



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Διπλωματική Εργασία**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΥΣ ΚΑΙ  
ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΕΤΡΑΚΗΣ**

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του  
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

**ΒΟΛΟΣ 2023**

© 2023 Γεώργιος Πετράκης

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

## Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής [Δρ. Νικόλαος Ηλιού](#)  
(Επιβλέπων) [Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας](#)

Δεύτερος Εξεταστής [Δρ. Γεώργιος Καλιαμπέτσος](#)  
(Συνεπιβλέπων) [Επιστημονικός Συνεργάτης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας](#)

Τρίτος Εξεταστής [Δρ. Παντελεήμων Κοπελιάς](#)  
[Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας](#)



## Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γεώργιο Καλιαμπέτσο, Επιστημονικό Συνεργάτη του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη συνεχή επιστημονική καθοδήγηση, τη βοήθεια και την υπομονή με την οποία επέβλεψε την παρούσα διπλωματική εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Νικόλαο Ηλιού, Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας και τον κ. Παντελεήμων Κοπελιά, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις πολύτιμες υποδείξεις του.

Τέλος, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την αγάπη, την πίστη και την υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Βόλος, Μάρτιος 2023

Γεώργιος Πετράκης



# ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ

Γεώργιος Πετράκης

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2023

Επιβλέπων: Νικόλαος Ηλιού, Καθηγητής

Συνεπιβλέπων: Γεώργιος Καλιαμπέτσος, Επιστημονικός Συνεργάτης

## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύονται ζητήματα από δύο ενότητες, εξίσου σημαντικές, για το γεωμετρικό σχεδιασμό και την αξιολόγηση των ισόπεδων κόμβων.

Η πρώτη αφορά την ανάλυση, σύγκριση και βελτιστοποίηση των ελάχιστων τιμών μελέτης, για κάθε μέθοδο γεωμετρικής κατασκευής της οριογραμμής σε στροφές ισόπεδων κόμβων, με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Η παραπάνω διερεύνηση πραγματοποιήθηκε με βάση την πιο απότομη στροφή που μπορούν να πραγματοποιήσουν τα οχήματα σχεδιασμού των Αμερικανικών κανονισμών (AASHTO), με ταχύτητες ίσες ή μικρότερες των 15km/h. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η ασύμμετρη καμπύλη τριών κέντρων κατά AASHTO, με τις αντίστοιχες προτεινόμενες ελάχιστες τιμές, είναι η βέλτιστη μέθοδος. Παρόλα αυτά η σύγκριση με άλλες μεθόδους, όπως οι τρεις ακτίνες RAS (των Γερμανικών κανονισμών RAS-K-1) και το απλό κυκλικό τόξο με εκατέρωθεν κλωθοειδείς (που αξιολογήθηκε από την παρούσα εργασία), απέδειξε ότι υπάρχουν κάποια περιθώρια βελτίωσης. Σε κάθε περίπτωση, για τα οχήματα σχεδιασμού μεγάλου συνολικού μήκους (>20m), φάνηκε ότι οι ασύμμετρες καμπύλες έχουν σημαντικό πλεονέκτημα από άποψη οικονομίας χώρου, έναντι των συμμετρικών καμπυλών.

Η δεύτερη ενότητα αναφέρεται στις τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού σε τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων (των ΟΜΟΕ ΙΚ). Στόχος είναι η αξιολόγηση της οριζοντιογραφικής χάραξης των κόμβων, με κριτήριο την ασφαλή διέλευση των οχημάτων επί αυτών. Μετά από προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στο λογισμικό Anadelta Tessera, βρέθηκε ότι σε αρκετές περιπτώσεις, η περιβάλλουσα της τροχιάς του δυσμενέστερου οχήματος σχεδιασμού (Sattelzug), απείχε από το άκρο του οδοστρώματος απόσταση μικρότερη των 60cm (που είναι η επιθυμητή απόσταση ασφαλείας). Επίσης, σε όλες τις δεξιές στροφές εισόδου (στον κύριο δρόμο) που εξετάστηκαν, το όχημα καταλαμβάνει κατά τη στροφή, μεγάλο μέρος από το συνολικό πλάτος της αντίθετης λωρίδας κυκλοφορίας. Λύση στα παραπάνω προβλήματα θα μπορούσε να αποτελέσει η τοπική διαπλάτυνση των λωρίδων κυκλοφορίας είτε η τροποποίηση της γεωμετρίας των οριογραμμών, όπου αυτό είναι αναγκαίο.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ελάχιστες Τιμές Μελέτης Οριογραμμής Ισόπεδων Κόμβων, Τυπικές Μορφές Ισόπεδων Κόμβων, Οχήματα Σχεδιασμού, Περιβάλλουσα Τροχιάς Οχήματος, Προσομοίωση Κίνησης Οχήματος, AASHTO, ΟΜΟΕ-ΙΚ.

# EVALUATION OF ROAD INTERSECTIONS BASED ON THE AMERICAN AND GREEK POLICIES AND GUIDELINES

Georgios Petrakis

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2023

Supervisor: Nikolaos Eliou, Professor

Co-Supervisor: George Kaliabetsos, Research Fellow

## Abstract

This diploma thesis, investigates two equally important subjects for geometric design and evaluation of road intersections.

The first subject of this thesis includes the analysis, comparison and optimization of the minimum edge-of-traveled-way designs for turns at intersections, with the aim of finding the optimal solution. This investigation is based on the sharpest turn that can be made by each design vehicle (of U.S. policies) and the minimum paths attainable at speeds equal to or less than 15 km/h. The results of the research showed that in most cases the Three-Centered asymmetric curve, with the recommended minimum values, is the optimal method. Nevertheless, the comparison with other methods, such as the three-centered RAS (of the German regulations, RAS-K-1) and the simple curve radius with clothoids on both sides (assessed by the present research), proved that there is still possibility for improvement. In any case, it turned out that for long design vehicles (with overall length >20m), the asymmetric curves have a significant space-saving advantage over symmetrical curves.

The second subject refers to the paths of design vehicles in standard types of road intersections (according to the Greek Guideline OMOE-IK). The aim is to evaluate the horizontal design of the intersections, with the criterion of the safe passage of vehicles. After simulations performed in the Anadelta Tessera software, it was found that in several cases, the distance between the surrounding of the paths of the most unfavorable design vehicle (Sattelzug) and the edge-of-traveled-way, was less than 60cm (which is the desired safety distance). Also, on all right-hand entrance turns (on the main road) examined, the vehicle takes up a large part of the total width of the opposite traffic lane during the turn. Solutions to the above problems could be the local widening of the traffic lanes, or the modification of the edge-of-traveled-way design, where this is necessary.

**Keywords:** *Minimum Edge-Of-Traveled-Way Designs at Intersections, Standard Types of Road Intersections, Design Vehicles, Surrounding of the Paths of Design Vehicle, Simulation of Vehicle Movement, AASHTO, OMOE-IK.*



# Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>19</b>
1.1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	19
1.2	ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	19
1.3	ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	19
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b>	<b>21</b>
2.1	ΓΕΝΙΚΑ	21
2.2	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ	21
2.2.1	Γενικά	21
2.2.2	Πίνακες και σχέδια του <i>Green Book</i>	22
2.2.3	Σχεδιασμός για συγκεκριμένες συνθήκες	23
2.3	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ	25
2.3.1	Γενικά	25
2.3.2	Όχημα σχεδιασμού	25
2.3.3	Διάταξη ισόπεδων κόμβων	27
2.3.3.1	Τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων	27
2.3.3.2	Κόμβοι με σκέλη που τέμνονται υπό οξεία γωνία	32
2.4	ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	33
2.4.1	Οχήματα σχεδιασμού των Αμερικανικών κανονισμών	33
2.4.2	Οχήματα σχεδιασμού των Ελληνικών κανονισμών	45
2.5	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	51
2.5.1	Γενικά	51
2.5.2	1 <sup>η</sup> μέθοδος (λιγότερο ακριβής)	52
2.5.3	2 <sup>η</sup> μέθοδος (περισσότερο ακριβής)	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	<b>ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑΔΕΛΤΑ TESSERA</b>	<b>55</b>
3.1	ΓΕΝΙΚΑ	55
3.2	ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΕΤΑΡΤΗΜΟΡΙΩΝ ΕΝΟΣ ΙΣΟΠΕΔΟΥ ΚΟΜΒΟΥ	55
3.3	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΙΣΟΠΕΔΟΥ ΚΟΜΒΟΥ	56
3.3.1	Γενικά	56
3.3.2	Γεωμετρία οριογραμμών	56
3.3.3	Αποκλειστικές λωρίδες στροφής	59
3.3.3.1	Αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής	60
3.3.3.2	Αποκλειστική λωρίδα δεξιάς στροφής	60
3.3.4	Διαπλατύνσεις	61
3.3.5	Νησίδες	62
3.3.5.1	Σχεδίαση κεντρικών νησίδων κύριας οδού	62
3.3.5.2	Σχεδίαση κεντρικής διαχωριστικής νησίδας τύπου σταγόνας	63
3.3.5.3	Τριγωνικές νησίδες	64
3.4	ΤΡΟΧΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	65
3.4.1	Μεταβολή του άξονα καθοδήγησης	68
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗΣ</b>	<b>69</b>
4.1	ΓΕΝΙΚΑ	69
4.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗΣ (ΓΙΑ ΣΤΡΟΦΕΣ 90°)	69
4.2.1	Γενικά	69
4.2.2	Ελάχιστες τιμές μελέτης με βάση τα επιβατικά αυτοκίνητα ( <i>passenger cars</i> )	69

4.2.3	Ελάχιστες τιμές μελέτης με βάση τα ενιαία φορτηγά (Single unit trucks) και τα λεωφορεία αστικών συγκοινωνιών (city transit buses) .....	72
4.2.3.1	Γενικά.....	72
4.2.3.2	Φορτηγό τύπου SU-9.....	72
4.2.3.3	Φορτηγό τύπου SU-12.....	74
4.2.4	Ελάχιστες τιμές μελέτης με βάση τα φορτηγά συνδυασμού ημιρυμουλκούμενων (Semitrailer combination trucks).....	75
4.2.4.1	Γενικά.....	75
4.2.4.2	Φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο τύπου WB-12 (Intermediate Semitrailer) .....	75
4.2.4.3	Φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο τύπου WB-19 (Interstate Semitrailer).....	78
4.2.4.4	Φορτηγό ρυμουλκό με επικαθήμενο και ρυμουλκούμενο τύπου WB-28D (Rocky Mountain Double-Trailer Combination) .....	79
4.2.4.5	Φορτηγό ρυμουλκό με επικαθήμενο και ρυμουλκούμενο τύπου WB-33D (Turnpike-Double Combination) .....	80
4.2.5	Συγκεντρωτικοί πίνακες τιμών μελέτης.....	81
4.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗΣ (ΓΙΑ ΣΤΡΟΦΕΣ 75° ΚΑΙ 105°) .....	83
4.3.1	Γενικά.....	83
4.3.2	Φορτηγό τύπου SU-12 .....	83
4.3.2.1	Γωνία στροφής 75° .....	83
4.3.2.2	Γωνία στροφής 105° .....	85
4.3.3	Φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο τύπου WB-12.....	86
4.3.3.1	Γωνία στροφής 75° .....	86
4.3.3.2	Γωνία στροφής 105° .....	88
4.3.4	Φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο τύπου WB-19.....	89
4.3.4.1	Γωνία στροφής 105° .....	89
4.3.5	Φορτηγό ρυμουλκό με επικαθήμενο και ρυμουλκούμενο τύπου WB-33D .....	90
4.3.5.1	Γωνία στροφής 105° .....	90
4.3.6	Συγκεντρωτικοί πίνακες τιμών μελέτης.....	92
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	<b>ΤΡΟΧΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΤΩΝ ΟΜΟΕ ΙΚ.....</b>	<b>95</b>
5.1	ΓΕΝΙΚΑ .....	95
5.2	ΚΟΜΒΟΣ ΤΥΠΟΥ Α1 .....	96
5.2.1	Αριστερή στροφή εισόδου.....	96
5.2.2	Αριστερή στροφή εξόδου .....	97
5.2.3	Δεξιά στροφή εισόδου.....	97
5.2.4	Δεξιά στροφή εξόδου.....	98
5.3	ΚΟΜΒΟΣ ΤΥΠΟΥ Α2 .....	98
5.3.1	Κατασκευή στο λογισμικό Anadelta Tessera .....	98
5.3.2	Αριστερή στροφή εισόδου.....	99
5.3.3	Αριστερή στροφή εξόδου .....	100
5.3.4	Δεξιά στροφή εισόδου.....	101
5.3.5	Δεξιά στροφή εξόδου.....	102
5.4	ΚΟΜΒΟΣ ΤΥΠΟΥ Α3 .....	103
5.4.1	Κατασκευή στο λογισμικό Anadelta Tessera .....	103
5.4.2	Αριστερή στροφή εισόδου.....	104
5.4.3	Αριστερή στροφή εξόδου .....	105
5.4.4	Δεξιές στροφές.....	106
5.5	ΚΟΜΒΟΣ ΤΥΠΟΥ Β1Σ.....	106
5.5.1	Κατασκευή στο λογισμικό Anadelta Tessera .....	106
5.5.2	Αριστερή στροφή εισόδου.....	108
5.5.3	Αριστερή στροφή εξόδου .....	108
5.5.4	Δεξιά στροφή εισόδου.....	109

5.5.5	Δεξιά στροφή εξόδου.....	109
5.6	ΚΟΜΒΟΣ ΤΥΠΟΥ Β1Λ .....	110
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>113</b>
6.1	ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	113
6.1.1	Ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής σε στροφές 90°.....	113
6.1.2	Ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής σε στροφές 75° και 105° .....	113
6.1.3	Τροχιές οχημάτων σε τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων των ΟΜΟΕ ΙΚ.....	114
6.2	ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....	115
6.2.1	Ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής .....	115
6.2.2	Τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων των ΟΜΟΕ ΙΚ.....	116
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>117</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8</b>	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>119</b>



## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής για γωνία συμβολής 90°.....	22
Πίνακας 2.2: Ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής για γωνία συμβολής 75°.....	22
Πίνακας 2.3: Επιλογή οχήματος σχεδιασμού για κατασκευή ισόπεδου κόμβου (ΟΜΟΕ-ΙΚ).....	26
Πίνακας 2.4: Επιτρεπόμενες συνθήκες σε γωνίες στροφής ισόπεδων κόμβων (εντός οικισμών).....	26
Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικός πίνακας ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής (από AASHTO). .....	81
Πίνακας 4.2: Συγκεντρωτικός πίνακας ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής (από την παρούσα έρευνα).....	82
Πίνακας 4.3: Τιμές μελέτης της καμπύλης του άξονα καθοδήγησης κάθε οχήματος σχεδιασμού. ..	82
Πίνακας 4.4: Ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής κατά AASHTO.....	92
Πίνακας 4.5: Προτεινόμενες ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής από την παρούσα έρευνα.	92
Πίνακας 4.6: Τιμές μελέτης της καμπύλης του άξονα καθοδήγησης. ....	93

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Η τροχιά του οχήματος τύπου SU-12 σε μια σύνθετη συμμετρική καμπύλη τριών κέντρων.....	23
Σχήμα 2.2: Επιτρεπόμενες συνθήκες για δεξιά στροφή εντός οικισμών (ΟΜΟΕ-ΙΚ).....	27
Σχήμα 2.3: Κόμβος τύπου Α1.....	28
Σχήμα 2.4: Κόμβος τύπου Α2.....	28
Σχήμα 2.5: Κόμβος τύπου Α3.....	28
Σχήμα 2.6: Κόμβος τύπου Β1σ.....	29
Σχήμα 2.7: Κόμβος τύπου Β1λ.....	29
Σχήμα 2.8: Κόμβος τύπου Β2.....	30
Σχήμα 2.9: Κόμβος τύπου Γ1σ.....	30
Σχήμα 2.10: Κόμβος τύπου Γ1λ.....	31
Σχήμα 2.11: Κόμβος τύπου Δ1σ.....	31
Σχήμα 2.12: Κόμβος τύπου Δ1λ.....	31
Σχήμα 2.13: Κόμβος τύπου Δ2.....	32
Σχήμα 2.14: Προτάσεις για βελτίωση σχεδιασμού κόμβων (ΟΜΟΕ-ΙΚ).....	32
Σχήμα 2.15: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού Ρ (επιβατικό αυτοκίνητο) σε στροφή 180°. 34	34
Σχήμα 2.16: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού SU-9 (ενιαίο φορτηγό) σε στροφή 180°. ....	35
Σχήμα 2.17: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού SU-12 (ενιαίο φορτηγό) σε στροφή 180°... 36	36
Σχήμα 2.18: Η στροφή ενός τυπικού φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο.....	38
Σχήμα 2.19: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-12 (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.....	39
Σχήμα 2.20: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-19 (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.....	40
Σχήμα 2.21: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-20 (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.....	41
Σχήμα 2.22: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-28D (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο και ρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.....	42
Σχήμα 2.23: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-30T (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο και δύο ρυμουλκούμενα) σε στροφή 180°.....	43
Σχήμα 2.24: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-33D (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο και ρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.....	44
Σχήμα 2.25: Ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές του οχήματος σχεδιασμού των ΟΜΟΕ ΙΚ: Ελαφρύ φορτηγό.....	46

Σχήμα 2.26: Ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές του οχήματος σχεδιασμού των ΟΜΟΕ ΙΚ: Λεωφορείο αστικής συγκοινωνίας (LBUS12).....	47
Σχήμα 2.27: Ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές του οχήματος σχεδιασμού των ΟΜΟΕ ΙΚ: Φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (Sattelzug).....	48
Σχήμα 2.28: Ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές του οχήματος σχεδιασμού των ΟΜΟΕ ΙΚ: Φορτηγό ρυμουλκό με ρυμουλκούμενο (Lastzug). ....	49
Σχήμα 2.29: Οι διαστάσεις του LBUS12 (FGSV). ....	50
Σχήμα 2.30: Οι διαστάσεις του Sattelzug (FGSV). ....	50
Σχήμα 2.31: Οι διαστάσεις του Lastzug (FGSV).....	50
Σχήμα 2.32: Τροχιά θεωρητικού οχήματος δύο αξόνων με εμπρόσθιους κατευθυντήριους τροχούς. .....	51
Σχήμα 2.33: Γεωμετρία Ackermann. ....	51
Σχήμα 2.34: Η 1 <sup>η</sup> μέθοδος προσομοίωσης.....	52
Σχήμα 2.35: Η 2 <sup>η</sup> μέθοδος προσομοίωσης.....	53
Σχήμα 3.1: Οι «λαβές» και τα τεταρτημόρια ενός ισόπεδου κόμβου.....	56
Σχήμα 3.2: Ρύθμιση της γεωμετρίας της οριογραμμής.....	57
Σχήμα 3.3: Παράδειγμα σχεδιασμού τρίτοξων καμπυλών $R1:R2:R3 = 2:1:3$ (ΟΜΟΕ ΙΚ). ....	57
Σχήμα 3.4: Η γεωμετρία μιας ασύμμετρης καμπύλης τριών κέντρων κατά AASHTO.....	58
Σχήμα 3.5: Εισαγωγή τιμών για κάθε χαρακτηριστικό της ασύμμετρης καμπύλης τριών κέντρων κατά AASHTO.....	58
Σχήμα 3.6: Η γεωμετρία ενός απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν tapers.....	59
Σχήμα 3.7: Εισαγωγή τιμών για κάθε χαρακτηριστικό του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν tapers. ....	59
Σχήμα 3.8: Παράθυρο εισαγωγής των στοιχείων της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής..	60
Σχήμα 3.9: Στοιχεία αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής.....	60
Σχήμα 3.10: Εισαγωγή λωρίδας επιβράδυνσης. ....	61
Σχήμα 3.11: Εισαγωγή διαπλατύνσεων κεντρικού δρόμου. ....	61
Σχήμα 3.12: Οι διαπλατύνσεις της κύριας οδού πριν και μετά τον κόμβο. ....	62
Σχήμα 3.13: Εισαγωγή τιμών για κάθε χαρακτηριστικό της κεντρικής νησίδας της κύριας οδού....	62
Σχήμα 3.14: Τα χαρακτηριστικά της κεντρικής νησίδας. ....	63
Σχήμα 3.15: Παράθυρο διαλόγου για το σχεδιασμό νησίδας τύπου μεγάλης και μικρής σταγόνας. 64	
Σχήμα 3.16: Τα χαρακτηριστικά της σταγόνας. ....	64
Σχήμα 3.17: Παράθυρο διαλόγου για το σχεδιασμό τριγωνικής νησίδας.....	65
Σχήμα 3.18: Τα στοιχεία της τριγωνικής νησίδας. ....	65

Σχήμα 3.19: Ισόπεδος κόμβος.....	66
Σχήμα 3.20: Κατασκευή του άξονα καθοδήγησης του οχήματος.....	66
Σχήμα 3.21: Παράθυρο διαλόγου για την επιλογή οχήματος σχεδιασμού. ....	67
Σχήμα 3.22: Περιβάλλουσα τροχιάς και άξονας καθοδήγησης του οχήματος σχεδιασμού Sattelzug. .....	67
Σχήμα 3.23: Ανάλυση τροχιάς του οχήματος σχεδιασμού Sattelzug. ....	68
Σχήμα 3.24: Χρήση του εργαλείου «Νέα Μεταβολή Τροχιάς». ....	68
Σχήμα 4.1: Η τροχιά του οχήματος τύπου P σε ένα απλό κυκλικό τόξο. ....	70
Σχήμα 4.2: Η τροχιά του οχήματος τύπου P σε μια σύνθετη συμμετρική καμπύλη τριών κέντρων. ....	70
Σχήμα 4.3: Η τροχιά του οχήματος τύπου P σε ένα απλό κυκλικό τόξο με κλωθοειδή καμπύλη εισόδου και εξόδου. ....	71
Σχήμα 4.4: Η τροχιά του οχήματος τύπου P σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.....	71
Σχήμα 4.5: Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε ένα απλό κυκλικό τόξο. ....	72
Σχήμα 4.6: α) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε μια σύνθετη συμμετρική καμπύλη τριών κέντρων. β) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με taper. ....	73
Σχήμα 4.7: α) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με εκατέρωθεν κλωθοειδείς. β) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.....	73
Σχήμα 4.8: α) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-12 σε ένα απλό κυκλικό τόξο β) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-12 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με taper. ....	74
Σχήμα 4.9: α) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-12 σε μια σύνθετη συμμετρική καμπύλη τριών κέντρων β) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-12 σε μια σύνθετη ασύμμετρη καμπύλη τριών κέντρων. ....	74
Σχήμα 4.10: α) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-12 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με εκατέρωθεν κλωθοειδείς. β) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-12 σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS... ..	75
Σχήμα 4.11: Η τροχιά του WB-12 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με taper.....	76
Σχήμα 4.12: Η τροχιά του WB-12 σε μια συμμετρική καμπύλη AASHTO (από Green Book). ....	76
Σχήμα 4.13: Η τροχιά του WB-12 σε μια συμμετρική καμπύλη AASHTO (από προσομοίωση στο Tessera). ....	77
Σχήμα 4.14: Η τροχιά του WB-12 σε μια ασύμμετρη καμπύλη AASHTO.....	77
Σχήμα 4.15: Η τροχιά του WB-12 α) σε ένα απλό κυκλικό τόξο με κλωθοειδείς β) σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.....	78
Σχήμα 4.16: Η τροχιά του WB-19 σε μια συμμετρική και μια ασύμμετρη καμπύλη AASHTO. ....	78
Σχήμα 4.17: Η τροχιά του WB-19 α) σε ένα απλό κυκλικό τόξο με κλωθοειδείς β) σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.....	79
Σχήμα 4.18: Η τροχιά του WB-28D σε μια συμμετρική και μια ασύμμετρη καμπύλη AASHTO. ..	79



Σχήμα 4.19: Η τροχιά του WB-28D α) σε ένα απλό κυκλικό τόξο με εκατέρωθεν κλωθοειδείς β) σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS. ....	80
Σχήμα 4.20: Η τροχιά του WB-33D στις διάφορες καμπύλες.....	81
Σχήμα 4.21: Ο άξονας καθοδήγησης του WB-19.....	83
Σχήμα 4.22: Η τροχιά του SU-12 στις διάφορες καμπύλες του Green Book (γωνία στροφής 75°)..	84
Σχήμα 4.23: Η τροχιά του SU-12 στις καμπύλες της παρούσας μελέτης (στροφή 75°). ....	84
Σχήμα 4.24: Η τροχιά του SU-12 στις διάφορες καμπύλες του Green Book (γωνία στροφής 105°). .....	85
Σχήμα 4.25: Ο άξονας καθοδήγησης του SU-12 για στροφή 105°. ....	85
Σχήμα 4.26: Η τροχιά του SU-12 στις καμπύλες της παρούσας μελέτης (στροφή 105°). ....	86
Σχήμα 4.27: Η τροχιά του WB-12 στις διάφορες καμπύλες του Green Book (γωνία στροφής 75°).	86
Σχήμα 4.28: Η τροχιά του WB-12 στις καμπύλες της παρούσας μελέτης (στροφή 75°). ....	87
Σχήμα 4.29: Μέτρηση εμβαδού της επιφάνειας οδοστρωσίας. ....	87
Σχήμα 4.30: Η συμμετρική και η ασύμμετρη καμπύλη κατά AASHTO (για το WB-12).....	88
Σχήμα 4.31: Η τροχιά του WB-12 στις καμπύλες της παρούσας μελέτης (στροφή 105°). ....	88
Σχήμα 4.32: Μέτρηση εμβαδού για την εύρεση της βέλτιστης λύσης. ....	89
Σχήμα 4.33: Η τροχιά του WB-19 στις καμπύλες του Green Book για στροφή 105°.....	89
Σχήμα 4.34: Σύγκριση του εμβαδού οδοστρωσίας για εύρεση της βέλτιστης λύσης.....	90
Σχήμα 4.35: Η τροχιά του WB-33D στις καμπύλες AASHTO (στροφή 105°).....	91
Σχήμα 4.36: Εμβαδό επιφάνειας οδοστρωσίας κατά τη στροφή. ....	91
Σχήμα 5.1: Αριστερή στροφή εισόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A1. ....	96
Σχήμα 5.2: Αριστερή στροφή εξόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A1.....	97
Σχήμα 5.3: Δεξιά στροφή εισόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A1.....	98
Σχήμα 5.4: Δεξιά στροφή εξόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A1.....	98
Σχήμα 5.5: Κατασκευή του κόμβου συμβολής τύπου A2 με βάση τις OMOE IK. ....	99
Σχήμα 5.6: Οι προδιαγραφές του κόμβου συμβολής τύπου A2. ....	99
Σχήμα 5.7: Αριστερή στροφή εισόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A2. ....	100
Σχήμα 5.8: Αριστερή στροφή εξόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A2.....	101
Σχήμα 5.9: Δεξιά στροφή εισόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A2.....	101
Σχήμα 5.10: Δεξιά στροφή εξόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A2.....	102
Σχήμα 5.11: Ο άξονας καθοδήγησης του οχήματος. ....	102
Σχήμα 5.12: Κατασκευή του κόμβου τύπου A3 με βάση τις OMOE IK.....	103

Σχήμα 5.13: Οι προδιαγραφές του κόμβου A3.....	104
Σχήμα 5.14: Αριστερή στροφή εισόδου σε κόμβο τύπου A3.....	104
Σχήμα 5.15: Ο άξονας καθοδήγησης του Sattelzug.....	105
Σχήμα 5.16: Αριστερή στροφή εξόδου σε κόμβο τύπου A3.....	105
Σχήμα 5.17: Δεξιές στροφές του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου A3.....	106
Σχήμα 5.18: Κατασκευή του κόμβου τύπου B1σ με βάση τις ΟΜΟΕ ΙΚ.....	107
Σχήμα 5.19: Οι προδιαγραφές του ισόπεδου κόμβου τύπου B1σ.....	107
Σχήμα 5.20: Αριστερή στροφή εισόδου του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου B1σ.....	108
Σχήμα 5.21: Αριστερή στροφή εξόδου του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου B1σ.....	108
Σχήμα 5.22: Δεξιά στροφή εισόδου του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου B1σ.....	109
Σχήμα 5.23: Δεξιά στροφή εξόδου του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου B1σ.....	109
Σχήμα 5.24: Κόμβος τύπου B1λ.....	110
Σχήμα 5.25: Στοιχεία της λωρίδας επιβράδυνσης του κόμβου B1λ.....	110
Σχήμα 5.26: Αριστερές στροφές του Sattelzug εντός ενός κόμβου τύπου B1λ.....	110
Σχήμα 5.27: Δεξιές στροφές του Sattelzug εντός ενός κόμβου τύπου B1λ.....	111
Σχήμα 8.1: Κόμβος τύπου A1 (από Παράρτημα Z των ΟΜΟΕ-ΙΚ).....	120
Σχήμα 8.2: Κόμβος τύπου A2 (από Παράρτημα Z των ΟΜΟΕ-ΙΚ).....	121
Σχήμα 8.3: Κόμβος τύπου A3 (από Παράρτημα Z των ΟΜΟΕ-ΙΚ).....	122
Σχήμα 8.4: Κόμβος τύπου B1σ (από Παράρτημα Z των ΟΜΟΕ-ΙΚ).....	123
Σχήμα 8.5: Κόμβος τύπου B1λ (από Παράρτημα Z των ΟΜΟΕ-ΙΚ).....	124

## Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

### 1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ασχολείται με δύο ενότητες ζητημάτων. Την ανάλυση και βελτιστοποίηση των **ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής** σε στροφές ισόπεδων κόμβων με βάση τους Αμερικανικούς κανονισμούς (AASHTO) και τη μελέτη της **τροχιάς των οχημάτων σχεδιασμού** των Ελληνικών κανονισμών (ΟΜΟΕ) σε κάποιες **τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων των ΟΜΟΕ - ΙΚ**.

Οι **ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής** σε στροφές ισόπεδων κόμβων, προκύπτουν με βάση την πιο απότομη στροφή που μπορούν να πραγματοποιήσουν τα οχήματα σχεδιασμού για ταχύτητες ίσες ή μικρότερες των 15km/h. Αυτό επιτυγχάνεται όταν η ακτίνα της τροχιάς καθοδήγησης των οχημάτων, προσεγγίζει την ελάχιστη ακτίνα στροφής τους.

Στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν οι ελάχιστες τιμές μελέτης των μεθόδων σχεδιασμού οριογραμμών που προτείνονται από τους Αμερικανικούς κανονισμούς και θα γίνει προσπάθεια σύγκρισης και βελτιστοποίησης τους, με άλλους τρόπους κατασκευής.

Όσον αφορά τις **τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων των ΟΜΟΕ – ΙΚ** που εξετάστηκαν, αυτές θα αξιολογηθούν με βάση τις **τροχίες των οχημάτων** σχεδιασμού των Ελληνικών κανονισμών και θα προκύψουν τα ανάλογα συμπεράσματα. Η αξιολόγηση αυτή, αφορά μόνο την οριζοντιογραφική χάραξη των παραπάνω τύπων κόμβων.

### 1.2 Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων και προτάσεων μέσω της διερεύνησης των παραπάνω ζητημάτων.

Στην πρώτη ενότητα, που αφορά τις **ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής**, στόχος είναι η έγερση της βέλτιστης δυνατής λύσης, μέσω της σύγκρισης των μεθόδων που ήδη υπάρχουν και άλλων που αξιολογήθηκαν από την παρούσα διπλωματική εργασία.

Στη δεύτερη ενότητα, που αφορά τις **τροχίες οχημάτων σε τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων των ΟΜΟΕ ΙΚ**, στόχος αποτελεί η αξιολόγηση των κόμβων, με βάση την ασφάλεια της κίνησης των δυσμενέστερων οχημάτων σχεδιασμού, και η διατύπωση προτάσεων για τη βελτίωση τους.

### 1.3 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται η **βιβλιογραφική ανασκόπηση** για κάθε μια από τις δύο ενότητες που περιγράφηκαν. Επιπλέον παρουσιάζονται αναλυτικά τα οχήματα σχεδιασμού

## **Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή**

των Αμερικανικών και των Ελληνικών κανονισμών, ενώ παρατίθενται και ορισμένα στοιχεία που αφορούν την προσομοίωση της κίνησης των οχημάτων και της μεθόδου που χρησιμοποιούν τα περισσότερα λογισμικά.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται συνοπτικά το **λογισμικό οδοποιίας Anadelta Tessera**. Είναι το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για το γεωμετρικό σχεδιασμό όλων των κόμβων που κατασκευάστηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και την προσομοίωση της κίνησης των οχημάτων επί αυτών. Επομένως, η επεξήγηση κάποιων βασικών λειτουργιών του προγράμματος κρίθηκε απαραίτητη.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** γίνεται η ανάλυση και βελτιστοποίηση των **ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής** με βάση τις τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού των Αμερικανικών κανονισμών. Πιο συγκεκριμένα, οι μέθοδοι σχεδιασμού με τις αντίστοιχες προτεινόμενες τιμές κατά AASHTO, συγκρίνονται μεταξύ τους, ενώ γίνεται προσπάθεια σύγκρισης με τη μεθοδολογία των Γερμανικών κανονισμών (RAS-K-1) και βελτιστοποίησης, μέσω μιας διαφορετικής προσέγγισης, που χρησιμοποιεί την κλωθειδή καμπύλη στο σχεδιασμό οριογραμμών σε στροφές ισόπεδων κόμβων.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται οι **τροχιές οχημάτων σε τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων των Ελληνικών κανονισμών**. Σε πρώτη φάση κατασκευάζονται στο λογισμικό οι ισόπεδοι κόμβοι, ακριβώς όπως παρουσιάζονται στο Παράρτημα των ΟΜΟΕ ΙΚ και στη συνέχεια τοποθετούνται οχήματα σχεδιασμού (των Ελληνικών κανονισμών) τα οποία εκτελούν στροφές εντός αυτών. Τα αποτελέσματα της κίνησης των οχημάτων και οι τροχιές που διαγράφουν, αξιολογούνται και προκύπτουν τα ανάλογα συμπεράσματα.

Στο **έκτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα και διατυπώνονται τα **συμπεράσματα** και οι προτάσεις, για κάθε μία από τις ενότητες που περιγράφηκαν νωρίτερα.

Τέλος στο **Παράρτημα**, παρατίθενται τα αναλυτικά σχήματα των ΟΜΟΕ – ΙΚ, που αφορούν το γεωμετρικό σχεδιασμό των τύπων κόμβων που εξετάστηκαν.

## **Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

### **2.1 Γενικά**

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες αυτής της διπλωματικής εργασίας. Περιλαμβάνει το γεωμετρικό σχεδιασμό οριογραμμών οδοστρώματος σε στροφές ισόπεδων κόμβων με βάση τα Αμερικανικά πρότυπα και το γεωμετρικό σχεδιασμό ισόπεδων κόμβων με βάση τους Ελληνικούς κανονισμούς.

Επιπλέον, παρουσιάζονται τα οχήματα σχεδιασμού τόσο των Αμερικανικών όσο και των Ελληνικών κανονισμών που χρησιμοποιήθηκαν από την παρούσα διερεύνηση, ενώ ειδική αναφορά γίνεται στο αντικείμενο της προσομοίωσης της κίνησης των οχημάτων σχεδιασμού και της μεθόδου που χρησιμοποιούν τα περισσότερα λογισμικά.

### **2.2 Σχεδιασμός οριογραμμών με βάση τους Αμερικανικούς κανονισμούς**

#### **2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Το πλάτος του οδοστρώματος σε έναν ισόπεδο κόμβο καθορίζεται από τον κυκλοφοριακό φόρτο και από τους τύπους οχημάτων που πρόκειται να τον χρησιμοποιήσουν. Όπου είναι σκόπιμο να προβλεφθεί η στροφή των οχημάτων στο πλαίσιο της εξοικονόμησης χώρου, όπως σε διασταυρώσεις χωρίς αποκλειστικές λωρίδες κυκλοφορίας, οι ακτίνες της οριογραμμής πρέπει να βασίζονται στην ελάχιστη διαδρομή στροφής των επιλεγμένων οχημάτων σχεδιασμού.

Η πιο απότομη στροφή που μπορεί να πραγματοποιήσει κάθε όχημα σχεδιασμού παρουσιάζεται στην ενότητα 2.4.1, όπου απεικονίζονται οι διαδρομές του εσωτερικού πίσω τροχού και της μπροστινής προεξοχής του οχήματος. Τα πλάτη και τα εμβαδά που προκύπτουν από τις παραπάνω διαδρομές, είναι τα ελάχιστα που μπορούν να επιτευχθούν με ταχύτητες ίσες ή μικρότερες από 15 km/h και κατά συνέπεια προσφέρουν κάποιο περιθώριο στη συμπεριφορά του οδηγού.

Κατά τον σχεδιασμό της οριογραμμής του οδοστρώματος με βάση το ελάχιστο ίχνος δεδομένου οχήματος μελέτης, ισχύει η παραδοχή ότι το όχημα είναι σωστά τοποθετημένο εντός της λωρίδας κυκλοφορίας στην αρχή και στο τέλος της στροφής, όταν απέχει 60cm από την οριογραμμή του οδοστρώματος στις ευθείες που φθάνουν στον κόμβο είτε εκκινούν από αυτόν. Οι οριογραμμές των καμπυλών του οδοστρώματος, με βάση και την παραπάνω παραδοχή, βρίσκονται πάντα εκτός των ιχνών των διαφόρων οχημάτων μελέτης και σε αποστάσεις κατά βάση μεγαλύτερες των 60 cm και σε καμία περίπτωση μικρότερες των 20cm από αυτά τα ίχνη. Υπάρχουν μερικές διαφορές στα ίχνη των οχημάτων εάν αυτά στρέφονται προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά, είναι όμως άνευ σημασίας για αυτή τη μελέτη. Παρότι δεν λέγεται ρητά οι παραπάνω οριογραμμές ισχύουν και για αριστερές στροφές.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

### 2.2.2 ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑ ΤΟΥ GREEN BOOK

Στο Green Book υπάρχουν πίνακες και σχέδια που αναφέρονται στις ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής του οδοστρώματος σε στροφές ισόπεδων κόμβων. Στους πίνακες παρατίθενται αναλυτικά με βάση τη γωνία συμβολής και το όχημα σχεδιασμού οι ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής σε κάθε μορφή της. Παραδείγματα τέτοιων πινάκων που υπάρχουν στους Αμερικανικούς κανονισμούς αποτελούν οι πίνακες που ακολουθούν (Πίνακας 2.1 και Πίνακας 2.2).

**Πίνακας 2.1:** Ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής για γωνία συμβολής 90°.

Angle of Turn (°)	Design Vehicle	Simple Curve Radius (m)	Simple Curve Radius with Taper		
			Radius (m)	Offset (m)	Taper L:T
90	P	9	6	0.8	10:1
	SU-9	15	12	0.6	10:1
	SU-12	24	14	1.2	10:1
	WB-12	—	14	1.2	10:1
	WB-19	—	36	1.3	30:1
	WB-20	—	37	1.3	30:1
	WB-28D	—	30	1.8	10:1
	WB-30T	—	25	0.8	15:1
	WB-33D	—	35	0.9	15:1

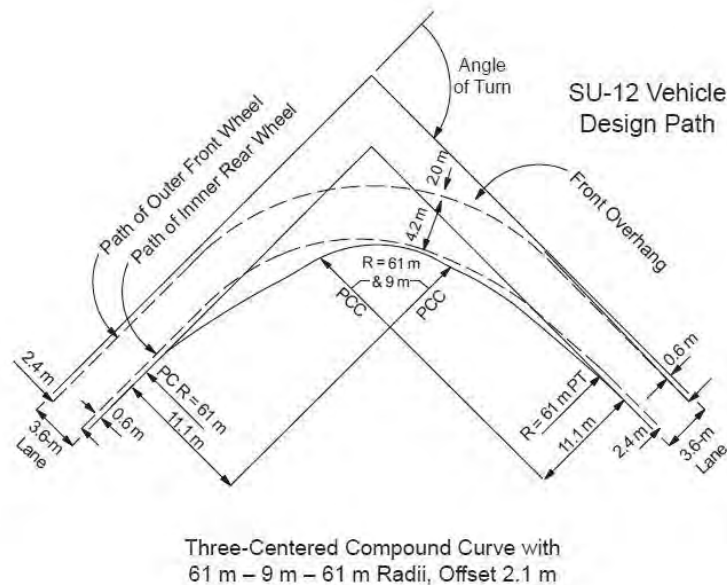
**Πίνακας 2.2:** Ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής για γωνία συμβολής 75°.

Angle of Turn (°)	Design Vehicle	Three-Centered Compound		Three-Centered Compound	
		Curve Radii (m)	Sym-metric Offset (m)	Curve Radii (m)	Asym-metric Offset (m)
75	P	30-8-30	0.6	—	—
	SU-9	36-14-36	0.6	—	—
	SU-12	61-11-61	1.5	18-14-61	0.3-1.4
	WB-12	36-14-36	1.5	36-14-60	0.6-2.0
	WB-19	134-23-134	4.5	43-30-165	1.5-3.6
	WB-20	128-23-128	3.0	61-24-183	0.3-3.0
	WB-28D	152-29-152	2.1	46-30-152	0.3-2.4
	WB-30T	76-24-76	1.4	30-24-91	0.5-1.5
	WB-33D	213-38-213	2.0	46-34-168	0.5-3.5

Όπως φαίνεται, η γεωμετρική μορφή της οριογραμμής μπορεί να είναι:

- i. Ένα απλό κυκλικό τόξο (Simple Curve Radius)
- ii. Ένα απλό κυκλικό τόξο με taper (Simple Curve Radius with Taper)
- iii. Μια συμμετρική καμπύλη τριών κέντρων (Three Centered Compound Symmetric)
- iv. Μια ασύμμετρη καμπύλη τριών κέντρων (Three Centered Compound Asymmetric)

Αντίστοιχα με τους πίνακες υπάρχουν και σχέδια που προσομοιώνουν την κίνηση των οχημάτων σχεδιασμού σε κόμβους που κατασκευάστηκαν με τις παραπάνω τιμές. Σε αυτά τα σχέδια διακρίνονται η διαδρομή του εξωτερικού μπροστινού τροχού, η διαδρομή του εσωτερικού πίσω τροχού, η μπροστινή προεξοχή του οχήματος κ.α. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου σχεδίου απεικονίζεται στο Σχήμα 2.1.



**Σχήμα 2.1:** Η τροχιά του οχήματος τύπου SU-12 σε μια σύνθετη συμμετρική καμπύλη τριών κέντρων.

### 2.2.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Τα σχέδια του Green Book υλοποιούν τις πιο κλειστές στροφές των διαφόρων οχημάτων μελέτης. Συνδυασμοί καμπυλών με ακτίνες διαφορετικές από αυτές που φαίνονται στους πίνακες μπορεί επίσης να είναι ικανοποιητικοί για την επίτευξη παρόμοιων αποτελεσμάτων. Η επιλογή σχεδίου για μια συγκεκριμένη διασταύρωση ή στροφή όπου υπάρχουν πεζοί, έχει ιδιαίτερη σημασία και είναι θεμιτό να περιοριστεί στο ελάχιστο η επιφάνεια της διασταύρωσης. Επιπλέον, η επιλογή οποιουδήποτε συγκεκριμένου σχεδίου εξαρτάται από τον τύπο και τις διαστάσεις των οχημάτων που θα στρίψουν και την έκταση την οποία θα πρέπει να καταλάβουν.

Ο κατάλληλος σχεδιασμός μπορεί ακόμη να εξαρτάται από άλλους παράγοντες όπως το είδος, τον χαρακτήρα και τη θέση των διασταυρούμενων οδών, τον κυκλοφοριακό όγκο

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

οχημάτων και πεζών, τον αριθμό και τη συχνότητα των μεγαλύτερων οχημάτων που επιχειρούν ελιγμούς στροφών και την επίδραση που έχουν αυτά στην υπόλοιπη κυκλοφορία. Για παράδειγμα, εάν η στρεφόμενη κυκλοφορία αποτελείται αποκλειστικά από επιβατικά αυτοκίνητα και η σχεδίαση της γινόταν με βάση τα μεγάλα φορτηγά, αυτό θα ήταν μη φιλικό για τους πεζούς και καθόλου οικονομικό. Ωστόσο, ο σχεδιασμός πρέπει να επιτρέπει σε ένα μεγάλο φορτηγό να στρίβει περιστασιακά καταπατώντας άλλες λωρίδες κυκλοφορίας χωρίς να διαταράσσεται σημαντικά η κυκλοφορία. Επομένως, ο μελετητής θα πρέπει να αναλύσει τα πιθανά ίχνη και τις καταπατήσεις που θα προκύψουν όταν η στροφή γίνει από ένα μεγαλύτερο όχημα.

Από την ανάλυση αυτών των ελιγμών και των αντίστοιχων ιχνών, σε συνδυασμό με άλλα κατάλληλα στοιχεία, μπορεί να επιλεγεί από τον μελετητή ο κατάλληλος τύπος λύσης με τις ελάχιστες τιμές μελέτης. Οι εφαρμογές ελάχιστων τιμών μελέτης για ελιγμούς στροφής είναι πολυάριθμοι, ακόμη και σε μη αστικές περιοχές. Οι ελάχιστες τιμές είναι κατάλληλες για κόμβους όπου οι ταχύτητες κατά την στροφή είναι χαμηλές, οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι μικροί και γενικά για περιοχές όπου η αξία της γης είναι μεγάλη.

Η επιλογή του οχήματος σχεδιασμού εξαρτάται από την κρίση του σχεδιαστή, μετά από εξέταση των συνθηκών του χώρου και ανάλυση των αναγκών και των μηχανικών περιορισμών των μεγαλύτερων οχημάτων. Συνοπτικά, σε μια διασταύρωση μπορούν να ληφθούν υπόψη τρία σχέδια ελάχιστης οριογραμμής του οδοστρώματος για στροφές, με βάση τις τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού που προσδιορίζονται παρακάτω:

- Όχημα σχεδιασμού τύπου P (passenger car - επιβατικό αυτοκίνητο). Αυτό το όχημα σχεδιασμού χρησιμοποιείται σε διασταυρώσεις σε συνδυασμό με χώρους στάθμευσης και πρόβλεψη των απολύτως ελάχιστων στροφών, σε διασταυρώσεις τοπικών οδών με κύριες οδούς, όπου οι στροφές πραγματοποιούνται σπάνια και σε διασταυρώσεις δύο δευτερευουσών δρόμων με χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους. Ωστόσο, εάν οι συνθήκες το επιτρέπουν, το όχημα SU-9 (φορτηγό μιας μονάδας) είναι το προτιμότερο όχημα σχεδιασμού για αυτές τις περιπτώσεις.
- Οχήματα σχεδιασμού ενιαίων φορτηγών (SU-9 και SU-12). Αυτά τα οχήματα σχεδιασμού παρέχουν τη συνιστώμενη σχεδίαση οριογραμμής με τις ελάχιστες τιμές μελέτης για όλες τις υπεραστικές οδούς. Εάν προβλέπονται σημαντικοί ελιγμοί στροφής σε κύριες οδούς, ιδιαίτερα σε εκείνες που περιλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό κυκλοφορίας φορτηγών, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν στη μελέτη μεγαλύτερες ακτίνες, λωρίδες αλλαγής ταχύτητας, ή και τα δύο.
- Οχήματα σχεδιασμού φορτηγών συνδυασμού ημιρυμουλκούμενων. Αυτά τα οχήματα σχεδιασμού πρέπει να χρησιμοποιούνται εκεί όπου οι συνδυασμοί φορτηγών θα στρέφονται επανειλημμένα. Εάν δικαιολογούνται μελέτες για τέτοια οχήματα, προτιμώνται γενικά οι απλούστεροι συμμετρικοί συνδυασμοί με σύνθετες καμπύλες τριών κέντρων. Επειδή οι μελέτες με βάση τα οχήματα συνδυασμών ημιρυμουλκούμενων, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται σε δύο ή περισσότερα τεταρτημόρια μιας ισόπεδης διασταύρωσης, παράγουν μεγάλες διαστρωμένες επιφάνειες που ελέγχονται δύσκολα, απαιτείται συνήθως η διαρρύθμιση αυτών των επιφανειών. Εξαιτίας αυτού, μπορεί να είναι επιθυμητή η αύξηση των ακτινών και η κατασκευή μιας τριγωνικής νησίδας.



## 2.3 Γεωμετρικός σχεδιασμός ισόπεδων κόμβων με βάση τους Ελληνικούς κανονισμούς

### 2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι θέσεις των ισόπεδων κόμβων είναι εκ των προτέρων επικίνδυνες, διότι σε αυτές αυξάνονται οι πιθανότητες σύγκρουσης των οχημάτων, με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι απαιτήσεις για τη σωστή καθοδήγηση του οδηγού. Ο σχεδιασμός θα πρέπει αδιαμφισβήτητα να μειώνει τις πιθανές συγκρούσεις μεταξύ οχημάτων, δικύκλων και πεζών, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη καθοδήγησης των οδηγών και επιτρέποντας τους να λαμβάνουν γρήγορες ή και σύνθετες αποφάσεις, ώστε να επιτυγχάνεται ομαλή ροή της κυκλοφορίας. Οι ισόπεδοι κόμβοι θα πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να μειώνεται ο χρόνος και η απόσταση για όλους όσους διέρχονται ή εκτελούν στροφές εντός αυτών.

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός αφορά στη δομική διαμόρφωση των ισόπεδων κόμβων. Περιλαμβάνει το σχεδιασμό της οριζόντιας και κατακόρυφης χάραξης, των στοιχείων διατομής όπως ερείσματα, κεντρική νησίδα, κράσπεδα, θέσεις στηθαίων ασφαλείας, πεζοδρόμια κτλ. Με βάση αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να γίνει ο σχεδιασμός άλλων στοιχείων του κόμβου, όπως των πινακίδων σήμανσης, ή και της σηματοδότησης για τη ρύθμιση της κυκλοφορίας, του οδο φωτισμού, του συστήματος αποχέτευσης του καταστρώματος και των κατασκευών που απαιτούν στατική μελέτη (ΟΜΟΕ-ΙΚ).

Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει αναφορά μόνο στην οριζόντια χάραξη των ισόπεδων κόμβων, καθώς και στις τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού που διέρχονται ή εκτελούν στροφές επί αυτών.

### 2.3.2 ΌΧΗΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ως όχημα σχεδιασμού λαμβάνεται ένα θεωρητικό όχημα με συγκεκριμένα μεγέθη βάρους, διαστάσεων και χαρακτηριστικών λειτουργίας, το οποίο αντιπροσωπεύει τα οχήματα μίας συγκεκριμένης κατηγορίας. Για λόγους ασφαλείας, κάθε όχημα σχεδιασμού έχει μεγαλύτερες διαστάσεις και ακτίνα στροφής από σχεδόν όλα τα οχήματα της κατηγορίας που καλείται να αντιπροσωπεύσει.

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός ενός κόμβου επηρεάζεται άμεσα από την κατηγορία του οχήματος σχεδιασμού, όσον αφορά στην οριζοντιογραφία, στη μηκοτομή, στο πλάτος λωρίδων, στις ακτίνες στροφής, στις αποστάσεις ορατότητας, στο μήκος αναμονής πρόσθετων λωρίδων στρεφουσών κινήσεων, καθώς και στα μήκη επιβράδυνσης και επιτάχυνσης. Τα οχήματα σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται από τους Ελληνικούς κανονισμούς παρουσιάζονται αναλυτικά στην ενότητα 2.4.2.

Η επιλογή του οχήματος σχεδιασμού επηρεάζεται από τη λειτουργική κατάταξη της οδού (ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ), αλλά και από την εκτιμώμενη σύνθεση της κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα, ανάλογα με τη λειτουργική κατηγορία των οδών που συμβάλλουν στον κόμβο, τα οχήματα σχεδιασμού ορίζονται στον επόμενο πίνακα. Βεβαίως, σε πολλές περιπτώσεις και εφόσον αυτό δικαιολογείται από τα δεδομένα της κυκλοφορίας, μπορεί να χρησιμοποιείται και διαφορετικό όχημα σχεδιασμού (πάντα μεγαλύτερο) από αυτά που προτείνονται στον Πίνακα 2.3. Σε καμία περίπτωση το όχημα σχεδιασμού που θα επιλεγεί δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο (σε διαστάσεις) των ενδεδειγμένων οχημάτων για κάθε κατηγορία οδού.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

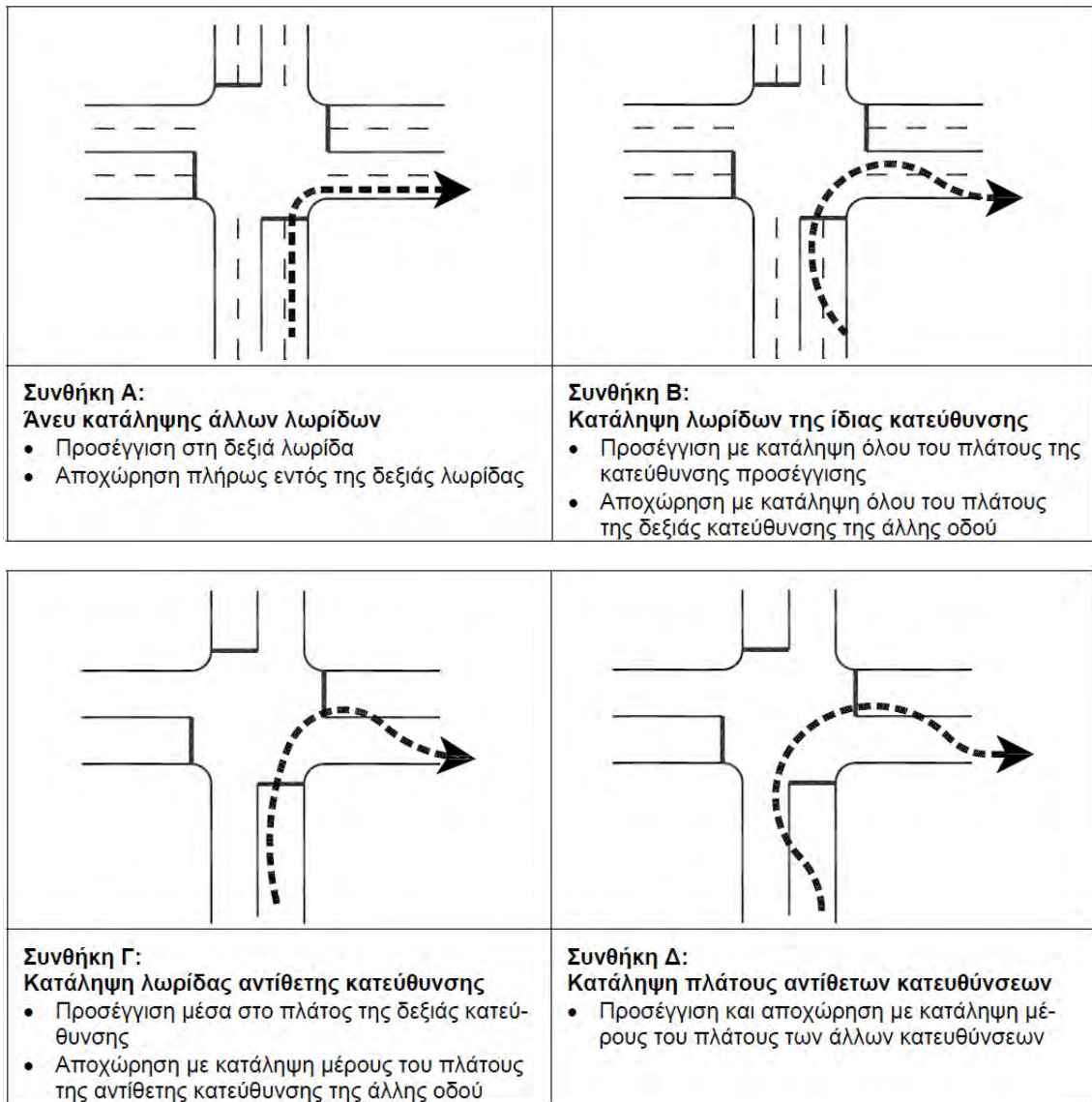
**Πίνακας 2.3:** Επιλογή οχήματος σχεδιασμού για κατασκευή ισόπεδου κόμβου (ΟΜΟΕ-ΙΚ).

Κατηγορία Οδού		Όχημα Σχεδιασμού
Όλα τα σκέλη	AI, AII και AIII	Ρυμουλκό με Ημι-ρυμουλκούμενο
	BII και BIII	
	Μόνο με τυπική διατομή δ2 στις κατηγορίες AIV και BIV	
Τουλάχιστον ένα σκέλος	AV και AVI	Ελαφρύ φορτηγό
	BIV	

Ανάλογα με τις κατηγορίες των οδών που συμβάλλουν σε ένα κόμβο, σε αστικό περιβάλλον επιτρέπονται να συμβαίνουν συγκεκριμένες συνθήκες, κατά τις οποίες το ίχνος του φορτηγού, που εκτελεί στροφή, μπορεί να καταλαμβάνει μέρος από την επιφάνεια άλλων λωρίδων. Αυτές οι συνθήκες διακρίνονται σε 4 κατηγορίες και περιγράφονται στο Σχήμα 2.2 και τον Πίνακα 2.4.

**Πίνακας 2.4:** Επιτρεπόμενες συνθήκες σε γωνίες στροφής ισόπεδων κόμβων (εντός οικισμών).

Οδός	Όχημα σχεδιασμού								
	Φορτηγό ρυμουλκό + ημι-ρυμουλκούμενο			Ενιαίο φορτηγό			Μικρό επιβατηγό (IX)		
Διερχόμενη Προσεγγίζουσα	Αρτηρία	Συλλεκτήρια	Τοπική	Αρτηρία	Συλλεκτήρια	Τοπική	Αρτηρία	Συλλεκτήρια	Τοπική
Αρτηρία	A	B	Γ	A	B	Γ	A	A	A
Συλλεκτήρια	B	B	Γ	B	B	Γ	A	A	A
Τοπική	B	Δ	Δ	Γ	Γ	Δ	A	B	B



Σχήμα 2.2: Επιτρεπόμενες συνθήκες για δεξιά στροφή εντός οικισμών (ΟΜΟΕ-ΙΚ).

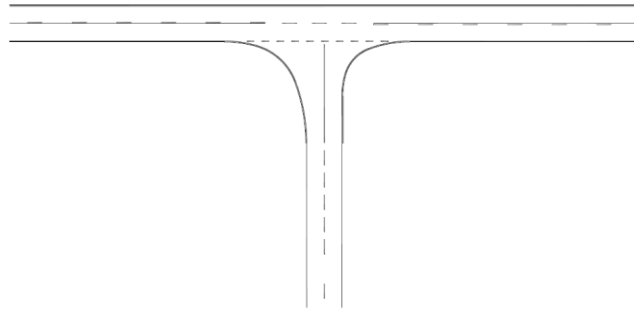
### 2.3.3 ΔΙΑΤΑΞΗ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ

#### 2.3.3.1 Τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων

Οι τυπικές μορφές των ισόπεδων κόμβων σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς (ΟΜΟΕ-ΙΚ), κατατάσσονται σε τέσσερις (4) κύριες κατηγορίες, ανάλογα με την υλοποίηση αποκλειστικών λωρίδων αριστερής στροφής, υπερυψωμένων νησίδων και εγκατάστασης φωτεινής σηματοδότησης. Οι τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων και τα επιμέρους χαρακτηριστικά αυτών, περιγράφονται συνοπτικά σε αυτήν την ενότητα.

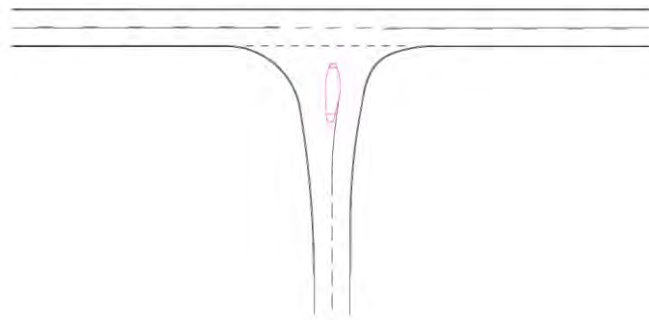
1. **Τύπος Α**, που περιλαμβάνει τις ακόλουθες μορφές:

- **Τύπος Α1:** Είναι η απλούστερη μορφή κόμβου συμβολής ή διασταύρωσης χωρίς καμιά νησίδα (Σχήμα 2.3). Στο τμήμα της διερχόμενης οδού, εκατέρωθεν της συμβολής ή διασταύρωσης, διαφοροποιείται η οριζόντια σήμανση, όπως φαίνεται στο σχέδιο που υπάρχει στο Παράρτημα.



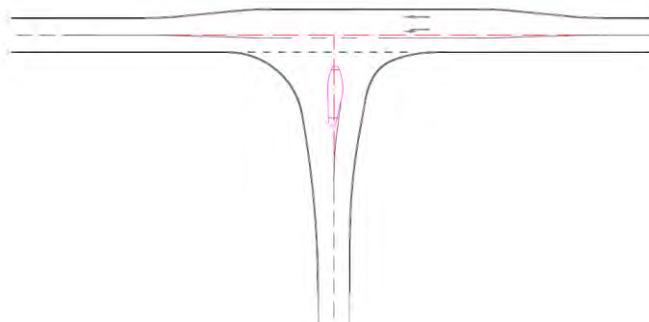
Σχήμα 2.3: Κόμβος τύπου A1.

- **Τύπος A2:** Είναι η μορφή κόμβου με νησίδες μορφής σταγόνας στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού. Στο τμήμα της διερχόμενης οδού, εκατέρωθεν της συμβολής ή διασταύρωσης, διαφοροποιείται η οριζόντια σήμανση.



Σχήμα 2.4: Κόμβος τύπου A2.

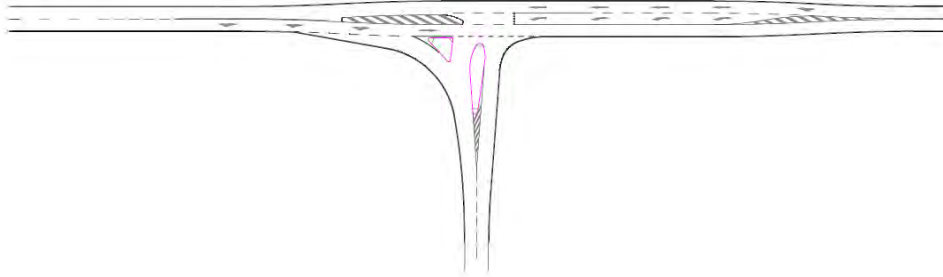
- **Τύπος A3:** Είναι παραλλαγή του τύπου A2, που περιλαμβάνει μικρού μήκους διαπλάτυνση για την αναμονή προς αριστερή στροφή ενός τουλάχιστον φορτηγού οχήματος επί της διερχόμενης οδού. Η διαπλάτυνση πρέπει να διασφαλίζει πλάτος  $\geq 5,50\text{m}$  στην κατεύθυνση που χρειάζεται η αναμονή για αριστερή στροφή, ενώ το πλάτος στην αντίθετη κατεύθυνση επιτρέπεται να περιορίζεται στα  $2,75\text{m}$ .



Σχήμα 2.5: Κόμβος τύπου A3.

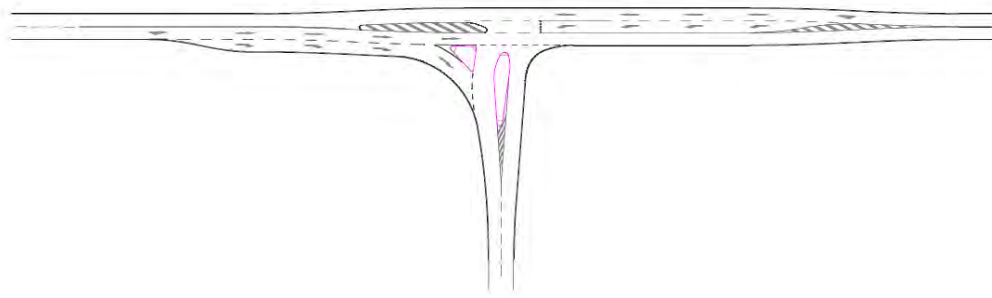
2. **Τύπος Β**, που περιλαμβάνει τις ακόλουθες μορφές:

- **Τύπος Β1**: Κόμβος συμβολής με προβλεπόμενη αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής. Παραλλαγές αυτού του τύπου αποτελούν οι παρακάτω.
  - **Τύπος Β1σ**: Η έξοδος με δεξιά στροφή υλοποιείται σφηνοειδή πρόσθετη λωρίδα.



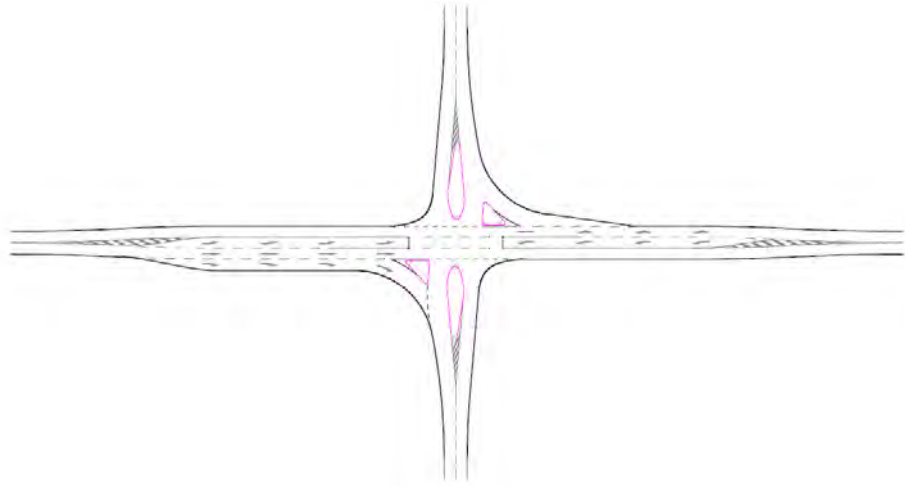
Σχήμα 2.6: Κόμβος τύπου Β1σ.

- **Τύπος Β1λ**: Η έξοδος με δεξιά στροφή υλοποιείται με πλήρη πρόσθετη λωρίδα.



Σχήμα 2.7: Κόμβος τύπου Β1λ.

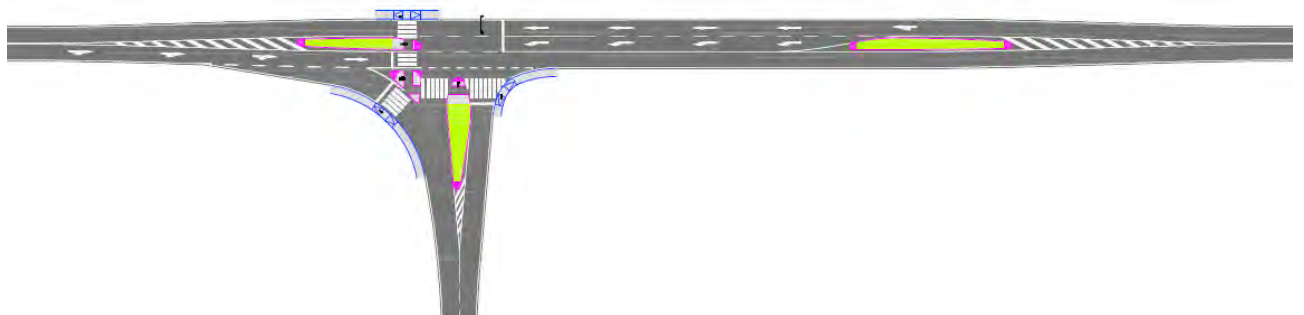
- **Τύπος Β2**: Κόμβος διασταύρωσης με αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής, μέσω διαπλάτυνσης της κύριας οδού και οριζόντιας σήμανσης. Η έξοδος με δεξιά στροφή πραγματοποιείται είτε με σφηνοειδή πρόσθετη λωρίδα, είτε με πλήρη πρόσθετη λωρίδα. Στο Σχήμα 2.8, διακρίνονται και οι δύο περιπτώσεις εξόδου δεξιάς στροφής.



Σχήμα 2.8: Κόμβος τύπου B2.

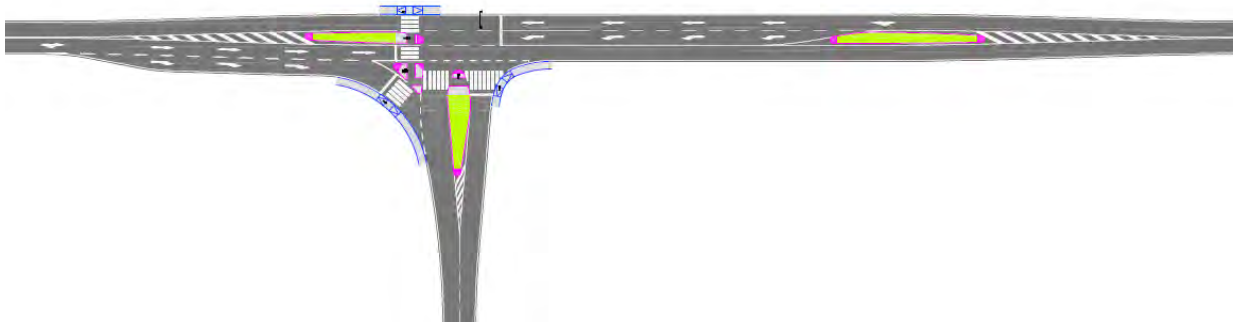
3. **Τύπος Γ**, που περιλαμβάνει τις ακόλουθες μορφές:

- **Τύπος Γ1:** Είναι αντίστοιχος με τον τύπο B1 με τη διαφορά ότι σε αυτήν την περίπτωση, υπάρχουν δύο υπερυψωμένες νησίδες στην κύρια οδό και δύο στη δευτερεύουσα οδό (μια τριγωνική νησίδα και μια νησίδα μορφής σταγόνας). Όλες οι νησίδες αποτελούνται από υπερβατά κράσπεδα για την εξυπηρέτηση των πεζών. Προϋπόθεση για την υλοποίηση του συγκεκριμένου τύπου ισόπεδου κόμβου αποτελεί η εγκατάσταση οδοφωτισμού και φωτεινής σηματοδότησης. Ο συγκεκριμένος τύπος κόμβου, όπως και ο τύπος B1, κατηγοριοποιείται ανάλογα με τη μορφή της εξόδου δεξιάς στροφής.
  - **Τύπος Γ1σ:** Η έξοδος δεξιάς στροφής γίνεται με λωρίδα σφηνοειδούς μορφής.



Σχήμα 2.9: Κόμβος τύπου Γ1σ.

- **Τύπος Γ1λ:** Πλήρης πρόσθετη λωρίδα για έξοδο δεξιάς στροφής.

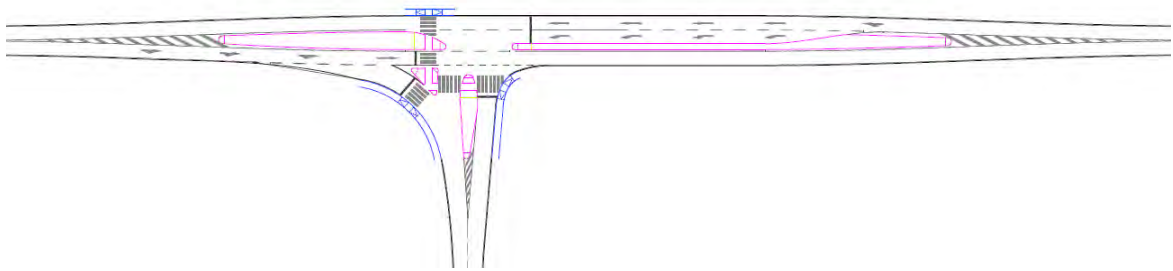


Σχήμα 2.10: Κόμβος τύπου Γ1λ.

4. **Τύπος Δ**, που περιλαμβάνει τις παρακάτω μορφές:

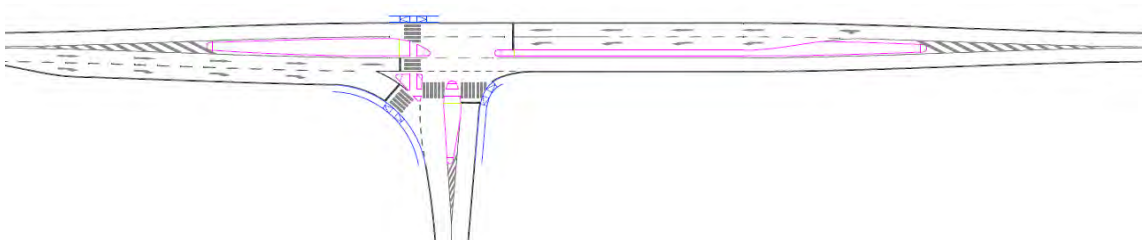
- **Τύπος Δ1:** Κόμβος συμβολής αντίστοιχος του τύπου Γ1. Μια από τις βασικές διαφορές τους βρίσκεται στις πλήρως υπερυψωμένες κεντρικές νησίδες (με υπερβατά κράσπεδα) του κύριου δρόμου. Προϋπόθεση για την κατασκευή του, αποτελεί η παρουσία σηματοδότησης και οδοφωτισμού.

➤ **Τύπος Δ1σ:** Με χρήση σφήνας για την έξοδο με δεξιά στροφή.



Σχήμα 2.11: Κόμβος τύπου Δ1σ.

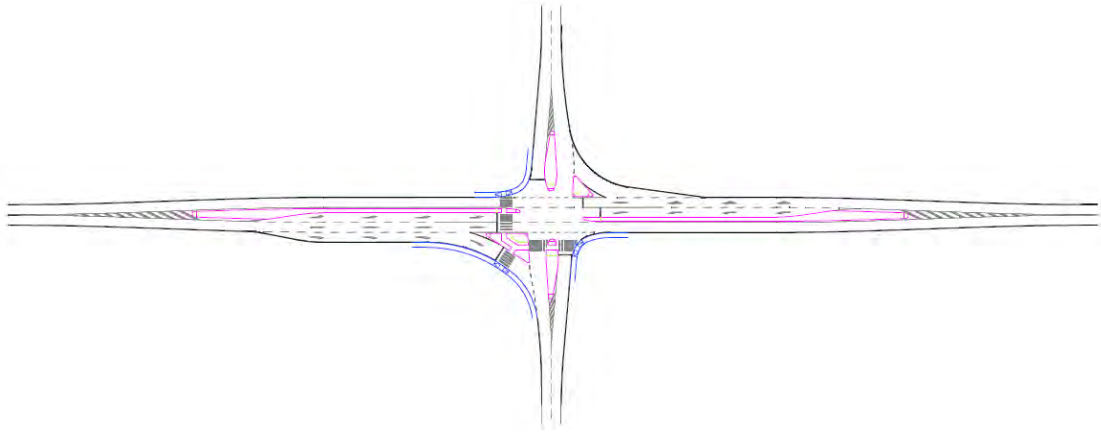
➤ **Τύπος Δ1λ:** Με αποκλειστική λωρίδα για έξοδο με δεξιά στροφή.



Σχήμα 2.12: Κόμβος τύπου Δ1λ.

- **Τύπος Δ2:** Κόμβος διασταύρωσης (Σχήμα 2.13) βασισμένος στους τύπους Δ1σ και Δ1λ.



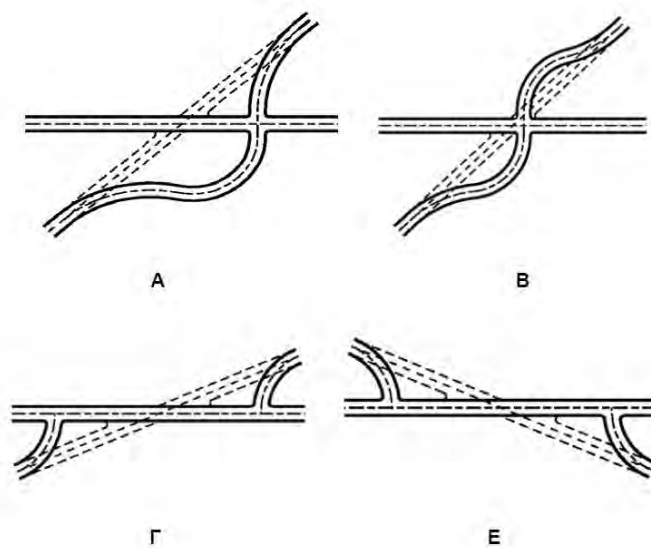


Σχήμα 2.13: Κόμβος τύπου Δ2.

### 2.3.3.2 Κόμβοι με σκέλη που τέμνονται υπό οξεία γωνία

Οι άξονες των οδών που συμβάλλουν σε έναν ισόπεδο κόμβο πρέπει να τέμνονται, όσο αυτό είναι εφικτό, κάθετα. Κόμβοι με σκέλη τεμνόμενα υπό οξεία γωνία πρέπει να αποφεύγονται, διότι περιορίζουν την κίνηση και την ορατότητα οχημάτων και οδηγών αντίστοιχα, ενώ απαιτούν μεγαλύτερες επιφάνειες οδοστρωσίας. Σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς, η γωνία τομής μεταξύ των αξόνων των οδών που συμβάλλουν στον κόμβο, δεν πρέπει να αποκλίνει περισσότερο από  $15^\circ$  σε σχέση με την ορθή γωνία. Σε ιδιαίτερες περιπτώσεις (π.χ. περιορισμένος χώρος για απαλλοτριώσεις) η γωνία αυτή μπορεί να αποκλίνει μέχρι και  $20^\circ$  (καταχρηστικά  $30^\circ$ ) από την ορθή γωνία (ΟΜΟΕ ΙΚ).

Μερικές προτάσεις βελτίωσης του σχεδιασμού κόμβων με κλάδους που τέμνονται υπό οξεία γωνία αναπτύσσονται στο επόμενο σχήμα. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η χρήση καμπύλης για την κάμψη της δευτερεύουσας οδού.



Σχήμα 2.14: Προτάσεις για βελτίωση σχεδιασμού κόμβων (ΟΜΟΕ-ΙΚ).



## 2.4 Οχήματα σχεδιασμού

### 2.4.1 ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Με βάση τους Αμερικανικούς κανονισμούς υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες οχημάτων σχεδιασμού. Αυτές είναι τα επιβατικά αυτοκίνητα, τα λεωφορεία, τα φορτηγά και τα οχήματα αναψυχής. Στο Green Book υπάρχουν πίνακες και σχέδια που παρουσιάζουν τις διαστάσεις και τις ελάχιστες ακτίνες στροφής, 20 οχημάτων σχεδιασμού, που εντάσσονται στις παραπάνω κατηγορίες.

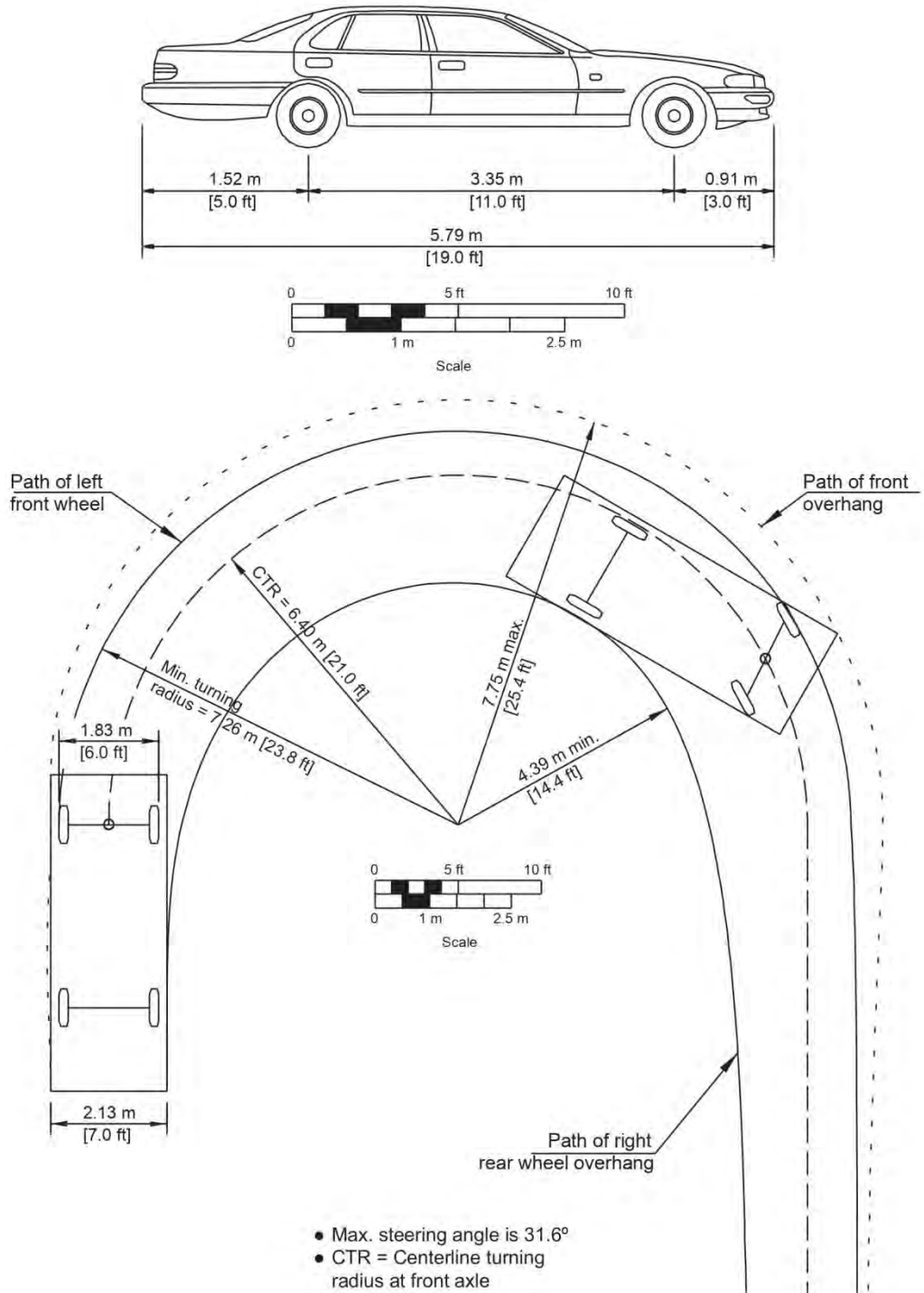
Όσον αφορά τα ελάχιστα ίχνη των οχημάτων σε στροφή 180°, οι κυριότερες διαστάσεις που επηρεάζουν το σχεδιασμό είναι η ελάχιστη ακτίνα της τροχιάς του κέντρου του εμπρόσθιου άξονα του οχήματος (ή αλλιώς CTR – Centerline Turning Radius), η ελάχιστη ακτίνα της τροχιάς του εμπρόσθιου εξωτερικού και του πίσω εσωτερικού τροχού και η μέγιστη ακτίνα της τροχιάς του εξωτερικού μέρους του αμαξώματος του οχήματος μελέτης.

Όλες οι παραπάνω τιμές βασίζονται στους μηχανικούς περιορισμούς κάθε οχήματος αλλά και στην υπόθεση ότι η ταχύτητα με την οποία στρίβει το όχημα σχεδιασμού είναι μικρότερη των 15 km/h.

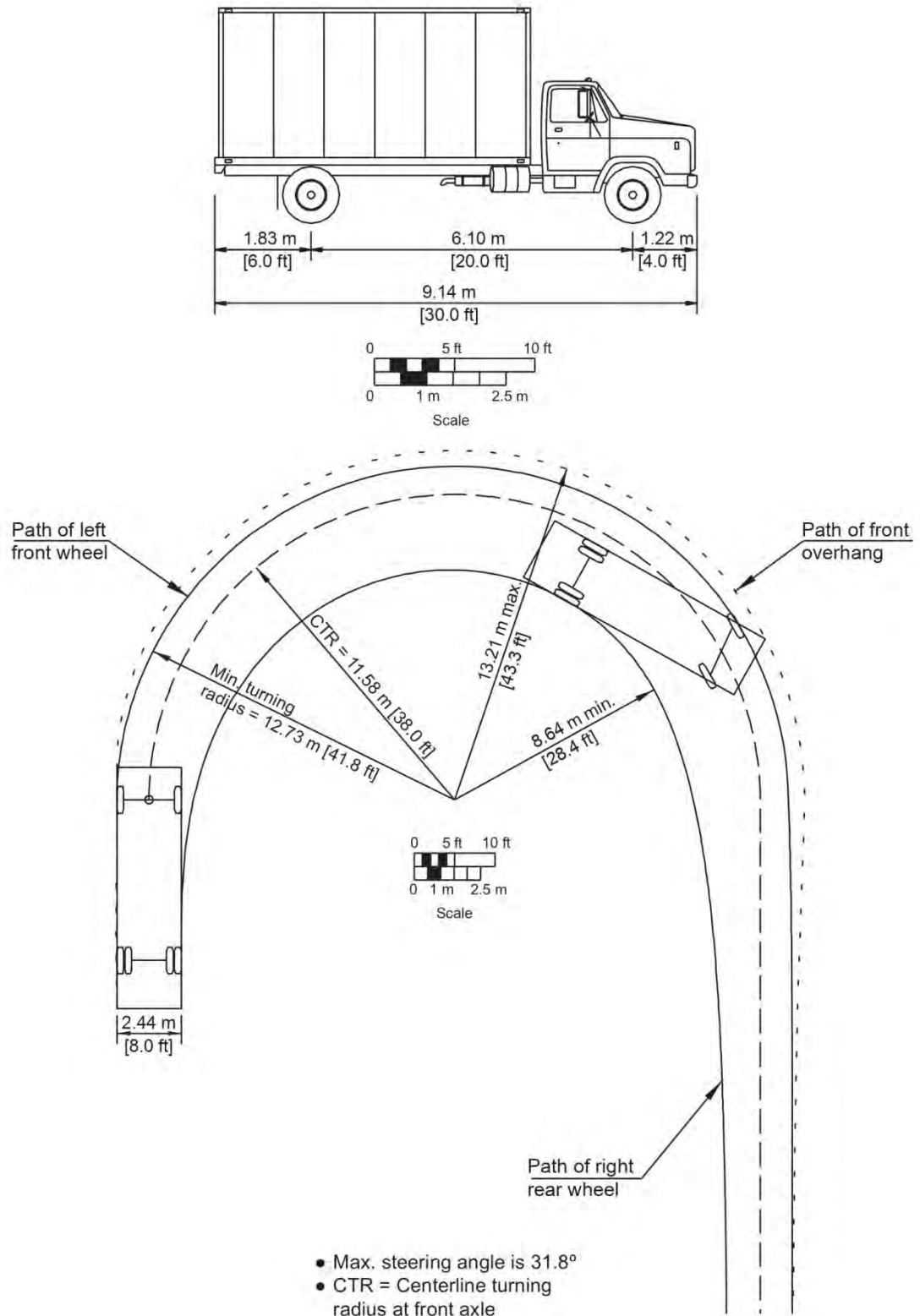
Η τροχιά του εξωτερικού μέρους του αμαξώματος του οχήματος μελέτης και η τροχιά του πίσω εσωτερικού τροχού συνθέτουν την περιβάλλουσα της τροχιάς του οχήματος, που είναι και η κρισιμότερη τροχιά για τη διερεύνηση που θα ακολουθήσει.

Στα επόμενα σχήματα που προέρχονται από το Green Book (από Σχήμα 2.15 έως Σχήμα 2.17 και από Σχήμα 2.19 έως Σχήμα 2.24), παρουσιάζονται αναλυτικά οι διαστάσεις και τα ελάχιστα ίχνη των οχημάτων σχεδιασμού (σε στροφή 180°), που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

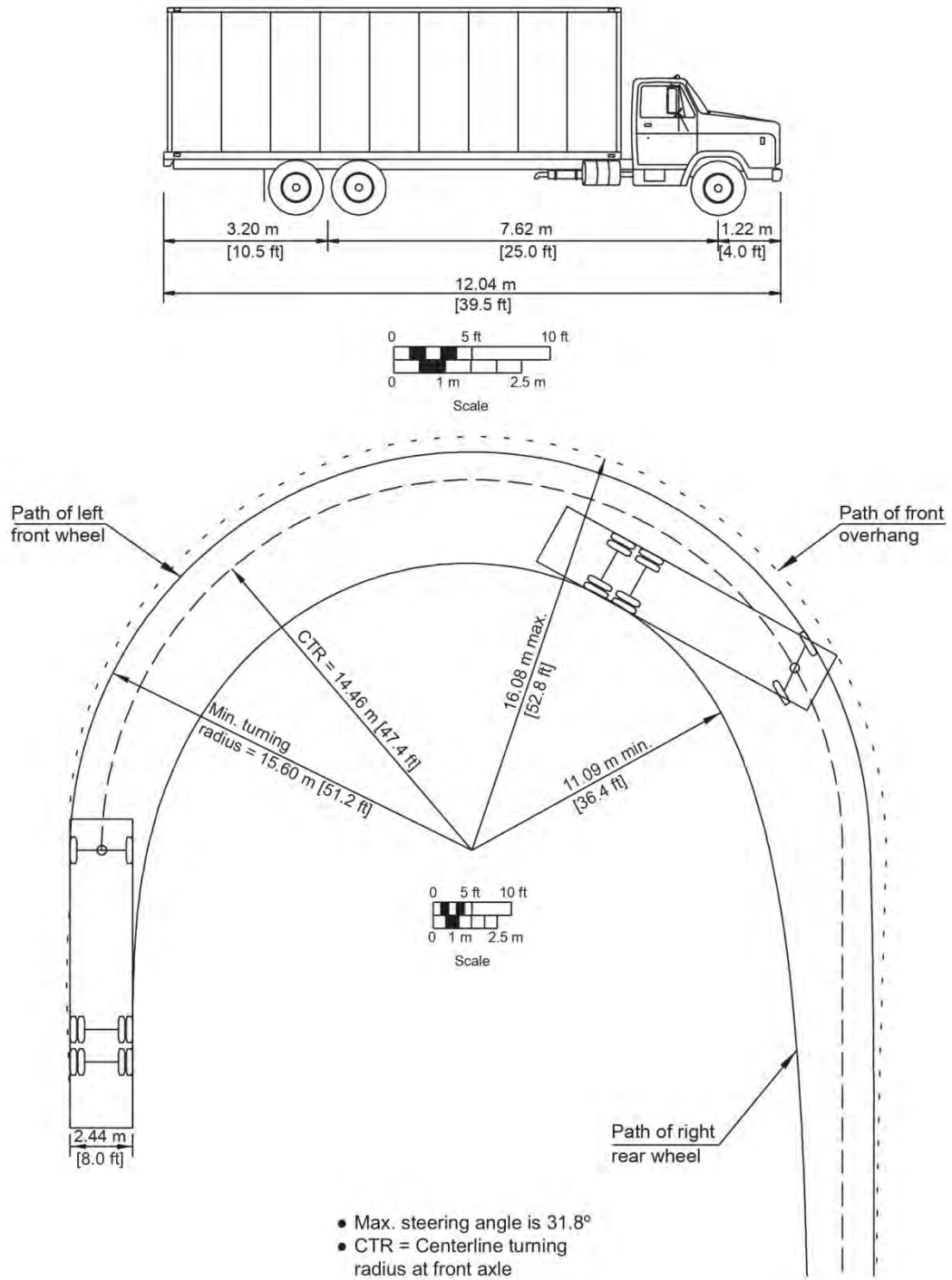


**Σχήμα 2.15:** Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού P (επιβατικό αυτοκίνητο) σε στροφή 180°.



Σχήμα 2.16: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού SU-9 (ενιαίο φορτηγό) σε στροφή 180°.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

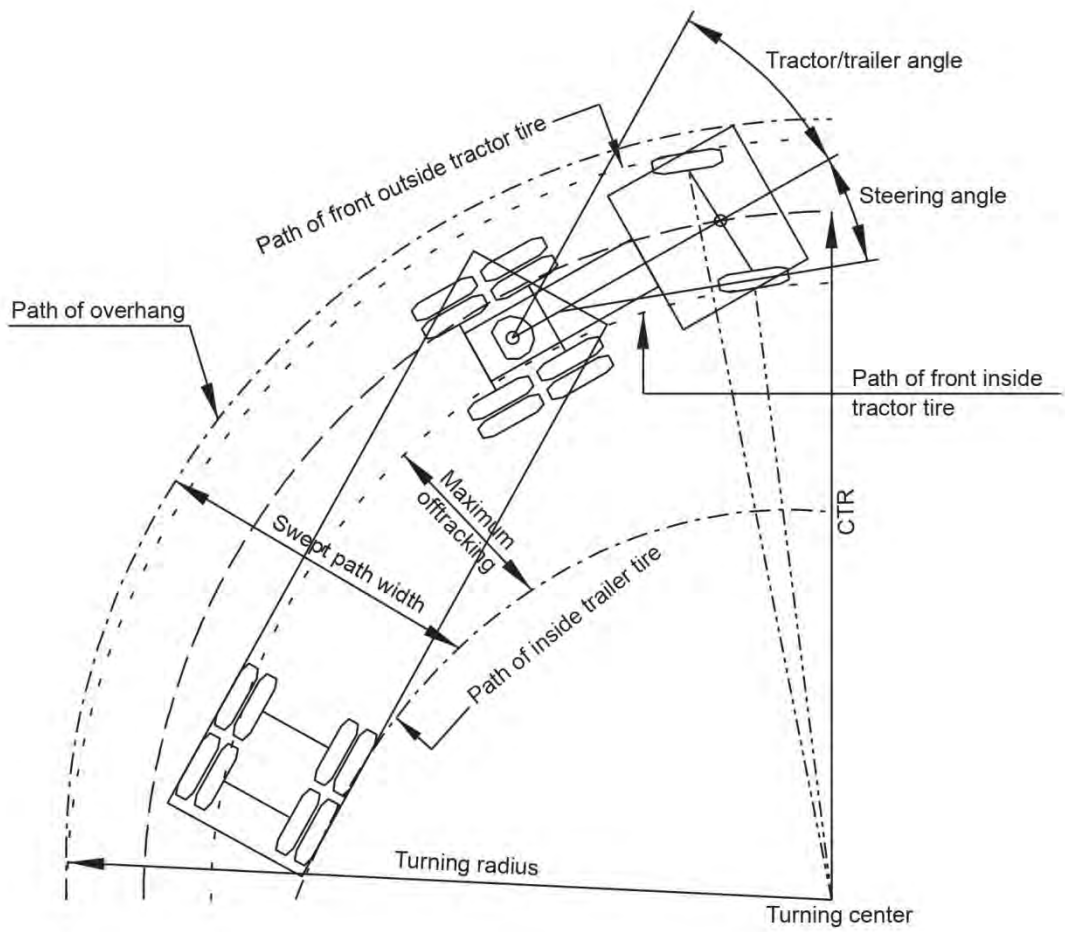


**Σχήμα 2.17:** Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού SU-12 (ενιαίο φορτηγό) σε στροφή 180°.

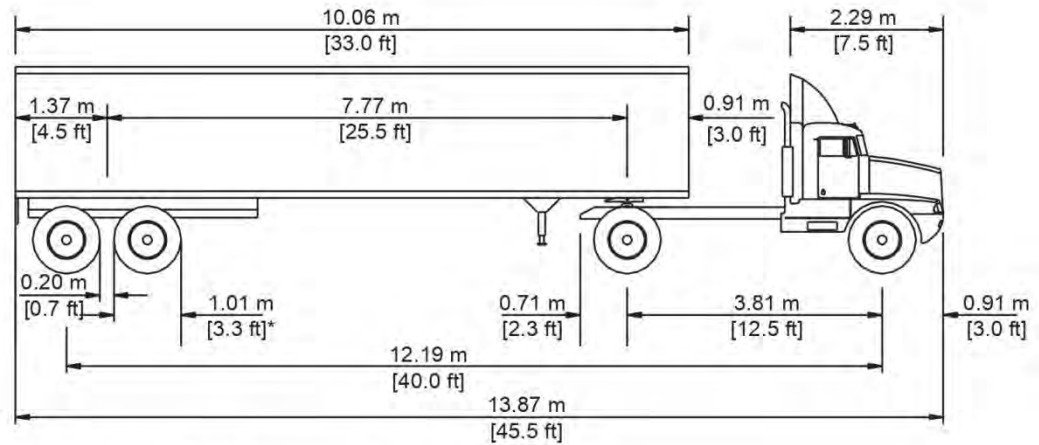
Στο Σχήμα 2.18, παρουσιάζεται η στροφή ενός τυπικού φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο καθώς και τα επιμέρους στοιχεία που τη συνθέτουν.

