



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών & Συγκοινωνιακής Υποδομής

Διερεύνηση θεμάτων κυκλοφοριακού σχεδιασμού εμπορευματικών κέντρων

Παπαδάκης Αντώνιος

Επιβλέπων: Μπαλλής Αθανάσιος, Αν. καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, Μάρτιος 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία και το σύνολο των σπουδών μου στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου για τις γνώσεις που μου παρείχαν και τον τρόπο σκέψης που μου ενέπνευσαν, και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή Αθανάσιο Μπαλλή, για τη βοήθεια, την καθοδήγηση και την στήριξη του καθ' όλο το διάστημα εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, καθώς και την εξεταστική μου επιτροπή την Αναπληρώτρια καθηγήτρια κ. Βούλα Ψαράκη-Καλουπτσίδη και την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Ελένη Βλαχογιάννη.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Φωτεινή, την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την βοήθειά και την στήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια της φοιτητικής ζωής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ, Α., ‘ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΘΕΜΑΤΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ’

Στην παρούσα εργασία διερευνάται ο κυκλοφοριακός σχεδιασμός εμπορευματικών κέντρων. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται βασίζονται στις καμπύλες ελιγμών φορτηγών οχημάτων, οι οποίες παρουσιάζουν τα ίχνη στροφής των τροχών, της πρόσθιας και οπίσθιας προβολής του αμαξώματος του οχήματος, όπως αυτές παρέχονται από το λογισμικό AutoTURN, ή τις ΟΜΟΕ. Οι παράμετροι σχεδιασμού που εξετάστηκαν αφορούν το όχημα σχεδιασμού (αρθρωτό φορτηγό και οδικός συρμός), το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας, την θέση του οχήματος στην λωρίδα κυκλοφορίας, την ταχύτητα οχήματος και το πλάτος πεζοδρομίου. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης έδειξαν ότι (α) ως όχημα σχεδιασμού εκλέγεται το αρθρωτό φορτηγό (β) ο ελιγμός εξόδου είναι δυσμενέστερος της εισόδου (γ) απαιτείται κατάλληλη διαμόρφωση του πεζοδρόμιου στην περιοχή της πύλης (δ) το μήκος εμπροσθεν της αποβάθρας, εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των θυρών φορτοεκφορτώσεις (ε) Το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εσωτερικού οδικού δικτύου όταν είναι μικρότερο των 6,50μ απαιτείται καταλλήλου τόξου συναρμογή των οριογραμμών κόμβου. Από σχετικές μετρήσεις πεδίου που πραγματοποιήθηκαν έτσι ώστε να προσδιοριστεί η εγκυρότητα των μεθόδων, προέκυψε ως καταλληλότερη μέθοδος σχεδιασμού η χρήση του λογισμικού AutoTURN.

ABSTRACT

PAPADAKIS, A., ‘INVESTIGATION OF ROAD NETWORK DESIGN IN FREIGHT VILLAGES’

The target of this paper is to investigate solutions affecting the road network design of freight villages. The design methods which were examined are based on the turning paths of vehicles provided by the simulation software AutoTURN and the technical design manual OMOE. The design factors that were examined are the choice of design vehicle (Articulated truck or road train), the steering angle, the front and rear overhang of the vehicle, the lane width, vehicle position in the lane, sidewalk width and vehicle velocity. As a result of the investigation (a) the articulated truck is set as design vehicle (b) comparing the entering and exiting manoeuvre, the latter is more demanding (c) A formation of the sidewalk in the gate area must be made. (d) the distance between the loading areas affects the length of the apron space (d) if the lane width of the interior roadway design set below 6,50m, a formation of the intersection must be made. In order to evaluate the reliability of the methods used, field measurements were conducted, which concluded that the simulation software AutoTURN is the more suitable design method.

Keywords: Freight village, Logistics park, Logistics center, Offtracking, Roadway design, facility gate, apron space, lane width, Intersections, Warehouse design

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1- Εμπορευματικές μεταφορές & Εμπορευματικά Κέντρα	10
1.2- Αντικείμενο & σκοπός εργασίας.....	14
1.3- Διάρθρωση εργασίας.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ	24
3.1- Μεθοδολογική προσέγγιση	24
3.1.1- Στοιχεία κυκλοφοριακού σχεδιασμού Εμπορευματικών Κέντρων	24
3.1.2- Παράμετροι σχεδιασμού	28
3.1.3- Μέθοδοι σχεδιασμού.....	40
3.2- Σχεδιασμός πύλης εισόδου- εξόδου εντός σχεδίου πόλεως	51
3.2.1- Επιλογή μεθόδου σχεδιασμού	55
3.2.2- Διερεύνηση παραμέτρων σχεδιασμού πύλης	58
3.2.3- Διερεύνηση ελιγμού εισόδου έναντι εξόδου	66
3.2.4- Διαμόρφωση πεζοδρομίου	67
3.3- Σχεδιασμός εσωτερικού οδικού δικτύου.....	68
3.3.1- Χώρος έμπροσθεν αποβαθρών αποθηκών	68
3.3.2- Λωρίδες κυκλοφορίας & Κόμβοι.....	76
3.4- Προσβάσεις εισόδου- εξόδου Εμπορευματικών Κέντρων εκτός σχεδίου πόλεως.....	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ	85
4.1- Εφαρμογή μεθόδων σχεδιασμού	85
4.2- Μετρήσεις πεδίου.....	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6- ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	99
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Ίχνη στροφής οχημάτων σχεδιασμού- ΟΜΟΕ	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Κυκλοφοριακές συνδέσεις εγκαταστάσεων.....	107
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Διατομές οδών.....	112
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Αρχές σχεδιασμού ισόπεδων κόμβων	118
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: Μήκος πέδησης.....	125
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: Μήκος ορατότητας.....	131
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η: Δυνατότητα διατήρησης σταθερής ταχύτητας οχήματος.....	135

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Φορτηγό όχημα οδικός Συρμός, Πηγή: [2]	11
Εικόνα 2: Αρθρωτό φορτηγό όχημα, Πηγή: [2]	11
Εικόνα 3: Εμπορευματικό κέντρο σε περιβάλλον GIS, Πηγή:[40]	12
Εικόνα 4: Εμπορευματικό κέντρο Interporto της Bologna, Πηγή: [39]	13
Εικόνα 5: Εμπορευματικό Κέντρο Interporto Padova, Πηγή: [63]	27
Εικόνα 6: Διαμόρφωση καμπύλου τμήματος σε διασταύρωση μονόδρομου με μία λωρίδα κυκλοφορίας, Πηγή:[18].....	29
Εικόνα 7: Αποτυχία διέλευσης πύλης εγκατάστασης, Πηγή:[67]	30
Εικόνα 8: Διαστάσεις φορτηγών οχημάτων σχεδιασμού Ευρωπαϊκής νομοθεσίας, Πηγή: [38]	31
Εικόνα 9: Ύψος και πλάτος φορτηγών οχημάτων, Πηγή: [3]	32
Εικόνα 10: Μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος φορτηγού οχήματος ανά Ευρωπαϊκή χώρα, Πηγή: [27]	32
Εικόνα 11: Συνηθέστερο φορτηγό όχημα Βόρειου Αμερικής, Πηγή:[8]	33
Εικόνα 12: Φορτηγό όχημα σχεδιασμού Νοτίου Αφρικής, Πηγή:[8].....	33
Εικόνα 13: Φορτηγό όχημα σχεδιασμού Βραζιλία, Πηγή:[8]	33
Εικόνα 14: Φορτηγό όχημα σχεδιασμού Σκανδιναβία, Πηγή:[8]	33
Εικόνα 15: Ίχνη στροφής αρθρωτού φορτηγού οχήματος και οχήματος συρμού, Πηγή:[41]	34
Εικόνα 16: Ίχνη στροφής φορτηγού οχήματος συρμού για διάφορες γωνίες αλλαγής διεύθυνσης, Πηγή:[42]	35
Εικόνα 17: Απόκλιση ιχνών τροχιών αξόνων φορτηγού οχήματος, Πηγή:[19].....	36
Εικόνα 18: Απόκλιση ιχνών τροχιών αξόνων φορτηγού οχήματος, Πηγή[28].....	37
Εικόνα 19: Οπίσθια προβολή αμαξώματος ρυμουλκούμενου, Πηγή:[19]	39
Εικόνα 20: Αναλυτική μαθηματική μέθοδος, Πηγή: [31]	40
Εικόνα 21: Καμπύλες ιχνών στροφής από Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων(ΟΜΟΕ), Πηγή:[10]	43
Εικόνα 22: Καμπύλες ιχνών στροφήςAASHTO Green Book, Πηγή:[33]	45
Εικόνα 23: Στροφή αρθρωτού φορτηγού μήκους 15μ, Πηγή:[26]	46
Εικόνα 24: Χώρος εμπροσθεν της αποβάθρας, Πηγή:[26].....	47
Εικόνα 25: Φορτοεκφόρτωση σε εσωτερική αυλή, Πηγή:[26]	47
Εικόνα 26: Περιβάλλον εργασίας λογισμικού AutoTURN σε συνδυασμό με AutoCAD, Πηγή:[45]	49
Εικόνα 27: Μετρήσεις πεδίου για ελιγμούς φορτηγών οχημάτων.	50
Εικόνα 28: Οδικό δίκτυο Εμπορευματικού Κέντρου. Πήγη:[46].....	51
Εικόνα 29: Διαμόρφωση χώρου εμπροσθεν αποθηκών, Πηγή:[24].....	68

Εικόνα 30: Οδοντωτές διατάξεις χώρου έμπροσθεν αποθηκών, Πηγή:[26]	69
Εικόνα 31: Χώροι Εμπορευματικού κέντρου, Πηγή:[47]	70
Εικόνα 32: Διαμόρφωση λωρίδων κυκλοφορίας Εμπορευματικού κέντρου σε συνέχεια του χώρου έμπροσθεν των αποθηκών, Πηγή:[57]	76
Εικόνα 33: Διαμόρφωση λωρίδων κυκλοφορίας Εμπορευματικού κέντρου σε συνέχεια του χώρου έμπροσθεν των αποθηκών, Πηγή:[57].....	77
Εικόνα 34: Κτιριακές εγκαταστάσεις ΟΣΕ, Πηγή:[48].....	80
Εικόνα 35: Διαμόρφωση κυκλοφοριακών συνδέσεων τύπου Δ για εγκαταστάσεις εκτός σχεδίου πόλεως, Πηγή:[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β].....	82
Εικόνα 36: Αρθρωτό φορτηγό που χρησιμοποιήθηκε στην δοκιμή	88
Εικόνα 37: Φωτογραφία εγκατάστασης που διενεργήθηκαν οι δοκιμές, Πηγή: [Google earth].....	89
Εικόνα 38: Σχέδιο χώρου εγκατάστασης	89
Εικόνα 39: Σχέδιο χώρου δοκιμών	91
Εικόνα 40: Δοκιμές διέλευσης πύλης για ελιγμό εισόδου και εξόδου μετρήσεων πεδίου ..	92
Εικόνα 41: Ισόπεδος κόμβος, Πηγή:[10].....	119
Εικόνα 42: Χάραξη τρίτοξης καμπύλης, Πηγή:[9].....	121
Εικόνα 43: Απόσταση πεδήσεως, Πηγή: [43]	126
Εικόνα 44: Συμπεριφορά αρθρωτού φορτηγού κατά την πέδηση, Πηγή:[19].....	129
Εικόνα 45: Ορατότητα οδηγού, Πηγή:[44]	132

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αριθμός φορτηγών οδικών εμπορευματικών μεταφορών εθνικών και διεθνών, ταξινομημένων στην Ελλάδα κατά είδος ιδιοκτησίας και μεταφορικό έργο σε τόνους και τονοχιλιόμετρα. Πηγή: [37].....	10
Πίνακας 2: Επιρροή των παραμέτρων σχεδιασμού στον σχεδιασμό πύλης	64
Πίνακας 3: Αποτελέσματα προσομοιώσεων διέλευσης προσβάσεων εισόδου- εξόδου εγκαταστάσεων εκτός σχεδίου πόλεως που προτείνονται στο ΠΔ 118/06 με χρήση της μεθόδου σχεδιασμού AutoTURN.....	85
Πίνακας 4: Δοκιμή διέλευσης πύλης εισόδου	93
Πίνακας 5: Δοκιμή διέλευσης πύλης εξόδου	93
Πίνακας 6: Οχήματα σχεδιασμού ισόπεδων κόμβων, Πηγή: [10]	124
Πίνακας 7: Απόσταση πέδησης φορτηγού οχήματος σε βρεγμένο οδόστρωμα, Πηγή:[19]	130
Πίνακας 8: Προτεινόμενοι χρόνοι ταξιδιού για να καθορισθεί το μήκος ορατότητας σε κόμβο, Πηγή: [19]	134
Πίνακας 9: Ποσοστά επιβράδυνσης φορτηγών οχημάτων, Πηγή:[34]	137

