1)

$y_κ$=a1*Xκ+ b1

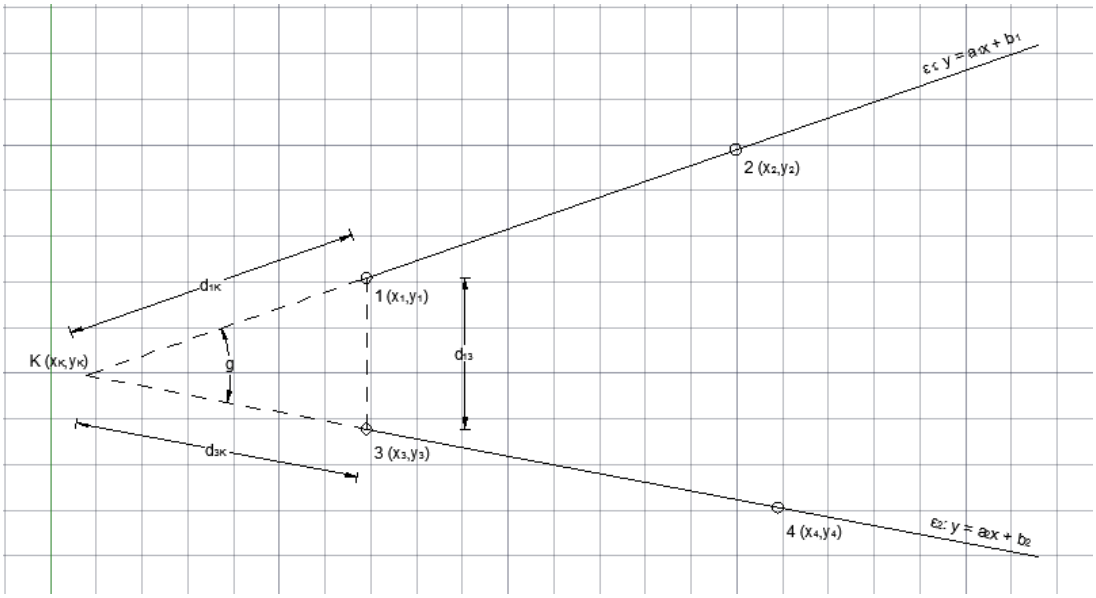
d1k=$((xk-x1)^2+(yk-y1)^2)^{0,5}$

d13=$((x3-x1)^2+(y3-y1)^2)^{0,5}$

d3k=$((xk-x3)^2+(yk-y3)^2)^{0,5}$

cosg=$(d3k^2+d1k^2-d13^2)/(2*d1k*d3k)$

g=acosg



Σχήμα 4.21 Απεικόνιση μεταβλητών d1k, d13, d3k, g

τ1=L/2R (rad)

τ1=L/2R (rad)

X_{c1} = L - $L^3/40*R^2$ + $L^5/3456*R^4$

X_{c2} = L - $L^3/40*R^2$ + $L^5/3456*R^4$

Y_{c1} = $L^2/6*R$ - $L^4/336*R^3$+ $L^6/42240$ * R^5

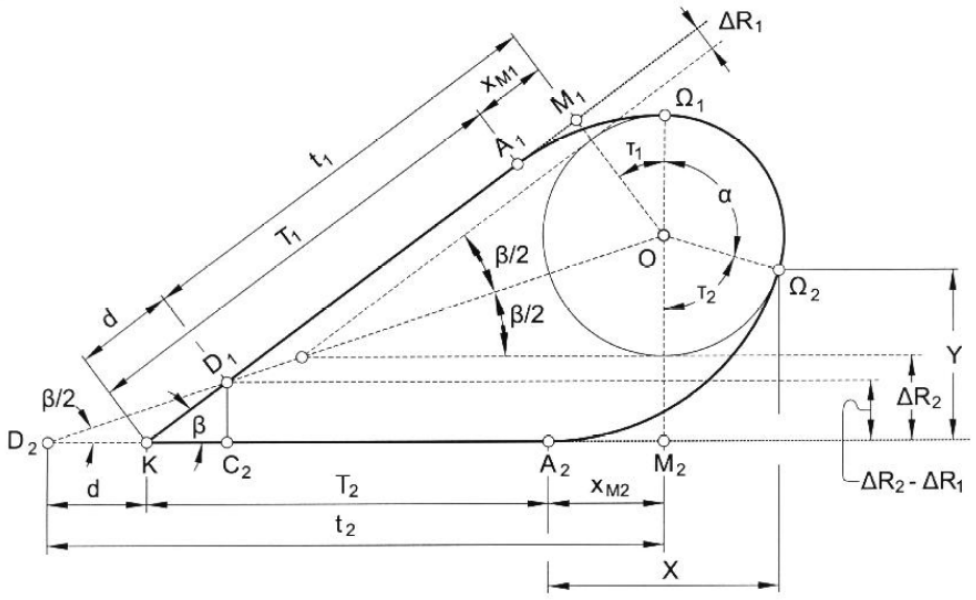
$Y_{c2} = L^2/6*R - L^4/336*R^3 + L^6/42240 * R^5$

$X_{M1} = X - R * ημ (τ)$

$X_{M2} = X - R * ημ (τ)$

$ΔR1 = Y – R * (1-συν (τ))$

$ΔR2 = Y – R * (1-συν (τ))$



Σχήμα 4.22 Οριζοντιογραφία στοιχείων βρόγχου

4.3.2.3.2 Σχεδιασμός του ελιγμού και των δυο λωρίδων κυκλοφορίας

- **Το πρώτο βήμα για τον σχεδιασμό του ελιγμού είναι ο προσδιορισμός του κέντρου M (xm, ym). Εφαρμόζοντας το νόμο συνημίτονων χρησιμοποιούμε τις παρακάτω σχέσεις:**

$sing=(1- cosg)^{0.5}$

d5k=(R+dr1)/sing

d6k=(R+dr2)/sing

Από αναλογία προκύπτει:

x5=(d3k*xk+d5k*x3-d5k*xk)/(d3k)

y5=α2*x5+b2

x6=(d1k*xk+d6k*x1-d6k*xk)/d1k

y6=α1*x6+b1

Υπολογίζουμε τις ευθείες που είναι παράλληλες στους κλάδους και επαληθεύουν τα σημεία 5 και 6 με τις παρακάτω σχέσεις:

$z3=a_1$

$z4=a_2$

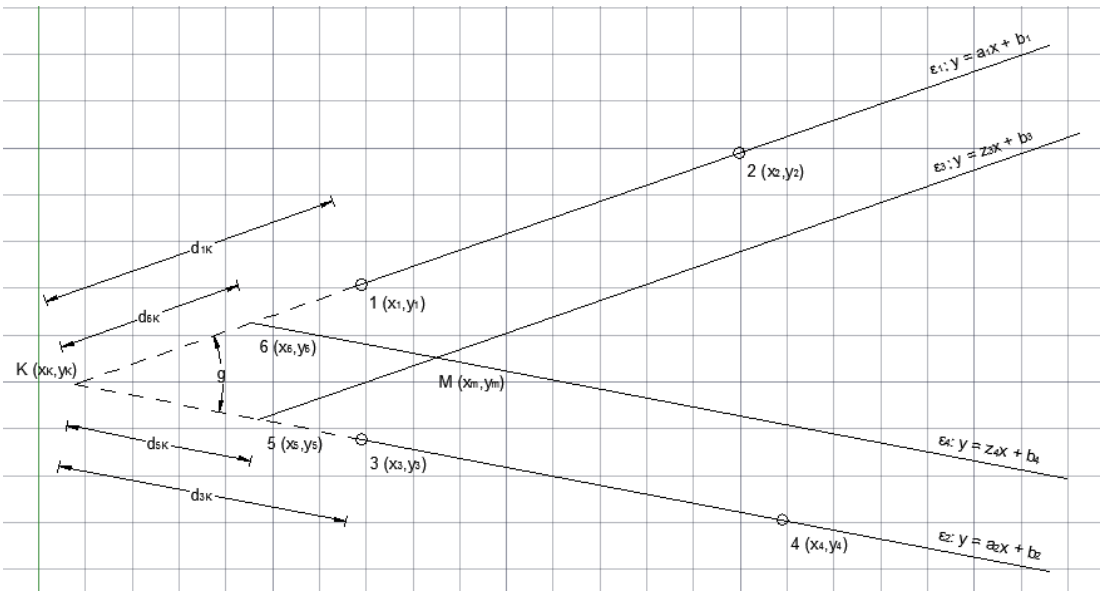
b3=y5-x5*z3

b4=y6-x6*z4

xm=(b4-b3)/(z3-z4)

ym=z3*xm+b3

Μεταβλητές εξόδου: x5, y5, x6, y6, z3, b3, z4, b4, xm, ym



Σχήμα 4.23 Απεικόνιση μεταβλητών x5, y5, x6, y6, z3, b3, z4, b4, xm, ym

- Υπολογίζουμε τις εξισώσεις των δύο ευθειών που επαληθεύουν το σημείο M (Xm, Ym) και είναι κάθετες στους δύο κλάδους.

a1*a5 =-1

a2*a6 =-1

q5 = Ym- α5 * Xm

q6 = Ym- α6 * Xm

Μεταβλητές εξόδου: a5, q5, a6. q6

- Υπολογίζουμε τα σημεία τομής των ευθειών των δύο κλάδων και των κάθετων ευθειών. Υπολογίζουμε σημεία Ο (xo,yo)

xo1=(q5 - b1)/(a1- a5)

yo1= xo1*a5+q5

xo2=(q6 – b2)/(a2- a6)

yo2= xo2*a6+q6

Μεταβλητές εξόδου: xo1, yo1, xo2, yo2

Υπολογίζουμε τις αποστάσεις ΚΟ στους δύο κλάδους

dko1=((xo1-xκ)^2+(yo1-yκ)^2)^^{0,5})

dko2=((xo2-xκ)^2+(yo2-yκ)^2)^^{0,5})

Μεταβλητές εξόδου: dko1, dko2

- Υπολογίζουμε το σημείο αρχής Α1 και το σημείο τέλους Α2 των αντίστοιχων κλωθοειδών

Από αναλογία προκύπτει: (xA-xk)/dkA=(xo-xk)/dko

kA1= dko1-X_{M1}

xA1= xk+((dkA1/ dko1)*(xo1- xk)

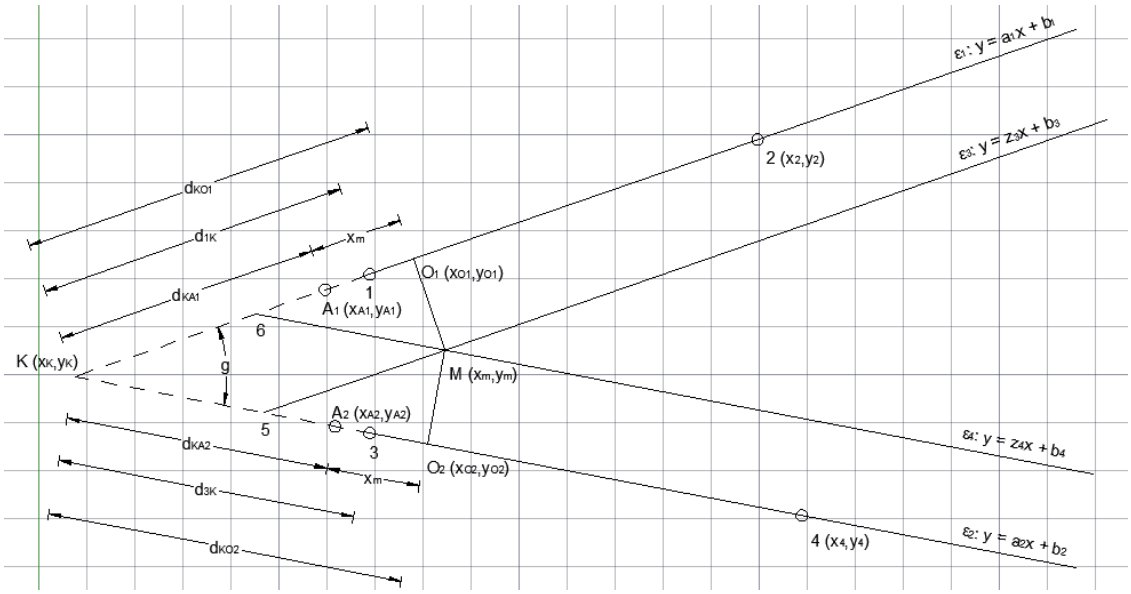
yA1= xA1*a1+b1

kA2= dko2-X_{M2}

xA2= xk+((dkA2/ dko2)*(xo2- xk)

yA2= xA2*a2+b2

Μεταβλητές εξόδου: xA1, yA1, xA2, yA2



Σχήμα 4.24 Απεικόνιση μεταβλητών xA1, yA1, xA2, yA2, dko1, dko2, xo1, xo2, yo1, yo2

- Υπολογίζουμε την προβολή των σημείων Ω στους κλάδους, Ω1p και Ω2p, όπου το Ω1 αποτελεί σημείο τέλους και το Ω2 σημείο αρχής των αντίστοιχων κλωθοειδών

Από αναλογία προκύπτει: (xA-xo)/xm=(xA-xΩ)/X

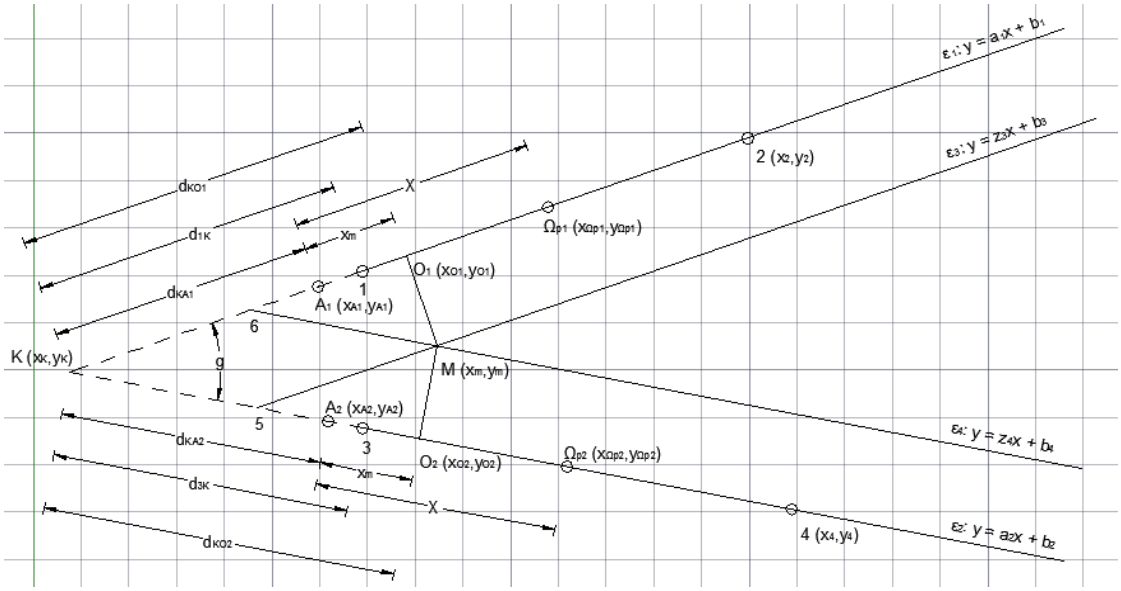
xwp1 =xA1-(Xc1 * (xA1-xO1)/ xm1)

ywp1=a1* xwp1+b1

xwp2 = xA2-(Xc2 * (xA2-xO2)/ xm2)

ywp2= a2* xwp2+b2

Μεταβλητές εξόδου: xwp1, ywp1, xwp2, ywp2



Σχήμα 4.25 Απεικόνιση μεταβλητών xwp1, ywp1, xwp2, ywp2, X, Xm

- Υπολογίζουμε παράλληλες ευθείες από τους κλάδους κατά Yc1 και Yc2.

d7k=Yc1/sing

d8k=Yc2/sing

Από αναλογία προκύπτει: (xk-x7)/d7k=(xk-x1)/d1k

x8= xk- ((xk-x3)*d8k)/d3k

y8= x8*a2+b2

x7= xk- ((xk-x1)*d7k)/d1k

y7= x7*a1+b1

Στοιχεία ευθειών παράλληλων στους κλάδους που επαληθεύουν τα σημεία 7 και 8

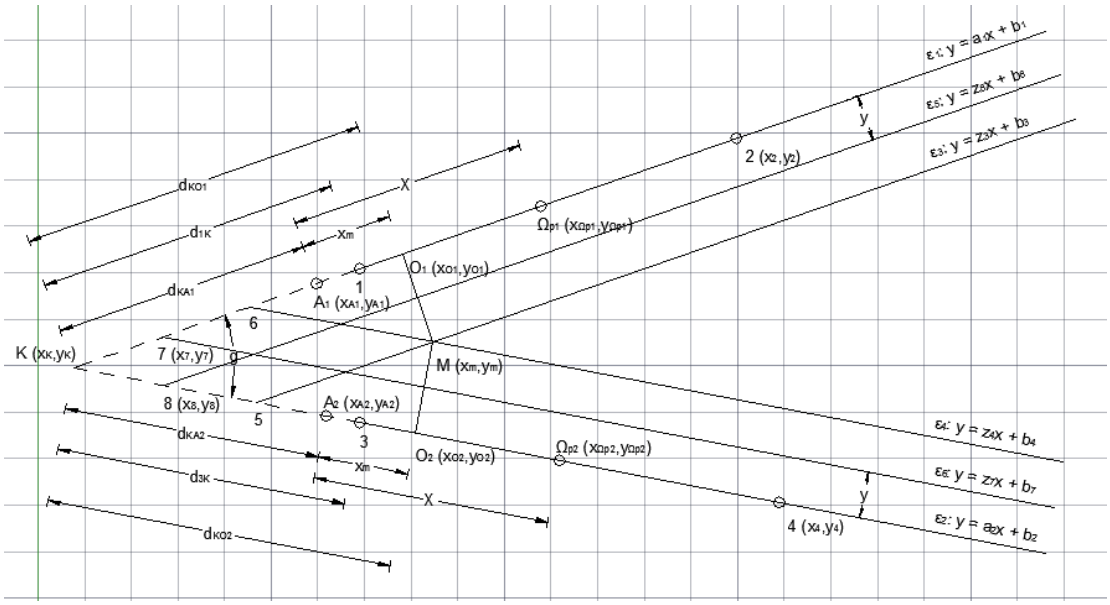
z7=a1

b7= y7- z7* x7

z8=a2

b8= y8- z8* x8

Μεταβλητές εξόδου: z7, b7, z8, b8



Σχήμα 4.26 Απεικόνιση μεταβλητών z7, b7, z8, b8

- **Υπολογίζουμε τις κάθετες ευθείες που επαληθεύουν τα σημεία Ω1p, Ω2p**

a9=-1/a1

q9=ywp1-a9*xwp1

a10=-1/a2

q10=ywp2-a10*xwp2

- **Υπολογίζουμε τα σημεία Ω1 και Ω2 τα οποία προκύπτουν από τα αντίστοιχα σημεία τομής των ευθειών 7 – 9 και 8 – 10**

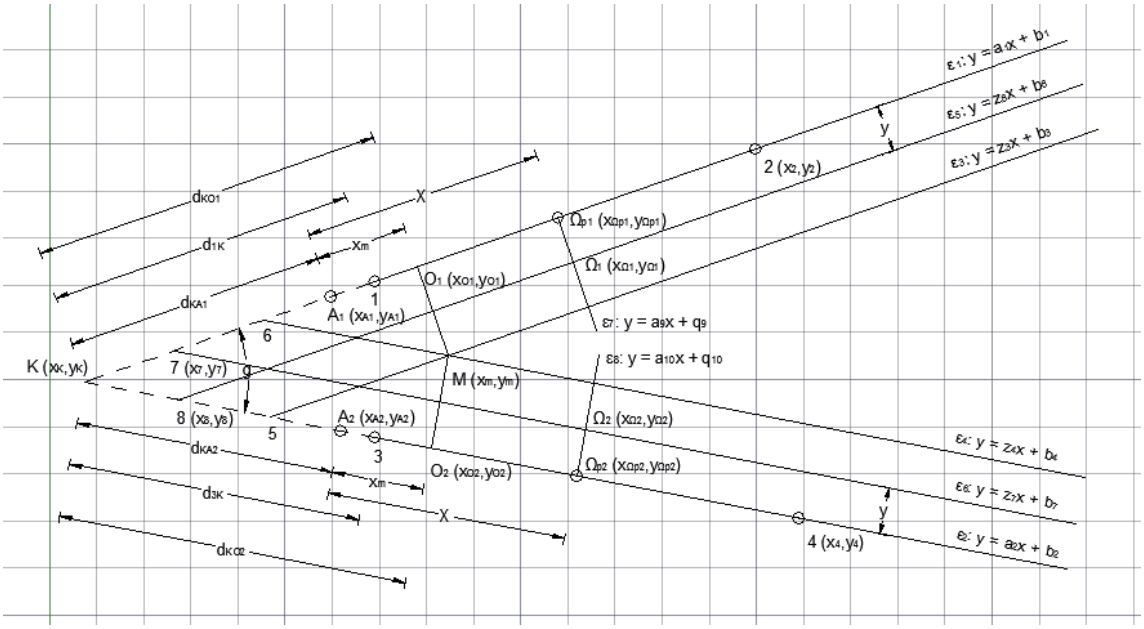
xw1=(q9-b7)/(z7-a9)

yw1=a9*xw1+ q9

xw2=(q10-b8)/(z8-a10)

yw2=a10*xw2+ q10

Μεταβλητές εξόδου: xw1, yw1, xw2, yw2



Σχήμα 4.27 Απεικόνιση μεταβλητών xd, yd

- **Υπολογίζουμε την ευθεία που επαληθεύει το κέντρο του κύκλου και στο σημείο τομής των κλάδων**

a11=(yk-yc)/(xk-xc)

b11=yc-a11*xc

- **Υπολογίζουμε τα σημεία τομής της ευθείας 11 με τον κύκλο λύνοντας την εξίσωση δευτερου βαθμού που προκύπτει και επιλέγοντας το εσωτερικό σημείο που είναι το σημείο Δ**

ac=(1+a11**2)

bc=(-2*xc+2*(b11-yc)*a11)

gc=(xc**2+(b11-yc)**2-rd**2)

dk=bc**2-4*ac*gc

xdk1=(-bc+(dk)**0.5)/(2*ac)

Ydk1=a11*xdk1+b11

xdk2=(-bc-(dk)**0.5)/(2*ac)

Ydk2=a11*xdk2+b11

- **Υπολογίζουμε την ευθεία 12 που επαληθεύει το σημείο Δ και είναι κάθετη στην ευθεία 11**

a12=-1/a11

b12=yd-a12*xd

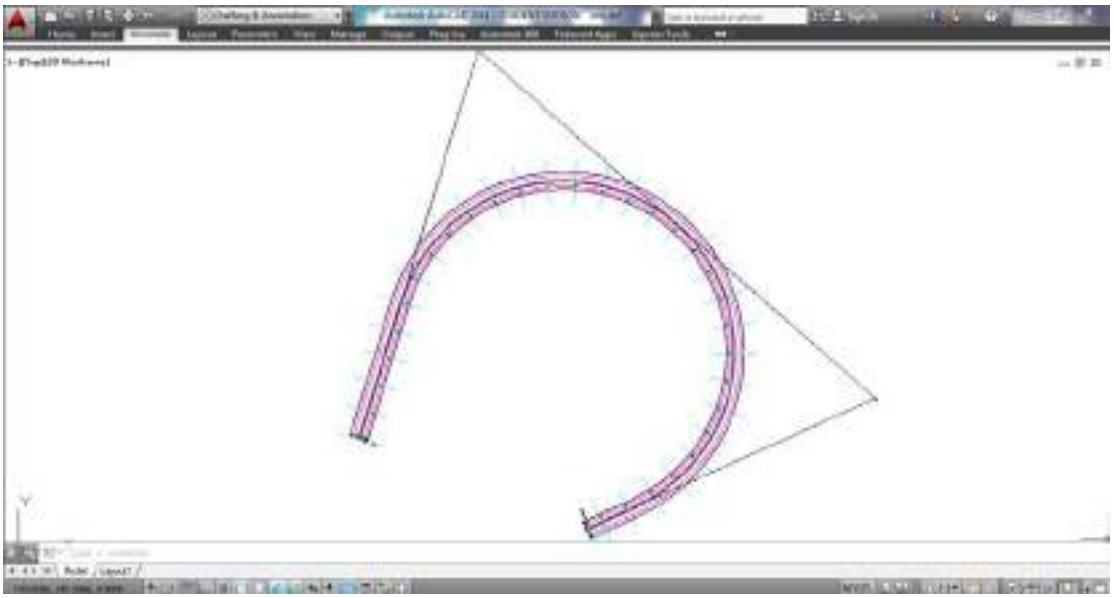
- **Υπολογίζουμε τα σημεία τομής της ευθείας 12 με τους δύο κλάδους**

xd1=(q12-b1)/(a1-a12)

yd1=a1*xd1+b1

xd2=(q12-b2)/(a2-a12)

yd2=a2*xd2+b2

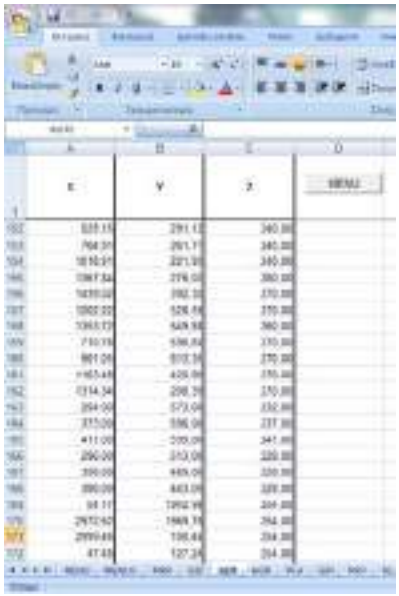


Σχήμα 4.28 Οριζοντιογραφία ελιγμού που προκύπτει μετά την εκτέλεση του προγράμματος με μη συμμετρικά τόξα συναρμογής

4.3.3 Πρόγραμμα Vehicle Turn

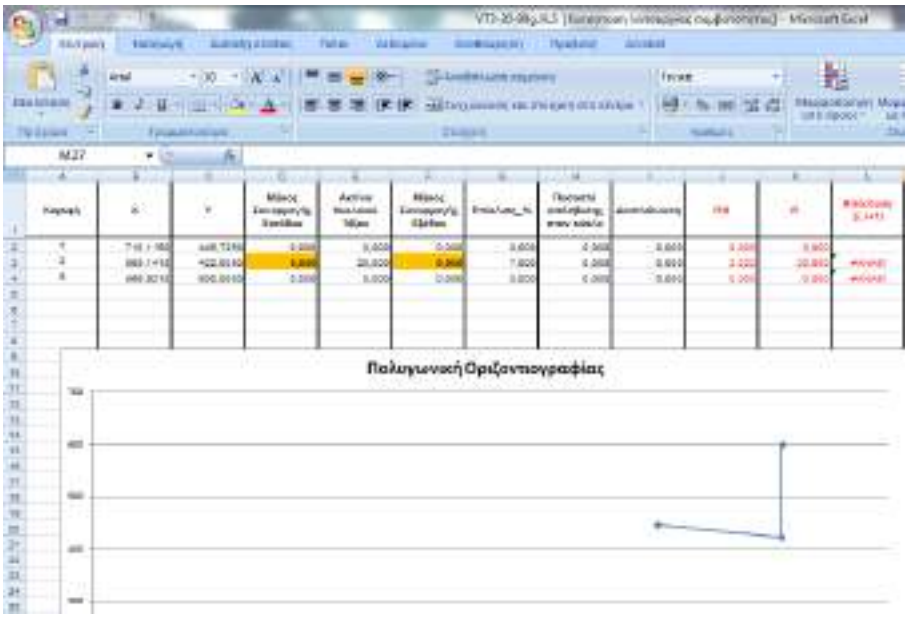
4.3.3.1 Περιγραφή πορείας επίλυσης

Στο πρόγραμμα οδοποιίας H12 που έχει αναπτυχθεί από τον κ. Φ. Μερτζάνη, Επιστημονικό Συνεργάτη ΕΜΠ, συμπληρώνονται οι συντεταγμένες και τα υψόμετρα για τη δημιουργία του μοντέλου εδάφους.



Εικόνα 4.3 Μοντέλο εδάφους

Στη συνέχεια επιλέγονται οι κορυφές της οριζοντιογραφίας καθώς και οι ακτίνες των καμπυλών (Εικόνα 4.4) ανάλογα με την υπό εξέταση γωνία και την ακτίνα καμπυλότητας R.



Εικόνα 4.4 Κορυφές οριζοντιογραφίας

Στις παραμέτρους συμπληρώνονται οι παρακάτω μεταβλητές εισόδου (σχέδιο Εικόνα 4.5 και 4.5):

1) Βήμα οχήματος (vst), πρόκειται για την απόσταση ανά την οποία τοποθετείται το όχημα

2) Μεταξόνιο οχήματος (vhl)

3) Πλάτος των τροχών του οχήματος (vhw)

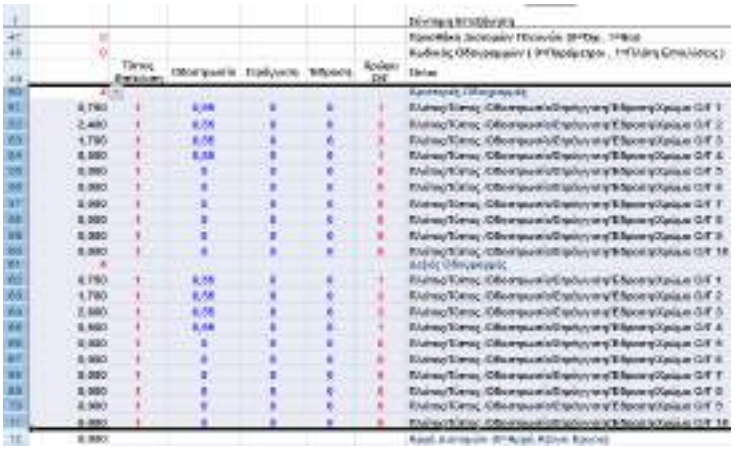
4) Πρόσθια προεξοχή του οχήματος (vef)

5) Οπίσθια προεξοχή του οχήματος (veb)

6) Πλάτος για τις αριστερές οδογραμμές 1 και 3

7) Πλάτος για τις δεξιές οδογραμμές 1 και 3

Εικόνα 4.5 Στοιχεία οχήματος σχεδιασμού



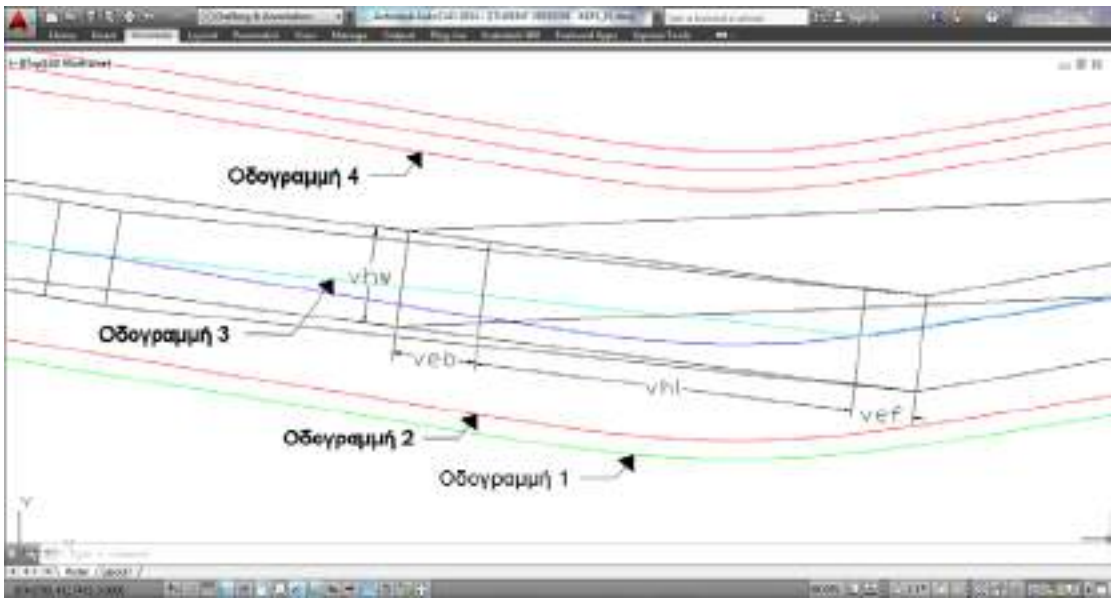
Εικόνα 4.6 Στοιχεία χάραξης οριογραμμών

Οι παράμετροι που περιγράφτηκαν παραπάνω, το αρχείο που δημιουργήθηκε για την χάραξη του άξονα της οδού (fm39.dat) και το αρχείο που δημιουργήθηκε για τη χάραξη των οδογραμμών της οδού (fm41.dat) διαβάζονται από το πρόγραμμα Vehicle Turn (VT).

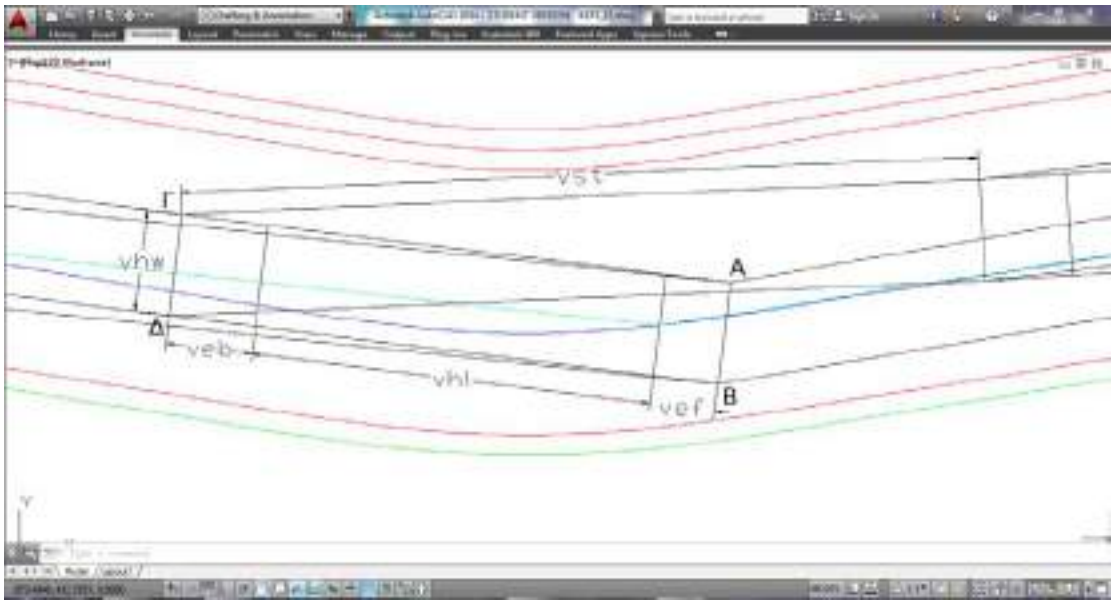
Στη συνέχεια, με το πρόγραμμα VT, προσδιορίζονται τα ίχνη των τροχών του οχήματος, εφαρμόζοντας τη γραφική μέθοδο όπως παρουσιάζονται στη συνέχεια. Αρχικά σχεδιάζονται οδογραμμές (Σχήμα 4.29) που αφορούν:

- το περιθώριο ασφαλείας που απαιτείται σύμφωνα με τις οδηγίες χάραξης κάθε οδού, το οποίο στη δική μας περίπτωση θεωρήθηκε ίσο με 0.50m –οριογραμμή 1
- το ίχνος που ακολουθεί το μέσο των αξόνων του οχήματος – οριογραμμή 2
- το πλάτος της οδού μειωμένο κατά το πλάτος της οριογραμμής 2 – οριογραμμή 3
- το περιθώριο ασφαλείας που απαιτείται σύμφωνα με τις οδηγίες χάραξης κάθε οδού, το οποίο στη δική μας περίπτωση θεωρήθηκε ίσο με 0.50m –οριογραμμή 4

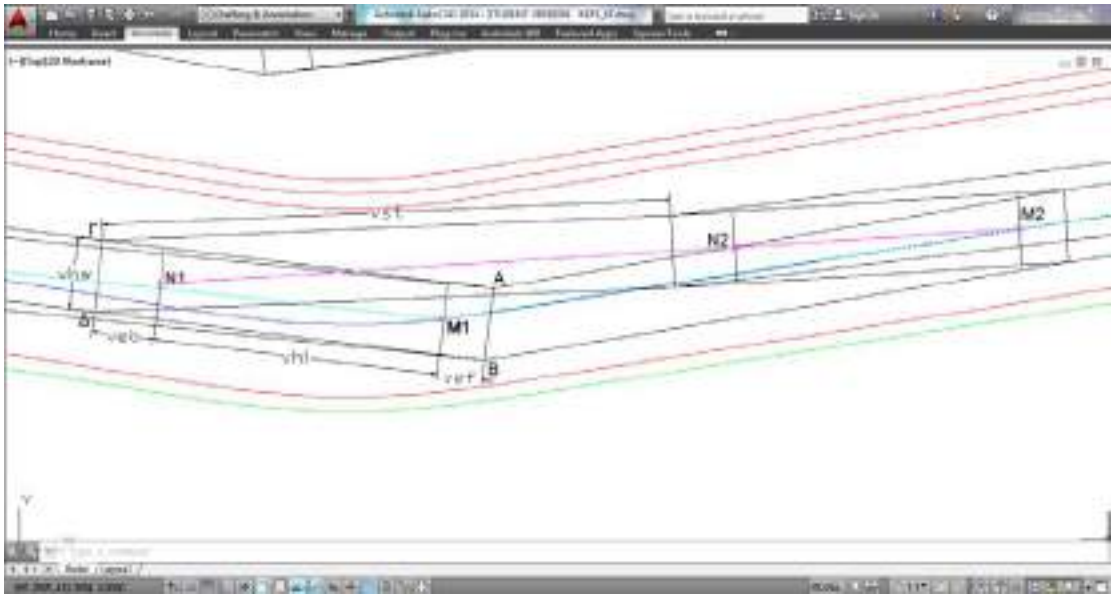
Στη συνέχεια τοποθετείται το όχημα σχεδιασμού σε διαδοχικές θέσεις, σε απόσταση ίση με το βήμα σχεδιασμού (σχέδιο 4.30) κατά μήκος του ίχνους της δεύτερης οριογραμμής, προσδιορίζοντας τα χαρακτηριστικά σημεία του μέσου του άξονα των τροχών εμπρός και όπισθεν (συμβολίζεται με τα γράμματα M και N, σχήμα 4.31) με κατεύθυνση αρχής – τέλους. Για κάθε διαδοχική θέση ενώνουμε το σημείο Mi με το σημείο N_{i-1} της προηγούμενης θέσης. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει η νέα διεύθυνση του οχήματος (σχήμα 4.31). Συνεχίζοντας ομοίως για όλες τις διαδοχικές θέσεις προκύπτουν οι τέσσερις τροχιές των άκρων του οχήματος Α, Β, Γ, Δ (σχήμα 4.30). Με αυτό τον τρόπο, επιβεβαιώνεται η επάρκεια του πλάτους που επιλέχθηκε, από τα σημεία τομής των άκρων του οχήματος με τις τέσσερις οριογραμμές. Ως αποδεκτή περίπτωση θεωρείται αυτή κατά την οποία οι τέσσερις τροχιές των άκρων έχουν την ελάχιστη δυνατή απόσταση από τις οριογραμμές 2 και 4, χωρίς την ύπαρξη σημείου τομής. Το περιτύπωμα της κίνησης οχήματος σχεδιασμού εξάγεται σε αρχείο τύπου CAD. Η ίδια διασικασία γίνεται και για την κατεύθυνση τέλους – αρχής.