Τα στοιχεία αυτά είναι τα εξής:

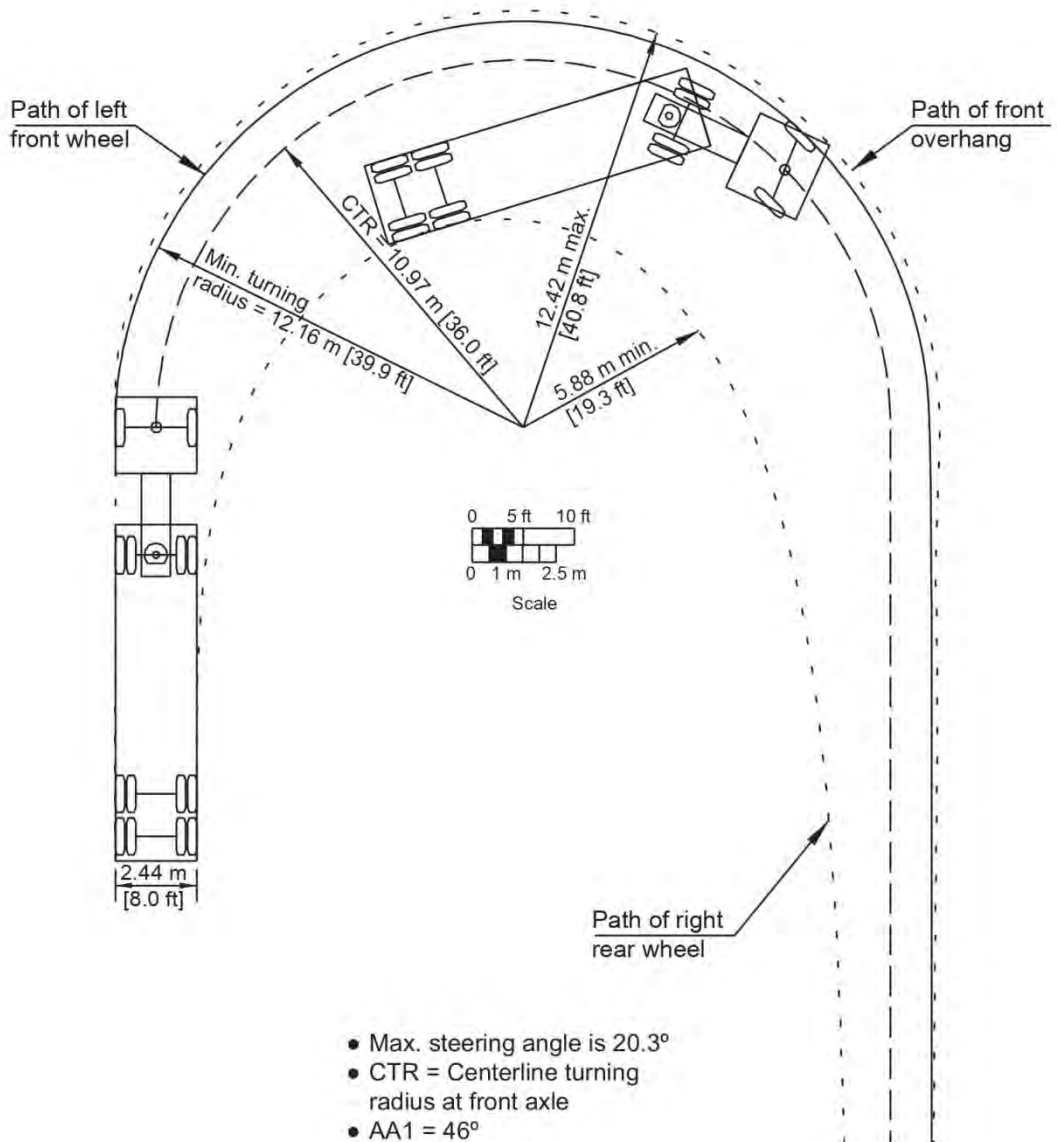
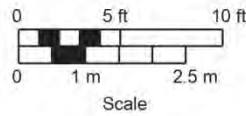
- Το κέντρο της στροφής (Turning center).
- Η ελάχιστη ακτίνα στροφής που μπορεί να διαγράψει το κέντρο του εμπρόσθιου άξονα του οχήματος μελέτης. Αυτή η ελάχιστη ακτίνα επιτυγχάνεται όταν οι μπροστινοί τροχοί στρέφονται πλήρως προς την κατεύθυνση της στροφής και στα σχέδια διακρίνεται ως CTR (Centerline Turning Radius).
- Η μέγιστη γωνία στροφής (max. Steering angle), που είναι ο μέσος όρος των γωνιών που δημιουργούνται από τον αριστερό και το δεξί εμπρόσθιο τροχό (όταν αυτοί στρέφονται πλήρως), με τον διαμήκη άξονα του οχήματος. Ουσιαστικά αυτή η μέγιστη γωνία καθορίζει και την ελάχιστη ακτίνα στροφής, στην οποία έγινε αναφορά παραπάνω και προκύπτει από τους μηχανικούς περιορισμούς του κάθε οχήματος μελέτης.
- Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του φορτηγού ρυμουλκού και του ημιρυμουλκούμενου οχήματος ή γωνία άρθρωσης (Tractor/trailer angle or articulating angle). Αυτή η γωνία σχηματίζεται από τον διαμήκη άξονα του φορτηγού ρυμουλκού και τον διαμήκη άξονα του ημιρυμουλκούμενου οχήματος. Στην περίπτωση ενός οχήματος με περισσότερα αρθρωτά μέρη, οι γωνίες άρθρωσης υπολογίζονται ανάλογα, ενώ οι ονομασίες τους ορίζονται ως AA1, AA2 κτλ. ξεκινώντας από το μπροστά μέρος του οχήματος προς τα πίσω.
- Οι τροχιές των μπροστινών τροχών (paths of front tractor tires), η τροχιά του εμπρόσθιου εξωτερικού μέρους του αμαξώματος του φορτηγού ρυμουλκού (path of overhang) και η τροχιά του πίσω εσωτερικού τροχού του ημιρυμουλκούμενου οχήματος (path of inside trailer tire). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, που το ημιρυμουλκούμενο όχημα έχει δύο άξονες, σαν τροχιά του εσωτερικού πίσω τροχού, λαμβάνεται η τροχιά ενός θεωρητικού τροχού που βρίσκεται στο μέσο των δύο πραγματικών εσωτερικών πίσω τροχών του οχήματος.
- Το Offtracking που είναι η απόσταση μεταξύ της τροχιάς του μπροστινού εσωτερικού τροχού του φορτηγού ρυμουλκού και της τροχιάς του εσωτερικού πίσω τροχού του ημιρυμουλκούμενου οχήματος. Η απόσταση αυτή μεγιστοποιείται (Maximum offtracking), όταν οι μπροστινοί τροχοί του φορτηγού ρυμουλκού στρέφονται με τη μέγιστη γωνία στροφής τους (Σχήμα 2.18).
- Το Swept path width, που είναι η απόσταση μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής περιβάλλουσας της τροχιάς του οχήματος σχεδιασμού συνολικά (δηλαδή του φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο). Η απόσταση αυτή είναι περίπου ίση με το άθροισμα του offtracking και του πλάτους του ημιρυμουλκούμενου οχήματος. Η πιο σημαντική διάσταση που επηρεάζει την απόσταση αυτή (Swept path width ή πλάτος της περιβάλλουσας της τροχιάς), είναι η απόσταση μεταξύ της άρθρωσης των δύο οχημάτων και του πίσω άξονα (ή πίσω αξόνων) του ημιρυμουλκούμενου. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η απόσταση, τόσο μεγαλύτερο θα είναι το Swept path width (ή πλάτος της περιβάλλουσας).



Σχήμα 2.18: Η στροφή ενός τυπικού φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο.



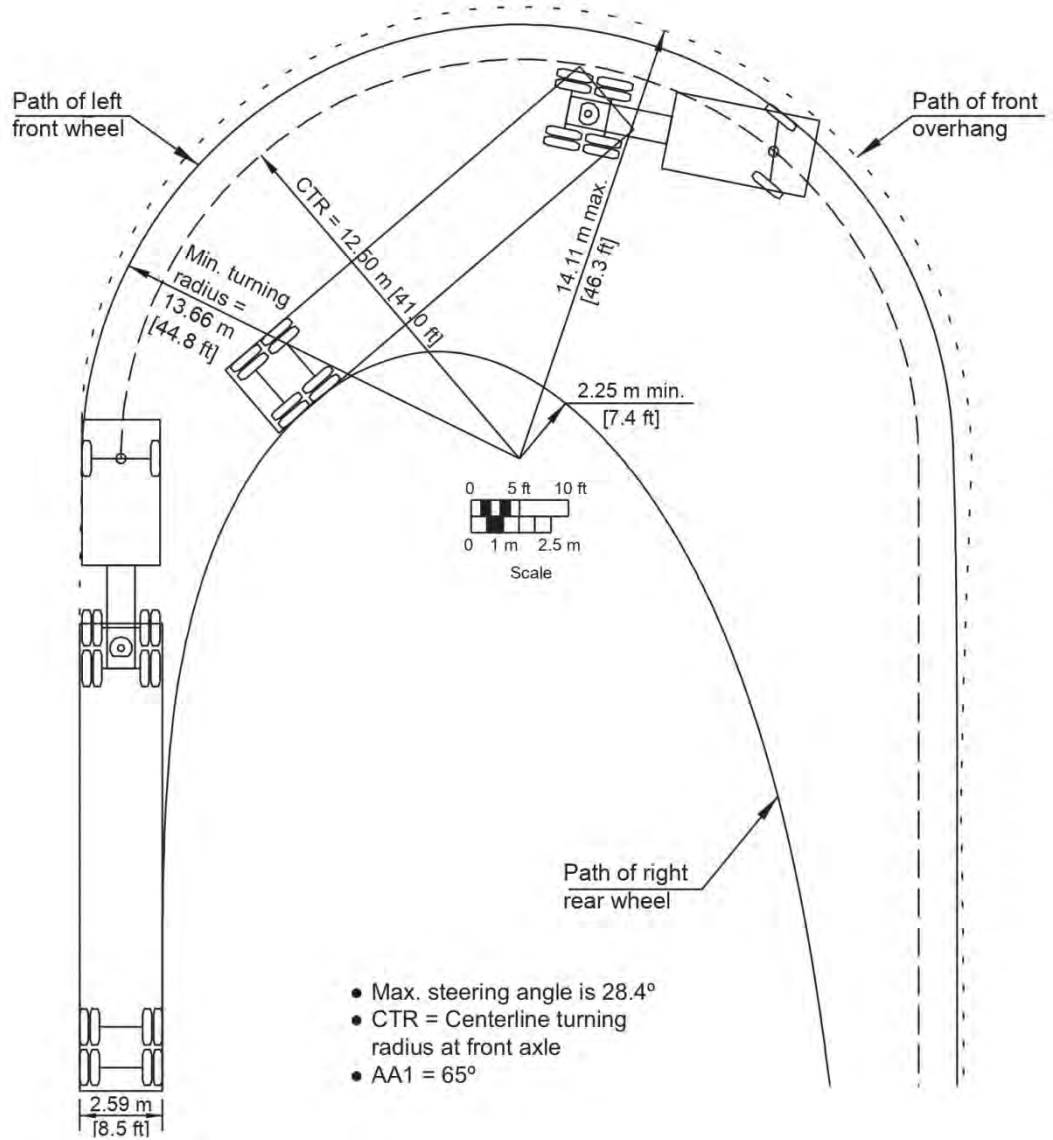
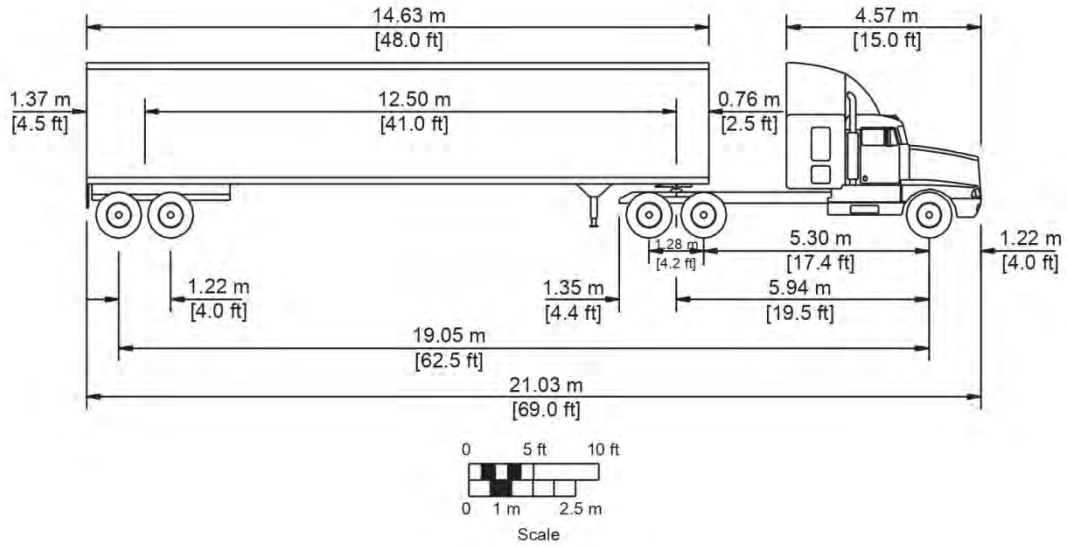
\* Typical tire size and space between tires applies to all trailers



- Max. steering angle is 20.3°
- CTR = Centerline turning radius at front axle
- AA1 = 46°

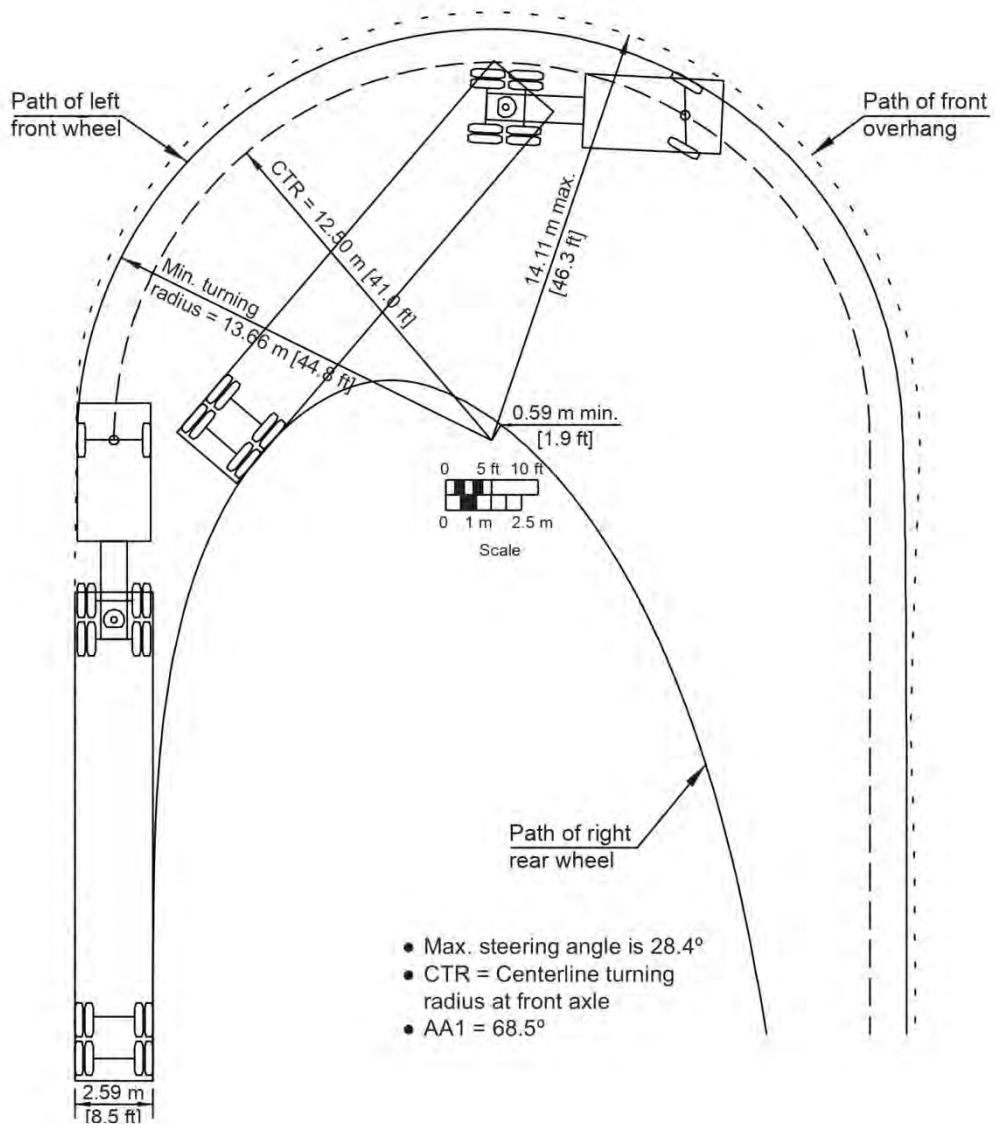
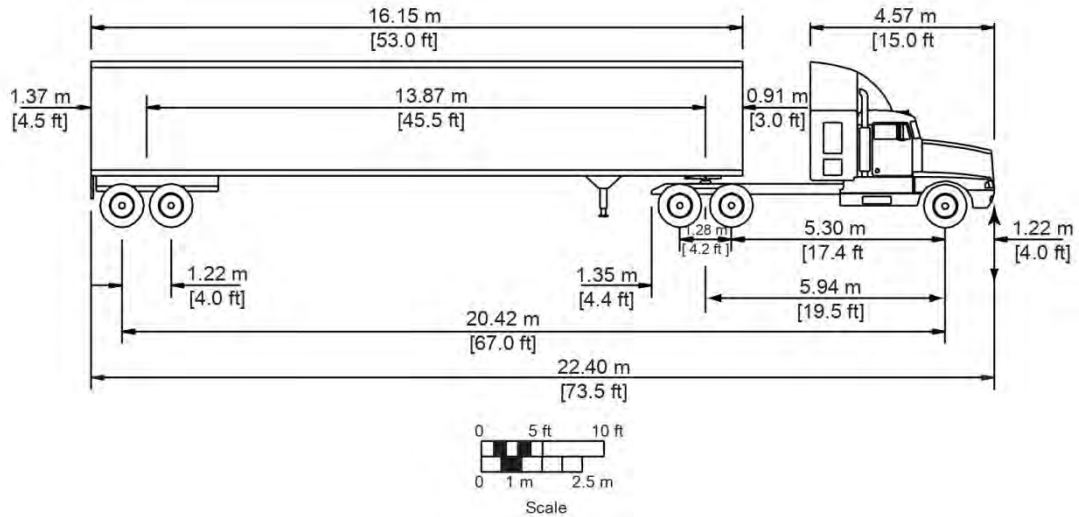
Σχήμα 2.19: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-12 (φορηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση



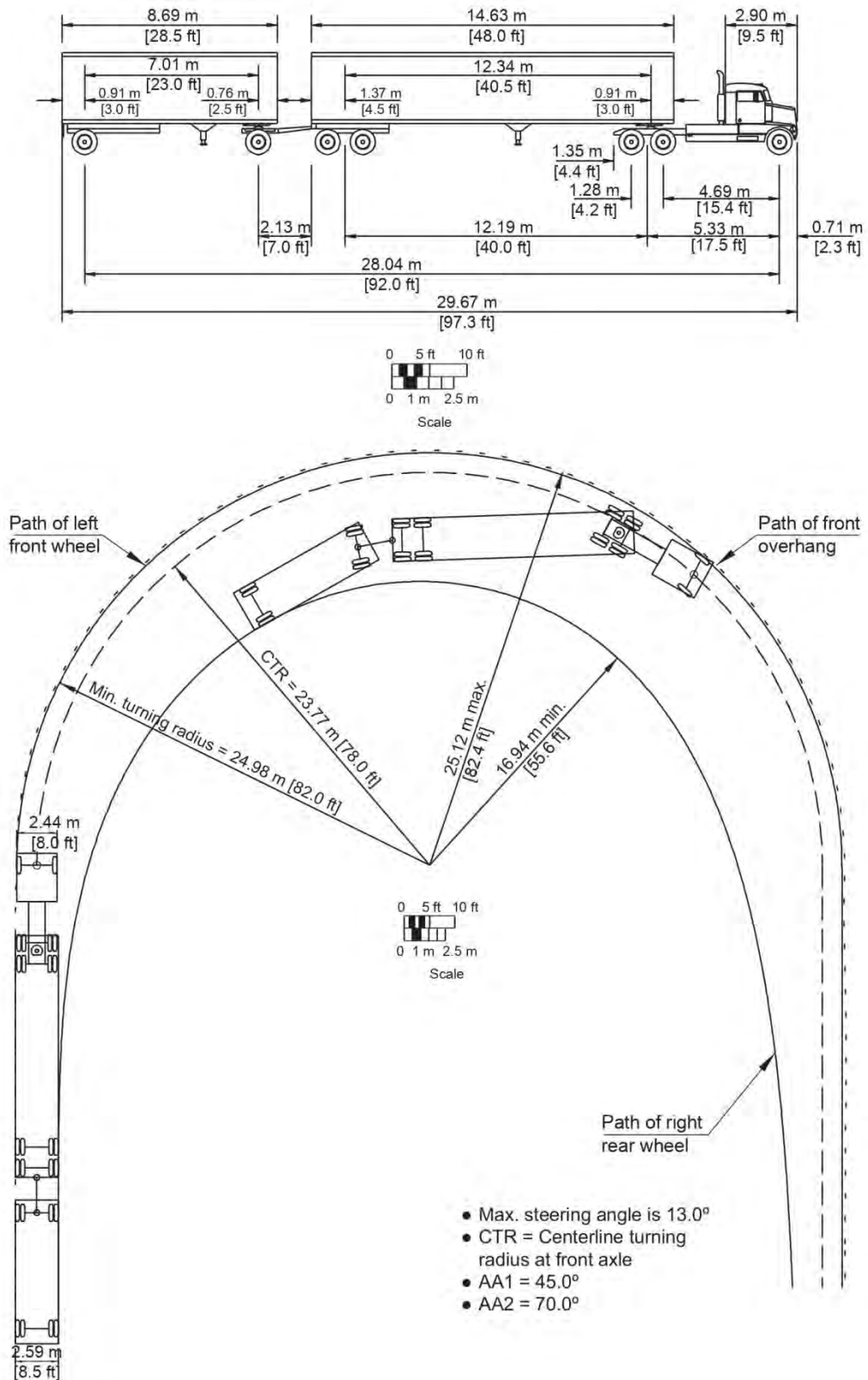
**Σχήμα 2.20:** Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-19 (φορηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.



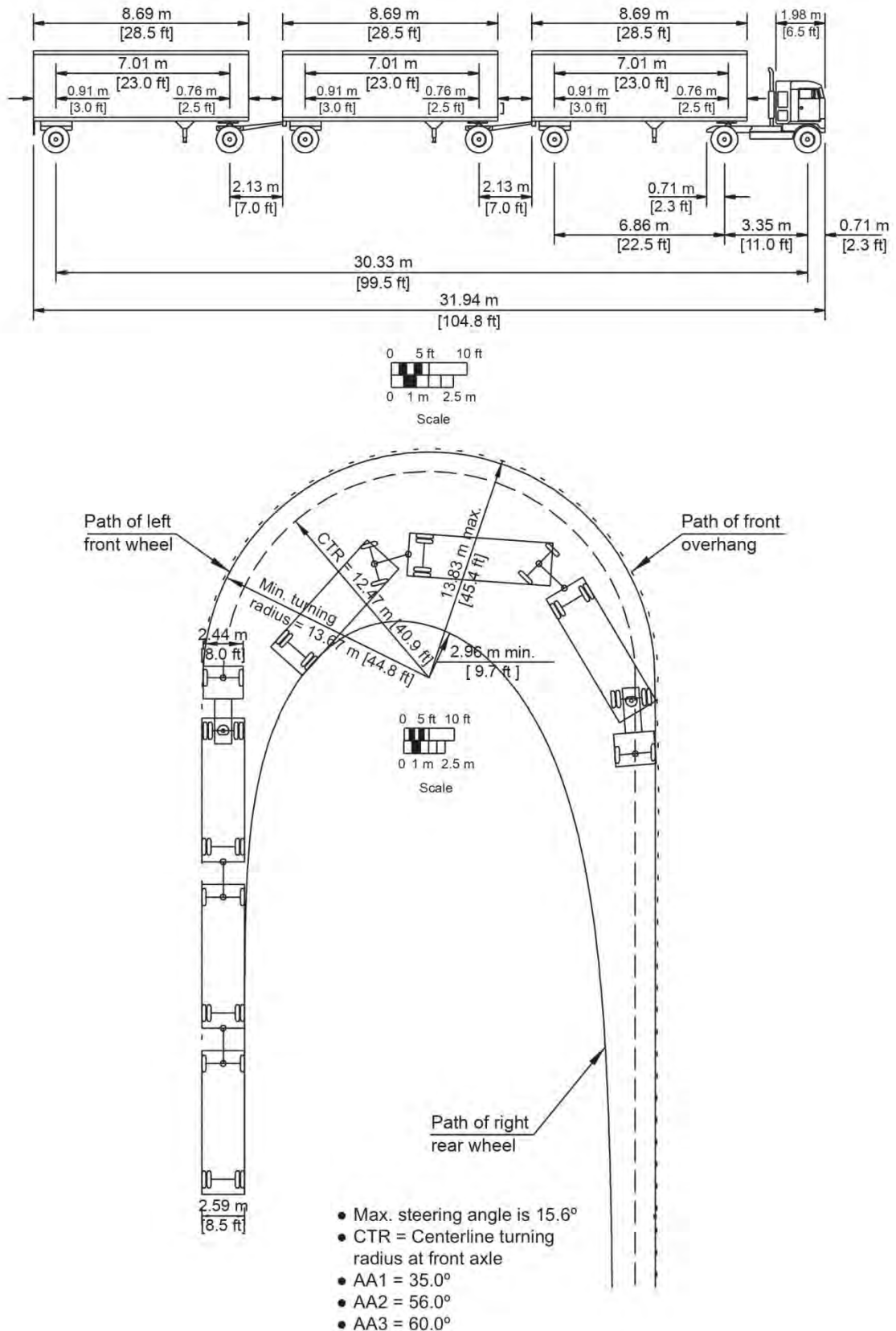


Σχήμα 2.21: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-20 (φορητό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

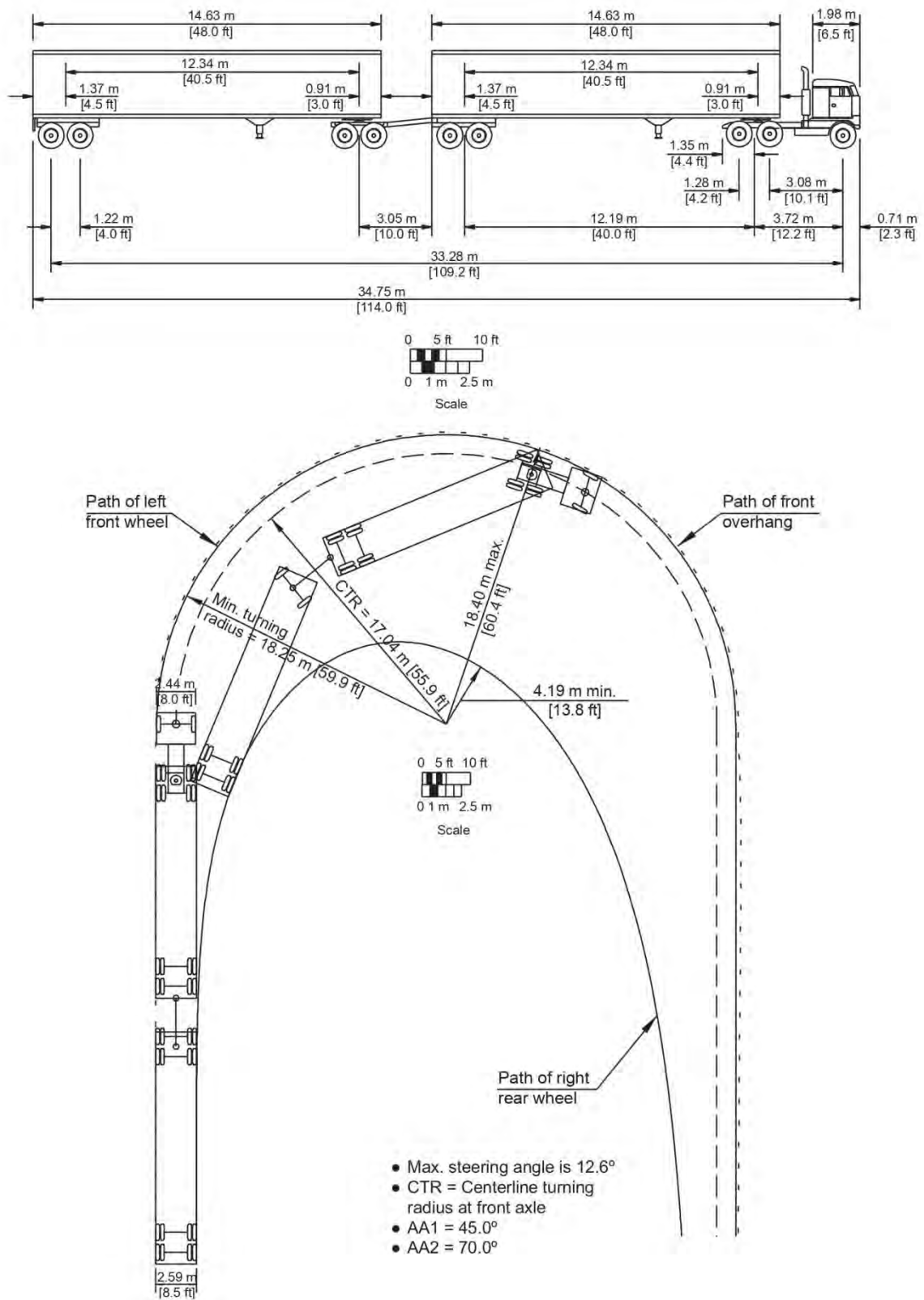


Σχήμα 2.22: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-28D (φορητό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο και ρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.



Σχήμα 2.23: Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-30T (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο και δύο ρυμουλκούμενα) σε στροφή 180°.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση



**Σχήμα 2.24:** Ελάχιστα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού WB-33D (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο και ρυμουλκούμενο) σε στροφή 180°.

#### 2.4.2 ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

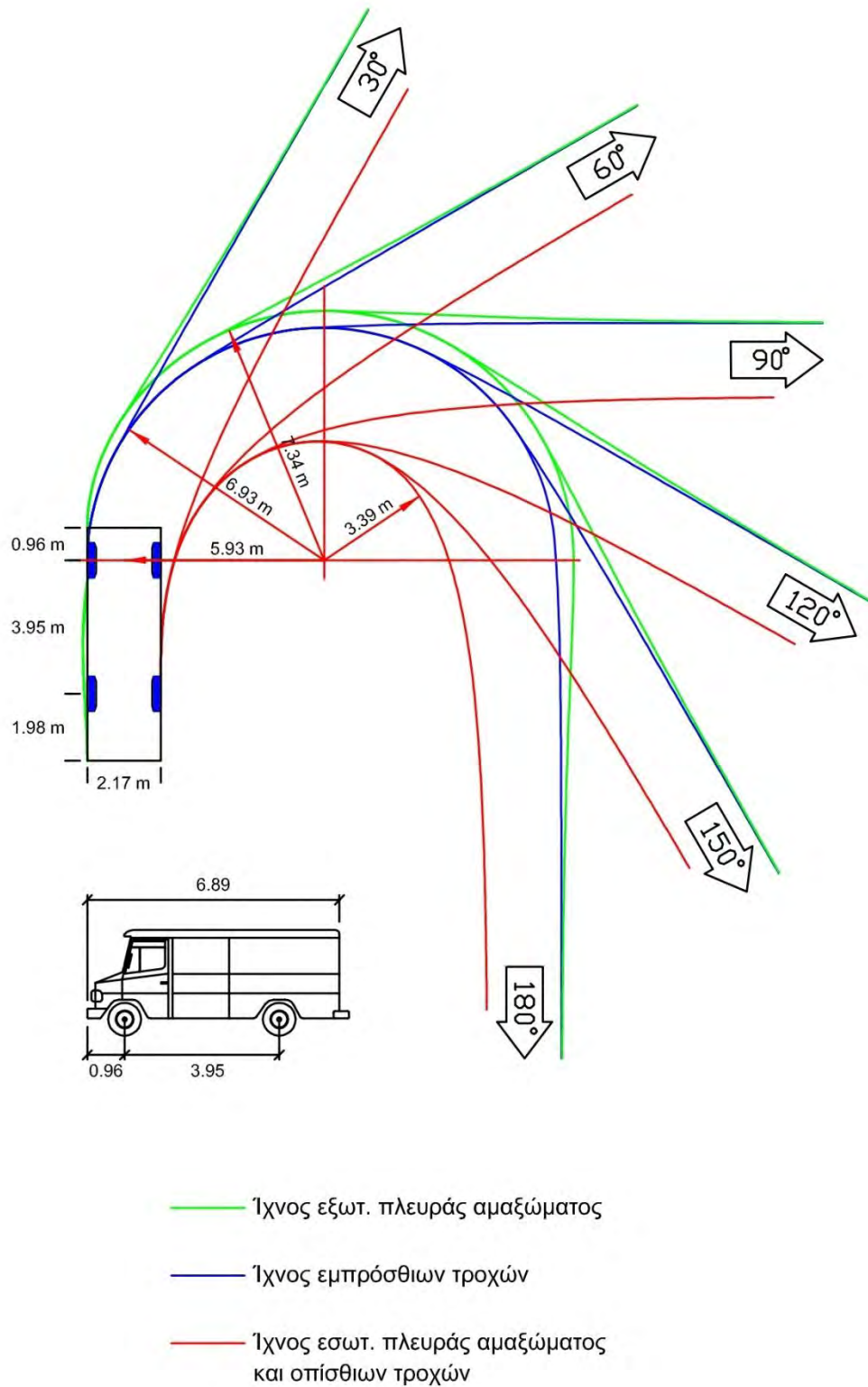
Τα οχήματα σχεδιασμού των Ελληνικών κανονισμών (ΟΜΟΕ) στα οποία έγινε αναφορά, είτε χρησιμοποιήθηκαν σε προσομοιώσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρουσιάζονται στα επόμενα σχήματα (από Σχήμα 2.25 έως Σχήμα 2.31).

Τα οχήματα αυτά είναι το ελαφρύ φορτηγό, το λεωφορείο αστικής συγκοινωνίας (LBUS12), το φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (Sattelzug) και το φορτηγό ρυμουλκό με ρυμουλκούμενο (Lastzug).

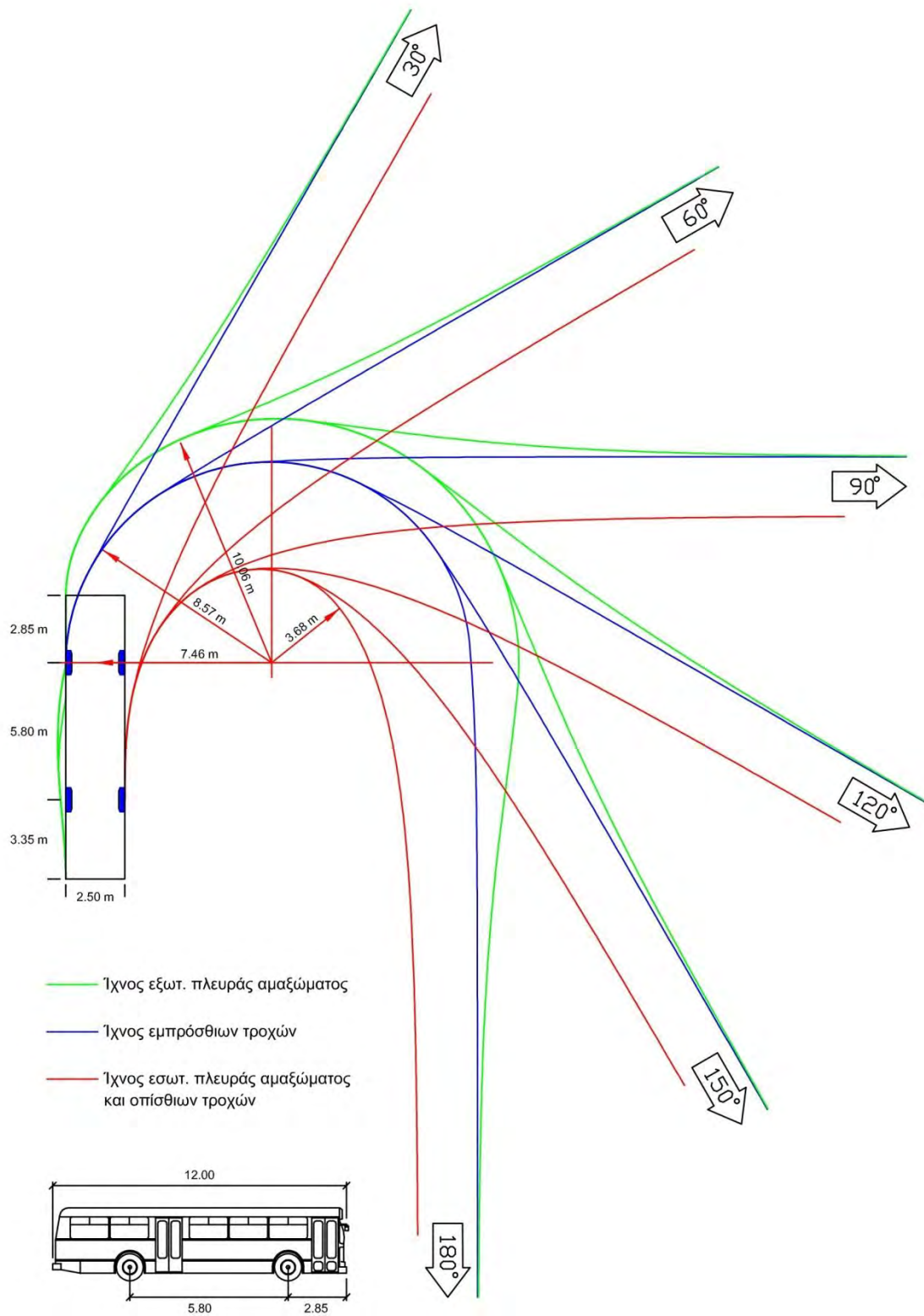
Πιο συγκεκριμένα στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι διαστάσεις των παραπάνω οχημάτων, τα ίχνη της εξωτερικής πλευράς του αμαξώματος, τα ίχνη των εμπρόσθιων τροχών και τα ίχνη της εσωτερικής πλευράς του αμαξώματος και των οπίσθιων τροχών σε διάφορες στροφές (30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°).

Επιπλέον, αναγράφονται στα σχήματα το CTR των οχημάτων (δηλαδή η ελάχιστη ακτίνα στροφής του κέντρου του εμπρόσθιου άξονα του οχήματος), η ελάχιστη ακτίνα της τροχιάς του εμπρόσθιου εξωτερικού και του πίσω εσωτερικού τροχού και η μέγιστη ακτίνα της τροχιάς του εξωτερικού μέρους του αμαξώματος του οχήματος μελέτης.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση



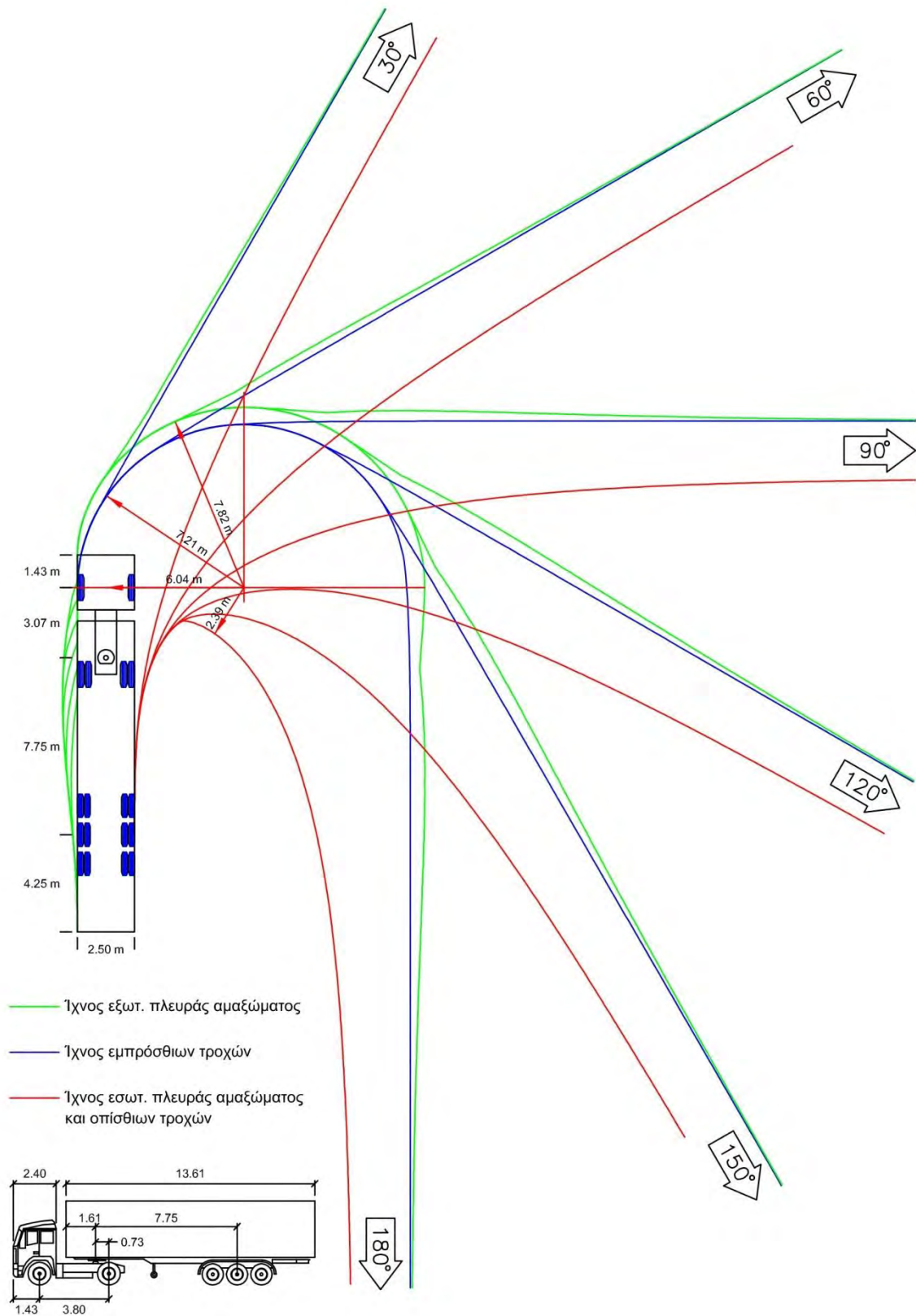
**Σχήμα 2.25:** Ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές του οχήματος σχεδιασμού των ΟΜΟΕ ΙΚ: Ελαφρύ φορτηγό.



**Σχήμα 2.26:** Ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές του οχήματος σχεδιασμού των ΟΜΟΕ ΙΚ: Λεωφορείο αστικής συγκοινωνίας (LBUS12).

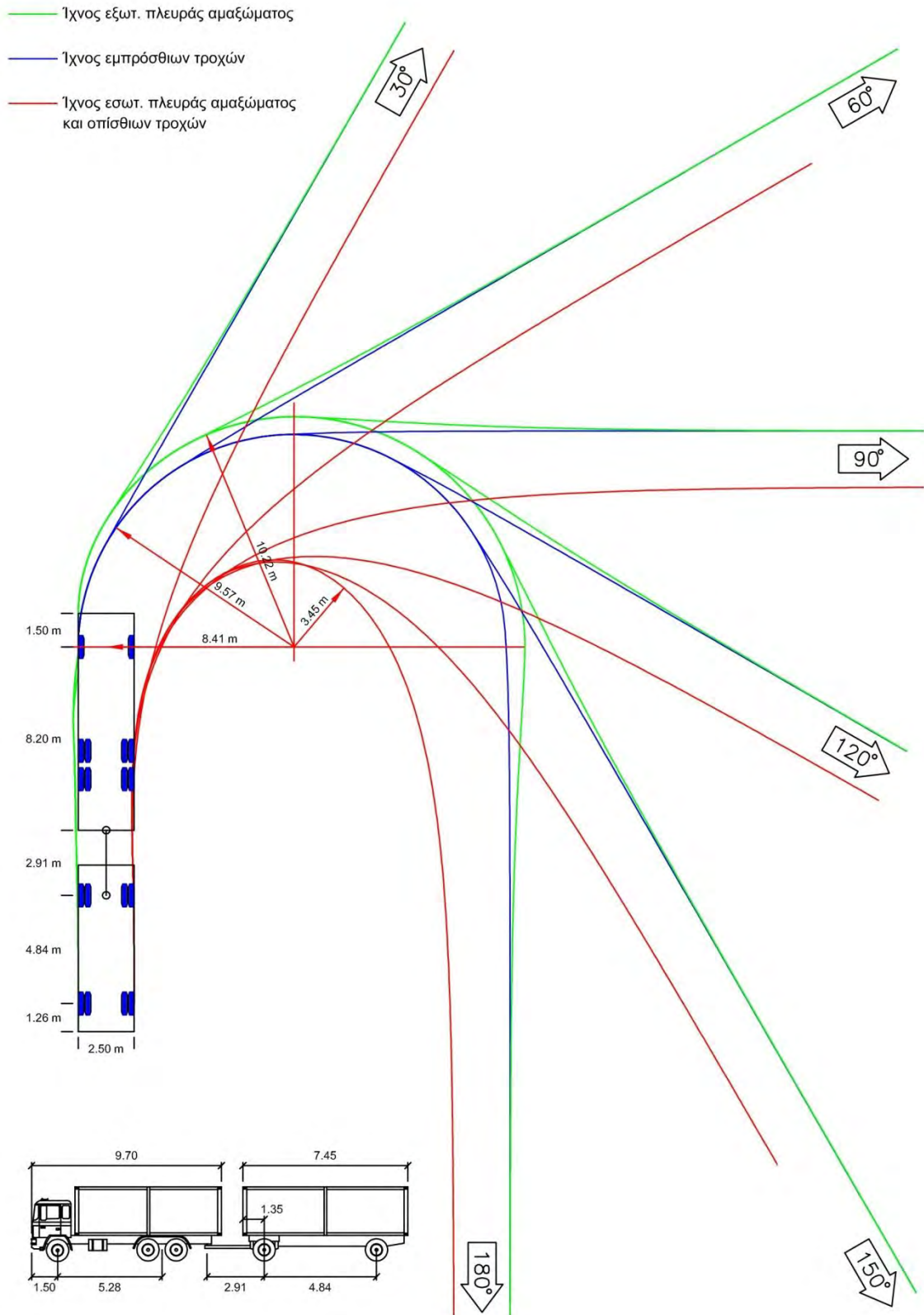


## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση



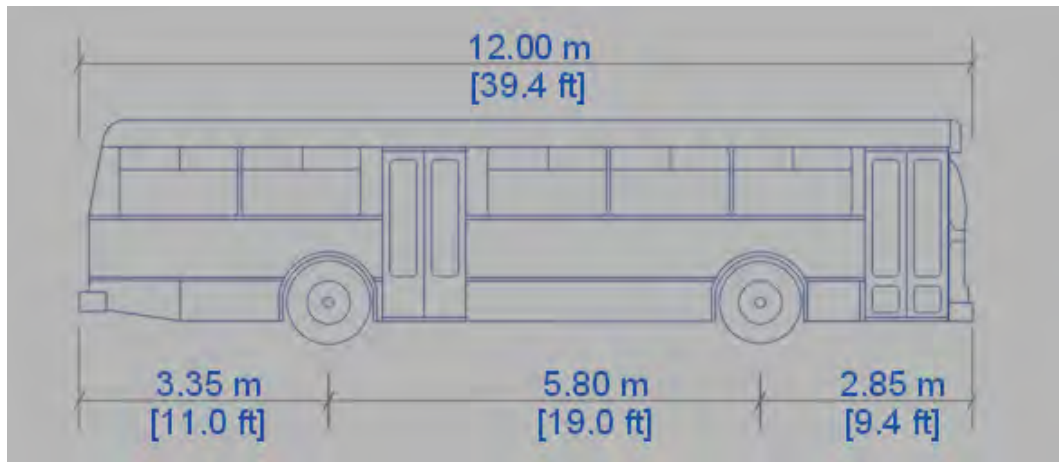
**Σχήμα 2.27:** Ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές του οχήματος σχεδιασμού των ΟΜΟΕ ΙΚ: Φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (Sattelzug).



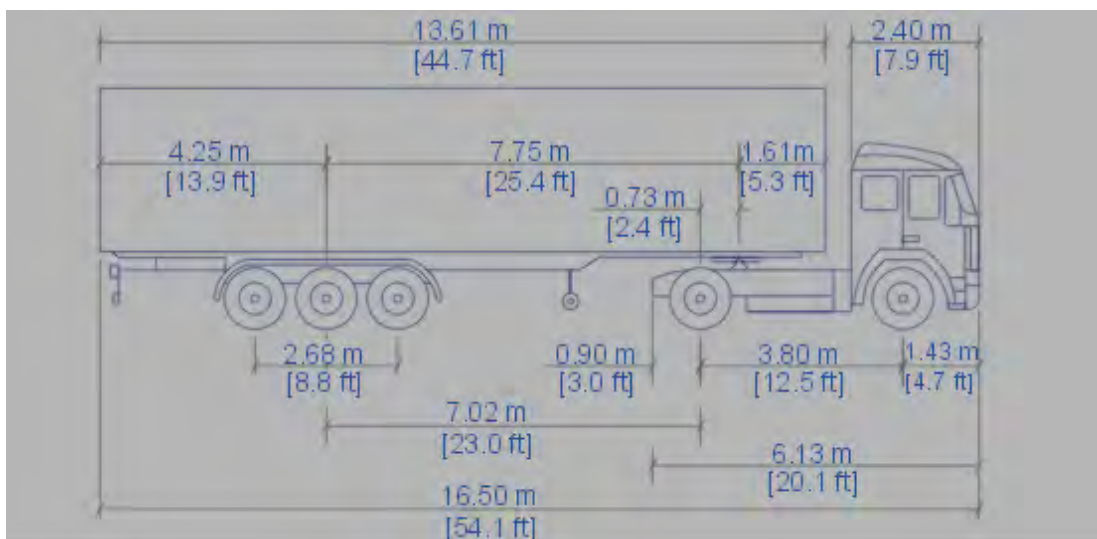


**Σχήμα 2.28:** Ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές του οχήματος σχεδιασμού των ΟΜΟΕ ΙΚ: Φορητό ρυμουλκό με ρυμουλκούμενο (Lastzug).

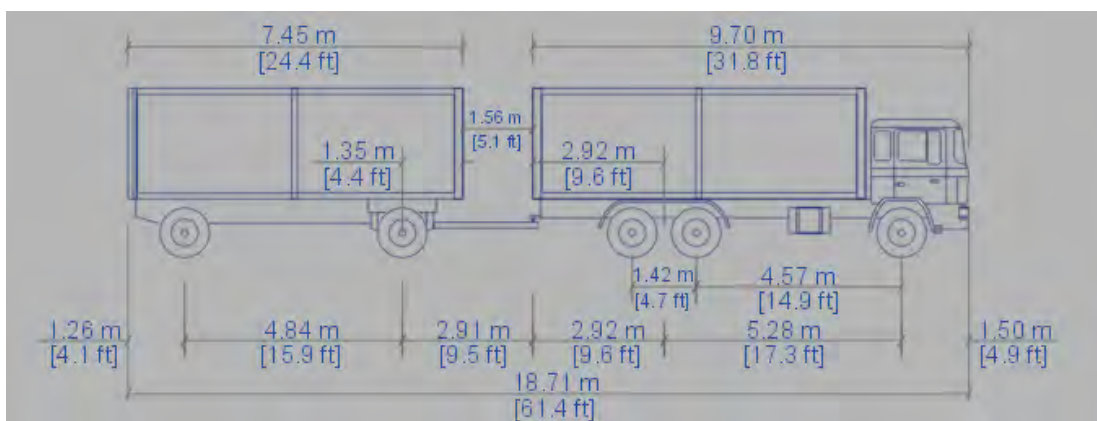
## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση



Σχήμα 2.29: Οι διαστάσεις του LBUS12 (FGSV).



Σχήμα 2.30: Οι διαστάσεις του Sattelzug (FGSV).