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Πρόσθια και Οπίσθια προβολή αμαξώματος ρυμουλκούμενου	39
Σχήμα 2: Σύγκριση αρθρωτού οχήματος για τις μεθόδους καμπύλες ιχνών στροφής ΟΜΟΕ και λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN	56
Σχήμα 3: Σύγκριση οχήματος συρμού για τις μεθόδους καμπύλες ιχνών στροφής ΟΜΟΕ και λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN	57
Σχήμα 4: Επιλογή οχήματος σχεδιασμού στον σχεδιασμό	58
Σχήμα 5: Επιρροή πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας στον σχεδιασμό	59
Σχήμα 6: Επιρροή θέσης οχήματος στην λωρίδα κυκλοφορίας στον σχεδιασμό.....	60
Σχήμα 7: Επιρροή πλάτους πεζοδρομίου στον σχεδιασμό	61
Σχήμα 8: Υποχώρηση της θέσης της πύλης σε Εμπορευματικό Κέντρο.....	62
Σχήμα 9: Επιρροή ταχύτητας οχήματος στον σχεδιασμό	63
Σχήμα 10: Ελιγμός εισόδου έναντι ελιγμού εξόδου	64
Σχήμα 11: Διαμόρφωση πεζοδρομίου, προτεινόμενη από το Π.Δ. 118/06	67
Σχήμα 12: Διαμόρφωση πεζοδρομίου βάσει της διερεύνησης.....	67
Σχήμα 13: Επιρροή του παράγοντα απόστασης μεταξύ θυρών φορτοεκφόρτωσης στην διαμόρφωση του χώρου εμπροσθεν της αποβάθρας εμπορευματικού κέντρου, AutoTURN	71
Σχήμα 14: Επιρροή του παράγοντα απόστασης μεταξύ θυρών φορτοεκφόρτωσης στην διαμόρφωση του χώρου εμπροσθεν της αποβάθρας εμπορευματικού κέντρου, επίλυση με ΟΜΟΕ	72
Σχήμα 15: Γράφημα απαιτούμενο μήκους εμπροσθεν αποβάθρας αποθηκών και απόσταση μεταξύ των αξόνων των θυρών φορτοεκφόρτωσης για όχημα σχεδιασμού Αρθρωτό με τη μέθοδο AutoTURN.....	73
Σχήμα 16: Γράφημα απαιτούμενο μήκους εμπροσθεν αποβάθρας αποθηκών και απόσταση μεταξύ των αξόνων των θυρών φορτοεκφόρτωσης για όχημα σχεδιασμού Αρθρωτό με τη μέθοδο Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων	73
Σχήμα 17: Χώροι εμπροσθεν αποβάθρας- Διπλή λωρίδα κυκλοφορίας 4,00μ	74
Σχήμα 18: Χώροι εμπροσθεν αποβάθρας – Μία λωρίδα κυκλοφορίας 4,00μ.....	74
Σχήμα 19: Διαμόρφωση λωρίδων κυκλοφορίας & κόμβων εσωτερικού οδικού δικτύου ..	78
Σχήμα 20: Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Α με αρθρωτό όχημα	83
Σχήμα 21: Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Β με αρθρωτό όχημα.....	83
Σχήμα 22: Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Γ με αρθρωτό όχημα	83
Σχήμα 23: Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Δ με αρθρωτό όχημα.....	83
Σχήμα 24: Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Α με συμπαγές όχημα	84
Σχήμα 25: Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Β με συμπαγές όχημα	84
Σχήμα 26: Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Γ με συμπαγές όχημα.....	84
Σχήμα 27: Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Δ με συμπαγές όχημα.....	84

Σχήμα 28: Επίλυση για έλεγχο εγκυρότητας μεθόδου, σε ελιγμού εισόδου με μέθοδο AutoTURN	86
Σχήμα 29: Επίλυση για έλεγχο εγκυρότητας μεθόδου, σε ελιγμού εξόδου με μέθοδο AutoTURN	87
Σχήμα 30: Επίλυση για έλεγχο εγκυρότητας μεθόδου, σε ελιγμού εισόδου με μέθοδο καμπύλες Ιχνών στροφής ΟΜΟΕ	87
Σχήμα 31: Επίλυση για έλεγχο εγκυρότητας μεθόδου, σε ελιγμού εξόδου με μέθοδο καμπύλες Ιχνών στροφής ΟΜΟΕ	87
Σχήμα 32: Σχέδιο χώρου δοκιμών	91

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εμπορευματικές μεταφορές & Εμπορευματικά Κέντρα

Η παροχή αποδοτικής, ευέλικτης και ασφαλούς υποδομής μεταφορών (οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου, λιμανιών, αεροδρομίων, εμπορευματικών κέντρων) και η ανάπτυξη των κατάλληλων μεταφορικών μέσων για την μεταφορά προϊόντων και επιβατών αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την οικονομική ανάπτυξη κάθε χώρας. Τα μεταφορικά δίκτυα δίδουν ώθηση στην ελεύθερη διακίνηση προσώπων και εμπορευμάτων όπως και στο εμπόριο αγαθών και υπηρεσιών. Αυξάνουν την παραγωγικότητα και ανταγωνιστικότητα των οικονομικών δραστηριοτήτων και επομένως τις αναπτυξιακές προοπτικές των περιφερειών και της χώρας ως σύνολο. Συγκεκριμένα ο κλάδος των οδικών εμπορευματικών μεταφορών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ελληνική οικονομία, λόγω αφενός της συμβολής του στις μεταφορές και την ανάπτυξη αυτής της οικονομίας και αφετέρου λόγω της γεωγραφικής θέσεως της χώρας που την καθιστά βασικό συνδετικό κρίκο της Βόρειας Ευρώπης με τις χώρες της ΝΑ Ευρώπης, της Ασίας και της Ανατολικής Μεσογείου.[1]. Οι οδικές εμπορευματικές μεταφορές γενικού φορτίου στον Ελλαδικό χώρο πραγματοποιούνται κυρίως με **φορτηγά οχήματα**. Ο όρος ‘φορτηγό όχημα’ αντιστοιχεί σε φορτηγό όχημα ενός όγκου που μπορεί να είναι φορτηγό-καρότσα, φορτηγό κλειστού τύπου, φορτηγό-κουρτίνα (φορτηγό με αμάξωμα που περιβάλλεται από μουσαμά κουρτίνα), βυτίο υγρών καυσίμων, βυτίο υγρών τροφίμων και φορτηγό-ψυγείο (μεταφοράς κρεάτων, φρούτων κλπ).[4][5]. Ανάλογα με το χώρο, εντός του οποίου διενεργούνται οι μεταφορές με φορτηγά δημοσίας χρήσεως διακρίνονται σε: Νομαρχιακές/Εθνικές- Διεθνείς/Εθνικές και Διεθνείς[2]

Είδη φορτηγών οδικών εμπορευματικών μεταφορών	Αριθμός φορτηγών		Βάρος μεταφερόμενων εμπορευματοκιβωτίων	
	2014	2013	2014	2013
Ιδιωτικής χρήσεως φορτηγά που εκτέλεσαν εθνικές μεταφορές	61058	70348	308333,533	398360,6
Δημοσίας χρήσεως φορτηγά που εκτέλεσαν εθνικές μεταφορές	16838	16162	91119,51	79200,58

Πίνακας 1. Αριθμός φορτηγών οδικών εμπορευματικών μεταφορών εθνικών και διεθνών, ταξινομημένων στην Ελλάδα κατά είδος ιδιοκτησίας και μεταφορικό έργο σε τόνους και τονοχιλιόμετρα, Πηγή:[37]

Τα φορτηγά οχήματα χωρίζονται σε φορτηγά, ρυμουλκά, ρυμουλκούμενα, ημι-ρυμουλκούμενα και συνδυασμούς αυτών. Ρυμουλκούμενο ονομάζεται το όχημα που δεν διαθέτει δικό του κινητήρα. Μπορεί να μετακινείται μόνον εφόσον σύρεται από άλλο μηχανοκίνητο όχημα. Συνήθως διαθέτει 2 ή 3 άξονες. Ο εμπρόσθιος των οποίων είναι ο διευθυντήριος.

Το φορτηγό όχημα **οδικός συρμός** ('road train') είναι ο συνδυασμός ενός ρυμουλκού (ελκυστήρα ή τράκτορα) και ενός ή παραπάνω ρυμουλκούμενων. Η σύνδεση επιτυγχάνεται με την ένωση του 'κοτσαδόρου' του ρυμουλκού με το 'μάτι' του ρυμού έλξεως του ρυμουλκούμενου. Τα οχήματα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους και κινούνται ως μία μονάδα.[3] [6]



Εικόνα 1. Φορτηγό όχημα οδικός Συρμός, Πηγή: [2]

Το **αρθρωτό όχημα** ('Articulated truck') είναι ο συνδυασμός ενός ρυμουλκού (ελκυστήρα ή τράκτορα) και ενός ημι-ρυμουλκούμενου. Η σύνδεση πραγματοποιείται με την ένωση της πλάκας επικαθήσεως του ρυμουλκού και του πύρου έλξεως του ημι-ρυμουλκούμενου.[4][5]



Εικόνα 2. Αρθρωτό φορτηγό όχημα, Πηγή: [2]

Τα βαρέα φορτηγά οχήματα χρησιμοποιούνται ευρέως για τις διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης και μεταφοράς εμπορευμάτων στα Εμπορευματικά Κέντρα. **Εμπορευματικό κέντρο** είναι ένα οργανικά ολοκληρωμένο σύνολο δομών, διαρθρωμένων υπηρεσιών και υποδομών διαφορετικών μέσων μεταφοράς, που ιδρύεται και λειτουργεί σε περιοχή, που επιτρέπονται δραστηριότητες για εξυπηρέτηση συνδυασμένων μεταφορών.[11]

Στα εμπορευματικά κέντρα θεμελιώνεται όλο το σύγχρονο μεταφορικό σύστημα της Ευρώπης. Τα εμπορευματικά κέντρα αναπτύσσονται σε χώρους και εγκαταστάσεις για την εξυπηρέτηση των εμπορευματικών ροών προς τις κύριες εξόδους/ εισόδους των Ευρωπαϊκών χωρών που είναι τα λιμάνια, αλλά και σε στρατηγικά και οικονομικά κέντρα στην ενδοχώρα. Διαθέτουν τις κατάλληλες υποδομές για διαχείριση συνδυασμένων μεταφορών και χωροθετούνται σε περιοχές με καλές μεταφορικές προσβάσεις και δίκτυα.[12]



Εικόνα 3. Εμπορευματικό κέντρο σε περιβάλλον GIS, Πηγή:[40]

Η αίτηση για την ίδρυση του εμπορευματικού κέντρου πρέπει να περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, συγκοινωνιακή μελέτη σε επίπεδο προμελέτης, η οποία μεταξύ άλλων περιλαμβάνει:

- 1) Τους τρόπους προσπέλασης του εμπορευματικού κέντρου από τα υφιστάμενα δίκτυα
- 2) Πιστοποίηση ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις που τίθενται στην παρ.2 του άρθρου 2 του ν.3333/2005 αναφορικά με την έκταση, τις μεταφορικές εγκαταστάσεις και την πρόσβαση σε συνδυασμένη μεταφορά
- 3) Ανάλυση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων στα υφιστάμενα μεταφορικά δίκτυα από τη λειτουργία του Εμπορευματικού κέντρου.[11]

Τα Εμπορευματικά Κέντρα απαιτούν προσεκτικό χωροταξικό και κυκλοφοριακό σχεδιασμό, έτσι ώστε το εσωτερικό οδικό δίκτυο να υπηρετεί την εύρυθμη και αποτελεσματική λειτουργία του Εμπορευματικού κέντρου.

Ο Κυκλοφοριακός σχεδιασμός του Εμπορευματικού κέντρου περιλαμβάνει:

-Σχεδιασμό της πύλης και των προσβάσεων στην εγκατάσταση

-Σχεδιασμό του εσωτερικού οδικού δικτύου



Εικόνα 4. Εμπορευματικό κέντρο Interporto της Bologna, Πηγή: [39]

1.2. Αντικείμενο & Σκοπός εργασίας

Το φορτηγά οχήματα, που θα εξυπηρετήσει το Εμπορευματικό Κέντρο, καθορίζουν και τις γεωμετρικές απαιτήσεις του οδικού του δικτύου. Οι παράμετροι που καθορίζουν τους ελιγμούς των φορτηγών οχημάτων ποικίλουν, με σημαντικότερα τον τύπο οχήματος, την γωνία αλλαγής διεύθυνσης του οχήματος και την πρόσθια και οπίσθια προβολή του αμαξώματος του οχήματος.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση θεμάτων κυκλοφοριακού σχεδιασμού εμπορευματικών κέντρων. Επικεντρώνεται στα θέματα του σχεδιασμού της πύλης εισόδου- εξόδου εντός σχεδίου πόλεως, του εσωτερικού οδικού δικτυου, καθώς και την διαμόρφωση των χώρων εμπροσθεν των αποβαθρών των αποθηκών του εσωτερικού χώρου των Εμπορευματικών Κέντρων. Εξετάζονται επίσης και οι περιπτώσεις κυκλοφοριακών συνδέσεων Εμπορευματικών Κέντρων που βρίσκονται εκτός σχεδίου πόλεως. Σαν μέθοδοι σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκαν το λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN, και οι καμπύλες ιχνών στροφής οχημάτων που προτείνονται από τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων. Οι καμπύλες σχεδιασμού που δίνονται στο εγχειρίδιο 'Οικοδομική & Αρχιτεκτονική σύνθεση' του Neufert E. και το AASHTO Green Book δεν χρησιμοποιήθηκαν, διότι τα οχήματα σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται δεν είναι συμβατές με τα επιτρεπόμενα φορτηγά οχήματα που ορίζει η Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Επίσης διεξήχθησαν μετρήσεις πεδίου, έτσι ώστε να αξιολογηθεί η εγκυρότητα των μεθόδων σχεδιασμού.