Σχήμα 4.29 Γεωμετρικά στοιχεία οχήματος σχεδιασμού και οδογραμμές

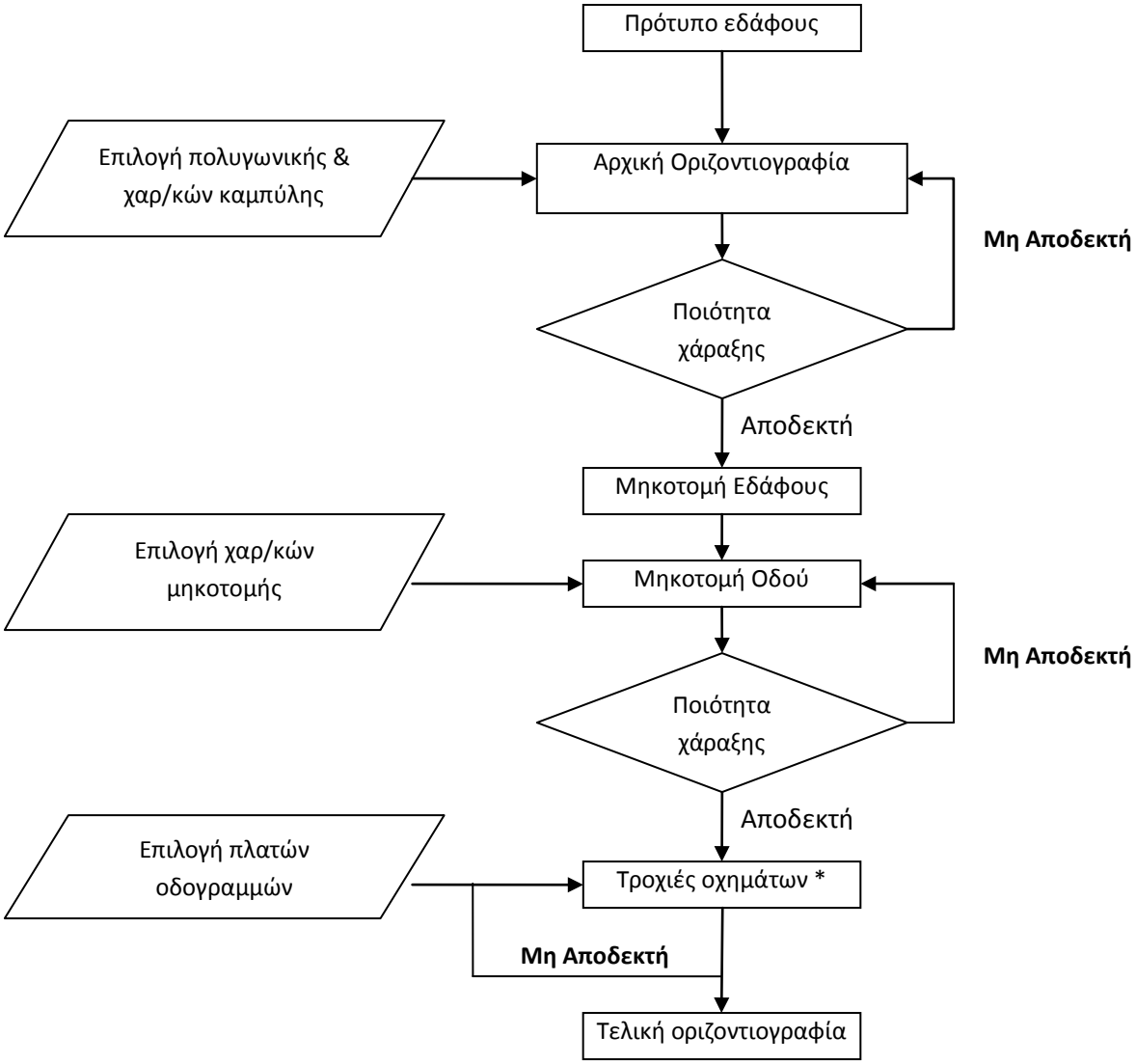


Σχήμα 4.30 Τοποθέτηση οχήματος σε απόσταση ίση με το βήμα σχεδιασμού



Σχήμα 4.31 Παρουσίαση γεωμετρικής επίλυσης

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για την πορεία υπολογισμών.



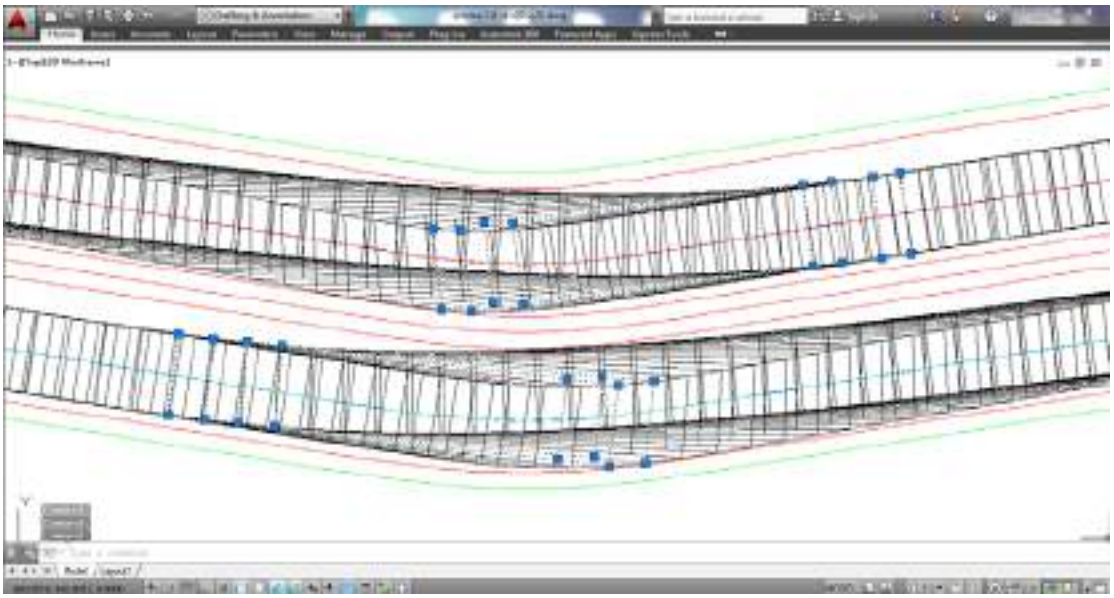
Σχήμα 4.32 Διάγραμμα ροής Vehicle Turn

* Τα χαρακτηριστικά της μηκοτομής δεν αναλύονται στην παρούσα διπλωματική

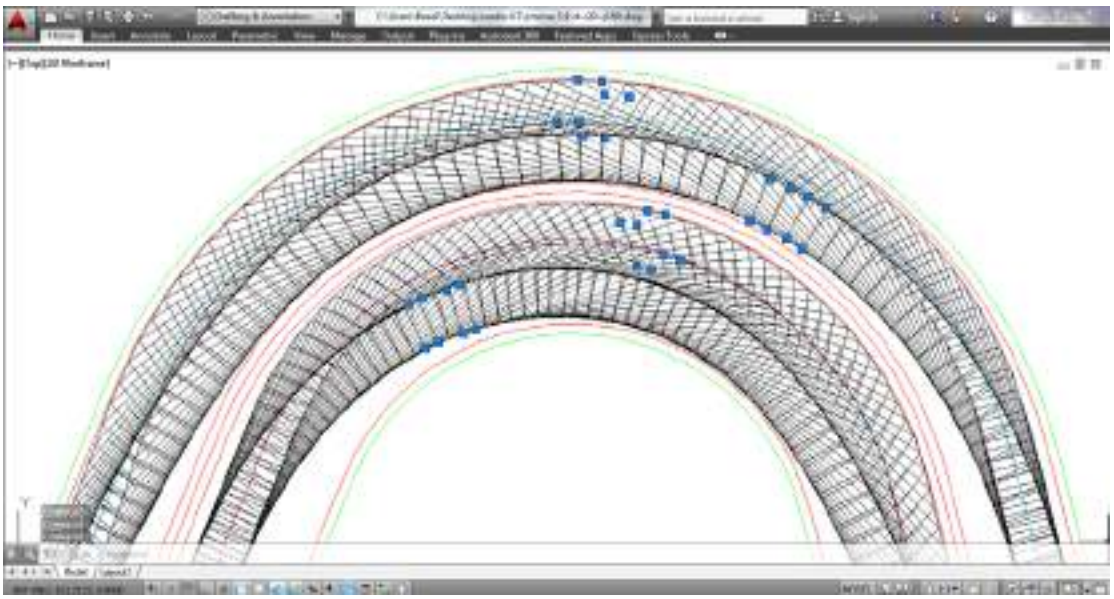
4.3.3.2 Παραδείγματα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα εφαρμογής του προγράμματος.

4.3.3.2.1 Εφαρμογή VT σε απλή στροφή

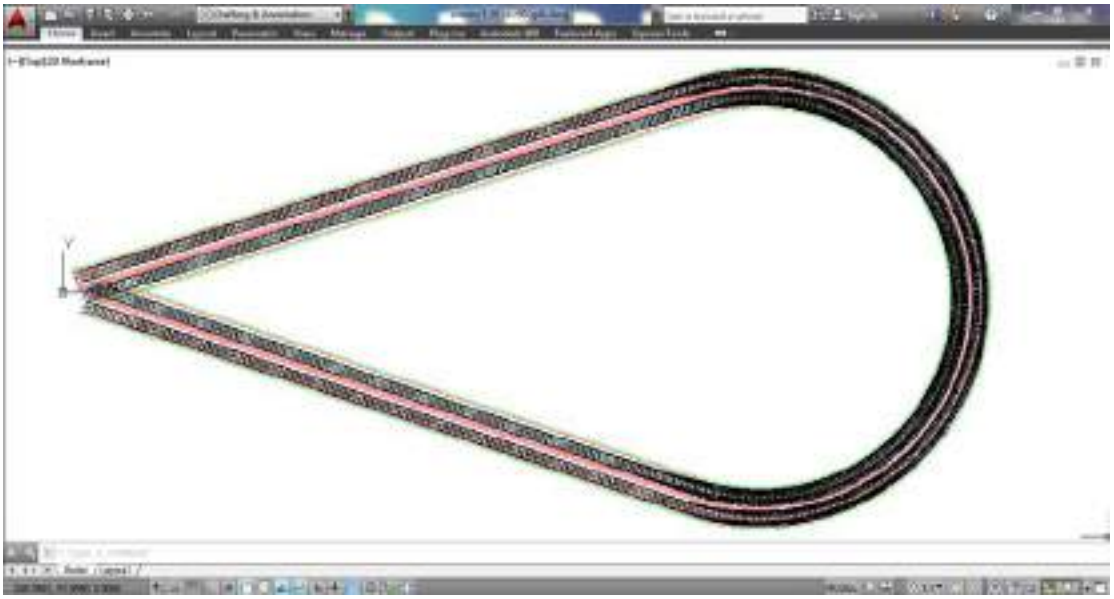


Σχήμα 4.33 Οριζοντιογραφία και περιτύπωμα οχήματος σχεδιασμού για γωνίας αλλαγής διεύθυνσης 20g και ακτίνα καμπυλότητας R=20m

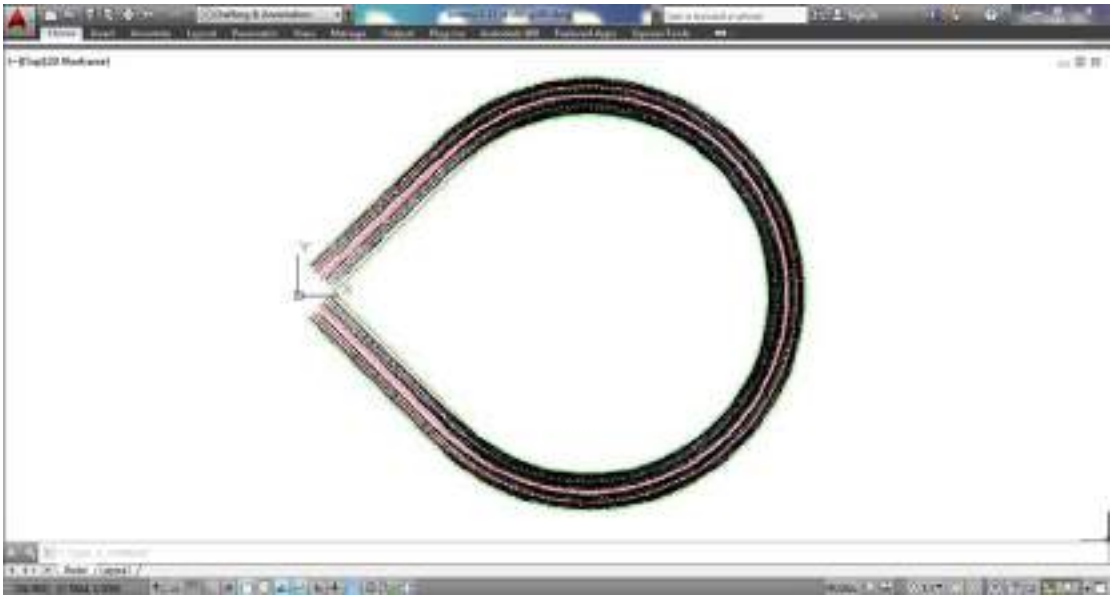


Σχήμα 4.34 Οριζοντιογραφία και περιτύπωμα οχήματος σχεδιασμού για γωνίας αλλαγής διεύθυνσης 160g και ακτίνα καμπυλότητας R=20m

4.3.3.2.2 Εφαρμογή VT στον ανακάμπτοντα ελιγμό



Σχήμα 4.35 Οριζοντιογραφία και περιτύπωμα οχήματος σχεδιασμού για γωνίας αλλαγής διεύθυνσης 40g και ακτίνα καμπυλότητας R=50m



Σχήμα 4.36 Οριζοντιογραφία και περιτύπωμα οχήματος σχεδιασμού για γωνίας αλλαγής διεύθυνσης 100g και ακτίνα καμπυλότητας R=50m

5. Εφαρμογή μοντέλου προσομοίωσης

5.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι που λήφθηκαν υπόψη για την εφαρμογή του προγράμματος Vehicle Turn σύμφωνα με τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ), για κατηγορία οδών AV και AVI (Παράρτημα Α).

5.2 Παραδοχές

Για την προσαρμογή του Vehicle Turn στις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων - Χαράξεις (ΟΜΟΕ), που εφαρμόζονται στην Ελλάδα, λήφθησαν υπόψη δύο παράγοντες:

α) τα επιμέρους τμήματα της επιφάνειας κυκλοφορίας και
β) ο υπολογισμός της απαιτούμενης διαπλάτυνσης του οδοστρώματος με τυπική την περίπτωση συνάντησης φορτηγού ημιρυμουλκούμενου με φορτηγό ημιρυμουλκούμενο

Όσον αφορά στην επιφάνεια κυκλοφορίας, το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας προκύπτει από τον Πίνακα 5.1.

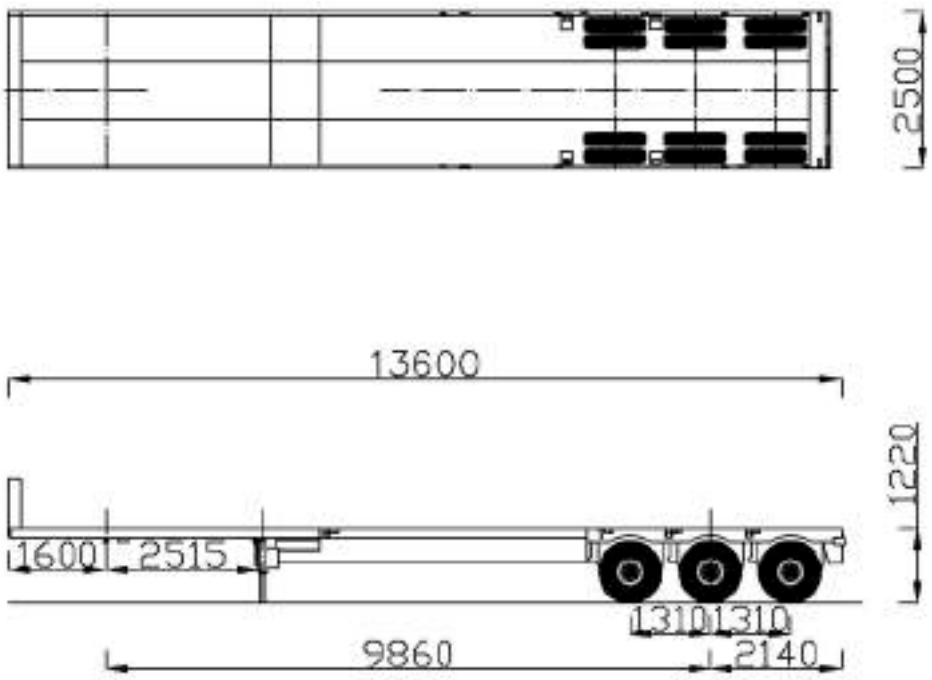
Ομάδα διατομής	Πλήθος λωρίδων κυκλοφορίας	Πλάτος πλευρικού χώρου ελευθερίας κινήσεων τυπικού οχήματος μελέτης	Βασικό πλάτος λωρίδας *	Πρόσθετο πλάτος λωρίδας λόγω αντίθετης κατεύθυνσης κυκλοφορίας	Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας	
					χωρίς αντίθετη κυκλοφορία	με αντίθετη κυκλοφορία
[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	2	3	4	5	6	7
α	6 ή 4	1,25	3,75	-	εξωτερική 3,75 εσωτερικές 3,50	-
β	6 ή 4	1,00	3,50	-	3,50	-
	2+1			0,25	3,50	3,75
	2			0,25	-	3,75
γ	4	0,75	3,25	-	3,25	-
	2			0,25	-	3,50
δ	2	0,50	3,00	0,25	-	3,25
ε	2	0,25	2,75	0,25	-	3,00
ζ	2	-	2,50	0,25	-	2,75

* το βασικό πλάτος λωρίδας (στήλη 4) προκύπτει ως άθροισμα του πλάτους του τυπικού οχήματος μελέτης (2.50 m) και του εκατέρωθεν του οχήματος απαιτούμενου χώρου ελευθερίας κινήσεων (στήλη 3)

Πίνακας 5.1 Βασικό πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας

Επιλέγοντας ομάδα διατομής γ, πλήθος λωρίδων κυκλοφορίας 2 και κίνηση οχημάτων με αντίθετη κυκλοφορία, προέκυψε βασικό πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας b = 3,50m.

Ως όχημα σχεδιασμού θεωρήθηκε φορτηγό ημιρυμουλκούμενο (επικαθήμενο) με διαστάσεις οι οποίες δεν υπερβαίνουν τις μέγιστες επιτρεπόμενες διαστάσεις οχημάτων που διενεργούν εθνικές και διεθνείς μεταφορές όπως καθορίζονται από το Προεδρικό Διάταγμα 71/07-04-1998 (Παράρτημα Γ). Οι διαστάσεις του επιλεχθέντος οχήματος παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 Όχημα σχεδιασμού εφαρμογής Vehicle Turn

5.3 Εφαρμογή του προγράμματος και παρουσίαση αποτελεσμάτων

Για την πραγματοποίηση των δοκιμών, διαχωρίστηκε το ολικό μήκος του οχήματος στις εξής επιμέρους:

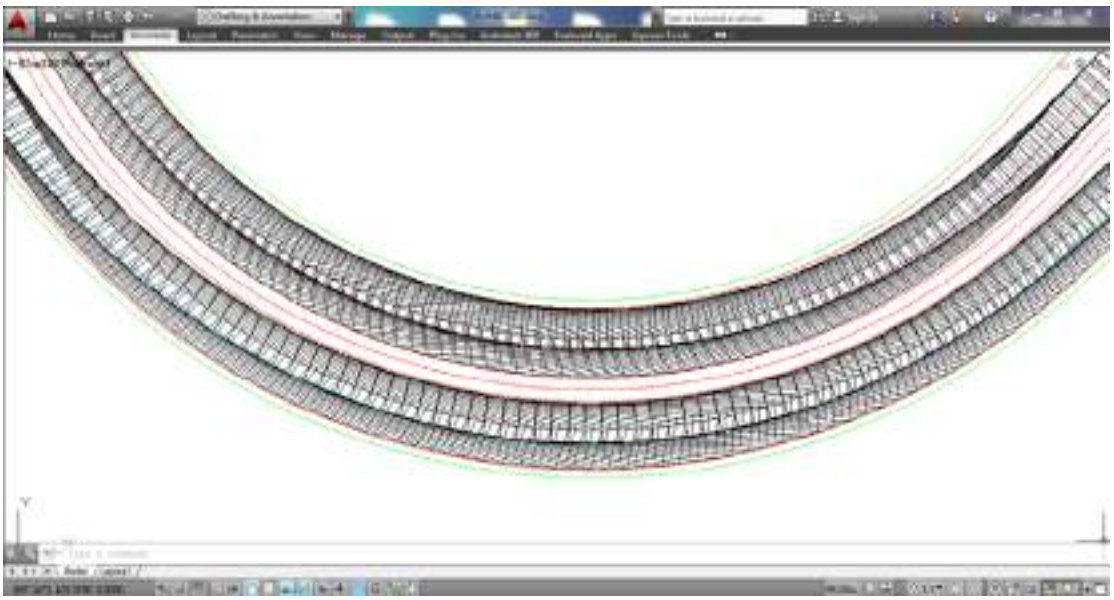
- πρόσθια προεξοχή: 1.6 m
- μεταξόνιο: 9.86 m
- οπίσθια προεξοχή: 2.14 m
- πλάτος οχήματος σχεδιασμού: 2.50m

Ως βήμα σχεδιασμού του οχήματος επιλέχθηκε το ένα μέτρο. Επιπλέον, έγινε η παραδοχή πως το όχημα κινείται επί της οδού κατά το βέλτιστο τρόπο, δηλαδή ο οδηγός προσαρμόζει κατάλληλα τη θέση του οχήματος κατά τη κίνηση του στη λωρίδα κυκλοφορίας (το όχημα δεν κινείται απαραίτητα στο μέσο της οδού).

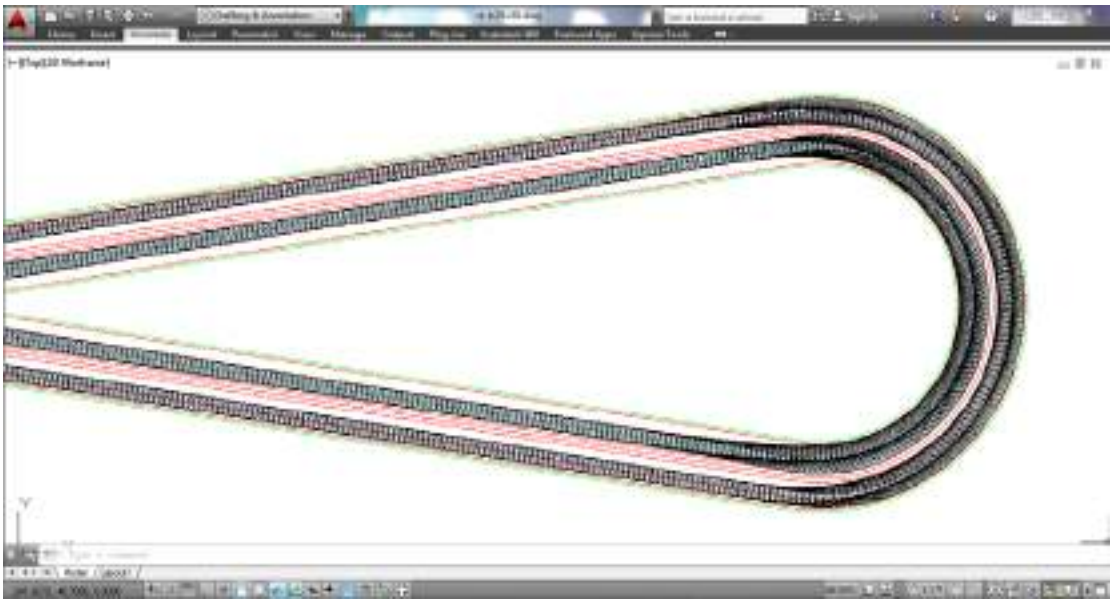
Στη συνέχεια, με την εφαρμογή και των υπόλοιπων παραμέτρων, προέκυψαν οριζοντιογραφίες για ακτίνες καμπυλότητας R από 20 m έως 70 m με βήμα 10 m και γωνίες κλάδων από 20 g έως 380 g με βήμα 20 g (Παράρτημα Β).

Στην εικόνα 5.1 παρουσιάζεται μια τυπική οριζοντιογραφία απλής στροφής για ακτίνα καμπυλότητας R = 20 m και αλλαγή διεύθυνσης 180g ενώ στην εικόνα 5.2 ανακάμπτοντος ελιγμού για R = 20 m και αλλαγή διεύθυνσης 380g, όπως αυτές προκύπτουν από την εφαρμογή των προγραμμάτων H12 και Eligmos αντίστοιχα.

Και οι δύο οριζοντιογραφίες συμπληρώνονται με το περιτύπωμα της κίνησης του οχήματος όπως προέκυψε από την εφαρμογή του Vehicle Turn.

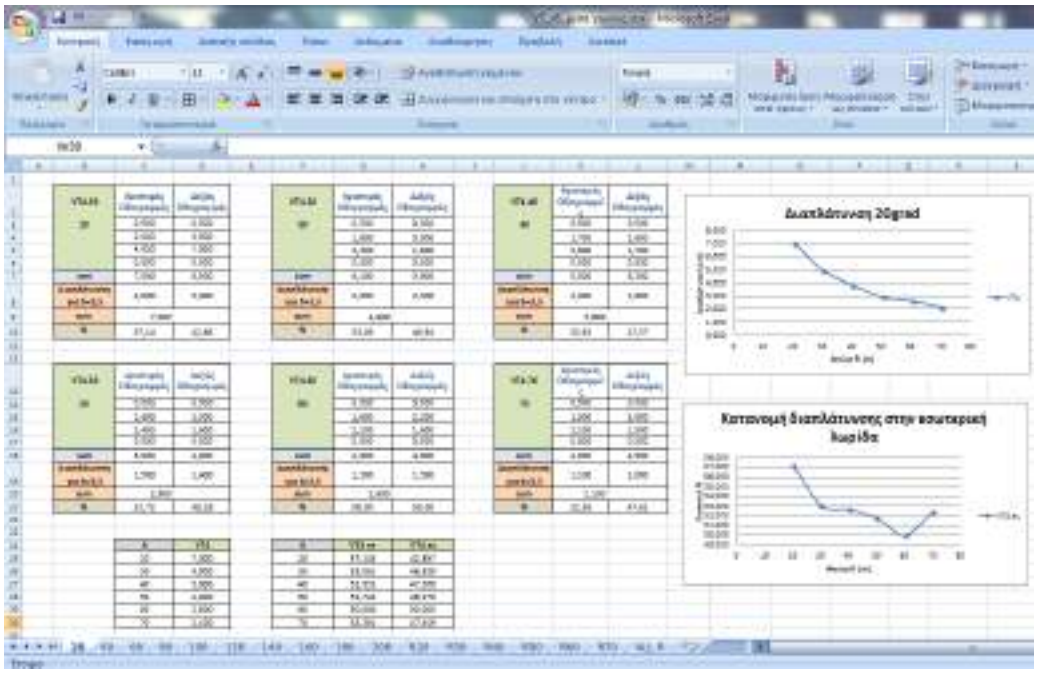


Εικόνα 5.1 Τυπική οριζοντιογραφία απλής στροφής



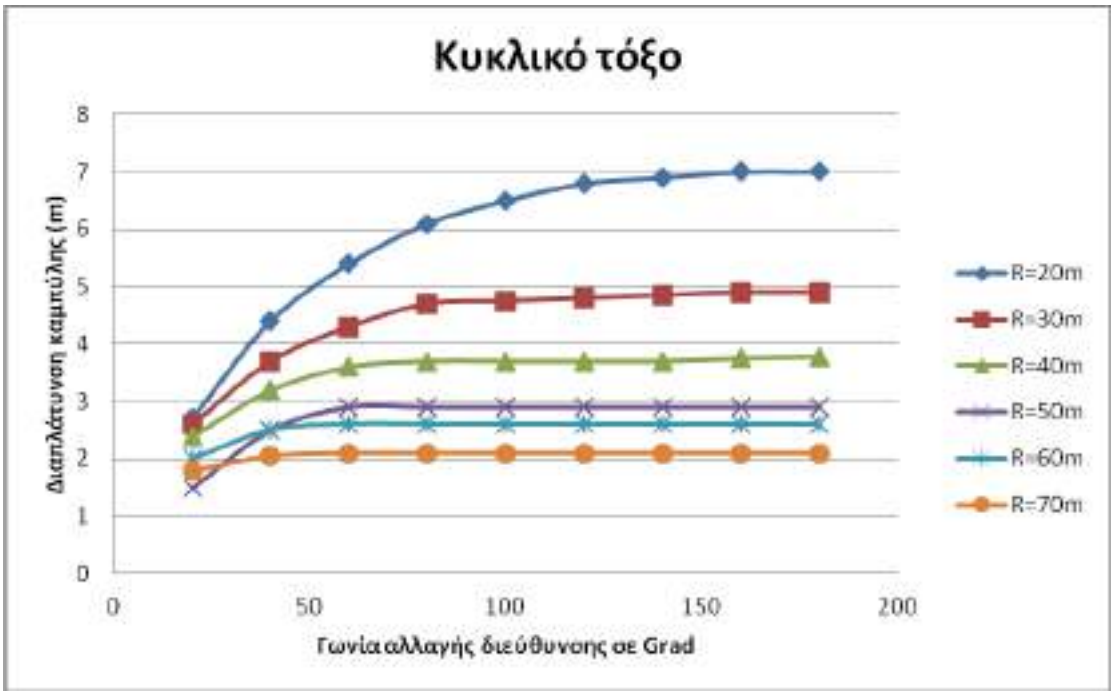
Εικόνα 5.2 Τυπική οριζοντιογραφία ανακάμπτοντος ελιγμού

Το απαιτούμενο πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας καθορίστηκε ύστερα από δοκιμές ώστε τα όρια του περιτυπώματος κίνησης του οχήματος σχεδιασμού να βρίσκονται εντός των οριογραμμών της λωρίδας. Για τον υπολογισμό της διαπλάτυνσης, αφαιρέθηκε από το συνολικό πλάτος λωρίδας το βασικό πλάτος b όπως αυτό ορίστηκε στο υποκεφάλαιο 5.1. Η καταγραφή των δεδομένων έγινε σε υπολογίστηκα φύλλα για την αυτοματοποίηση της διαδικασία όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2.

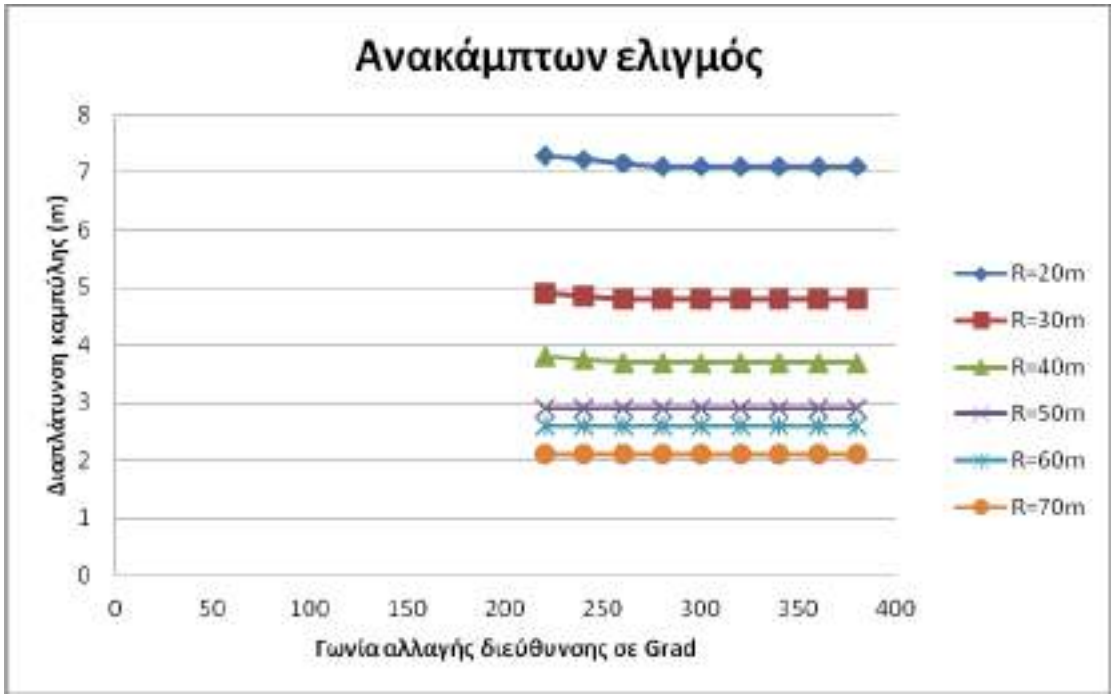


Σχήμα 5.2 Υπολογιστικά φύλλα για την καταγραφή δεδομένων του VT

Στα διαγράμματα 5.1 και 5.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν με εφαρμογή των παραπάνω.