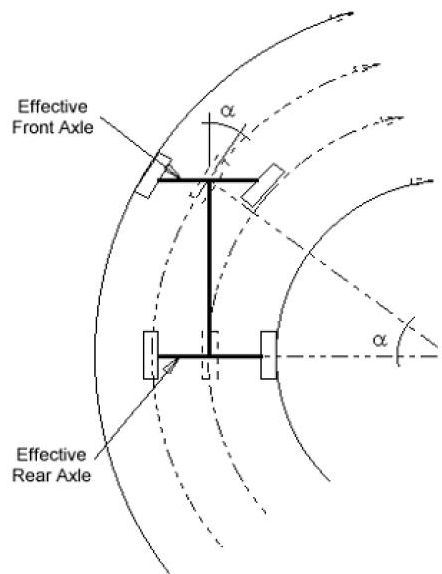
Σχήμα 2.31: Οι διαστάσεις του Lastzug (FGSV).

## 2.5 Προσομοίωση της κίνησης των οχημάτων σχεδιασμού

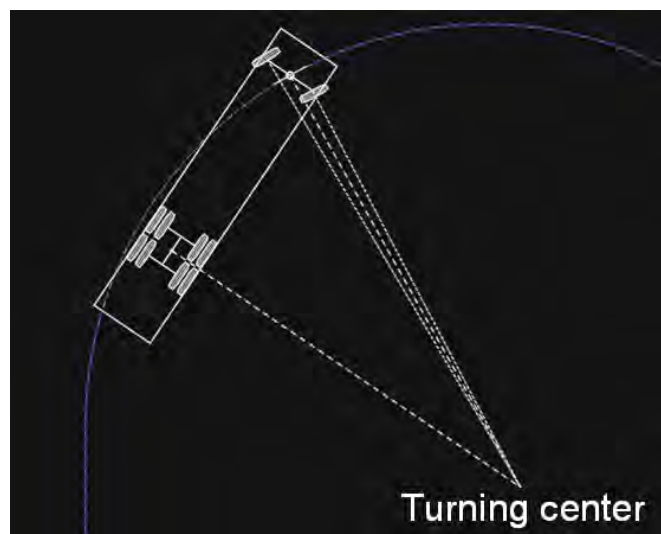
### 2.5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε αυτήν την ενότητα περιγράφονται δύο μέθοδοι προσομοίωσης της κίνησης των οχημάτων. Η πρώτη είναι πιο απλή, αλλά απαιτεί μικρότερο βήμα υπολογισμού προκειμένου να έχει την απαιτούμενη ακρίβεια, ενώ η δεύτερη είναι λίγο πιο σύνθετη, όμως λειτουργεί ικανοποιητικά και με μεγαλύτερο βήμα υπολογισμού εξοικονομώντας υπολογιστικό χρόνο.

Και οι δύο μέθοδοι που παρουσιάζονται στη συνέχεια, βασίζονται σε ένα θεωρητικό όχημα δύο αξόνων (ενός εμπρόσθιου με κατευθυντήριους τροχούς και ενός οπίσθιου) και πιο συγκεκριμένα στα κέντρα τους (Σχήμα 2.32). Σημαντική παραδοχή για τις μεθόδους αυτές, αποτελεί το γεγονός ότι οι κατευθυντήριοι τροχοί του οχήματος και τα κέντρα των δύο αξόνων ακολουθούν ομόκεντρες τροχιές (Γεωμετρία Ackermann).



Σχήμα 2.32: Τροχιά θεωρητικού οχήματος δύο αξόνων με εμπρόσθιους κατευθυντήριους τροχούς.

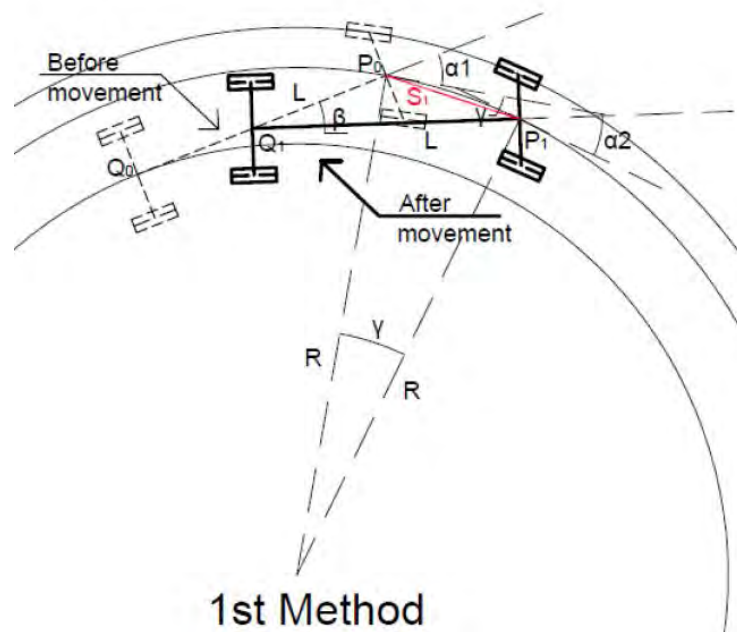


Σχήμα 2.33: Γεωμετρία Ackermann.

### 2.5.2 1<sup>η</sup> ΜΕΘΟΔΟΣ (ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΑΚΡΙΒΗΣ)

Η 1<sup>η</sup> μέθοδος βασίζεται στο ότι η νέα θέση του κέντρου του πίσω άξονα του οχήματος ( $Q_1$ ), βρίσκεται πάντα στην κατεύθυνση της προηγούμενης θέσης του μεταξονίου (δηλαδή στην κατεύθυνση της ευθείας που ορίζει το ευθύγραμμο τμήμα  $Q_0P_0$ ).

Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 2.34) το  $Q_0$  και το  $Q_1$  είναι η παλιά και η νέα θέση του κέντρου του πίσω άξονα του οχήματος αντίστοιχα, ενώ το  $P_0$  και το  $P_1$  είναι η παλιά και η νέα θέση του κέντρου του εμπρόσθιου άξονα του οχήματος αντίστοιχα. Το  $L$  είναι ίσο με το μεταξόνιο του οχήματος, ενώ το μήκος του τόξου  $P_0P_1$  είναι ίσο με το υπολογιστικό βήμα που χρησιμοποιείται.



Σχήμα 2.34: Η 1<sup>η</sup> μέθοδος προσομοίωσης.

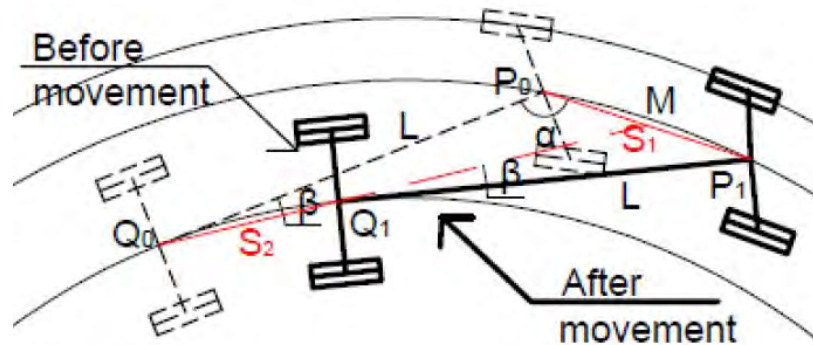
### 2.5.3 2<sup>η</sup> ΜΕΘΟΔΟΣ (ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΑΚΡΙΒΗΣ)

Η 2<sup>η</sup> μέθοδος είναι η πιο ακριβής και αυτή που χρησιμοποιείται από τα περισσότερα λογισμικά όπως το AutoTURN, το AutoTrack, το Anadelta Tessera κ.α.

Βασίζεται στο ότι η νέα θέση του κέντρου του πίσω άξονα του οχήματος ( $Q_1$ ), βρίσκεται στην ευθεία γραμμή που συνδέει το μέσο της απόστασης του υπολογιστικού βήματος με την παλιά θέση του κέντρου του πίσω άξονα (δηλαδή στην ευθεία που ορίζεται από το ευθύγραμμο τμήμα  $Q_0M$ ).

Όπως στο προηγούμενο σχήμα έτσι και στο ακόλουθο (Σχήμα 2.35), το  $Q_0$  και το  $Q_1$  είναι η παλιά και η νέα θέση του κέντρου του πίσω άξονα του οχήματος αντίστοιχα, ενώ το  $P_0$  και το  $P_1$  είναι η παλιά και η νέα θέση του κέντρου του εμπρόσθιου άξονα του οχήματος αντίστοιχα. Το  $L$  είναι ίσο με το μεταξόνιο του οχήματος, ενώ το μήκος του τόξου  $P_0P_1$  είναι ίσο με το υπολογιστικό βήμα που χρησιμοποιείται. Το σημείο  $M$  βρίσκεται στο μέσο του ευθύγραμμου τμήματος  $P_0P_1$ .

Η θέση του  $Q_1$ , δηλαδή του νέου κέντρου του πίσω άξονα, βρίσκεται στην τομή του ευθύγραμμου τμήματος  $Q_0M$  και ενός κύκλου με κέντρο το  $P_1$  και ακτίνα ίση με το μεταξόνιο του οχήματος (δηλαδή ακτίνα μήκους  $L$ ). Η θέση του  $P_1$  προκύπτει όπως είναι λογικό από το υπολογιστικό βήμα που χρησιμοποιείται.



## 2nd Method

Σχήμα 2.35: Η 2<sup>η</sup> μέθοδος προσομοίωσης.

Αφού βρεθεί η νέα θέση του κέντρου του πίσω άξονα του οχήματος, βρίσκονται σε σχέση με αυτήν και τη νέα θέση του κέντρου του εμπρόσθιου άξονα, οι θέσεις όλων των κρίσιμων σημείων του οχήματος (για την τροχιά του), όπως των τροχών, του εμπρόσθιου και του οπίσθιου μέρους του αμαξώματος κτλ.

Όλες αυτές οι νέες θέσεις, ενώνονται γραμμικά με τις αντίστοιχες παλιές θέσεις και μετά από επαναληπτική διαδικασία προκύπτουν τελικά οι αντίστοιχες τροχιές.

## **Κεφάλαιο 2:** *Βιβλιογραφική Ανασκόπηση*

## Κεφάλαιο 3 Λογισμικό Οδοποιίας Anadelta Tessera

### 3.1 Γενικά

Το λογισμικό οδοποιίας Anadelta Tessera αποτέλεσε ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για την παρούσα μελέτη. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια εισαγωγή στο πρόγραμμα και στις δυνατότητες του όσον αφορά την οριζοντιογραφία ενός ισόπεδου κόμβου, ενώ θα επεξηγηθούν κάποιες βασικές λειτουργίες του οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα επόμενα κεφάλαια.

Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει αναφορά στις λειτουργίες του λογισμικού που αφορούν την κατασκευή των οριογραμμών, των νησίδων και των αποκλειστικών λωρίδων στροφής ενός ισόπεδου κόμβου, και επιπρόσθετα στις λειτουργίες που αφορούν την γραφική τοποθέτηση ενός οχήματος σχεδιασμού και τον υπολογισμό της τροχιάς του.

Η κατανόηση των παραπάνω λειτουργιών είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για κάθε αναγνώστη της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ενώ κρίνεται απαραίτητη για όποιον επιχειρήσει να πραγματοποιήσει μια αντίστοιχη διερεύνηση με τη χρήση αυτού του λογισμικού.

### 3.2 Ορισμός τεταρτημορίων ενός ισόπεδου κόμβου

Αρχικά, για να εισαχθεί ένας ισόπεδος κόμβος στο λογισμικό, πρέπει να προηγηθεί η κατασκευή των δρόμων που θα συμβάλουν ή θα διασταυρώνονται σε αυτόν. Τα πλάτη των λωρίδων κυκλοφορίας ρυθμίζονται από το κύριο μενού με την επιλογή «Χάραξη» και στη συνέχεια «Προδιαγραφές Δρόμου», ενώ η εισαγωγή ενός δρόμου γίνεται από την επιλογή «Νέος δρόμος» που βρίσκεται στο μενού της δεξιάς στήλης.

Αφού γίνει αυτό, τότε μέσω της επιλογής «Νέος ισόπεδος κόμβος» πάλι από το μενού που βρίσκεται στη δεξιά στήλη, ο χρήστης εισάγει τον κόμβο στο σημείο της συμβολής ή διασταύρωσης.

Στο λογισμικό Anadelta Tessera, ο ισόπεδος κόμβος συμβολίζεται με ένα τρίγωνο (στην περίπτωση της συμβολής δύο οδών) ή έναν ρόμβο (στην περίπτωση της διασταύρωσης δύο οδών). Το τρίγωνο ή ο ρόμβος ονομάζονται «λαβές» του ισόπεδου κόμβου.

Η επιλογή «λαβές» ενός ισόπεδου κόμβου μπορεί να βρεθεί στην ενότητα του προγράμματος με τίτλο «Επιλογές Οριζοντιογραφίας» και χρησιμεύει κυρίως στο να επιλέγεται ο κόμβος. Οι «λαβές» συμπεριλαμβάνουν τέσσερα τεταρτημόρια που αναπαρίστανται με τους αριθμούς 1,2,3 και 4.

Η αρίθμηση των τεταρτημορίων προκύπτει από τη φορά του κύριου δρόμου. Για παράδειγμα στο Σχήμα 3.1, όπου διακρίνονται οι δύο περιπτώσεις λαβών ενός ισόπεδου κόμβου, ο κύριος δρόμος και στις δύο περιπτώσεις είναι ο οριζόντιος.





**Σχήμα 3.1:** Οι «λαβές» και τα τεταρτημόρια ενός ισόπεδου κόμβου.

### **3.3 Προδιαγραφές ισόπεδου κόμβου**

#### **3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Από την ενότητα του προγράμματος με τίτλο «Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου», ρυθμίζεται η γεωμετρία των οριογραμμών, των νησίδων και των αποκλειστικών λωρίδων στροφής ενός ισόπεδου κόμβου. Η συγκεκριμένη ενότητα εμφανίζεται με τη μορφή ενός παραθύρου, εάν επιλεγθεί η λαβή του κόμβου και στη συνέχεια δεξί κλικ και «Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου».

#### **3.3.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΩΝ**

Από το παράθυρο «Προδιαγραφές ισόπεδου κόμβου», ο χρήστης επιλέγει το τεταρτημόριο στο οποίο επιθυμεί να ρυθμίσει τη γεωμετρία της οριογραμμής. Η επιλογή γίνεται από την καρτέλα στο πάνω μέρος του παραθύρου.

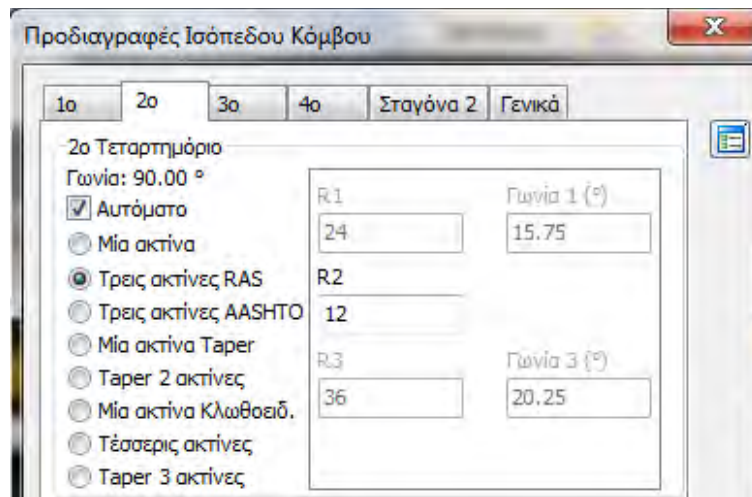
Στη συνέχεια επιλέγει τη γεωμετρία που επιθυμεί να έχει η οριογραμμή του στο συγκεκριμένο τεταρτημόριο και τέλος ρυθμίζει το μήκος των ακτίνων, εκτροπών, παραμέτρων κ.α. ανάλογα με τη γεωμετρία που θα επιλέξει νωρίτερα.

Για παράδειγμα στο Σχήμα 3.2, η οριογραμμή του 2<sup>ου</sup> τεταρτημορίου θα είναι μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS με ακτίνα R2 ίση με 12m.

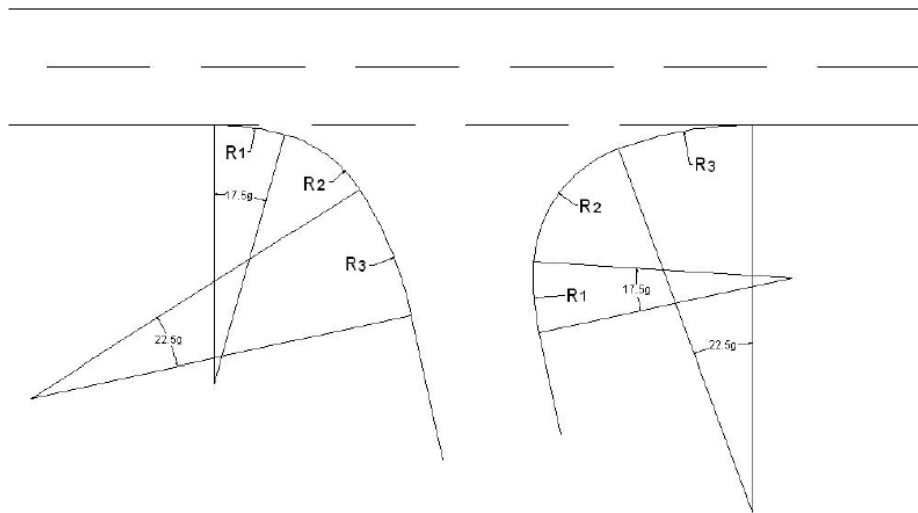
Οι υπόλοιπες επιλογές (R1, R3, Γωνία 1 και Γωνία 3) είναι κλειδωμένες διότι είναι τσεκαρισμένη η επιλογή «Αυτόματο». Αυτό συμβαίνει διότι με βάση τους Γερμανικούς και Ελληνικούς κανονισμούς, στην περίπτωση των τρίτοξων καμπυλών, χρησιμοποιείται αλληλουχία κυκλικών τόξων με ακτίνες σε αναλογία  $R1:R2:R3 = 2:1:3$  (Σχήμα 3.3). Επίσης για το πρώτο και το τρίτο τόξο κατά τη φορά της κίνησης, χρησιμοποιούνται αντίστοιχα επίκεντρες γωνίες 17,5 gon και 22,5 gon (ή 15,75° και 20,25° αντίστοιχα).

Σε περίπτωση που η επιλογή «Αυτόματο» δεν ήταν τσεκαρισμένη, τότε οι επιλογές R1, R3, Γωνία 1 (°) και Γωνία 3 (°) θα ήταν και αυτές ελεύθερες προκειμένου ο χρήστης να εισάγει την τιμή που επιθυμεί (όπως η R2). Σε αυτήν την περίπτωση όμως, η γεωμετρία θα προέκυπτε με βάση τον χρήστη και δεν θα ήταν η ενδεδειγμένη με βάση τους Γερμανικούς και Ελληνικούς κανονισμούς.





Σχήμα 3.2: Ρύθμιση της γεωμετρίας της οριογραμμής.

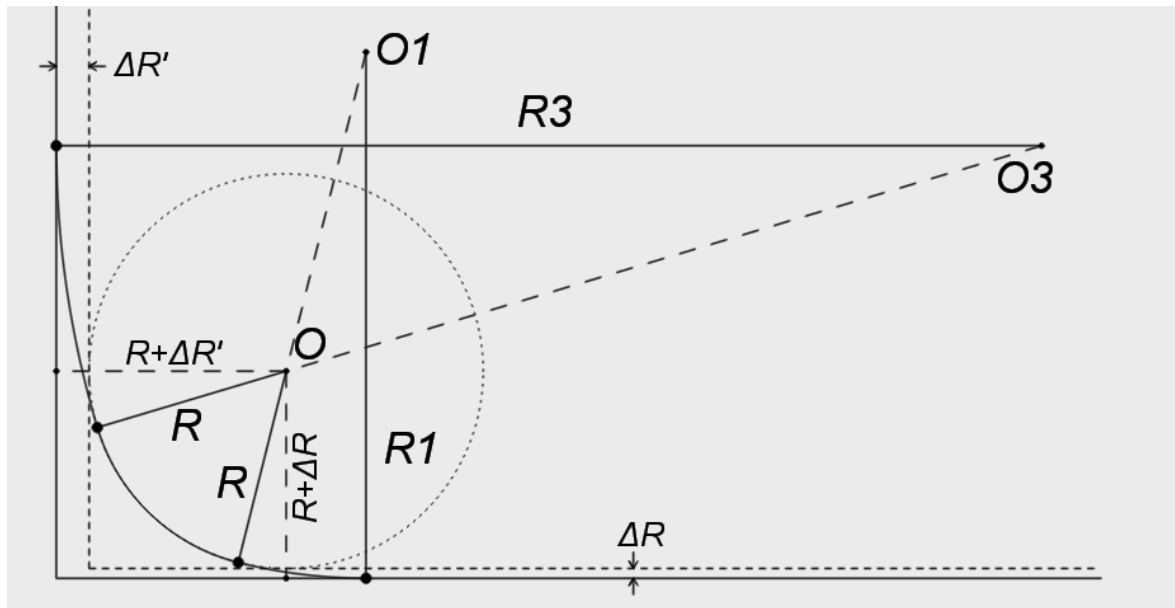


Σχήμα 3.3: Παράδειγμα σχεδιασμού τρίτοξων καμπυλών  $R1:R2:R3 = 2:1:3$  (ΟΜΟΕ ΙΚ).

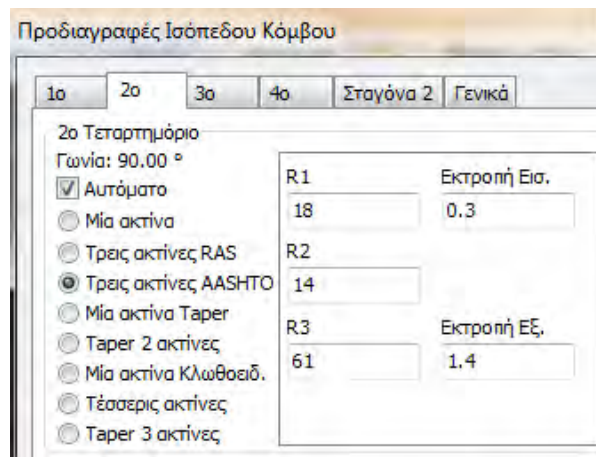
Στο Σχήμα 3.4, διακρίνεται η γεωμετρία μιας ασύμμετρης καμπύλης τριών κέντρων κατά τα Αμερικανικά πρότυπα. Τα κέντρα των κυκλικών τόξων, με βάση τη φορά της κίνησης, είναι τα  $O1$ ,  $O$  και  $O3$ , ενώ οι αντίστοιχες ακτίνες είναι οι  $R1$ ,  $R$  και  $R3$ . Η συνεχόμενη καμπύλη γραμμή είναι η οριογραμμή του οδοστρώματος, ενώ οι συνεχόμενες γραμμές που την τέμνουν ορίζουν τα χωριζόμενα τμήματα της. Τα  $\Delta R$  και  $\Delta R'$  είναι οι εκτροπές εισόδου και εξόδου αντίστοιχα.

Στο παράθυρο διαλόγου του Σχήμα 3.5, ο χρήστης εισάγει τις τιμές που επιθυμεί για κάθε χαρακτηριστικό της ασύμμετρης καμπύλης AASHTO. Η ακτίνα  $R2$  είναι η ίδια με την ακτίνα  $R$ , στην οποία έγινε αναφορά νωρίτερα. Η τιμές που αναγράφονται στο Σχήμα 3.5 είναι τυχαίες και δεν έχουν σχέση με το Σχήμα 3.4.

Στην περίπτωση όπου οι ακτίνες  $R1$  και  $R3$  είναι ίσες και οι εκτροπές εισόδου και εξόδου είναι επίσης ίσες, τότε η καμπύλη τριών κέντρων θα είναι συμμετρική.



Σχήμα 3.4: Η γεωμετρία μιας ασύμμετρης καμπύλης τριών κέντρων κατά AASHTO.

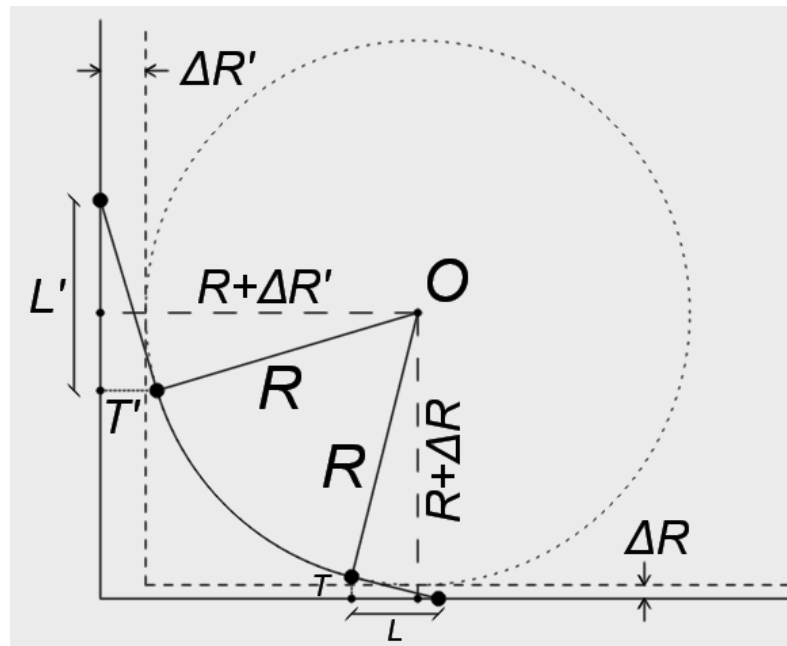


Σχήμα 3.5: Εισαγωγή τιμών για κάθε χαρακτηριστικό της ασύμμετρης καμπύλης τριών κέντρων κατά AASHTO.

Ένα ακόμη παράδειγμα καμπύλης που χρησιμοποιείται στο Green Book, είναι αυτή του Σχήμα 3.6. Στο σχήμα παρουσιάζεται μια καμπύλη που αποτελείται από ένα απλό κυκλικό τόξο με εκατέρωθεν tapers. Δηλαδή ένα taper εισόδου και ένα εξόδου.

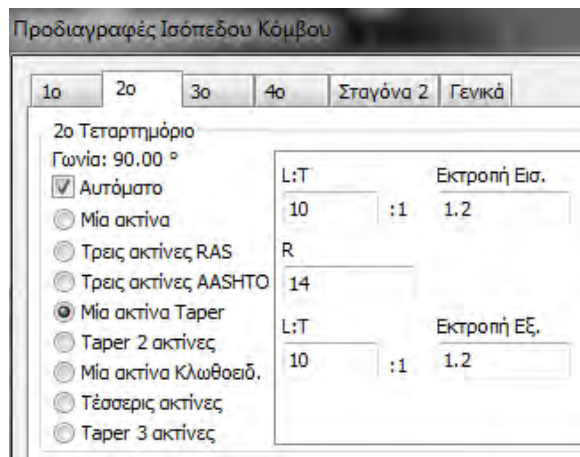
Το κέντρο του απλού κυκλικού τόξου είναι το O, ενώ η ακτίνα του είναι ίση με R. Τα  $\Delta R$  και  $\Delta R'$  είναι οι εκτροπές εισόδου και εξόδου αντίστοιχα. Το μήκος του taper καθορίζεται από το λόγο L:T (για το taper εισόδου) και από το λόγο L':T' (για το taper εξόδου). Ουσιαστικά το taper, είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τριγώνου που έχει κάθετες πλευρές τις L και T όσον αφορά το taper εισόδου και τις L' και T' όσον αφορά το taper εξόδου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο Green Book, οι αντίστοιχες προτεινόμενες καμπύλες (Simple Curve Radius with Taper), είναι πάντα συμμετρικές. Δηλαδή πάντα οι εκτροπές εισόδου και εξόδου είναι ίσες και οι λόγοι L:T και L':T' είναι επίσης ίσοι.



Σχήμα 3.6: Η γεωμετρία ενός απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν tapers.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 3.7), ο χρήστης εισάγει τις τιμές για κάθε χαρακτηριστικό του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν tapers. Η τιμές που διακρίνονται αναφέρονται σε μια συμμετρική καμπύλη και δεν έχουν σχέση με το Σχήμα 3.6.



Σχήμα 3.7: Εισαγωγή τιμών για κάθε χαρακτηριστικό του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν tapers.

### 3.3.3 ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΕΣ ΛΩΡΙΔΕΣ ΣΤΡΟΦΗΣ

Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να προσθέσει μια αποκλειστική λωρίδα στροφής, αυτό γίνεται και πάλι μέσω του παραθύρου «Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου».

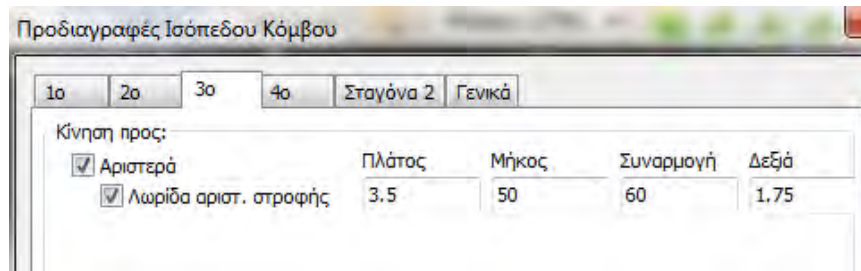
Πιο συγκεκριμένα, επιλέγεται από την καρτέλα στο πάνω μέρος του παραθύρου, το τεταρτημόριο στο οποίο ο χρήστης επιθυμεί να προσθέσει μια αποκλειστική λωρίδα στροφής (αριστερή είτε δεξιά) και στη συνέχεια εισάγονται από τον χρήστη στοιχεία όπως το μήκος, το πλάτος της κ.α.

### Κεφάλαιο 3: Λογισμικό Οδοποιίας Anadelta Tessera

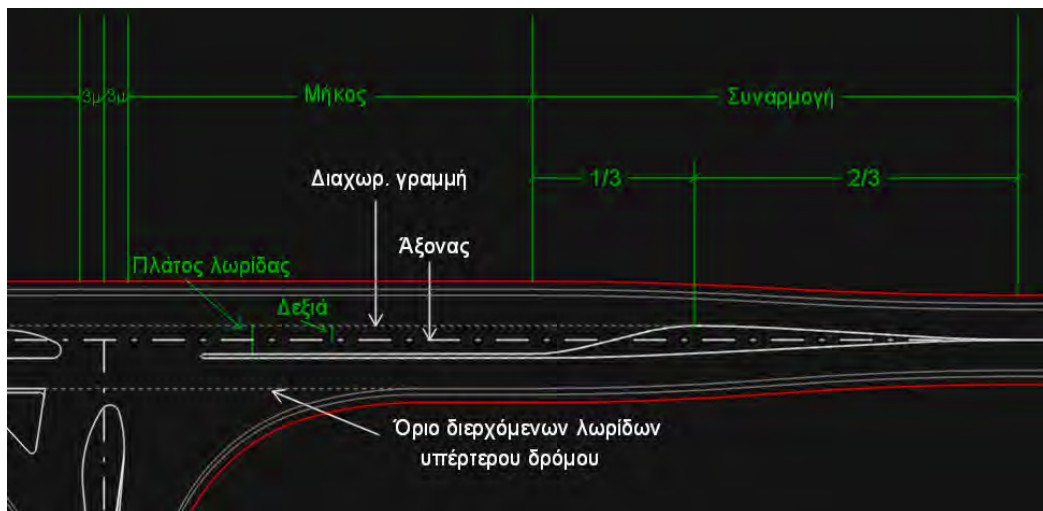
#### 3.3.3.1 Αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής

Για παράδειγμα, προκειμένου να γίνει προσθήκη μιας αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στο 3<sup>ο</sup> τεταρτημόριο ενός ισόπεδου κόμβου συμβολής δύο οδών, αρχικά επιλέγεται από το παράθυρο του Σχήμα 3.8, το 3<sup>ο</sup> τεταρτημόριο. Ακολούθως, τσεκάρονται οι επιλογές «Αριστερά» και «Λωρίδα αριστ. στροφής» και τέλος εισάγονται οι τιμές που επιθυμεί ο χρήστης και αφορούν τα στοιχεία της λωρίδας.

Τα στοιχεία μια λωρίδας αριστερής στροφής διακρίνονται πιο αναλυτικά στο Σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.8: Παράθυρο εισαγωγής των στοιχείων της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής.

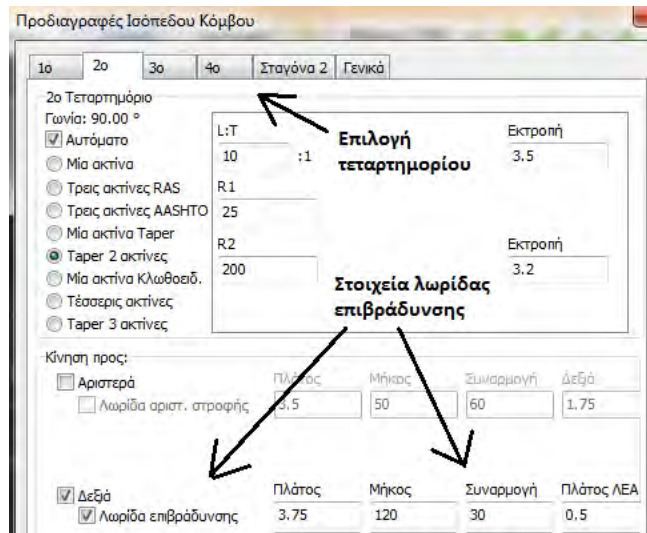


Σχήμα 3.9: Στοιχεία αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής.

#### 3.3.3.2 Αποκλειστική λωρίδα δεξιάς στροφής

Για την εισαγωγή μιας αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής (λωρίδα επιβράδυνσης), από το παράθυρο «Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου», επιλέγεται το τεταρτημόριο που ο χρήστης επιθυμεί να προσθέσει μια λωρίδα δεξιάς στροφής (από την καρτέλα στο πάνω μέρος).

Στη συνέχεια τσεκάρονται οι επιλογές «Δεξιά» και «Λωρίδα επιβράδυνσης» και εισάγονται οι τιμές που ο χρήστης επιθυμεί να δώσει για κάθε στοιχείο της αποκλειστικής λωρίδας (Σχήμα 3.10).



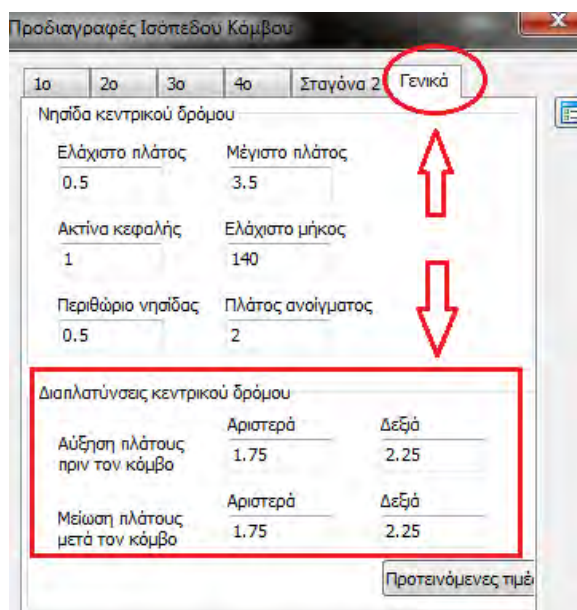
Σχήμα 3.10: Εισαγωγή λωρίδας επιβράδυνσης.

### 3.3.4 ΔΙΑΠΛΑΤΥΝΣΕΙΣ

Οι διαπλάτυνσεις του κεντρικού δρόμου ρυθμίζονται και πάλι μέσω του παραθύρου διαλόγου «Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου». Από την καρτέλα στο πάνω μέρος επιλέγεται η ενότητα «Γενικά» και στο πλαίσιο «Διαπλάτυνσεις κεντρικού δρόμου» εισάγονται οι τιμές που επιθυμεί ο χρήστης (σχετικά με το πλάτος των διαπλάτυνσεων).

Επιπλέον, δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα εφαρμογής κάποιων προτεινόμενων τιμών (από την αντίστοιχη επιλογή που βρίσκεται στο κάτω δεξιά μέρος του παραθύρου), που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι και η ενδεδειγμένη επιλογή για τον χρήστη.

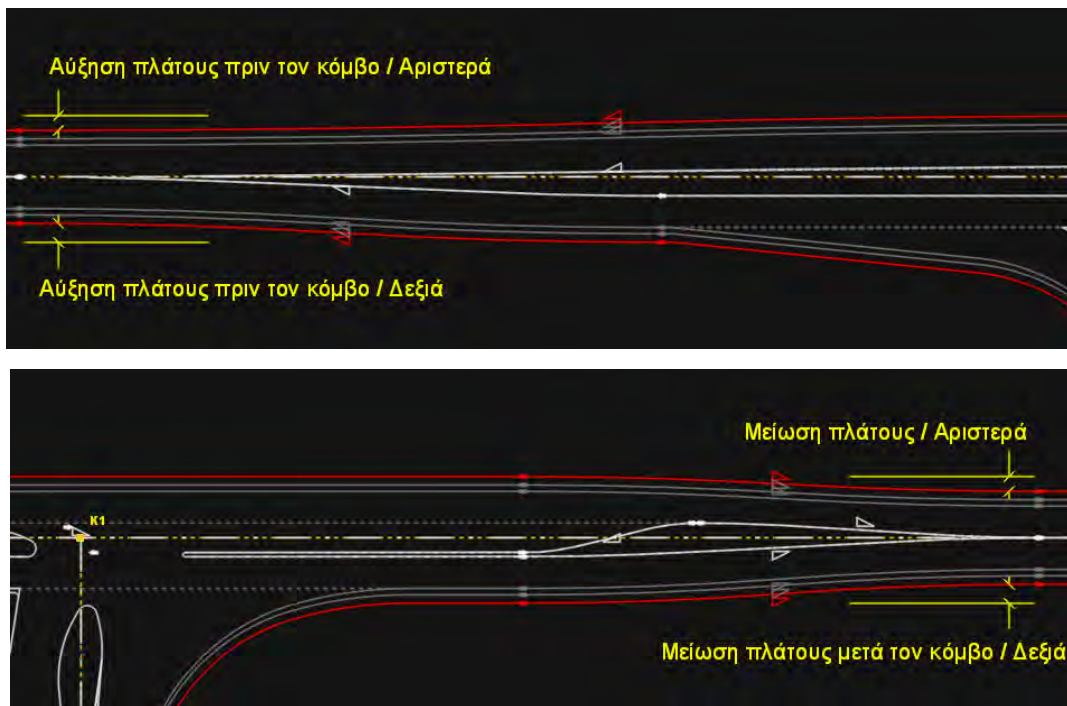
Στο Σχήμα 3.11 διακρίνεται το παράθυρο διαλόγου μέσω του οποίου εισάγονται οι τιμές των διαπλάτυνσεων και στο Σχήμα 3.12 οι διαπλάτυνσεις παρουσιάζονται σε μορφή σχεδίου.



Σχήμα 3.11: Εισαγωγή διαπλάτυνσεων κεντρικού δρόμου.



### Κεφάλαιο 3: Λογισμικό Οδοποιίας Anadelta Tessera



Σχήμα 3.12: Οι διαπλατύνσεις της κύριας οδού πριν και μετά τον κόμβο.

#### 3.3.5 ΝΗΣΙΔΕΣ

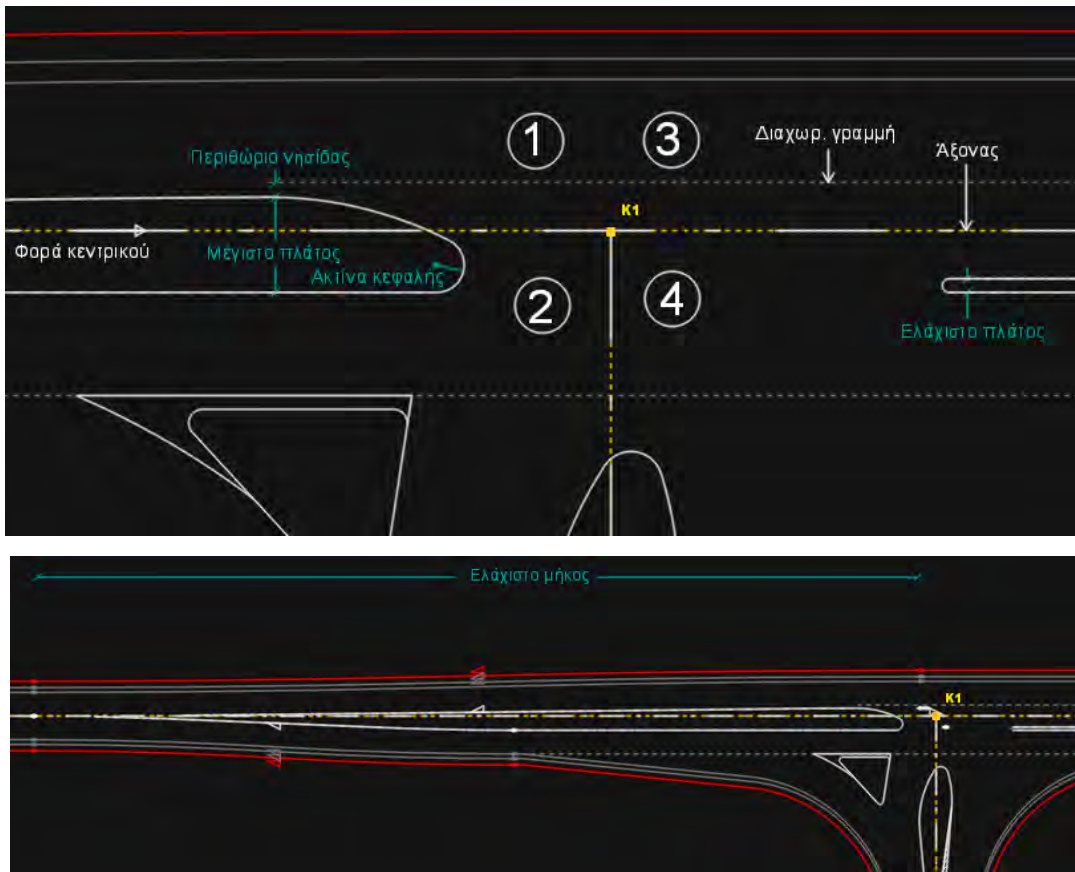
##### 3.3.5.1 Σχεδίαση κεντρικών νησίδων κύριας οδού

Προκειμένου ο χρήστης να σχεδιάσει μια κεντρική νησίδα επί της κύριας οδού, αυτό επιτυγχάνεται μέσω του παραθύρου «Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου» στην καρτέλα «Γενικά». Στην ενότητα «Νησίδα κεντρικού δρόμου», εισάγονται οι τιμές για κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά της νησίδας (Σχήμα 3.13).

Στο Σχήμα 3.14 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της κεντρικής νησίδας του κύριου δρόμου σε μορφή σχεδίου.

The image shows a screenshot of a software dialog box titled 'Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου'. It has several tabs: '1ο', '2ο', '3ο', '4ο', 'Σταγόνα 2', and 'Γενικά'. The 'Γενικά' tab is selected. Under the heading 'Νησίδα κεντρικού δρόμου', there are six input fields arranged in two columns. The first column contains: 'Ελάχιστο πλάτος' with value '0.5', 'Ακτίνα κεφαλής' with value '1', and 'Περιθώριο νησίδας' with value '0.5'. The second column contains: 'Μέγιστο πλάτος' with value '3.5', 'Ελάχιστο μήκος' with value '100', and 'Πλάτος ανοίγματος' with value '2'.

Σχήμα 3.13: Εισαγωγή τιμών για κάθε χαρακτηριστικό της κεντρικής νησίδας της κύριας οδού.



Σχήμα 3.14: Τα χαρακτηριστικά της κεντρικής νησίδας.

### 3.3.5.2 Σχεδίαση κεντρικής διαχωριστικής νησίδας τύπου σταγόνας

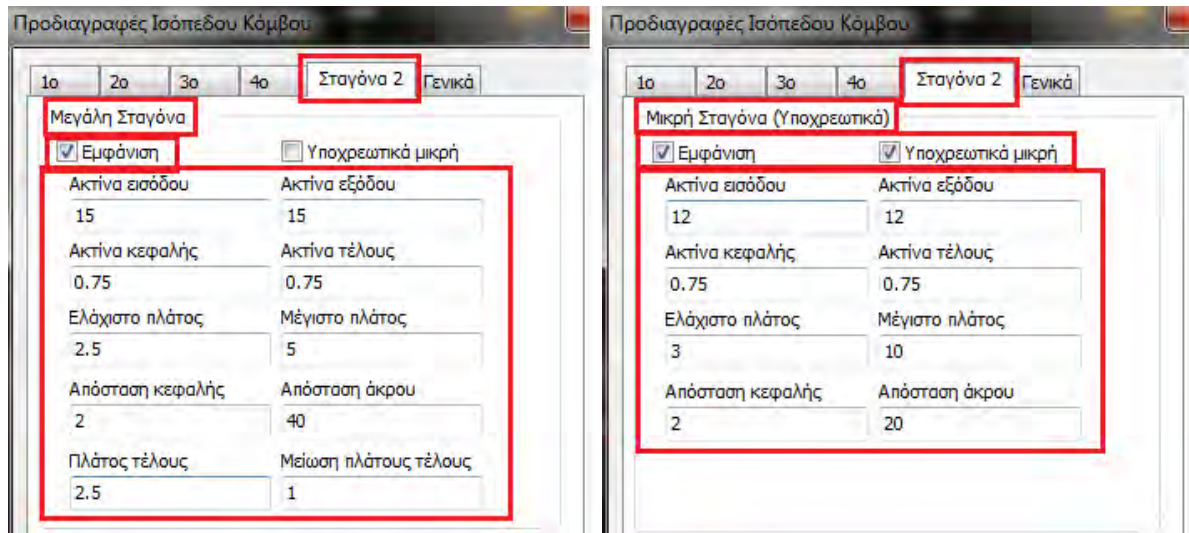
Η νησίδα τύπου σταγόνας σχεδιάζεται μέσω της καρτέλας «Σταγόνα 2» του παραθύρου διαλόγου «Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου». Η ονομασία «Σταγόνα 2» προκύπτει όταν ο κόμβος που μελετάται είναι κόμβος συμβολής δύο οδών. Όταν πρόκειται για διασταύρωση δύο οδών, τότε στην καρτέλα στο πάνω μέρος του παραθύρου θα υπήρχαν οι επιλογές «Σταγόνα 1» και «Σταγόνα 2».

Σε κάθε περίπτωση η αρίθμηση της σταγόνας στο πρόγραμμα, προκύπτει με βάση την αρίθμηση των τεταρτημορίων και τη φορά κατασκευής της πολυγωνικής της κύριας οδού.

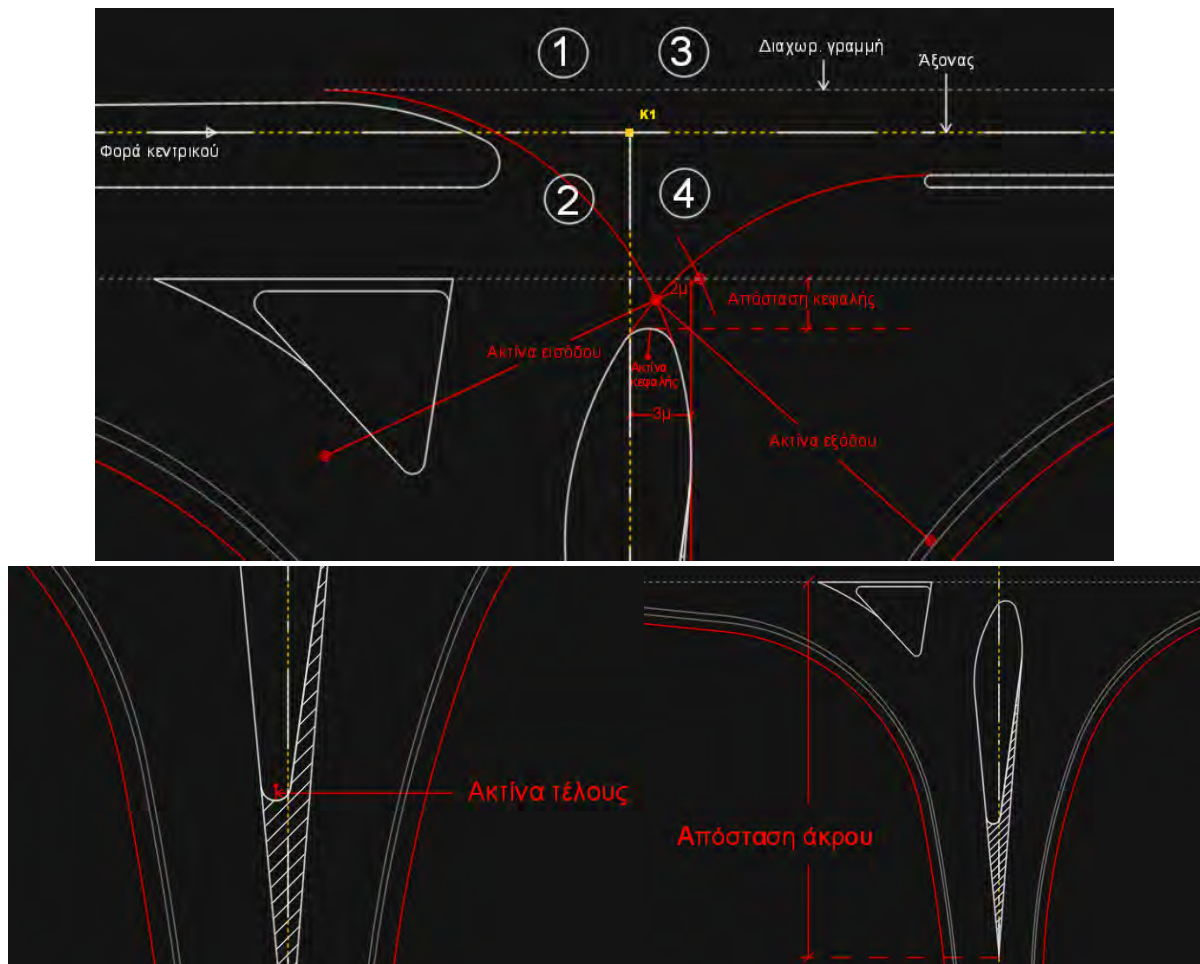
Εν συνεχεία, μέσω του πεδίου «Εμφάνιση», ο χρήστης επιλέγει εάν θα εμφανίζεται η σταγόνα ή όχι, ενώ μέσω του πεδίου «Υποχρεωτικά μικρή» επιλέγει εάν η σταγόνα θα είναι μεγάλη ή μικρή. Τέλος εισάγει τις τιμές που επιθυμεί στα αντίστοιχα πεδία για κάθε χαρακτηριστικό της σταγόνας.