Σκοπός της εργασίας αποτελεί η διατύπωση μεθοδολογίας σχεδιασμού και διαστασιολόγησης για τον κυκλοφοριακό σχεδιασμό των Εμπορευματικών Κέντρων-

1.3. Διάρθρωση εργασίας

Το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας είναι εισαγωγικό και αναφέρεται στην σημασία των εμπορευματικών μεταφορών, καθώς επίσης παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για τα φορτηγά οχήματα και τα εμπορευματικά κέντρα.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική επισκόπηση για τα Εμπορευματικά Κέντρα, τον κυκλοφοριακό σχεδιασμό τους, τις παραμέτρους που τον επηρεάζουν και τις μεθόδους σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται αρχικά η μεθοδολογική προσέγγιση και τα εργαλεία κυκλοφοριακού σχεδιασμού Εμπορευματικού Κέντρου που εξετάστηκαν. Στην συνέχεια διερευνάται ο σχεδιασμός της πύλης εισόδου- εξόδου για Εμπορευματικά κέντρα εντός σχεδίου πόλεως. Επιλέχθηκε η κατάλληλη μέθοδος σχεδιασμού, και προσδιορίστηκε το μέγεθος της επιρροής της κάθε παραμέτρου στον σχεδιασμό της πύλης. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν οι παράμετροι όχημα σχεδιασμού, πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου, θέση του οχήματος στην λωρίδα, ταχύτητα οχήματος και πλάτος πεζοδρομίου. Συγκρίθηκε ο ελιγμός σε είσοδο σε σχέση με τον ελιγμό σε έξοδο και παρουσιάστηκαν οι κατάλληλες διαμορφώσεις των πεζοδρομίων για είναι εφικτοί οι ελιγμοί. Υπολογίστηκε το απαιτούμενο μήκος εμπροσθεν των αποβαθρών των αποθηκών, εξετάστηκαν οι απαιτήσεις διαμόρφωσης των συναρμογών στους κόμβους εσωτερικού οδικού δικτύου έτσι ώστε να προσδιοριστεί το κατάλληλο πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εσωτερικού οδικού δικτύου και τόξο συναρμογής των κόμβων. Τέλος, εξετάστηκαν οι κυκλοφοριακές προσβάσεις σε εγκαταστάσεις εκτός σχεδίου πόλεως.

Στο τέταρτο κεφάλαιο έτσι ώστε να αξιολογηθούν οι μέθοδοι σχεδιασμού , γίνεται εφαρμογή της μεθοδολογίας σε σχεδιασμό πύλης ορισμένων παραμέτρων με τις δύο μεθόδους (AutoTURN και OMOE), και στην συνέχεια τίθενται σε συγκριτική αξιολόγηση με μετρήσεις πεδίο. Παρουσιάζεται η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα μετρήσεων πεδίου διελεύσεων πύλης που διεξήχθησαν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, και σχολιάζονται τα αποτελέσματα σε σχέση με τα αποτελέσματα της εφαρμογής των μεθόδων AutoTURN και καμπύλες ιχνών στροφής OMOE.

Τέλος, ακολουθούν τα συμπεράσματα, οι εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα και η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των βιβλιογραφικών πηγών που χρησιμοποιήθηκαν, και τα παραρτήματα.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Εμπορευματικά κέντρα

Τα πρώτα εμπορευματικά κέντρα δημιουργήθηκαν στην Γαλλία στις αρχές της δεκαετίας του '60 και αργότερα εμφανίστηκαν στην Ιταλία, την Γερμανία, τις Κάτω Χώρες, τις Ηνωμένες Πολιτείες και το Ηνωμένο Βασίλειο[50]. Κατά την commission τα δια-τροπικά ('Multimodal') εμπορευματικά κέντρα θεωρούνται εργαλεία που ενδυνάμει προωθούν τις διατροπικές μεταφορές (ή Συνδυασμένες μεταφορές) στο σύνολό τους.[51]

Ο Σιαμάς Ι.[52] αναφέρει ότι με τα Εμπορευματικά Κέντρα καθίσταται δυνατή η συγκέντρωση υπηρεσιών όλης της εφοδιαστικής αλυσίδας και δημιουργείται η δυναμική μέσω των συνεργειών για την οργάνωση του μεταφορικού συστήματος με όλες τις ωφέλειες που συνεπάγεται η συγκέντρωση αυτή, όπως η μείωση του μεταφορικού κόστους και η αύξηση του βαθμού εξυπηρέτησης του φορτίου σε ένα σημείο. Η ανάπτυξη τους σε περιοχές εκτός της πόλεως δίδει δυνατότητες ταχείας προσπέλασης, ενώ δε δημιουργεί προβλήματα λειτουργίας της πόλης, ούτε και στον εφοδιασμό της. Επίσης η συγκέντρωση δραστηριοτήτων σε μία έκταση, επιτρέπει την υποστήριξή τους από εξειδικευμένες υποδομές όπως τηλεπικοινωνιών, οδικών, αρδευτικών, αποχετευτικών, ανακύκλωσης και προστασίας περιβάλλοντος, μηχανολογικού εξοπλισμού υψηλής δυναμικότητας κλπ, που σε περίπτωση κατακερματισμού τους δε θα εξασφάλιζε τις δυνατότητες αυτές. Αντίστοιχα παρέχονται εξειδικευμένες υπηρεσίες εσωτερικής αποθήκευσης, υπαίθριας αποθήκευσης, στάθμευσης, εξυπηρέτησης φορτίων μέσω του εξοπλισμού, οδικού δικτύου, σιδηροδρομικού δικτύου, των συνδέσεων τους και των εσωτερικών κόμβων. Στους χώρους αυτούς θα αυξηθεί η παραγωγικότητα του στόλου που θα χρησιμοποιείται, καθώς θα ελαχιστοποιηθούν οι μετακινήσεις των φορτίων και κάθε μεταφορικό μέσο θα διατηρήσει τη βέλτιστη θέση του μέσα στο εφοδιαστικό κύκλωμα, με το σιδηρόδρομο στη μεγάλων αποστάσεων μαζική μεταφορά και τις οδικές στις ευέλικτες.[52]

Όσων αφορά την σημασία ιδρύσεως εμπορευματικού κέντρου ο Μπαλλής Α[13]. συμπεραίνει ότι η συγκέντρωση υπηρεσιών και εγκαταστάσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας σε περιοχές που προσφέρουν κατάλληλες υποδομές και υποστηρικτικές υπηρεσίες προσφέρει αξιόλογα οικονομικά οφέλη για τις εγκατεστημένες εταιρίες και

έχει θετικές επιπτώσεις στην οδική κυκλοφορία και το περιβάλλον. Η διερεύνηση της σκοπιμότητας/βιωσιμότητας για την ίδρυση Εμπορευματικών Κέντρων στην Ελλάδα, μετά από μια μακρά περίοδο ωρίμανσης των θεμάτων σε στρατηγικό επίπεδο οδήγησε στον προσδιορισμό ενός ιεραρχικά δομημένου δικτύου εμπορευματικών Κέντρων, Σταθμών και Κόμβων καθώς και στην δημοσίευση του Νομοθετικού Πλαισίου που θέτει τους όρους για την ίδρυση και λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων. Η ίδρυση νέων εμπορευματικών κέντρων παρόλα αυτά δεν έχει ακόμη τελεσφορήσει, που εν μέρει δικαιολογείται από την αρνητική οικονομική συγκυρία και την ικανοποίηση των σχετικών αναγκών των μεγάλων δια-μεταφορέων σε ανεξάρτητες ιδιόκτητες εγκαταστάσεις, αποτέλεσε την αφορμή για την εκκίνηση μιας προσπάθειας αντιμετώπισης προβλημάτων "τεχνικού χαρακτήρα" αλλά κυρίως θεμάτων σχετικά με την απλοποίηση/χαλάρωση των προϋποθέσεων και διαδικασιών ίδρυσης των Εμπορευματικών κέντρων. Παράλληλα επιχειρείται η αναζήτηση λύσεων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων σε περιοχές όπου παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση αποθηκευτικών/logistics εγκαταστάσεων (άτυπα Εμπορευματικά Κέντρα), χωρίς να υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές και δομές οργάνωσης.[13]

Οι Τσαμπούλας Δ. και Δημητρόπουλος Ι. [12] προτείνουν ως κυριότερο κριτήριο δημιουργίας των εμπορευματικών κέντρων την καλύτερη οργάνωση των μεταφορικών συστημάτων που συνοψίζεται στην ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς των εμπορευμάτων από τον προμηθευτή στον τελικό αποδέκτη, στην βελτιστοποίηση των μεταφορικών αλυσίδων και την προσαρμογή στις ευνοϊκές διεθνείς συνθήκες για την ανάπτυξη των συνδυασμένων μεταφορών. Ωστόσο ιδιαίτερη σημασία δίδεται σε κριτήρια που απορρέουν από την περιφερειακή ανάπτυξη. Αναλυτικότερα η δημιουργία των εμπορευματικών κέντρων άπτεται σε κριτήρια που αφορούν το εθνικό περιφερειακό σχεδιασμό δηλαδή τον έλεγχο της χωροταξική συγκέντρωση των δραστηριοτήτων, την βελτιστοποίηση των χρήσεων γης και την διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος στην περιφέρεια καθώς επίσης και την μακροοικονομική επίδραση των εμπορευματικών κέντρων στους τομείς της απασχόλησης, της ενέργειας και του κατά κεφαλήν περιφερειακού /τοπικού εισοδήματος. Τα κυριότερα κριτήρια εγκατάστασης ενός εμπορευματικού κέντρου σε μία περιφέρεια είναι η ύπαρξη παραγωγικών κλάδων ή βιομηχανικών ζωνών και η ποσότητα τοπικής παραγωγής καθώς και η τοπική καταναλωτική αγορά. Άλλα

σημαντικά κριτήρια είναι η διαθεσιμότητα γης για την ανάπτυξη του κέντρου, η σπουδαιότητα της διαμετακομιστικής κίνησης και η δυνατότητα πρόσβασης σε υπάρχοντα δίκτυα υποδομής.[12]

Σχεδιασμός Εμπορευματικών Κέντρων

Στο Warehouse management Handbook του Tompkins J.[49] προτείνεται ότι για κάθε στάδιο μετακίνησης φορτηγών εντός του εμπορευματικού κέντρου, από την στιγμή που εισέρχεται στην περιοχή των αποθηκών μέχρι και την στιγμή που φθάνει στον προορισμό του, απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός του εσωτερικού οδικού δικτύου. Πρέπει να δίνεται προσοχή από τον σχεδιαστή σε κάθε απόφαση όσον αφορά τις συνθήκες ασφαλείας, προστασίας, αποδοτικότητας και συνολικής κερδοφορίας. Για να βοηθηθεί ο σχεδιαστής στις αποφάσεις του, προτείνεται να επικοινωνεί με τους προμηθευτές και τους εκάστοτε χρήστες του χώρου των αποθηκών, ώστε να επιτύχει τον άριστο σχεδιασμό.

Για τον σχεδιασμό του εμπορευματικού κέντρου οι Μπαλλής Α. και Μαυρωτάς Γ. [57] εφήρμοσαν την πολυ-κριτηριακή μέθοδο promethee (preference ranking organization method for enrichment evaluation), η οποία βοηθά τους εκάστοτε ιθύνοντες να κατανοήσουν το πρόβλημα και να βρουν εναλλακτικές λύσεις που ταιριάζουν καλύτερα στο στόχο τους. Παρέχει ένα ολοκληρωμένο και ορθολογικό πλαίσιο για τη δόμηση της λύσης του προβλήματος, τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση των κριτηρίων που επηρεάζουν το πρόβλημα, και τονίζει τις κύριες εναλλακτικές λύσεις και το σκεπτικό πίσω από αυτό. Συγκεκριμένα προκρίνουν ως κριτήρια σχεδιασμού την διάταξη του Εμπορευματικού Κέντρου(αριθμό αποθηκών, εμβαδόν αποθηκευτικών χώρων), δυνατότητα άμεσης πρόσβασης από σιδηρόδρομο(ποσοστό αποθηκευτικών χώρων με δυνατότητα πρόσβασης από σιδηρόδρομο, τυπικό μήκος αποβάθρας), δυνατότητα απευθείας φορτοεκφόρτωσης μεταξύ οχημάτων (cross docking μεταξύ φορτηγών,cross docking φορτηγών-τραίνου) και τις συνθήκες κυκλοφορίας(κατευθυντικότητα, μέση απόσταση μετακίνησης, πυκνότητα κυκλοφορίας οχημάτων στο εσωτερικό οδικό δίκτυο, αριθμός διασταυρώσεων τραίνου φορτηγού). Βάσει των εναλλακτικών σεναρίων προκύπτουν και διαφορετικές λύσεις διάταξης και σχεδιασμού. Η μέθοδος που περιγράφηκε θεωρείται ευρέως διαδεδομένη για επίλυση ποικίλων προβλημάτων επιχειρησιακής έρευνας.

Κυκλοφοριακός σχεδιασμός Εμπορευματικών Κέντρων

Για τον κυκλοφοριακό σχεδιασμό των εμπορευματικών κέντρων διατίθενται και χρησιμοποιούνται ποικίλλα εγχειρίδια σχεδιασμού. Ένα από τα σημαντικότερα εγχειρίδια σχεδιασμού εμπορευματικών αποθηκών είναι το εγχειρίδιο Hoermann loading technology.