Διάγραμμα 5.1 Απαιτούμενη διαπλάτυνση σε κυκλικό τόξο



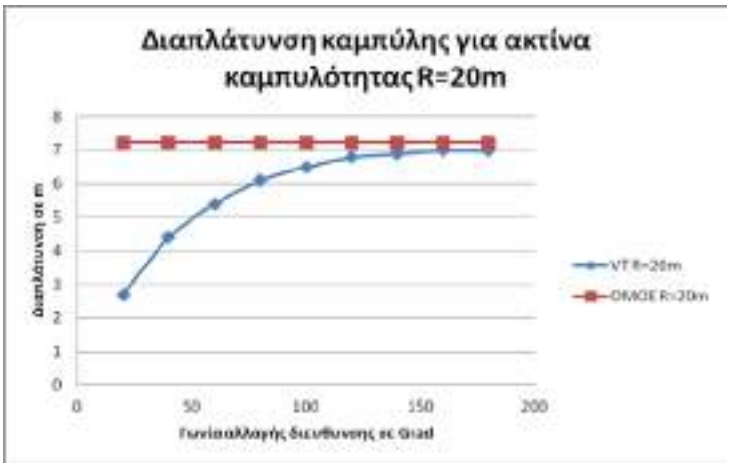
Διάγραμμα 5.2 Απαιτούμενη διαπλάτυνση σε ανακάμπτοντα ελιγμό

5.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων εφαρμογής VT και OMOE - Χαράξεις

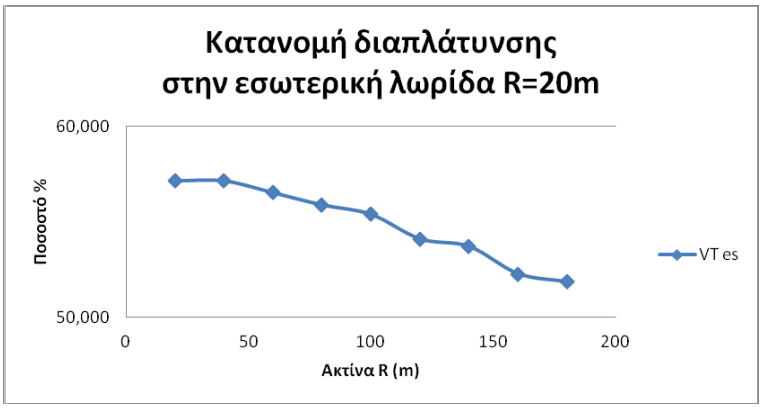
5.4.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων για χάραξη απλής στροφής

Από την εφαρμογή του προγράμματος Vehicle Turn και από τους υπολογισμούς των ελληνικών κανονισμών προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Διαπλάτυνση για R=20m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
180	7,00	7,22
160	7,00	7,22
140	6,90	7,22
120	6,80	7,22
100	6,50	7,22
80	6,10	7,22
60	5,40	7,22
40	4,40	7,22
20	2,70	7,22

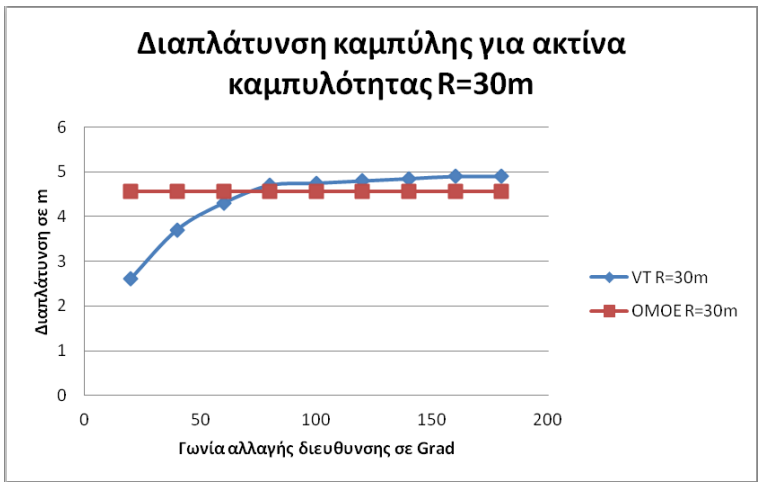


Διάγραμμα 5.3 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=20m

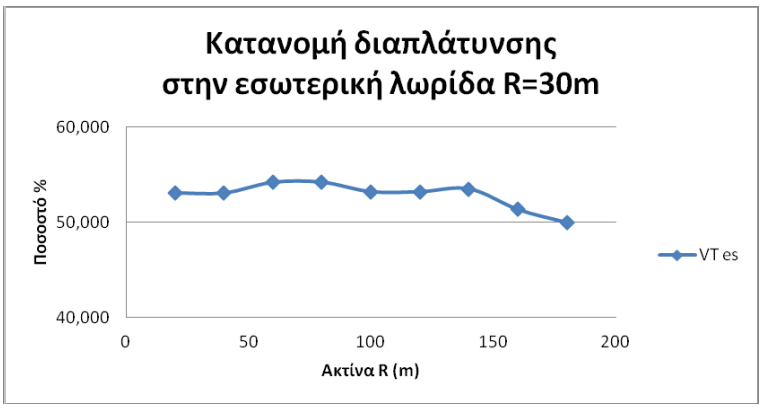


Διάγραμμα 5.4 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=20m

Διαπλάτυνση για R=30m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
180	4,90	4,56
160	4,90	4,56
140	4,80	4,56
120	4,80	4,56
100	4,70	4,56
80	4,70	4,56
60	4,30	4,56
40	3,70	4,56
20	2,60	4,56

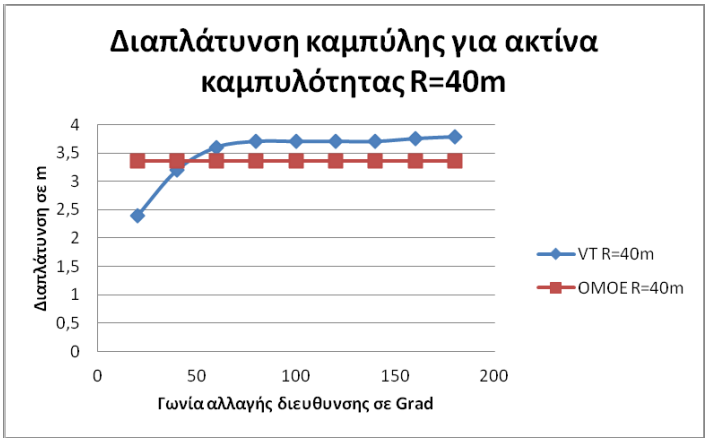


Διάγραμμα 5.5 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=30m

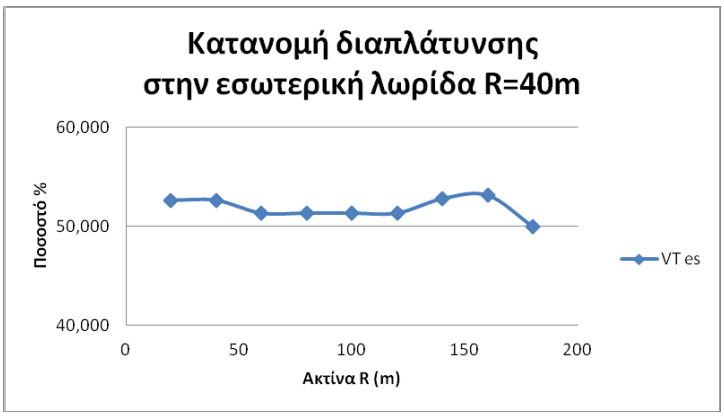


Διάγραμμα 5.6 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=30m

Διαπλάτυνση για R=40m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
180	3,80	3,36
160	3,80	3,36
140	3,70	3,36
120	3,70	3,36
100	3,70	3,36
80	3,70	3,36
60	3,60	3,36
40	3,20	3,36
20	2,40	3,36

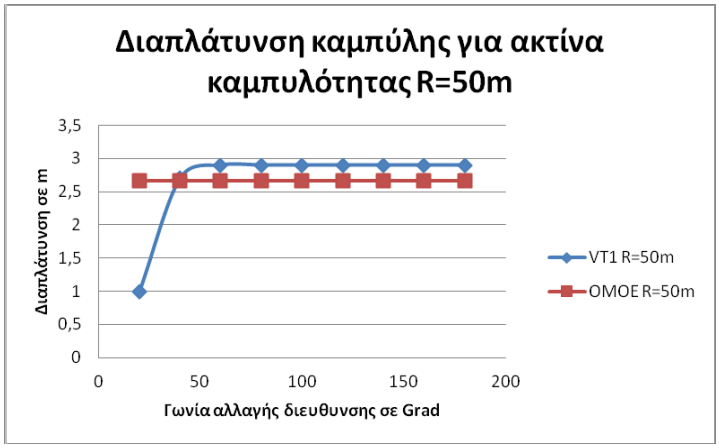


Διάγραμμα 5.7 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=40m

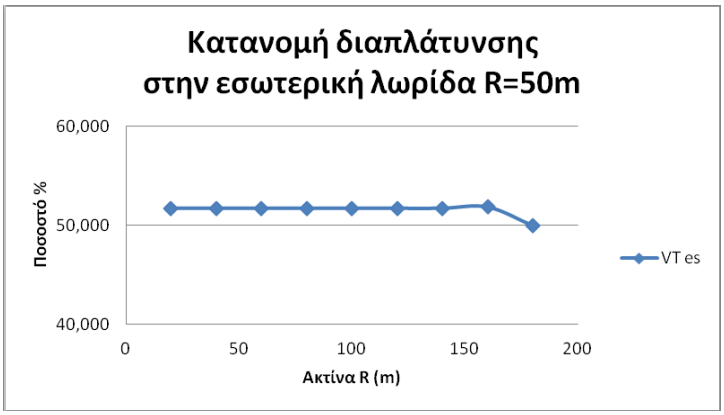


Διάγραμμα 5.8 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=40m

Διαπλάτυνση για R=50m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
180	2,90	2,66
160	2,90	2,66
140	2,90	2,66
120	2,90	2,66
100	2,90	2,66
80	2,90	2,66
60	2,90	2,66
40	2,70	2,66
20	1,00	2,66

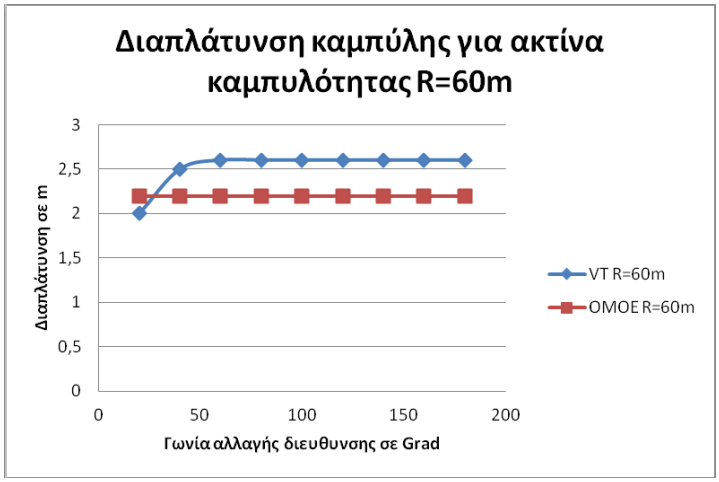


Διάγραμμα 5.9 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=50m

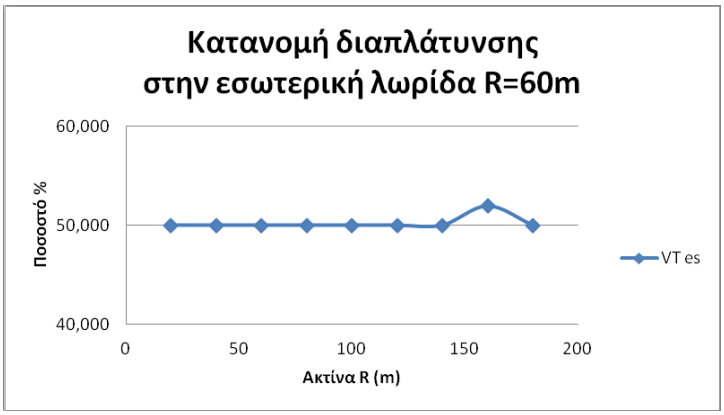


Διάγραμμα 5.10 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=50m

Διαπλάτυνση για R=60m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
180	2,60	2,2
160	2,60	2,2
140	2,60	2,2
120	2,60	2,2
100	2,60	2,2
80	2,60	2,2
60	2,60	2,2
40	2,50	2,2
20	2,00	2,2

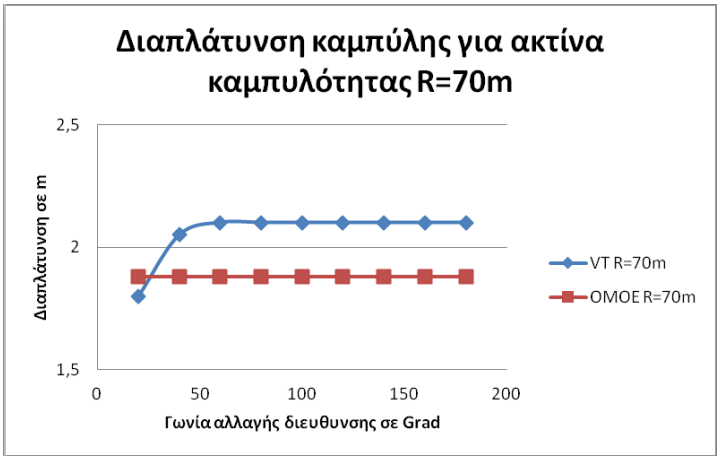


Διάγραμμα 5.11 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=60m

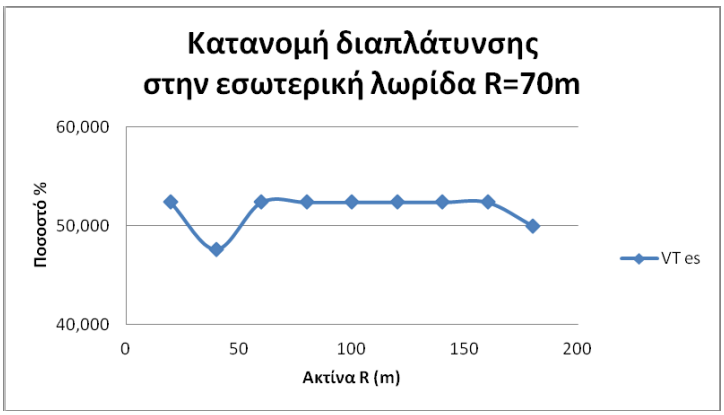


Διάγραμμα 5.12 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=60m

Διαπλάτυνση για R=70m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
180	2,10	1,88
160	2,10	1,88
140	2,10	1,88
120	2,10	1,88
100	2,10	1,88
80	2,10	1,88
60	2,10	1,88
40	2,10	1,88
20	1,80	1,88



Διάγραμμα 5.13 Απαιτούμενη διαπλάτυνση καμπύλης, R=70m

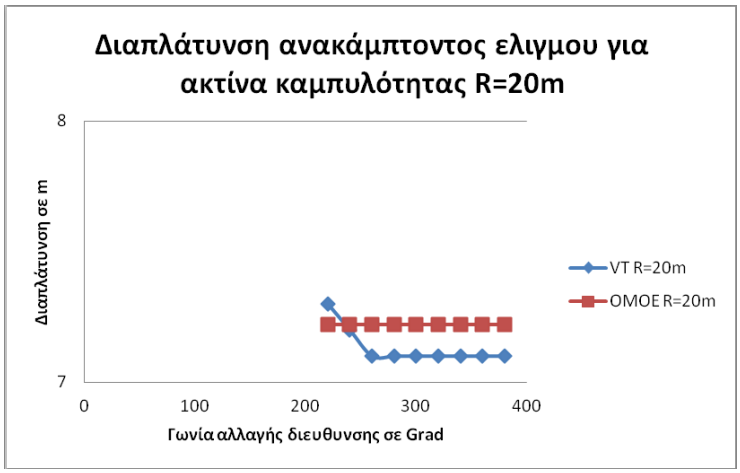


Διάγραμμα 5.14 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=70m

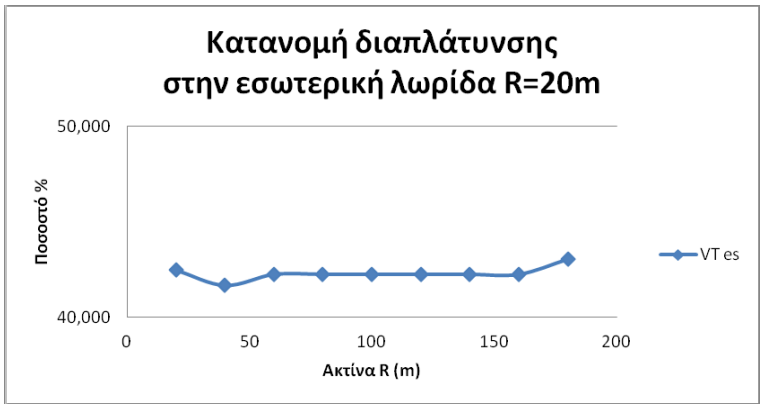
5.4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων για χάραξη ανακάμπτοντα ελιγμού

Από την εφαρμογή του προγράμματος Vehicle Turn και από τους υπολογισμούς των ελληνικών κανονισμών προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Διαπλάτυνση για R=20m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
220	7,30	7,22
240	7,20	7,22
260	7,10	7,22
280	7,10	7,22
300	7,10	7,22
320	7,10	7,22
340	7,10	7,22
360	7,10	7,22
380	7,20	7,22

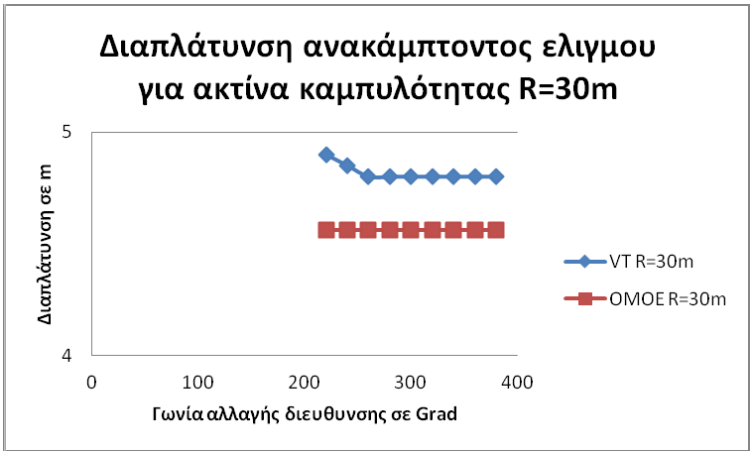


Διάγραμμα 5.15 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντα ελιγμού, R=20m

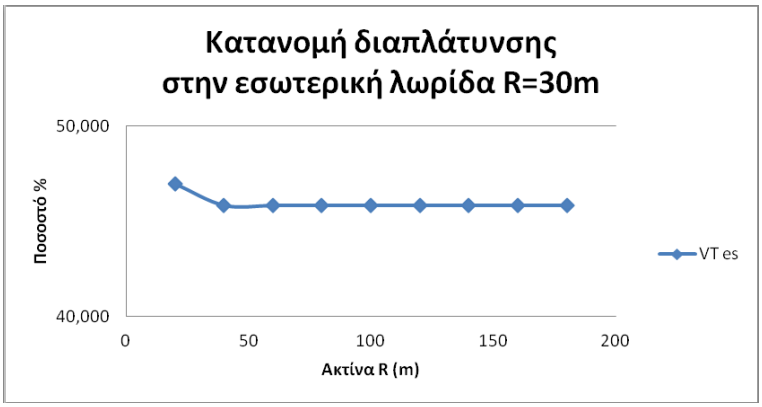


Διάγραμμα 5.16 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=20m

Διαπλάτυνση για R=30m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
220	4,90	4,56
240	4,80	4,56
260	4,80	4,56
280	4,80	4,56
300	4,80	4,56
320	4,80	4,56
340	4,80	4,56
360	4,80	4,56
380	4,80	4,56

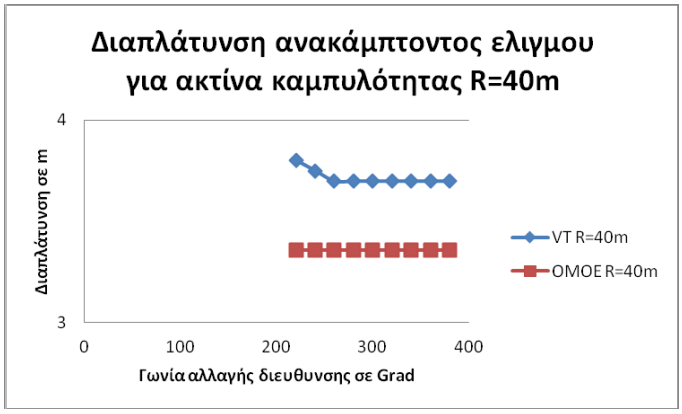


Διάγραμμα 5.17 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντος ελιγμού, R=30m

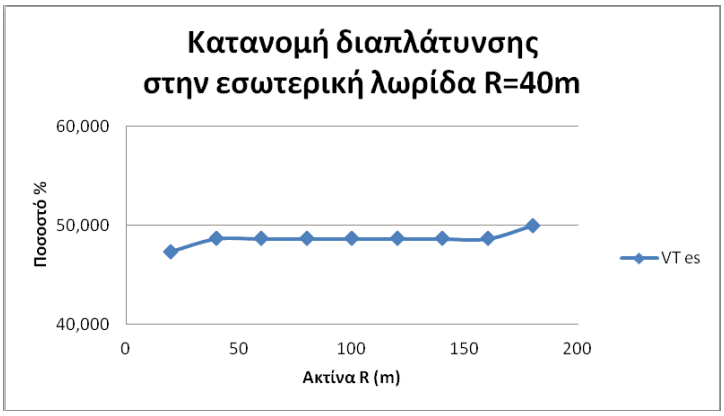


Διάγραμμα 5.18 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=30m

Διαπλάτυνση για R=40m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
220	3,80	3,36
240	3,70	3,36
260	3,70	3,36
280	3,70	3,36
300	3,70	3,36
320	3,70	3,36
340	3,70	3,36
360	3,70	3,36
380	3,70	3,36

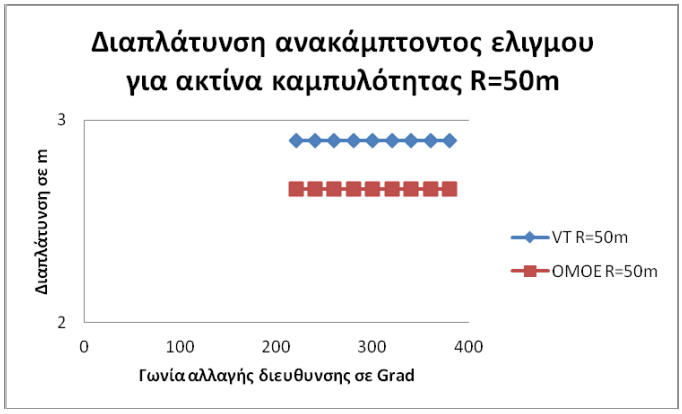


Διάγραμμα 5.19 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντος ελιγμού, R=40m

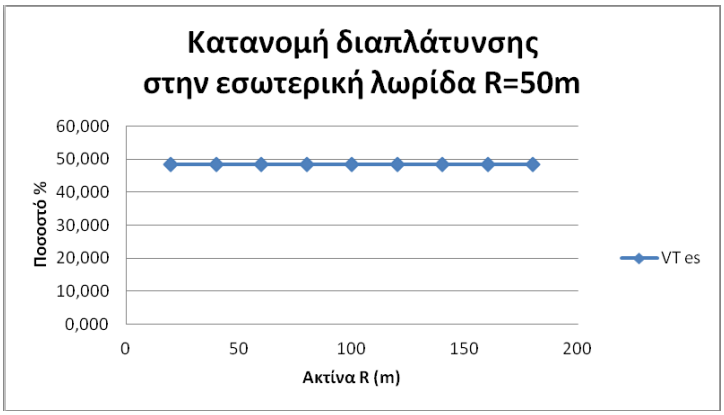


Διάγραμμα 5.20 Ποσοστό κατανομής διαπλάτυνσης στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας, R=40m

Διαπλάτυνση για R=50m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
220	2,90	2,66
240	2,90	2,66
260	2,90	2,66
280	2,90	2,66
300	2,90	2,66
320	2,90	2,66
340	2,90	2,66
360	2,90	2,66
380	2,90	2,66

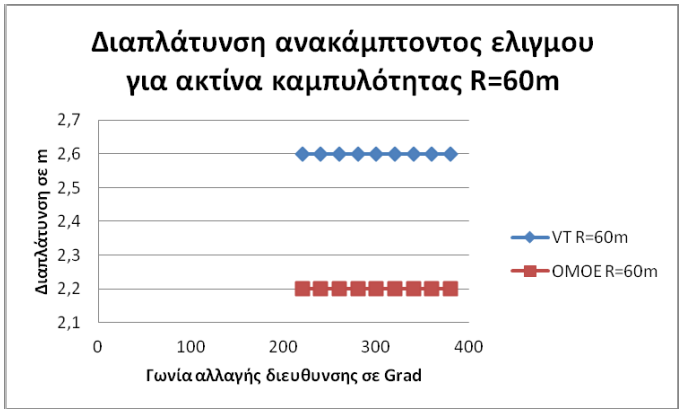


Διάγραμμα 5.21 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντος ελιγμού, R=50m

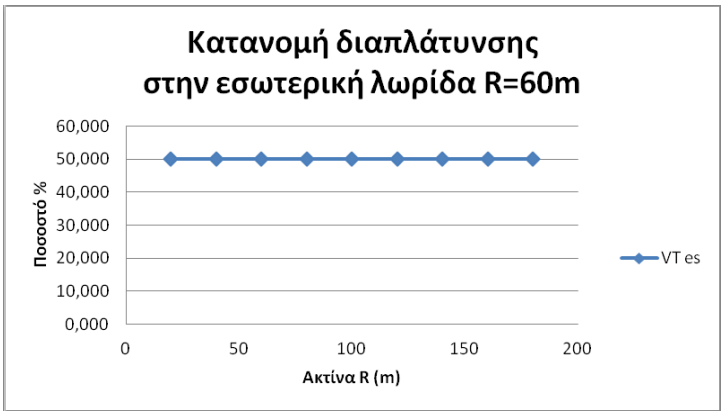


Διάγραμμα 5.22 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντος ελιγμού, R=50m

Διαπλάτυνση για R=60m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
220	2,60	2,2
240	2,60	2,2
260	2,60	2,2
280	2,60	2,2
300	2,60	2,2
320	2,60	2,2
340	2,60	2,2
360	2,60	2,2
380	2,60	2,2

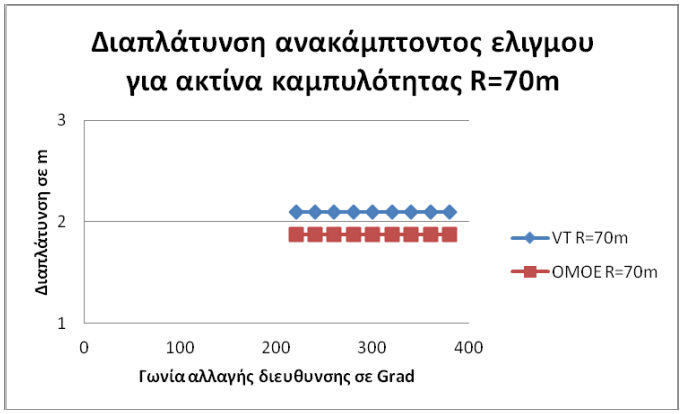


Διάγραμμα 5.23 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντος ελιγμού, R=60m

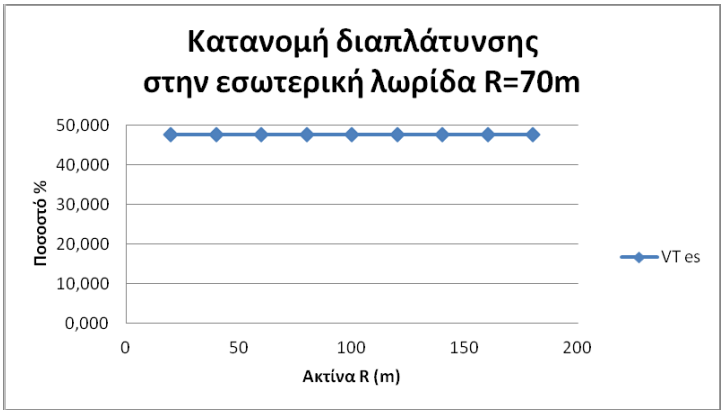


Διάγραμμα 5.24 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντος ελιγμού, R=60m

Διαπλάτυνση για R=70m		
Γωνίες (g)	VT (m)	OMOE (m)
220	2,10	1,88
240	2,10	1,88
260	2,10	1,88
280	2,10	1,88
300	2,10	1,88
320	2,10	1,88
340	2,10	1,88
360	2,10	1,88
380	2,10	1,88



Διάγραμμα 5.25 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντος ελιγμού, R=70m



Διάγραμμα 5.26 Απαιτούμενη διαπλάτυνση ανακάμπτοντος ελιγμού, R=70m

5.4 Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει η ανάγκη επανεξέτασης των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό συμφώνα με τις οδηγίες του τεύχους ΟΜΟΕ-Χαράξεις. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε η εξάρτηση της απαιτούμενης διαπλάτυνσης σε καμπύλη από τη γωνία αλλαγής διεύθυνσης από 20 εως 180 Grad, ενώ παρέμεινε σταθερή για γωνία αλλαγής διεύθυνσης από 220 έως 380 Grad (ανακάμπτον ελιγμός).

Παρουσιάστηκε διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων του VT και των ΟΜΟΕ-Χαράξεις, με εμφάνιση υπερδιαστασιολόγησης των ΟΜΟΕ σε καμπύλες μικρής ακτίνας καμπυλότητας και υποδιαστασιολόγησης σε καμπύλες μεγάλης ακτίνας.

Επιπλέον, σχετικά με την κατανομή της διαπλάτυνσης, παρουσιάστηκε διαφοροποίηση των ΟΜΟΕ, που προτείνουν την εφαρμογή της στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας και των αποτελεσμάτων, από τα οποία προκύπτει πως πρέπει να μοιράζεται ισόποσα και στις δύο άκρες τις οδού. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε πως στην περίπτωση απλής στροφής, για μικρές ακτίνες καμπυλότητας η εσωτερική καμπύλη απαιτεί ελάχιστα μεγαλύτερο πλάτος διαπλάτυνσης από την εξωτερική. Όσο το μέγεθος της ακτίνας καμπυλότητας αυξάνεται, η ποσότητα αυτή τείνει να ισομοιράζεται στα δύο άκρα της οδού. Αντίθετα, στην περίπτωση του ελιγμού, για μικρές ακτίνες καμπυλότητας η εξωτερική λωρίδα κυκλοφορίας απαιτεί ελάχιστα μεγαλύτερο πλάτος διαπλάτυνσης, το οποίο τείνει να ισομοιράζεται όσο η ακτίνα καμπυλότητας αυξάνεται.

Απόρροια των παραπάνω διαφοροποιήσεων αποτελούν, στη μεν υπερδιαστασιολόγηση της διαπλάτυνσης, πιθανή αύξηση του κόστους κατασκευής και δυσκολία εφαρμογής της χάραξης, στη δε υποδιαστασιολόγηση και στην ανεπαρκή κατανομή της, πιθανός περιορισμός στην ομαλή κυκλοφορία με ταυτόχρονη μείωση της ασφάλειας και της λειτουργικότητας.

Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι η περιορισμένη χρήση παραμέτρων και η απλοποίηση της διαδικασίας επίλυσης αποτελούν κακό γνώμονα για το σχεδιασμό των οδών και ότι με την ανάπτυξη διαδικασιών όπως αυτής της προσομοίωσης επιτυγχάνονται βέλτιστες λύσεις προσαρμοσμένες στις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περίπτωσης.

6. Συμπεράσματα – Προτάσεις

6.1 Γενικά

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνήθηκαν οι μεθοδολογίες υπολογισμού της διαπλάτυνσης σε καμπύλες οδών μικρής ακτίνας.

Για τον σκοπό αυτό εξετάσθηκαν και συγκρίθηκαν οι εξής οδηγίες:

- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Χαράξεις,
- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Κύριες Αστικές Οδοί,
- Οδηγίες για την κατασκευή υπεραστικών οδών – RAL,
- Οδηγίες για την μελέτη αστικών οδών – RASt,
- Οδηγίες για την κατασκευή δασικών οδών – United Station Forest Service (USFS),
- Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητόδρομων – American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) και
- Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητόδρομων – AUSTROADS.

Η έλλειψη ενιαίας αντιμετώπισης, το μεγάλο εύρος αποτελεσμάτων και η απουσία πρόβλεψης ειδικών περιπτώσεων όπως των καμπυλών οδών μικρής ακτίνας σε κάποιες από τις υπό εξέταση οδηγίες κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη για ανάπτυξη του ειδικού λογισμικού ηλεκτρονικού υπολογιστή Vehicle Turn (VT), με στόχο την επίτευξη βέλτιστων και ευρέως αποδεκτών αποτελεσμάτων. Βάση της τελικής επίλυσης αποτέλεσε η προσομοίωση της κίνησης οχήματος σε απλή καμπύλη ή ελιγμό.

Η μέθοδος της προσομοίωσης αποτελεί ιδανικό τρόπο προσέγγισης προβλημάτων χάραξης καθώς η επίλυση προκύπτει ύστερα από την εφαρμογή πραγματικών δεδομένων και προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περίπτωσης.

Ο σχεδιασμός του γραφικού περιβάλλοντος εφαρμογής του VT πραγματοποιήθηκε από το λογισμικό χάραξης H12.

6.2 Συμπεράσματα

Ύστερα από σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή του προγράμματος με εκείνα της εφαρμογής των ελληνικών οδηγιών ΟΜΟΕ - Χαράξεις διαπιστώθηκε σχετική διαφοροποίηση. Ειδικότερα, σε καμπύλες μικρής ακτίνας καμπυλότητας και μικρής γωνίας αλλαγής διεύθυνσης παρατηρήθηκε υπερδιαστασιολόγηση από τους υφιστάμενους κανονισμούς ενώ σε καμπύλες μεγάλης ακτίνας, υποδιαστασιολόγηση. Απόρροια της διαφοροποίησης αυτής αποτελούν, στη μεν υπερδιαστασιολόγηση, πιθανή αύξηση του κόστους κατασκευής και δυσκολία εφαρμογής της χάραξης, στη δε υποδιαστασιολόγηση, πιθανός περιορισμός στην ομαλή κυκλοφορία με ταυτόχρονη μείωση της ασφάλειας και της λειτουργικότητας.

Επιπλέον, σχετικά με την κατανομή της διαπλάτυνσης, παρουσιάστηκε διαφοροποίηση των ΟΜΟΕ, που προτείνουν την εφαρμογή της στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας και των αποτελεσμάτων, από τα οποία προκύπτει πως πρέπει να μοιράζεται ισόποσα και στις δύο άκρες τις οδού. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε πως στην περίπτωση απλής στροφής, για μικρές ακτίνες καμπυλότητας η εσωτερική καμπύλη απαιτεί ελάχιστα μεγαλύτερο πλάτος διαπλάτυνσης από την εξωτερική. Όσο το μέγεθος της ακτίνας καμπυλότητας αυξάνεται, η ποσότητα αυτή τείνει να ισομοιράζεται στα δύο άκρα της οδού. Αντίθετα, στην περίπτωση του ελιγμού, για μικρές ακτίνες καμπυλότητας η εξωτερική λωρίδα κυκλοφορίας απαιτεί ελάχιστα μεγαλύτερο πλάτος διαπλάτυνσης, το οποίο τείνει να ισομοιράζεται όσο η ακτίνα καμπυλότητας αυξάνεται.

Καταλήξαμε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι η προσέγγιση προβλημάτων χάραξης με χρήση εξειδικευμένων μεθόδων, όπως αυτής της προσομοίωσης, επιτυγχάνει ορθότερες λύσεις έναντι της εφαρμογής των υφιστάμενων υπολογιστικών μεθόδων. Η ανάπτυξη τέτοιων δυναμικών εργαλείων καθιστά δυνατή την προσαρμογή στις εξειδικευμένες απαιτήσεις που πιθανόν παρουσιαστούν και επιτρέπει την καθολική εφαρμογή ενός ενιαίου τρόπου επίλυσης.