Στο Σχήμα 3.15 παρουσιάζεται το παράθυρο διαλόγου για το σχεδιασμό της νησίδας τύπου σταγόνας, ενώ στο Σχήμα 3.16 διακρίνονται τα χαρακτηριστικά της σταγόνας σε μορφή σχεδίου.

### Κεφάλαιο 3: Λογισμικό Οδοποιίας Anadelta Tessera



Σχήμα 3.15: Παράθυρο διαλόγου για το σχεδιασμό νησίδας τύπου μεγάλης και μικρής σταγόνας.



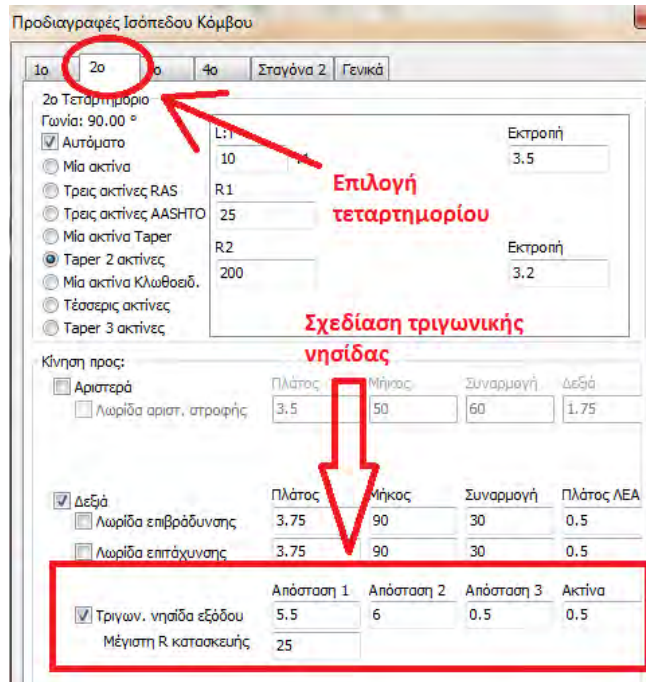
Σχήμα 3.16: Τα χαρακτηριστικά της σταγόνας.

#### 3.3.5.3 Τριγωνικές νησίδες

Από το παράθυρο διαλόγου «Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου», επιλέγεται το τεταρτημόριο στο οποίο ο χρήστης επιθυμεί να προσθέσει μια τριγωνική κατευθυντήρια νησίδα. Έπειτα



επιλέγεται το πεδίο «Τριγων. νησίδα εξόδου» και εισάγονται οι τιμές για κάθε στοιχείο της νησίδας (Σχήμα 3.17 και Σχήμα 3.18).



Σχήμα 3.17: Παράθυρο διαλόγου για το σχεδιασμό τριγωνικής νησίδας.



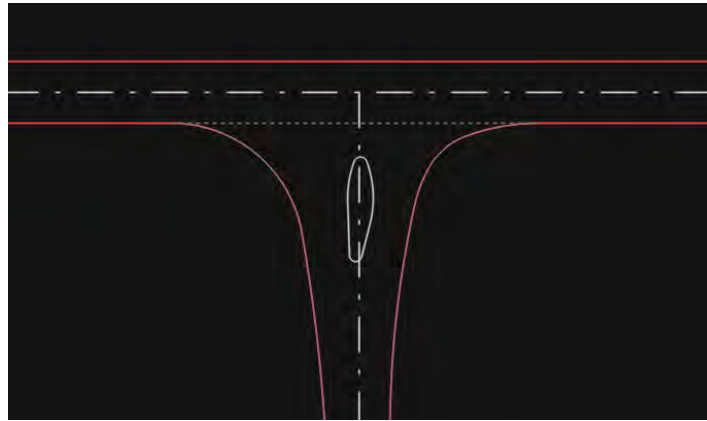
Σχήμα 3.18: Τα στοιχεία της τριγωνικής νησίδας.

### 3.4 Τροχιές οχημάτων σχεδιασμού

Προκειμένου να υπολογιστεί η τροχιά ενός οχήματος σχεδιασμού στο λογισμικό Anadelta Tessera, θα πρέπει πρώτα να κατασκευαστεί ο άξονας καθοδήγησης του οχήματος. Ο άξονας καθοδήγησης του οχήματος, κατασκευάζεται με τη μορφή ενός «Δρόμου» με καθορισμένη πολυγωνική και άξονα από τον χρήστη του λογισμικού.

### Κεφάλαιο 3: Λογισμικό Οδοποιίας Anadelta Tessera

Για παράδειγμα, έστω ότι ένας χρήστης του λογισμικού έχει κατασκευάσει έναν ισόπεδο κόμβο όπως αυτόν του Σχήμα 3.19.



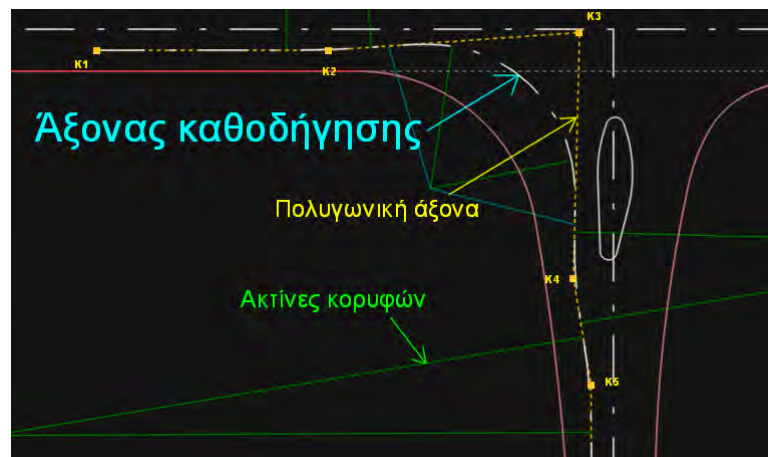
Σχήμα 3.19: Ισόπεδος κόμβος.

Προκειμένου να γίνει η εισαγωγή ενός οχήματος σε οπισθοτροχιά και να υπολογιστεί η τροχιά του, θα πρέπει ο χρήστης να εισάγει ένα νέο «Δρόμο» και να κατασκευάσει τον άξονα του, με σκοπό αυτός να είναι ο άξονας κίνησης του οχήματος.

Η παραπάνω μέθοδος δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να κατευθύνει το όχημα ακριβώς με τον τρόπο που επιθυμεί. Δηλαδή, να τοποθετήσει το όχημα με τις αποστάσεις που θέλει από την οριογραμμή και τη διαγράμμιση και να στρίψει το όχημα με τις ακτίνες και τις γωνίες στροφής που επιθυμεί.

Στο Σχήμα 3.20, διακρίνεται ένας άξονας καθοδήγησης κατασκευασμένος με τέτοιο τρόπο, ώστε το όχημα σχεδιασμού να εκτελεί μια δεξιά στροφή εντός του ισόπεδου κόμβου.

Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως, ο άξονας αυτός αποτελεί άξονα «Δρόμου» για το λογισμικό, όμως στην πραγματικότητα κατασκευάστηκε με σκοπό να αποτελέσει άξονα κίνησης κάποιου οχήματος. Για αυτόν το λόγο επιλέχθηκε να εμφανίζονται από το μενού «Επιλογές Οριζοντιογραφίας» μόνο ο άξονας και η πολυγωνική του.



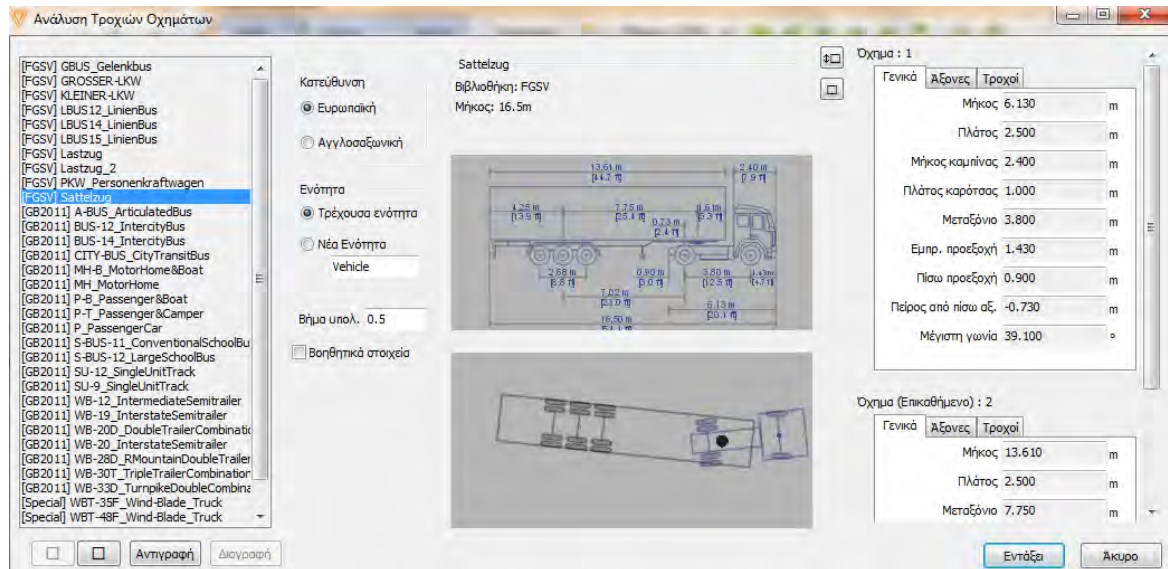
Σχήμα 3.20: Κατασκευή του άξονα καθοδήγησης του οχήματος.

Αφού κατασκευαστεί ο άξονας, τότε μπορεί να γίνει η γραφική τοποθέτηση κάποιου οχήματος. Αυτό γίνεται είτε μέσω της επιλογής «Εισαγωγή οχήματος σε οπισθοτροχιά» (στη 66

δεξιά στήλη), είτε μέσω του κεντρικού μενού και της επιλογής «Χάραξη», μετά «Τροχιές Οχημάτων» και «Γραφική Τοποθέτηση Οχήματος».

Εν συνεχεία, επιλέγεται ο «Δρόμος» στον άξονα του οποίου θα γίνει η εισαγωγή οχήματος και στο παράθυρο διαλόγου που ακολουθεί, επιλέγεται το όχημα σχεδιασμού από τη βιβλιοθήκη οχημάτων του λογισμικού καθώς και το βήμα υπολογισμού.

Σε όλες τις προσομοιώσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας το βήμα υπολογισμού είναι ίσο με 0,5m.



Σχήμα 3.21: Παράθυρο διαλόγου για την επιλογή οχήματος σχεδιασμού.

Για να υπολογιστεί η περιβάλλουσα της τροχιάς του οχήματος, επιλέγεται από το κεντρικό μενού η ενότητα «Χάραξη», εν συνεχεία «Τροχιές Οχημάτων» και «Υπολογισμός Τροχιών». Έπειτα, επιλέγεται ο «Δρόμος» του οποίου ο άξονας θα αποτελεί τον άξονα κίνησης του οχήματος και τέλος από το παράθυρο διαλόγου επιλέγεται το όχημα σχεδιασμού που επιθυμεί ο χρήστης, από τον κατάλογο οχημάτων του λογισμικού (Σχήμα 3.22).

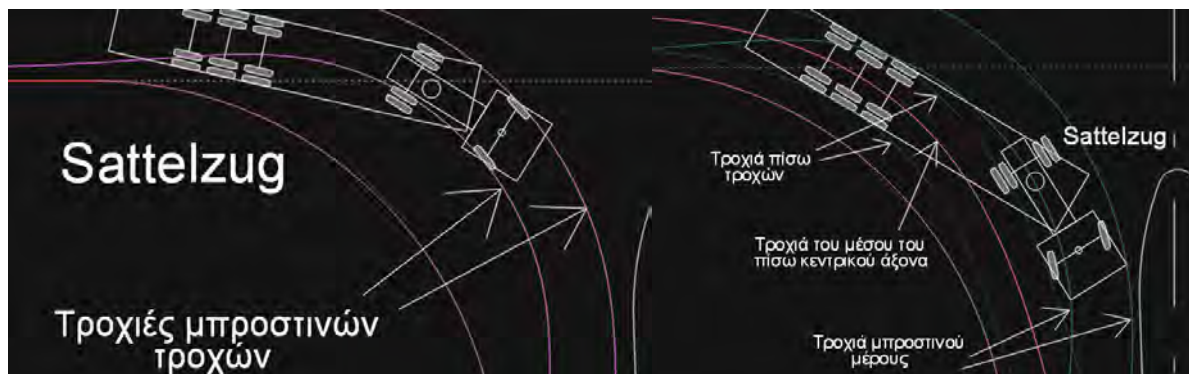


Σχήμα 3.22: Περιβάλλουσα τροχιάς και άξονας καθοδήγησης του οχήματος σχεδιασμού Sattelzug.

Με την επιλογή «Υπολογισμός τροχιών», πέραν της περιβάλλουσας της τροχιάς υπολογίζονται ακόμη και μπορούν να εμφανιστούν στο σχέδιο, οι τροχιές των μπροστινών

### Κεφάλαιο 3: Λογισμικό Οδοποιίας Anadelta Tessera

τροχών, η τροχιά του μπροστινού μέρους του οχήματος, η τροχιές των πίσω τροχών και η τροχιά του μέσου του πίσω άξονα (Σχήμα 3.23).



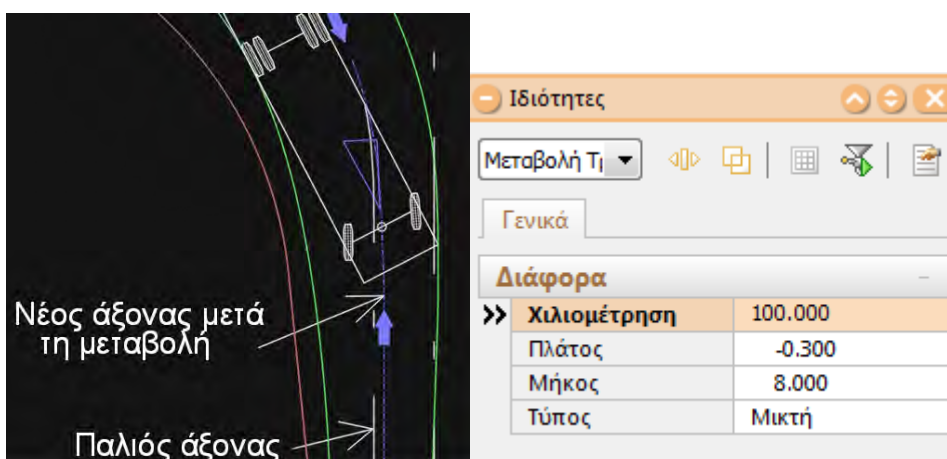
Σχήμα 3.23: Ανάλυση τροχιάς του οχήματος σχεδιασμού Sattelzug.

Ουσιαστικά στην περίπτωση που μελετάται (μια δεξιά στροφή ενός φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο), η περιβάλλουσα της τροχιάς του οχήματος, αποτελείται από την τροχιά του πίσω κεντρικού εσωτερικού τροχού, την τροχιά του εσωτερικού μπροστινού μέρους του αμαξώματος και την τροχιά του εξωτερικού μέρους του οχήματος. Δηλαδή οι παραπάνω τροχιές, συνθέτουν την περιβάλλουσα της τροχιάς, που είναι η σημαντικότερη για τη διερεύνηση που θα ακολουθήσει.

#### 3.4.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗΣ

Στην περίπτωση που μετά την κατασκευή του άξονα καθοδήγησης, ο χρήστης επιθυμεί να μεταβάλλει τον άξονα, δίνεται από το λογισμικό η δυνατότητα να το κάνει μέσω της επιλογής «Νέα Μεταβολή Τροχιάς (Καθοδήγηση)», από την ενότητα «Χάραξη» και «Τροχιές Οχημάτων».

Πιο συγκεκριμένα, από τις ιδιότητες της μεταβολής τροχιάς, εισάγει τη χιλιομετρική θέση της έναρξης της, το πλάτος, το μήκος και τον τύπο της.



Σχήμα 3.24: Χρήση του εργαλείου «Νέα Μεταβολή Τροχιάς».

## **Κεφάλαιο 4 Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής**

### **4.1 Γενικά**

Το παρόν κεφάλαιο πραγματεύεται το γεωμετρικό σχεδιασμό οριογραμμών σε στροφές ισόπεδων κόμβων, με βάση τα οχήματα σχεδιασμού των Αμερικανικών κανονισμών (που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.4.1) και τις ελάχιστες τροχιές τους. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται ο τρόπος κατασκευής των οριογραμμών (ακτίνες, εκτροπές κτλ.) και αναλύονται οι προτεινόμενες ελάχιστες τιμές μελέτης τους, από το AASHTO Green Book. Επιπλέον γίνεται προσπάθεια βελτίωσης του υπάρχοντος τρόπου κατασκευής μέσω της χρήσης της κλωθοειδούς καμπύλης καθώς και σύγκριση όλων των παραπάνω με τη μεθοδολογία που ακολουθείται στους Γερμανικούς κανονισμούς (RAS-K-1).

### **4.2 Ανάλυση και βελτιστοποίηση των ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής (για στροφές 90°)**

#### **4.2.1 ΓΕΝΙΚΑ**

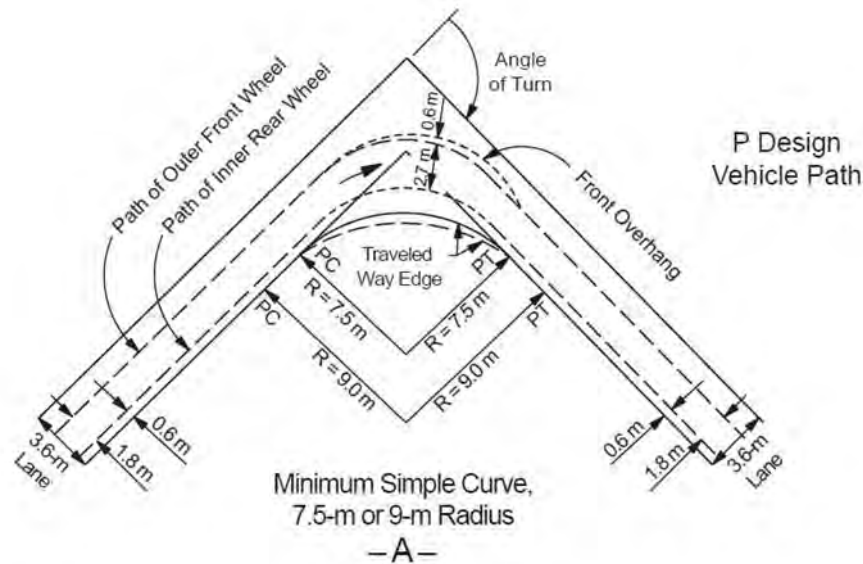
Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει μια περαιτέρω ανάλυση των ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής σε στροφές ισόπεδων κόμβων (με σκέλη τεμνόμενα υπό ορθή γωνία) με βάση τα ίχνη των τροχών και του αμαξώματος κάθε οχήματος σχεδιασμού. Επιπλέον θα γίνει προσπάθεια βελτίωσης των παραπάνω τιμών μέσω μιας διαφορετικής προσέγγισης, με την έννοια ότι θα μελετηθεί η χρήση της κλωθοειδούς καμπύλης στον γεωμετρικό σχεδιασμό της οριογραμμής του οδοστρώματος, ενώ όλα τα παραπάνω θα συγκριθούν με τη μεθοδολογία των Γερμανικών κανονισμών (3 Ακτίνες RAS). Η παραπάνω διερεύνηση θα γίνει με τη χρήση του λογισμικού οδοποιίας Anadelta Tessera.

#### **4.2.2 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ (PASSENGER CARS)**

Στους πίνακες του Green Book υπάρχουν ενδεικτικές τιμές για το συγκεκριμένο όχημα σχεδιασμού, καθώς και αναλυτικά σχέδια όπου εφαρμόζονται οι τιμές αυτές. Παράδειγμα ενός τέτοιου σχεδίου αποτελεί το Σχήμα 4.1.

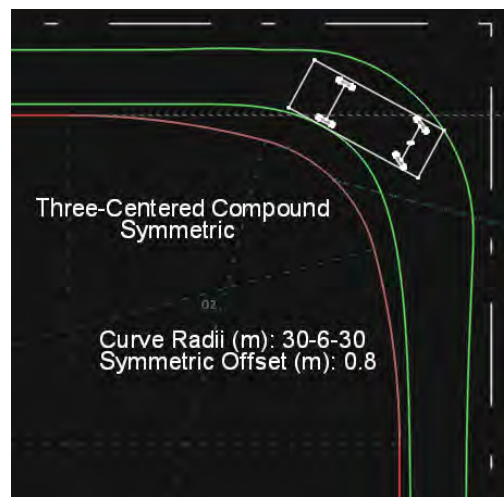


#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής



**Σχήμα 4.1:** Η τροχιά του οχήματος τύπου P σε ένα απλό κυκλικό τόξο.

Αντίστοιχα σχέδια με τις προτεινόμενες τιμές μελέτης επιχειρήθηκε να αναπτυχθούν στο λογισμικό οδοποιίας Anadelta Tessera, προκειμένου να υπάρξει μια επιβεβαίωση ότι ακολουθείται η σωστή μεθοδολογία με σκοπό την βελτιστοποίησή της και την ανίχνευση πιθανών λαθών και παραλείψεων. Ένα τέτοιο σχέδιο φαίνεται στο Σχήμα 4.2.



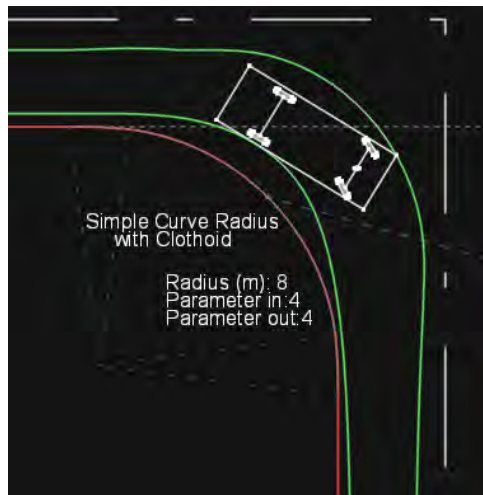
**Σχήμα 4.2:** Η τροχιά του οχήματος τύπου P σε μια σύνθετη συμμετρική καμπύλη τριών κέντρων.

Με βάση την ανάλυση που γίνεται στο Green Book, αλλά και την ανάλυση που έγινε στο Tessera, καταλήγουμε ότι στην περίπτωση της σύνθετης καμπύλης τριών κέντρων, προβλέπεται λίγο μεγαλύτερη επιφάνεια οδοστρώματος σε σχέση με την περίπτωση του απλού κυκλικού τόξου. Παρόλα αυτά προτιμάται η λύση της σύνθετης καμπύλης διότι η οριογραμμή περικλείει πλησιέστερα τα ίχνη του οχήματος μελέτης.

Σε επόμενη φάση αναπτύσσεται η μεθοδολογία σχεδιασμού της οριογραμμής με τη χρήση της κλωθοειδούς καμπύλης. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται μια κλωθοειδής καμπύλη

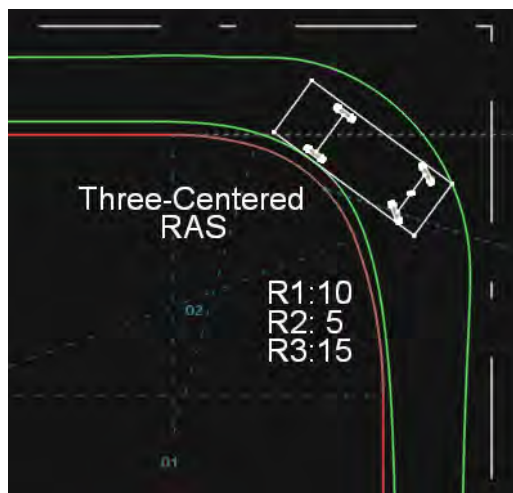
#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

εισόδου στη στροφή, στη συνέχεια ένα απλό κυκλικό τόξο και τέλος μια κλωθοειδής καμπύλη εξόδου από τη στροφή. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κατά κόρον στις καμπύλες οδών προκειμένου να γίνεται μια πιο ομαλή είσοδος και έξοδος των οχημάτων στο κυκλικό τόξο. Με αυτή τη λογική αναπτύχθηκε και η συγκεκριμένη μεθοδολογία μόνο που αυτή τη φορά αναφέρεται σε οριογραμμές ισόπεδων κόμβων και όχι σε καμπύλες αξόνων οδών. Στο Σχήμα 4.3 φαίνεται η τροχιά του οχήματος σχεδιασμού τύπου P σε μια τέτοια καμπύλη.



**Σχήμα 4.3:** Η τροχιά του οχήματος τύπου P σε ένα απλό κυκλικό τόξο με κλωθοειδή καμπύλη εισόδου και εξόδου.

Επιπρόσθετα χρησιμοποιήθηκε και η μεθοδολογία των Γερμανικών κανονισμών (RAS-K-1), δηλαδή οι τρεις (3) ακτίνες RAS, με τη διαφορά ότι η ακτίνα του κύριου τόξου R<sub>2</sub> επιλέχθηκε μετά από δοκιμές, προκειμένου η οριογραμμή να περικλείει όσο γίνεται πλησιέστερα την τροχιά του οχήματος (Σχήμα 4.4), και όχι μέσω των προτεινόμενων τιμών που υπάρχουν στους Γερμανικούς κανονισμούς.



**Σχήμα 4.4:** Η τροχιά του οχήματος τύπου P σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.

## Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

Μετά από την παραπάνω έρευνα, προκύπτει ότι η περίπτωση των τριών ακτίνων RAS, είναι αυτή στην οποία η οριογραμμή περικλείει καλύτερα τα ίχνη του οχήματος μελέτης και η επιφάνεια του οδοστρώματος είναι η μικρότερη δυνατή.

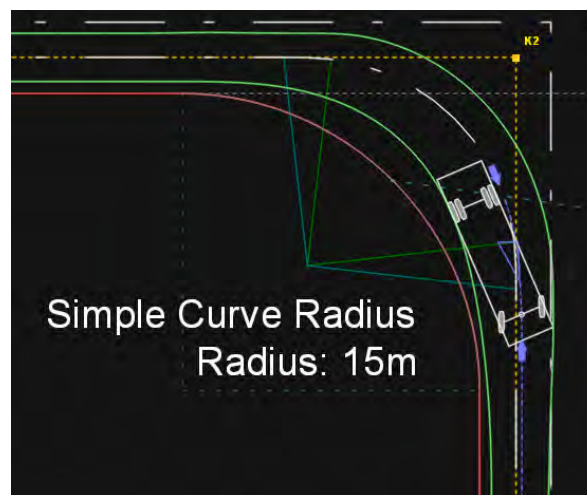
### 4.2.3 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΕΝΙΑΙΑ ΦΟΡΤΗΓΑ (SINGLE UNIT TRUCKS) ΚΑΙ ΤΑ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (CITY TRANSIT BUSES)

#### 4.2.3.1 Γενικά

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται οι ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής για στροφές 90° με βάση τις τροχιές των φορτηγών τύπου SU-9 και SU-12. Τα λεωφορεία αστικών συγκοινωνιών, σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς, καλύπτονται από τις παραπάνω ελάχιστες τιμές μελέτης, επομένως δεν θα γίνει ξεχωριστή αναφορά σε αυτά.

#### 4.2.3.2 Φορτηγό τύπου SU-9

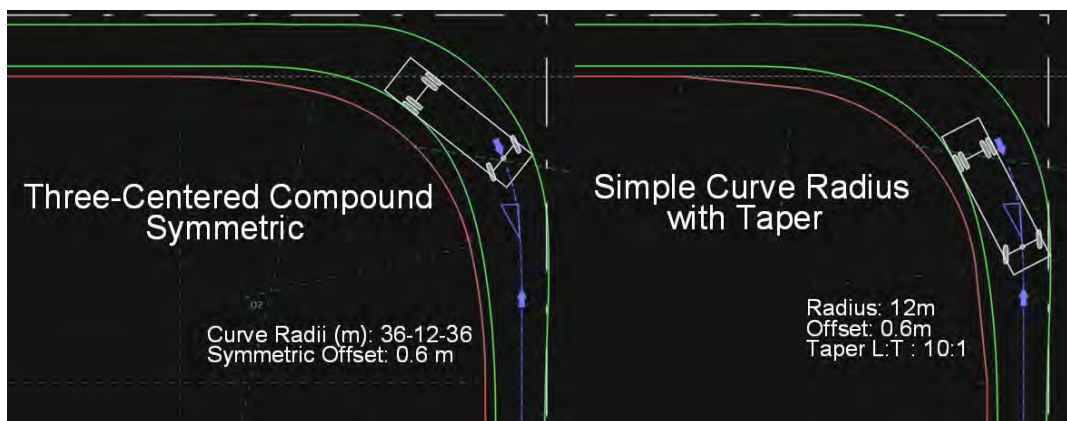
Στο φορτηγό τύπου SU-9, έγινε μεταβολή τροχιάς προκειμένου η λύση του απλού κυκλικού τόξου (ακτίνας 15m) να είναι αποδεκτή (Σχήμα 4.5). Πιο συγκεκριμένα, υπήρξε η ανάγκη ο άξονας καθοδήγησης του οχήματος να μεταβληθεί ελαφρώς προκειμένου να ικανοποιείται ο περιορισμός που τέθηκε στην αρχή του κεφαλαίου και λέει ότι σε καμία περίπτωση η απόσταση των ιχνών του οχήματος σχεδιασμού και της οριογραμμής δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 20cm.



Σχήμα 4.5: Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε ένα απλό κυκλικό τόξο.

Στις περιπτώσεις του απλού κυκλικού τόξου με taper, αλλά και της σύνθετης συμμετρικής καμπύλης τριών κέντρων (Σχήμα 4.6), διατηρήθηκε η μεταβολή τροχιάς για λόγους καλύτερης σύγκρισης των περιπτώσεων μεταξύ τους. Και αυτό γιατί για να συγκρίνουμε με ακρίβεια τις περιπτώσεις, πρέπει το όχημα σχεδιασμού να ακολουθεί ακριβώς την ίδια τροχιά σε κάθε μια από αυτές.

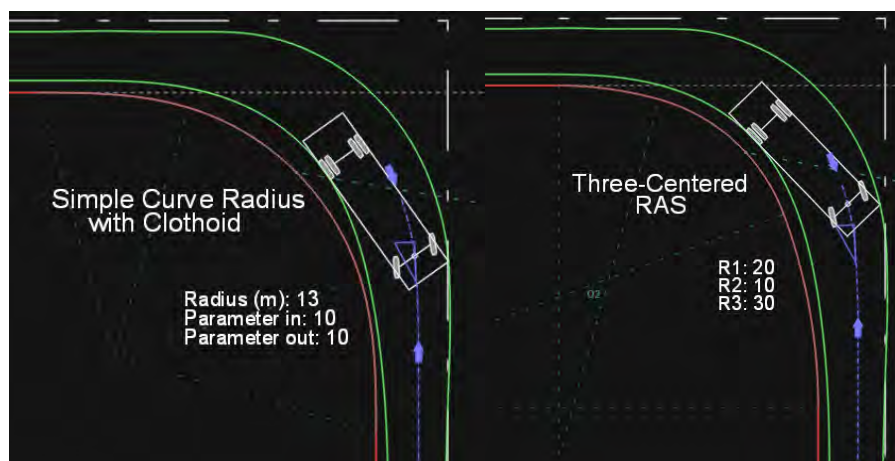




**Σχήμα 4.6:** α) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε μια σύνθετη συμμετρική καμπύλη τριών κέντρων. β) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με taper.

Από τις παραπάνω λύσεις η πιο λειτουργική και προτιμητέα, είναι η λύση της καμπύλης τριών κέντρων διότι η οριογραμμή σε αυτή την περίπτωση ταιριάζει καλύτερα στην τροχιά του εσωτερικού πίσω τροχού του οχήματος σχεδιασμού και η επιφάνεια του οδοστρώματος είναι η μικρότερη δυνατή.

Εν συνεχεία, η περίπτωση της χρήσης κλωθοειδούς καμπύλης δεν φαίνεται να προσδίδει κάτι προς την καλύτερη κατεύθυνση σε σχέση με τις τρεις ακτίνες AASHTO (δηλαδή τη λύση της σύνθετης καμπύλης τριών κέντρων). Και αυτό διότι, αν και επιτυγχάνεται μικρότερη επιφάνεια οδοστρώματος, η σύνθετη καμπύλη τριών κέντρων ακολουθεί καλύτερα την τροχιά του οχήματος. Η λύση που φαίνεται όμως να είναι καλύτερη από όλες είναι αυτή των τριών ακτίνων RAS, μιας και έτσι η επιφάνεια οδοστρώσεως είναι η μικρότερη δυνατή και η οριογραμμή ταιριάζει εξαιρετικά με την τροχιά του οχήματος σχεδιασμού. Η λύση αυτή, όπως και η περίπτωση της κλωθοειδούς, απεικονίζονται στο Σχήμα 4.7.

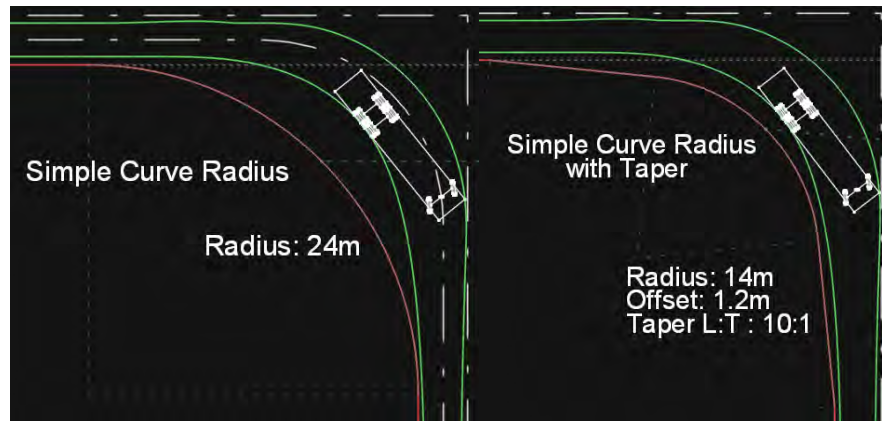


**Σχήμα 4.7:** α) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με εκατέρωθεν κλωθοειδείς. β) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-9 σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.

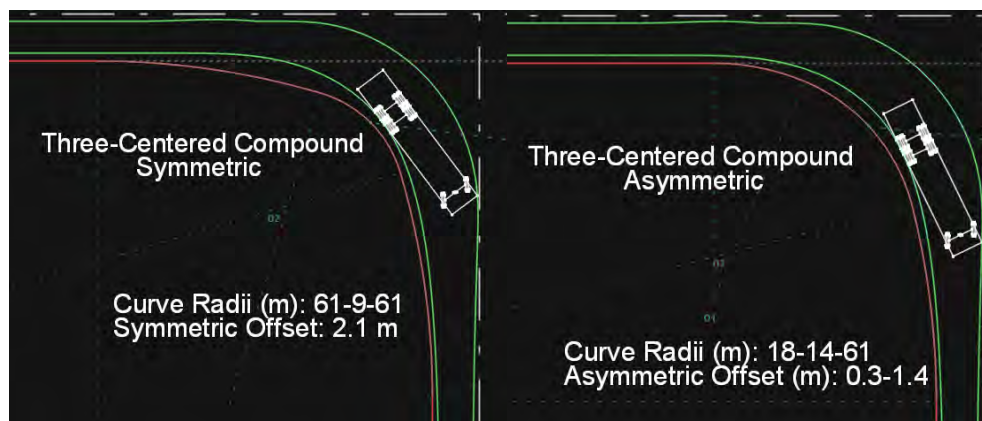
## Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

### 4.2.3.3 Φορηγό τύπου SU-12

Στην περίπτωση αυτού του τύπου οχήματος σχεδιασμού, οι Αμερικανικοί κανονισμοί δίνουν τέσσερις επιλογές όσον αφορά τη γεωμετρία της οριογραμμής. Η κάθε επιλογή συνοδεύεται και από τις αντίστοιχες ελάχιστες τιμές μελέτης. Στα επόμενα σχήματα (Σχήμα 4.8 και Σχήμα 4.9) παρουσιάζονται οι παραπάνω λύσεις.



**Σχήμα 4.8:** α) Η τροχιά του φορηγού τύπου SU-12 σε ένα απλό κυκλικό τόξο β) Η τροχιά του φορηγού τύπου SU-12 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με taper.



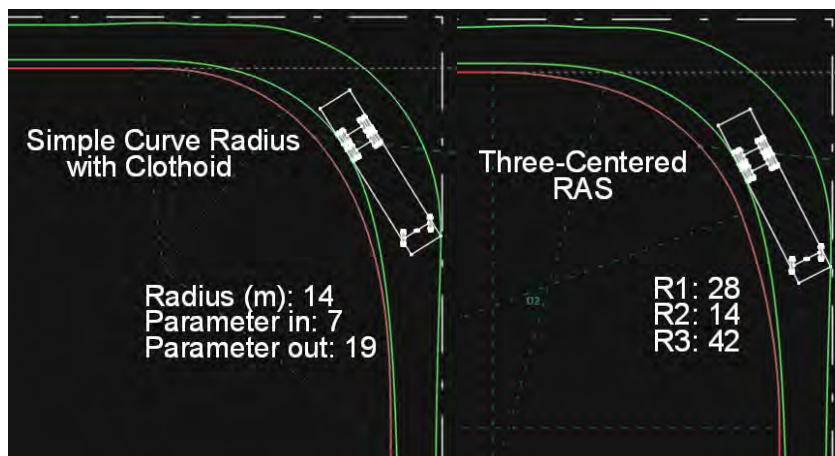
**Σχήμα 4.9:** α) Η τροχιά του φορηγού τύπου SU-12 σε μια σύνθετη συμμετρική καμπύλη τριών κέντρων β) Η τροχιά του φορηγού τύπου SU-12 σε μια σύνθετη ασύμμετρη καμπύλη τριών κέντρων.

Όπως ειπώθηκε στην ενότητα 2.2.1, οι ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής προκύπτουν με βάση την πιο απότομη στροφή που μπορούν να πραγματοποιήσουν τα οχήματα σχεδιασμού. Κομβικό ρόλο σε αυτό, έχουν οι διαστάσεις των οχημάτων καθώς και οι μηχανικοί περιορισμοί τους (π.χ. η μέγιστη γωνία στροφής του κάθε οχήματος σχεδιασμού). Στην περίπτωση του φορηγού SU-12 η μέγιστη γωνία στροφής (max. steering angle) είναι  $31,8^\circ$  και η αντίστοιχη ελάχιστη ακτίνα που μπορεί να διαγράψει ο μπροστινός άξονας του οχήματος (CTR - Centerline Turning Radius at front axle) είναι 14,46m. Στην προσομοίωση που έγινε στο Tessera, η καμπύλη του άξονα καθοδήγησης του οχήματος SU-12, έχει ακτίνα 13m και κλωθοειδή εισόδου και εξόδου, με παράμετρο 7 τόσο στην είσοδο, όσο και στην

#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

έξοδο. Με τη χρήση αυτής της συμμετρικής καμπύλης για άξονα καθοδήγησης του οχήματος, επιτυγχάνεται μέγιστη γωνία στροφής ίση με  $31,64^\circ$ , πολύ κοντά στις  $31,8^\circ$ , που είναι η μέγιστη για το συγκεκριμένο όχημα σχεδιασμού.

Από τις λύσεις που περιγράφηκαν νωρίτερα, η καλύτερη είναι αυτή της ασύμμετρης καμπύλης τριών κέντρων, αφού ταιριάζει αρκετά στην τροχιά του οχήματος. Οι περιπτώσεις του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν κλωθοειδείς, και των τριών ακτίνων RAS, με τις αντίστοιχες προτεινόμενες τιμές (Σχήμα 4.10), δεν φαίνεται να υπερτερούν κάπου σε σύγκριση με την ασύμμετρη καμπύλη του Green Book.



Σχήμα 4.10: α) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-12 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με εκατέρωθεν κλωθοειδείς. β) Η τροχιά του φορτηγού τύπου SU-12 σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.

#### 4.2.4 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΦΟΡΤΗΓΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΗΜΙΡΥΜΟΥΛΚΟΥΜΕΝΩΝ (SEMITRAILER COMBINATION TRUCKS).

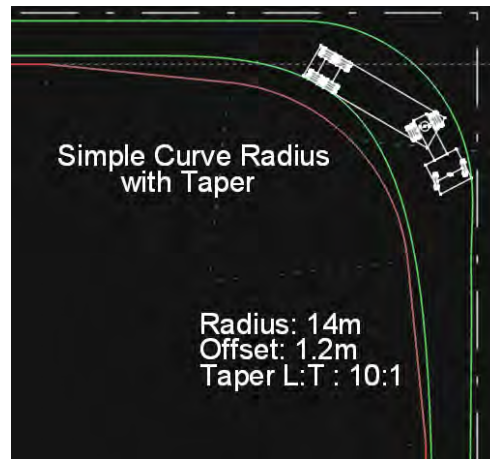
##### 4.2.4.1 Γενικά

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται οι ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής για στροφές  $90^\circ$  με βάση τις τροχιές των φορτηγών συνδυασμού ημιρυμουλκούμενων.

##### 4.2.4.2 Φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο τύπου WB-12 (Intermediate Semitrailer)

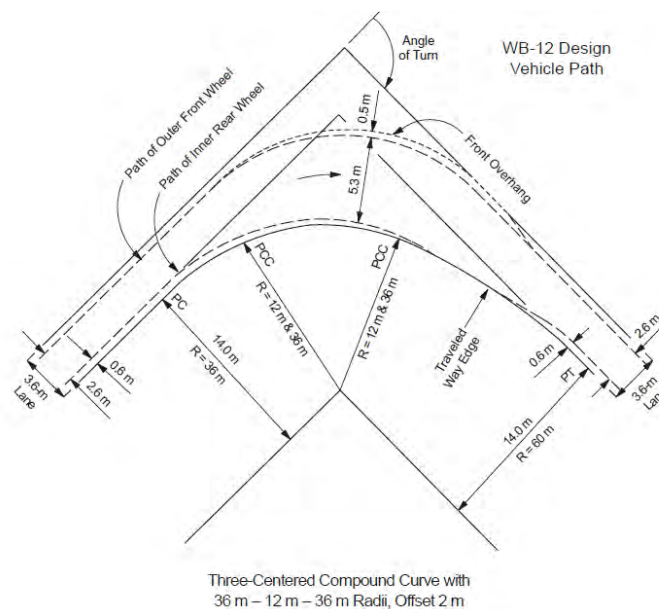
Στην περίπτωση του συγκεκριμένου οχήματος σχεδιασμού αλλά και για κάθε τύπο οχήματος της κατηγορίας των φορτηγών συνδυασμού ημιρυμουλκούμενων, δεν είναι πρακτικό να τοποθετούνται απλά κυκλικά τόξα ως οριογραμμές. Επομένως η μελέτη ξεκινά από την περίπτωση του απλού κυκλικού τόξου με taper (Σχήμα 4.11).

#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής



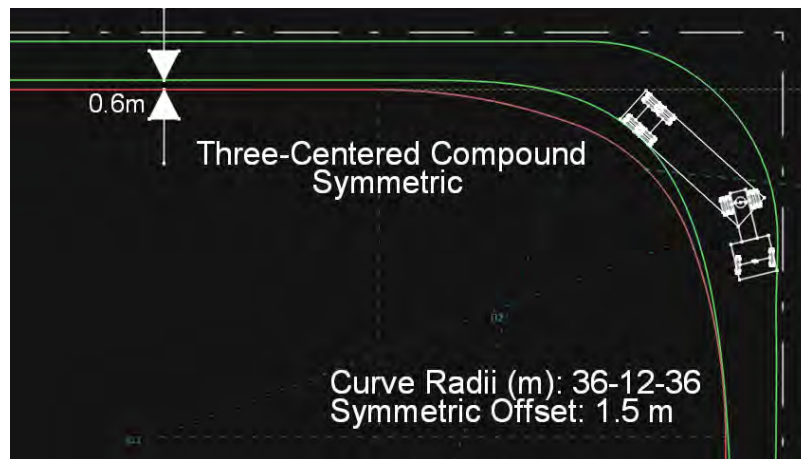
Σχήμα 4.11: Η τροχιά του WB-12 σε ένα απλό κυκλικό τόξο με taper.

Στη λύση της σύνθετης συμμετρικής καμπύλης τριών κέντρων φαίνεται πως υπάρχει πρόβλημα, καθώς οι τιμές που προτείνονται από τους πίνακες των Αμερικανικών κανονισμών δεν είναι αποδεκτές. Ο λόγος είναι ότι η απόσταση μεταξύ της τροχιάς του οχήματος και της οριογραμμής είναι μικρότερη από 20cm κάτι που είναι απαγορευτικό. Απόδειξη του παραπάνω ισχυρισμού αποτελούν τα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.12 και Σχήμα 4.13) στα οποία φαίνεται ότι τα ίχνη του οχήματος σχεδιασμού σχεδόν τέμνουν την οριογραμμή του οδοστρώματος. Μάλιστα το πρώτο σχήμα (Σχήμα 4.12) προέρχεται από το Green Book, ενώ το δεύτερο (Σχήμα 4.13) από προσομοίωση στο Tessera. Η μοναδική τους διαφορά είναι ότι το offset στο σχήμα του Green Book είναι 2m ενώ στην προσομοίωση στο Tessera 1,5m.



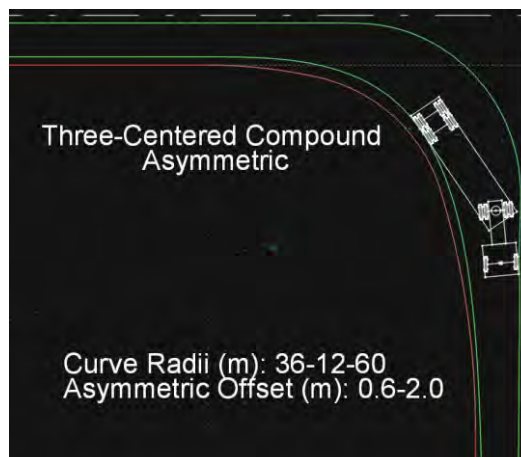
Σχήμα 4.12: Η τροχιά του WB-12 σε μια συμμετρική καμπύλη AASHTO (από Green Book).





Σχήμα 4.13: Η τροχιά του WB-12 σε μια συμμετρική καμπύλη AASHTO (από προσομοίωση στο Tessera).

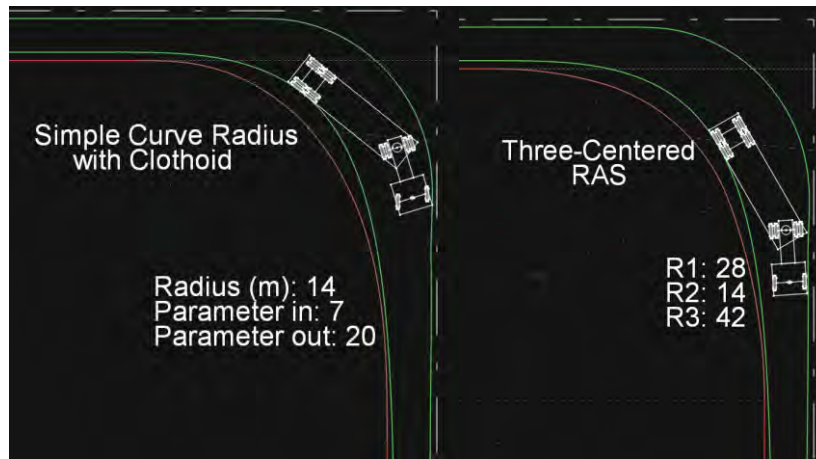
Όσον αφορά την περίπτωση της ασύμμετρης καμπύλης AASHTO, οι τιμές που προτείνονται στον πίνακα του Green Book φαίνεται να είναι αρκετά ικανοποιητικές (Σχήμα 4.14).



Σχήμα 4.14: Η τροχιά του WB-12 σε μια ασύμμετρη καμπύλη AASHTO.

Οι λύσεις του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν κλωθοειδείς και των τριών ακτίνων RAS (Σχήμα 4.15), δεν είναι καλύτερες της ασύμμετρης καμπύλης AASHTO.