Το εγχειρίδιο της εταιρείας Hoermann loading technology[14]προτείνει ότι μερικά από τα σημεία που πρέπει να λάβει σοβαρά υπ' όψιν ο σχεδιαστής ενός χώρου φορτοεκφόρτωσης είναι:

Οι διαστάσεις των φορτηγών, αυτές θα υπαγορεύσουν τον απαιτούμενο χώρο που θα διατεθεί στο οδικό δίκτυο, όχι μόνο για την πρόσδεσή τους στα σημεία φορτοεκφόρτωσης αλλά και για να μπορούν να κινούνται και να ελίσσονται με ικανοποιητικούς ρυθμούς. Αναφέρει χαρακτηριστικά ως προφανές, όσο μεγαλύτερες οι διαστάσεις των φορτηγών, τόσο μεγαλύτερος και ο απαιτούμενος χώρος για να ελιχθούν. Επίσης, η στάθμη του δαπέδου της καρότσας καθορίζει και τη βέλτιστη στάθμη του δαπέδου του κτιρίου, ενώ το πλάτος και το ύψος της καρότσας υπαγορεύουν τις συνεργαζόμενες ράμπες, φουσούνες και βιομηχανικές πόρτες.

Το είδος των φορτίων και η χρήση του κτιρίου, διαφορετικές επιλογές εξοπλισμού θα πρέπει να γίνουν για κοινά φορτία και διαφορετικές για φορτία εξαιρετικά μεγάλου βάρους ή για ιδιαίτερης ευπάθειας. Επίσης, διαφορετικές θα είναι οι απαιτήσεις εάν, για παράδειγμα, έχουμε να κάνουμε με ένα κτίριο-ψυγείο απ' ότι με μία συνήθη αποθήκη, ή εάν η φόρτωση και εκφόρτωση γίνεται με περονοφόρο, παλετοφόρο ή με άλλο τρόπο.

Η γεωμετρία του διαθέσιμου χώρου, το ιδανικό είναι να υπάρχει απεριόριστος περιβάλλοντας χώρος, ώστε οι κινήσεις ελιγμών να γίνονται εύκολα και με ασφάλεια και η ροή των οχημάτων να μην εμποδίζεται. Επειδή όμως αυτό είναι η εξαίρεση και όχι ο κανόνας, πρέπει ο όλος σχεδιασμός να φροντίζει για την καλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου χώρου ελιγμών. Προϊόντα όπως πτυσσόμενες φουσούνες ή φουσούνες που λειτουργούν υπό γωνία ως προς το κτίριο είναι μερικές από τις λύσεις που μπορεί να προσφέρουν καλύτερη εκμετάλλευση ενός μικρού χώρου.

Διάφοροι εργονομικοί παράγοντες, ένα ενδεικτικό παράδειγμα είναι ότι, όταν πρόκειται για αριστεροτίμονα φορτηγά (όπως αυτά που κυκλοφορούν στη χώρα μας) είναι ευκολότερο για τον οδηγό να κάνει όπισθεν με κατεύθυνση ωρολογιακή (όπως πάνε οι δείκτες του ρολογιού) παρά ανθρωπολογιακή (αντίθετα με τους δείκτες του ρολογιού). Επίσης, επειδή δεν έχουν όλοι οι οδηγοί τις ίδιες ικανότητες, δεν πρέπει να βασιζόμαστε σε ελιγμούς που απαιτούν εξαιρετική δεξιότητα. Για την τυπική διάταξη των θέσεων φορτοεκφόρτωσης επί του τοίχου (και όχι υπό κλίση), υπάρχει μία πολύ αξιολογική ανάγκη σε χώρο. Σε αυτή την περίπτωση, και για ένα συνηθισμένο μήκος φορτηγού 18 m, απαιτείται πρόσθετη ελεύθερη έκταση αντίστοιχου μήκους για άνετους ελιγμούς. Μιλάμε δηλαδή για μία ελεύθερη απόσταση **36 m** και άνω, από τις θέσεις φορτοεκφόρτωσης, ή (αφού η “λωρίδα” που αντιστοιχεί σε μία θέση φορτοεκφόρτωσης έχει πλάτος τουλάχιστον 4 m) για έκταση τουλάχιστον $4 \times 36 = 144 \text{ m}^2$ ανά θέση φορτοεκφόρτωσης. Ο χώρος αυτός μειώνεται εάν οι θέσεις φορτοεκφόρτωσης τοποθετηθούν υπό κλίση προς τον τοίχο του κτιρίου της αποβάθρας, αλλά αυτό σημαίνει είτε πριονωτή (κλιμακωτή ή οδοντωτή) διάταξη του κτιρίου της αποβάθρας είτε χρήση σταθμών φορτοεκφόρτωσης που θα συνδεθούν στην επιφάνειά του. Σε αυτή την περίπτωση, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το κόστος και η πολυπλοκότητα της όλης κατασκευής ανεβαίνει, αλλά και το ότι οι θέσεις φορτοεκφόρτωσης μειώνονται, για δεδομένο πλάτος κτιρίου.

Όσον αφορά τις κυκλοφοριακές συνδέσεις με το υφιστάμενο εξωτερικό οδικό δίκτυο (δίοδοι), το ελεύθερο πλάτος που αφήνουν οι θύρες της πύλης όταν ανοίγουν, πρέπει να είναι **4.90-6.10 m** για μονή λωρίδα κυκλοφορίας, **8.70- 9.30 m** εάν για διπλή λωρίδα κυκλοφορίας και 10.70 m εάν έχουμε και παράπλευρη δίοδο για διέλευση πεζών. Στα υπόλοιπα σημεία της εγκατάστασης η λωρίδα κυκλοφορίας εσωτερικού οδικού δικτύου πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον **4.00 m** για μονή λωρίδα κυκλοφορίας και τουλάχιστον 7.80 m για διπλή λωρίδα κυκλοφορίας. Τυχόν παράπλευροι πεζόδρομοι πρέπει να διαχωρίζονται με ‘μπαριέρα’ από την κυκλοφορία των οχημάτων. Σημαντικό επίσης είναι, οι δίοδοι να επιτρέπουν την διέλευση υψηλών φορτηγών. [14]

Με το προαναφερθέν εγχειρίδιο συμφωνούν ποικίλλα εγχειρίδια σχεδιασμού χώρων αποθηκών όπως αυτό της εταιρείας Nova technology international[24] .Οι οποίες χαρακτηριστικά αναφέρουν ότι για επιτυχή κυκλοφορία φορτηγών οχημάτων στους χώρους των αποθηκών, ο σχεδιαστής οφείλει να σχεδιάσει μια πύλη εισόδου-εξόδου

που να επαρκεί για την ακτίνα στροφής του ‘μακρύτερου’ φορτηγού που αναμένεται και να επιτρέπει στον οδηγό να φέρει σε ευθεία θέση το όχημα μετά την είσοδο στην εγκατάσταση, οι δεξιές στροφές του εσωτερικού οδικού δικτύου να έχουν κατ’ ελάχιστο ακτίνα **8μ** και οι διελεύσεις μονής κυκλοφορίας να έχουν πλάτος **4μ**. Όσων αφορά τους χώρους εμπροσθεν των αποβαθρών των αποθηκών, το εγχειρίδιο προτείνει η απόσταση μεταξύ των θέσεων φορτοεκφόρτωσης μετρούμενες από άξονα οχήματος σε άξονα οχήματος να είναι **3,6μ** και ο χώρος από την θέση της αποθήκης μέχρι επόμενο εμπόδιο (αποθήκη, λωρίδα κυκλοφορίας κλπ) να είναι **36μ**, αν η απόσταση μεταξύ θέσεων αυξηθεί, ο χώρος εμπροσθεν των αποθηκών μπορεί να φθάσει μέχρι και **32μ**.

Ομοίως το εγχειρίδιο της Blue giant [32] προτείνει σχεδιασμό χώρου εμπροσθεν της αποθήκης τουλάχιστον στα **38μ**. Όπως θα δούμε στη συνέχεια οι διαστάσεις αυτές κρίνονται μεγάλες για την Ευρωπαϊκή πραγματικότητα, καθότι όπως προανέφερα κρίσιμος παράγοντας για τον σχεδιασμό οδικού δικτύου εμπορευματικού κέντρου αποτελεί το όχημα το οποίο θα εξυπηρετήσει η εγκατάσταση. Στα εν λόγω εγχειρίδια το όχημα σχεδιασμού είναι αρθρωτό φορτηγό όχημα στα 18μ και 19μ μήκους και 2,6μ μέτρα πλάτος το οποίο δεν νομιμοποιείται εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης στην παρούσα φάση.[38]

Συνεπώς για αναλυτική διαστασιολόγηση των χώρων εισόδου- εξόδου, κυκλοφορίας και στάθμευσης οχημάτων του εμπορευματικού κέντρου, πέραν των εγχειριδίων που προσφέρουν συγκεκριμένες προτάσεις διαστασιολόγησης, αναγκαίο είναι να προσδιορίσουμε τις απαιτήσεις της κάθε εγκατάστασης ξεχωριστά βάσει του εκάστοτε οχήματος που θα εξυπηρετήσει η εγκατάσταση. Κατ’ επέκταση αναγκαίο κρίνεται να γνωρίζουμε τις καμπύλες κινήσεων ελιγμών των οχημάτων που προβλέπεται να εξυπηρετήσει το εμπορευματικό κέντρο (στην ουσία την επιφάνεια οδοστρώματος που χρησιμοποιούν κατά τον ελιγμό), με την χρήση των οποίων θα γίνει ο σχεδιασμός του οδικού δικτύου.

Παράμετροι σχεδιασμού

Οι κινήσεις ελιγμών των φορτηγών οχημάτων βάσει του άρθρου ‘Review of truck characteristics as factors in roadway design’ του Transportation Research Board [19] εξαρτώνται από τις εξής παραμέτρους: τύπος οχήματος, γωνία αλλαγής διεύθυνσης,

τα οποία καθορίζουν την απόκλιση ιχνών στροφής των τροχών ('Offtracking'), η πρόσθια και οπίσθια προβολή αμαξώματος, απόσταση πέδησης (μήκος πέδησης), η διατήρηση σταθερής ταχύτητας και τα χαρακτηριστικά επιταχύνσεως.[19]

Οι G.E. Prince et.al [54] προτείνουν ως κρισιμότερη παράμετρο σχεδιασμού ελιγμών φορτηγών οχημάτων την απόκλιση των ιχνών στροφής των τροχών ('Offtracking'), αλλά θεωρούν ότι συνηθέστερα η μαθηματική προσέγγιση του προβλήματος δεν ενδιαφέρει τον σχεδιαστή, αντιθέτως προτείνουν στο σχεδιαστή να βασίζεται σε γρήγορους και αξιόπιστους εμπειρικούς κανόνες (τεχνικές προδιαγραφές) παρόλο που έχουν περιθώριο λάθους, όπως τα προαναφερθέντα εγχειρίδια.

Ο Μάνεσης Α.[55] ανάγει το πρόβλημα της απόκλισης ιχνών στροφής των τροχών ('Offtracking') ως πρόβλημα σχεδιασμού για κάθε αρθρωτό όχημα, συγκεκριμένα προτείνει την διαμόρφωση ενός μηχανισμού όπου θα ελέγχεται η στροφή της άρθρωσης ('κοτσαδόρου'), έτσι ώστε να περιοριστεί η απόκλιση που έχουν οι τροχιές που διαγράφουν το ρυμουλκό με το ρυμουλκούμενο. Στο ίδιο πλαίσιο οι Bortoni-Anzures et al. [56] σχεδίασαν ένα αυτόματο σύστημα ελεγχόμενης στροφής της άρθρωσης έτσι ώστε το ρυμουλκούμενο να ευθυγραμμίζεται με το ρυμουλκό το αμεσότερο δυνατό περιορίζοντας στο μέγιστο το φαινόμενο της απόκλισης τροχιάς. Σε κάθε περίπτωση οι παραπάνω έρευνες προδίδουν ότι το πρόβλημα της απόκλισης τροχιάς ιχνών στροφής μεταξύ του κατευθυντήριου άξονα και των αξόνων του ρυμουλκούμενου απασχολεί την διεθνή ακαδημαϊκή κοινότητα καθότι επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνει (σαρώνει) ένα φορτηγό όχημα κατά τον τυχόν ελιγμό του ('Swept path'), και κατ' επέκταση την διαστασιολόγηση των χώρων που εξυπηρετούν αυτούς τους ελιγμούς.

Μέθοδοι σχεδιασμού

Εργαλεία που προσδιορίζουν με ακρίβεια τους ελιγμούς των φορτηγών οχημάτων λαμβάνοντας υπόψιν δηλαδή τους παράγοντες που αναφέρθηκαν, είναι είτε η αναλυτική επίλυση η οποία όμως φέρει πολλές παραδοχές, είτε τα λογισμικά προσομοίωσης, είτε η επίλυση με χρήση των καμπυλών ιχνών στροφής που προσφέρουν οι εθνικοί κανονισμοί οδοποιίας όπως οι αμερικανικοί (AASHTO Green book) και οι γερμανικοί (RAA 2008). Στην Ελλάδα οι καμπύλες ιχνών στροφής ελιγμών οχημάτων παρέχονται από τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων.

Κατά τον Ekert T,[31] η μαθηματική μέθοδος ‘άμεση επίλυση της μέγιστης απόκλισης’ (Direct Solution of Maximum Offtracking, DSMO) είναι η πλέον γνωστή αναλυτική μέθοδος προσέγγισης των ελιγμών φορτηγών οχημάτων, όπως αυτή ορίστηκε από το αμερικανικό εγχειρίδιο SAEH (Society of Automotive Engineers Handbook). Η μέθοδος όπως θα εξηγήσουμε και στη συνέχεια απαιτεί πολύ χρόνο για να ολοκληρωθεί γι’ αυτό και πρακτικά δεν εφαρμόζεται πλέον.