6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Παρότι το λογισμικό Vehicle Turn προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό τις απαιτήσεις χάραξης για ομαλή κίνηση του οχήματος σε καμπύλη, κρίνεται αναγκαία η συμπερίληψη παραμέτρων οι οποίες πιθανόν να επιδρούν τόσο στην ασφάλεια όσο και στη λειτουργικότητα της οδού. Επομένως, σε περαιτέρω έρευνα θα μπορούσε να εξεταστεί εις βάθος ο βαθμός επίδρασης τέτοιων παραμέτρων όπως η μηκοτομή ή η ταχύτητα μελέτης. Επίσης, προτείνεται η διερεύνηση και η εισαγωγή μηχανολογικών στοιχείων του οχήματος σχεδιασμού στην πορεία της επίλυσης, όπως η μέγιστη γωνία στροφής.

Η εξειδικευμένη και λεπτομερής πορεία επίλυσης, η οποία θα βασίζεται στο συνδυασμό των χαρακτηριστικών χάραξης (οριζοντιογραφία, μηκοτομή, διατομές) και των χαρακτηριστικών του οχήματος (γεωμετρικά και μηχανολογικά) θα οδηγήσει στην επίτευξη ολοκληρωμένων λύσεων που θα εξασφαλίζουν τη βέλτιστη σχέση ασφάλειας, ποιότητας και οικονομίας.

Βιβλιογραφία

Κανελλαΐδης Γ., Μαλέρδος Γ., Καλτσούνης Α., Γλαρός Γ., «Σημειώσεις για τον Γεωμετρικό Σχεδιασμό των Οδών», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα, 2006.

Κανελλαΐδης Γ., Μαλέρδος Γ., Καλτσούνης Α., Γλαρός Γ., Δραγομάνοβιτς Α., «Σημειώσεις Ειδικών Κεφαλαίων Οδοποιίας – Στοιχεία Ισόπεδων και Ανισόπεδων Κόμβων», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα, 2008.

Γιαννακόπουλος Π., Κανιτάκη Ε., Λάππα – Γερτρούδη Μ., Γλαρός Γ., «Προγραμματισμός με ηλεκτρονικό υπολογιστή», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα, 2007.

Φραντζεσκάκης Μ. Ι., Γκόλιας Κ. Ι. (1994), «Οδική Ασφάλεια», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 2004, “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets” (“AASHTO’s Green Book”), Washington D.C.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 2011, “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets” (“AASHTO’s Green Book”) Washington D.C.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 2001, “Geometric Design Highways and Streets”, Washington D.C.

Forest Service Handbook national headquarters (wo) Washington, DC, fsH 7709.56 – ROAD PRECONSTRUCTION HANDBOOK, chapteR 40 – DESIGN, 2014

Richtlinien R1 fur die Anlage von Landstrasen, RAL 2012

Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, RASt 06, 2006

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Χαράξεις, Έκδοση 2001

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου, Έκδοση 2001

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Διατομές, Έκδοση 2001

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ): Κύριες Αστικές Οδοί, Έκδοση 2001

Guide to Road Design Part 3: Geometric Design, Sydney, Austroads Inc. 2009

Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητοδρόμων R1, RAA, Έκδοση 2008

Μαυρομάτης Σ., Επίκουρος καθηγητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ και Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής ΤΕ του ΤΕΙ Αθήνας Κατεύθυνση: Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής ΤΕ, «Διεύρυνση οδού, Διαπλάτυνση οδού, Επί μέρους τμήματα διατομής οδού», Σημειώσεις μαθήματος Οδοποιίας Ι, Αθήνα, 2015

Robert F. Baker, L. G. Byrd D. Grant Mickle, «Handbook of Highway Engineering», Litton Educational Publishing, New York, United States of America, 1975

Merritt F., «Standard Handbook for Civil Engineering», Second Edition, Library of Congress Cataloging in Publication Data, McGraw-Hill, United States of America, 1976

Αποστολέρης Α. «Οδοποιία Ι – Χαράξεις: Θεωρία και Πρακτική», Αθήνα, 2013

Κοφίτσας Ι. «Στοιχεία Οδοποιίας», Εκδόσεις "ΙΩΝ", Αθήνα, 1997

Κωτσόβολου Κ. «Συγκοινωνιακά Έργα», Τεύχος Α’ & Β’, Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα, 1997

Σχίζας Ι. «Οδοποιία», Αθήνα, 1994

W.PIETZSCH «Σχεδιασμός και χάραξη των οδών», Εκδόσεις Γκιούρδας, Αθήνα, 1976

3ο Πανελλήνιο συνέδριο οδικής ασφάλειας, Πάτρα, 10-11 Οκτ., 2005 - Ευάγγελος Ματσούκης, Δημήτρης Μπαλαδήμας, Σπουδαστήριο Τεχνικής Μεταφορών και Κυκλοφορίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών – Συσχέτιση οδικής ασφάλειας στις οριζόντιες καμπύλες και γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Η περίπτωση των υπεραστικών δρόμων

Μπαλαδήμας Γεώργιος, Διατριβή με θέμα: Οδική Ασφάλεια και γεωμετρικά χαρακτηριστικά υπεραστικών οδών δύο λωρίδων κυκλοφορίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Τεχνολογίας του Περιβάλλοντος και Συγκοινωνιών, Σπουδαστήριο Τεχνικής των Μεταφορών και Κυκλοφορίας, Μάιος 2006

http://www.mathalino.com/reviewer/surveying/spiral-curve-transition-curve, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο

http://www.ugpti.org/dotsc/engcenter/downloads/HorizontalCurves.pdf, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο

http://www.ctre.iastate.edu/educweb/ce353/lec05/lecture.htm, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο

http://www.ministryofjustice.gr/site/kodikes, επίσημος ιστότοπος στο διαδίκτυο

Παράρτημα Α

Υποδιαίρεση ομάδων οδών σύμφωνα με τις ελληνικές οδηγίες:

- **Α έως Ε ανάλογα με τη λειτουργική βαθμίδα και**
- **σε υποομάδες που χαρακτηρίζονται με τους λατινικούς αριθμούς I, II, III, IV, V και VI**

Ομάδα οδών	Κατηγορία οδού	Βασική αρχή μελέτης	Προσδιορισμός V_{ks}	Ενοποίηση V_{ks} με V_c και V_{ks} με V_{km+1}	Ενοποίηση r_s με r_{ks}	Ποσοστό συμετάβλεπτης του συντελεστή εγκάρσιας τριβής	Τάξη ασφαλούς	Σχέση μεταξύ διαδοχικών αστικών	Χρόνος αντίληψης και αντίδρασης	Μήκος ορατότητας για προσπέρασμα
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός οχεδίου (περιαστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση παροδίων ιδιοκτησιών Σημείωση: Η κατηγορία AI αφορά οδούς σύνδεσης ανάμεσα περιοχών και οι οποίες δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες	AI Αυτοκινητόδρομος Οδός ταχείας κυκλοφορίας	διαφορική κυκλοφορίας	οδοί με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας: $V_{ks} = V_c + 20$ km/h για $V_c \geq 100$ km/h $V_{ks} = V_c + 30$ km/h για $V_c < 100$ km/h οδοί με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας: η V_{ks} εξαρτάται από την ελκυστήρια K_c της μεμονωμένης καμπύλης και το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας δ	οδοί με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας: συνήθως δεν απαιτείται * οδοί με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας: $\lvert V_{ks} - V_c \rvert \leq \Delta V_{km+1}$ $\lvert V_{ks} - V_{km+1} \rvert \leq \Delta V_{km+1}$	$r_s - r_{ks} \geq \Delta r_{km+1}$	45% για max g=8% (5%) (ανάντη οδόφ) 40% για max g=7% (λοφώδη και ορεινά οδόφ) 30% για min g=2,5%	απαιτείται	απαιτείται	2,0 s	απαιτείται
	AII Οδός μεταξύ νομαρχιακών									
	AIII Οδός μεταξύ επαρχιακών οικισμών									
	AIV Οδός μεταξύ μικρών οικισμών Συλλεκτήρια οδός									
	AV Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	γεωμετρία της χάραξης	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	-	δεν απαιτείται
	AVI Τριτεύουσα οδός Δασική οδός									
B οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός οχεδίου (αστικές και ημιαστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση των παροδίων ιδιοκτησιών Σημείωση: Οι οδοί κατηγορίας BI και BII δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες	BI Αστικός αυτοκινητόδρομος	διαφορική κυκλοφορίας	$V_{ks} = V_{km+1} + 20$ km/h	συνήθως δεν απαιτείται *	$r_s - r_{ks} \geq \Delta r_{km+1}$	60% για max g=8% 30% για min g=2,5%	απαιτείται	απαιτείται	2,0 s	δεν απαιτείται
	BII Αστική οδός ταχείας κυκλοφ.									
	BIII Αστική αρτηρία		$V_{ks} = V_{km+1} + 10$ km/h				επιθυμητό	επιθυμητή		
	BIV Κύρια συλλεκτήρια οδός		$V_{ks} \leq V_{km+1}$							
Γ Οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός** ή εντός οχεδίου (περιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με δυνατότητα εξυπηρέτησης παροδίων ιδιοκτησιών	ΓIII Αστική αρτηρία	διαφορική κυκλοφορίας	$V_{ks} = V_{km+1} + 10$ km/h	δεν απαιτείται	$r_s - r_{ks} \geq \Delta r_{km+1}$	70% για max g=7% και για min g=2,5%	επιθυμητό	δεν απαιτείται	1,5 s	δεν απαιτείται
	ΓIV Κύρια συλλεκτήρια οδός		$V_{ks} \leq V_{km+1}$							

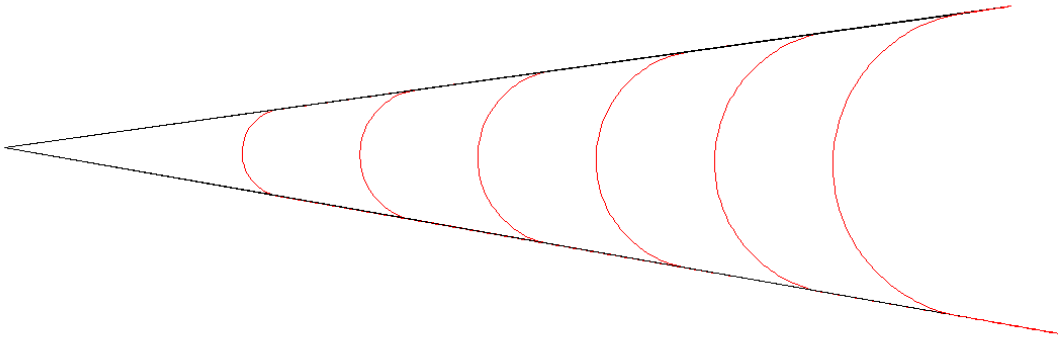
* σε ορισμένες συνθήκες χάραξης είναι δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου εξελίξεως της ασφάλειας οδών με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας

** κανόνας περιπτώσεις που από την ιεράρχιση νομοθεσία επιτρέπεται η έξαιρεση

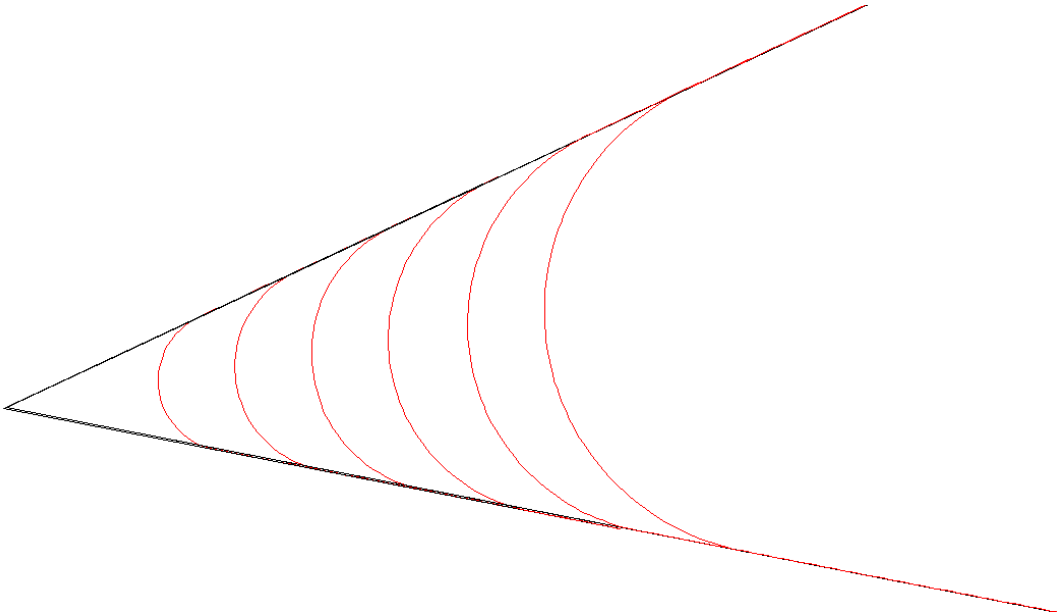
Πίνακας ΠΑ.1 Υποδιαίρεση ομάδων των οδών Α έως Ε ανάλογα με τη λειτουργική βαθμίδα σε υποομάδες που χαρακτηρίζονται με τους λατινικούς αριθμούς I, II, III, IV, V και VI

Παράρτημα Β

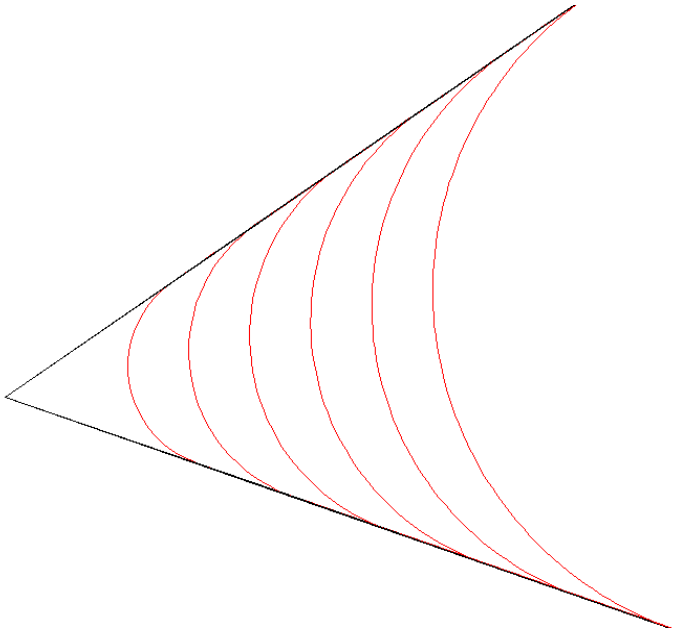
Οριζοντιογραφίες κλάδων για συνδυασμό γωνιών από 20 έως 380 grad με βήμα σχεδιασμού 20 grad, με ακτίνες καμπυλότητας από R=20m έως R=70m



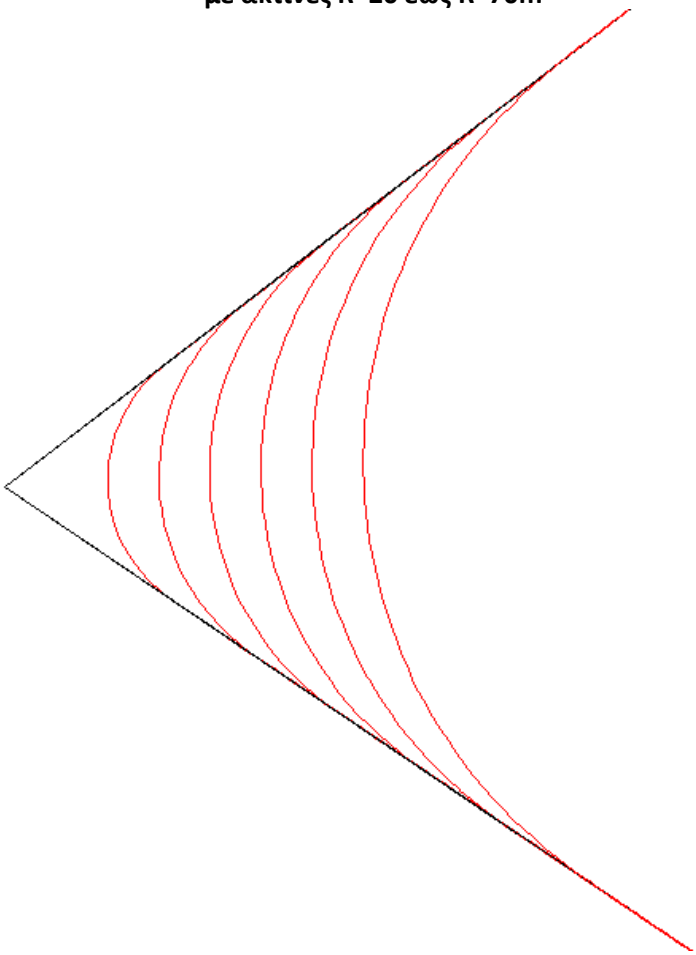
Σχήμα ΠΒ.1 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 20grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



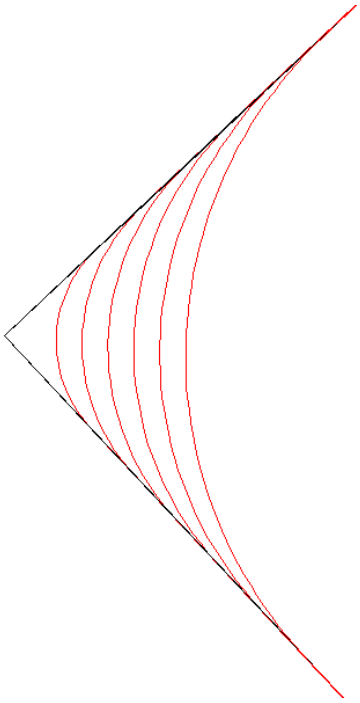
Σχήμα ΠΒ.2 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 40grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



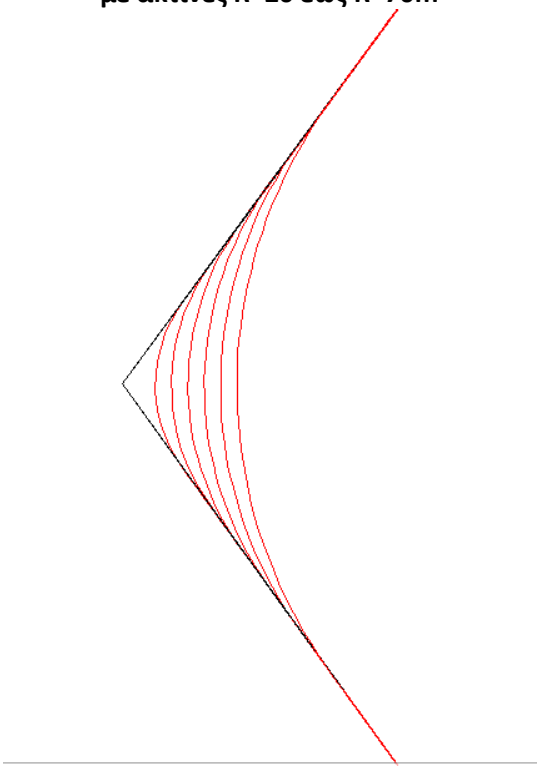
Σχήμα ΠΒ.3 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 60grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



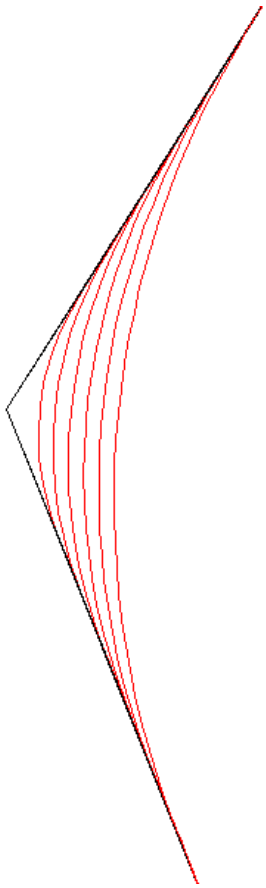
Σχήμα ΠΒ.4 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 80grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



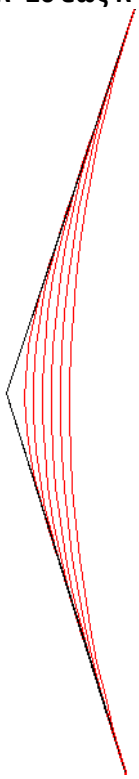
Σχήμα ΠΒ.5 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 100grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



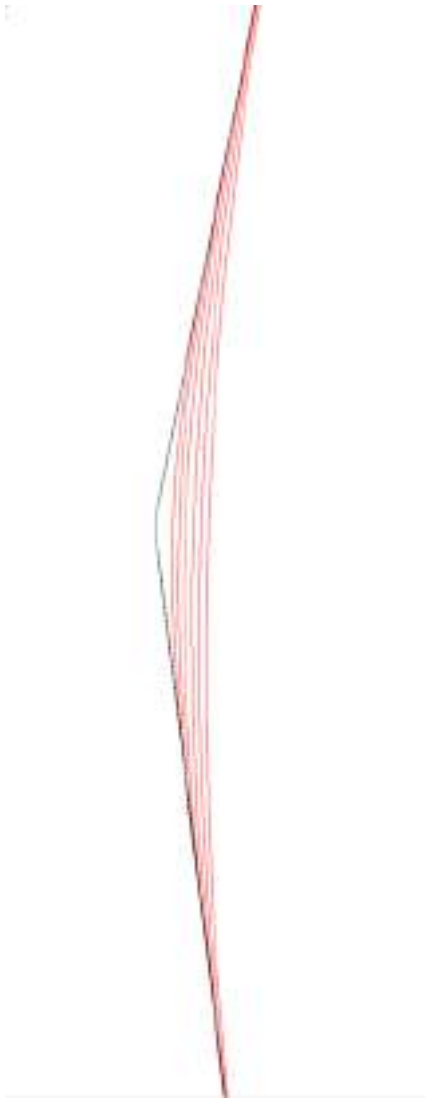
Σχήμα ΠΒ.6 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 120grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



Σχήμα ΠΒ.7 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 140grad με ακτίνες R=20 έως R=70m

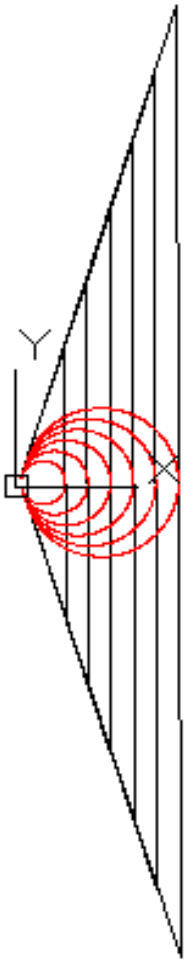


Σχήμα ΠΒ.8 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 160grad με ακτίνες R=20 έως R=70m

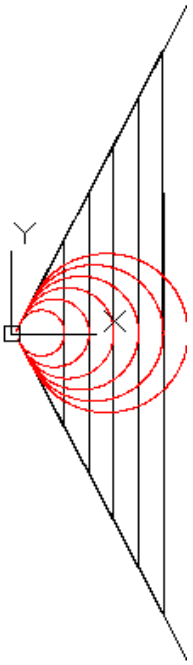


Σχήμα ΠΒ.9 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 180grad με ακτίνες R=20 έως R=70m

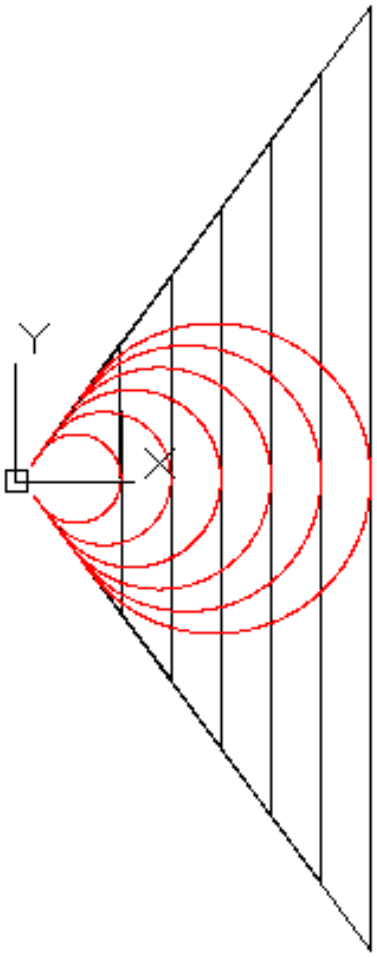
Σχήμα ΠΒ.10 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 220grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



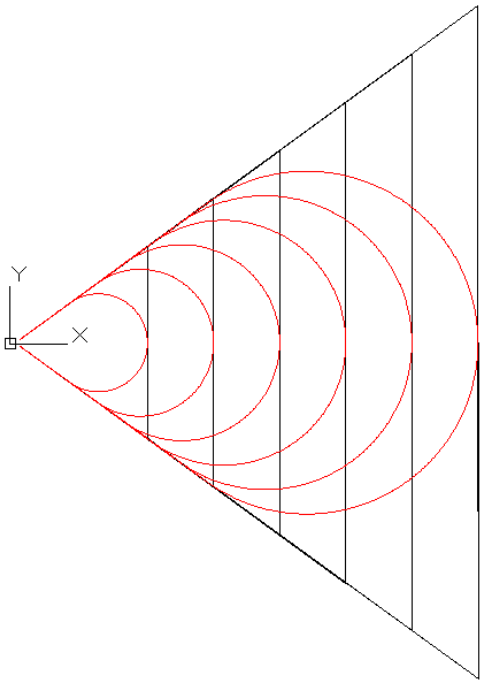
Σχήμα ΠΒ.11 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 240grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



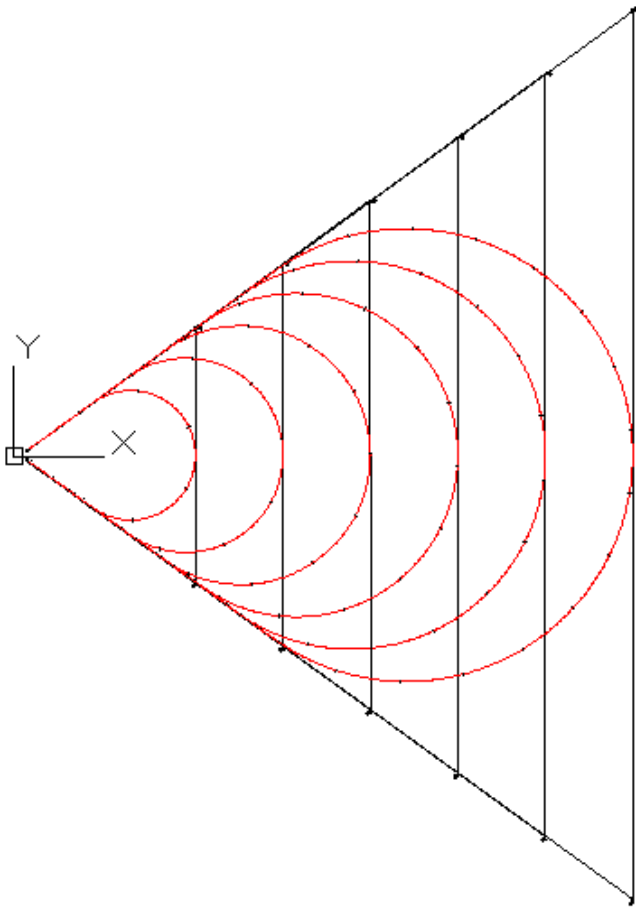
Σχήμα ΠΒ.12 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 260grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



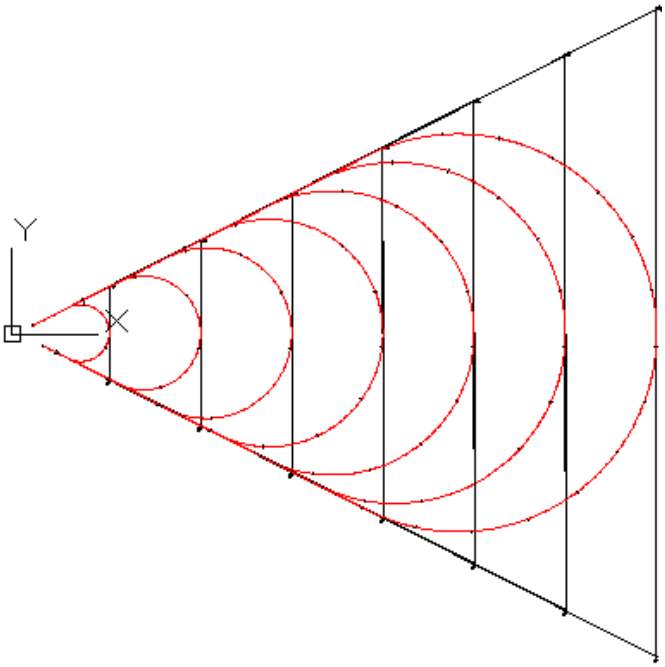
Σχήμα ΠΒ.13 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 280grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



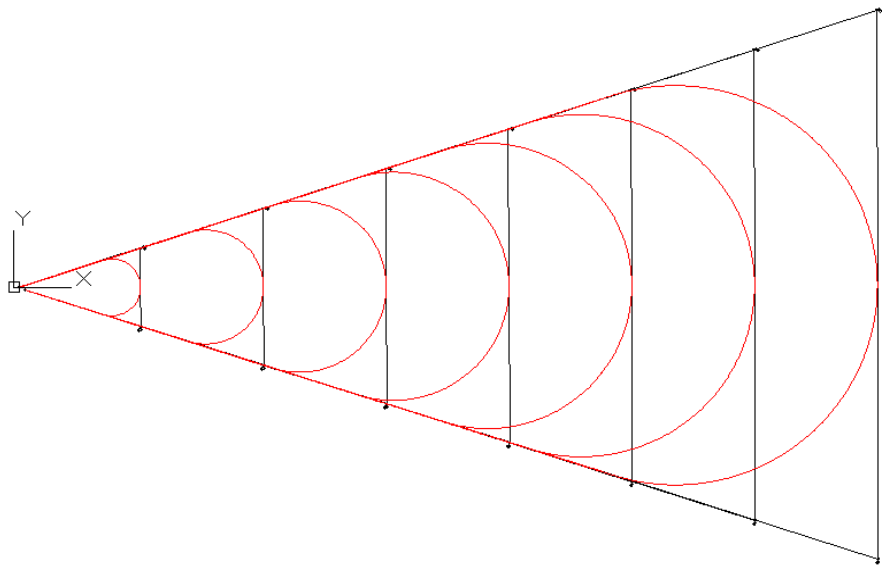
Σχήμα ΠΒ.14 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 300grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



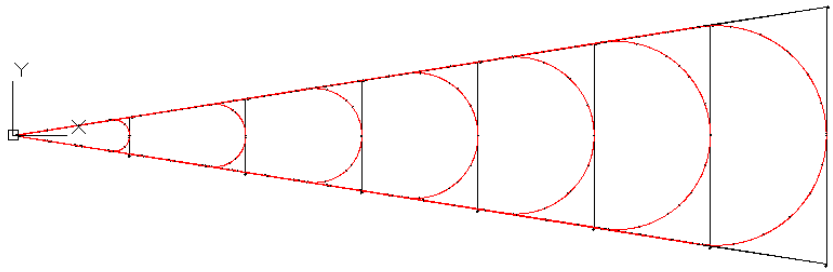
Σχήμα ΠΒ.15 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 320grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



Σχήμα ΠΒ.16 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 340grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



Σχήμα ΠΒ.17 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 360grad με ακτίνες R=20 έως R=70m



Σχήμα ΠΒ.18 Οριζοντιογραφία κλάδων που σχηματίζουν γωνία 380grad με ακτίνες R=20 έως R=70m

Παράρτημα Γ

Προεδρικό Διάταγμα 71/07-04-1998

01000710704980016

1291

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ — Αρ. Φύλλου 71

7 Απριλίου 1998

ΠΡΟΕΔΡΙΚΑ ΔΙΑΤΑΓΜΑΤΑ

ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 77 (1)

Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας προς τις διατάξεις της οδηγίας 96/53/ΕΚ του Συμβουλίου της 25ης Ιουλίου 1996 «σχετικά με τον καθορισμό, για ορισμένα οδικά οχήματα που κυκλοφορούν στην Κοινότητα, των μέγιστων επιτρεπόμενων διαστάσεων στις εθνικές και διεθνείς μεταφορές και των μέγιστων επιτρεπόμενων βαρών στις διεθνείς μεταφορές».

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις των άρθρων 1 παρ. 1 και 3 του Ν. 1338/1983 «εφαρμογή του Κοινοτικού Δικαίου», (Α' 34), όπως τροποποιήθηκε με την παρ. 1 του άρθρου 6 του Ν. 1440/1984 «Συμμετοχή της Ελλάδας στο κεφάλαιο της Ευρωπαϊκής Κοινότητος Άνθρακος και Χάλυβος και του Οργανισμού ΕΥΡΑΤΟΜ», (Α' 70) και του άρθρου 65 του Ν. 1892/1990 (Α' 101).

2. Τις διατάξεις των άρθρων 53 και 84 του Κ.Ο.Κ., που κυρώθηκε με το Ν. 2094/1992 «περί κυρώσεως του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας» (Α' 152).

3. Τις διατάξεις του άρθρου 29Α του Ν. 1558/1985 «Κυβέρνηση και Κυβερνητικά Όργανα» (Α' 137) που προστέθηκε με το άρθρο 27 του Ν. 2081/1992 (Α' 154) και αντικαταστάθηκε από το άρθρο 1, παρ. 2α του Ν. 2469/1997 (Α' 38).

4. Τις διατάξεις του Ν. 2008/1992 (Α' 11) «Κύρωση Ευρωπαϊκής Συμφωνίας για τις διεθνείς μεταφορές ευπαθών τροφίμων και για τον ειδικό εξοπλισμό που θα χρησιμοποιείται γι' αυτές τις μεταφορές (ATP) που υπογράφηκε στη Γενεύη την 1η Σεπτεμβρίου 1970» (Α' 11).

5. Την 830/1997 (Β' 839) Κοινή Απόφαση του Προεδρου του Υπουργού και του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών «Ανάθεση αρμοδιοτήτων του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών στον Υφυπουργό Μεταφορών και Επικοινωνιών».

6. Το γεγονός ότι από τις διατάξεις του διατάγματος αυτού δεν προκαλείται δαπάνη σε βάρος του κρατικού Προϋπολογισμού.

7. Την 590/1997 γνωμοδότηση του Συμβουλίου της Επικρατείας με πράξη των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Δημόσιας Τάξης και του Υφυπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών, αποφασίζουμε:

Άρθρο 1
Σκοπός

Το παρόν διάταγμα αποσκοπεί στην προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας προς τις διατάξεις της οδηγίας 96/53/ΕΚ του Συμβουλίου της 25ης Ιουλίου 1996 «σχετικά με τον καθορισμό, για ορισμένα οδικά οχήματα που κυκλοφορούν στην Κοινότητα, των μέγιστων επιτρεπόμενων διαστάσεων στις εθνικές και διεθνείς μεταφορές και των μέγιστων επιτρεπόμενων βαρών στις διεθνείς μεταφορές», που δημοσιεύθηκε στην Ελληνική γλώσσα στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στο τεύχος με αριθμό L.235 της 17.9.1996 σελ. 59 ως 75.

Άρθρο 2
Πεδίο εφαρμογής

1. Το παρόν διάταγμα εφαρμόζεται:

α) στις διαστάσεις των οχημάτων με κινητήρα των κατηγοριών Μ2, Μ3 και Ν2 και Ν3 και των ρυμουλκουμένων τους, κατηγορίας Ο3 και Ο4, όπως ορίζονται στο παράρτημα Ι του Π.Δ. 431/1983 που εκδόθηκε σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 70/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 6ης Φεβρουαρίου 1970, περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των κρατών μελών που αφορούν την έγκριση των οχημάτων με κινητήρα και των ρυμουλκουμένων τους, όπως μεταγενέστερα τροποποιήθηκε.

β) στο βάρος και σε ορισμένα άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά των οχημάτων που αναφέρονται πιο πάνω στο στοιχείο α) και καθορίζονται στο παράρτημα Ι, σημείο 2 του παρόντος διατάγματος.

2. Όλα τα βάρη, τα οποία αναφέρει το παράρτημα Ι, αποτελούν κανόνες κυκλοφορίας και επομένως αφορούν τις συνθήκες φόρτισης και όχι τα πρότυπα παραγωγής.