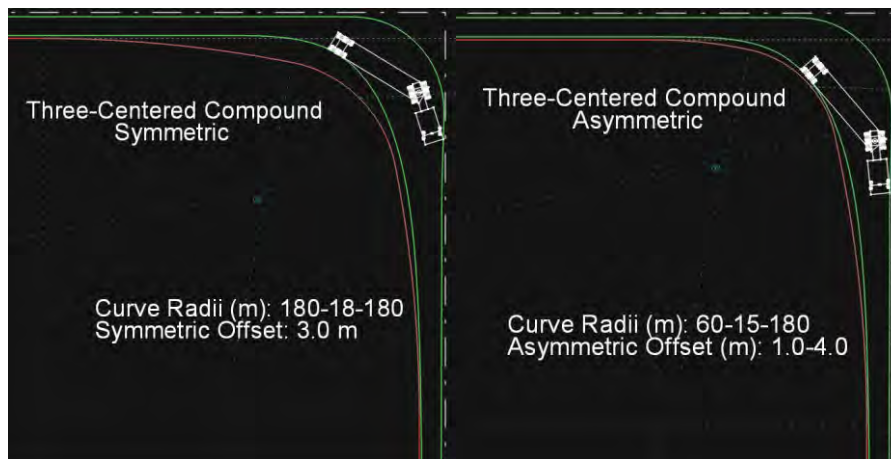
#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής



**Σχήμα 4.15:** Η τροχιά του WB-12 α) σε ένα απλό κυκλικό τόξο με κλωθοειδείς β) σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.

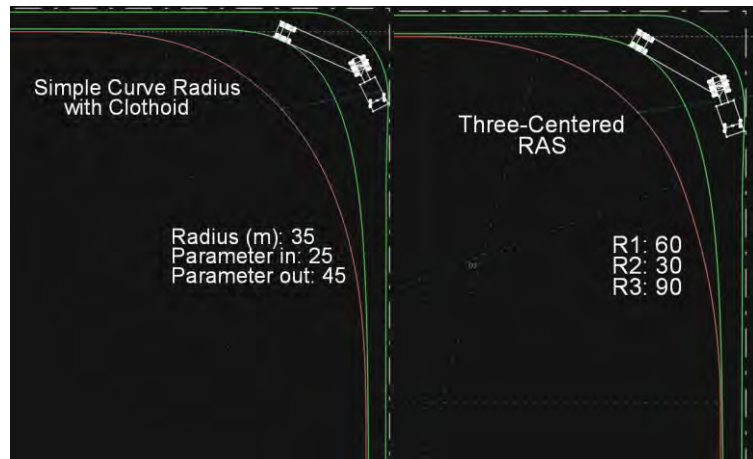
#### 4.2.4.3 Φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο τύπου WB-19 (Interstate Semitrailer)

Για το συγκεκριμένο όχημα σχεδιασμού επιλέχθηκαν οι τιμές που εφαρμόζονται στα σχήματα του Green Book και όχι αυτές που προτείνονται στους πίνακες. Αυτό έγινε διότι οι τιμές των πινάκων αποδείχτηκαν απαγορευτικές, καθώς με την εφαρμογή τους η απόσταση της τροχιάς του οχήματος και της οριογραμμής ήταν μικρότερη των 20cm. Οι τιμές που επιλέχθηκαν τελικά και η τροχιά του οχήματος σχεδιασμού για την περίπτωση της συμμετρικής και ασύμμετρης καμπύλης AASHTO φαίνονται στο Σχήμα 4.16.



**Σχήμα 4.16:** Η τροχιά του WB-19 σε μια συμμετρική και μια ασύμμετρη καμπύλη AASHTO.

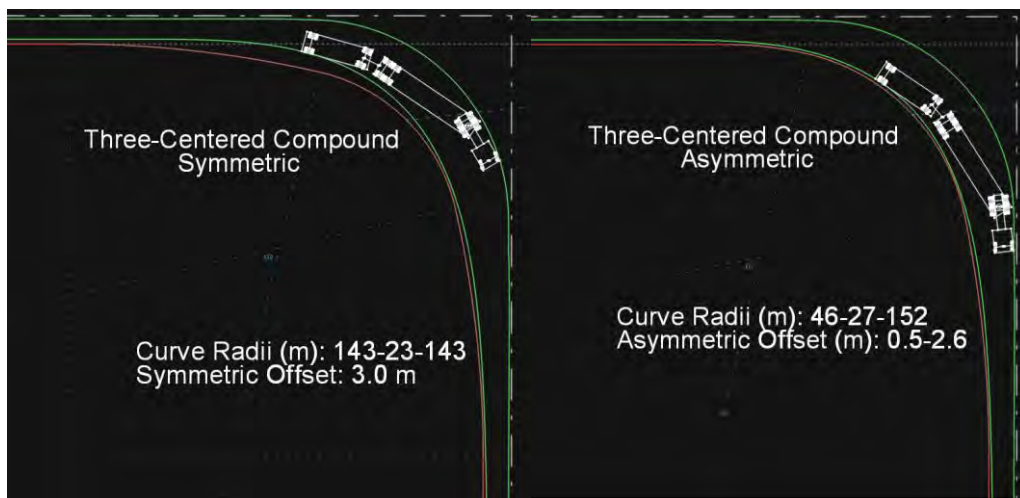
Οι λύσεις του απλού κυκλικού τόξου με κλωθοειδείς και των τριών ακτίνων RAS (Σχήμα 4.17), δεν φαίνεται να είναι τόσο αποτελεσματικές, αφού και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει μεγάλη σπατάλη στην επιφάνεια οδοστρωσίας.



Σχήμα 4.17: Η τροχιά του WB-19 α) σε ένα απλό κυκλικό τόξο με κλωθοειδείς β) σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.

#### 4.2.4.4 Φορτηγό ρυμουλκό με επικαθήμενο και ρυμουλκούμενο τύπου WB-28D (Rocky Mountain Double-Trailer Combination)

Οι προτεινόμενες τιμές των κανονισμών για ελάχιστη τιμή μελέτης της οριογραμμής αποδεικνύονται αρκετά ικανοποιητικές στην περίπτωση της συμμετρικής και ασύμμετρης καμπύλης AASHTO, καθώς η οριογραμμή ακολουθεί στενά την τροχιά του WB-28D, ειδικά στην περίπτωση της ασύμμετρης καμπύλης (Σχήμα 4.18).

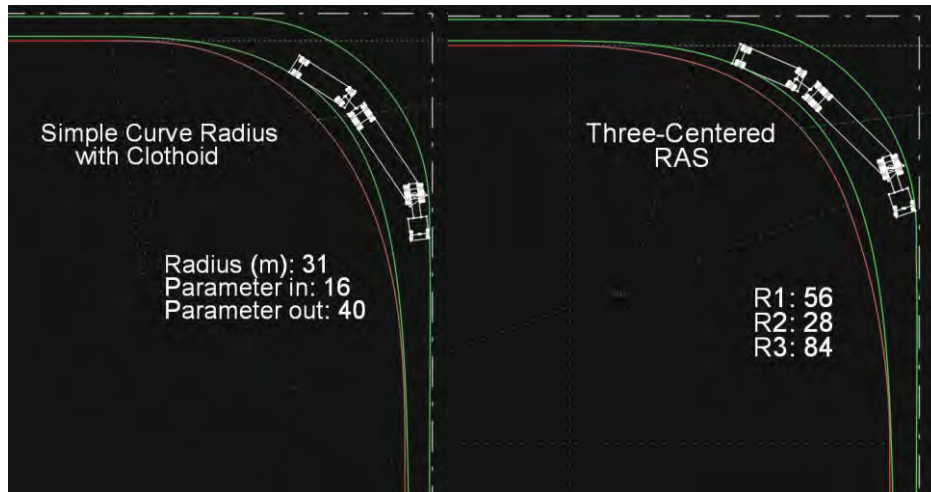


Σχήμα 4.18: Η τροχιά του WB-28D σε μια συμμετρική και μια ασύμμετρη καμπύλη AASHTO.

Όπως και στα προηγούμενα μεγάλου μήκους οχήματα σχεδιασμού, το απλό κυκλικό τόξο με κλωθοειδείς και οι τρεις ακτίνες RAS, δεν προσφέρουν κάποιο συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των καμπυλών AASHTO. Μάλιστα για την περίπτωση της κλωθοειδούς, φαίνεται προβληματικό το γεγονός πως απαιτείται μεγάλη παράμετρος στην κλωθοειδή εξόδου και ως αποτέλεσμα αυτού, μεγάλο μήκος κλωθοειδούς εξόδου σε σχέση με το κυκλικό τόξο και την κλωθοειδή εισόδου.

#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

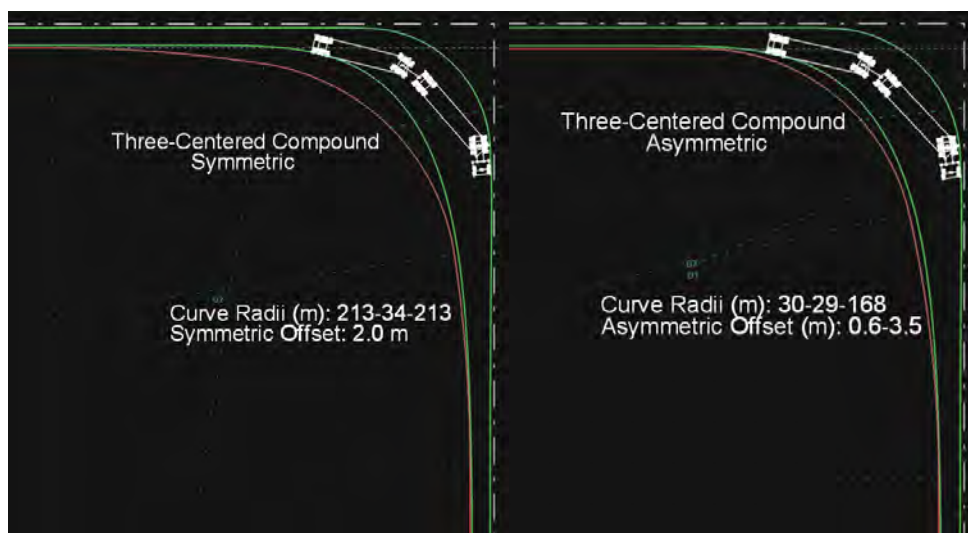
Σίγουρα, οι παραπάνω μέθοδοι (κλωθοειδείς και RAS) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε επίπεδο σχεδιασμού, όμως για τη συγκεκριμένη μελέτη (εύρεση ελάχιστης τιμής μελέτης της οριογραμμής) κρίνονται σπάταλες και όχι τόσο αποδοτικές σε σύγκριση με αυτές που ήδη υπάρχουν στους Αμερικανικούς κανονισμούς. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 4.19) διακρίνονται οι δύο αυτές περιπτώσεις με τις αντίστοιχες προτεινόμενες τιμές.



**Σχήμα 4.19:** Η τροχιά του WB-28D α) σε ένα απλό κυκλικό τόξο με εκατέρωθεν κλωθοειδείς β) σε μια καμπύλη τριών ακτίνων RAS.

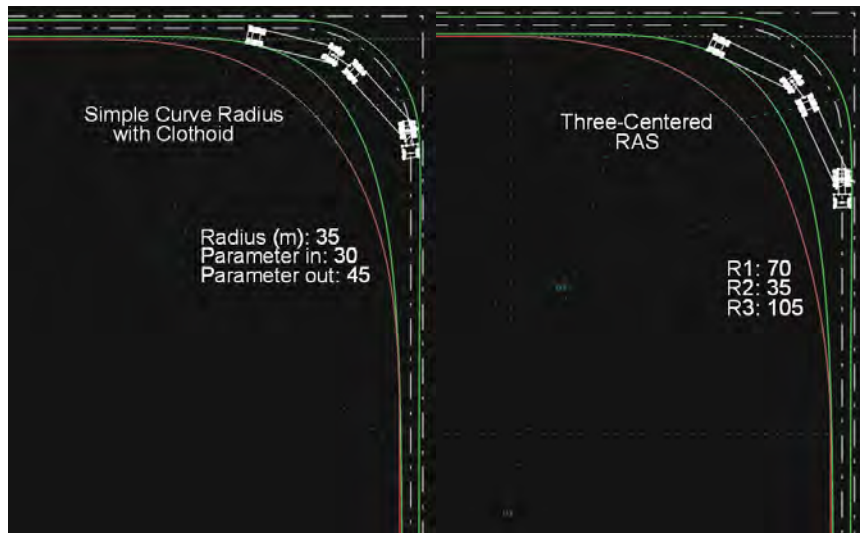
#### 4.2.4.5 Φορτηγό ρυμουλκό με επικαθήμενο και ρυμουλκούμενο τύπου WB-33D (Turnpike-Double Combination)

Αντίστοιχα είναι τα αποτελέσματα και για το συγκεκριμένο όχημα σχεδιασμού, το οποίο είναι μάλιστα και το μεγαλύτερο σε μήκος που υπάρχει στο Green Book (33,28m). Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.20) διακρίνεται ξεκάθαρα ότι η βέλτιστη λύση για ελάχιστη τιμή μελέτης είναι αυτή της ασύμμετρης καμπύλης τριών κέντρων κατά τα Αμερικανικά πρότυπα και τις αντίστοιχες προτεινόμενες τιμές των κανονισμών.





## Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής



Σχήμα 4.20: Η τροχιά του WB-33D στις διάφορες καμπύλες

### 4.2.5 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΙΜΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, για κάθε μέθοδο κατασκευής της οριογραμμής.

Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικός πίνακας ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής (από AASHTO).

Angle of Turn (°)	Design Vehicle	Simple Curve Radius (m)	Simple Curve Radius with Taper			Three-Centered Compound		Three-Centered Compound	
			Radius (m)	Offset (m)	Taper L:T	Curve Radii (m)	Symmetric Offset (m)	Curve Radii (m)	Asymmetric Offset (m)
90	P	9	6	0.8	10:1	30-6-30	0.8	-	-
	SU-9	15	12	0.6	10:1	36-12-36	0.6	-	-
	SU-12	24	14	1.2	10:1	61-9-61	2.1	18-14-61	0.3-1.4
	WB-12	-	14	1.2	10:1	36-12-36	1.5	36-12-60	0.6-2.0
	WB-19	-	36	1.3	30:1	180-18-180	3.0	60-15-180	1.0-4.0
	WB-20	-	37	1.3	30:1	134-20-134	3.0	61-21-183	0.3-3.4
	WB-28D	-	30	1.8	10:1	143-23-143	3.0	46-27-152	0.5-2.6
	WB-30T	-	25	0.8	15:1	76-21-76	1.4	61-21-91	0.3-1.5
	WB-33D	-	35	0.9	15:1	213-34-213	2.0	30-29-168	0.6-3.5

#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

**Πίνακας 4.2:** Συγκεντρωτικός πίνακας ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής (από την παρούσα έρευνα).

Angle of Turn (°)	Design Vehicle	Simple Curve Radius with Clothoid			Three-Centered RAS		
		Radius (m)	Parameter in	Parameter out	R1 (m)	R2 (m)	R3 (m)
90	P	8	4	4	10	5	15
	SU-9	13	10	10	20	10	30
	SU-12	14	7	19	28	14	42
	WB-12	14	7	20	28	14	42
	WB-19	35	25	45	60	30	90
	WB-20	30	15	40	56	28	84
	WB-28D	31	16	40	56	28	84
	WB-30T	25	13	30	42	21	63
	WB-33D	35	30	45	70	35	105

Επιπλέον, στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για τη γεωμετρία της καμπύλης του άξονα καθοδήγησης του εκάστοτε οχήματος σχεδιασμού. Η μεθοδολογία κατασκευής του άξονα, είναι ένα απλό κυκλικό τόξο με κλωθοειδή εισόδου και εξόδου (εκατέρωθεν κλωθοειδείς). Να σημειωθεί ξανά, ότι η καμπύλη του άξονα καθοδήγησης για κάθε όχημα, κατασκευάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε η γωνία στροφής του οχήματος, να προσεγγίζει κατά το δυνατόν τη μέγιστη γωνία στροφής (max. steering angle) του κάθε οχήματος σχεδιασμού.

**Πίνακας 4.3:** Τιμές μελέτης της καμπύλης του άξονα καθοδήγησης κάθε οχήματος σχεδιασμού.

Καμπύλη Άξονα Καθοδήγησης				
Γωνία Στροφής (°)	Όχημα	Ακτίνα (m)	Παραμ. Εισ.	Παραμ. Εξ.
90	P	6	3	3
	SU-9	10.5	5	5
	SU-12	13	7	7
	WB-12	11	6	6
	WB-19	11.5	7	7
	WB-20	12	9	9
	WB-28D	24	12	12
	WB-30T	12.5	6	6
WB-33D	17.5	8	8	

Στο Σχήμα 4.21 φαίνεται και ένα ακόμη παράδειγμα σχετικό με τον άξονα καθοδήγησης των οχημάτων σχεδιασμού. Για το όχημα WB-19, επιλέχθηκε η καμπύλη του άξονα να έχει ακτίνα 11.5m (το CTR του οχήματος είναι 12.5m), παράμετρο κλωθοειδούς εισόδου 7 και εξόδου επίσης 7. Με αυτόν τον τρόπο επιτεύχθηκε μέγιστη γωνία στροφής 28,34°, πολύ κοντά στη μέγιστη γωνία στροφής του οχήματος (max steering angle) που είναι 28,4°.



Σχήμα 4.21: Ο άξονας καθοδήγησης του WB-19

### 4.3 Ανάλυση και βελτιστοποίηση των ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής (για στροφές 75° και 105°)

#### 4.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αντίστοιχοι πίνακες με αυτούς που παρουσιάστηκαν για τις στροφές 90° υπάρχουν και για άλλες γωνίες συμβολής. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα γίνει αναφορά μόνο στην περίπτωση του σχεδιασμού οριογραμμών για στροφές ισόπεδων κόμβων υπό γωνία 75° και 105°. Η μεθοδολογία εύρεσης των ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής παραμένει η ίδια με προηγουμένως και στηρίζεται στην τροχιά του εκάστοτε οχήματος σχεδιασμού.

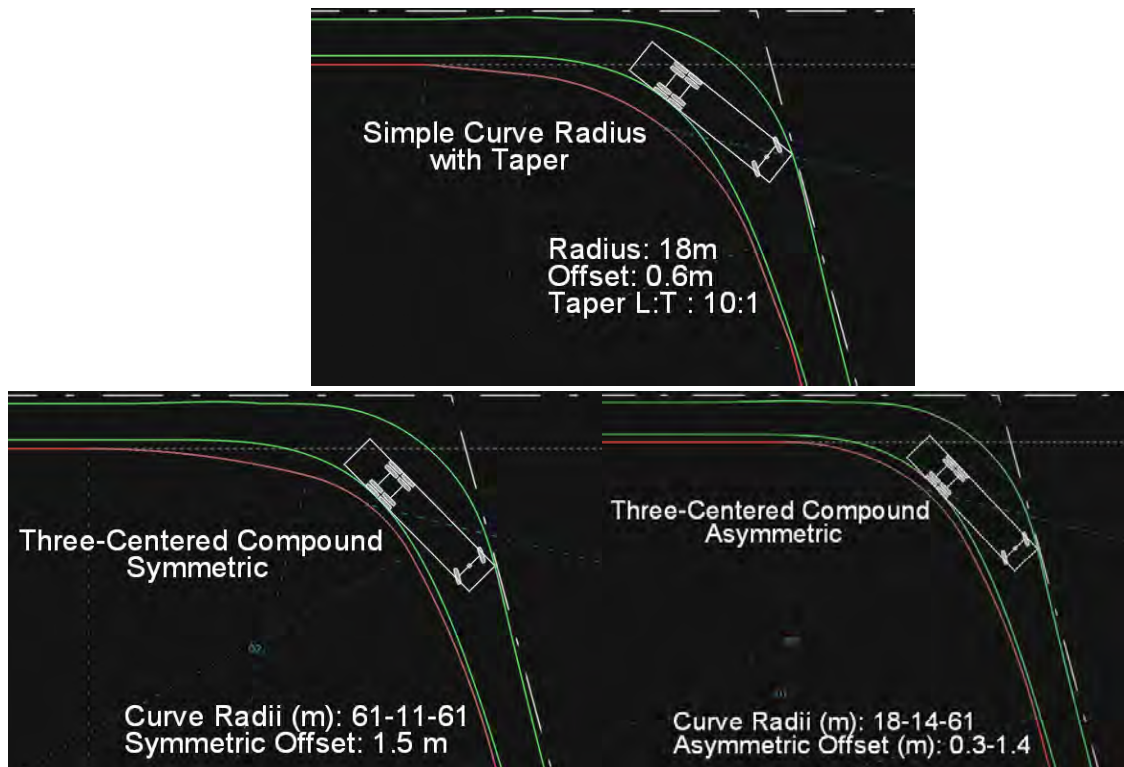
Στο Green Book, υπάρχουν πίνακες με προτεινόμενες τιμές για γωνίες στροφής 75° και 105°, όμως δεν υπάρχουν αντίστοιχα σχέδια όπως υπήρχαν για την περίπτωση της ορθής γωνίας. Σε αυτήν την ενότητα οι τιμές αυτές θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να γίνει η αντίστοιχη προσομοίωση στο Tessera. Επιπλέον, θα γίνει προσπάθεια βελτιστοποίησης των παραπάνω τιμών μέσω της χρήσης της κλωθοειδούς καμπύλης και των τριών ακτίνων RAS, σαν μεθόδους κατασκευής της οριογραμμής. Όλες οι παραπάνω λύσεις θα συγκριθούν μεταξύ τους και θα αξιολογηθούν αναλόγως.

#### 4.3.2 ΦΟΡΤΗΓΟ ΤΥΠΟΥ SU-12

##### 4.3.2.1 Γωνία στροφής 75°

Στο Σχήμα 4.22 διακρίνεται η τροχιά του οχήματος SU-12 στις διάφορες καμπύλες που χρησιμοποιούνται στο Green Book. Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν είναι ακριβώς αυτές που προτείνονται στους πίνακες των Αμερικανικών κανονισμών.

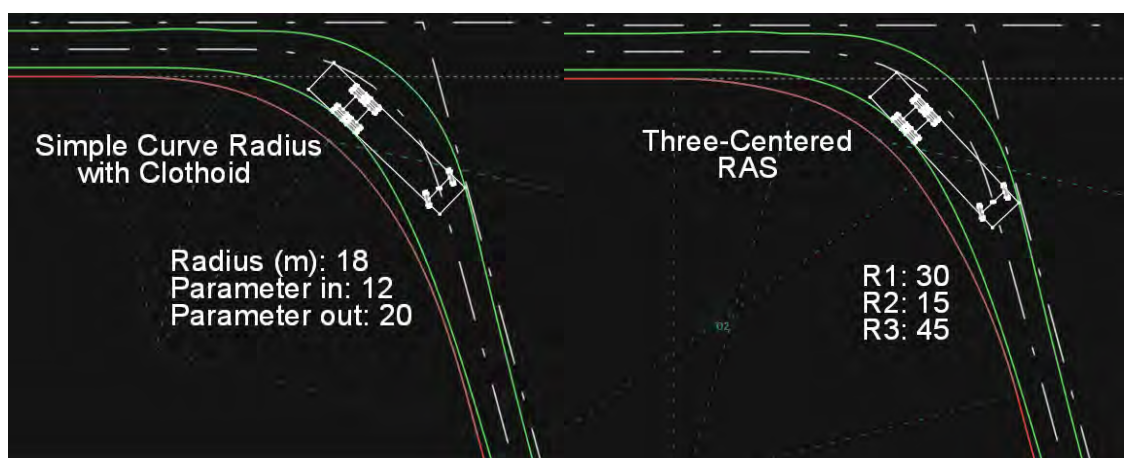
#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής



Σχήμα 4.22: Η τροχιά του SU-12 στις διάφορες καμπύλες του Green Book (γωνία στροφής 75°).

Από τις παραπάνω καμπύλες, αυτή που ταιριάζει καλύτερα με την τροχιά του οχήματος είναι η ασύμμετρη καμπύλη τριών κέντρων.

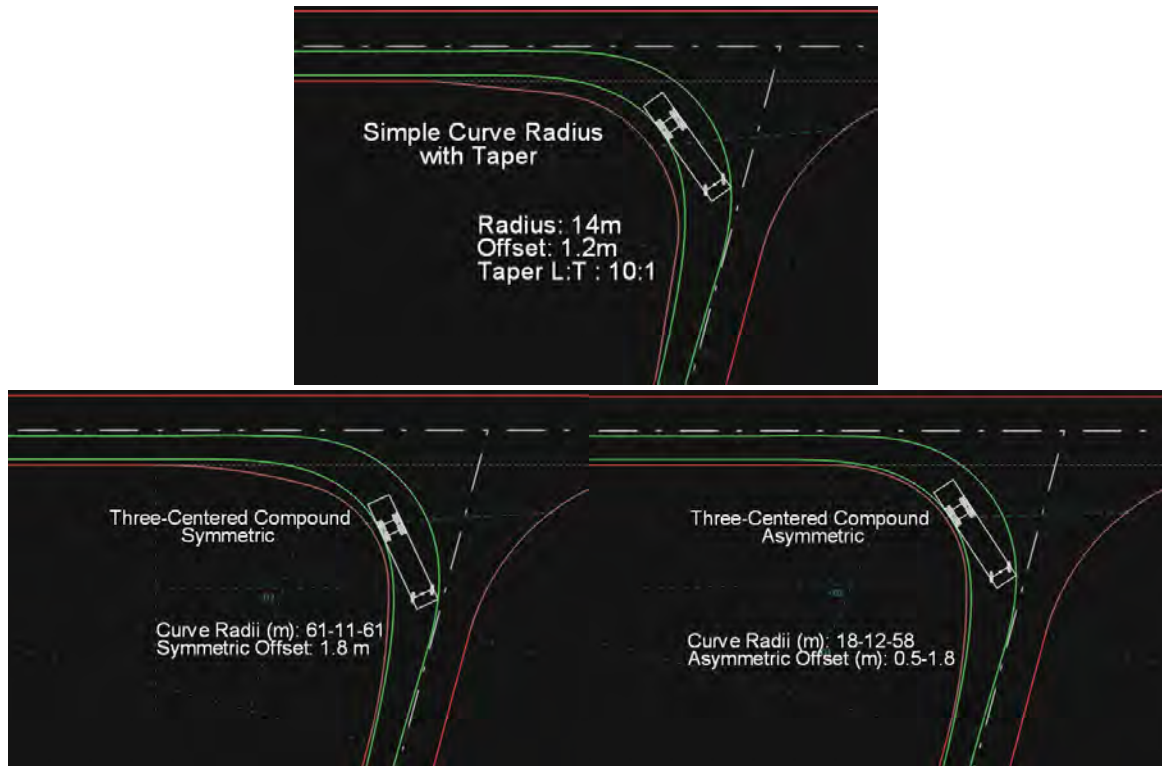
Οι περιπτώσεις του απλού κυκλικού τόξου με κλωθοειδείς εισόδου και εξόδου και των τριών ακτίνων RAS, με τις αντίστοιχες προτεινόμενες τιμές τους από την παρούσα διερεύνηση (Σχήμα 4.23), είναι ικανοποιητικές και ευσταθούν σαν ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής. Παρόλα αυτά η λύση της ασύμμετρης καμπύλης φαίνεται η πιο ικανοποιητική, αφού η οριογραμμή ακολουθεί στενά την τροχιά του πίσω εσωτερικού τροχού του οχήματος σχεδιασμού και η επιφάνεια οδοστρώσας είναι η μικρότερη δυνατή.



Σχήμα 4.23: Η τροχιά του SU-12 στις καμπύλες της παρούσας μελέτης (στροφή 75°).

4.3.2.2 Γωνία στροφής 105°

Στο Σχήμα 4.24, διακρίνονται οι προσομοιώσεις της κίνησης του οχήματος σχεδιασμού SU-12 στις διάφορες ενδεδειγμένες καμπύλες των Αμερικανικών κανονισμών, με τις αντίστοιχες προτεινόμενες τιμές.



Σχήμα 4.24: Η τροχιά του SU-12 στις διάφορες καμπύλες του Green Book (γωνία στροφής 105°).

Ο άξονας καθοδήγησης του συγκεκριμένου οχήματος, αποτελείται από ένα απλό κυκλικό τόξο ακτίνας 13m και δύο κλωθοειδείς καμπύλες (μια εισόδου και μια εξόδου) με παράμετρο 12. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται γωνία στροφής 31.45°, αρκετά κοντά στις 31.8° που είναι η μέγιστη γωνία στροφής για αυτό το όχημα σχεδιασμού (Σχήμα 4.25).



Σχήμα 4.25: Ο άξονας καθοδήγησης του SU-12 για στροφή 105°.



## Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

Οι λύσεις των τριών ακτίνων RAS και του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν κλωθοειδείς δεν είναι καλύτερες της ασύμμετρης καμπύλης του Green Book αφού απαιτούν μεγαλύτερη επιφάνεια οδοστρωσίας (Σχήμα 4.26).

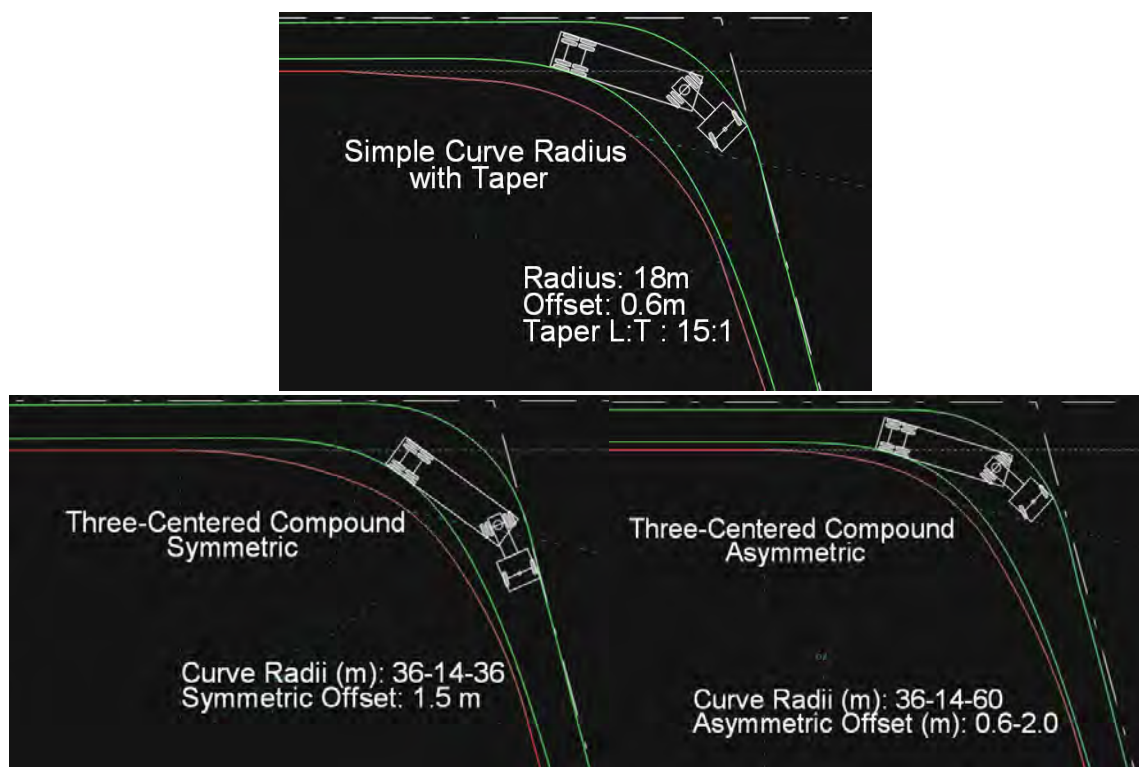


Σχήμα 4.26: Η τροχιά του SU-12 στις καμπύλες της παρούσας μελέτης (στροφή 105°).

### 4.3.3 ΦΟΡΤΗΓΟ ΡΥΜΟΥΛΚΟ ΜΕ ΗΜΙΡΥΜΟΥΛΚΟΥΜΕΝΟ ΤΥΠΟΥ WB-12

#### 4.3.3.1 Γωνία στροφής 75°

Οι καμπύλες των Αμερικανικών κανονισμών με τις αντίστοιχες ενδειγμένες τιμές, παρατίθενται στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 4.27).



Σχήμα 4.27: Η τροχιά του WB-12 στις διάφορες καμπύλες του Green Book (γωνία στροφής 75°).

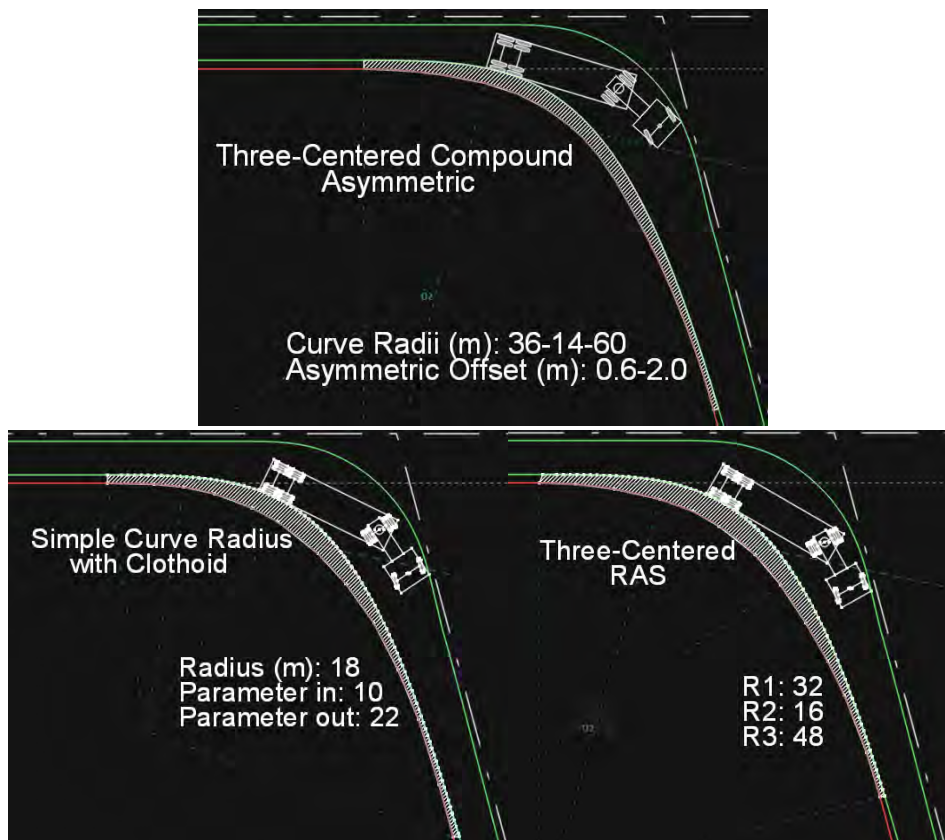
#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

Οι λύσεις που αναπτύσσονται από την παρούσα διερεύνηση παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 4.28).



Σχήμα 4.28: Η τροχιά του WB-12 στις καμπύλες της παρούσας μελέτης (στροφή 75°).

Η βέλτιστη περίπτωση από τις παραπάνω είναι αυτή της ασύμμετρης καμπύλης AASHTO, με τις αντίστοιχες τιμές που υποδεικνύονται. Πιο αναλυτικά, στην περίπτωση της ασύμμετρης καμπύλης AASHTO, η διαγραμμισμένη επιφάνεια που περικλείεται από τα ίχνη της εσωτερικής περιβάλλουσας του οχήματος WB-12 και την οριογραμμή του οδοστρώματος κατά τη στροφή, έχει εμβαδό 27,9m<sup>2</sup>, έναντι 32,4m<sup>2</sup> της περίπτωσης του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν κλωθοειδείς και 36 m<sup>2</sup> της περίπτωσης των τριών ακτίνων RAS (Σχήμα 4.29). Όπως είναι λογικό η περίπτωση με τη μικρότερη δυνατή επιφάνεια οδοστρώσας, είναι η βέλτιστη.

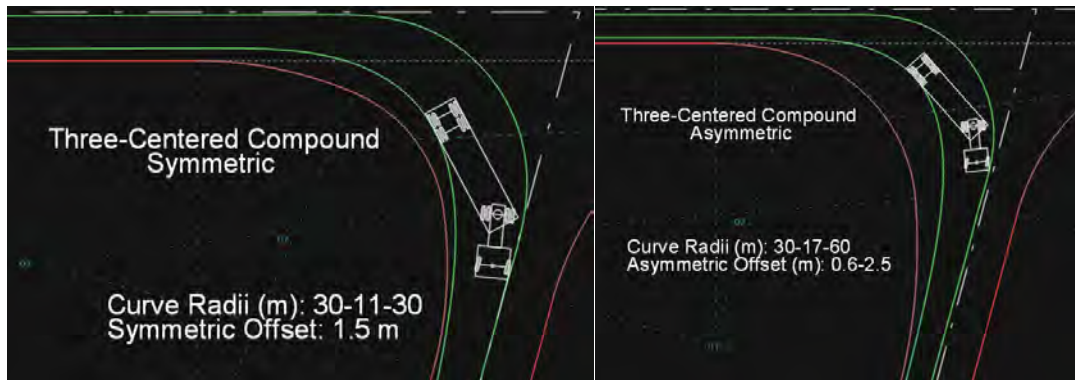


Σχήμα 4.29: Μέτρηση εμβαδού της επιφάνειας οδοστρώσας.

## Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

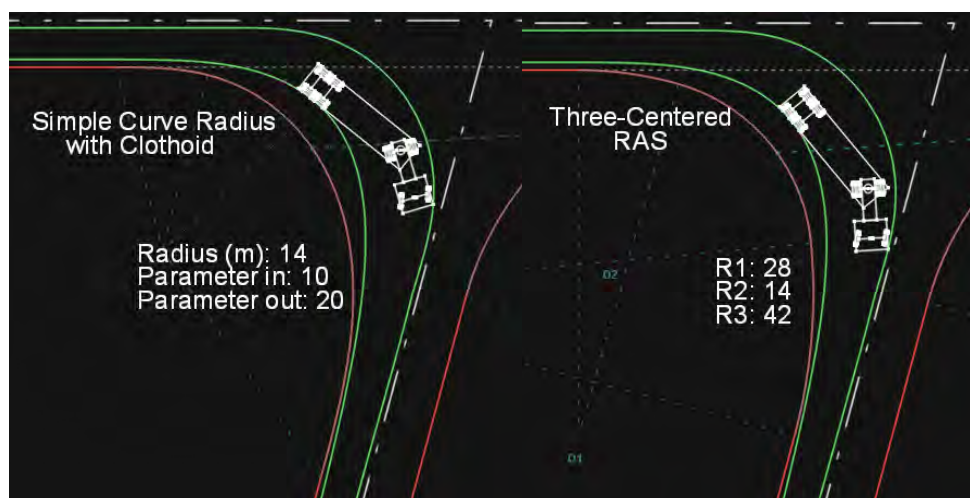
### 4.3.3.2 Γωνία στροφής 105°

Η συμμετρική και η ασύμμετρη καμπύλη του Green Book με τις αντίστοιχες προτεινόμενες τιμές, παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.30. Η περίπτωση της ασύμμετρης καμπύλης κρίνεται ως μη οικονομική και δεν ταιριάζει με την τροχιά του οχήματος σχεδιασμού WB-12.



Σχήμα 4.30: Η συμμετρική και η ασύμμετρη καμπύλη κατά AASHTO (για το WB-12).

Οι λύσεις που αναπτύσσονται από την παρούσα διερεύνηση παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 4.31).



Σχήμα 4.31: Η τροχιά του WB-12 στις καμπύλες της παρούσας μελέτης (στροφή 105°).

Μετά από μέτρηση του εμβαδού της επιφάνειας οδοστρωσίας μεταξύ της εσωτερικής περιβάλλουσας της τροχιάς των οχημάτων και της οριογραμμής κατά τη στροφή, αποδείχθηκε ότι η βέλτιστη περίπτωση είναι αυτή της συμμετρικής καμπύλης κατά AASHTO.

Πιο συγκεκριμένα, στην συμμετρική καμπύλη το εμβαδόν είναι 43,8 m<sup>2</sup>, έναντι 50,2 m<sup>2</sup> της καμπύλης των τριών ακτίων RAS και 52,9 m<sup>2</sup> του απλού κυκλικού τόξου με κλωθοειδείς (Σχήμα 4.32).



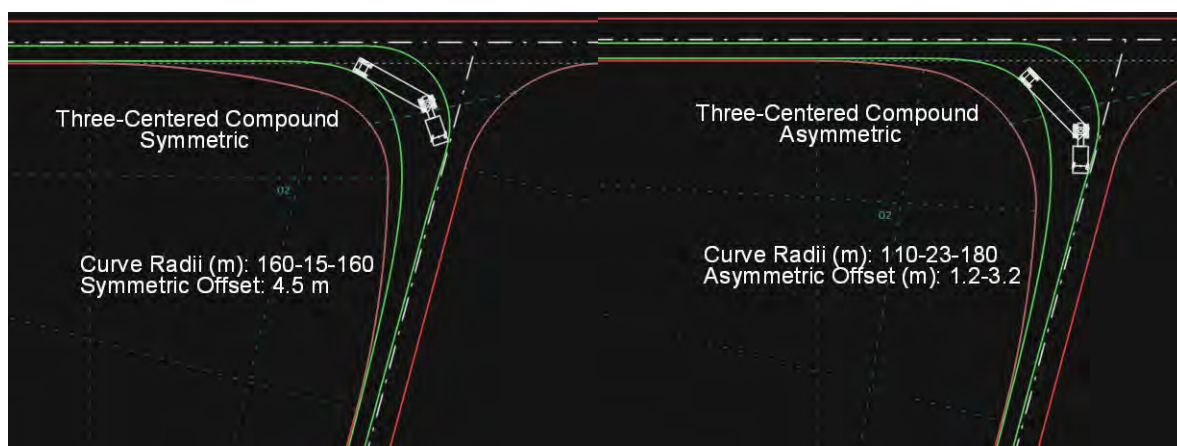


Σχήμα 4.32: Μέτρηση εμβαδού για την εύρεση της βέλτιστης λύσης.

#### 4.3.4 ΦΟΡΤΗΓΟ ΡΥΜΟΥΛΚΟ ΜΕ ΗΜΙΡΥΜΟΥΛΚΟΥΜΕΝΟ ΤΥΠΟΥ WB-19

##### 4.3.4.1 Γωνία στροφής 105°

Οι μέθοδοι της συμμετρικής και της ασύμμετρης καμπύλης τριών κέντρων, με τις αντίστοιχες τιμές των πινάκων, παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.33.

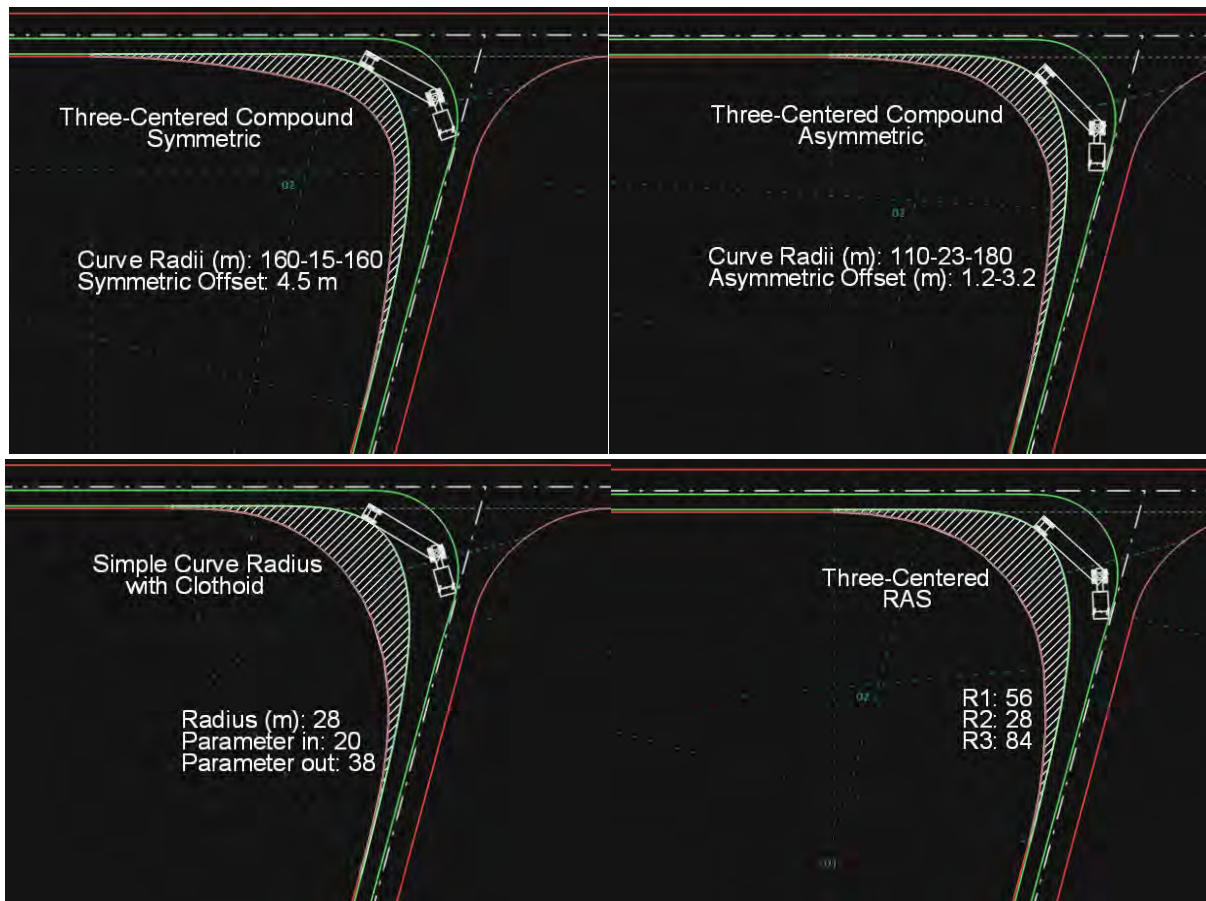


Σχήμα 4.33: Η τροχιά του WB-19 στις καμπύλες του Green Book για στροφή 105°.

#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

Οι περιπτώσεις της κλωθοειδούς και των τριών ακτίνων RAS, δεν παρουσιάζουν ικανοποιητικά αποτελέσματα αφού η επιφάνεια οδοστρώσας για αυτές τις καμπύλες είναι αρκετά μεγαλύτερη.

Πιο συγκεκριμένα η ασύμμετρη καμπύλη απαιτεί εμβαδόν οδοστρώσας ίσο με  $210\text{m}^2$ , έναντι  $224\text{m}^2$  της συμμετρικής καμπύλης AASHTO και  $291\text{m}^2$  του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν κλωθοειδείς. Επίσης η καμπύλη των τριών ακτίνων RAS απαιτεί εμβαδό ίσο με  $319\text{m}^2$ . Επομένως η ασύμμετρη καμπύλη με τις ενδεικτικές τιμές του Green Book, είναι η βέλτιστη λύση (Σχήμα 4.34).

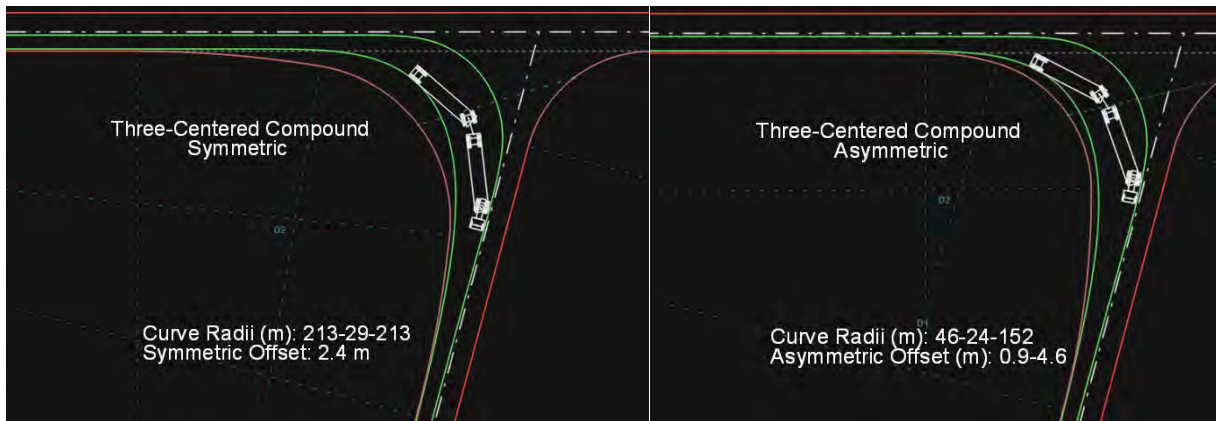


Σχήμα 4.34: Σύγκριση του εμβαδού οδοστρώσας για εύρεση της βέλτιστης λύσης.

#### 4.3.5 ΦΟΡΤΗΓΟ ΡΥΜΟΥΛΚΟ ΜΕ ΕΠΙΚΑΘΗΜΕΝΟ ΚΑΙ ΡΥΜΟΥΛΚΟΥΜΕΝΟ ΤΥΠΟΥ WB-33D

##### 4.3.5.1 Γωνία στροφής $105^\circ$

Οι τροχιές του οχήματος WB-33D στις καμπύλες του Green Book, με τις ανάλογες ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής, παρατίθενται στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 4.35).



Σχήμα 4.35: Η τροχιά του WB-33D στις καμπύλες AASHTO (στροφή 105°).

Η βέλτιστη λύση, μετά από τη μέτρηση του εμβαδού της επιφάνειας του οδοστρώματος κατά τη στροφή, πάντα σε σύγκριση και με τις μεθόδους της παρούσας διερεύνησης (κλωθοειδής και RAS), είναι αυτή της ασύμμετρης καμπύλης. Για την ασύμμετρη καμπύλη προκύπτει επιφάνεια 96m<sup>2</sup>, ενώ για την κλωθοειδή και τις τρεις ακτίνες RAS, 413 m<sup>2</sup> και 415 m<sup>2</sup> αντίστοιχα (Σχήμα 4.36).



Σχήμα 4.36: Εμβαδό επιφάνειας οδοστρώσις κατά τη στροφή.

## Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

### 4.3.6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΙΜΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στους επόμενους πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι τιμές μελέτης που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση που προηγήθηκε. Οι τιμές του Πίνακα 4.4 προέρχονται αποκλειστικά από τους Αμερικανικούς κανονισμούς, ενώ οι τιμές του Πίνακα 4.5 προέρχονται από την παρούσα διερεύνηση, με την έννοια ότι αποτελούν προτεινόμενες ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής για τις μεθόδους του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν κλωθοειδείς και των τριών ακτίνων RAS.

**Πίνακας 4.4:** Ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής κατά AASHTO.

Angle of Turn (°)	Design Vehicle	Simple Curve Radius (m)	Simple Curve Radius with Taper			Three-Centered Compound		Three-Centered Compound	
			Radius (m)	Offset (m)	Taper L:T	Curve Radii (m)	Symmetric Offset (m)	Curve Radii (m)	Asymmetric Offset (m)
75	SU-12	27	18	0.6	10:1	61-11-61	1.5	18-14-61	0.3-1.4
	WB-12	-	18	0.6	15:1	36-14-36	1.5	36-14-60	0.6-2.0
105	SU-12	-	14	1.2	10:1	61-11-61	1.8	18-12-58	0.5-1.8
	WB-12	-	12	1.2	10:1	30-11-30	1.5	30-17-60	0.6-2.5
	WB-19	-	35	1.0	15:1	160-15-160	4.5	110-23-180	1.2-3.2
	WB-33D	-	28	2.8	20:1	213-29-213	2.4	46-24-152	0.9-4.6

**Πίνακας 4.5:** Προτεινόμενες ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής από την παρούσα έρευνα.

Angle of Turn (°)	Design Vehicle	Simple Curve Radius with Clothoid			Three-Centered RAS		
		Radius (m)	Parameter in	Parameter out	R1(m)	R2 (m)	R3(m)
75	SU-12	18	12	20	30	15	45
	WB-12	18	10	22	32	16	48
105	SU-12	14	10	19	28	14	42
	WB-12	14	10	20	28	14	42
	WB-19	28	20	38	56	28	84
	WB-33D	35	20	50	70	35	105

Τέλος, στον Πίνακα 4.6, παρουσιάζονται οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της καμπύλης του άξονα καθοδήγησης κάθε οχήματος σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε. Η γεωμετρία της καμπύλης αυτής, όπως και στην αντίστοιχη περίπτωση της στροφής 90°, είναι ένα απλό κυκλικό τόξο με κλωθοειδή εισόδου και εξόδου.

#### Κεφάλαιο 4: Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής

Πίνακας 4.6: Τιμές μελέτης της καμπύλης του άξονα καθοδήγησης.

Καμπύλη Άξονα Καθοδήγησης				
Γωνία Στροφής (°)	Όχημα	Ακτίνα (m)	Παραμ. Εισ.	Παραμ. Εξ.
75	SU-12	11.5	8	8
	WB-12	10.5	7	7
105	SU-12	13	12	12
	WB-12	11	9	9
	WB-19	12	9	9
	WB-33D	17.5	14	14



## **Κεφάλαιο 4:** *Ελάχιστες Τιμές Μελέτης της Οριογραμμής*

## Κεφάλαιο 5 Τροχιές Οχημάτων σε Τυπικές Μορφές Ισόπεδων Κόμβων των ΟΜΟΕ ΙΚ

### 5.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο, τοποθετούνται σε κάποιες τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων (που περιγράφηκαν στην ενότητα 2.3.3.1), οχήματα σχεδιασμού (των Ελληνικών κανονισμών) τα οποία εκτελούν ελιγμούς εντός αυτών, με τη βοήθεια του λογισμικού οδοποιίας Anadelta Tessera. Τα αποτελέσματα της κίνησης των οχημάτων και οι τροχιές που διαγράφουν, αξιολογούνται και προκύπτουν τα ανάλογα συμπεράσματα.

Οι τυπικές μορφές ισόπεδων κόμβων που θα χρησιμοποιηθούν, είναι κατασκευασμένες ακριβώς με τα γεωμετρικά στοιχεία (ακτίνες οριογραμμών, πλάτη οδοστρώματος κτλ.) που αναγράφονται στο Παράρτημα Ζ των ΟΜΟΕ ΙΚ καθώς και στο Παράρτημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τα οχήματα σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διερεύνηση, είναι το λεωφορείο αστικής συγκοινωνίας (LBUS12) μήκους 12m, το φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (Sattelzug) μήκους 16.5m και το φορτηγό ρυμουλκό με ρυμουλκούμενο (Lastzug) μήκους 18.71m.

Στις επόμενες ενότητες, όταν γίνεται αναφορά σε στροφή εισόδου ή εξόδου, η είσοδος θα σημαίνει είσοδος στον κύριο δρόμο από τον δευτερεύοντα, ενώ η έξοδος θα αναφέρεται σε έξοδο από την κύρια οδό και πορεία προς τον δευτερεύοντα δρόμο μιας συμβολής ή μιας διασταύρωσης.

Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι οι άξονες καθοδήγησης των οχημάτων κατασκευάστηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε οι τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού να καταλαμβάνουν κατά τη στροφή, όσο το δυνατόν μεγαλύτερο πλάτος από τη λωρίδα κυκλοφορίας επί της οποίας κινούνται και όσο το δυνατόν μικρότερο από άλλες λωρίδες κυκλοφορίας (είτε της ίδιας είτε της αντίθετης κατεύθυνσης).

Αυτό σημαίνει ότι σε ορισμένες περιπτώσεις δεν τηρήθηκε η επιθυμητή απόσταση ασφαλείας μεταξύ του άκρου του οδοστρώματος (ή του κρασπέδου, αν υπάρχει) και του οχήματος σχεδιασμού, που είναι ίση με 600mm (με βάση τις ΟΜΟΕ-ΙΚ). Εάν αυτή η απόσταση είχε τηρηθεί, τότε σε αρκετές περιπτώσεις η κατάληψη χώρου άλλων λωρίδων (της ίδιας ή της αντίθετης κατεύθυνσης) από τα οχήματα σχεδιασμού, θα ήταν ακόμη μεγαλύτερη από αυτή που προέκυψε από τις προσομοιώσεις που αναπτύσσονται στις επόμενες ενότητες.

Η παρούσα μελέτη, δεν έλαβε υπ' όψιν την ταχύτητα των οχημάτων. Όμως, αν θεωρηθεί ότι η ταχύτητα τους κατά τη στροφή είναι μικρή (σε αρκετές περιπτώσεις μικρότερη των 15km/h), τότε ο παράγοντας της ταχύτητας δεν είναι τόσο σημαντικός, μιας και ο οδηγός του

## Κεφάλαιο 5: Τροχιές Οχημάτων σε Τυπικές Μορφές Ισόπεδων Κόμβων των ΟΜΟΕ ΙΚ

οχήματος έχει τον απαιτούμενο χρόνο προκειμένου να καθοδηγήσει το όχημα, με τον τρόπο που αυτό καθοδηγείται στις προσομοιώσεις που ακολουθούν.

Σε κάθε περίπτωση οι μηχανικοί περιορισμοί των οχημάτων σχεδιασμού, όπως η μέγιστη γωνία στροφής, λήφθηκαν υπ' όψιν.

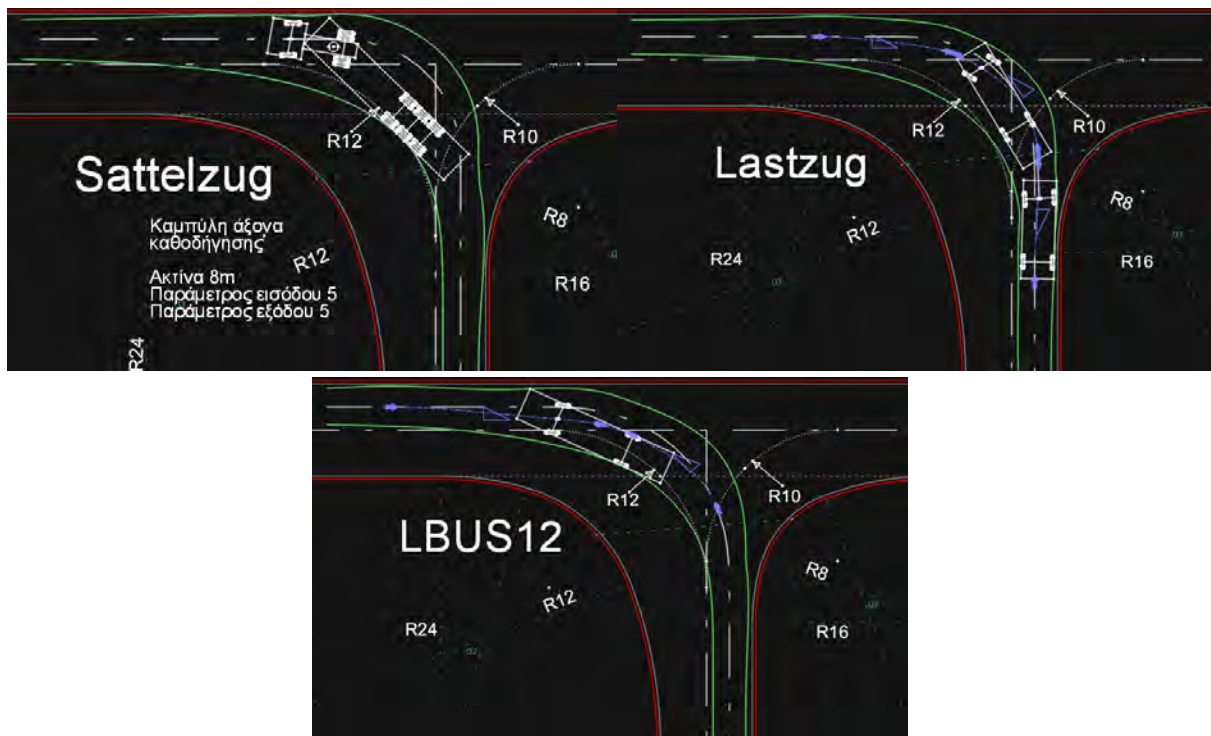
### 5.2 Κόμβος τύπου A1

#### 5.2.1 ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ ΕΙΣΟΔΟΥ

Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζονται τα ίχνη των οχημάτων σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη, για αριστερή στροφή εισόδου σε έναν ισόπεδο κόμβο συμβολής τύπου A1.

Στην περίπτωση του οχήματος Sattelzug (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο), αναγράφονται στο σχήμα τα στοιχεία της καμπύλης του άξονα καθοδήγησης του οχήματος. Αυτό δεν συμβαίνει για τα υπόλοιπα δύο οχήματα σχεδιασμού (το Lastzug και το LBUS12), διότι ο άξονας καθοδήγησης έχει μεταβληθεί ελαφρώς (μεταβολή τροχιάς), προκειμένου το όχημα να στρίψει καταλαμβάνοντας το μικρότερο δυνατό χώρο από άλλες λωρίδες κυκλοφορίας.

Εξαιτίας της μεταβολής τροχιάς, η καμπύλη του άξονα καθοδήγησης του οχήματος, παύει να είναι ένα απλό κυκλικό τόξο με εκατέρωθεν κλωθοειδείς και γίνεται μια σύνθετη καμπύλη, με στοιχεία που δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας μελέτης.



Σχήμα 5.1: Αριστερή στροφή εισόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A1.



### **5.2.2 ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ ΕΞΟΔΟΥ**

Στο Σχήμα 5.2 απεικονίζονται οι τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού Sattelzug και Lastzug, σε μια αριστερή στροφή εξόδου.

Και στις δύο περιπτώσεις η εσωτερική περιβάλλουσα των οχημάτων φαίνεται να ακολουθεί στενά την ακτίνα εξόδου του κόμβου που είναι 10m.



**Σχήμα 5.2:** Αριστερή στροφή εξόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A1.

### **5.2.3 ΔΕΞΙΑ ΣΤΡΟΦΗ ΕΙΣΟΔΟΥ**

Στο Σχήμα 5.3 διακρίνονται τα ίχνη των Sattelzug και Lastzug, σε μια δεξιά στροφή εισόδου στην κύρια οδό, εντός ενός κόμβου συμβολής τύπου A1.

Όπως φαίνεται, το Sattelzug κατά την προσέγγιση του στην περιοχή του κόμβου καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο από την αντίθετη λωρίδα κυκλοφορίας της δευτερεύουσας οδού, που μπορεί να θεωρηθεί και αμελητέος. Αντιθέτως, κατά την αποχώρηση του καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του πλάτους της αντίθετης κατεύθυνσης της κίνησης (της κύριας οδού), που φτάνει και το 1.5m από τα 3.5m που είναι το συνολικό πλάτος της κάθε λωρίδας.

Το Lastzug, κατά την προσέγγιση του στην περιοχή του κόμβου βρίσκεται μέσα στο πλάτος της δεξιάς λωρίδας, όμως κατά την αποχώρηση του καταλαμβάνει μέρος του πλάτους της αντίθετης κατεύθυνσης (που δεν ξεπερνά το 1.1m).

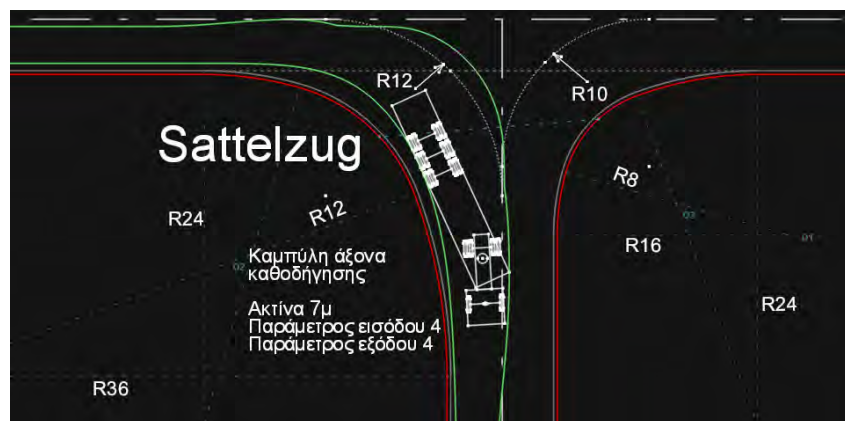
Και στις δύο περιπτώσεις, οι συνθήκες κατάληψης λωρίδων από το όχημα σχεδιασμού (Σχήμα 2.2), κατατάσσονται στην κατηγορία Γ. Βέβαια στην περίπτωση του Sattelzug, μπορεί να ειπωθεί ότι οριακά υπάρχει συνθήκη κατάληψης κατηγορίας Δ.



Σχήμα 5.3: Δεξιά στροφή εισόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A1.

#### 5.2.4 ΔΕΞΙΑ ΣΤΡΟΦΗ ΕΞΟΔΟΥ

Στο Σχήμα 5.4, παρουσιάζεται η τροχιά του Sattelzug σε μια δεξιά στροφή εξόδου. Κατά την αποχώρηση του οχήματος από τον κόμβο, το μπροστινό μέρος του προεξέχει λίγο (front overhang), καταλαμβάνοντας ελάχιστο χώρο από την αντίθετη λωρίδα κυκλοφορίας.



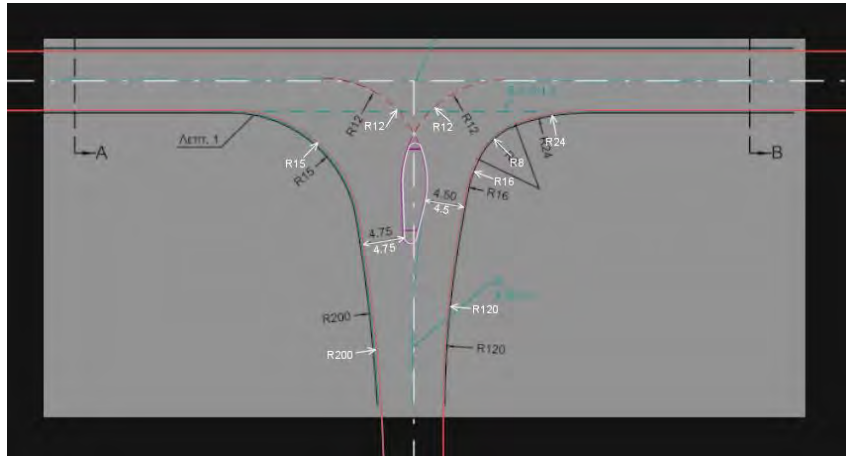
Σχήμα 5.4: Δεξιά στροφή εξόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A1.

### 5.3 Κόμβος τύπου A2

#### 5.3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ANADELTA TESSERA

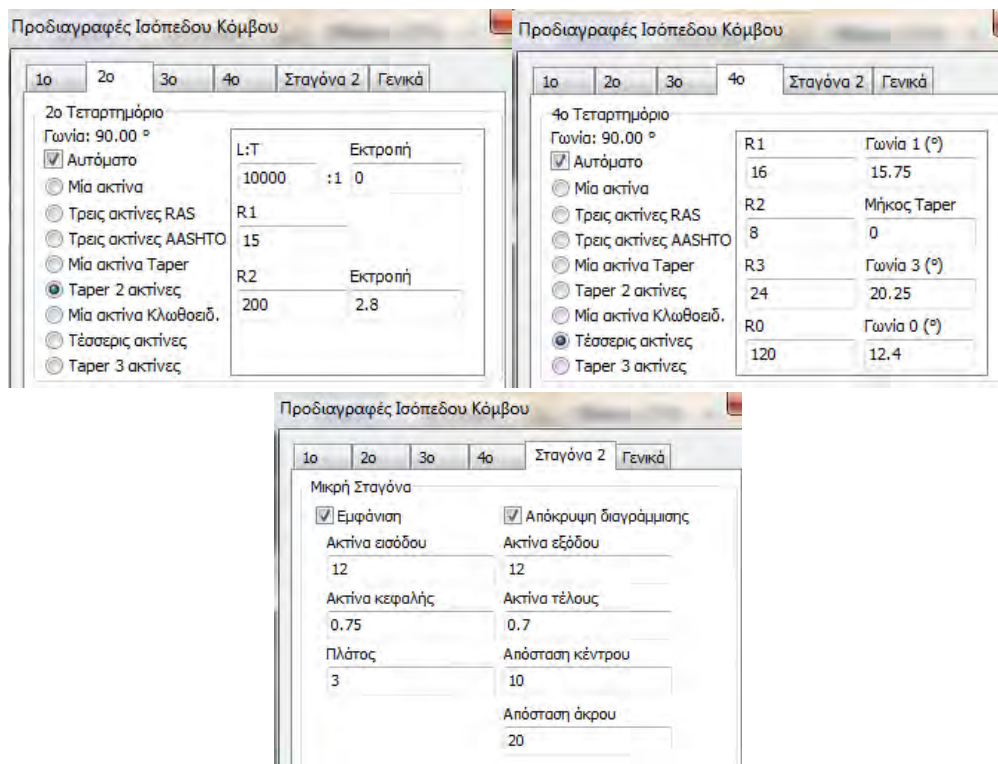
Σε πρώτη φάση, προκειμένου να υπάρξει η βεβαιότητα ότι ο κόμβος κατασκευάστηκε ακριβώς όπως στο Παράρτημα των ΟΜΟΕ ΙΚ (με την ίδια γεωμετρία), έγινε εισαγωγή της εικόνας του Παραρτήματος στο λογισμικό. Μετά και την απαραίτητη μετατροπή του ύψους της, είχε πλέον τις σωστές διαστάσεις μέσα στο πρόγραμμα (μετατροπή στις πραγματικές διαστάσεις της).

Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε ο κόμβος συμβολής τύπου A2, με στόχο να μην αποκλίνει καθόλου από την εικόνα και να ακολουθεί τη γεωμετρία της (Σχήμα 5.5).



Σχήμα 5.5: Κατασκευή του κόμβου συμβολής τύπου A2 με βάση τις ΟΜΟΕ ΙΚ.

Οι προδιαγραφές του ισόπεδου κόμβου όσον αφορά την κατασκευή των οριογραμμών αλλά και της μικρής σταγόνας, φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 5.6).



Σχήμα 5.6: Οι προδιαγραφές του κόμβου συμβολής τύπου A2.

Μετά από τα παραπάνω, ακολούθησαν οι προσομοιώσεις των τροχιών των διαφόρων οχημάτων σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν από την παρούσα μελέτη.

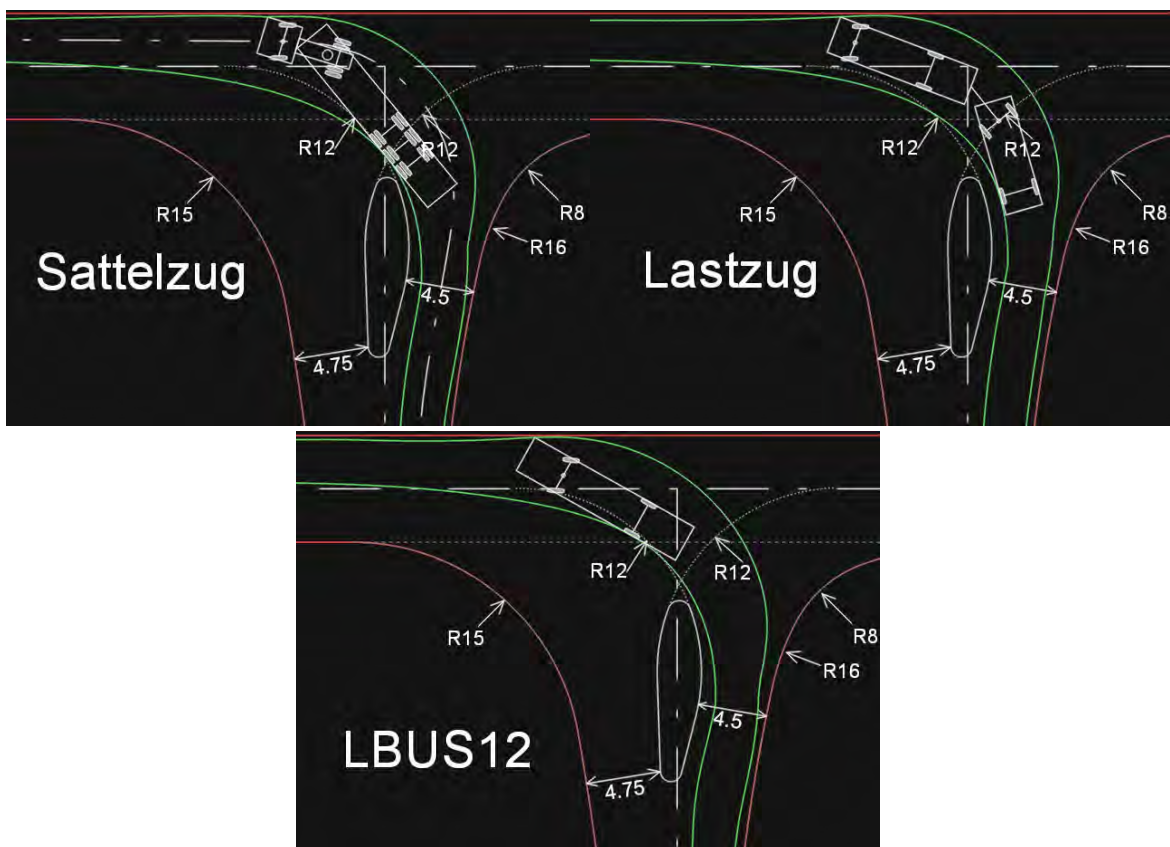
### 5.3.2 ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ ΕΙΣΟΔΟΥ

Στο Σχήμα 5.7 διακρίνονται τα ίχνη των οχημάτων σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν σε μια αριστερή στροφή εισόδου, εντός ενός κόμβου συμβολής τύπου A2.

## Κεφάλαιο 5: Τροχιές Οχημάτων σε Τυπικές Μορφές Ισόπεδων Κόμβων των ΟΜΟΕ ΙΚ

Και στις τρεις περιπτώσεις, οι τροχιές των οχημάτων ακολουθούν την ακτίνα εισόδου του κόμβου που είναι 12m. Να σημειωθεί ότι περισσότερα τόσο για την ακτίνα εισόδου (και εξόδου) ενός κόμβου, όσο και για την κατασκευή της νησίδας τύπου σταγόνας έχουν περιγραφεί στο Κεφάλαιο 1.

Από τα τρία οχήματα, το δυσμενέστερο είναι το Sattelzug, αφού καταλαμβάνει λίγο περισσότερο χώρο, σε σχέση με τα υπόλοιπα, από την αντίθετη λωρίδα κυκλοφορίας. Ακολουθεί το LBUS12, ενώ το ευμενέστερο από τα τρία φαίνεται να είναι το Lastzug. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η δεσμική ράβδος που υπάρχει περίπου στο μέσο του και συνδέει το φορτηγό ρυμουλκό με το ρυμουλκούμενο όχημα. Το αποτέλεσμα είναι ότι το όχημα συνολικά (φορτηγό με ρυμουλκούμενο), είναι πιο ευέλικτο στις στροφικές κινήσεις, παρότι είναι το μεγαλύτερο σε μήκος από τα Ελληνικά οχήματα σχεδιασμού.



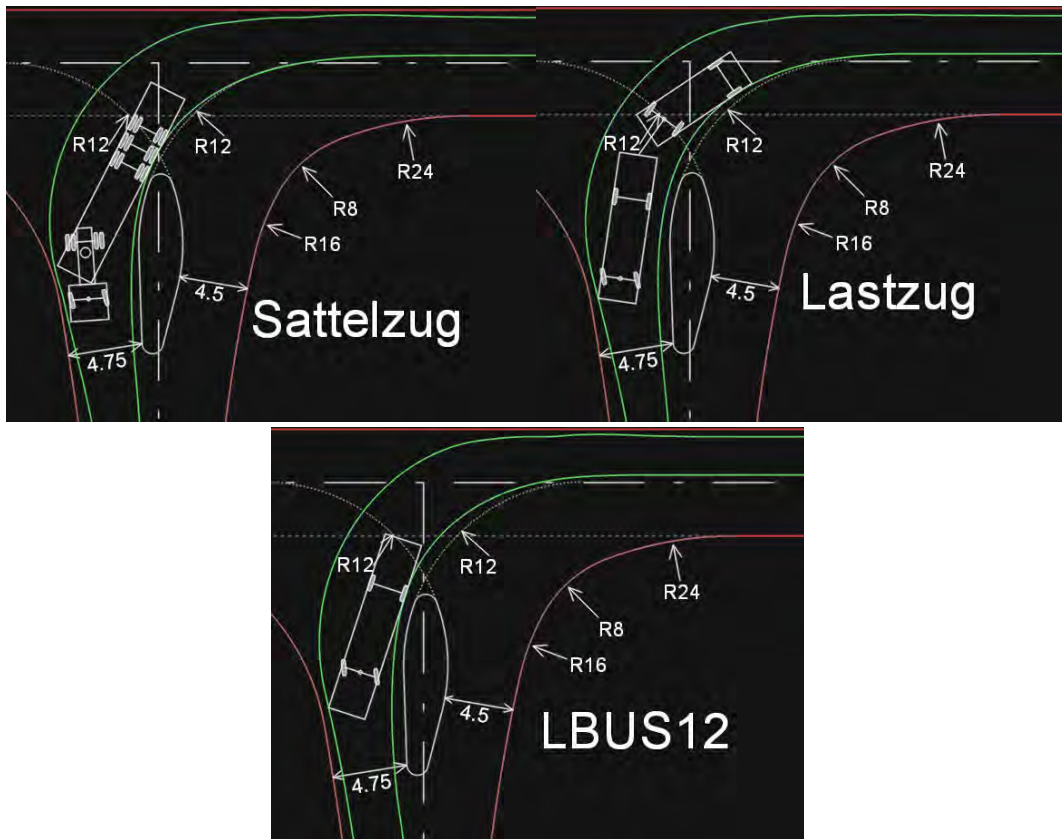
Σχήμα 5.7: Αριστερή στροφή εισόδου σε κόμβο συμβολής τύπου A2.

### 5.3.3 ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ ΕΞΟΔΟΥ

Για κάθε όχημα σχεδιασμού του επόμενου σχήματος (Σχήμα 5.8), η τροχιά του πίσω αριστερού τροχού ακολουθεί στενά την ακτίνα εξόδου της μικρής σταγόνας, που είναι ίση με 12m.

Όμως, στην περίπτωση του Sattelzug, φαίνεται πως το όχημα χωράει οριακά στο πλάτος του οδοστρώματος που διατίθεται, κατά την αποχώρηση του από τον κόμβο. Αυτό σημαίνει πως το όχημα, ανάλογα με τον χειρισμό του από τον οδηγό, ενδέχεται να καταπατήσει το υπερβατό κρᾶσπεδο της κεντρικής διαχωριστικής νησίδας τύπου σταγόνας.

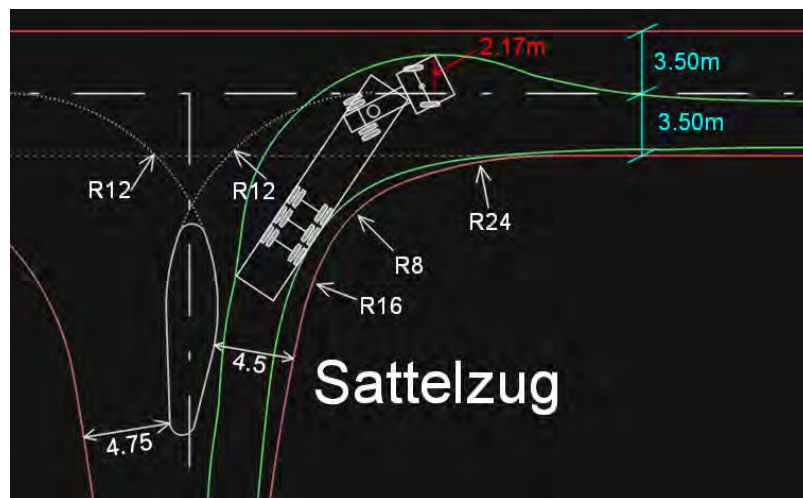




Σχήμα 5.8: Αριστερή στροφή εξόδου σε κόμβο συμβολής τύπου Α2.

#### 5.3.4 ΔΕΞΙΑ ΣΤΡΟΦΗ ΕΙΣΟΔΟΥ

Στο Σχήμα 5.9, διακρίνεται ότι το Sattelzug κατά τη δεξιά στροφή εισόδου, καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του πλάτους της αντίθετης λωρίδας κυκλοφορίας, που φτάνει μέχρι και τα 2,17m από τα συνολικά 3.50m, που είναι το πλάτος της κάθε λωρίδας.



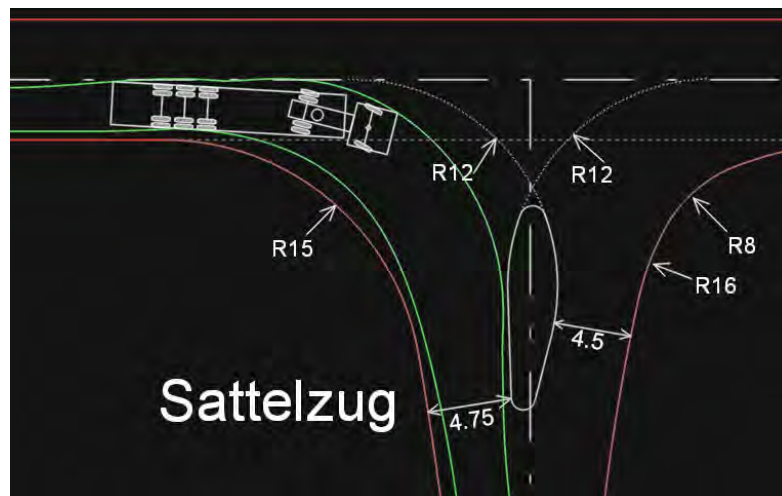
Σχήμα 5.9: Δεξιά στροφή εισόδου σε κόμβο συμβολής τύπου Α2.

**5.3.5 ΔΕΞΙΑ ΣΤΡΟΦΗ ΕΞΟΔΟΥ**

Στο Σχήμα 5.10, παρουσιάζεται η τροχιά του φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο σε μια δεξιά στροφή εξόδου, ενώ στο Σχήμα 5.11, διακρίνεται ο άξονας καθοδήγησης του οχήματος και η αντίστοιχη πολυγωνική του.

Σε όλες τις προσομοιώσεις της παρούσας μελέτης, ο άξονας καθοδήγησης κατασκευάστηκε με την βέλτιστη δυνατή προσέγγιση. Όμως στην πραγματικότητα, χρειάζεται μεγάλη εμπειρία από πλευράς του οδηγού προκειμένου να κατευθύνει το όχημα με αυτόν τον τρόπο.

Επομένως καλό θα ήταν να υπάρχουν τα ανάλογα περιθώρια, έτσι ώστε και ένας οδηγός με μικρότερη εμπειρία να μπορεί να διασχίσει τον κόμβο με ασφάλεια.



**Σχήμα 5.10:** Δεξιά στροφή εξόδου σε κόμβο συμβολής τύπου Α2.

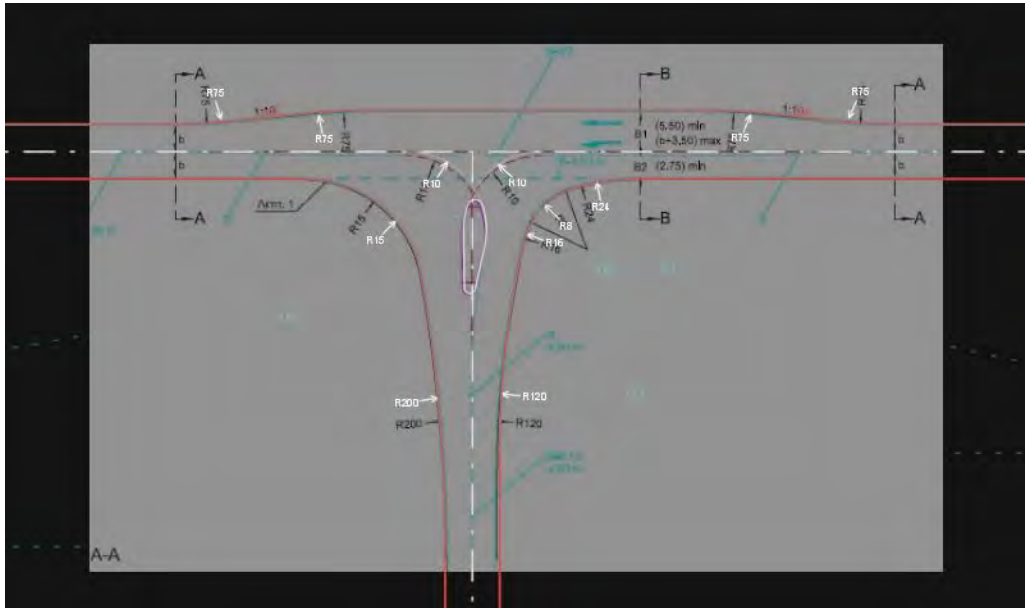


**Σχήμα 5.11:** Ο άξονας καθοδήγησης του οχήματος.

## 5.4 Κόμβος τύπου Α3

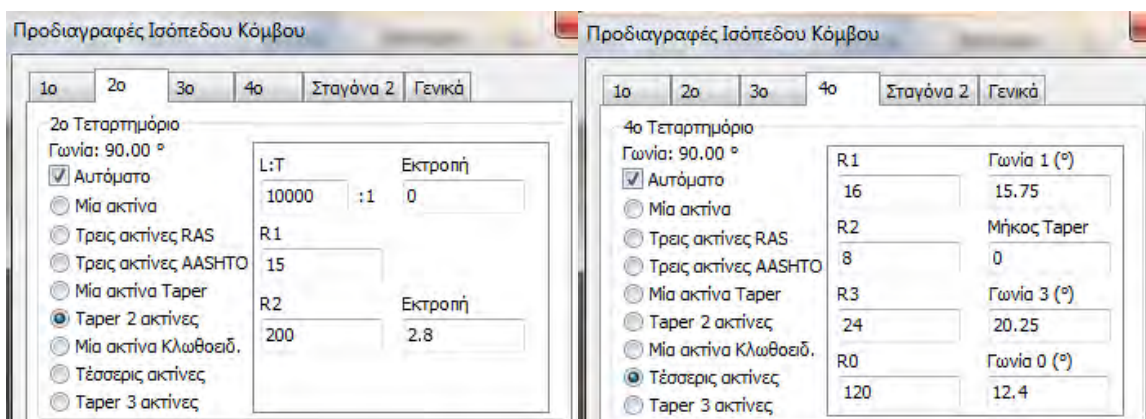
### 5.4.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΔΕΛΤΑ TESSERA

Αρχικά, έγινε η εισαγωγή του σχεδίου από το Παράρτημα των ΟΜΟΕ ΙΚ στο λογισμικό. Στη συνέχεια, μετά και την απαραίτητη αλλαγή του ύψους της εικόνας προκειμένου να έρθει σε σωστή κλίμακα, σχεδιάστηκε ο κόμβος συμβολής ακριβώς με τον ίδιο τρόπο (όπως στο σχέδιο του Παραρτήματος).

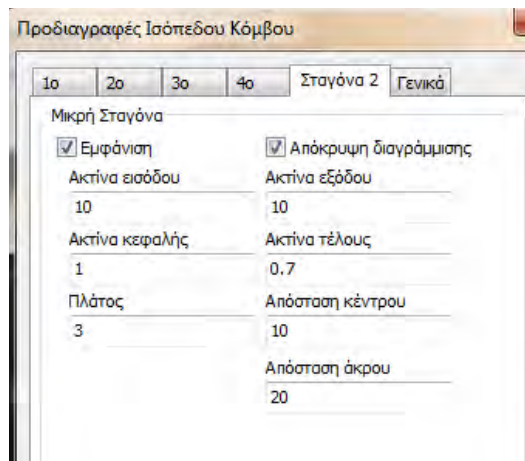


Σχήμα 5.12: Κατασκευή του κόμβου τύπου Α3 με βάση τις ΟΜΟΕ ΙΚ.

Στο Σχήμα 5.13 διακρίνονται οι προδιαγραφές του κόμβου τύπου Α3 όσον αφορά την γεωμετρία των οριογραμμών και της σταγόνας.







Σχήμα 5.13: Οι προδιαγραφές του κόμβου Α3.

#### 5.4.2 ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ ΕΙΣΟΔΟΥ

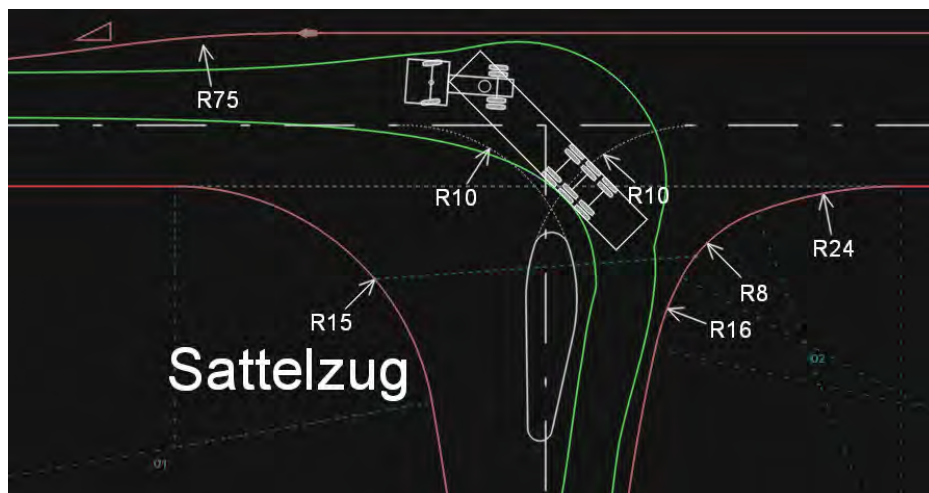
Στο Σχήμα 5.14, παρουσιάζονται τα ίχνη του Sattelzug σε μια αριστερή στροφή εισόδου, εντός ενός κόμβου τύπου Α3.

Στο Σχήμα 5.15 διακρίνεται ότι ο άξονας καθοδήγησης του οχήματος κατασκευάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε το όχημα να καταλαμβάνει το μικρότερο δυνατό χώρο από την αντίθετη λωρίδα κυκλοφορίας.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το όχημα να στρίβει πιο ανοιχτά σε σχέση με την περίπτωση του κόμβου Α2, εκμεταλλευόμενο την διαπλάτυνση του οδοστρώματος στο συγκεκριμένο σημείο. Με τον όρο πιο ανοιχτά, εννοείται ότι το όχημα στρίβει με μικρότερη ακτίνα στροφής.

Να σημειωθεί ότι σε όλες τις προσομοιώσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας, λήφθηκε υπ' όψιν η μέγιστη γωνία στροφής κάθε οχήματος και κατ' επέκταση η ελάχιστη ακτίνα στροφής του. Για το συγκεκριμένο όχημα σχεδιασμού (Sattelzug), η μέγιστη γωνία στροφής είναι  $39.1^\circ$  και η μέγιστη γωνία άρθρωσης είναι  $70^\circ$ .

Στην προσομοίωση του επόμενου σχήματος το φορτηγό ρυμουλκό στρίβει με μέγιστη γωνία στροφής  $31^\circ$ , ενώ το επικαθήμενο όχημα με μέγιστη γωνία στροφής  $38.75^\circ$ .



Σχήμα 5.14: Αριστερή στροφή εισόδου σε κόμβο τύπου Α3.



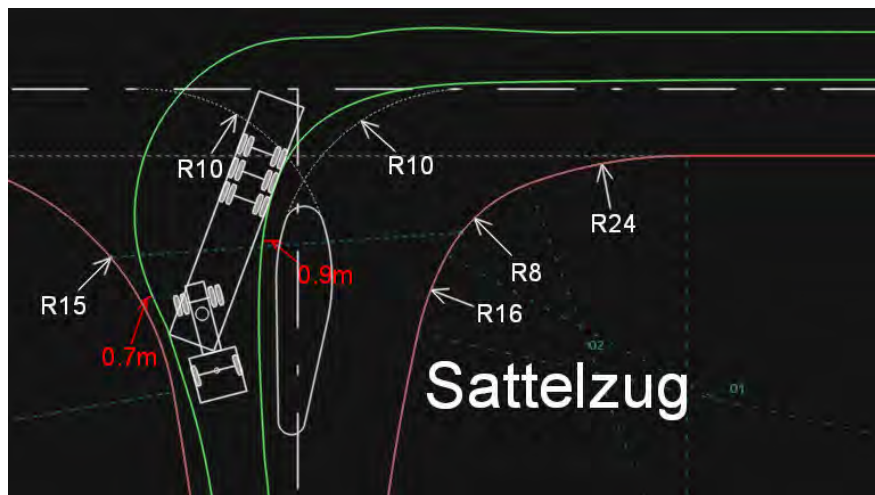
Σχήμα 5.15: Ο άξονας καθοδήγησης του Sattelzug.

#### 5.4.3 ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ ΕΞΟΔΟΥ

Στο Σχήμα 5.16 φαίνονται τα ίχνη της εξωτερικής πλευράς του αμαξώματος και των οπίσθιων εσωτερικών τροχών του Sattelzug σε μια αριστερή στροφή εξόδου.

Το αποτέλεσμα της προσομοίωσης είναι αρκετά ικανοποιητικό αφού το όχημα χωράει να στρίψει με σχετική άνεση, μιας και η απόσταση της εξωτερικής πλευράς του αμαξώματος και της οριογραμμής του οδοστρώματος κατά τη στροφή είναι περίπου 0.7m (κατ' ελάχιστο), ενώ η απόσταση του ίχνους των πίσω εσωτερικών τροχών του οχήματος και της σταγόνας περίπου 0.9m.

Να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ ΙΚ, η επιθυμητή απόσταση ασφαλείας μεταξύ του άκρου του οδοστρώματος και του οχήματος σχεδιασμού είναι ίση με 600mm.



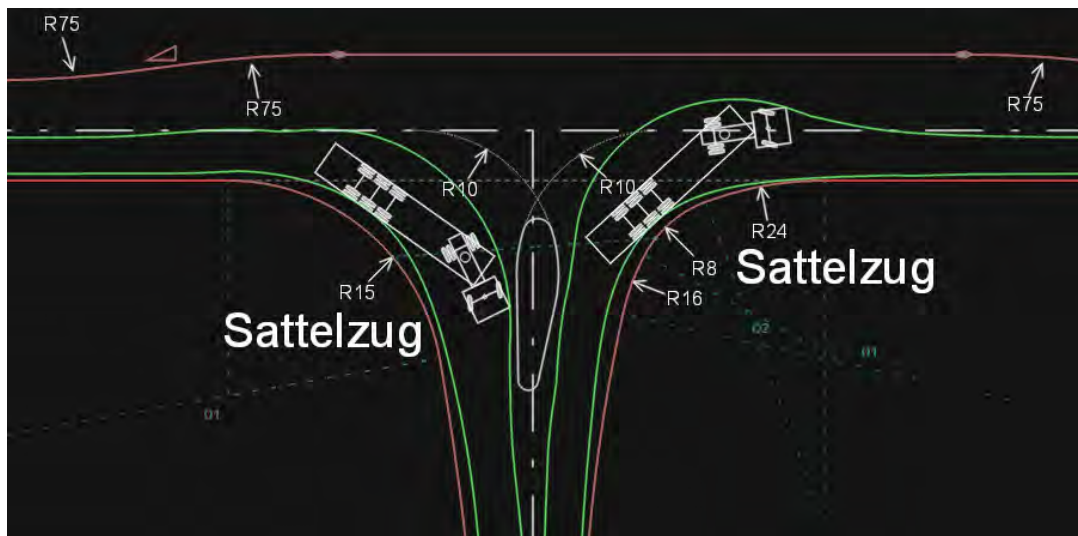
Σχήμα 5.16: Αριστερή στροφή εξόδου σε κόμβο τύπου Α3.

**5.4.4 ΔΕΞΙΕΣ ΣΤΡΟΦΕΣ**

Στις δεξιές στροφές τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά που προέκυψαν στην περίπτωση του κόμβου Α2 (ενότητες 5.3.4 και 5.3.5). Αυτό είναι λογικό αφού οι οριογραμμές του 2<sup>ου</sup> και του 4<sup>ου</sup> τεταρτημορίου κατασκευάστηκαν γεωμετρικά με τον ίδιο τρόπο.

Τα στοιχεία που διαφέρουν μεταξύ των κόμβων τύπου Α2 και Α3, είναι η διαπλάτυνση που υπάρχει στην κύρια οδό του τύπου Α3 (και δεν υπάρχει στον τύπο Α2) και η κατασκευή της σταγόνας.

Στο Σχήμα 5.17 διακρίνονται τα ίχνη του Sattelzug σε μια δεξιά στροφή εισόδου και σε μια δεξιά στροφή εξόδου, εντός ενός κόμβου τύπου Α3.



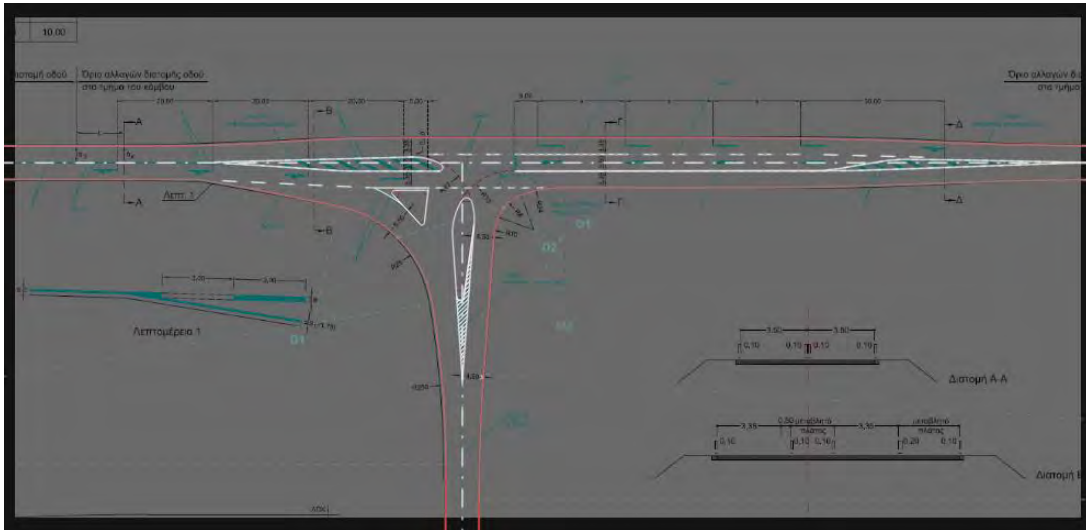
**Σχήμα 5.17:** Δεξιές στροφές του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου Α3.

**5.5 Κόμβος τύπου Β1σ**

**5.5.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΔΕΛΤΑ TESSERA**

Αρχικά, ο κόμβος κατασκευάστηκε ακριβώς όπως παρουσιάζεται στο σχέδιο του Παραρτήματος των ΟΜΟΕ ΙΚ. Δηλαδή, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, έγινε εισαγωγή του σχεδίου στο λογισμικό και μετά την απαραίτητη μετατροπή του στη σωστή κλίμακα, έγινε ο σχεδιασμός του κόμβου ακριβώς με βάση το σχέδιο (Σχήμα 5.18).

## Κεφάλαιο 5: Τροχιές Οχημάτων σε Τυπικές Μορφές Ισόπεδων Κόμβων των ΟΜΟΕ ΙΚ



Σχήμα 5.18: Κατασκευή του κόμβου τύπου Β1σ με βάση τις ΟΜΟΕ ΙΚ.

Οι προδιαγραφές του ισόπεδου κόμβου όσον αφορά τις οριογραμμές και τις νησίδες παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.19.

**Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου**

1ο 2ο 3ο 4ο Σταγόνα 2 Γενικά

2ο Τεταρτημώριο  
Γωνία: 90.00 °

Αυτόματο

Μία ακτίνα

Τρεις ακτίνες RAS

Τρεις ακτίνες AASHTO

Μία ακτίνα Taper

Taper 2 ακτίνες

Μία ακτίνα Κλωθοσιδ.

Τέσσερις ακτίνες

Taper 3 ακτίνες

L:T	Εκτροπή
5 :1	3.3
R1	
25	
R2	Εκτροπή
200	2.5

**Προδιαγραφές Ισόπεδου Κόμβου**

1ο 2ο 3ο 4ο Σταγόνα 2 Γενικά

4ο Τεταρτημώριο  
Γωνία: 90.00 °

Αυτόματο

Μία ακτίνα

Τρεις ακτίνες RAS

Τρεις ακτίνες AASHTO

Μία ακτίνα Taper

Taper 2 ακτίνες

Μία ακτίνα Κλωθοσιδ.

Τέσσερις ακτίνες

Taper 3 ακτίνες

R1	Γωνία 1 (°)
16	15.75
R2	Μήκος Taper
8	28.4
R3	Γωνία 3 (°)
24	20.25
R0	Γωνία 0 (°)
350	4.3

Τριγων. νησίδα εξόδου

Απόσταση 1	Απόσταση 2	Απόσταση 3	Ακτίνα
5.5	6	0.5	0.5
Μέγιστη R κατασκευής			
25			

**Μεγάλη Σταγόνα**

Εμφάνιση  Υποχρεωτικά μικρή

Ακτίνα εισόδου	Ακτίνα εξόδου
13	13
Ακτίνα κεφαλής	Ακτίνα τέλους
0.75	0.75
Ελάχιστο πλάτος	Μέγιστο πλάτος
2.5	5
Απόσταση κεφαλής	Απόσταση άκρου
2	40
Πλάτος τέλους	Μείωση πλάτους τέλους
2.5	1

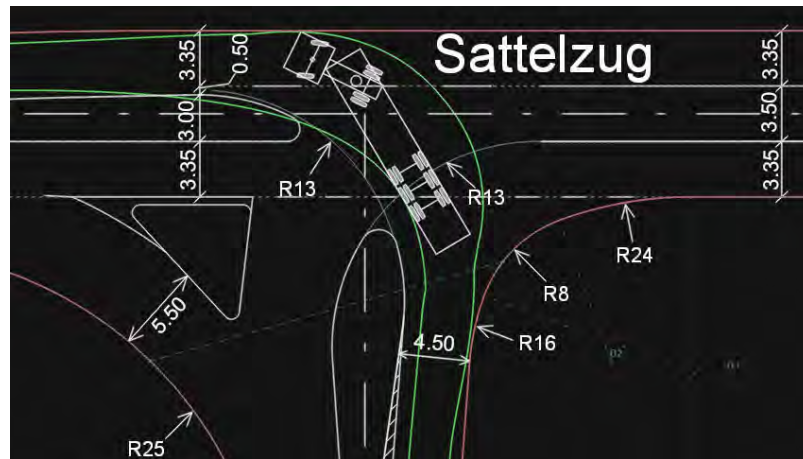
Σχήμα 5.19: Οι προδιαγραφές του ισόπεδου κόμβου τύπου Β1σ.



**5.5.2 ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ ΕΙΣΟΔΟΥ**

Με βάση την προσομοίωση που έγινε στο Tessaera για την αριστερή στροφή εισόδου του φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο (Sattelzug), φαίνεται πως το όχημα καταλαμβάνει μέρος της διαγραμματισμένης κεντρικής διαχωριστικής νησίδας της κύριας οδού.

Η κατάληψη μέρους της νησίδας γίνεται ακόμη και στο σενάριο που το όχημα στρίβει με μικρή ακτίνα στροφής και η τροχιά του μπροστινού εξωτερικού μέρους του, πλησιάζει πολύ την οριογραμμή της κύριας οδού. Η περίπτωση αυτή διακρίνεται στο Σχήμα 5.20.



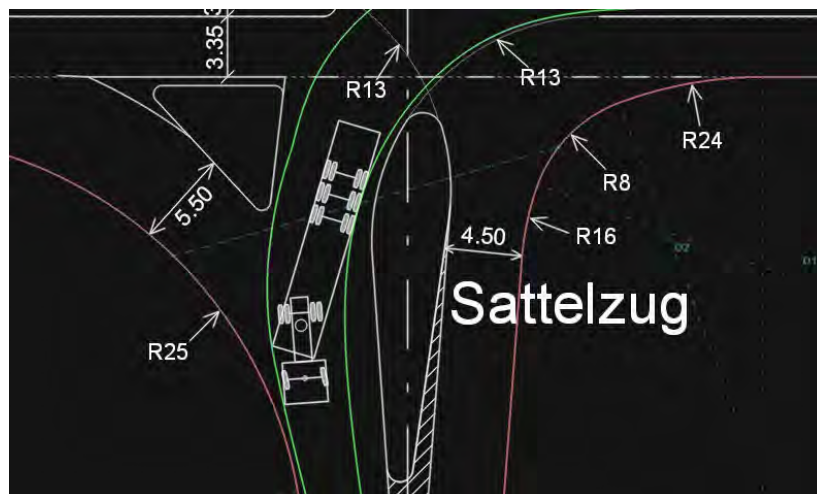
**Σχήμα 5.20:** Αριστερή στροφή εισόδου του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου Β1σ.

**5.5.3 ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ ΕΞΟΔΟΥ**

Στο Σχήμα 5.21, διακρίνεται η περιβάλλουσα της τροχιάς του Sattelzug σε μια αριστερή στροφή εξόδου εντός ενός κόμβου τύπου Β1σ.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι σχετικά ικανοποιητικά, θα μπορούσε όμως με κατάλληλο σχεδιασμό, να υπήρχε μεγαλύτερη απόσταση ασφαλείας μεταξύ της περιβάλλουσας του οχήματος και των νησίδων (τριγωνικής και σταγόνας).

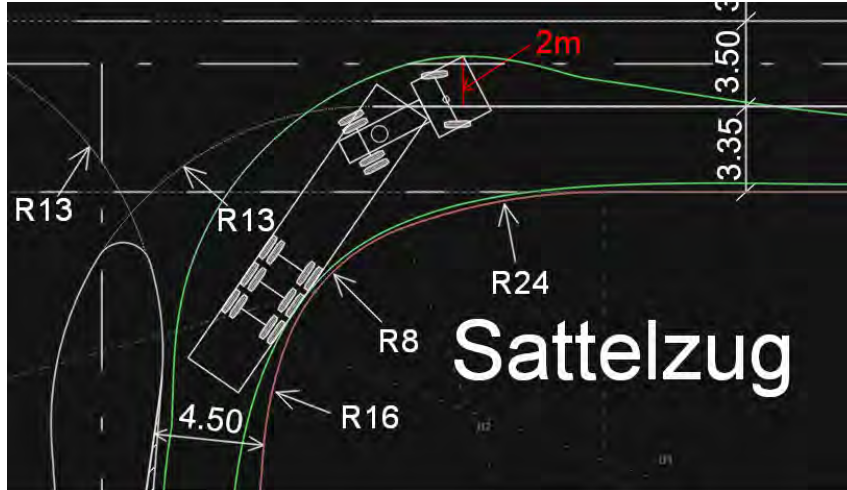
Στην παρακάτω περίπτωση, η περιβάλλουσα της τροχιάς απέχει περίπου 350mm από τις νησίδες καθώς και από την οριογραμμή του 2<sup>ου</sup> τεταρτημορίου.



**Σχήμα 5.21:** Αριστερή στροφή εξόδου του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου Β1σ.

#### 5.5.4 ΔΕΞΙΑ ΣΤΡΟΦΗ ΕΙΣΟΔΟΥ

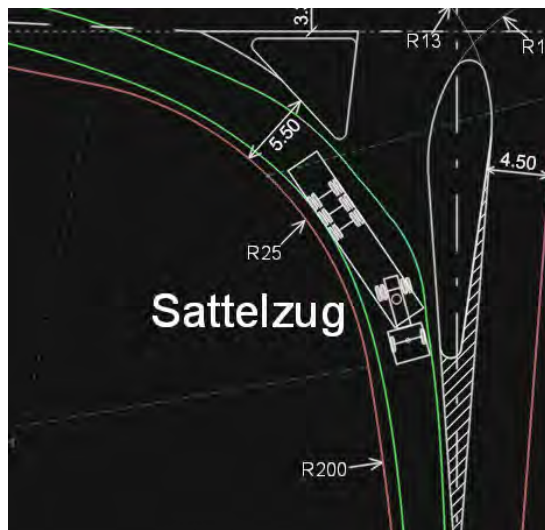
Κατά την εισαγωγή του φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο (Sattelzug) στον κόμβο τύπου Β1σ και τον υπολογισμό της τροχιάς του, φαίνεται ότι το όχημα καταλαμβάνει 2m από την αντίθετη λωρίδα κυκλοφορίας της κύριας οδού και πιο συγκεκριμένα από την αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής (πλάτους 3,50m).



Σχήμα 5.22: Δεξιά στροφή εισόδου του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου Β1σ.

#### 5.5.5 ΔΕΞΙΑ ΣΤΡΟΦΗ ΕΞΟΔΟΥ

Κατά τη δεξιά στροφή εξόδου του Sattelzug εντός ενός κόμβου τύπου Β1σ, η περιβάλλουσα της τροχιάς του οχήματος απέχει από την οριογραμμή του 2<sup>ου</sup> τεταρτημορίου καθώς και από τη μεγάλη σταγόνα απόσταση μεγαλύτερη των 600mm, η οποία είναι και η ενδεδειγμένη απόσταση ασφαλείας με βάση τις ΟΜΟΕ ΙΚ. Επομένως τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι αρκετά ικανοποιητικά.



Σχήμα 5.23: Δεξιά στροφή εξόδου του Sattelzug σε έναν κόμβο τύπου Β1σ.

## 5.6 Κόμβος τύπου Β1λ

Η μοναδική διαφορά του κόμβου τύπου Β1λ με τον κόμβο τύπου Β1σ είναι η αποκλειστική λωρίδα δεξιάς στροφής (ή λωρίδα επιβράδυνσης) που υπάρχει στο 2<sup>ο</sup> τεταρτημόριο του κόμβου Β1λ, για την έξοδο των οχημάτων από τον κύριο δρόμο στον δευτερεύοντα.



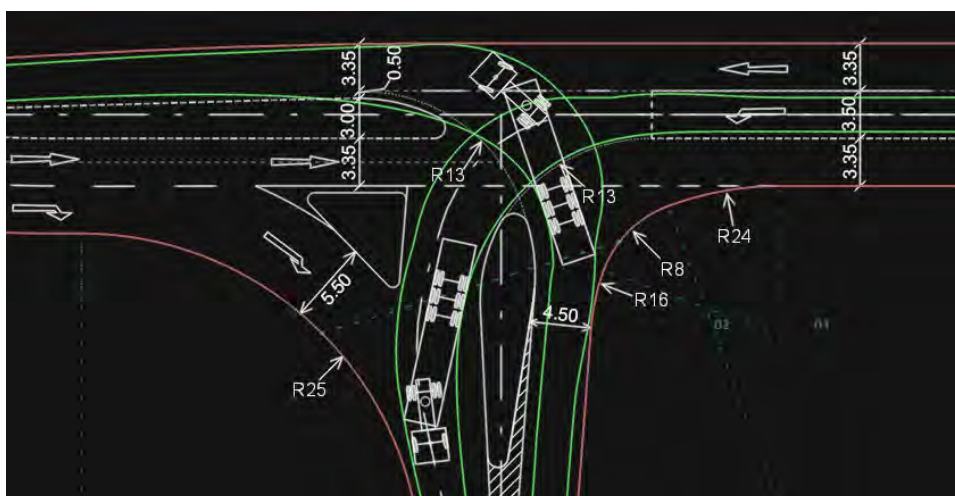
Σχήμα 5.24: Κόμβος τύπου Β1λ.

Οι προδιαγραφές του ισόπεδου κόμβου όσον αφορά την αποκλειστική λωρίδα δεξιάς στροφής (ή λωρίδα επιβράδυνσης), παρατίθενται στο Σχήμα 5.25.

	Πλάτος	Μήκος	Συναρμογή	Πλάτος ΛΕΑ
<input checked="" type="checkbox"/> Δεξιά	3,5	70	30	0
<input checked="" type="checkbox"/> Λωρίδα επιβράδυνσης				

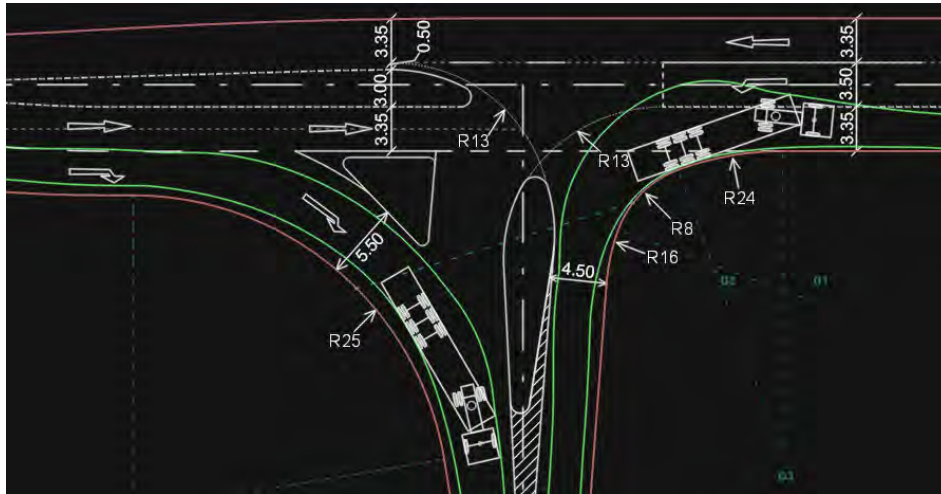
Σχήμα 5.25: Στοιχεία της λωρίδας επιβράδυνσης του κόμβου Β1λ.

Το γεγονός ότι οι κόμβοι διαφέρουν μόνο στην αποκλειστική λωρίδα δεξιάς στροφής, σημαίνει πως δεν θα υπάρχουν διαφορές στις τροχιές των οχημάτων (όταν αυτά στρίβουν εντός του κόμβου) σε σχέση με τον τύπο Β1σ (που αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα).



Σχήμα 5.26: Αριστερές στροφές του Sattelzug εντός ενός κόμβου τύπου Β1λ.





Σχήμα 5.27: Δεξιές στροφές του Sattelzug εντός ενός κόμβου τύπου Β1λ.



## Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα

### 6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

#### 6.1.1 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΕ ΣΤΡΟΦΕΣ 90°

Μετά από τη σύγκριση των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, για την εύρεση ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής σε στροφές ισόπεδων κόμβων (με σκέλη τεμνόμενα υπό ορθή γωνία), τα αποτελέσματα είναι τα εξής.

Για τα οχήματα σχεδιασμού (των Αμερικανικών κανονισμών) τύπου P (επιβατικό αυτοκίνητο) και SU-9 (ενιαίο φορτηγό), αποδείχθηκε ότι η καμπύλη των τριών ακτίνων RAS, σαν μέθοδος κατασκευής της οριογραμμής, είναι αυτή που ταιριάζει καλύτερα στα ίχνη της εσωτερικής περιβάλλουσας της τροχιάς των δύο παραπάνω οχημάτων. Με τη χρήση αυτής της καμπύλης η επιφάνεια οδοστρωσίας είναι η μικρότερη δυνατή, ενώ επιτυγχάνεται η επιθυμητή απόσταση ασφαλείας μεταξύ της οριογραμμής και της εσωτερικής περιβάλλουσας (60 cm).

Για τα υπόλοιπα οχήματα σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διερεύνηση, αποδείχθηκε ότι η ασύμμετρη καμπύλη AASHTO, με τις ενδεδειγμένες τιμές του Green Book, είναι η βέλτιστη δυνατή με βάση τις τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού. Και αυτό διότι επιτυγχάνεται η ελάχιστη επιφάνεια οδοστρωσίας σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους, ενώ η απόσταση ασφαλείας μεταξύ της εσωτερικής περιβάλλουσας της τροχιάς των οχημάτων και της οριογραμμής διατηρείται στα όρια που τίθενται από τους Αμερικανικούς κανονισμούς (20-60 cm).

Σε κάθε περίπτωση, οι τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού όλων των προσομοιώσεων της παρούσας έρευνας (για την εύρεση ελάχιστων τιμών μελέτης της οριογραμμής), προέκυψαν βάση την πιο απότομη στροφή που μπορούν να πραγματοποιήσουν τα οχήματα σχεδιασμού για ταχύτητες ίσες ή μικρότερες των 15km/h. Αυτό επιτυγχάνεται όταν η ακτίνα της τροχιάς καθοδήγησης των οχημάτων, προσεγγίζει την ελάχιστη ακτίνα στροφής τους. Επομένως οι τροχιές των οχημάτων και οι αντίστοιχες περιβάλλουσες των τροχιών, είναι οι ελάχιστες δυνατές για κάθε όχημα σχεδιασμού.

#### 6.1.2 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΕ ΣΤΡΟΦΕΣ 75° ΚΑΙ 105°

Για την έρευνα σχετικά με τις ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής σε στροφές ισόπεδων κόμβων (με σκέλη που τέμνονται υπό γωνία 75° και 105°), χρησιμοποιήθηκαν ενδεικτικά τα οχήματα σχεδιασμού (των Αμερικανικών κανονισμών) SU-12 (ενιαίο φορτηγό), WB-12 (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο), WB-19 (φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο) και WB-33D (φορτηγό ρυμουλκό με επικαθήμενο και ρυμουλκούμενο).

## Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Σχεδόν για όλα τα οχήματα σχεδιασμού που εξετάστηκαν στις παραπάνω στροφές, αποδείχθηκε ότι η **ασύμμετρη καμπύλη AASHTO** είναι η βέλτιστη μέθοδος κατασκευής της οριογραμμής. Μόνο για τη στροφή 105° του οχήματος σχεδιασμού WB-12, βρέθηκε ότι η **συμμετρική καμπύλη AASHTO**, με τις αντίστοιχες ενδεδειγμένες τιμές του Green Book (AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011), είναι η καλύτερη δυνατή λύση.

Σε αρκετές από τις παραπάνω περιπτώσεις, για την εύρεση της βέλτιστης λύσης, προέκυψε η ανάγκη μέτρησης του εμβαδού της επιφάνειας οδοστρωσίας μεταξύ της εσωτερικής περιβάλλουσας της τροχιάς των οχημάτων και της οριογραμμής του οδοστρώματος.

### **6.1.3 ΤΡΟΧΙΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΤΩΝ ΟΜΟΕ ΙΚ**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκαν επίσης οι περιπτώσεις ισόπεδων κόμβων τύπου A1, A2, A3, B1σ και B1λ, των ΟΜΟΕ ΙΚ. Η γεωμετρική κατασκευή τους στο λογισμικό Anadelta Tessera, έγινε ακριβώς με τον τρόπο που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ζ των ΟΜΟΕ ΙΚ, ενώ τα οχήματα σχεδιασμού (των Ελληνικών κανονισμών) που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το LBUS12 (λεωφορείο αστικής συγκοινωνίας, μήκους 12 m), το φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (Sattelzug) μήκους 16.50 m και το φορτηγό ρυμουλκό με ρυμουλκούμενο (Lastzug) μήκους 18.71 m.

Τα αποτελέσματα για τον **τύπο A1** δεν είναι ικανοποιητικά, διότι τόσο στις περιπτώσεις των αριστερών στροφών εισόδου (στην κύρια οδό) και εξόδου (από την κύρια οδό), όσο και στην περίπτωση της δεξιάς στροφής εξόδου δεν τηρείται η επιθυμητή απόσταση ασφαλείας μεταξύ των οχημάτων και του άκρου του οδοστρώματος που είναι ίση με 60 cm (με βάση τις ΟΜΟΕ ΙΚ).

Προκειμένου αυτή η απόσταση να τηρηθεί, θα πρέπει τα οχήματα να καταλαμβάνουν μεγαλύτερο μέρος από λωρίδες της αντίθετης κατεύθυνσης. Κάτι τέτοιο είναι εφικτό αφού ο συγκεκριμένος τύπος κόμβου δεν περιλαμβάνει νησίδες.

Επιπλέον, στη δεξιά στροφή εισόδου (στον κύριο δρόμο από το δευτερεύοντα), τα οχήματα καταλαμβάνουν σε κάθε περίπτωση, μεγάλο μέρος της αντίθετης λωρίδας κυκλοφορίας.

Όσον αφορά τον **τύπο A2**, όπως και προηγουμένως, οι αριστερές στροφές (εισόδου και εξόδου) πραγματοποιούνται χωρίς να τηρείται η επιθυμητή απόσταση ασφαλείας (μεταξύ περιβάλλουσας της τροχιάς και οριογραμμής), ειδικά για το φορτηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (Sattelzug).

Το Sattelzug, αποδείχθηκε ότι είναι το δυσμενέστερο όχημα σχεδιασμού. Αντιθέτως, το ευμενέστερο από τα τρία οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το Lastzug (φορτηγό ρυμουλκό με ρυμουλκούμενο), παρότι είναι το μεγαλύτερο σε μήκος.

Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα και στις δεξιές στροφές, όπου ενδεικτικά στη δεξιά στροφή εισόδου, το Sattelzug καταλαμβάνει κατ' ελάχιστο 2,10 m από τα 3,50 m του συνολικού πλάτους της αντίθετης λωρίδας κυκλοφορίας.

Σχετικά με τον **τύπο A3**, φαίνεται πως τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για τις αριστερές στροφές είναι ικανοποιητικά, αφού επιτυγχάνεται η επιθυμητή απόσταση ασφαλείας μεταξύ του οχήματος σχεδιασμού και του άκρου του οδοστρώματος (0,6 m). Στη

δεξιά στροφή εξόδου τα αποτελέσματα είναι εξίσου ενθαρρυντικά, ενώ στη δεξιά στροφή εισόδου το όχημα καταλαμβάνει μεγάλο μέρος της λωρίδας της αντίθετης κατεύθυνσης.

Οι **τύποι B1σ και B1λ**, παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα αφού διαφέρουν μόνο στην παρουσία ή όχι αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής (ή επιβράδυνσης). Η αριστερή στροφή εισόδου εντός αυτών των κόμβων είναι οριακή, αφού το όχημα σχεδιασμού (Sattelzug), καταπατά μικρό μέρος της διαγραμμισμένης νησίδας της κύριας οδού. Αυτό βέβαια δεν αποτελεί μείζον πρόβλημα αφού η νησίδα έχει τη μορφή διαγράμμισης και δεν είναι κρασπεδωμένη.

Αντίστοιχα είναι τα αποτελέσματα και για την αριστερή στροφή εξόδου, με την έννοια ότι θα μπορούσε να υπήρχε μεγαλύτερη απόσταση ασφαλείας μεταξύ οχήματος και οριογραμμής.

Αναφορικά με τις δεξιές στροφές, η δεξιά στροφή εξόδου παρουσιάζει ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ στη δεξιά στροφή εισόδου το όχημα καταλαμβάνει κατ' ελάχιστο 2 m από τα 3,5 m του συνολικού πλάτους της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής της αντίθετης κατεύθυνσης.

## 6.2 Διατύπωση συμπερασμάτων και προτάσεις

### 6.2.1 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗΣ

Όσον αφορά τις ελάχιστες τιμές μελέτης της οριογραμμής σε στροφές ισόπεδων κόμβων με βάση τις τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού των Αμερικανικών κανονισμών, στις περισσότερες περιπτώσεις η βέλτιστη λύση από άποψη οικονομίας χώρου, είναι αυτή της ασύμμετρης καμπύλης τριών κέντρων κατά AASHTO, με τις αντίστοιχες προτεινόμενες τιμές των Αμερικανικών κανονισμών (AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, αποδείχθηκε ότι οι λύσεις των τριών ακτίνων RAS και του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν κλωθοειδείς, παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα από κάποιες καμπύλες του Green Book.

Επίσης, σημαντικό ρόλο στα περιθώρια βελτιστοποίησης του υπάρχοντος σχεδιασμού οριογραμμών, κατέχει το συνολικό μήκος των οχημάτων. Φάνηκε ότι στα οχήματα μεγάλου μήκους οι ασύμμετρες καμπύλες έχουν σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των συμμετρικών καμπυλών.

Με τη χρήση του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν tapers και της συμμετρικής καμπύλης AASHTO με τις προτεινόμενες τιμές των κανονισμών, αποδείχθηκε ότι επιτυγχάνεται η επιθυμητή απόσταση ασφαλείας μεταξύ του οχήματος και της οριογραμμής (60 cm), όμως σε αρκετές περιπτώσεις οι καμπύλες αυτές κρίνονται ως σπάταλες και μη οικονομικές, με βάση τις τροχιές των οχημάτων σχεδιασμού.

Τέλος, η μέθοδος του απλού κυκλικού τόξου με εκατέρωθεν κλωθοειδείς εισόδου και εξόδου, φάνηκε ότι έχει το εξής μειονέκτημα. Για οχήματα σχεδιασμού μεγάλου μήκους και μεγάλου μεταξονίου, η κλωθοειδής εξόδου απαιτείται να έχει εξίσου μεγάλο μήκος (άρα και μεγάλη τιμή παραμέτρου), που είναι δυσανάλογο τόσο με το μήκος της κλωθοειδούς εισόδου όσο και του απλού κυκλικού τόξου.

**6.2.2 ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΤΩΝ ΟΜΟΕ ΙΚ**

Η μελέτη της τροχιάς των οχημάτων σχεδιασμού στους ισόπεδους κόμβους τύπου A1, A2, A3, B1σ και B1λ των ΟΜΟΕ ΙΚ, έδειξε ότι σε πολλές περιπτώσεις, δεν τηρείται η επιθυμητή απόσταση ασφαλείας μεταξύ της περιβάλλουσας της τροχιάς των οχημάτων και της οριογραμμής του οδοστρώματος, που είναι ίση με 60 cm.

Επιπλέον, σε όλες τις δεξιές στροφές εισόδου στην κύρια οδό που εξετάστηκαν, τα οχήματα σχεδιασμού καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος (>50%) του πλάτους της αντίθετης λωρίδας κυκλοφορίας.

Σε κάθε περίπτωση, ο σχεδιασμός θα έπρεπε να είναι τέτοιος ώστε να τηρείται η παραπάνω επιθυμητή απόσταση ασφαλείας, έτσι ώστε και ένας οδηγός με μικρότερη εμπειρία να μπορεί να διασχίσει τον κόμβο με ασφάλεια.

Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί είτε διαπλατώνοντας τοπικά τις λωρίδες κυκλοφορίας, είτε τροποποιώντας αναλόγως τη γεωμετρία των οριογραμμών, πάντα κατά περίπτωση και όπου αυτό είναι αναγκαίο. Σημαντικό ρόλο στις αποφάσεις που καλείται να λάβει κάθε φορά ο εκάστοτε μελετητής, κατέχουν τα σύγχρονα λογισμικά που μπορούν να προσομοιώσουν με ακρίβεια την κίνηση των διαφόρων οχημάτων σχεδιασμού.

## Κεφάλαιο 7 Βιβλιογραφία

- AASHTO. (2004). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D. C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D. C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Chen, Y., Chua, E. S., Thalmann, D., Cai, Y., Gong, Y., Lim, T. S., & Wong, P. (2014). Long Vehicle Turning. Στο Y. Cai, & S. L. Goei, *Simulations, Serious Games and Their Applications* (σσ. 85-104). Singapore: Springer.
- Erkert, T. (1989). *COMPUTER SIMULATION OF OFFTRACKING OF TRUCK AND TRAILER COMBINATIONS USING FOREST ROADS*. Corvallis, Oregon 97331: Department of Civil Engineering Oregon State University.
- Erkert, T., Sessions, J., & Layton, R. (1989). A Method for Determining Offtracking of Multiple Unit Vehicle Combinations. *Journal of Forest Engineering*, σσ. 9-16.
- Fancher, P. S., Segel, L., Winkler, C. B., & Ervin, R. D. (1984). *TRACKING AND STABILITY OF MULTI-UNIT TRUCK COMBINATIONS*. Michigan: The University of Michigan Transportation Research Institute.
- Kaliabetsos, G., Lemonakis, P., Gkoutzini, A., & Eliou, N. (2019). *Parametric Investigation of Vehicle Minimum Turning Path*. Athens: 9th International Congress on Transportation Research.
- Leisch, J. P., & Carrasco, M. (2014). Design Vehicles: From Turning Templates to Smart Systems. *2014 Transportation Association of Canada Conference*. Montreal, Quebec: Conference and Exhibition.
- OCEANICS. (1970). *An Investigation of Factors Relating to the Accuracy of Offtracking Models*. Australia: Australian Road Research Board.
- Savoy Computing Services Limited. (2008). *User Manual for AutoTrack: Advanced Vehicle Swept Path Analysis*. England: Savoy Computing Services Limited.
- Saxe, C. D., & Berman, R. (2018). GEOTRACK: AN EFFICIENT SIMULATION TOOL FOR THE ANALYSIS OF HEAVY VEHICLE MANOEUVRABILITY. *37th Annual Southern African Transport Conference*. 187-197. Pretoria, South Africa: ISBN Number: 978-1-920017-89-7.
- Transoft Solutions, I. (2006). *AutoTurn - User's Guide* (Τόμ. Version 5.1). CANADA.



## **Κεφάλαιο 7: Βιβλιογραφία**

Καλιαμπέτσος, Γ. (2017). *Ανάπτυξη και Βελτιστοποίηση Αλγορίθμων για τον Σχεδιασμό Συγκοινωνιακών Έργων*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Βόλος.

Ξενόφως, Γ., & Παππά, Μ.-Ε. (2015). *Γεωμετρικός Σχεδιασμός Ισόπεδων Κόμβων*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Βόλος.

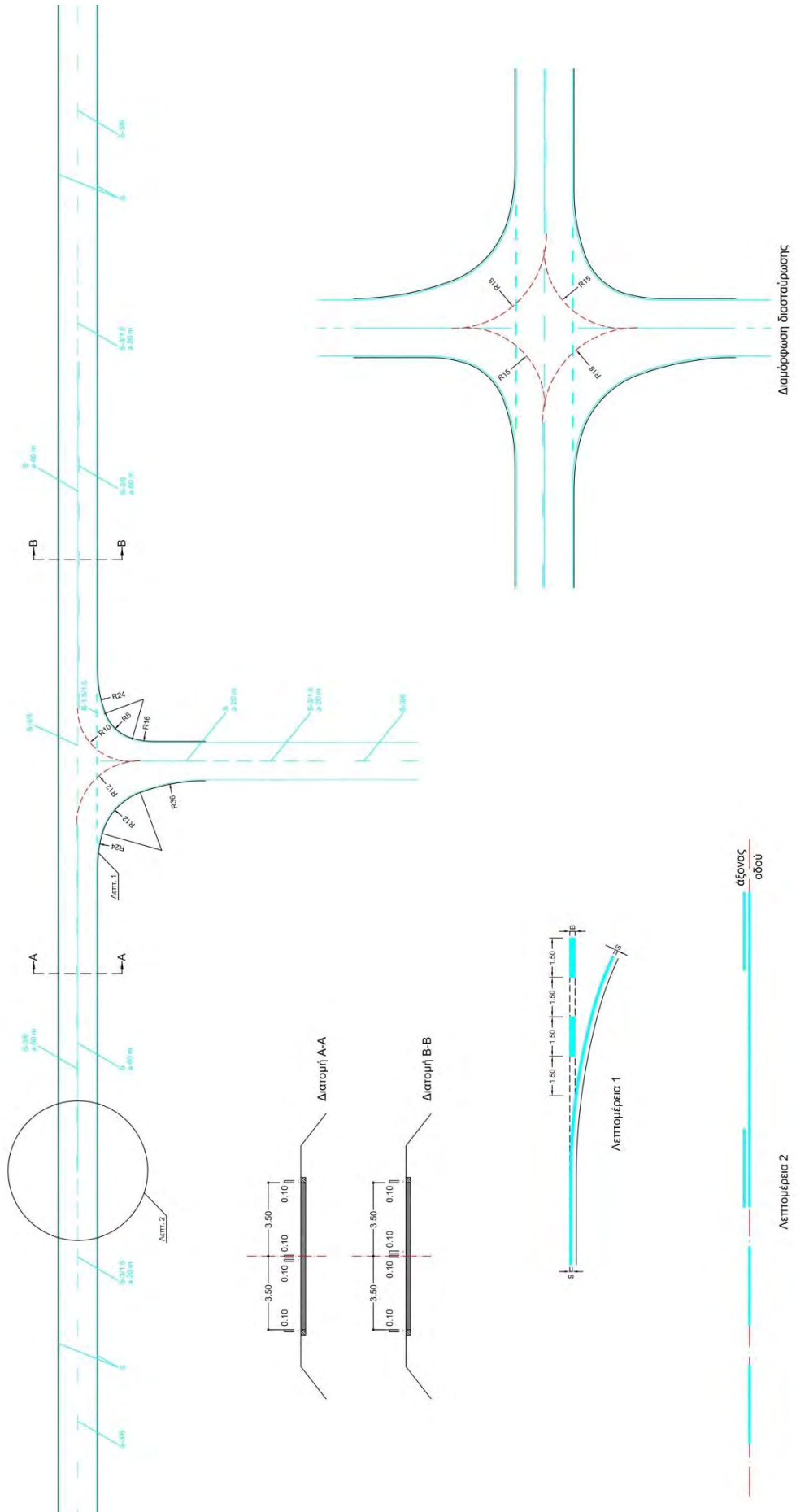
Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ), Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 1: Λειτουργική Κατάταξη Οδικού Δικτύου (ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ), ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα, 2001

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ), Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 3: Χαράξεις (ΟΜΟΕ-Χ), ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα, 2001

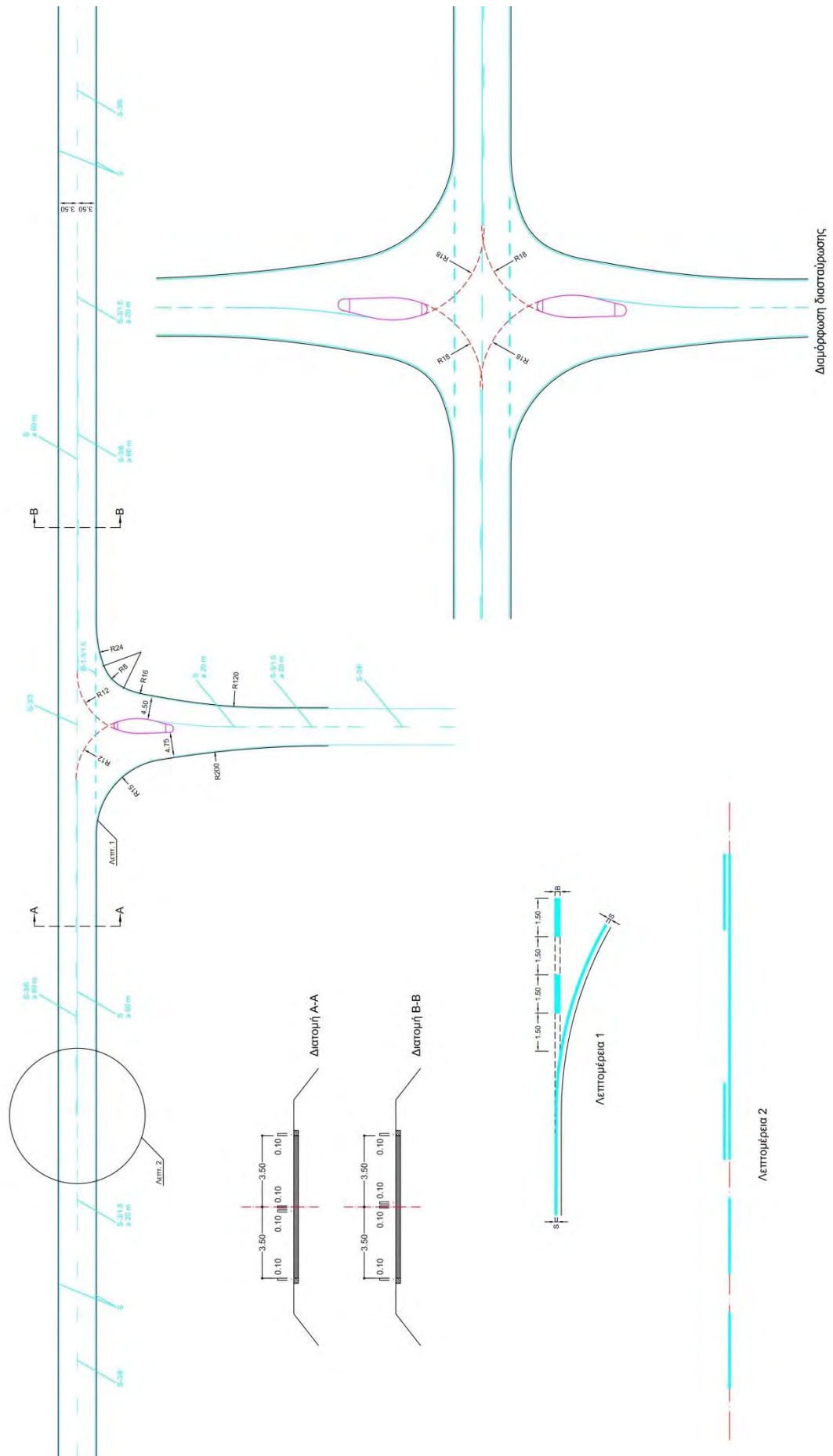
Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων (ΥΠΥΜΕΔΙ), Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Τεύχος 10: Μέρος 1: Ισόπεδοι Κόμβοι (ΟΜΟΕ – ΙΚ), ΥΠΥΜΕΔΙ, Αθήνα, 2011

## **Κεφάλαιο 8 Παράρτημα**

# Κεφάλαιο 8: Παράρτημα

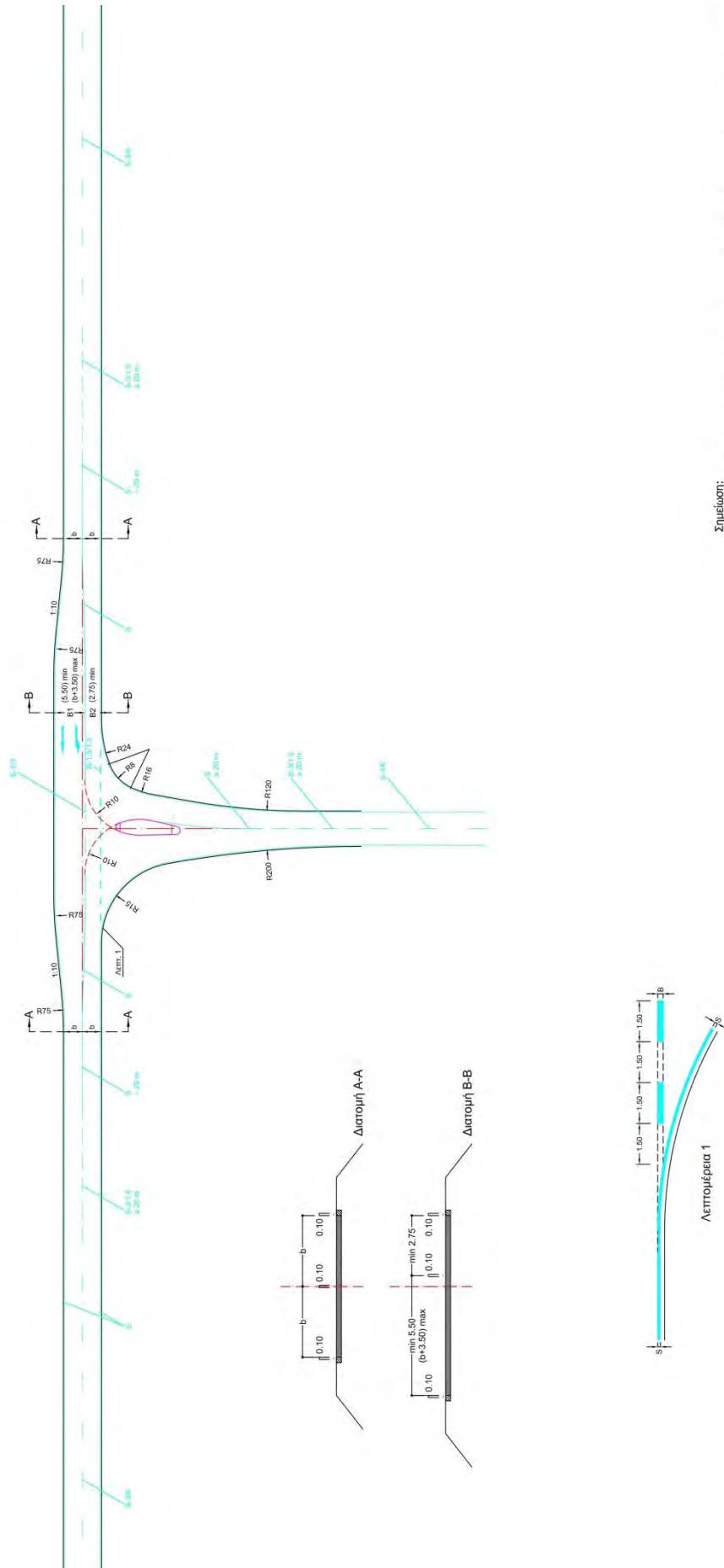


Σχήμα 8.1: Κόμβος τύπου A1 (από Παράρτημα Z των ΟΜΟΕ-ΙΚ).

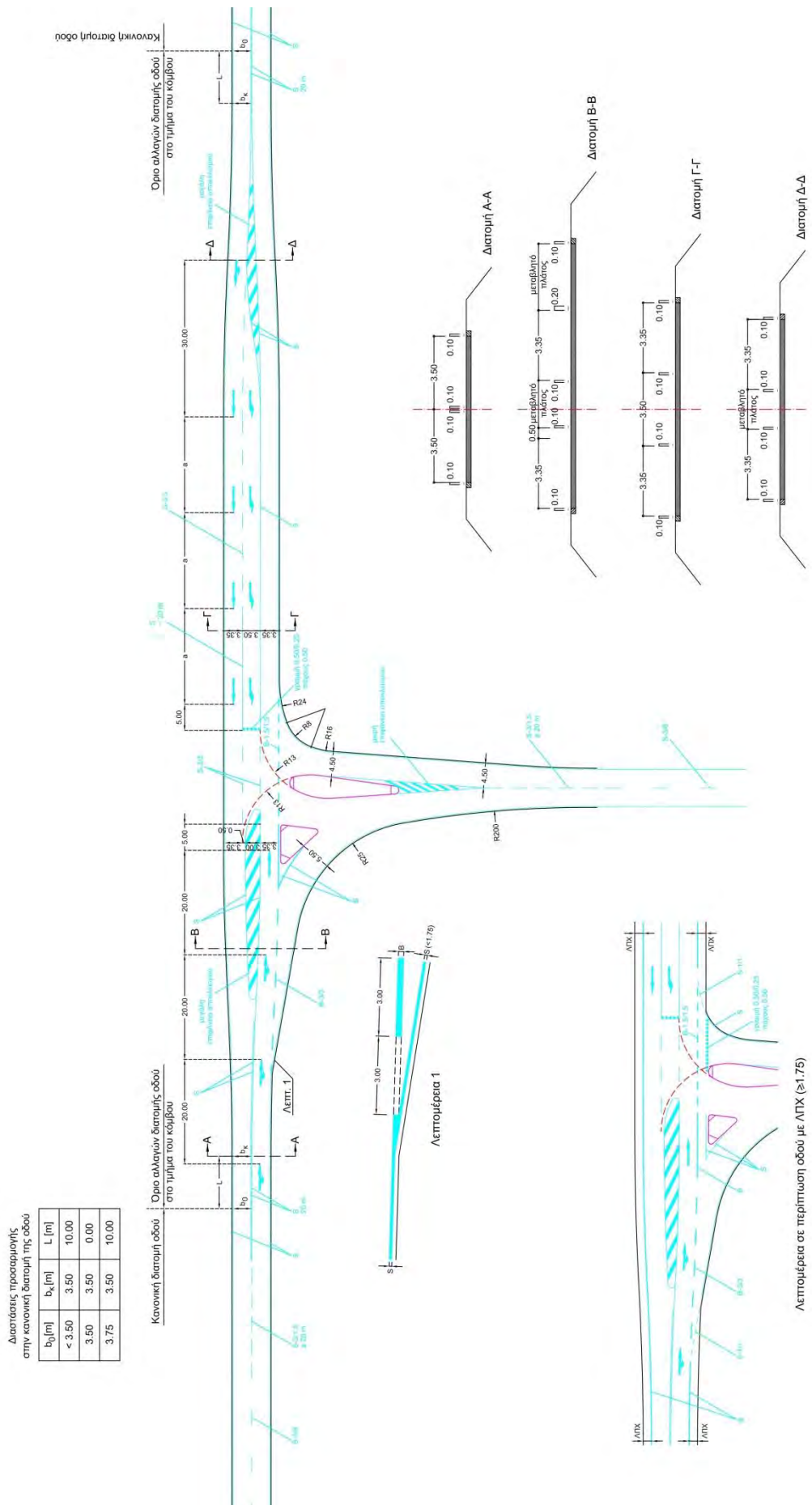


Σχήμα 8.2: Κόμβος τύπου Α2 (από Παράρτημα Ζ των ΟΜΟΕ-ΙΚ).

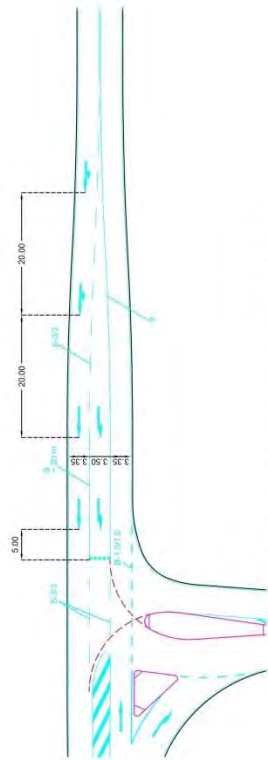
## Κεφάλαιο 8: Παράρτημα



Σχήμα 8.3: Κόμβος τύπου A3 (από Παράρτημα Z των ΟΜΟΕ-ΙΚ).



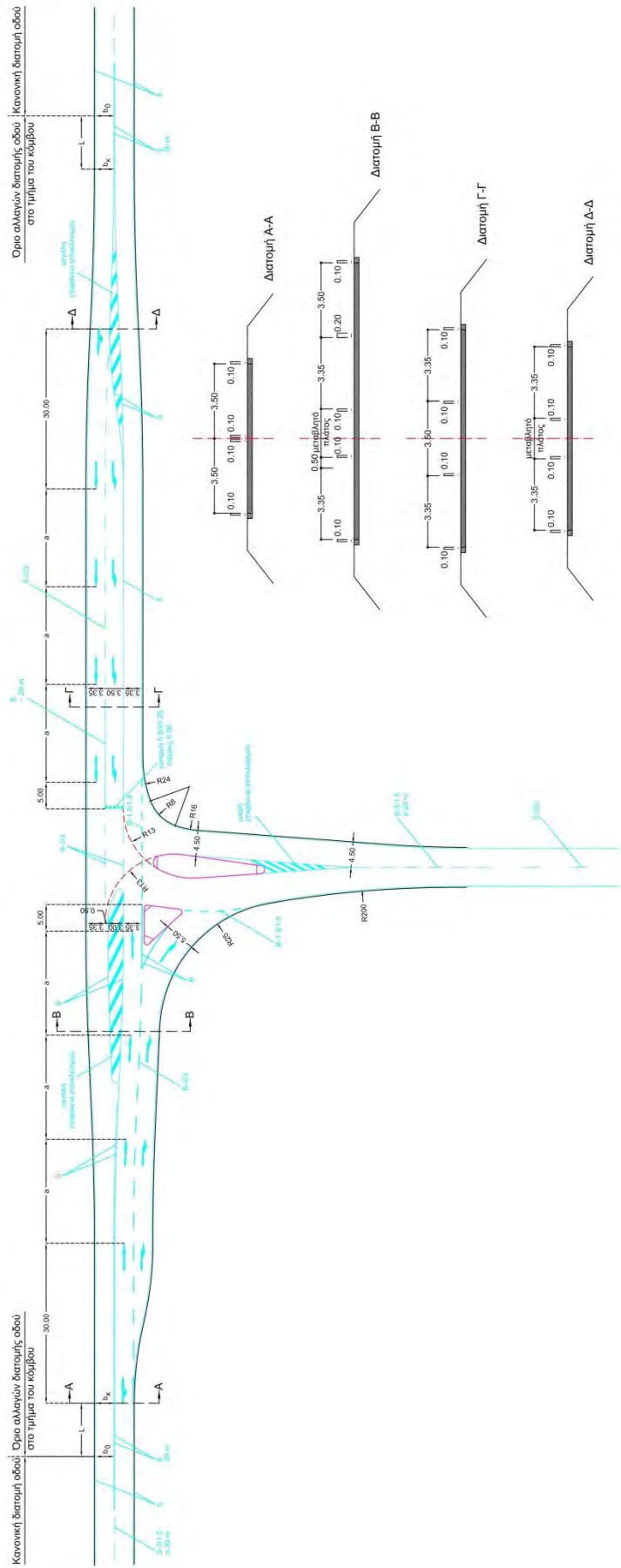
Σχήμα 8.4: Κόμβος τύπου Β1σ (από Παράρτημα Ζ των ΟΜΟΕ-ΙΚ).



Διαστάσεις προσαρμογής στην κανονική διατομή της οδού

$b_h$ [m]	$b_k$ [m]	L [m]
< 3.50	3.50	10.00
3.50	3.50	0.00
3.75	3.50	10.00

**B1a** : Ευολογική κατασκευή λωρίδας αριστερής στροφής



**Σχήμα 8.5:** Κόμβος τύπου B1λ (από Παράρτημα Z των ΟΜΟΕ-ΙΚ).