Η μέθοδος σχεδιασμού ελιγμών φορτηγών οχημάτων με την χρήση καμπυλών ιχνών στροφής τροχών και αμαξώματος που παρέχονται από τεχνικές οδηγίες κρατών έχουν προκύψει με μετρήσεις πεδίου για διάφορα οχήματα σχεδιασμού. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για επίλυση ποικίλων προβλημάτων σχεδιασμού οδικών δικτύων. Οι Yang et al.[58] χρησιμοποίησαν τις καμπύλες των αμερικανικών κανονισμών για να προσδιορίσουν το πλάτος λωρίδας επιτάχυνσης σε συστήματα ρύθμισης κυκλοφορίας ramp metering. Αντίστοιχα οι Cheng et. al. [59] χρησιμοποίησαν τους ίδιους κανονισμούς για να προσδιορίσουν το απαιτούμενο πλάτος της λωρίδας επιβραδύνσεως και πως αυτό επηρεάζει στην οδική λειτουργία και ασφάλεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης της μεθόδου αποτελεί και οι δοκιμές για προσπέλασης λωρίδας κυκλοφορίας αστικού οδικού δικτύου από τους Motro et al.[60]. Παραδείγματα σαν και αυτά βρίσκονται διάχυτα στην διεθνή βιβλιογραφία, γεγονός που καθιστούν επιλύσεις με καμπύλες ιχνών στροφής οχημάτων των τεχνικών εγχειριδίων και ιδιαίτερα των αμερικανικών κανονισμών είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες.

Τα λογισμικά προσομοίωσης κυκλοφορίας οχημάτων χρησιμοποιούνται με εξίσου μεγάλη συχνότητα για την επίλυση προβλημάτων στον σχεδιασμό οδικών δικτύων. Οι Zhang H.[61] έκαναν χρήση του λογισμικού προσομοίωσης AutoTURN για να ελέγξουν αν υπάρχει δυνατότητα κυκλοφορίας οχημάτων οδικών συρμών στους εθνικούς αυτοκινητοδρόμους της Κίνας. Ενώ, σε συσχέτιση με το πρόβλημα που θα επιλυθεί στη συνέχεια οι Godavarthy et al.[62] χρησιμοποίησαν επίσης το λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN για τον σχεδιασμό κυκλικών κόμβων (‘roundabouts’) σε περιπτώσεις αρθρωτών οχημάτων, όπου εμφανίζεται το πρόβλημα της απόκλισης ιχνών στροφής. Τα λογισμικά και οι τεχνικές οδηγίες θεωρούνται έγκυρες σε μεγάλο βαθμό, καθώς και αναγκαίες για ακριβή και ταχεία διαστασιολόγηση οδικών δικτύων.

3. ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ

3.1 Μεθοδολογική προσέγγιση

3.1.1 Στοιχεία κυκλοφοριακού σχεδιασμού Εμπορευματικών Κέντρων

Η προσπάθεια για τη δημιουργία Εμπορευματικών Κέντρων στην Ελλάδα, μετά από μια μακρά περίοδο ωρίμανσης οδήγησε, σε στρατηγικό επίπεδο, στον προσδιορισμό ενός ιεραρχικά δομημένου δικτύου Εμπορευματικών Κέντρων, Σταθμών και Κόμβων καθώς και στη δημοσίευση Νόμου που προσδιορίζει σαφώς τους όρους και τις προϋποθέσεις για την ίδρυση και λειτουργία Εμπορευματικών Κέντρων (Ν.3333/2005 με τις επεξηγήσεις εγκυκλίου εκδοθείσας εν έτη 2010 και τις τροποποιήσεις του Ν.4302/2014), μεταξύ των οποίων είναι και η διοίκηση τους από εταιρεία που δημιουργείται για τον σκοπό αυτό. Όμως η προϋπάρχουσα νομοθεσία, στην οποία οι υποδομές των υπηρεσιών της μεταφορικής αλυσίδας αντιμετωπίζονται είτε ως σταθμοί φορτηγών αυτοκινήτων είτε ως αποθηκευτικοί χώροι, είχε ήδη οδηγήσει στην κατασκευή εγκαταστάσεων αποθήκευσης/logistics σε περιοχές εντός σχεδίου, σε οργανωμένους βιομηχανικούς υποδοχείς, σε ειδικές ζώνες αλλά και σε περιοχές εκτός σχεδίου. Οι προσπάθειες που έχουν γίνει μέχρι στιγμής για την ίδρυση Εμπορευματικών Κέντρων σύμφωνα με τις προϋποθέσεις του ανωτέρω Νόμου, δεν έχουν τελεσφορήσει. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται εν μέρει από την αρνητική οικονομική συγκυρία και την ικανοποίηση των σχετικών αναγκών των μεγάλων διαμεταφορέων σε ανεξάρτητες ιδιόκτητες εγκαταστάσεις. Ταυτόχρονα, αποτέλεσε την αφορμή για την εκκίνηση μιας διερεύνησης για την απλοποίηση των προϋποθέσεων και διαδικασιών για την ίδρυση των Εμπορευματικών Κέντρων και την ενίσχυση της ελκυστικότητάς τους, ενώ παράλληλα επιχειρήθηκε η αναζήτηση λύσεων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων σε περιοχές όπου παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση αποθηκευτικών/logistics εγκαταστάσεων (άτυπα Εμπορευματικά Κέντρα), χωρίς να υπάρχουν και οι κατάλληλες υποδομές και δομές οργάνωσης.[13]Για την ίδρυση εμπορευματικού κέντρου στην Ελλάδα υποβάλλεται αίτηση στο Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών από την ιδρυτική εταιρεία. Η Εταιρεία μπορεί να υποβάλει την αίτηση και όταν θα βρίσκεται στο στάδιο της συστάσεως (υπό σύσταση εταιρεία). Για την υποβολή της αίτησης απαιτείται να πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

Η Συγκοινωνιακή μελέτη σε επίπεδο προμελέτης (άρθρο 5 παρ. 2δ, ν.3333/2005, με τις επεξηγήσεις της εγκυκλίου για τα άρθρα του νόμου του 2010) συντάσσεται από τον κατά νόμο υπεύθυνο μηχανικό και αποτελεί ένα από τα δικαιολογητικά που απαιτείται να υποβάλει η Εταιρεία για την ίδρυση ενός Εμπορευματικού Κέντρου σε συγκεκριμένη θέση.

Αποτελεί το ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ του σταδίου της αναγνωριστικής μελέτης ενός έργου (προκαταρκτική έκθεση με απλή περιγραφή των χαρακτηριστικών) και του σταδίου της οριστικής μελέτης υλοποίησής του, μπορεί δε να θεωρηθεί και ως μία διερευνητική μελέτη εφαρμογής μικρότερης κλίμακας. Επιπλέον, μέσω αυτής αναδεικνύεται η χωροταξική και συγκοινωνιακή – κυκλοφοριακή διάσταση του επενδυτικού σχεδίου της ίδρυσης εμπορευματικού κέντρου σε συγκεκριμένη έκταση, προτού αυτό περάσει στη φάση της υλοποίησης, καθώς επίσης βεβαιώνεται και πιστοποιείται η καταλληλότητα επιλογής της θέσης εγκατάστασής του.

Συγκεκριμένα, αποτελείται από τρεις ενότητες (αα), (ββ) και (γγ) των οποίων οι βασικοί στόχοι και το περιεχόμενο είναι το εξής:

- Η ενότητα (αα) αποτελεί μία καταγραφή και αποτύπωση, σε τοπογραφικό υπόβαθρο κατάλληλης κλίμακας (σχέδιο γενικής διάταξης), των υφιστάμενων τρόπων προσπέλασης και διασύνδεσης του υπό αδειοδότηση εμπορευματικού κέντρου με τα υφιστάμενα δίκτυα υποδομής διαφορετικών μεταφορικών μέσων, σε συνδυασμό με την παροχή κατάλληλης υποδομής και εξοπλισμού μεταφόρτωσης και λειτουργιών αλλαγής μέσων μεταφοράς (συνδυασμένη μεταφορά).

- Η ενότητα (ββ) περιλαμβάνει μία τεχνική έκθεση της παροχής της κατάλληλης μεταφορικής υποδομής και εξοπλισμού μεταφόρτωσης και λειτουργιών αλλαγής μέσων μεταφοράς του υπό αδειοδότηση Εμπορευματικού Κέντρου, οι οποίες αποτυπώνονται επιπλέον και σε σχετικό τοπογραφικό διάγραμμα (κλίμακας 1:5000), οι οποίες σε συνδυασμό με τις υφιστάμενες μεταφορικές υποδομές της ευρύτερης περιοχής επιρροής του, τεκμηριώνουν την πλήρωση των χωροταξικών και συγκοινωνιακών κριτηρίων και γενικότερα των προϋποθέσεων της παρ. 2 του άρθρου 2 του Ν. 3333/2005, αναφορικά με την έκτασή του και τις απαραίτητες μεταφορικές του εγκαταστάσεις και υποδομές (τερματικός σταθμός), οι οποίες διαμέσου της προσπέλασης από δίκτυα υποδομής άνω του ενός μέσων μεταφοράς, παρέχουν τις

δυνατότητες ανάπτυξης συνδυασμένων μεταφορικών αλυσίδων (συνδυασμένες οδικές - σιδηροδρομικές μεταφορές).

- Η ενότητα (γγ) περιλαμβάνει μελλοντική πρόβλεψη και ανάλυση της κυκλοφορικών επιπτώσεων των υφιστάμενων μεταφορικών δικτύων (οδικά, σιδηροδρομικά, θαλάσσια, εναέρια δίκτυα μεταφοράς εμπορευμάτων) που χωροθετούνται στην ευρύτερη περιοχή του εμπορικού κέντρου από τη λειτουργία του, διαμέσου μιας ορθολογικότερης διακίνησης της εμπορευματικής κίνησης στα διάφορα μέσα μεταφοράς και της αύξησης της διαλειτουργικότητας μεταξύ τους που προκύπτει από την ύπαρξη τερματικών σταθμών συνδυασμένων οδικών – σιδηροδρομικών εμπορευματικών μεταφορών. Συγκεκριμένα, στην ενότητα αυτή καταγράφεται ο εξορθολογισμός του συστήματος εμπορευματικών μεταφορών που θα προκύψει έπειτα από τη λειτουργία του Εμπορευματικού Κέντρου με τη μοναδοποίηση των φορτίων και τη συμπληρωματικότητα των μέσων μεταφοράς αντί της ανταγωνιστικότητάς τους. Ειδικότερα, αναλύονται οι κυκλοφοριακές επιπτώσεις που θα προκύψουν από την αύξηση της χρήσης του σιδηροδρόμου και των πλωτών ή θαλάσσιων μέσων για μεγάλες συγκεντρώσεις φορτίων για μεσαίες και μεγάλες αποστάσεις, η ευελιξία των οδικών μεταφορών μόνο για τη συλλογή φορτίων και την τελική διανομή, καθώς επίσης και η μείωση των κυκλοφορούντων οδικών οχημάτων και η αποφόρτιση του οδικού δικτύου με θετικές επιπτώσεις στην ασφάλεια και την αξιοπιστία των μεταφορών.

Για τον συγκοινωνιακό σχεδιασμό των Εμπορευματικών κέντρων εμφανίζονται ιδιαίτερες απαιτήσεις, καθότι σχεδιάζεται για να κυκλοφορούν φορτηγά οχήματα. Αυτό συμβαίνει διότι η επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνει ένα φορτηγό όχημα κατά τις κινήσεις ελιγμών του είναι πολύ μεγαλύτερη από τα επιβατικά οχήματα, ενώ όταν το όχημα δεν είναι συμπαγές, αλλά συστήματα ρυμουλκού-ρυμουλκούμενου εντοπίζεται η δυσκολία του προσδιορισμού της συνολικής επιφάνειας οδοστρώματος που καταλαμβάνει το όχημα κατά τον ελιγμό λόγω του φαινομένου της απόκλισης μεταξύ των ιχνών στροφής των τροχών του ρυμουλκού έναντι του ρυμουλκούμενου ('Swept path'). Λόγω αυτής της ιδιαιτερότητας απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στον κυκλοφοριακό σχεδιασμό του Κέντρου γι' αυτό και είναι ιδιαίτερα σημαντικό ο σχεδιασμός να υλοποιηθεί από μηχανικό.