Άρθρο 3
Ορισμοί

Για τους σκοπούς του παρόντος διατάγματος, νοείται ως:

- «όχημα με κινητήρα», κάθε αυτοπροωθούμενο οδικό όχημα με κινητήρα,

• «ρυμουλκούμενο», κάθε όχημα που προορίζεται και είναι ζευγμένο σε όχημα με κινητήρα, εκτός από το ημιρυμουλκούμενο, και το οποίο, λόγω της κατασκευής και της διαμόρφωσής του, προορίζεται για τη μεταφορά εμπορευμάτων,

• «ημιρυμουλκούμενο», κάθε όχημα που προορίζεται να είναι ζευγμένο σε όχημα με κινητήρα με τρόπο ώστε ένα μέρος του ρυμουλκούμενου αυτού να στηρίζεται στο όχημα με κινητήρα και ένα σημαντικό μέρος του βάρους του και του βάρους του φορτίου του να αναλαμβάνεται από το εν λόγω όχημα, και το οποίο, λόγω της κατασκευής και της διαμόρφωσής του, προορίζεται για τη μεταφορά εμπορευμάτων,

• «συνδυασμός οχημάτων»:

• είτε ένας οδικός συρμός που αποτελείται από ένα όχημα με κινητήρα ζευγμένο σε ένα ρυμουλκούμενο,

• είτε ένα αρθρωτό όχημα που αποτελείται από ένα όχημα με κινητήρα ζευγμένο σε ημιρυμουλκούμενο,

• «όχημα με κλιματισμό», κάθε όχημα του οποίου οι μόνιμες ή κινητές υπερκατασκευές είναι εξοπλισμένες για τη μεταφορά εμπορευμάτων υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία, και του οποίου το πάχος κάθε πλευρικού τοιχώματος, μαζί με τη μόνωση, είναι τουλάχιστον 45 χιλιοστόμετρα.

• «λεωφορείο», κάθε όχημα που διαθέτει περισσότερες από εννέα θέσεις καθημένων, στις οποίες περιλαμβάνεται και η θέση του οδηγού, το οποίο, λόγω της κατασκευής και της διαμόρφωσής του, προορίζεται για τη μεταφορά επιβατών και των αποσκευών τους. Μπορεί να έχει ένα ή δύο ορόφους και μπορεί επίσης να σύρει ρυμουλκούμενο με αποσκευές,

• «αρθρωτό λεωφορείο», ένα λεωφορείο που αποτελείται από δύο άκαμπτα τμήματα, συνδεδεμένα μεταξύ τους με συνάρθρωση. Σε αυτόν τον τύπο οχήματος, τα διαμερίσματα των επιβατών που βρίσκονται στο καθένα από τα δύο άκαμπτα τμήματα επικοινωνούν μεταξύ τους. Η συνάρθρωση επιτρέπει την ελεύθερη κυκλοφορία των επιβατών μεταξύ των άκαμπτων τμημάτων. Η σύνδεση και αποσύνδεση των δύο αυτών τμημάτων μπορούν να γίνονται μόνο σε ένα συνεργείο.

• «μέγιστες επιτρεπόμενες διαστάσεις», οι μέγιστες διαστάσεις για τη χρησιμοποίηση οχήματος που προβλέπει το παράρτημα Ι του παρόντος διατάγματος,

• «μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος», το μέγιστο βάρος για τη χρησιμοποίηση εμφάρτου οχήματος για διεθνείς μεταφορές,

• «μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος ανά άξονα», το μέγιστο βάρος για τη χρησιμοποίηση στις διεθνείς μεταφορές, ενός εμφάρτου άξονα ή ομάδας αξόνων,

• «αδιαχώριστο φορτίο», φορτίο το οποίο, για τους σκοπούς της μεταφοράς επί της οδού, δεν μπορεί να διαχωρισθεί σε δύο ή περισσότερα φορτία, χωρίς περίπτη δαπάνη ή κίνδυνο καταστροφής και το οποίο, λόγω των διαστάσεων ή των μαζών του, δεν μπορεί να μεταφερθεί από όχημα με κινητήρα, ρυμουλκούμενο, οδικό συρμό ή αρθρωτό όχημα, το οποίο συμμορφώνεται με τις διατάξεις του παρόντος διατάγματος σε όλα τα ζητήματα,

• «τόνος», το βάρος που εξασκείται από τη μάζα ενός τόνου και αντιστοιχεί σε 9,9 kilonewtons (KN).

Όλες οι επιτρεπόμενες μέγιστες διαστάσεις που περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι του παρόντος διατάγματος μετρώνται σύμφωνα με το παράρτημα Ι του Π.Δ. 431/1983 που εκδόθηκε σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 70/156/ΕΟΚ, όπως τροποποιήθηκε, χωρίς θετικό περιθώριο ανοχής.

Άρθρο 4

1. Οι κατά περίπτωση αρμόδιες Ελληνικές Υπηρεσίες δεν αρνούνται ούτε απαγορεύουν τη χρησιμοποίηση σε Ελληνικό έδαφος:

• για διεθνείς μεταφορές, οχημάτων που έλαβαν άδεια κυκλοφορίας ή τέθηκαν σε κυκλοφορία σε άλλο κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, επικαλούμενες λόγους που αφορούν τα βάρη και τις διαστάσεις,

• για εθνικές μεταφορές, οχημάτων μεταφοράς εμπορευμάτων τα οποία έλαβαν άδεια κυκλοφορίας ή τέθηκαν σε κυκλοφορία σε άλλο κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, επικαλούμενες λόγους που αφορούν τις διαστάσεις, εφόσον τα εν λόγω οχήματα είναι σύμφωνα προς τις οριακές τιμές που αναφέρονται στο παράρτημα Ι του παρόντος διατάγματος.

Η διάταξη αυτή εφαρμόζεται ανεξάρτητα εάν:

α) τα εν λόγω οχήματα δεν πληρούν τις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας όσον αφορά ορισμένα χαρακτηριστικά σχετικά με το βάρος και τις διαστάσεις, που προβλέπονται στο παράρτημα Ι του παρόντος διατάγματος,

β) η αρμόδια αρχή του κράτους μέλους στο οποίο τα οχήματα έλαβαν άδεια κυκλοφορίας ή τέθηκαν σε κυκλοφορία, έχει επιτρέψει όρια που δεν αναφέρονται στο άρθρο 5 παράγραφος 1, μεγαλύτερα από αυτά που καθορίζονται στο παράρτημα Ι του παρόντος διατάγματος.

2. Το στοιχείο α) του δευτέρου εδαφίου της πιο πάνω παραγράφου 1 δεν επηρεάζει το δικαίωμα των Ελληνικών Αρχών να απαιτούν, λαμβάνοντας υπόψη δεόντως το κοινοτικό δίκαιο, τα οχήματα που έλαβαν άδεια κυκλοφορίας ή τέθηκαν σε κυκλοφορία στο Ελληνικό έδαφος να συμμορφώνονται προς τις εθνικές διατάξεις σχετικά με το βάρος και τις διαστάσεις που δεν καλύπτονται από το παράρτημα Ι του παρόντος διατάγματος.

3. Τα οχήματα με κλιματισμό που διενεργούν διεθνείς μεταφορές πρέπει να συνοδεύονται από έγγραφο ή πινακίδα πιστοποίησης ATP που προβλέπει η Συμφωνία της 1ης Σεπτεμβρίου 1970 σχετικά με τις διεθνείς μεταφορές ευπαθών τροφίμων και με τον ειδικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τις μεταφορές αυτές (ATP) (Ν. 2068/1992/Α΄ 11).

Η ανωτέρω υποχρέωση ισχύει και για τα οχήματα με κλιματισμό που διενεργούν εθνικές μεταφορές. Με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών καθορίζεται η ημερομηνία έναρξεως της υποχρέωσης αυτής για τα οχήματα με κλιματισμό που διενεργούν εθνικές μεταφορές.

Άρθρο 5

1. Η κυκλοφορία οχημάτων ή συνδυασμών οχημάτων που εκτελούν εθνικές εμπορευματικές μεταφορές στο ελληνικό έδαφος απαγορεύεται, εάν δεν πληρούν τα χαρακτηριστικά των σημείων 1.1, 1.2, 1.4 έως 1.8, 4.2 και 4.4 που περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι του παρόντος διατάγματος.

2. Η κυκλοφορία οχημάτων ή συνδυασμών οχημάτων που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Π.Δ. 1151/1977 και εκτελούν στο ελληνικό έδαφος εθνικές εμπορευματικές μεταφορές επιτρέπεται, έστω και αν αυτά δεν πληρούν τα χαρακτηριστικά των σημείων 1.3, 2, 3, 4.1 και 4.3 του παραρτήματος Ι του παρόντος διατάγματος.

3. Η κυκλοφορία οχημάτων ή συνδυασμών τους, τα οποία υπερβαίνουν τις μέγιστες διαστάσεις, όταν τα οχήματα αυτά ή συνδυασμοί τους μεταφέρουν ή προορίζο-

νται να μεταφέρουν αδιαχώριστα φορτία, επιτρέπεται μόνον βάσει ειδικών αδειών που εκδίδονται χωρίς διακρίσεις από τις αρμόδιες για τις οδούς υπηρεσίες και όπου θα αναγράφονται τα οδικά τμήματα διέλευσης, η ημερομηνία και ώρες πραγματοποίησης της διαδρομής ως και τα ανώτατο όριο ταχύτητας.

4. Οι αρμόδιες Ελληνικές Αρχές μπορούν να επιτρέπουν την κυκλοφορία στο έδαφός τους οχημάτων ή συνδυασμών οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εμπορευμάτων, και τα οποία εκτελούν αρισμένες εθνικές μεταφορές που δεν επηρεάζουν σημαντικά τον διεθνή ανταγωνισμό στον τομέα των μεταφορών, και των οποίων οι διαστάσεις αφίστανται εκείνων που περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι του παρόντος, σημεία 1.1, 1.2, 1.4 έως 1.8, 4.2 και 4.4.

Οι μεταφορές θεωρείται ότι δεν επηρεάζουν σημαντικά το διεθνή ανταγωνισμό στον τομέα των μεταφορών εάν πληρούται μία εκ των προϋποθέσεων που προβλέπονται στα ακόλουθα στοιχεία α) και β):

α) οι μεταφορές πραγματοποιούνται στο Ελληνικό έδαφος, από εξειδικευμένα οχήματα ή συνδυασμούς οχημάτων, υπό συνθήκες υπό τις οποίες οι εν λόγω μεταφορές δεν εκτελούνται κανονικά από οχήματα προερχόμενα από άλλα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως οι μεταφορές που συνδέονται με την εκμετάλλευση των δασών και τη δασική βιομηχανία

β) οι αρμόδιες Ελληνικές Αρχές οι οποίες επιτρέπουν να πραγματοποιούνται μεταφορές στο Ελληνικό έδαφος από οχήματα ή συνδυασμούς οχημάτων των οποίων οι διαστάσεις αφίστανται εκείνων που προβλέπει το παράρτημα Ι του παρόντος διατάγματος, επιτρέπουν επίσης τη χρήση οχημάτων με κινητήρα, ρυμουλκουμένων και ημιρυμουλκουμένων συμφώνως προς τις διαστάσεις του παραρτήματος Ι, συνδυασμένων κατά τρόπον ώστε να μπορούν να επιτύχουν τουλάχιστον το μήκος φόρτωσης που επιτρέπεται στην Ελλάδα (Π.Δ. 1161/1977/Α' 360) ώστε όλοι οι μεταφορείς να μπορούν να απολαμβάνουν ίσων συνθηκών ανταγωνισμού (προσέγγιση κατά ενότητες).

Για κάθε μεταφορά που διενεργείται σύμφωνα με μια εκ των προηγουμένων προϋποθέσεων α) και β) εκδίδεται από την αρμόδια υπηρεσία του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών απόφαση που επιτρέπει τη διενέργεια της συγκεκριμένης μεταφοράς και στην οποία αναφέρονται τα στοιχεία του οχήματος και της μεταφοράς.

Οι αρμόδιες Ελληνικές Αρχές, οι οποίες πρέπει να προσαρμόσουν την οδική υποδομή της Ελλάδας προκειμένου ναείναι σε θέση να ανταποκριθεί στην προβλεπόμενη στο στοιχείο β) προϋπόθεση, δύνανται να απαγορεύουν, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2003 το αργότερο, την κυκλοφορία στο Ελληνικό έδαφος, για εθνικές μεταφορές εμπορευμάτων, οχημάτων ή συνδυασμών οχημάτων που υπερβαίνουν τα ισχύοντα εθνικά πρότυπα όσον αφορά τις διαστάσεις, υπό την επιφύλαξη ότι η εθνική νομοθεσία συνεχίζει να εφαρμόζεται σε όλους τους κανονικούς μεταφορείς χωρίς διακρίσεις.

Οι λεπτομέρειες εφαρμογής του προηγουμένου εδαφίου της παρούσας παραγράφου καθορίζονται με Κοινή Απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών. Η απόφαση κοινοποιείται στην Επιτροπή για ενημέρωσή της.

5. Οι αρμόδιες Υπηρεσίες του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών μπορούν να επιτρέπουν σε οχήματα ή συνδυασμούς οχημάτων που ενσωματώνουν νέες τεχνολογίες ή έννοιες που δεν μπορούν να συμμορφώνονται με μία ή πλείονες απαιτήσεις του παρόντος διατάγματος, να πραγματοποιούν αρισμένες τοπικές μεταφορές για δοκιμαστική περίοδο. Οι ίδιες Υπηρεσίες πληροφορούν σχετικά την Επιτροπή.

6. Οι αρμόδιες Υπηρεσίες του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών μπορούν να επιτρέπουν σε οχήματα ή συνδυασμούς οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εμπορευμάτων και έχουν λάβει άδεια κυκλοφορίας ή τέθηκαν σε κυκλοφορία πριν από τη θέση σε εφαρμογή του παρόντος διατάγματος να κυκλοφορούν, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2006, στο Ελληνικό έδαφος με διαστάσεις που υπερβαίνουν εκείνες που αναφέρονται στο παράρτημα Ι του παρόντος διατάγματος, σημεία 1.1, 1.2, 1.4 έως 1.8, 4.2 και 4.4, λόγω της ύπαρξης διαφορετικών εθνικών διατάξεων ή μεθόδων μετρήσεως.

Άρθρο 6

Με επιφύλαξη των διατάξεων της παραγράφου 6 του άρθρου 5:

αΙ) για τους σκοπούς του άρθρου 4 του παρόντος διατάγματος, τα αρθρωτά οχήματα που τέθηκαν σε κυκλοφορία πριν από την 1η Ιανουαρίου 1991 και τα οποία δεν πληρούν τις διατάξεις των σημείων 1.6 και 4.4 του παραρτήματος Ι του παρόντος διατάγματος, θεωρείται ότι ανταποκρίνονται προς τις διατάξεις αυτές εφόσον δεν υπερβαίνουν τα συνολικό μήκος των 15,50 μέτρων.

βΙ) για τους σκοπούς του άρθρου 4 του παρόντος διατάγματος, οι οδικοί συρμοί των οποίων το όχημα με κινητήρα τέθη σε κυκλοφορία πριν από τις 31 Δεκεμβρίου 1991 και οι οποίοι δεν πληρούν τις διατάξεις των σημείων 1.7 και 1.8 του παραρτήματος Ι του παρόντος διατάγματος, θεωρείται, έως τις 31 Δεκεμβρίου 1998, ότι ανταποκρίνονται προς τις διατάξεις αυτές εφόσον δεν υπερβαίνουν το συνολικό μήκος των 18,00 μέτρων.

Άρθρο 7

Για να εξασφαλιστεί ότι τα οχήματα που αναφέρονται στο άρθρο 2 είναι σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος διατάγματος, είναι εφοδιασμένα με ένα από τα αποδεικτικά που αναφέρονται πιο κάτω στα στοιχεία α), β) και γ):

α) το συνδυασμό των εξής δύο πινακίδων:

– πινακίδα του «κατασκευαστή», η οποία καταρτίζεται και τοποθετείται σύμφωνα με το Π.Δ. 531/1983, όπως τροποποιήθηκε,

– πινακίδα για τις διαστάσεις σύμφωνα με το παράρτημα III του παρόντος διατάγματος, η οποία καταρτίζεται και τοποθετείται σύμφωνα με το Π.Δ. 531/1983, όπως τροποποιήθηκε,

β) μία και μόνη πινακίδα που καταρτίζεται και τοποθετείται σύμφωνα με το Π.Δ. 531/1983, όπως τροποποιήθηκε και που περιέχει τις πληροφορίες των δύο πινακίδων που αναφέρονται στο στοιχείο α),

γ) ένα και μόνο έγγραφο που χορηγείται από τις αρμόδιες Υπηρεσίες Μεταφορών και Επικοινωνιών των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων. Στο έγγραφο αυτό πρέπει να αναγράφονται τα ίδια στοιχεία και πληροφορίες που περιέχονται στις πινακίδες για τις οποίες γίνεται λόγος στο στοιχείο α). Το έγγραφο φυλάσσεται σε μέρος ευχερούς προσπά για τους ελέγχους και επαρκώς προστατευμένο.

2. Όταν τα χαρακτηριστικά του οχήματος δεν αντιστοιχούνται πλέον σε εκείνα που αναγράφονται στο αποδεικτικό συμμόρφωσης, οι αρμόδιες Υπηρεσίες Μεταφορών και Επικοινωνιών των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλιστεί η τροποποίηση του αποδεικτικού συμμόρφωσης.

Με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών καθορίζονται τα απαραίτητα μέτρα και οι διαδικασίες για την εφαρμογή της ανωτέρω διάταξης.

3. Οι πινακίδες και τα έγγραφα που αναφέρονται στην παράγραφο 1 του παρόντος άρθρου, αναγνωρίζονται από τις αρμόδιες Ελληνικές Αρχές ως αποδεικτικά συμμόρφωσης των οχημάτων που προβλέπονται στο παρόν διάταγμα.

4. Τα εφοδιασμένα με αποδεικτικό συμμόρφωσης οχήματα μπορούν να υποβάλλονται:

— σε δειγματοληπτικούς ελέγχους, όσον αφορά τα κοινά πρότυπα σχετικά με το βάρη,

— μόνον σε έλεγχους, όσον αφορά τα κοινά πρότυπα σχετικά με τις διαστάσεις, εφόσον υπάρχουν υπόνοιες ότι δεν είναι σύμφωνα με το παρόν διάταγμα.

5. Η κεντρική στήλη του αποδεικτικού συμμόρφωσης σχετικά με το βάρος θα αναγράφει, τις κοινοτικές τιμές που ισχύουν για το βάρος του ενιαίου οχήματος. Για τα οχήματα που αναφέρονται στο παράρτημα I του παρόντος διατάγματος, σημείο 2.2.2. στοιχείο γ), αναγράφεται εντός παρενθέσεων η ένδειξη «44t» κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος του συνδυασμού οχημάτων.

Άρθρο 8

Όπου οι ισχύουσες διατάξεις περί οδικής κυκλοφορίας περιορίζουν το βάρος ή/και τις διαστάσεις των οχημάτων σε ορισμένους δρόμους ή ορισμένα τεχνικά έργα, στο ελληνικό έδαφος, καταργούν των διατάξεων του παρόντος διατάγματος, ανεξάρτητα από το κράτος έκδοσης της άδειας κυκλοφορίας ή θέσης σε κυκλοφορία των οχημάτων αυτών.

Άρθρο 9

1. Από της ισχύος του παρόντος διατάγματος καταργούνται οι εθνικές διατάξεις που εκδόθηκαν σε συμμόρφωση προς τις οδηγίες που παρατίθενται στο παράρτημα IV μέρος Α του παρόντος διατάγματος.

2. Προστιθένται και αποτελούν αναπόσπαστα μέρη του παρόντος διατάγματος Παραρτήματα I ως V, με το ακόλουθο περιεχόμενο:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΘΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

1.	**Μέγιστες επιτρεπόμενες διαστάσεις των οχημάτων που αναφέρονται στο άρθρο 1 παράγραφος 1 στοιχείο α)**	
1.1.	Μέγιστο μήκος:	
	— Όχημα με κινητήρα	12.00 m
	— Ρυμουλκούμενο	12.00 m
	— Άρθρωτο όχημα	16.50 m
	— Οδικός συρμός	18.75 m
	— Άρθρωτο λεωφορείο	18.00 m
1.2.	Μέγιστο πλάτος:	
	α) Όχημα οποιουδήποτε τύπου	2.55 m
	β) Υπαιθριακός σχηματίων με κλειστούς	2.60 m
1.3.	Μέγιστο ύψος οχήματος οποιουδήποτε τύπου	4.00 m
1.4	Στις οποιεσδήποτε στα σημεία 1.1, 1.2, 1.3, 1.6, 1.7, 1.8 και 4.4 διαστάσεις δεν περιλαμβάνονται οι κινητήρες υπερπιεστικές και οι τοποθετούμενες συνεχώς ψαρίνες, όπου το επιτρεπόμενο βάρος	
1.5.	Κάθε όχημα με κινητήρα ή συνδυασμός οχημάτων που κινείται πρέπει το ύψος να μπορεί να μεταβάλλεται κατάλληλα ώστε η απόσταση του οχήματος από εξωτερική πλευρά 12.50 m και από εσωτερική ακτίνα 5.30 m	
1.6.	Μέγιστη απόσταση μεταξύ των άξονα του τεμαχίου τέλος του σταθερού άξονα του ημιρυμουλκούμενου	12.00 m
1.7.	Μέγιστη απόσταση μετρούμενη παράλληλα προς το διαμήκη άξονα του οδικού οχήματος από το ανώτατο εκτεθειμένο εξωτερικό σημείο του γάντζου ρυμούλκησης πλην από τα θέματα ασφάλειας ως το ανώτατο οπίσθιο εξωτερικό σημείο του ρυμουλκούμενου του συνδυασμού, χωρίς την απόσταση μεταξύ του οπισθίου άκρου του ρυμουλκούμενου και του εμπροσθίου άκρου του ρυμουλκούμενου	15.65 m
1.8.	Μέγιστη απόσταση μετρούμενη παράλληλα προς το διαμήκη άξονα του οδικού οχήματος από το ανώτατο εκτεθειμένο εξωτερικό σημείο του γάντζου ρυμούλκησης πλην από τα θέματα ασφάλειας ως το ανώτατο οπίσθιο εξωτερικό σημείο του ρυμουλκούμενου του συνδυασμού	16.40 m
2.	**Μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος οχημάτων (σε τόνους)**	
2.1.	*Όχημα που αποτελείται μόνο από δύο άξονες*	
2.1.1.	Δικάξονο ρυμουλκούμενο	18 t

2.1.2. Τριαξονικό φορτίο κατάστασης	36 t
2.2. Συνδυασμοί οχημάτων	
2.2.1. Οδικοί σύροι με τέσσερις ή πέντε άξονες	
α) Διαξονικό όχημα με κινητήριο με τριαξονικό φορτιζόμενο	40 t
β) Τριαξονικό όχημα με κινητήριο με διαξονικό ή τριαξονικό φορτιζόμενο	40 t
2.2.2. Αρθρωτά οχήματα με πέντε ή έξι άξονες	
α) Διαξονικό όχημα με κινητήριο με τριαξονικό φορτιζόμενο	40 t
β) Τριαξονικό όχημα με κινητήριο με διαξονικό ή τριαξονικό φορτιζόμενο	40 t
γ) Τριαξονικό όχημα με κινητήριο με διαξονικό ή τριαξονικό φορτιζόμενο που κλίνει σε τεχνικωνα συνδυασμένης μεταφοράς, πιστοποιημένο βάσει ΟΟΣ 40 τόνων	44 t
2.2.3. Τετραξονικοί οδικοί σύροι αποτελούμενοι από διαξονικό όχημα με κινητήριο και από διαξονικό φορτιζόμενο	36 t
2.2.4. Τετραξονικά αρθρωτά οχήματα που αποτελούνται από διαξονικό όχημα με κινητήριο και από διαξονικό φορτιζόμενο, αν η απόσταση των αξόνων του φορτιζόμενου είναι:	
2.2.4.1. Είναι ίση προς ή μεγαλύτερη από 1,3 m και ίση προς ή μικρότερη από 1,8 m	36 t
2.2.4.2. Είναι μεγαλύτερη από 1,8 m	36 t + 2 τόνοι ανάλογα με τον πραγματικό το κατώτατο επιτρεπόμενο βάρος του οχήματος με κινητήριο (18 τόνοι) και με κάτω επιτρεπόμενο βάρος του δίκτυου οδικού του τριαξονικού (20 τόνοι) και ο κινητήριος άξονας είναι εξοπλισμένος με διπλό ελαστικό και αναρτήσεις πεπιεσμένου αέρα ή αναρτήσεις αναγνωρισμένες ως ισοδύναμες προς αυτές σε κοινοτικό επίπεδο, κατά τον ορισμό του παραρτήματος II.
2.3. Οχήματα με κινητήριο	
2.3.1. Διαξονικά οχήματα με κινητήριο	18 t
2.3.2. Τριαξονικά οχήματα με κινητήριο	— 25 t — 26 τόνοι όταν ο κινητήριος άξονας είναι εξοπλισμένος με διπλό ελαστικό και αναρτήσεις πεπιεσμένου αέρα ή αναρτήσεις αναγνωρισμένες ως ισοδύναμες προς αυτές σε κοινοτικό επίπεδο, κατά τον ορισμό του παραρτήματος II, είτε σε περιπτώσεις όπου κάθε κινητήριος άξονας είναι εξοπλισμένος με διπλό ελαστικό και το μέγιστο βάρος σε κάθε άξονα δεν υπερβαίνει τους 9,5 τόνους
2.3.3. Τετραξονικά οχήματα με κινητήριο με δύο κινητήριους άξονες	32 t όταν ο κινητήριος άξονας είναι εξοπλισμένος με διπλό ελαστικό και αναρτήσεις πεπιεσμένου αέρα ή αναρτήσεις αναγνωρισμένες ως ισοδύναμες προς αυτές σε κοινοτικό επίπεδο, κατά τον ορισμό του παραρτήματος II, είτε σε περιπτώσεις όπου κάθε κινητήριος άξονας είναι εξοπλισμένος με διπλό ελαστικό και το μέγιστο βάρος σε κάθε άξονα δεν υπερβαίνει τους 9,5 τόνους
2.4. Τριαξονικά οχήματα λουφαρίσματος	36 t

3.	**Μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος ανά άξονα των οχημάτων που αναφέρονται στο άρθρο 1 παραγράφος 1 στοιχείο β) (σε τόνους)**	
3.1.	*Απλοί άξονες* Απλός μη κινητήριος άξονας	10 t
3.2.	**Δίδυμοι άξονες μηχανοκινούμενων και ημιρυμουλκούμενων** Το σύνολο του ανά άξονα βάρους των δίδυμων αξόνων δεν πρέπει να υπερβαίνει, αν η απόσταση (d) ανάμεσα στους άξονες είναι:	
3.2.1.	**Μικρότερη από 1.0 m (d < 1.0)**	11 t
3.2.2.	Ίση ή μεγαλύτερη από 1.0 m και μικρότερη από 1.3 m (1.0 m ≤ d < 1.3)	16 t
3.2.3.	Ίση ή μεγαλύτερη από 1.3 m και μικρότερη από 1.8 m (1.3 ≤ d < 1.8)	18 t
3.2.4.	Ίση ή μεγαλύτερη από 1.8 m (1.8 ≤ d)	20 t
3.3.	**Τρίδυμοι άξονες μηχανοκινούμενων και ημιρυμουλκούμενων** Το σύνολο του ανά άξονα βάρους των τριδύμων αξόνων δεν πρέπει να υπερβαίνει, αν η απόσταση (d) μεταξύ των αξόνων είναι:	
3.3.1.	**Μικρότερη ή ίση με 1.3 m (d ≤ 1.3)**	21 t
3.3.2.	**Μεγαλύτερη από 1.3 m και μικρότερη ή ίση με 1.4 m (1.3 < d ≤ 1.4)**	24 t
3.4.	Κινητήριος άξονας	
3.4.1.	Κινητήριος άξονας των οχημάτων που αναφέρονται στα σημεία 2.2.1 και 2.2.2	10.5 t
3.4.2.	Κινητήριος άξονας των οχημάτων που αναφέρονται στα σημεία 2.2.1, 2.2.4, 2.3 και 2.4	10.5 t
3.5.	**Δίδυμοι άξονες οχημάτων με κινητήριο** Το σύνολο του ανά άξονα βάρους των δίδυμων αξόνων δεν πρέπει να υπερβαίνει, αν η απόσταση (d) μεταξύ των αξόνων:	
3.5.1.	**Είναι μικρότερη από 1.0 m (d < 1.0 m)**	11.5 t
3.5.2.	Είναι ίση προς ή μεγαλύτερη από 1.0 m και μικρότερη από 1.3 m (1.0 m ≤ d < 1.3 m)	16 t
3.5.3.	**Είναι ίση προς ή μεγαλύτερη από 1.3 m και μικρότερη από 1.8 m (1.3 m ≤ d < 1.8 m)**	— 18 t — 19 t εφόσον ο κινητήριος άξονας είναι εξοπλισμένος με δυτικά ελαστικά και με αναρτήσεις πεπεσμένου αέρα ή αναρτήσεις αναγνωρισμένης ως ισοδύναμες προς αυτές σε κοινοτικό επίπεδο, κατά την έννοια του παραρτήματος II, είτε σε περίπτωση όπου κάθε κινητήριος άξονας είναι εξοπλισμένος με δυτικά ελαστικά και το μέγιστο βάρος σε κάθε άξονα δεν υπερβαίνει τους 9.5 τόνους

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π

ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ ΓΙΑ ΤΟΝ Ή ΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΙΟΥΣ ΑΞΟΝΕΣ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ

Ένα σύστημα ανάρτησης αναφέρεται ανάρτηση πεπιεσμένου αέρα, εφόσον τουλάχιστον το 75% της λειτουργίας του ως συστήματος προγραμματισμένου με σύστημα πεπιεσμένου αέρα.

2. ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ

Ένα σύστημα ανάρτησης αναπαριστάται ως ισοδύναμο προς ανάρτηση πεπιεσμένου αέρα εφόσον πληροί τα ακόλουθα:

2.1. Σε περίπτωση που η ανάρτηση μέσα σε κινούμενο ή ακίνητο οχήμα υφίσταται κατακόρυφη ελεύθερη ταλάντωση χωρίς αντίσταση, η συχνότητα και αποσβέση, μετρούμενες όταν η ανάρτηση υφίσταται το μέγιστο φορτίο της, πρέπει να περιέχονται εντός των ορίων (ανοχών) που καθορίζονται στα σημεία 2.2 έως 2.5.

2.2. Κάθε αξόνας πρέπει να φέρει υδραυλικούς αποσβεστήρες ταλαντώσεων. Στους εξόπισθεν άξονες, οι εν λόγω υδραυλικοί αποσβεστήρες πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ταλάντωση των αιωρούμενων αξόνων.

2.3. Ο μέσος συντελεστής απόσβεσης D πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το 20% της κρίσιμης απόσβεσης για ανάρτηση εφοδιασμένη με υδραυλικούς αποσβεστήρες ταλαντώσεων, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

2.4. Το μέγιστο επίπεδο απόσβεσης της ανάρτησης, όπου τρόπον παρεμβάλλεται ή έχουν τεθεί εντός λειτουργίας όλοι οι υδραυλικοί αποσβεστήρες ηρεμούσαν, πρέπει να μην υπερβαίνει τα 50% του D.

2.5. Η μέγιστη συχνότητα της αναρτημένης μάζας του οχήματος ή αιωρούμενου άξονα κατά μη αναρτημένη ελεύθερη ταλάντωση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 Hz.

2.6. Η συχνότητα και απόσβεση της ανάρτησης δίνεται στο σημείο 3 και οι διαδικασίες βαθμού για τη μέτρηση της συχνότητας και της απόσβεσης περιγράφονται στο σημείο 4.

3. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ

Ο παρών ορισμός αφορά μάζα M ίδια αναρτημένη σε κινούμενο ή ακίνητο οχήμα. Ο άξονας αυτός παρουσιάζει ανάλογη ελαστικότητα κατά την κατακόρυφη διεύθυνση ανάλογη της ελαστικότητας της οδού και της αναρτημένης μάζας, ιδίου K ανταλλάσσοντος (N m) και ανάλογου συντελεστή απόσβεσης C ανταλλάσσοντος νευτόμετρο ανά δευτερόλεπτο (N/m/s). Έστω Z η κατακόρυφη απομάκρυνση της αναρτημένης μάζας. Η εξίσωση κίνησης για την ελεύθερη ταλάντωση της μάζας αυτής είναι:

$$M\frac{d^2Z}{dt^2} + C\frac{dZ}{dt} + kZ = 0$$

Η συχνότητα της ταλάντωσης της αναρτημένης μάζας F (Hertz) είναι:

$$F = \sqrt{\frac{K}{M} - \frac{C}{4M^2}}$$

Η απόσβεση είναι κρίσιμη όταν $C = C_c$

όπου:

$$C_c = 2\sqrt{KM}$$

Ο συντελεστής απόσβεσης ως κλάσμα της κρίσιμης απόσβεσης είναι C/C_c.

Κατά την ελεύθερη μη αποσβεσμένη ταλάντωση της αναρτημένης μάζας, η κατακόρυφη κίνηση της μάζας ακολουθεί αποσβεσμένη αρμονική κυκλική (σχήμα 2). Η συχνότητα μπορεί να υπολογιστεί αν μετρηθεί ο χρόνος για έξοχες κύκλου ταλάντωσης ίσα δύνατο να συμπληρωθούν. Η απόσβεση μπορεί να υπολογιστεί αν μετρηθούν τα ύψη των διαδοχικών κορυφών της ταλάντωσης πάνω στην ίδια

4. **Συνοπτικά χαρακτηριστικά των οχημάτων που αναφέρονται στο άρθρο 1 παράγραφος 1 στοιχείο β)**

4.1. *Οχήματα κινούμενα τύπου:*

Το βάρος που φέρει ο κινητήριος άξονας ή οι κινητήριοι άξονες ενός οχήματος ή ενός συνδυασμού οχημάτων δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 25% του συνολικού βάρους του δεύτερου οχήματος ή συνδυασμού οχημάτων όταν χρησιμοποιούνται για διεθνείς μεταφορές.

4.2. *Ελάχιστο ύψος:*

Η απόσταση ανάμεσα στον οπίσθιο άξονα ενός οχήματος με κινητήριο και τον τελευταίο άξονα ενός ρυμουλκούμενου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 1,00 m.

4.3. *Μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος σε συνάρτηση με το μεταξόνιο:*

Το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος σε τόνους ενός τετραβάλβιδου οχήματος με κινητήριο δεν μπορεί να υπερβαίνει το πενταπλάσιο της απόστασης σε μέτρα μεταξύ των ακραίων αξόνων του οχήματος.

4.4. *Μηχανοκινητήριο:*

Η ωριζόντια προβολή της απόστασης μεταξύ του άξονα του πίσω ζεύγους και οποιουδήποτε σημείου του ανωδομήματος άνωθεν του ηλεκτροκινητήρα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2,04 m.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III

ΠΙΝΑΚΙΔΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΑΡΘΡΟ 6 ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ 1 ΣΤΟΙΧΕΙΟ ω)

I. Η πινακίδα φορτώσεως με τις διαστάσεις σημείωσης, σύμφωνα με μέτρο του λιμανιού, θέτεται στην πινακίδα που προβλέπεται η οδηγία 76/114/ΕΟΚ και περιλαμβάνει τις ακόλουθες ενδείξεις:

1. Όνομα του κατασκευαστή(1).
2. Αριθμό αναγνώρισης του σχεδίου(1).
3. Μήκος του σχεδίου, με κατάληξη τον χαρακτηρισμό η τον χαρακτηρισμένον (L).
4. Πλάτος του σχεδίου, με κατάληξη τον χαρακτηρισμό η τον χαρακτηρισμένον (V).
5. Στοιχεία για τη μέτρηση του μήκους του αντιπροσωπευτικού σχεδίου:
   - αποστάσεις (a) μεταξύ του κατακόρυφου μέρους του σχεδίου με κατάληξη και του κάτω μέρους του αντίστοιχου ζεύγους (πίσω ή πίσω ζεύγη) στην περίπτωση πολλών παλλόμενων σχεδίων ζεύγη, πρέπει να αναγράφονται οι ενδείξεις και οι μέγιστες τιμές (a_{max} και a_{min}).
   - αποστάσεις (b) μεταξύ του κάτω μέρους του αντίστοιχου ζεύγους του χαρακτηρισμένου εξωτερικού η του χαρακτηρισμένου εσωτερικού ζεύγους και του εσωτερικού μέρους του χαρακτηρισμένου η του χαρακτηρισμένου στην περίπτωση σχεδίου με πολλαπλά σχέδια ζεύγους πρέπει να αναγράφονται οι ενδείξεις και μέγιστες τιμές (b_{max} και b_{min}).

Το μέρος του αντιπροσωπευτικού σχεδίου υπόκειται στον τρόπο σε κατάληξη, τα χαρακτηρισμένα η τα χαρακτηρισμένα διατυπώνονται με ειδικά γράμματα.

II. Οι τιμές που αναφέρονται στο αντιπροσωπευτικό σχεδιάγραμμα πρέπει να επαναλαμβάνονται ανάλογες τα εξαρτήματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν υπεύθυνος στο σχέδιο.

(1) Οι ενδείξεις αυτές δεν χρειάζεται να επαναλαμβάνονται όταν τα στοιχεία που αναφέρονται σε μία μόνη πινακίδα που περιλαμβάνει και τα στοιχεία που αφορούν και τα βάρη και τα στοιχεία του κατόχου της έγκρισης.

κατάθεσης. Εάν τα πλάτη των κορυφών του πρώτου και του δεύτερου κύκλου της ταλάντωσης είναι A_1 και A_2 ο συντελεστής απόσβεσης D δίδεται από τη σχέση:

$$D = \frac{C}{C_c} = \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \frac{A_1}{A_2}$$

όπου «ln» είναι ο φυσικός λογάριθμος του συντελεστή πλάτους.

4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Προκειμένου να καθοριστούν με δοκιμή ο συντελεστής απόσβεσης D, ο αστατικός υπόβαθρος όπου θέλουν αναμένεται ο υπαβιστικής κρουσιμόν και η συχνότητα F της ανάρτησης, τα όχημα, εφαρμόζονται ηρέμος:

α) να οδηγηθεί σε γραμμή πορείας (3 km/h ± 1 km/h) κάτω από βυθίσεις 80 mm της ράβας η κατάσταση φόρτισης στο σχήμα 1. Η μη συνηχούσα ταλάντωση του θα υπολογιστεί με τη μέτρηση της συχνότητας και της απόσβεσης είτε κάθε ένα τουλάχιστον κάθε μάζας σε τρόπο ώστε υπάρχουν τα βιβλία

ή

β) με δονήσεις υπολογιστών στο κέντρο του, τα οποία πρέπει τα κάνει μέχρι όπου τα φορτία στην κατάσταση αξονα φτάσει σε τιμή 95% μεγαλύτερη από την τιμή του μέγιστου δυναμικού φορτίου. Τα όχημα του κάθεται πρέπει τα κάνει αλληλεπιδράσεις κρούσεις του αναλύσεις η ταλαντώσεις δεν πρόκειται

ή

γ) με δονήσεις αναστρέφουν στα κέντρο του τα οποία πρέπει τα είναι ίσες τα ίσα μέρος όπου η αντιστάσεις ελάχ τα αντιμετωπίζει πάνω 50 mm υπόβαθρο του κατάστασης αξονα. Τα όχημα του κάθεται με τον τρόπο αυτό πρώτο τα ίσα μέρη κατάστασε και ανιχνεύεται η ταλαντωση δεν πρόκειται

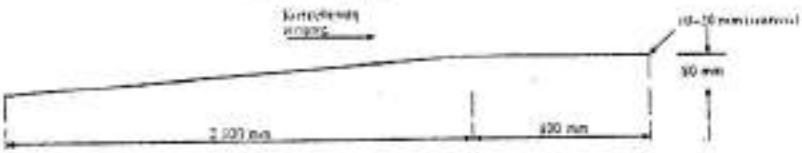
ή

δ) τα γραφεία πάλιν ειδικά δοκιμή. Τον ιστόχωρο τον υπόβαθρο η καταστατικότης έχει αποφαστεί ταυτόχρονα στην τεχνική υπηρεσία.

Στο σχήμα είναι παρουσιασμένο η δοκιμή τρόπου, κατάλληλη κατάστασης αξονα και πλαίσιο ανάλογη κάτω του κατάστασης αξονα. Τα έχει τοποθετηθεί ανάμεσα κατάστασης κατασκευαστών κατασκευάζουν. Η ανάρτηση με τον άγκυρα κάτω στο, ώστε, τα μετρηθεί τα χρόνια διάστημα μεταξύ των κορυφών της ταλάντωσης και της δεύτερης βύθισης και, εφόσον, τα υπάρξει ένα η συχνότητα F και η αστατικότητα τιμών κάτω τα πρόκειται η αποφάσεις ένα τα ίδια ύψη κάτω κατάστασης αξονα. Τρέχει τα καταστάσεων ανάλογες μεταβολών μεταξύ τιμών κατάστασης αξονα και τον πλαίσιο κάτω ένα κάτω από τον αξονα.

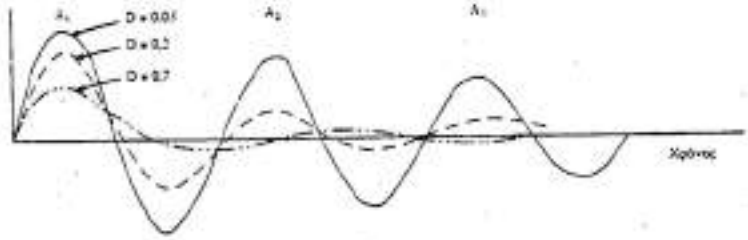
Σχήμα 1

Βυθίσεις των αξόνων για δοκιμές ανάρτησης



Σχήμα 2

Αποσβεννύμενη μη συνηχούσα ταλάντωση



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV
ΜΕΡΟΣ Α
ΚΑΤΑΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ
(που αναφέρονται στο άρθρο 9)

Οδηγία 85/3/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 19ης Δεκεμβρίου 1984 σχετικά με το βάρος, τις διαστάσεις και ορισμένα άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά ορισμένων οδικών οχημάτων και τις διαδοχικές τροποποιήσεις της:	ΠΔ 367/1989 (Α' 162)
- Οδηγία 86/360/ΕΟΚ	»
- Οδηγία 88/218/ΕΟΚ	»
- Οδηγία 89/338/ΕΟΚ	ΠΔ 237/1991 (Α' 90)
- Οδηγία 89/460/ΕΟΚ	»
- Οδηγία 89/461/ΕΟΚ	»
- Οδηγία 91/60/ΕΟΚ	»
- Οδηγία 92/7/ΕΟΚ	ΠΔ 22/1993 (Α' 7)
Οδηγία 86/364/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 24ης Ιουλίου 1986 σχετικά με το αποδεικτικό συμμόρφωσης των οχημάτων προς τις διατάξεις της Οδηγίας 85/3/ΕΟΚ σχετικά με το βάρος, τις διαστάσεις και ορισμένα άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά ορισμένων οδικών οχημάτων	Απόφαση 30228/2110/1989 του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών σε συνδυασμό με το ΠΔ 367/1989 (Α' 162)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑΣ

Παρούσα οδηγία	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Άρθρο 1 παράγραφος 1	Άρθρο 1 παράγραφος 1								
Άρθρο 1 παράγραφος 1 στοιχείο α)	—								
Άρθρο 1 παράγραφος 1 στοιχείο β)	Άρθρο 1 παράγραφος 1 στοιχείο β)								
Άρθρο 1 παράγραφος 2	Άρθρο 1 παράγραφος 2								
Άρθρο 2 υποπαράγραφοι 1-4 και 6-10					Άρθρο 1 παράγραφος 2				
Άρθρο 2 υποπαράγραφοι 5 και 11-12	—								
Άρθρο 2 τελευταία εδάφια	—								
Άρθρο 3 παράγραφος 1	—								
Άρθρο 3 παράγραφος 1 στοιχεία α) και β)	Άρθρο 3 παράγραφος 1 στοιχείο α) και β)								
Άρθρο 3 παράγραφος 2	Άρθρο 3 παράγραφος 2								
Άρθρο 3 παράγραφος 3	—								
Άρθρο 4	—								
Άρθρο 5α							Άρθρο 1 παράγραφος 1		
Άρθρο 5β								Άρθρο 1 παράγραφος 1	
Άρθρο 6 παράγραφοι 1-4			Άρθρο 1 παράγραφοι 1-4						

Παρούσα οδηγία	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Άρθρο 6 παράγραφος 3, 4			Άρθρο 3 παράγραφος 1, 2						
Άρθρο 7	Άρθρο 6								
Άρθρο 8						Άρθρο 1			
Άρθρο 9-12	–								
Άρθρο 13	Άρθρο 9								
Παράρτημα 1	Παράρτημα 1								
Σημείο 1	Σημείο 1								
Σημείο 5.4 υποπαράγραφοι 1,2,3,5								Άρθρο 1 παράγραφος 2	
Σημείο 1.1 υποπαράγραφος 4	–								
Σημείο 1.2 στοιχείο α)	–								
Σημείο 1.2 στοιχείο β)	–			Άρθρο 4 παράγραφος 2 στοιχείο β)					
Σημείο 1.4 έως 1.5	Σημείο 1.5 έως 1.5								
Σημείο 1.6							Άρθρο 4 παράγραφος 3		
Σημείο 1.7								Άρθρο 1 παράγραφος 3	
Σημείο 1.8	–								
Σημείο 2.2.2.4 στοιχείο β)	Σημείο 2.2.2.4 στοιχείο β)								
Σημείο 2.2.2 στοιχείο α) και γ)	Σημείο 2.2.2 στοιχείο α) και γ)								
Σημείο 2.2.3 έως 2.2.4.1					Άρθρο 1 παράγραφος 5 στοιχείο β)				
Σημείο 2.2.4.2									Άρθρο 1 παράγραφος 1 στοιχείο α)

Περιεχόμενο οδηγίας	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Σημείο 2.3 έως 2.3.1					Άρθρο 1 παράγραφος 5 στοιχείο γ)				
Σημείο 2.3.2 και 2.3.3									Άρθρο 1 παράγραφος 1 στοιχεία β) και γ)
Σημείο 2.4.					Άρθρο 1 παράγραφος 5 στοιχείο γ)				
Σημείο 3 έως 3.1.2	Σημείο 3 έως 3.1.2								
Σημείο 3.4 και 3.4.1		Άρθρο 1 παράγραφος 3							
Σημείο 3.4.1 έως 3.5.2					Άρθρο 1 παράγραφος 5 στοιχείο δ)				
Σημείο 3.5.3									Άρθρο 1 παράγραφος 1 στοιχείο δ)
Σημείο 4 και 4.2	Σημείο 4 και 4.2								
Σημείο 4.3					Άρθρο 1 παράγραφος 5 στοιχείο ε)				
Σημείο 4.4							Άρθρο 1 παράγραφος 4		
Παράρτημα II									Παράρτημα III
Παράρτημα III			Παράρτημα						

Αρθρο 10

Η ισχύς του παρόντος διατάγματος αρχίζει από τη δημοσίευσή του στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Στον Υφυπουργό Μεταφορών και Επικοινωνιών αναθέτουμε τη δημοσίευση και εκτέλεση του παρόντος Διατάγματος.

Αθήνα, 26 Μαρτίου 1998

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΠΟΥΛΟΣ

Ο ΚΥΒΕΡΝΗΤΗΣ

ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΓΙΑΝΝΟΣ ΠΑΠΑΝΤΩΝΙΟΥ

ΥΠΟΥΡΓΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΚΩΣΤΑΣ ΛΑΛΙΩΤΗΣ

ΥΦΥΠΟΥΡΓΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΛΟΥΚΑΙΚΗΣ

ΑΠΟ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ

Παράρτημα Δ

Διαστάσεις οχημάτων σχεδιασμού σύμφωνα με τις:

- **Αμερικάνικες οδηγίες Geometric Design of Highways & Streets – AASHTO 2011**
- **Αυστραλιανές οδηγίες 2009**

Τύπος οχήματος σχεδιασμού	Διαστάσεις (m)												
	Σύνολο				Επίπεδη		WB1	WB2	S	T	WB3	WB4	Τυπικός κώρος από το κέντρο του πίσω παράλληλου άξονα
	Συμβολισμός	Ύψος	Πλάτος	Μήκος	Εμπρός	Πίσω							
Επιβατικό όχημα	P	1.30	2.13	5.79	0.61	1.52	3.35	-	-	-	-	-	-
Μεμονωμένο φορτηγό	SU-9	3.35-4.11	2.44	9.14	1.22	1.83	6.10	-	-	-	-	-	-
Μεμονωμένο φορτηγό (3 άξονες)	SU-12	3.35-4.11	2.44	12.04	1.22	3.20	7.62	-	-	-	-	-	-
Υπεραστικό λεωφορείο	BUS-12, BUS-14	3.66, 3.66	2.59, 2.59	12.36, 13.86	1.93, 1.89	2.73a, 2.73b	7.70, 8.69	-	-	-	-	-	-
Λεωφορείο μεταφοράς εντός πόλης	CITY-BUS	3.20	2.59	12.19	2.13	2.44	7.62	-	-	-	-	-	-
Σημβατικό σχολικό λεωφορείο (65 επιβάτες)	S-BUS 11	3.20	2.44	10.91	0.79	3.66	6.49	-	-	-	-	-	-
Μεγάλο σχολικό λεωφορείο (84 επιβάτες)	S-BUS 12	3.20	2.44	12.19	2.13	3.96	6.10	-	-	-	-	-	-
Αρθρωτό Λεωφορείο	A-BUS	3.35	2.59	18.29	2.62	3.05	6.71	5.91	1.88b	4.02b	-	-	-
Φορτηγό με επικαθήμενο	WB-12	4.11	2.44	13.87	0.61	1.37a	3.81	7.77	-	-	-	-	7.77
Διακρατικό φορτηγό με επικαθήμενο	WB-19*	4.11	2.59	21.03	1.22	1.37a	5.94	12.50	-	-	-	-	12.50
Διακρατικό φορτηγό με επικαθήμενο	WB-20**	4.11	2.59	22.40	1.22	1.37a	5.94	13.87	-	-	-	-	13.87
Διακρατικό φορτηγό με δύο επικαθήμενα	WB-20D	4.11	2.59	22.04	0.71	0.91	3.35	7.01	0.91c	2.13c	6.86	-	7.01
Διακρατικό φορτηγό με δύο επικαθήμενα τύπου Rocky Mountain	WB-28D	4.11	2.59	25.67	0.71	0.91	5.33	12.19	1.37	2.13c	6.86	-	12.34
Συνδυασμός τριών επικαθήμενων	WB-30T	4.11	2.59	31.94	0.71	0.91	3.35	6.86	0.91d	2.13c	6.86	6.86	7.01
Διακρατικό φορτηγό με δύο επικαθήμενα τύπου Turnpike	WB-33D*	4.11	2.59	34.75	0.71	1.37a	3.72	12.19	1.37a	3.05e	12.19		12.34
Τροχόσπιτο αυτοκινούμενο	MH	3.66	2.44	9.14	1.22	1.83	6.10	-	-	-	-	-	-
Επιβατικό και τροχόσπιτο μη αυτοκινούμενο	P/T	3.05	2.44	14.84	0.51	3.66	3.35	-	1.52	-	-	-	-
Επιβατικό και τρέιλερ σκάφους	P/B	-	2.44	12.80	0.51	2.44	3.35	-	1.52	-	-	-	-
Τροχόσπιτο αυτοκινούμενο και τρέιλερ σκάφους	MH/B	3.66	2.44	16.15	1.22	2.44	6.10	-	1.81	-	-	-	-

Εφόσον τα οχήματα κατασκευάζονται με βάση τις συνήθεις διαστάσεις των Ηνωμένων Πολιτειών και για κι παρέχουν μόνο ένα φυσικό μέγεθος για κάθε όχημα σχεδιασμού, το μεγέθη που φαίνονται στα σκαριφήματα των οχημάτων σχεδιασμού έχουν μετατραπεί κλάσματα από τα μεγέθη που φαίνονται σε feet και στη συνέχεια έχουν στρογγυλοποιηθεί στο πλησιέστερο δεκαδικό του μέτρου.

* Όχημα σχεδιασμού με επικαθήμενο 16.63m όπως έχει ανιθετήθεις το 1982 από τον Surface Transportation Assistance Act (STAA)

**Όχημα σχεδιασμού με επικαθήμενο 16.15m όπως καταχωρήθηκε το 1982 από την Surface Transportation Assistance Act (STAA)

a Πρόκειται για το μήκος την πρακτικής του πίσω άξονα του παράλληλα συνδεδεμένου άξονα

b Ο συνδυασμός διαστάσεων είναι 5.91m και το αρθρωτό τμήμα έχει πλάτος 1.22 m

c Ο συνδυασμός διαστάσεων είναι συνήθως 3.05 m

d Ο συνδυασμός διαστάσεων είναι συνήθως 1.05 m

e Ο συνδυασμός διαστάσεων είναι συνήθως 3.81 m

WB1, WB2, WB3 και **WB4** είναι τα μεταβλητά οχήματα που είναι σε κηφί, ή οι αποστάσεις ενάμισι σε ομάδες αξόνων, ξεκινώντας από εμπρός που λειτουργούν προς το πίσω μέρος κάθε οχήματος

S πρόκειται για την απόσταση από τον πίσω λειτουργό άξονα στο σημείο πρόσδεσης ή το σημείο άρθρωσης

T πρόκειται για την απόσταση από το σημείο πρόσδεσης ή το σημείο άρθρωσης υπολογιζόμενο πίσω από το κέντρο του επάνω άξονα ή από το κέντρο του παράλληλου άξονα με τον οποίο συνδέεται

Πίνακας ΠΔ.1 Διαστάσεις οχημάτων σχεδιασμού σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες (m)

Διαστάσεις (ft)													
Τύπος οχήματος σχεδιασμού	Σύναλο				Εκίσταση		WB1	WB2	S	T	WB3	WB4	Τυπικός πείρας από το κέντρο του πίσω παράλληλου άξονα
	Συμβολισμός	Ύψος	Πλάτος	Μήκος	Εμπρός	Πίσω							
Επιβατικό όχημα	P	4.3	7.0	19.0	3.0	5.0	11.0	-	-	-	-	-	-
Μεμονωμένο φορτηγό	SU-30	11.0-13.5	8.0	30.0	4.0	6.0	20.0	-	-	-	-	-	-
Μεμονωμένο φορτηγό (3 άξονες)	SU-40	11.0-13.5	8.0	39.5	4.0	10.5	25.0	-	-	-	-	-	-
Υπεραστικό Λεωφορείο	BUS-40, BUS-45	12.0, 12.0	8.5, 8.5	40.5, 45.5	6.3, 6.2	9.0a, 9.0b	25.3, 28.5	-	-	-	-	-	-
Λεωφορείο μεταφοράς εντός πόλης	CITY-BUS	10.5	8.5	40	7.0	8.0	25.0	-	-	-	-	-	-
Συμβατικό σχολικό λεωφορείο (65 επιβάτες)	S-BUS 36	10.5	8.0	35.8	2.5	12.0	21.3	-	-	-	-	-	-
Μεγάλο σχολικό λεωφορείο (84 επιβάτες)	S-BUS 40	10.5	8.0	40	7.0	13.0	20.0	-	-	-	-	-	-
Αρθρωτό λεωφορείο	A-BUS	11.0	8.5	60	8.6	10.0	22.0	19.4b	6.2b	13.2b	-	-	-
Φορτηγό με επικαθήμενο	WB-40	13.5	8.0	45.5	3.0	4.5a	12.5	25.5	-	-	-	-	25.5
Διακρατικό φορτηγό με επικαθήμενο	WB-62*	13.5	8.5	69.0	4.0	4.5a	19.5	41.0	-	-	-	-	41.0
Διακρατικό φορτηγό με επικαθήμενο	WB-67**	13.5	8.5	71.5	4.0	4.5a	19.5	45.5	-	-	-	-	45.5
Διακρατικό φορτηγό με δύο επικαθήμενα	WB-67D	13.5	8.5	72.3	2.3	3.0	11.0	23.0	3.0c	7.0c	22.5	-	23.0
Διακρατικό φορτηγό με δύο επικαθήμενα τύπου Rocky Mountain	WB-92D	13.5	8.5	97.3	2.3	3.0	17.5	40.0	4.5	7.0	22.5	-	40.5
Συνδυασμός τριών επικαθημένων	WB-108T	13.5	8.5	104.8	2.3	3.0	11.0	22.5	3.0d	7.0d	22.5	22.5	23.0
Διακρατικό φορτηγό με δύο επικαθήμενα τύπου Turnpike	WB-109D*	13.5	8.5	114.0	2.3	4.5a	12.2	40.0	4.5e	10.0e	40.0		40.5
Τροχόσπιτο αυτοκινούμενο	MH	12.0	8.0	30.0	4.0	6.0	20.0	-	-	-	-	-	-
Επιβατικό και τροχόσπιτο μη αυτοκινούμενο	P/T	10.0	8.0	48.7	3.0	12.0	11.0	-	5.0	17.7	-	-	-
Επιβατικό και τρέιλερ σκάφους	P/B	-	8.0	42.0	3.0	8.0	11.0	-	5.0	15.0	-	-	-
Τροχόσπιτο αυτοκινούμενο και τρέιλερ σκάφους	MH/B	12.0	8.0	53.0	4.0	8.0	20.0	-	6.0	15.0	-	-	-

* Όχημα σχεδιασμού με επικαθήμενο 48.0 ft όπως έχει τροποποιηθεί το 1982 από την Surface Transportation Assistance Act (STAA)

**Όχημα σχεδιασμού με επικαθήμενο 53.0 ft όπως καταχωρήθηκε το 1982 από την Surface Transportation Assistance Act (STAA)

a Πρόκειται για το μήκος την προεξοχής του πίσω άξονα του παράλληλα συνδεδεμένου άξονα

b Ο συνδυασμός διαστάσεων είναι 19.4ft και το αρθρωτό τμήμα έχει πλάτος 4.0 m

c Ο συνδυασμός διαστάσεων είναι συνήθως 10.0 ft

d Ο συνδυασμός διαστάσεων είναι συνήθως 10.0 ft

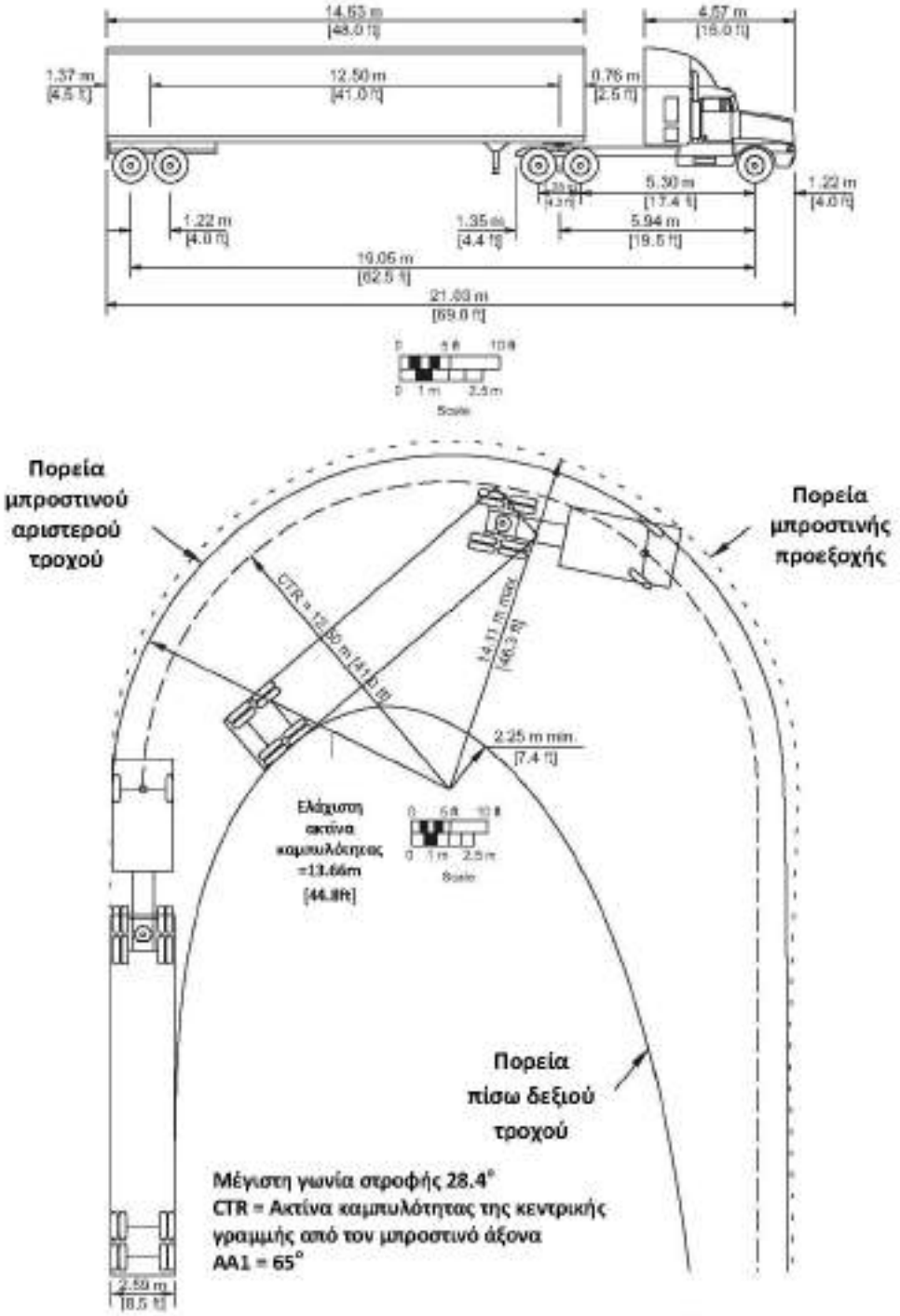
e c Ο συνδυασμός διαστάσεων είναι συνήθως 12.5 ft

WB1, WB2, WB3 και **WB4** είναι τα μεταξύνα οχημάτων που είναι σε χρή, ή οι αποστάσεις ανάμεσα σε ομάδες αξόνων, ξεκινώντας από εμπρός που λειτουργούν προς το πίσω μέρος κάθε οχήματος

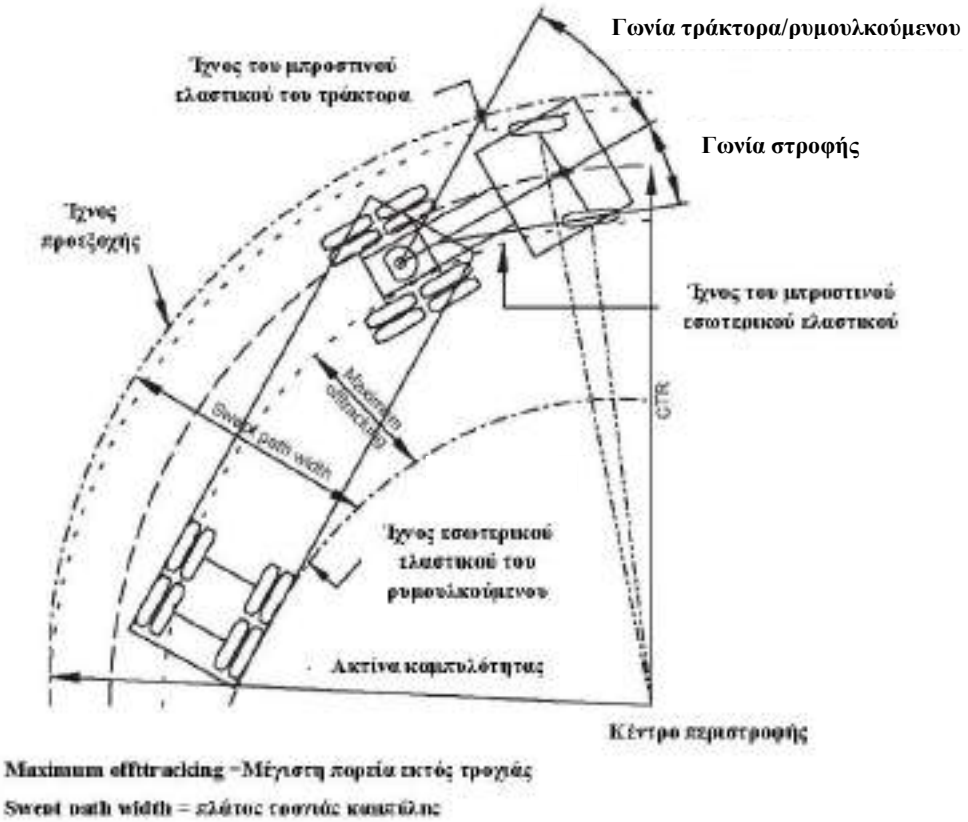
S πρόκειται για την απόσταση από τον πίσω λειτουργικό άξονα στο σημείο πρόσδεσης ή το σημείο άρθρωσης

T πρόκειται για την απόσταση από το σημείο πρόσδεσης ή το σημείο άρθρωσης υπολογιζόμενο πίσω από το κέντρο του εμπρόσθιου άξονα ή από το κέντρο του παράλληλου άξονα με τον οποίο συνδέεται

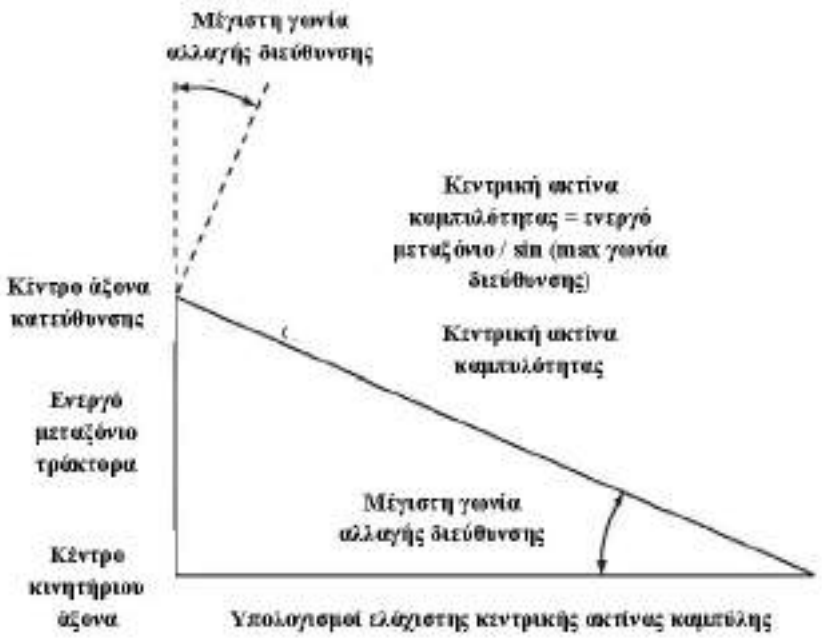
Πίνακας ΠΔ.2 Διαστάσεις οχημάτων σχεδιασμού σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες (ft)



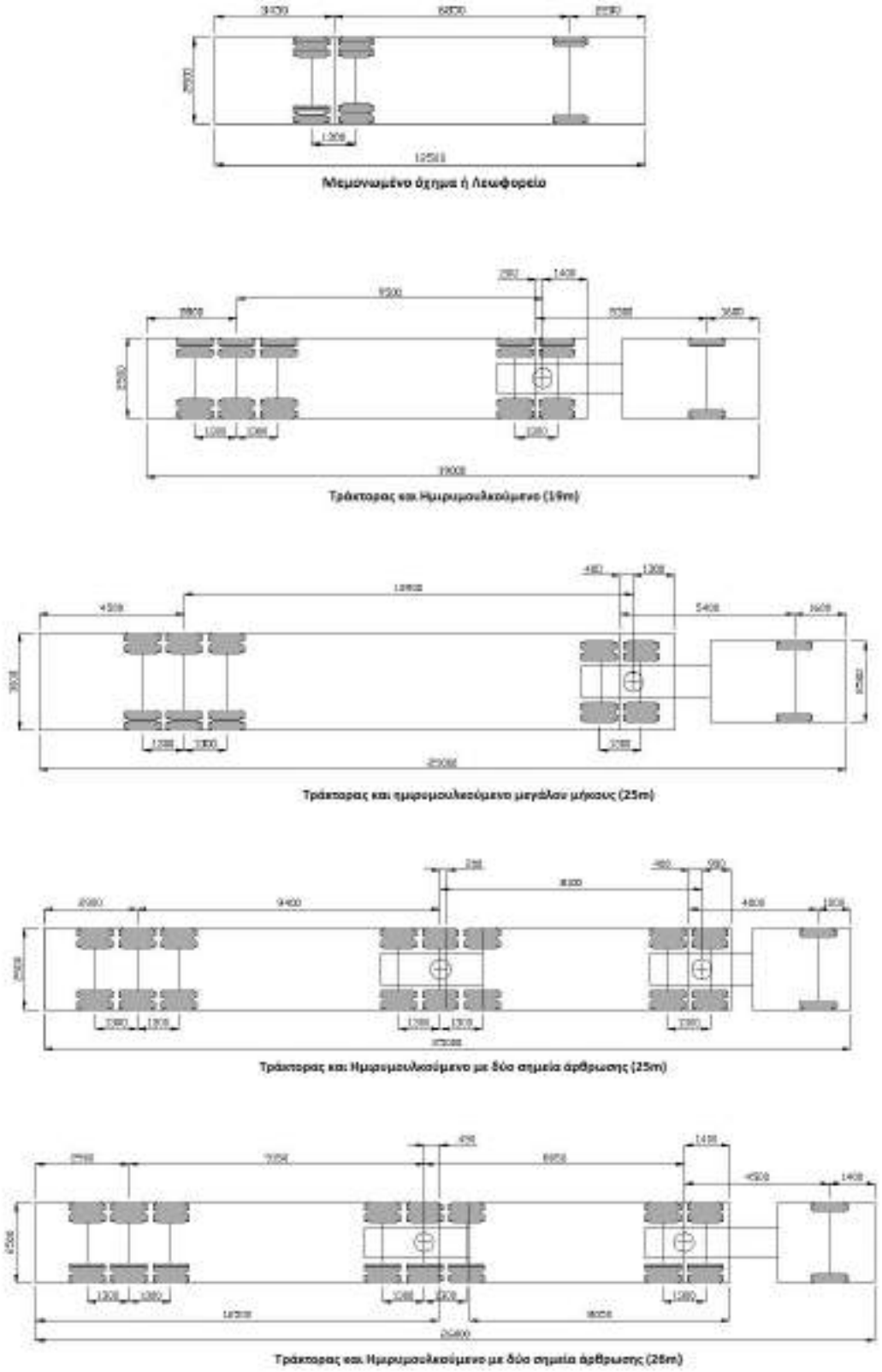
Σχήμα ΠΔ.1 Ελάχιστο πλάτος τροχιάς διαπολιτειακού ημιρυμουλκούμενου οχήματος σχεδιασμού σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες



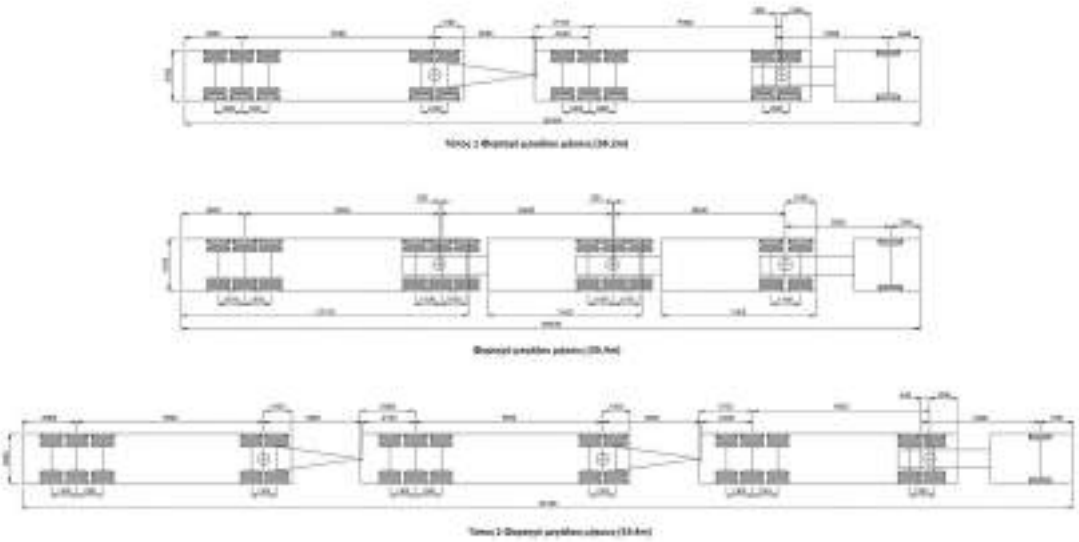
Σχήμα ΠΔ.2 Χαρακτηριστικά καμπύλης για συνδυασμό τυπικού φορτηγού τράκτορα-ρυμουλκούμενου σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες



Σχήμα ΠΔ.3 Υπολογιστική μέθοδος για τον προσδιορισμό της κεντρικής ακτίνας καμπυλότητας για συνδυασμό τυπικού φορτηγού τράκτορα-ρυμουλκούμενου σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες



Σχήμα ΠΔ.4 Οχήματα σχεδιασμού σύμφωνα με τις Αυστραλιανές οδηγίες



Σχήμα ΠΔ.5 Οχήματα σχεδιασμού σύμφωνα με σύμφωνα με τις Αυστραλιανές οδηγίες

Παράρτημα Ε

i. Παρουσίαση προγραμμάτων σχεδίασης σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN - Ανακάμπτων ελιγμός – συμμετρικά τόξα συναρμογής

ii. Παρουσίαση προγραμμάτων σχεδίασης σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN - Ανακάμπτων ελιγμός – ασύμμετρα τόξα συναρμογής

iii. Παρουσίαση προγραμμάτων σχεδίασης σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN - Vehicle Turn

i. Ανακάμπτων ελιγμός – συμμετρικά τόξα συναρμογής

```
                                    ELIGMOS.FOR
c*********************************************************************
c
c     ELIGMOS.FOR
c
c     ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ - ΒΑΣΙΛΕΙΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ
c
c*********************************************************************

c---------------------------------------------------------------------
      program eligmos
c---------------------------------------------------------------------

c---------------------------------------------------------------------
c     FILES
c---------------------------------------------------------------------
      character*25 fminp
      character*25 fmout
      character*25 fmhor

c---------------------------------------------------------------------
c     LINES
c---------------------------------------------------------------------
      real*8      x1,y1             ! Line 1
      real*8      x2,y2             ! Line 1
      real*8      x3,y3             ! Line 2
      real*8      x4,y4             ! Line 2
      real*8      a1                ! Slope of Line 1
      real*8      a2                ! Slope of Line 2
      real*8      b1                ! Extra Sum for Line 1
      real*8      b2                ! Extra Sum for Line 2

      real*8      xk,yk             ! Lines Intersection

      real*8      rd                ! Radius
      real*8      ap                ! Clothoid Parametre
      real*8      lc                ! Length of Clothoid
      real*8      t                 ! Angle of Clothoid
      real*8      x                 ! Length of A-Ωp
      real*8      y                 ! Length of Ωp-Ω
      real*8      xmao              ! Length of A-O
      real*8      dr                ! Displacement of Circle

      real*8      xm,ym             ! Center of Circle
      real*8      d13               ! Length of 1-3
      real*8      d3k               ! Length of 3-k
      real*8      d1k               ! Length of 1-k
      real*8      d5k               ! Length of 5-k
      real*8      d6k               ! Length of 6-k
      real*8      cosg              ! Angle of Lines 1 - 2
      real*8      sing              ! Angle of Lines 1 - 2
      real*8      g                 ! Angle of Lines 1 - 2
      real*8      x5                ! Point on Line 2
      real*8      y5                ! Point on Line 2
      real*8      x6                ! Point on Line 1
      real*8      y6                ! Point on Line 1
      real*8      z3                ! Slope of Line 3
      real*8      z4                ! Slope of Line 4
      real*8      b3                ! Extra Sum for Line 3
      real*8      b4                ! Extra Sum for Line 4

      real*8      a5                ! Slope of Line 5
      real*8      a6                ! Slope of Line 6
      real*8      q5                ! Extra Sum for Line 5
      real*8      q6                ! Extra Sum for Line 6

      real*8      xo1               ! Intersection of Lines 5 - 1
      real*8      yo1               ! Intersection of Lines 5 - 1
                                      Page 1
```

```
                                        ELIGMOS.FOR
      real*8      xo2                    ! Intersection of Lines 6 - 2
      real*8      yo2                    ! Intersection of Lines 6 - 2

      real*8      dko1                   ! Length of K-O1
      real*8      dko2                   ! Length K-O2

      real*8      ka1                    ! Length of k-a1
      real*8      ka2                    ! Length of k-a2
      real*8      xa1                    ! Start point Clothoid Line1
      real*8      ya1                    ! Start point Clothoid Line1
      real*8      xa2                    ! Start point Clothoid Line2
      real*8      ya2                    ! Start point Clothoid Line2

      real*8      xwp1                   ! Projection End point Cloth L1
      real*8      ywp1                   ! Projection End point Cloth L1
      real*8      xwp2                   ! Projection End point Cloth L2
      real*8      ywp2                   ! Projection End point Cloth L2

      real*8      d7k                    ! Length of 7-k
      real*8      d8k                    ! Length of 8-k
      real*8      z7                     ! Slope of Line 7
      real*8      z8                     ! Slope of Line 8
      real*8      b7                     ! Extra Sum for Line 7
      real*8      b8                     ! Extra Sum for Line 8
      real*8      x7                     ! Point on Line 1
      real*8      y7                     ! Point on Line 1
      real*8      x8                     ! Point on Line 2
      real*8      y8                     ! Point on Line 2

      real*8      a9                     ! Slope of Line 9
      real*8      a10                    ! Slope of Line 10
      real*8      q9                     ! Extra Sum for Line 9
      real*8      q10                    ! Extra Sum for Line 10

      real*8      xw1                    ! End point of Clothoid Line1
      real*8      yw1                    ! End point of Clothoid Line1
      real*8      xw2                    ! End point of Clothoid Line2
      real*8      yw2                    ! End point of Clothoid Line2

      real*8      dkm                    ! Length of K-m

      real*8      xd                     ! Intersection of Line 11 - Circle

      real*8      a11                    ! Slope of Line 11
      real*8      z11                    ! Extra Sum for Line 11
      real*8      yd                     ! Intersection of Line 11 - Circle

      real*8      a12                    ! Slope of Line 12
      real*8      q12                    ! Extra Sum for Line 12

      real*8      xd1                    ! Intersection of Lines 12 - 1
      real*8      yd1                    ! Intersection of Lines 12 - 1
      real*8      xd2                    ! Intersection of Lines 12 - 2
      real*8      yd2                    ! Intersection of Lines 12 - 2

c-----------------------------------------------------------------------
c     START PROGRAM
c-----------------------------------------------------------------------
      write(*,'(80(''-''))')
      write(*,'('' Eligmos'')')

c-----------------------------------------------------------------------
c     FM.INP
c-----------------------------------------------------------------------
      fminp='fm.inp'
      open(1,file=fminp,status='unknown')
      read(1,*) x1,y1,x2,y2
      read(1,*) x3,y3,x4,y4
                                        Page 2
```

```
                                    ELIGMOS.FOR
      read(1,*) rd, ap
      close (1)

c-----------------------------------------------------------------------
c     INTERSECTION OF 2 LINES
c-----------------------------------------------------------------------
      a1=(y2-y1)/(x2-x1)
      a2=(y4-y3)/(x4-x3)
      xk=(y1-y3+a2*x3-a1*x1)/(a2-a1)
      yk=y1+a1*(xk-x1)
      b1=y1-x1*a1
      b2=y3-x3*a2
      write(*,'(80(''-''))')
      write(*,'(''   a1='',2f12.3)') a1
      write(*,'(''   a2='',2f12.3)') a2
      write(*,'(''   b1='',2f12.3)') b1
      write(*,'(''   b2='',2f12.3)') b2
      write(*,'(''  XY TOMHS '',2f12.3)') xk,yk

c-----------------------------------------------------------------------
c     CIRCLE PARAMETRES
c-----------------------------------------------------------------------
      lc=ap*ap/rd
      write(*,'(''   lc='',f12.3)') lc
      t=lc/(2*rd)
      write(*,'(''   t ='',f12.3)') t
      x =lc-(lc**3)/(40*rd**2)+(lc**5)/(3456*rd**5)
      write(*,'(''   x ='',f12.3)') x
      y=(lc**2)/(6*rd)-(lc**4)/(336*rd**3)+(lc**6)/(4220*rd**5)
      write(*,'(''   y ='',f12.3)') y
      xmao=x-rd*sin(t)
      write(*,'('' xmao='',f12.3)') xmao
      dr=y-rd*(1-cos(t))
      write(*,'(''   dr='',f12.3)') dr

c-----------------------------------------------------------------------
c     CENTER OF CIRCLE
c-----------------------------------------------------------------------
      d3k=((xk-x3)**2+(yk-y3)**2)**0.5
      write(*,'(''   d3k= '',f12.3)') d3k
      d13=((x3-x1)**2+(y3-y1)**2)**0.5
      write(*,'(''   d13= '',f12.3)') d13
      d1k=((xk-x1)**2+(yk-y1)**2)**0.5
      write(*,'(''   d1k= '',f12.3)') d1k
      cosg=(d3k**2+d1k**2-d13**2)/(2*d3k*d1k)
      write(*,'(''   cosg='',f12.3)') cosg
      g=acos(cosg)*200/3.14159265
      write(*,'(''   g(rad)='',f12.3)') g
      sing=(1-cosg**2)**0.5
      write(*,'(''   sing='',f12.3)') sing
      d5k=(rd+dr)/sing
      write(*,'(''   d5k='',f12.3)') d5k
      x5=(d3k*xk+d5k*x3-d5k*xk)/d3k
      write(*,'(''   x5='',f12.3)') x5
      y5=a2*x5+b2
      write(*,'(''   y5='',f12.3)') y5
      d6k=d5k
      write(*,'(''   d6k='',f12.3)') d6k
      x6=(d1k*xk+d6k*x1-d6k*xk)/d1k
      write(*,'(''   x6='',f12.3)') x6
      y6=a1*x6+b1
      write(*,'(''   y6='',f12.3)') y6
      z3=a1
      write(*,'(''   z3='',f12.3)') z3
      b3=y5-x5*z3
      write(*,'(''   b3='',f12.3)') b3
      z4=a2
      write(*,'(''   z4='',f12.3)') z4
                                    Page 3
```

ELIGMOS.FOR

```
      b4=y6-x6*z4
      write(*,'('' b4='',f12.3)') b4
      xm=(b4-b3)/(z3-z4)
      write(*,'('' xm='',f12.3)') xm
      ym=z3*xm+b3
      write(*,'('' ym='',f12.3)') ym
c-----------------------------------------------------------------------
c     LINES VERTICAL TO LINE 1 AND LINE 2 THAT CROSSES m
c-----------------------------------------------------------------------
      a5=-1/a1
      write(*,'('' a5='',f12.3)') a5
      a6=-1/a2
      write(*,'('' a6='',f12.3)') a6
      q5=ym-a5*xm
      write(*,'('' q5='',f12.3)') q5
      q6=ym-a6*xm
      write(*,'('' q6='',f12.3)') q6
c-----------------------------------------------------------------------
c     INTERSECTION OF LINE 1 WITH LINE 5 AND LINE 3 WITH LINE 6, O
c-----------------------------------------------------------------------
      xo1=(b1-q5)/(a5-a1)
      write(*,'('' xo1='',f12.3)') xo1
      yo1=a1*xo1+b1
      write(*,'('' yo1='',f12.3)') yo1
      xo2=(b2-q6)/(a6-a2)
      write(*,'('' xo2='',f12.3)') xo2
      yo2=a2*xo2+b2
      write(*,'('' yo2='',f12.3)') yo2
c-----------------------------------------------------------------------
c     LENGTH KO
c-----------------------------------------------------------------------
      dko1=((xo1-xk)**2+(yo1-yk)**2)**0.5
      write(*,'('' dko1='',f12.3)') dko1
      dko2=((xo2-xk)**2+(yo2-yk)**2)**0.5
      write(*,'('' dko2='',f12.3)') dko2
c-----------------------------------------------------------------------
c     START POINT OF CLOTHOID
c-----------------------------------------------------------------------
      ka1=dko1-xmao
      write(*,'('' ka1='',f12.3)') ka1
      ka2=dko2-xmao
      write(*,'('' ka2='',f12.3)') ka2
      xa1=xk+(ka1/dko1)*(xo1-xk)
      write(*,'('' xa1='',f12.3)') xa1
      ya1=a1*xa1+b1
      write(*,'('' ya1='',f12.3)') ya1
      xa2=xk+(ka2/dko2)*(xo2-xk)
      write(*,'('' xa2='',f12.3)') xa2
      ya2=a2*xa2+b2
      write(*,'('' ya2='',f12.3)') ya2
c-----------------------------------------------------------------------
c     PROJECTION OF THE END POINT OF CLOTHOID
c-----------------------------------------------------------------------
      xwp1=xa1-(x*(xa1-xo1)/xmao)
      write(*,'('' xwp1='',f12.3)') xwp1
      ywp1=xwp1*a1+b1
      write(*,'('' ywp1='',f12.3)') ywp1
      xwp2=xa2-(x*(xa2-xo2)/xmao)
      write(*,'('' xwp2='',f12.3)') xwp2
      ywp2=xwp2*a2+b2
      write(*,'('' ywp2='',f12.3)') ywp2
```

Page 4

```
                                    ELIGMOS.FOR
c-----------------------------------------------------------------------
c     PARALLEL LINES TO LINE 1 AND LINE 2 DISTANCE=y
c-----------------------------------------------------------------------
      d7k=y/sing
      write(*,'(''  d7k='',f12.3)') d7k
      x8=xk-(d8k/d3k)*(xk-x3)
      write(*,'(''   x7='',f12.3)') x8
      y8=a2*x7+b2
      write(*,'(''   y7='',f12.3)') y8
      d8k=d7k
      write(*,'(''  d8k='',f12.3)') d8k
      x7=xk-(xk-x1)*(d7k/d1k)
      write(*,'(''   x8='',f12.3)') x7
      y7=a1*x8+b1
      write(*,'(''   y8='',f12.3)') y7
      z7=a1
      write(*,'(''   z7='',f12.3)') z7
      b7=y7-x7*z7
      write(*,'(''   b7='',f12.3)') b7
      z8=a2
      write(*,'(''   z8='',f12.3)') z8
      b8=y8-x8*z8
      write(*,'(''   b8='',f12.3)') b8

c-----------------------------------------------------------------------
c     LINES VERTICAL TO LINE 1 AND LINE 2 THAT CROSSES wp
c-----------------------------------------------------------------------
      a9=-1/a1
      write(*,'(''   a9='',f12.3)') a9
      q9=ywp1-a9*xwp1
      write(*,'(''   q9='',f12.3)') q9
      a10=-1/a2
      write(*,'(''  a10='',f12.3)') a10
      q10=ywp2-a10*xwp2
      write(*,'(''  q10='',f12.3)') q10

c-----------------------------------------------------------------------
c     INTERSECTION OF LINEA 7-9 AND LINES 8-10
c-----------------------------------------------------------------------
      xw1=(q9-b7)/(z7-a9)
      write(*,'(''  xw1='',f12.3)') xw1
      yw1=a9*xw1+q9
      write(*,'(''  yw1='',f12.3)') yw1
      xw2=(q10-b8)/(z8-a10)
      write(*,'(''  xw2='',f12.3)') xw2
      yw2=a10*xw2+q10
      write(*,'(''  yw2='',f12.3)') yw2

c-----------------------------------------------------------------------
c     LENGTH KM
c-----------------------------------------------------------------------
      dkm=((xm-xk)**2+(ym-yk)**2)**0.5
      write(*,'(''  dkm='',f12.3)') dkm

c-----------------------------------------------------------------------
c     POINT D   ON LINE A AND LINE 2
c-----------------------------------------------------------------------
      xd=xk-((xk-xm)/dkm)*(dkm+rd)
      write(*,'(''   xd='',f12.3)') xd

c-----------------------------------------------------------------------
c     Line 11
c-----------------------------------------------------------------------
      a11=(yk-ym)/(xk-xm)
      write(*,'(''  a11='',f12.3)') a11
      z11=yk-a11*xk
      write(*,'(''  z11='',f12.3)') z11
      yd=a11*xd+z11
                                          Page 5
```

```
                                        ELIGMOS.FOR
      write(*,'(''   yd='',f12.3)') yd

c-----------------------------------------------------------------------
c     LINE 12 VERTICAL TO LINE 11 & THAT CROSSES POINT d
c-----------------------------------------------------------------------
      a12=-1/a11
      write(*,'(''  a12='',f12.3)') a12
      q12=yd-a12*xd
      write(*,'(''  q12='',f12.3)') q12

c-----------------------------------------------------------------------
c     INTERSECTION OF LINE 11 WITH LINE 1 AND LINE 2
c-----------------------------------------------------------------------
      xd1=(b1-q12)/(a12-a1)
      write(*,'(''   xd1='',f12.3)') xd1
      yd1=a12*xd1+q12
      write(*,'(''   yd1='',f12.3)') yd1
      xd2=(b2-q12)/(a12-a2)
      write(*,'(''   xd2='',f12.3)') xd2
      yd2=a12*xd2+q12
      write(*,'(''   yd2='',f12.3)') yd2

c-----------------------------------------------------------------------
c     FM.OUT
c-----------------------------------------------------------------------
      fmout='fm.out'
      open(1,file=fmout,status='unknown')
      write(1,'(''ΣΗΜΕΙΟ ΤΟΜΗΣ ΚΛΑΔΩΝ          '',2f12.3)') xk,yk
      write(1,'(''ΣΗΜΕΙΑ ΚΛΑΔΟΥ 1              '',5f12.3)') x1,y1,x2,y2
      write(1,'(''ΣΗΜΕΙΑ ΚΛΑΔΟΥ 2              '',5f12.3)') x3,y3,x4,y4
      write(1,'(''ΑΚΤΙΝΑ                        '',f12.3)') rd
      write(1,'(''ΠΑΡ/ΤΡΟΣ ΚΑΩΘΟΕΙΔΟΥΣ         '',f12.3)') ap
      close (1)

c-----------------------------------------------------------------------
c     FM.HOR
c-----------------------------------------------------------------------
      fmhor='fm.hor'
      open(1,file=fmhor,status='unknown')
      write(1,'(''  1 '',8f12.3)') x1,y1,0.,0.,0.,0.,0.,0.
      write(1,'(''  2 '',8f12.3)') xd1,yd1,lc-0.01,rd,0.,0.,0.,0.
      write(1,'(''  3 '',8f12.3)') xd2,yd2,0.,rd,lc-0.01,0.,0.,0.
      write(1,'(''  4 '',8f12.3)') x3,y3,0.,0.,0.,0.,0.,0.

      write(*,'(''  1 '',8f12.3)') x1,y1,0.,0.,0.,0.,0.,0.
      write(*,'(''  2 '',8f12.3)') xd1,yd1,lc,rd,0.,0.,0.,0.
      write(*,'(''  3 '',8f12.3)') xd2,yd2,0.,rd,lc,0.,0.,0.
      write(*,'(''  4 '',8f12.3)') x3,y3,0.,0.,0.,0.,0.,0.

      close (1)

c-----------------------------------------------------------------------
c     FINISH PROGRAM
c-----------------------------------------------------------------------
      write(*,'(80(''-''))')
      write(*,'(''   Επιτυχία ELIGME'')')
      write(*,'(80(''-''))')
      pause

c-----------------------------------------------------------------------
      end
c-----------------------------------------------------------------------
```

Page 6

ii. Ανακάμπτων ελιγμός – ασύμμετρα τόξα συναρμογής

```
                                    ELI-a.FOR
c*********************************************************************
c
c     ELI-a.FOR
c
c     ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ - ΒΑΣΙΛΕΙΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ
c
c*********************************************************************

c---------------------------------------------------------------------
      subroutine eli
c---------------------------------------------------------------------

c---------------------------------------------------------------------
c     FILES
c---------------------------------------------------------------------
      character*25 fminp
      character*25 fmout
      character*25 fmhor

c---------------------------------------------------------------------
c     LINES
c---------------------------------------------------------------------
      real*8      x1,y1            ! Line 1
      real*8      x2,y2            ! Line 1
      real*8      x3,y3            ! Line 2
      real*8      x4,y4            ! Line 2
      real*8      a1               ! Slope of Line 1
      real*8      a2               ! Slope of Line 2
      real*8      b1               ! Extra Sum for Line 1
      real*8      b2               ! Extra Sum for Line 2

      real*8      xk,yk            ! Lines Intersection

      real*8      rd               ! Radius

      real*8      lc1              ! Length of Clothoid 1
      real*8      t1               ! Angle of Clothoid1
      real*8      xc1              ! Length of A1-Op2
      real*8      yc1              ! Length of Op1-O1
      real*8      xm1              ! Length of A1-O1
      real*8      dr1              ! Displacement of Circle

      real*8      lc2              ! Length of Clothoid 2
      real*8      t2               ! Angle of Clothoid2
      real*8      xc2              ! Length of A2-Op2
      real*8      yc2              ! Length of Op2-O2
      real*8      xm2              ! Length of A2-O2
      real*8      dr2              ! Displacement of Circle

      real*8      d13              ! Length of 1-3
      real*8      d3k              ! Length of 3-k
      real*8      d1k              ! Length of 1-k

      real*8      xc,yc            ! Center of Circle

      real*8      gn               ! Angle of Lines 1 - 2

      real*8      d5k              ! Length of 5-k
      real*8      x5               ! Point on Line 2
      real*8      y5               ! Point on Line 2

      real*8      d6k              ! Length of 6-k
      real*8      x6               ! Point on Line 1
      real*8      y6               ! Point on Line 1

      real*8      z3               ! Slope of Line 3
      real*8      z4               ! Slope of Line 4

                                    Page 1
```

```
                                        ELI-a.FOR
      real*8      b3                    ! Extra Sum for Line 3
      real*8      b4                    ! Extra Sum for Line 4

      real*8      a5                    ! Slope of Line 5
      real*8      a6                    ! Slope of Line 6
      real*8      q5                    ! Extra Sum for Line 5
      real*8      q6                    ! Extra Sum for Line 6


      real*8      xo1                   ! Intersection of Lines 5 - 1
      real*8      yo1                   ! Intersection of Lines 5 - 1
      real*8      xo2                   ! Intersection of Lines 6 - 2
      real*8      yo2                   ! Intersection of Lines 6 - 2

      real*8      dko1                  ! Length of K-O1
      real*8      dko2                  ! Length K-O2

      real*8      ka1                   ! Length of k-a1
      real*8      ka2                   ! Length of k-a2
      real*8      xa1                   ! Start point Clothoid Line1
      real*8      ya1                   ! Start point Clothoid Line1
      real*8      xa2                   ! Start point Clothoid Line2
      real*8      ya2                   ! Start point Clothoid Line2

      real*8      xwp1                  ! Projection End point Cloth L1
      real*8      ywp1                  ! Projection End point Cloth L1
      real*8      xwp2                  ! Projection End point Cloth L2
      real*8      ywp2                  ! Projection End point Cloth L2

      real*8      d7k                   ! Length of 7-k
      real*8      d8k                   ! Length of 8-k
      real*8      z7                    ! Slope of Line 7
      real*8      z8                    ! Slope of Line 8
      real*8      b7                    ! Extra Sum for Line 7
      real*8      b8                    ! Extra Sum for Line 8
      real*8      x7                    ! Point on Line 1
      real*8      y7                    ! Point on Line 1
      real*8      x8                    ! Point on Line 2
      real*8      y8                    ! Point on Line 2

      real*8      a9                    ! Slope of Line 9
      real*8      a10                   ! Slope of Line 10
      real*8      q9                    ! Extra Sum for Line 9
      real*8      q10                   ! Extra Sum for Line 10

      real*8      xw1                   ! End point of Clothoid Line1
      real*8      yw1                   ! End point of Clothoid Line1
      real*8      xw2                   ! End point of Clothoid Line2
      real*8      yw2                   ! End point of Clothoid Line2

      real*8      a11                   ! Slope of Line 11
      real*8      b11                   ! Extra Sum for Line 11

      real*8      ac                    ! Quadratic Equation for Intersection Line
11-Circle
      real*8      bc                    ! Quadratic Equation for Intersection Line
11-Circle
      real*8      gc                    ! Quadratic Equation for Intersection Line
11-Circle
      real*8      dk                    ! Quadratic Equation for Intersection Line
11-Circle
      real*8      xdk1                  ! Quadratic Equation for Intersection Line
11-Circle
      real*8      xdk2                  ! Quadratic Equation for Intersection Line
11-Circle

      real*8      xd                    ! Intersection of Line 11 - Circle
      real*8      yd                    ! Intersection of Line 11 - Circle
                                          Page 2
```

ELI-a.FOR

```
      real*8      a12              ! Slope of Line 12
      real*8      b12              ! Extra Sum for Line 12

      real*8      xd1              ! Intersection of Lines 12 - 1
      real*8      yd1              ! Intersection of Lines 12 - 1
      real*8      xd2              ! Intersection of Lines 12 - 2
      real*8      yd2              ! Intersection of Lines 12 - 2

c-----------------------------------------------------------------------
c     START PROGRAM
c-----------------------------------------------------------------------
c     call g('Ελιγμός - ELI - H14',19,1)

c-----------------------------------------------------------------------
c     READ FM.INP
c-----------------------------------------------------------------------
      fminp='fm.inp'
      open(1,file=fminp,status='unknown')
      read(1,*) x1,y1,x2,y2
      read(1,*) x3,y3,x4,y4
      read(1,*) lc1,rd,lc2
      close (1)

c-----------------------------------------------------------------------
c     INTERSECTION OF 2 LINES
c-----------------------------------------------------------------------
      a1=(y2-y1)/(x2-x1)
      a2=(y4-y3)/(x4-x3)
      xk=(y1-y3+a2*x3-a1*x1)/(a2-a1)
      yk=y1+a1*(xk-x1)
      b1=y1-x1*a1
      b2=y3-x3*a2
      write(*,'(80('' -''))')
      write(*,'(''  a1 ='',2f12.5)') a1
      write(*,'(''  a2 ='',2f12.5)') a2
      write(*,'(''  b1 ='',2f12.5)') b1
      write(*,'(''  b2 ='',2f12.5)') b2
      write(*,'(''  xk ='',2f12.5)') xk
      write(*,'(''  yk ='',2f12.5)') yk

c-----------------------------------------------------------------------
c     CIRCLE PARAMETRES
c-----------------------------------------------------------------------
      write(*,'(''  lc1='',f12.5)') lc1
      t1=lc1/(2*rd)
      write(*,'(''  t1='',f12.5)') t1
      xc1=lc1-(lc1**3)/(40*(rd**2))+(lc1**5)/(3456*(rd**4))
      write(*,'(''  xc1='',f12.5)') xc1
      yc1=(lc1**2/rd)*(1./6.)
      write(*,'(''  yc1='',f12.5)') yc1
      xm1=xc1-rd*sin(t1)
      write(*,'(''  xm1='',f12.5)') xm1
      dr1=yc1-rd*(1-cos(t1))
      write(*,'(''  dr1='',f12.5)') dr1

      write(*,'(''  lc2='',f12.5)') lc2
      t2=lc2/(2*rd)
      write(*,'(''  t2='',f12.5)') t2
      xc2=lc2-(lc2**3)/(40*rd**2)+(lc2**5)/(3456*rd**4)
      write(*,'(''  xc2='',f12.5)') xc2
      yc2=(lc2**2/rd)*(1./6.)
      write(*,'(''  yc2='',f12.5)') yc2
      xm2=xc2-rd*sin(t2)
      write(*,'(''  xm2='',f12.5)') xm2
      dr2=yc2-rd*(1-cos(t2))
      write(*,'(''  dr2='',f12.5)') dr2
```

Page 3

ELI-a.FOR

```
C-----------------------------------------------------------------------
C     CENTER OF CIRCLE
C-----------------------------------------------------------------------
      d3k=((xk-x3)**2+(yk-y3)**2)**0.5
      write(*,'('' d3k='',f12.3)') d3k
      d13=((x3-x1)**2+(y3-y1)**2)**0.5
      write(*,'('' d13='',f12.3)') d13
      d1k=((xk-x1)**2+(yk-y1)**2)**0.5
      write(*,'('' d1k='',f12.3)') d1k

      gn=acos((d3k**2+d1k**2-d13**2)/(2*d3k*d1k))
      write(*,'('' gnr='',f12.3)') gn
      write(*,'('' gng='',f12.3)') gn*200/3.14159265

      d5k=(rd+dr1)/sin(gn)
      write(*,'('' d5k='',f12.3)') d5k
      x5=(d3k*xk+d5k*x3-d5k*xk)/d3k
      write(*,'('' x5='',f12.3)') x5
      y5=a2*x5+b2
      write(*,'('' y5='',f12.3)') y5
      d6k=(rd+dr2)/sin(gn)
      write(*,'('' d6k='',f12.3)') d6k
      x6=(d1k*xk+d6k*x1-d6k*xk)/d1k
      write(*,'('' x6='',f12.3)') x6
      y6=a1*x6+b1
      write(*,'('' y6='',f12.3)') y6
      z3=a1
      write(*,'('' z3='',f12.3)') z3
      b3=y5-x5*z3
      write(*,'('' b3='',f12.3)') b3
      z4=a2
      write(*,'('' z4='',f12.3)') z4
      b4=y6-x6*z4
      write(*,'('' b4='',f12.3)') b4
      xc=(b4-b3)/(z3-z4)
      write(*,'('' xc='',f12.3)') xc
      yc=z3*xc+b3
      write(*,'('' yc='',f12.3)') yc

C-----------------------------------------------------------------------
C     LINES VERTICAL TO LINE 1 AND LINE 2 THAT CROSSES m
C-----------------------------------------------------------------------
      a5=-1/a1
      write(*,'('' a5='',f12.3)') a5
      a6=-1/a2
      write(*,'('' a6='',f12.3)') a6
      q5=yc-a5*xc
      write(*,'('' q5='',f12.3)') q5
      q6=yc-a6*xc
      write(*,'('' q6='',f12.3)') q6

C-----------------------------------------------------------------------
C     INTERSECTION OF LINE 1 WITH LINE 5 AND LINE 3 WITH LINE 6, O
C-----------------------------------------------------------------------
      xo1=(b1-q5)/(a5-a1)
      write(*,'('' xo1='',f12.3)') xo1
      yo1=a1*xo1+b1
      write(*,'('' yo1='',f12.3)') yo1
      xo2=(b2-q6)/(a6-a2)
      write(*,'('' xo2='',f12.3)') xo2
      yo2=a2*xo2+b2
      write(*,'('' yo2='',f12.3)') yo2

C-----------------------------------------------------------------------
C     LENGTH KO
C-----------------------------------------------------------------------

      dko1=((xo1-xk)**2+(yo1-yk)**2)**0.5
```

Page 4

```
                                        ELI-a.FOR
      write(*,'('' dko1='',f12.3)') dko1
      dko2=((xo2-xk)**2+(yo2-yk)**2)**0.5
      write(*,'('' dko2='',f12.3)') dko2

C-----------------------------------------------------------------------
C     START POINT OF CLOTHOID
C-----------------------------------------------------------------------
      ka1=dko1-xm1
      write(*,'('' ka1='',f12.3)') ka1
      ka2=dko2-xm2
      write(*,'('' ka2='',f12.3)') ka2
      xa1=xk+(ka1/dko1)*(xo1-xk)
      write(*,'('' xa1='',f12.3)') xa1
      ya1=a1*xa1+b1
      write(*,'('' ya1='',f12.3)') ya1
      xa2=xk+(ka2/dko2)*(xo2-xk)
      write(*,'('' xa2='',f12.3)') xa2
      ya2=a2*xa2+b2
      write(*,'('' ya2='',f12.3)') ya2

C-----------------------------------------------------------------------
C     PROJECTION OF THE END POINT OF CLOTHOID
C-----------------------------------------------------------------------
      xwp1=xa1-(xc1*(xa1-xo1)/xm1)
      write(*,'('' xwp1='',f12.3)') xwp1
      ywp1=xwp1*a1+b1
      write(*,'('' ywp1='',f12.3)') ywp1
      xwp2=xa2-(xc2*(xa2-xo2)/xm2)
      write(*,'('' xwp2='',f12.3)') xwp2
      ywp2=xwp2*a2+b2
      write(*,'('' ywp2='',f12.3)') ywp2

C-----------------------------------------------------------------------
C     PARALLEL LINES TO LINE 1 AND LINE 2 DISTANCE=y & dr1
C-----------------------------------------------------------------------
      d7k=yc2/sin(gn)
      write(*,'('' d7k='',f12.3)') d7k
      x8=xk-(d8k/d3k)*(xk-x3)
      write(*,'('' x7='',f12.3)') x8
      y8=a2*x7+b2
      write(*,'('' y7='',f12.3)') y8
      d8k=yc1/sin(gn)
      write(*,'('' d8k='',f12.3)') d8k
      x7=xk-(xk-x1)*(d7k/d1k)
      write(*,'('' x8='',f12.3)') x7
      y7=a1*x8+b1
      write(*,'('' y8='',f12.3)') y7
      z7=a1
      write(*,'('' z7='',f12.3)') z7
      b7=y7-x7*z7
      write(*,'('' b7='',f12.3)') b7
      z8=a2
      write(*,'('' z8='',f12.3)') z8
      b8=y8-x8*z8
      write(*,'('' b8='',f12.3)') b8

C-----------------------------------------------------------------------
C     LINES VERTICAL TO LINE 1 AND LINE 2 THAT CROSSES wp
C-----------------------------------------------------------------------
      a9=-1/a1
      write(*,'('' a9='',f12.3)') a9
      q9=ywp1-a9*xwp1
      write(*,'('' q9='',f12.3)') q9
      a10=-1/a2
      write(*,'('' a10='',f12.3)') a10
      q10=ywp2-a10*xwp2
      write(*,'('' q10='',f12.3)') q10

                                        Page 5
```

ELI-a.FOR

```
c-----------------------------------------------------------------------
c     INTERSECTION OF LINEA 7-9 AND LINES 8-10
c-----------------------------------------------------------------------
      xw1=(q9-b7)/(z7-a9)
      write(*,'(''   xw1='',f12.3)') xw1
      yw1=a9*xw1+q9
      write(*,'(''   yw1='',f12.3)') yw1
      xw2=(q10-b8)/(z8-a10)
      write(*,'(''   xw2='',f12.3)') xw2
      yw2=a10*xw2+q10
      write(*,'(''   yw2='',f12.3)') yw2

c-----------------------------------------------------------------------
c     LINE THAT CROSSES K AND C
c-----------------------------------------------------------------------
      a11=(yk-yc)/(xk-xc)
      write(*,'(''   a11='',f12.3)') a11
      b11=yc-a11*xc
      write(*,'(''   b11='',f12.3)') b11

c-----------------------------------------------------------------------
c     PROJECTION OF LINE 11 AND CIRCLE
c-----------------------------------------------------------------------
      ac=(1+a11**2)
      write(*,'(''   ac='',f12.3)') ac
      bc=(-2*xc+2*(b11-yc)*a11)
      write(*,'(''   bc='',f12.3)') bc
      gc=(xc**2+(b11-yc)**2-rd**2)
      write(*,'(''   gc='',f12.3)') gc
      dk=bc**2-4*ac*gc
      write(*,'(''   dk='',f12.3)') dk
      xdk1=(-bc+(dk)**0.5)/(2*ac)
      write(*,'(''   xdk1='',f12.3)') xdk1
      Ydk1=a11*xdk1+b11
      write(*,'(''   Ydk1='',f12.3)') Ydk1
      xdk2=(-bc-(dk)**0.5)/(2*ac)
      write(*,'(''   xdk2='',f12.3)') xdk2
      Ydk2=a11*xdk2+b11
      write(*,'(''   Ydk2='',f12.3)') Ydk2

      if((xk-xdk1)*(xc-xdk1).gt.0) then
      xd=xdk1
      yd=ydk1
      end if

      if((xk-xdk2)*(xc-xdk2).gt.0) then
      xd=xdk2
      yd=ydk2
      end if

      write(*,'(''    xd='',f12.3)') xd
      write(*,'(''    yd='',f12.3)') yd

c-----------------------------------------------------------------------
c     LINE 12 VERTICAL AT L11 THAT CROSSES D
c-----------------------------------------------------------------------
      a12=-1/a11
      write(*,'(''   a12='',f12.3)') a12
      b12=yd-a12*xd
      write(*,'(''   b12='',f12.3)') b12

c-----------------------------------------------------------------------
c     PROJECTION OF LINE 12 WITH 1 & 2
c-----------------------------------------------------------------------
      xd1=(b1-b12)/(a12-a1)
      write(*,'(''   xd1='',f12.3)') xd1
      yd1=a1*xd1+b1
      write(*,'(''   yd1='',f12.3)') yd1
```