Στον κυκλοφοριακό σχεδιασμό του εμπορευματικών κέντρων, απαιτείται όπως προανέφερα στην βιβλιογραφική επισκόπηση να σχεδιαστεί με ακρίβεια ο τρόπος σύνδεσης του Εμπορευματικού Κέντρου με τα υφιστάμενα δίκτυα, λαβαίνοντας υπόψιν τις ιδιαιτερότητες για περιπτώσεις εντός και εκτός σχεδίου πόλεως Εμπορευματικά Κέντρα (Πύλη εγκατάστασης, Κυκλοφοριακές συνδέσεις), και το εσωτερικό οδικό δίκτυο του Εμπορευματικού Κέντρου. Σχεδιάζονται συγκεκριμένα:

- **Πύλη εισόδου- εξόδου** της εγκατάστασης να έχει κατάλληλο πλάτος ώστε να εξυπηρετεί με ασφάλεια και άνεση τα οχήματα που θα φιλοξενήσει, και να επιτρέπει στο όχημα έπειτα να προχωρήσει ευθεία, στον χώρο του εμπορευματικού κέντρου κατά την είσοδο και του οδικού δικτύου κατά την έξοδο.
- **Κατάλληλος χώρος εμπροσθεν της αποβάθρας**(apron space) που να εξυπηρετεί τους ελιγμούς των οχημάτων σχεδιασμού.
- **Οι λωρίδες κυκλοφορίας και κόμβοι** εντός του κέντρου να έχουν κατάλληλο πλάτος και τόξο συναρμογής οριογραμμών αντίστοιχα.[24]



Εικόνα 5. Εμπορευματικό Κέντρο Interporto Padova, Πηγή: [63]

3.1.2 Παράμετροι σχεδιασμού

Ο κυκλοφοριακός σχεδιασμός των εμπορευματικών κέντρων όπως προανέφερα καθορίζεται από τις κυκλοφοριακές ανάγκες των βαρέων φορτηγών οχημάτων, που εκπονούν τις διάφορες λειτουργίες των εμπορευματικών κέντρων. Ο ελιγμός των συμπαγών οχημάτων προσδιορίζεται με ακρίβεια με χρήση απλών γεωμετρικών σχέσεων, καθότι ανάλογα της γωνίας αλλαγής διεύθυνσης του οχήματος μπορεί να προσδιοριστεί η ακτίνα (R) του κυκλικού τόξου των ιχνών στροφής των τροχών κατά τον ελιγμό. Τα κρίσιμα μεγέθη και διαστάσεις των συμπαγών οχημάτων που επηρεάζουν την διαμόρφωση του καμπύλου τμήματος στροφής σε οδικό δίκτυο είναι τα εξής:

- Τύπος οχήματος

Μήκος μεταξονίου= Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των αξόνων των εμπρόσθιων και οπίσθιων τροχών

Πλάτος οχήματος/Μήκος μετατροχίου= Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των δύο εμπρόσθιων ή των δύο οπίσθιων τροχών. Για την ευκολία των υπολογισμών σαν μήκος μετατροχίου συνήθως λαμβάνεται το πλάτος του οχήματος.

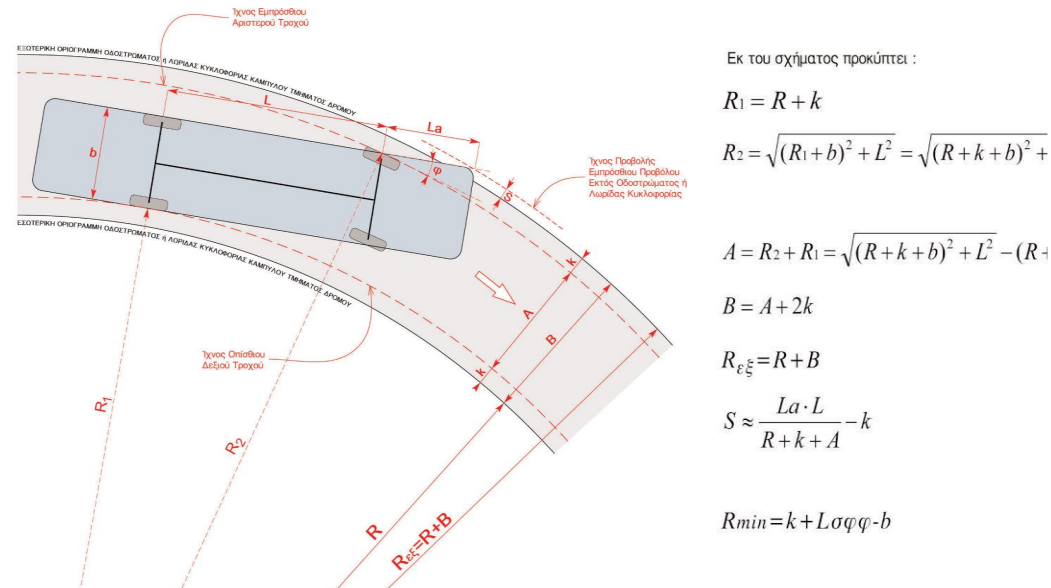
- Μήκος εμπρόσθιου (και οπίσθιου) προβόλου αμαξώματος

Η οριζόντια απόσταση μεταξύ της εμπρόσθιας ακρότατης ακμής του αμαξώματος και του άξονα των εμπρόσθιων τροχών (το μήκος που προβάλλεται το εμπρόσθιο τμήμα του οχήματος μπροστά από τον άξονα των εμπρόσθιων τροχών). Το μήκος του εμπρόσθιου προβόλου δεν επηρεάζει άμεσα την χάραξη των οριογραμμών του οδοστρώματος, αλλά καθορίζει το πλάτος μίας ζώνης στο πεζοδρόμιο(ή εν γένει πέρα από το οδόστρωμα) η οποία πρέπει να είναι ελεύθερη από προεξέχοντα στοιχεία. Σε περίπτωση περισσοτέρων της μίας λωρίδας κυκλοφορίας, το μήκος του εμπρόσθιου προβόλου επηρεάζει άμεσα το πλάτος του αυτών των λωρίδων.

- Γωνία αλλαγής διεύθυνσης

Η γωνία αλλαγής διεύθυνσης των τροχών του οχήματος η οποία καθορίζει την απαιτούμενη ακτίνα του καμπύλου τμήματος του οδοστρώματος ή της λωρίδας κυκλοφορίας.

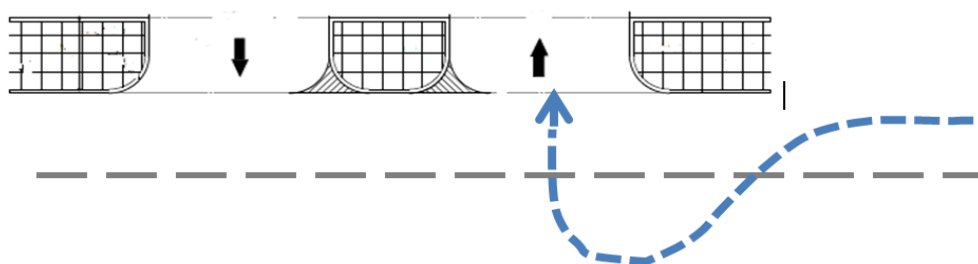
Τέλος, ένα πρόσθετο μέγεθος σχεδιασμού το οποίο επηρεάζει άμεσα την διαστασιολόγηση των στοιχείων του οδοστρώματος ή της λωρίδας κυκλοφορίας είναι ο καθορισμός της απόστασης που θα απέχουν οι πλευρές(δεξιά και αριστερά) οχήματος από τις οριογραμμές του οδοστρώματος ή της λωρίδας κυκλοφορίας, αυτό που αναφέρουμε στη συνέχεια ως περιθώριο ασφαλείας.[15][16][17][18]



Εικόνα 6. Διαμόρφωση καμπύλου τμήματος σε διασταύρωση μονόδρομου με μία λωρίδα κυκλοφορίας, Πηγή:[18]

Τα στοιχεία που ανέφερα καθορίζουν τους ελιγμούς και των φορτηγών οχημάτων και όταν αυτά είναι συμπαγή οι σχέσεις που παρατίθενται στην εικόνα ισχύουν στο ακέραιο, όμως για συστήματα ρυμουλκού- ρυμουλκούμενου εμφανίζεται το φαινόμενο της απόκλισης μεταξύ των ιχνών στροφής των τροχών του οχήματος για τον οποίο εντοπίζονται δυσκολίες στην ακριβή προσέγγιση του. Συνεπώς αν ο τύπος οχήματος περιλαμβάνει άρθρωση (‘κοτσαδόρο’), ο ελιγμός δυσκολεύει. Όσο πιο μεγάλη είναι η καμπυλότητα (κλειστή στροφή) τόσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια που σαρώνει ένα φορτηγό στο πέρασμα του, ενώ το τόξο που διαγράφει το ρυμουλκούμενο είναι μικρότερο εκείνου που διαγράφει το ρυμουλκό. Γι’ αυτό χρειάζεται πρώτον μικρή ταχύτητα, δεύτερον όχι απότομοι χειρισμοί και τρίτον πέδηση πριν από τις στροφές και όχι επάνω στις στροφές. Σε κανονικές συνθήκες κυκλοφορίας ο οδηγός του πρέπει να οδηγεί το όχημα κοντά στο δεξιό άκρο του δρόμου. Εάν όμως πρόκειται σε κάποια διασταύρωση να στρίψει δεξιά, είναι απαραίτητο λόγω διαστάσεων του οχήματος να το μετακινήσει, λίγο πριν από την στροφή ελαφρά προς τα αριστερά, ώστε να πραγματοποιήσει τον ελιγμό χωρίς να

ανέβει στο πεζοδρόμιο και χωρίς να εισέλθει στο αντίθετο ρεύμα. Η μετατόπιση προς τα αριστερά πρέπει να είναι η ελάχιστη αναγκαία, ώστε να μην δημιουργηθούν επικίνδυνες καταστάσεις για την ομαλή κυκλοφορία των οχημάτων που κινούνται στο ίδιο ή το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Ανάλογες δυσκολίες και ιδιομορφίες παρουσιάζονται και στις στροφές προς τα αριστερά. Στην περίπτωση του αρθρωτού οχήματος ή συρμού, όταν γίνει απότομο φρενάρισμα επάνω στη στροφή ή σε βρεγμένο δρόμο ή όταν υπάρχουν άλλες δυσμενείς καιρικές συνθήκες στο οδικό περιβάλλον ή όταν το όχημα είναι υπέρβαρο, τότε είναι μεγαλύτερος ο κίνδυνος να 'διπλώσει' το όχημα.[7]



Εικόνα 7. Αποτυχία διέλευσης από πύλη εγκατάστασης φορτηγού οχήματος Πηγή:[67]

Συνεπώς κρίσιμοι παράγοντες που καθορίζουν τους ελιγμούς και κατ' επέκταση την επιφάνεια που καταλαμβάνει ένα φορτηγό όχημα στο οδόστρωμα κατά τον ελιγμού του είναι ο τύπος οχήματος, η γωνία αλλαγής διεύθυνσης οι οποίες καθορίζουν την απόκλιση μεταξύ των ιχνών στροφής κατευθυντήριου, πρόσθιου και οπίσθιου άξονα ρυμουλκούμενου και οι προβολές (πρόσθια και οπίσθια) του αμαξώματος του οχήματος. Λιγότερο σημαντικοί παράγοντες αποτελούν επίσης η απόσταση πέδησης, το μήκος ορατότητας, τα χαρακτηριστικά της επιτάχυνσης και η διατήρηση σταθερής ταχύτητας.[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε,Ζ,Η,Θ]

I) Τύπος οχήματος

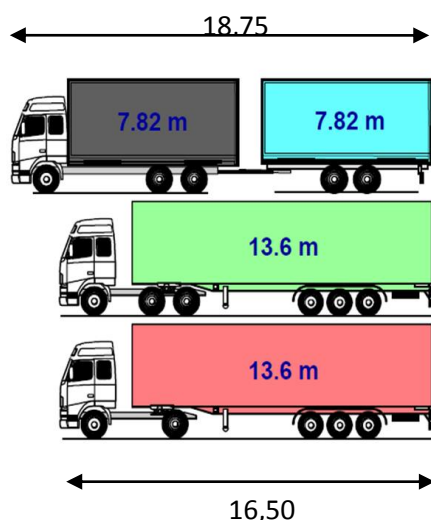
Η ισχύουσα νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζει την τυποποίηση των οχημάτων που επιτρέπεται να κυκλοφορούν στους δρόμους της ως εξής:

-Βαρύ όχημα, με μικότο βάρος $>3,5$ tn , Οχήματα με βάρος 7,5 και 12 tn, που αποτελούν και βαθμίδες για δίπλωμα οδήγησης, Βαρύ φορτηγό, κάθε όχημα με βάρος μεγαλύτερο των 16 tn., όριο για όχημα χωρίς ρυμουλκούμενο 25/26tn, όχημα με λιγότερους από 5 άξονες 36tn, για όχημα με 5 ή παραπάνω άξονες 44tn. Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καθορίζεται από τη διάταξη που ακολουθείται, δηλαδή την ύπαρξη ή όχι ρυμουλκούμενου.

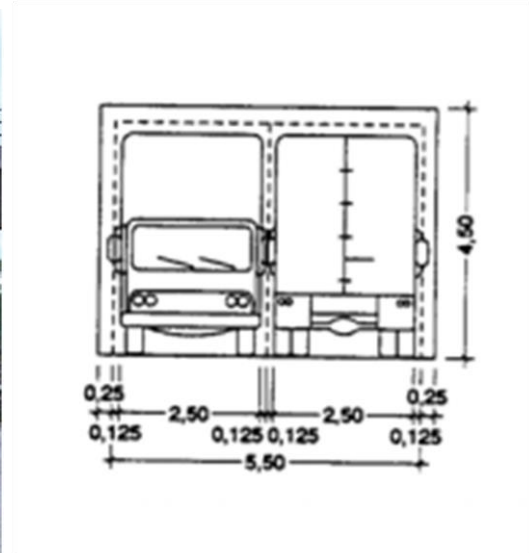
- **Συμπαγές όχημα:** μήκος έως **12 μέτρα**
- **Αρθρωτό όχημα με ένα ρυμουλκούμενο:** μήκος έως **16,5 μέτρα**, με μήκος ρυμουλκούμενου έως 13,6 μέτρα
- **Οδικός συρμός με δύο ρυμουλκούμενα:** συνολικό μήκος **18,75 μέτρα**, με ρυμουλκούμενα μήκους έως 7,8 μέτρα έκαστο.