Page 6

ELI-a.FOR

```
      xd2=(b2-b12)/(a12-a2)
      write(*,'(''    xd2='',f12.3)') xd2
      yd2=a2*xd2+b2
      write(*,'(''   yd2='',f12.3)') yd2

c-----------------------------------------------------------------------
c     FM.OUT
c-----------------------------------------------------------------------
      fmout='fm.out'
      open(1,file=fmout,status='unknown')
      write(1,'(''ΣΗΜΕΙΟ ΤΟΜΗΣ ΚΛΑΔΩΝ        '',2f12.3)') xk,yk
      write(1,'(''ΣΗΜΕΙΑ ΚΛΑΔΟΥ 1            '',5f12.3)') x1,y1,x2,y2
      write(1,'(''ΣΗΜΕΙΑ ΚΛΑΔΟΥ 2            '',5f12.3)') x3,y3,x4,y4
      write(1,'(''ΑΚΤΙΝΑ                      '',f12.3)') rd
      close (1)

c-----------------------------------------------------------------------
c     FM.HOR
c-----------------------------------------------------------------------
      fmhor='fm.hor'
      open(1,file=fmhor,status='unknown')
      write(1,'(''   1 '',8f12.3)') x1,y1,0.,0.,0.,0.,0.,0.
      write(1,'(''   2 '',8f12.3)') xd1,yd1,lc1-0.01,rd,0.,0.,0.,0.
      write(1,'(''   3 '',8f12.3)') xd2,yd2,0.,rd,lc2-0.01,0.,0.,0.
      write(1,'(''   4 '',8f12.3)') x3,y3,0.,0.,0.,0.,0.,0.

      write(*,'(''   1 '',8f9.3)') x1,y1,0.,0.,0.,0.,0.
      write(*,'(''   2 '',8f9.3)') xd1,yd1,lc1-0.01,rd,0.,0.,0.
      write(*,'(''   3 '',8f9.3)') xd2,yd2,0.,rd,lc2-0.01,0.,0.
      write(*,'(''   4 '',8f9.3)') x3,y3,0.,0.,0.,0.,0.

      close (1)

c-----------------------------------------------------------------------
      end
c-----------------------------------------------------------------------
```

Page 7

iii. Vehicle Turn

```
                                        VT
c*********************************************************************
c
c     VT.FOR
c
c     Vehicle Turn
c
c*********************************************************************

c---------------------------------------------------------------------
      subroutine vt
c---------------------------------------------------------------------

c---------------------------------------------------------------------
c     COMMON
c---------------------------------------------------------------------
      common /fmprm_prj/prj
      common /fmprm_oriz_2 /rcd,rnm,rwd,rst,rpv,rdr,rcp
      common /fmprm_oriz_10/vst,vhl,vhw,vef,veb

c---------------------------------------------------------------------
c     VARIABLES
c---------------------------------------------------------------------
      integer*4     itm                         ! Status

      real*8        z                           ! Zero
      real*8        dst                         ! Distance

      real*8        km                          ! Kilometrage
      real*8        xm,ym,zm                    ! XYZ
      real*8        xu,yu,zu                    ! XYZ
      real*8        xt,yt                       ! XY

      real*8        kr(100000)                  ! Kilometrage
      real*8        xr(100000)                  ! X Turn
      real*8        yr(100000)                  ! Y Turn
      real*8        zr(100000)                  ! Z Turn

      real*8        dp(4,100000)                ! Distance
      real*8        kp(100000)                  ! Kilometrage
      real*8        xp(4,100000),yp(4,100000)   ! XY Trajectories

      real*8        dmine,dmino                 ! Distance Minimum
      real*8        dmaxe,dmaxo                 ! Distance Maximum

c---------------------------------------------------------------------
c     FILES
c---------------------------------------------------------------------
      character*1   path(999)                 ! Path

      character*999 vtdes                     ! vt.des
      character*999 vtdxf                     ! vt.dxf

      character*999 fmprm                     ! fm.prm

      character*999 fm39                      ! fm39.dat
      character*999 fm41                      ! fm41.dat

c---------------------------------------------------------------------
c     FM.PRM - GENERAL
c---------------------------------------------------------------------
      character*30  prj                       ! Project Name

c---------------------------------------------------------------------
c     FM.PRM - ORIZ
c---------------------------------------------------------------------

c-----Roadlines
      integer*4     rcd                       ! Code
                                    Page 1
```

```
                                        VT
      integer*4      rnm(2)                          ! No Left / Right
      real*8         rwd(2,10)                       ! Width
      integer*4      rst(2,10)                       ! Superelevaton Type
      real*8         rpv(2,10)                       ! Pavement
      real*8         rdr(2,10)                       ! Drainage
      real*8         rcp(2,10)                       ! Subbase

c-----Vehicle
      real*8       vst                               ! Vehicle Step
      real*8       vhl                               ! Vehicle Longitude
      real*8       vhw                               ! Vehicle Width
      real*8       vef                               ! Vehicle Extension Forward
      real*8       veb                               ! Vehicle Extension Backward

c-----------------------------------------------------------------------
c     FM39.DAT
c-----------------------------------------------------------------------
      integer*4      i39                             ! No
      integer*4      n39(100000)                     ! Name
      real*8         k39(100000)                     ! Kilometrage
      real*8         x39(100000)                     ! X
      real*8         y39(100000)                     ! Y
      real*8         z39(100000)                     ! Z
      real*8         g39(100000)                     ! Grade
      real*8         v39(100000)                     ! Vertical Curvature
      real*8         a39(100000)                     ! Azimuth
      real*8         h39(100000)                     ! Horizontal Curvature

c-----------------------------------------------------------------------
c     FM41.DAT
c-----------------------------------------------------------------------
      integer*4      i41(2)                          ! No of R/L
      integer*4      j41(2,10)                       ! Records per R/L
      integer*4      l41(2,10,100000)                ! R/L
      integer*4      n41(2,10,100000)                ! No
      real*8         k41(2,10,100000)                ! Kilometrage
      real*8         x41(2,10,100000)                ! X
      real*8         y41(2,10,100000)                ! Y
      real*8         z41(2,10,100000)                ! Z
      real*8         g41(2,10,100000)                ! Gradient
      real*8         s41(2,10,100000)                ! Slope
      real*8         ds41(2,10,100000)               ! Ds
      real*8         w41(2,10,100000)                ! Width

c-----------------------------------------------------------------------
c     GRAPHICS
c-----------------------------------------------------------------------
      real*8         xs(100000)                      ! X String
      real*8         ys(100000)                      ! Y String
      real*8         zs(100000)                      ! Z String

c-----------------------------------------------------------------------
c     START PROGRAM
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Στροφή Οχήματος - VT - H14',26,1)

c-----------------------------------------------------------------------
c     FILES
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Αρχεία',6,1)

      call pathfile(path)

      call flnm(path,'vt.des     ',vtdes)
      call flnm(path,'vt.dxf     ',vtdxf)

      call flnm(path,'fm.prm     ',fmprm)

                                        Page 2
```

```
                                                    VT
      call flnm(path,'fm39.dat  ',fm39)
      call flnm(path,'fm41.dat  ',fm41)

c-----------------------------------------------------------------------
c     READ FM.PRM
c-----------------------------------------------------------------------
      call prm(fmprm)

c-----------------------------------------------------------------------
c     CHECK IF VT.DXF IS OPEN IN AUTOCAD / MICROSTATION
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Είναι ελεύθερο το vt.dxf ;',26,1)

      open(0,file=vtdes,status='unknown')
      write(0,'(''Message'')')
      write(0,'(''VT'')')
      close (0)

      call dxf(3,vtdes,vtdxf)

c-----------------------------------------------------------------------
c     INITIAL VALUES
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Αρχικές Τιμές ',14,1)

c-----------------------------------------------------------------------
c     START DESIGN FILE
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Ανοίγω το vt.des',16,1)

      open(0,file=vtdes,status='unknown')
      write(0,'(''Message'')')
      write(0,'(''VT'')')

c-----------------------------------------------------------------------
c     FM39.DAT
c-----------------------------------------------------------------------
      call r39(fm39,i39,n39,k39,x39,y39,z39,g39,v39,a39,h39)

      do i=1,i39
      end do

      if(i39.eq.0) then
      call pzs
      end if

      call string(2,3,4,0,0,i39,x39,y39,z39)

c-----------------------------------------------------------------------
c     FM41.DAT
c-----------------------------------------------------------------------
      call r41(fm41,i41,j41,l41,n41,k41,x41,y41,z41,g41,s41,ds41,w41)

      do k=1,2
      do j=1,i41(k)
      do i=1,j41(k,j)
      xs(i)=x41(k,j,i)
      ys(i)=y41(k,j,i)
      zs(i)=z41(k,j,i)
      end do
      if(j.eq.1) icl=3
      if(j.eq.2) icl=1
      if(j.eq.3) icl=3
      if(j.eq.4) icl=2

      call string(2,icl,0,0,0,j41(k,j),xs,ys,zs)
      end do
      end do
                                        Page 3
```

VT

```
c-----------------------------------------------------------------------
c     FRAME
c-----------------------------------------------------------------------
      call line(12,0,4,0,z,z,z,k39(i39),z,z)

      do i=2,11
      call line(12,0,0,0,z,z+(i-1)*10,z,k39(i39),z+(i-1)*10,z)
      call number
     1(12,0,0,78,k39(i39),z+(i-1)*10,z,z,z+1,z,z+.2,dFloat(i-1),2)
      end do

      call line(12,0,0,0,z,z,z,z,z+100,z)
      call line(12,0,0,0,k39(i39),z,z,k39(i39),z+100,z)

      call line(9,3,0,5,z,rwd(1,1)*10,z,k39(i39),rwd(1,1)*10,z)
      call line(8,3,0,5,z,rwd(1,3)*10,z,k39(i39),rwd(1,3)*10,z)

      call line(19,3,0,5,z,rwd(2,1)*10,z,k39(i39),rwd(2,1)*10,z)
      call line(18,3,0,5,z,rwd(2,3)*10,z,k39(i39),rwd(2,3)*10,z)


c-----------------------------------------------------------------------
c     VEHICLE FORWARD 1
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('tumpoo0ev-1',11,1)

      it=0
      ir=0
      ip=0

      n=(k39(i39)-k39(1))/vst+1

      vst=(k39(i39)-k39(1))/n

      do m=1,n+1
      km=k39(1)+(m-1)*vst

      it=0

      do i=2,j41(2,2)
      if(it.eq.0)                                  then
      if(int(km*1000).ge.int(k41(2,2,i-1)*1000)) then
      if(int(km*1000).le.int(k41(2,2,i)  *1000)) then
      xm=x41(2,2,i-1)+(km-k41(2,2,i-1))/(k41(2,2,i)-k41(2,2,i-1))
     1*(x41(2,2,i)-x41(2,2,i-1))
      ym=y41(2,2,i-1)+(km-k41(2,2,i-1))/(k41(2,2,i)-k41(2,2,i-1))
     1*(y41(2,2,i)-y41(2,2,i-1))
      zm=z41(2,2,i-1)+(km-k41(2,2,i-1))/(k41(2,2,i)-k41(2,2,i-1))
     1*(z41(2,2,i)-z41(2,2,i-1))
      it=1
      ir=ir+1
      kr(ir)=km
      xr(ir)=xm
      yr(ir)=ym
      zr(ir)=zm
c     call point(1,7,5,xm,ym,zm)
c     write(*,'(i5,4f12.3)') ir,kr(ir),xr(ir),yr(ir),zr(ir)
      end if
      end if
      end if
      end do

      end do

      call string(3,7,4,0,0,ir,xr,yr,zr)
```

Page 4

```
                                        VT
c-----------------------------------------------------------------------
c     VEHICLE FORWARD 2
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Τμηποοθεν-2',11,1)

      it=0

      do i=2,ir

      if(kr(i)-vhl-veb.gt.kr(1))  then
      if(kr(i)+vef    .lt.kr(ir)) then

c-----VEHICLE FORWARD - BUT NOT THE FIRST PLACE
      if(it.eq.1) then
      icl=icl+1
      if(icl.eq.8) icl=1

c     call line(1,icl,0,0,xm,ym,xm,xr(i),yr(i),zr(i))

      call distance(xm,ym,xr(i),yr(i),-vhw/2,xs(6),ys(6))
      call distance(xm,ym,xr(i),yr(i), vhw/2,xs(7),ys(7))
      xs(8)=xs(6)
      ys(8)=ys(6)

      dst=sqrt((xm-xr(i))**2+(ym-yr(i))**2)

      xu=xm+(dst-vhl-veb)/dst*(xr(i)-xm)
      yu=ym+(dst-vhl-veb)/dst*(yr(i)-ym)
      zu=zm+(dst-vhl-veb)/dst*(zr(i)-zm)
      call distance(xr(i),yr(i),xu,yu,-vhw/2,xs(1),ys(1))
      call distance(xr(i),yr(i),xu,yu, vhw/2,xs(2),ys(2))

      ip=ip+1
      kp(ip)=kr(i)
      xp(1,ip)=xs(1)
      yp(1,ip)=ys(1)
      xp(2,ip)=xs(2)
      yp(2,ip)=ys(2)

      xu=xm+(dst+vef)/dst*(xr(i)-xm)
      yu=ym+(dst+vef)/dst*(yr(i)-ym)
      zu=zm+(dst+vef)/dst*(zr(i)-zm)
      call distance(xr(i),yr(i),xu,yu,-vhw/2,xs(9),ys(9))
      call distance(xr(i),yr(i),xu,yu, vhw/2,xs(10),ys(10))
      xs(11)=xs(1)
      ys(11)=ys(1)

      xp(3,ip)=xs(9)
      yp(3,ip)=ys(9)
      xp(4,ip)=xs(10)
      yp(4,ip)=ys(10)

      xm=xm+(dst-vhl)/dst*(xr(i)-xm)
      ym=ym+(dst-vhl)/dst*(yr(i)-ym)
      zm=zm+(dst-vhl)/dst*(zr(i)-zm)
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym,-vhw/2,xs(4),ys(4))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym, vhw/2,xs(3),ys(3))
      xs(5)=xs(3)
      ys(5)=ys(3)

      call string(3,0,0,0,0,11,xs,ys,zs)

      end if

c-----VEHICLE FORWARD - FIRST PLACE
      if(it.eq.0) then
      it=1
      call distance(xr(i-1),yr(i-1),xr(i),yr(i), vhw/2,xs(7),ys(7))
                                        Page 5
```

```
                                        VT
      call distance(xr(i-1),yr(i-1),xr(i),yr(i),-vhw/2,xs(6),ys(6))

c     call point(1,1,5,xr(i-1),yr(i-1),zr(i-1))
c     call point(1,2,5,xr(i),yr(i),zr(i))

c     call point(1,4,5,xs(6),ys(6),zs(6))
c     call point(1,4,5,xs(7),ys(7),zs(7))

      xs(8)=xs(6)
      ys(8)=ys(6)

      km=kr(i)+vef
      do j=2,j41(2,2)
      if(int(km*1000).ge.int(k41(2,2,j-1)*1000)) then
      if(int(km*1000).le.int(k41(2,2,j)  *1000)) then
      xm=x41(2,2,j-1)+(km-k41(2,2,j-1))/(k41(2,2,j)-k41(2,2,j-1))
     1*(x41(2,2,j)-x41(2,2,j-1))
      ym=y41(2,2,j-1)+(km-k41(2,2,j-1))/(k41(2,2,j)-k41(2,2,j-1))
     1*(y41(2,2,j)-y41(2,2,j-1))
      zm=z41(2,2,j-1)+(km-k41(2,2,j-1))/(k41(2,2,j)-k41(2,2,j-1))
     1*(z41(2,2,j)-z41(2,2,j-1))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym, vhw/2,xs(10),ys(10))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym,-vhw/2,xs(9),ys(9))
c     call point(1,4,5,xs(9),ys(9),zs(9))
c     call point(1,4,5,xs(10),ys(10),zs(10))
      end if
      end if
      end do

      ip=ip+1
      kp(ip)=kr(i)
      xp(3,ip)=xs(9)
      yp(3,ip)=ys(9)
      xp(4,ip)=xs(10)
      yp(4,ip)=ys(10)

      km=kr(i)-vhl-veb
      do j=2,j41(2,2)
      if(int(km*1000).ge.int(k41(2,2,j-1)*1000)) then
      if(int(km*1000).le.int(k41(2,2,j)  *1000)) then
      xm=x41(2,2,j-1)+(km-k41(2,2,j-1))/(k41(2,2,j)-k41(2,2,j-1))
     1*(x41(2,2,j)-x41(2,2,j-1))
      ym=y41(2,2,j-1)+(km-k41(2,2,j-1))/(k41(2,2,j)-k41(2,2,j-1))
     1*(y41(2,2,j)-y41(2,2,j-1))
      zm=z41(2,2,j-1)+(km-k41(2,2,j-1))/(k41(2,2,j)-k41(2,2,j-1))
     1*(z41(2,2,j)-z41(2,2,j-1))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym,-vhw/2,xs(1),ys(1))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym, vhw/2,xs(2),ys(2))
c     call point(1,4,5,xs(1),ys(1),zs(1))
c     call point(1,4,5,xs(2),ys(2),zs(2))
      end if
      end if
      end do

      xp(1,ip)=xs(1)
      yp(1,ip)=ys(1)
      xp(2,ip)=xs(2)
      yp(2,ip)=ys(2)

      km=kr(i)-vhl
      do j=2,j41(2,2)
      if(int(km*1000).ge.int(k41(2,2,j-1)*1000)) then
      if(int(km*1000).le.int(k41(2,2,j)  *1000)) then
      xm=x41(2,2,j-1)+(km-k41(2,2,j-1))/(k41(2,2,j)-k41(2,2,j-1))
     1*(x41(2,2,j)-x41(2,2,j-1))
      ym=y41(2,2,j-1)+(km-k41(2,2,j-1))/(k41(2,2,j)-k41(2,2,j-1))
     1*(y41(2,2,j)-y41(2,2,j-1))
      zm=z41(2,2,j-1)+(km-k41(2,2,j-1))/(k41(2,2,j)-k41(2,2,j-1))
                                        Page 6
```

```
                                        VT
     1*(z41(2,2,j)-z41(2,2,j-1))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym,-vhw/2,xs(4),ys(4))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym, vhw/2,xs(3),ys(3))
      xs(5)=xs(3)
      ys(5)=ys(3)
c     call point(1,4,5,xs(3),ys(3),zs(3))
c     call point(1,4,5,xs(4),ys(4),zs(4))
      end if
      end if
      end do

      xs(11)=xs(1)
      ys(11)=ys(1)

      call string(3,0,0,0,0,11,xs,ys,zs)

      end if

      end if
      end if
      end do

c-----------------------------------------------------------------------
c     TRAJECTORIES FORWARD
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Τροχιές',7,1)

      do i=1,ip
      xs(i)=xp(1,i)
      ys(i)=yp(1,i)
      zs(i)=0
      end do

      call string(4,0,0,0,0,ip,xs,ys,zs)

      do i=1,ip
      xs(i)=xp(2,i)
      ys(i)=yp(2,i)
      zs(i)=0
      end do

      call string(5,0,0,0,0,ip,xs,ys,zs)

      do i=1,ip
      xs(i)=xp(3,i)
      ys(i)=yp(3,i)
      zs(i)=0
      end do

      call string(6,0,0,0,0,ip,xs,ys,zs)

      do i=1,ip
      xs(i)=xp(4,i)
      ys(i)=yp(4,i)
      zs(i)=0
      end do

      call string(7,0,0,0,0,ip,xs,ys,zs)

c-----------------------------------------------------------------------
c     INTERSECT TRAJECTORIES FORWARD WITH AXLE
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Τομές Τροχιών Με Άξονα',22,2)

      iax=0

      do i=2,ip
      do j=2,139
                                        Page 7
```

```
                                        VT
      do k=1,4

      call t2l(xp(k,i-1),yp(k,i-1),xp(k,i),yp(k,i)
     1,x39(j-1),y39(j-1),x39(j),y39(j),xt,yt,itm)

      if((xt-xp(k,i-1))*(xt-xp(k,i)).lt.0) then
      if((xt-x39(j-1))*(xt-x39(j)).lt.0) then
      iax=1
      call gf('Τομή Με Άξονα Στην ΧΘ',21,k39(j),0)
      call point(1,7,5,xt,yt,z)
      call interval
      end if
      end if

      end do
      end do
      end do

c-----------------------------------------------------------------------
c     INTERSECT TRAJECTORIES FORWARD
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Τομές Τροχιών Με Οδογραμμές 1 & 3',33,2)

      do i=2,ip
      do j=2,j41(2,3)
      do k=1,4

      call t2l(xp(k,i-1),yp(k,i-1),xp(k,i),yp(k,i)
     1,x41(1,1,j-1),y41(1,1,j-1),x41(1,1,j),y41(1,1,j),xt,yt,itm)

      if((xt-xp(k,i-1))*(xt-xp(k,i)).lt.0) then
      if((xt-x41(1,1,j-1))*(xt-x41(1,1,j)).lt.0) then
      call gf('Τομή με Οδογραμμή 1 στην ΧΘ ',28,kp(i),0)
      call interval
      call point(1,0,5,xt,yt,z)
      call interval
      end if
      end if

      call t2l(xp(k,i-1),yp(k,i-1),xp(k,i),yp(k,i)
     1,x41(2,3,j-1),y41(2,3,j-1),x41(2,3,j),y41(2,3,j),xt,yt,itm)

      if((xt-xp(k,i-1))*(xt-xp(k,i)).lt.0) then
      if((xt-x41(2,3,j-1))*(xt-x41(2,3,j)).lt.0) then
      call gf('Τομή με Οδογραμμή 3 στην ΧΘ ',28,kp(i),0)
      call interval
      call point(1,0,5,xt,yt,z)
      end if
      end if

      end do
      end do
      end do

c-----------------------------------------------------------------------
c     DISTANCES FORWARD
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Αποστάσεις Τροχιών',18,1)

      if(iax.eq.0) then

      dmaxe=-999999
      dmine= 999999

      do i=1,4

      do j=1,ip
      xs(j)=0
                                        Page 8
```

VT

```
      ys(j)=0
      zs(j)=0
      end do

      do j=1,ip

      it=0

      do k=2,i39
      call vertical(x39(k-1),y39(k-1),x39(k),y39(k)
     1,dp(i,j),xp(i,j),yp(i,j),xt,yt)

      if(it.eq.0) then
      if(abs(dp(i,j)).lt.10) then
      if(int((xt-x39(k-1))*(xt-x39(k))*1000).le.0) then
c     call line(22,0,0,0,xt,yt,z,xp(i,j),yp(i,j),z)
      it=1
c     write(*,'(2i5,2f12.3)') i,j,kp(j),dp(i,j)
c     if(dp(i,j).lt.0) stop
      if(dp(i,j).gt.dmaxe) dmaxe=dp(i,j)
      if(dp(i,j).lt.dmine) dmine=dp(i,j)
      xs(j)=kp(j)
      ys(j)=dp(i,j)*10
      end if
      end if
      end if

      end do

      if(it.eq.0) xs(j)=kp(j)
      if(it.eq.0) ys(j)=ys(j-1)

      end do

c      do k=1,ip
c      write(*,'(2f12.3)') xs(k),ys(k)
c      end do

      call string(7+i,i,0,0,0,ip,xs,ys,zs)

      end do

      end if

c-----------------------------------------------------------------------
c     VEHICLE BACKWARD 1
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Omισθεν-1',9,1)

      it=0
      ir=0
      ip=0

      n=(k39(i39)-k39(1))/vst+1

      vst=(k39(i39)-k39(1))/n

      do m=1,n+1
      km=k39(i39)-(m-1)*vst

      it=0

      do i=2,j41(1,2)
      if(it.eq.0)                                  then
      if(int(km*1000).ge.int(k41(1,2,i-1)*1000)) then
      if(int(km*1000).le.int(k41(1,2,i)  *1000)) then
      xm=x41(1,2,i-1)+(km-k41(1,2,i-1))/(k41(1,2,i)-k41(1,2,i-1))
     1*(x41(1,2,i)-x41(1,2,i-1))
```

Page 9

```
                                        VT
      ym=y41(1,2,i-1)+(km-k41(1,2,i-1))/(k41(1,2,i)-k41(1,2,i-1))
     1*(y41(1,2,i)-y41(1,2,i-1))
      zm=z41(1,2,i-1)+(km-k41(1,2,i-1))/(k41(1,2,i)-k41(1,2,i-1))
     1*(z41(1,2,i)-z41(1,2,i-1))
      it=1
      ir=ir+1
      kr(ir)=km
      xr(ir)=xm
      yr(ir)=ym
      zr(ir)=zm
c     call point(1,3,5,xm,ym,zm)
c     write(*,'(i5,4f12.3)') ir,kr(ir),xr(ir),yr(ir),zr(ir)
      end if
      end if
      end if
      end do

      end do

      call string(13,3,0,0,0,ir,xr,yr,zr)

c-----------------------------------------------------------------------
c     VEHICLE BACKWARD 2
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Omιαθεν-2',9,1)

      it=0
      icl=0

      do i=2,ir

      if(kr(i)+vhl+veb.lt.kr(1))  then
      if(kr(i)-vef    .gt.kr(ir)) then

c-----VEHICLE BACKWARD - BUT NOT THE LAST PLACE
      if(it.eq.1) then

      icl=icl+1
      if(icl.eq.8) icl=1

c     call line(1,icl,0,0,xm,ym,xm,xr(i),yr(i),zr(i))

      call distance(xm,ym,xr(i),yr(i),-vhw/2,xs(6),ys(6))
      call distance(xm,ym,xr(i),yr(i), vhw/2,xs(7),ys(7))
      xs(8)=xs(6)
      ys(8)=ys(6)

      dst=sqrt((xm-xr(i))**2+(ym-yr(i))**2)

      xu=xm+(dst-vhl-veb)/dst*(xr(i)-xm)
      yu=ym+(dst-vhl-veb)/dst*(yr(i)-ym)
      zu=zm+(dst-vhl-veb)/dst*(zr(i)-zm)
      call distance(xr(i),yr(i),xu,yu,-vhw/2,xs(1),ys(1))
      call distance(xr(i),yr(i),xu,yu, vhw/2,xs(2),ys(2))

      ip=ip+1
      kp(ip)=kr(i)
      xp(1,ip)=xs(1)
      yp(1,ip)=ys(1)
      xp(2,ip)=xs(2)
      yp(2,ip)=ys(2)

      xu=xm+(dst+vef)/dst*(xr(i)-xm)
      yu=ym+(dst+vef)/dst*(yr(i)-ym)
      zu=zm+(dst+vef)/dst*(zr(i)-zm)
      call distance(xr(i),yr(i),xu,yu,-vhw/2,xs(9),ys(9))
      call distance(xr(i),yr(i),xu,yu, vhw/2,xs(10),ys(10))
      xs(11)=xs(1)
                                        Page 10
```

```
                                        VT
      ys(11)=ys(1)

      xm=xm+(dst-vhl)/dst*(xr(i)-xm)
      ym=ym+(dst-vhl)/dst*(yr(i)-ym)
      zm=zm+(dst-vhl)/dst*(zr(i)-zm)
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym,-vhw/2,xs(4),ys(4))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym, vhw/2,xs(3),ys(3))
      xs(5)=xs(3)
      ys(5)=ys(3)

      xp(3,ip)=xs(9)
      yp(3,ip)=ys(9)
      xp(4,ip)=xs(10)
      yp(4,ip)=ys(10)

      call string(13,0,0,0,0,11,xs,ys,zs)
      end if

c-----VEHICLE BACKWARD - LAST PLACE
      if(it.eq.0) then

      it=1
      call distance(xr(i-1),yr(i-1),xr(i),yr(i),-vhw/2,xs(7),ys(7))
      call distance(xr(i-1),yr(i-1),xr(i),yr(i), vhw/2,xs(6),ys(6))
      xs(8)=xs(6)
      ys(8)=ys(6)

      km=kr(i)-vef
      do j=2,j41(1,2)
      if(int(km*1000).ge.int(k41(1,2,j-1)*1000)) then
      if(int(km*1000).le.int(k41(1,2,j)  *1000)) then
      xm=x41(1,2,j-1)+(km-k41(1,2,j-1))/(k41(1,2,j)-k41(1,2,j-1))
     1*(x41(1,2,j)-x41(1,2,j-1))
      ym=y41(1,2,j-1)+(km-k41(1,2,j-1))/(k41(1,2,j)-k41(1,2,j-1))
     1*(y41(1,2,j)-y41(1,2,j-1))
      zm=z41(1,2,j-1)+(km-k41(1,2,j-1))/(k41(1,2,j)-k41(1,2,j-1))
     1*(z41(1,2,j)-z41(1,2,j-1))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym,-vhw/2,xs(10),ys(10))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym, vhw/2,xs(9),ys(9))
      end if
      end if
      end do

      ip=ip+1
      kp(ip)=kr(i)
      xp(3,ip)=xs(10)
      yp(3,ip)=ys(10)
      xp(4,ip)=xs(9)
      yp(4,ip)=ys(9)

      km=kr(i)+vhl+veb
      do j=2,j41(1,2)
      if(int(km*1000).ge.int(k41(1,2,j-1)*1000)) then
      if(int(km*1000).le.int(k41(1,2,j)  *1000)) then
      xm=x41(1,2,j-1)+(km-k41(1,2,j-1))/(k41(1,2,j)-k41(1,2,j-1))
     1*(x41(1,2,j)-x41(1,2,j-1))
      ym=y41(1,2,j-1)+(km-k41(1,2,j-1))/(k41(1,2,j)-k41(1,2,j-1))
     1*(y41(1,2,j)-y41(1,2,j-1))
      zm=z41(1,2,j-1)+(km-k41(1,2,j-1))/(k41(1,2,j)-k41(1,2,j-1))
     1*(z41(1,2,j)-z41(1,2,j-1))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym, vhw/2,xs(1),ys(1))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym,-vhw/2,xs(2),ys(2))
      end if
      end if
      end do

      xp(1,ip)=xs(1)
      yp(1,ip)=ys(1)
                                        Page 11
```

```
      xp(2,ip)=xs(2)
      yp(2,ip)=ys(2)

      km=kr(i)+vhl
      do j=2,j41(1,2)
      if(int(km*1000).ge.int(k41(1,2,j-1)*1000)) then
      if(int(km*1000).le.int(k41(1,2,j)  *1000)) then
      xm=x41(1,2,j-1)+(km-k41(1,2,j-1))/(k41(1,2,j)-k41(1,2,j-1))
     1*(x41(1,2,j)-x41(1,2,j-1))
      ym=y41(1,2,j-1)+(km-k41(1,2,j-1))/(k41(1,2,j)-k41(1,2,j-1))
     1*(y41(1,2,j)-y41(1,2,j-1))
      zm=z41(1,2,j-1)+(km-k41(1,2,j-1))/(k41(1,2,j)-k41(1,2,j-1))
     1*(z41(1,2,j)-z41(1,2,j-1))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym, vhw/2,xs(4),ys(4))
      call distance(xr(i),yr(i),xm,ym,-vhw/2,xs(3),ys(3))
      xs(5)=xs(3)
      ys(5)=ys(3)
      end if
      end if
      end do

      xs(11)=xs(1)
      ys(11)=ys(1)

      call string(13,0,0,0,0,11,xs,ys,zs)

      end if

      end if
      end if

      end do

c-----------------------------------------------------------------------
c     TRAJECTORIES BACKWARD
c-----------------------------------------------------------------------
      call g('Τροχιές',7,1)

      do i=1,ip
      xs(i)=xp(1,i)
      ys(i)=yp(1,i)
      zs(i)=0
      end do

      call string(14,0,0,0,0,ip,xs,ys,zs)

      do i=1,ip
      xs(i)=xp(2,i)
      ys(i)=yp(2,i)
      zs(i)=0
      end do

      call string(15,0,0,0,0,ip,xs,ys,zs)

      do i=1,ip
      xs(i)=xp(3,i)
      ys(i)=yp(3,i)
      zs(i)=0
      end do

      call string(16,0,0,0,0,ip,xs,ys,zs)

      do i=1,ip
      xs(i)=xp(4,i)
      ys(i)=yp(4,i)
      zs(i)=0
      end do
```

```
                                                    VT
      call string(17,0,0,0,0,ip,xs,ys,zs)

C-----------------------------------------------------------------------
C     INTERSECT TRAJECTORIES BACKWARD WITH AXLE
C-----------------------------------------------------------------------
      call g('Τομές Τροχιών Με Άξονα',22,2)

      do i=2,ip
      do j=2,i39
      do k=1,4

      call t2l(xp(k,i-1),yp(k,i-1),xp(k,i),yp(k,i)
     1,x39(j-1),y39(j-1),x39(j),y39(j),xt,yt,itm)

      if((xt-xp(k,i-1))*(xt-xp(k,i)).lt.0) then
      if((xt-x39(j-1))*(xt-x39(j)).lt.0) then
      iax=1
      call gf('Τομή Με Άξονα Στην ΧΘ',21,k39(j),0)
      call point(1,3,5,xt,yt,z)
      call interval
      end if
      end if

      end do
      end do
      end do

C-----------------------------------------------------------------------
C     INTERSECT TRAJECTORIES BACKWARD
C-----------------------------------------------------------------------
      call g('Τομές Τροχιών Με Οδογραμμές 1 & 3',33,2)

      do i=2,ip
      do j=2,j41(1,3)
      do k=1,4

      call t2l(xp(k,i-1),yp(k,i-1),xp(k,i),yp(k,i)
     1,x41(1,1,j-1),y41(1,1,j-1),x41(1,1,j),y41(1,1,j),xt,yt,itm)

      if((xt-xp(k,i-1))*(xt-xp(k,i)).lt.0) then
      if((xt-x41(1,1,j-1))*(xt-x41(1,1,j)).lt.0) then
      call gf('Τομή με Οδογραμμή 1 στην ΧΘ ',28,kp(i),0)
      call interval
      call point(1,0,5,xt,yt,z)
      end if
      end if

      call t2l(xp(k,i-1),yp(k,i-1),xp(k,i),yp(k,i)
     1,x41(1,3,j-1),y41(1,3,j-1),x41(1,3,j),y41(1,3,j),xt,yt,itm)

      if((xt-xp(k,i-1))*(xt-xp(k,i)).lt.0) then
      if((xt-x41(1,3,j-1))*(xt-x41(1,3,j)).lt.0) then
      call gf('Τομή με Οδογραμμή 1 στην ΧΘ ',28,kp(i),0)
      call interval
      call point(1,0,5,xt,yt,z)
      end if
      end if

      end do
      end do
      end do

C-----------------------------------------------------------------------
C     DISTANCES BACKWARD
C-----------------------------------------------------------------------
      call g('Αποστάσεις Τροχιών',18,1)

      if(iax.eq.0) then
                                        Page 13
```

VT

```
      dmaxo=-999999
      dmino= 999999

      do i=1,4

      do j=1,ip
      xs(j)=0
      ys(j)=0
      zs(j)=0
      end do

      do j=1,ip
      dp(i,j)=0
      end do

      do j=1,ip

      it=0

      do k=2,139
      call vertical(x39(k-1),y39(k-1),x39(k),y39(k)
     1,dp(i,j),xp(i,j),yp(i,j),xt,yt)

      if(it.eq.0) then
      if(abs(dp(i,j)).lt.10) then
      if(int((xt-x39(k-1))*(xt-x39(k))*1000).le.1) then
c     call line(23,0,2,0,xt,yt,z,xp(i,j),yp(i,j),z)
      it=1
c     write(*,'(2i5,2f12.3)') i,j,kp(j),dp(i,j)
c     if(dp(i,j).lt.0) stop
      if(dp(i,j).gt.dmaxo) dmaxo=dp(i,j)
      if(dp(i,j).lt.dmino) dmino=dp(i,j)
      xs(j)=kp(j)
      ys(j)=dp(i,j)*10
      end if
      end if
      end if

      end do

      if(it.eq.0) xs(j)=kp(j)
      if(it.eq.0) ys(j)=ys(j-1)

      end do

      do k=1,ip
c     write(*,'(i8,2f12.3)') k,xs(k),ys(k)
      end do

      ys(1)=ys(2)

      call string(17+i,1,2,0,0,ip,xs,ys,zs)
      end do

      end if

c-----------------------------------------------------------------------
c     RESULTS
c-----------------------------------------------------------------------
      if(iax.eq.0) then
      call gf('Εμπός Minimum = ',17,dmine,1)
      call gf('Εμπός Maximum = ',17,dmaxe,1)
      call gf('πίσω  Minimum = ',17,dmino,1)
      call gf('πίσω  Maximum = ',17,dmaxo,1)
      end if

      if(iax.eq.1) then
```

Page 14

```
                                                    VT
      call g('Λάθος - Τομές με Άξονα',22,1)
      call interval
      end if

C-----------------------------------------------------------------------
C     FINISH DESIGN FILE
C-----------------------------------------------------------------------
      call g('Κλείνω το vt.des',16,1)
      close (0)

C-----------------------------------------------------------------------
C     DXF FILE
C-----------------------------------------------------------------------
      call dxf(45,vtdes,vtdxf)

C-----------------------------------------------------------------------
C     FINISH PROGRAM
C-----------------------------------------------------------------------
      call gc30('Έργο : ',7,prj,1)
      call g('Στροφή Οχήματος - VT - H14',26,1)
      call g('Άντε Γειά',9,1)
      call interval

C-----------------------------------------------------------------------
      end
C-----------------------------------------------------------------------
```

Page 15