Η σχέση των αξόνων με το βάρος του οχήματος για νόμιμα φορτηγά εντός της ΕΕ είναι η εξής:

- Όχημα 2 αξόνων: μικότο βάρος έως 18 tn,
- Όχημα 3 αξόνων: έως 26 tn
- Όχημα με ρυμουλκούμενο έως 4 αξόνων: έως 36 tn
- Όχημα με ρυμουλκούμενο 5 ή παραπάνω αξόνων: έως 44 tn .



Εικόνα 8. Διαστάσεις φορτηγών οχημάτων σχεδιασμού Ευρωπαϊκής νομοθεσίας, Πηγή: [38]

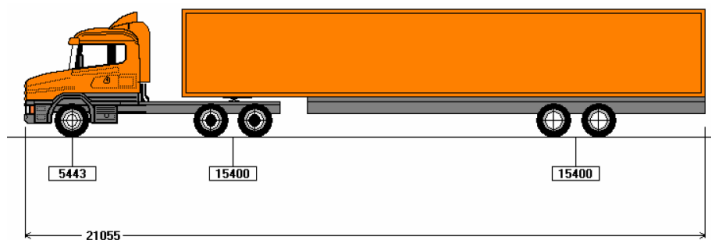


Εικόνα 9. Ύψος και πλάτος φορτηγών οχημάτων, Πηγή: [3]

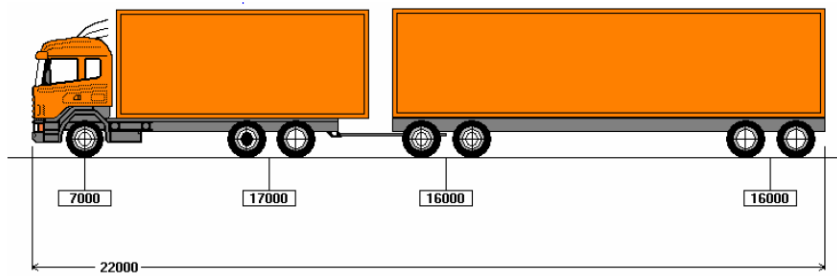
Στον υπόλοιπο κόσμο οι νομοθετικές διατάξεις για το μήκος οχήματος ποικίλλουν. Στην Βόρεια Αμερική το συνηθέστερο μήκος οχήματος είναι 21,055μ (αρθρωτό), στην Νότια Αφρική και στην Βραζιλία 22,00μ και 19,80μ (Συρμός) αντίστοιχα, ενώ στην Σκανδιναβία συνηθέστερο όχημα (και μέγιστου μήκους) έχει μήκος 25,25μ (Συρμός).[8]



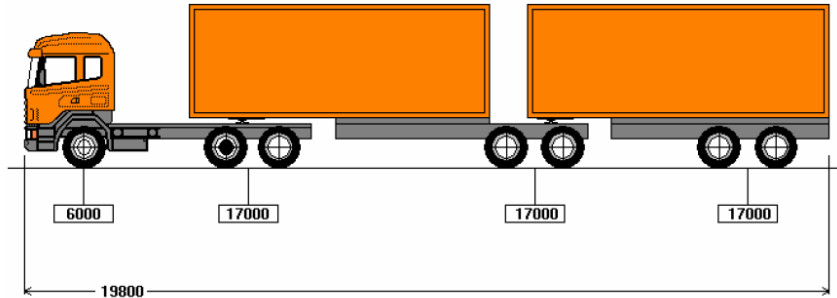
Εικόνα 10. Μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος φορτηγού οχήματος ανά Ευρωπαϊκή χώρα, Πηγή: [27]



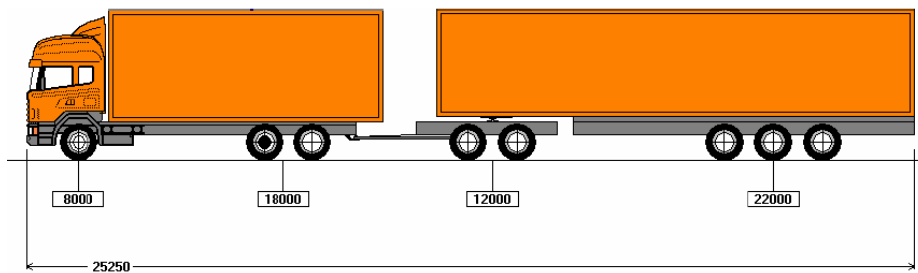
Εικόνα 11. Συνηθέστερο φορτηγό όχημα Βόρειου Αμερικής, Πηγή:[8]



Εικόνα 12. Φορτηγό όχημα σχεδιασμού Νοτίου Αφρικής, Πηγή:[8]



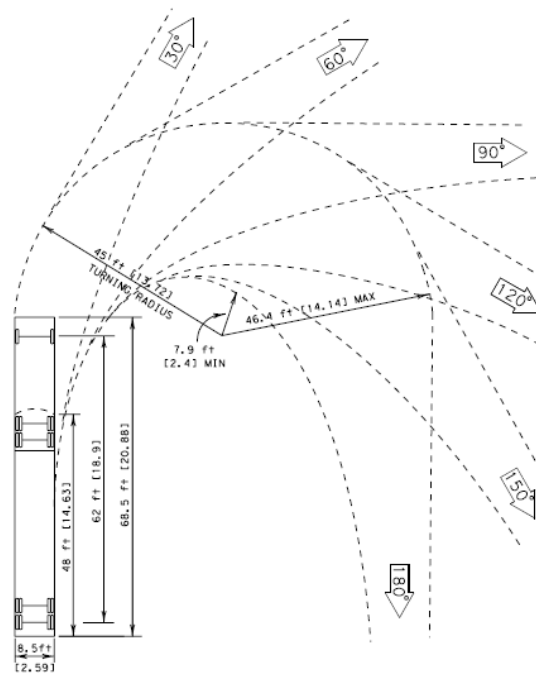
Εικόνα 13. Φορτηγό όχημα σχεδιασμού Βραζιλία, Πηγή:[8]



Εικόνα 14. Φορτηγό όχημα σχεδιασμού Σκανδιναβία, Πηγή:[8]

II) Γωνία αλλαγής διεύθυνσης

Η ακτίνα του τόξου που διαγράφει ο τροχός κατά τον ελιγμό οχήματος καθορίζεται από την γωνία αλλαγής διεύθυνσης του οχήματος, και ορίζεται ως η πορεία που ακολουθεί ο μπροστινός εξωτερικός τροχός του οχήματος, ο οποίος ακολουθεί ένα κυκλικό τόξο σε πολύ μικρή ταχύτητα, και περιορίζεται από τον μηχανισμό στροφής του οχήματος.[19]. Η ελάχιστη απαιτούμενη ακτίνα αλλαγής διεύθυνσης του οχήματος εξαρτάται από τη γεωμετρία της μονάδας έλξης και τον αριθμό των αξόνων που σύρει, αλλά και τον αριθμό των μονάδων εκφυγής. οι γωνίες αλλαγής διεύθυνσης που πρέπει να χρησιμοποιούνται για σκοπούς σχεδιασμού απαιτείται να καλύψουν πρόσθετους παράγοντες, όπως η ικανότητα οδήγησης, η συμπεριφορά του οδηγού, η βέλτιστη λειτουργία και η ασφάλεια της λειτουργίας της οδού. Στα οδικά δίκτυα η γωνία αλλαγής διεύθυνσης για το σχεδιασμό διασταυρώσεων πρέπει να καλύπτει τις δυνατότητες όλων των οχημάτων που αναμένεται να φιλοξενήσει. Αυτό σημαίνει ότι ο ελιγμός του οχήματος πρέπει να επιτυγχάνεται από το σύνολο των οχημάτων που χρησιμοποιούν αυτή την διασταύρωση. Η ορθή επιλογή γωνίας αλλαγής διεύθυνσης για το σχεδιασμό διασταύρωσης εξασφαλίζει λειτουργική αποδοτικότητα, ενώ απαιτούνται μεγαλύτερα περιθώρια για να καλυφθεί η αβεβαιότητα του χειρισμού του οδηγού.[20]

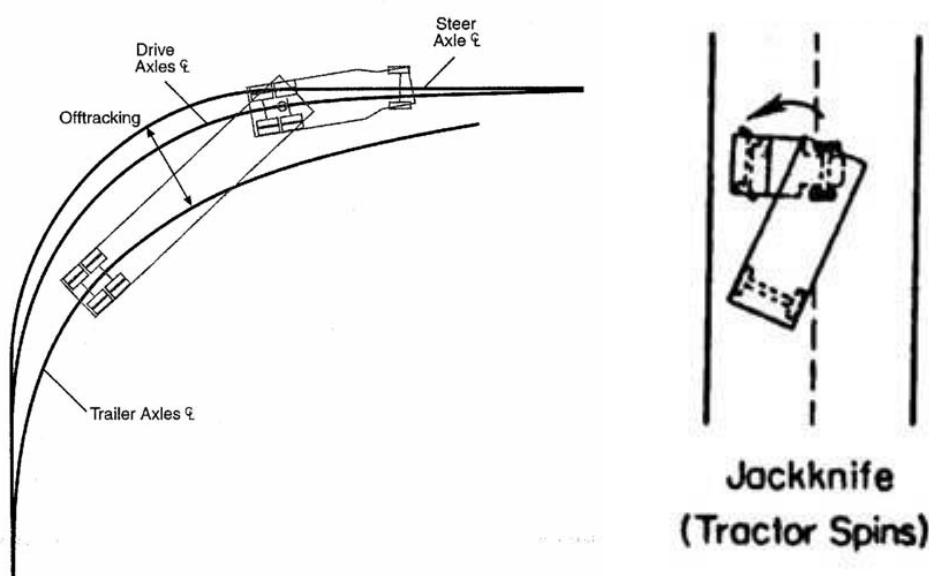


Εικόνα 16. Ίχνη στροφής φορτηγού οχήματος συρμού για διάφορες γωνίες αλλαγής διεύθυνσης, Πηγή:[42]

III) Απόκλιση ιχνών στροφής των τροχών των οχημάτων

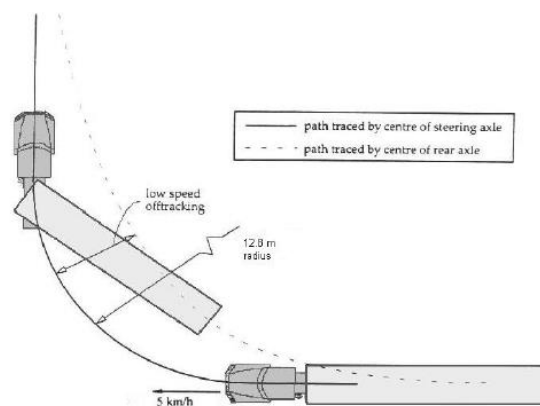
Ο τύπος του φορτηγού οχήματος σε συνδυασμό με την γωνία αλλαγής διεύθυνσης καθορίζει την απόκλιση μεταξύ των ιχνών στροφής των τροχών φορτηγού οχήματος. Η ανάγκη να προσδιορίσουμε με ακρίβεια την απόκλιση των ιχνών στροφής των τροχών ή των αξόνων των φορτηγών οχημάτων ('Offtracking') είναι μια από τις κύριες ανησυχίες των σχεδιαστών οδικών δικτύων όταν αυτά χρησιμοποιούνται από φορτηγά συστήματος ρυμουλκού ρυμουλκούμενου. Η απόκλιση αυτή που υφίσταται το όχημα σχεδιασμού σε μεγάλο βαθμό καθορίζει το απαιτούμενο πλάτος της οδού, τις διαστάσεις των χώρων στάθμευσης και τη διαμόρφωση των κόμβων τα οποία επηρεάζουν το κόστος κατασκευής, την οδική ασφάλεια, την γεωμετρία της οδού, και έχει κατασκευαστικές επιπτώσεις.[31] Προσδιορίζοντας αυτήν την απόκλιση ο σχεδιαστής προσεγγίζει σε μέγιστο βαθμό την επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνει το όχημα κατά τον ελιγμό φορτηγών οχημάτων.

Υπάρχουν δύο είδη απόκλισης, η απόκλιση χαμηλής και υψηλής ταχύτητας. Η χαμηλής ταχύτητας απόκλιση λαμβάνει μέρος όταν οχήματα στρίβουν με χαμηλή ταχύτητα, οι παράγοντες του βάρους, της κατανομής του βάρους και των χαρακτηριστικών ανάρτησης αποτελούν παράγοντες επιρροής της απόκλισης αλλά ελάχιστα σημαντικούς. Αντίθετα στην υψηλής ταχύτητας απόκλιση, όπως υποδεικνύει και το όνομά του το στοιχείο που αλλάζει είναι η υψηλή ταχύτητα. Σε υψηλή ταχύτητα η απόκλιση μπορεί να αποβεί καταστροφική, διότι υπάρχει ο κίνδυνος να 'διπλώσει' το όχημα ('jackknife').[19]



Εικόνα 17. Απόκλιση ιχνών τροχών αξόνων φορτηγού οχήματος, Πηγή:[19]

Όταν ένα αρθρωτό όχημα κάνει έναν ελιγμό αλλαγής διεύθυνσης 90 μοιρών σε χαμηλή ταχύτητα, οι τροχοί του πλέον οπίσθιου άξονα του ρυμουλκούμενου δεν ακολουθούν την διαδρομή του κέντρου του κατευθυντήριου άξονα. Αυτό ονομάζεται χαμηλής ταχύτητας απόκλιση, και πρακτικά δείχνει την πορεία που σάρωσε το όχημα και τις απαιτήσεις σε πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας για το οδικό τμήμα που εξετάζεται. Ως χαμηλής ταχύτητας απόκλιση μετράται η μέγιστη απόσταση μεταξύ της καμπύλης του ίχνους στροφής του μέσου σημείου του κατευθυντήριου άξονα και της καμπύλης του ίχνους στροφής του μέσου σημείου του πλέον οπίσθιου άξονα του ρυμουλκούμενου. Όλα τα φορτηγά οχήματα που χρησιμοποιούν το οδικό δίκτυο θα πρέπει να βρεθούν εντός ορίων της διαμορφωμένης πορείας, χωρίς να φέρουν σε κίνδυνο άλλα οχήματα, κτίρια, υποδομές και αντικείμενα στις παρυφές των δρόμων. Οι πιο σημαντικές παράμετροι που προσδιορίζουν τις διαφοροποιήσεις του τύπου οχήματος και κατ' επέκταση την χαμηλής ταχύτητας απόκλιση ιχνών στροφής των τροχών είναι τα μεταξόνια των ρυμουλκούμενων και ο αριθμός των σημείων καμπής στα αρθρωτά οχήματα. Ενώ μερικές ιδιότητες των φορτηγών οχημάτων, όπως τα φορτία που φέρουν οι άξονες και τα φορτία ανάρτησης του οχήματος μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην απόκλιση χαμηλής ταχύτητας, η επίδρασή τους είναι σχετικά μικρή.[28] Όταν ένα αρθρωτό όχημα κάνει μια σταθερή στροφή σε υψηλή ταχύτητα, το πίσω μέρος του οχήματος τείνει να κινείται προς τα έξω λόγω της υψηλής πλευρική επιτάχυνσης του οχήματος. Όσο η ταχύτητα του οχήματος αυξάνει, η απόκλιση χαμηλής ταχύτητας μειώνεται μέχρι ο πλέον οπίσθιος άξονας του ρυμουλκούμενου ακολουθήσει τη διαδρομή του κέντρου του άξονα διεύθυνσεως, σε υψηλότερη ταχύτητα, ο πλέον οπίσθιος άξονας του ρυμουλκούμενου δεν ακολουθεί τη διαδρομή του κέντρου του άξονα διεύθυνσεως, εκεί έγκειται και η διαφοροποίηση υψηλής και χαμηλής ταχύτητας.



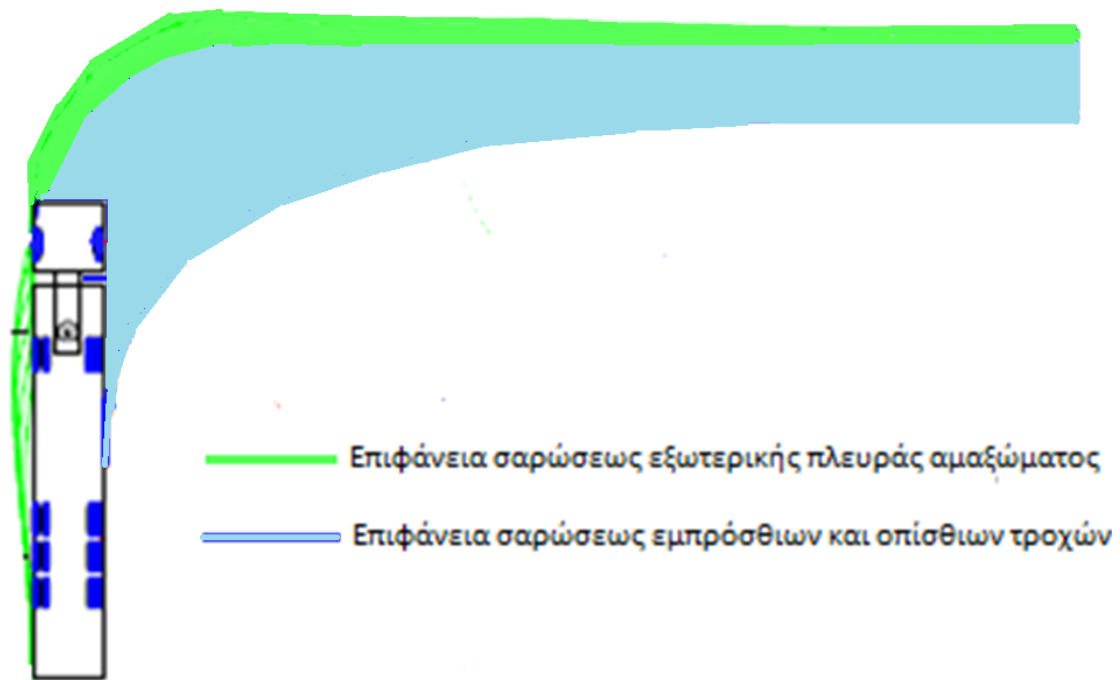
Εικόνα 18. Απόκλιση ιχνών τροχιών αξόνων φορτηγού οχήματος[28]

IV) Πρόσθια & Οπίσθια προβολή αμαξώματος οχήματος

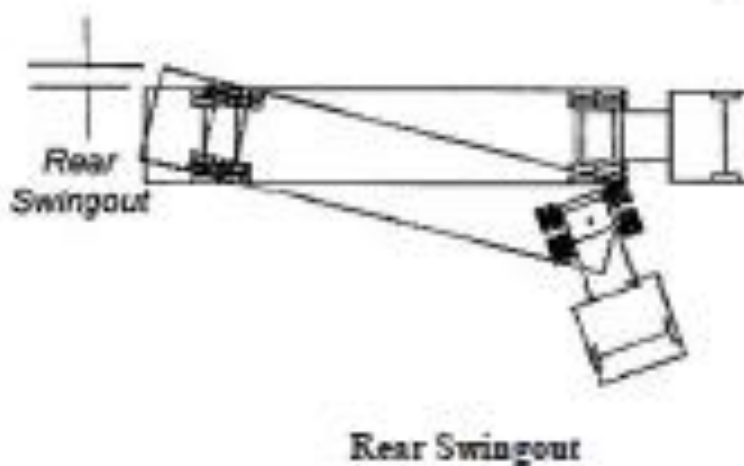
Το πρόσθιο μέρος του ρυμουλκούμενου βρίσκεται μπροστά από τον πρόσθιο άξονα ή άξονες που στηρίζουν το ρυμουλκούμενο. Ομοίως, το οπίσθιο μέρος του ρυμουλκούμενου εξέρχεται από τους οπίσθιους άξονες. Αυτό φέρει σαν αποτέλεσμα, κατά την πραγματοποίηση στροφής το πρόσθιο μέρος του ρυμουλκούμενου να στρέφεται εκτός του ίχνους στροφής του πρόσθιου άξονα του ρυμουλκούμενου (Πρόσθια προβολή) και το οπίσθιο μέρος του ρυμουλκούμενου να στρέφεται έξω από το ίχνος στροφής των οπίσθιων αξόνων του ρυμουλκούμενου(Οπίσθια προβολή). Μήκος εμπρόσθιου προβόλου ονομάζεται η οριζόντια απόσταση μεταξύ της εμπρόσθιας ακρότατης ακμής του αμαξώματος και του άξονα των εμπρόσθιων τροχών (το μήκος που προβάλλεται το εμπρόσθιο τμήμα του οχήματος μπροστά από τον άξονα των εμπρόσθιων τροχών). Το μήκος του εμπρόσθιου προβόλου δεν επηρεάζει άμεσα την χάραξη των οριογραμμών του οδοστρώματος, αλλά καθορίζει το πλάτος μίας ζώνης στο πεζοδρόμιο (ή εν γένει πέρα από το οδόστρωμα) η οποία πρέπει να είναι ελεύθερη από προεξέχοντα στοιχεία. Σε περίπτωση περισσοτέρων της μίας λωρίδας κυκλοφορίας, το μήκος του εμπρόσθιου προβόλου επηρεάζει άμεσα το πλάτος του αυτών των λωρίδων. Μέγιστη γωνία αλλαγής διεύθυνσης των τροχών του οχήματος η οποία καθορίζει την ελάχιστη ακτίνα του καμπύλου τμήματος(στροφής) του οδοστρώματος ή της λωρίδας κυκλοφορίας. Τέλος ένα πρόσθετο μέγεθος σχεδιασμού το οποίο επηρεάζει άμεσα την διαστασιολόγηση των στοιχείων του οδοστρώματος ή της λωρίδας κυκλοφορίας είναι ο καθορισμός της απόστασης που θα απέχουν οι πλευρές(δεξιά και αριστερά) οχήματος από τις οριογραμμές του οδοστρώματος ή της λωρίδας κυκλοφορίας, αυτό που αναφέρουμε στη συνέχεια ως περιθώριο ασφαλείας.[15][16][17][18]

Σε κάποια ρυμουλκούμενα, οι επιπτώσεις της πρόσθιας προβολής του αμαξώματος μειώνεται, στρογγυλεύοντας το πρόσθιο μέρος του αμαξώματος. Παρόλα αυτά, συνήθως το πρόσθιο μέρος συνήθως εξέρχεται 1m και διαρκεί μερικά μόνο δευτερόλεπτα κατά την στροφή. Επιπλέον αποτελεί εμφανές στον οδηγό και άρα κρίνεται ελεγχόμενο. Αντίθετα η οπίσθια προβολή μπορεί να εξέρχεται σημαντικά. Για παράδειγμα σε αρθρωτό όχημα 16,5m η οπίσθια προβολή μπορεί να εξέρχεται έως και 2,7m. Αν και η οπίσθια προβολή δεν είναι τόσο σαφείς στον οδηγό όσο η πρόσθια, μπορεί να διαρκέσει για πολύ μεγαλύτερο διάστημα και δεν είναι άμεσα ορατή από τον οδηγό. Είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι η οπίσθια προβολή όπως και η

απόκλιση τροχιών χειροτερεύει προοδευτικά όσο το όχημα βρίσκεται σε στροφή. Αν και η έξω οπίσθια γωνία του αμαξώματος ακολουθεί μια διαδρομή έξω από την διαδρομή των οπίσθιων τροχών του οχήματος, είναι μέσα στη διαδρομή σαρώσεως. Το εξωτερικότερο μέλος των καμπυλών της διαδρομής σαρώσεως καθορίζεται από τον έξω πρόσθιο τροχό του ελκυστήρα και όχι από τους τροχούς του ρυμουλκούμενου ο οποίος καθορίζει τις καμπύλες που θα διαγράψουν τα ίχνη της πρόσθιας και η οπίσθιας προβολή.[19]



Σχήμα 1. Πρόσθια και οπίσθια προβολή αμαξώματος ρυμουλκούμενου



Εικόνα 19. Οπίσθια προβολή αμαξώματος ρυμουλκούμενου, Πηγή:[19]

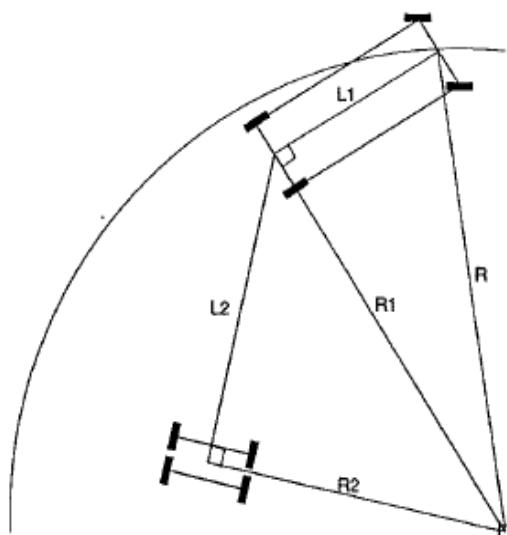
3.1.3. Μέθοδοι σχεδιασμού

1) Μαθηματική μέθοδος

Η ‘Άμεση επίλυση της μέγιστης απόκλισης’ (Direct Solution of Maximum Offtracking,DSMO) είναι η πλέον γνωστή αναλυτική μέθοδος προσέγγισης των κινήσεων των ελιγμών των φορτηγών οχημάτων, όπως αυτή ορίστηκε από το αμερικανικό εγχειρίδιο SAEH(Society of Automotive Engineers Handbook) [14].

Οι εξισώσεις που προσφέρονται στο εγχειρίδιο είναι γνωστές ως ‘άθροισμα τετραγώνων των μεταξονίων’ (‘Sum of the Squares of Wheelbases’).

Η μέγιστη απόκλιση προκύπτει όταν η καμπύλη της κεντρική γραμμής του πρόσθιου άξονα(άξονα ρυμούλκησης) κατά την στροφή τέμνει το τόξο της γωνίας αλλαγής διεύθυνσης[31]



Εικόνα 20. Αναλυτική μαθηματική μέθοδος, Πηγή: [31]

$$OT = R - \sqrt{R^2 - L1^2 - L2^2}$$

Όπου OT=μέγιστη απόκλιση συνδυασμένου οχήματος

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι κάθε όχημα μπορεί να αναλυθεί άμεσα.

Τα μειονεκτήματα είναι ότι

1. Είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα
2. Δεν είναι ικανή να προσεγγίσει τις διαδρομές των τροχών και των προβολών.
3. Δεν μπορεί να αναλύσει αντίστροφες κινήσεις.[31]

Οι απαιτήσεις σε χρόνο επίλυσης και η αδυναμία προσέγγισης των ίχνών των προβολών του αμαξώματος σε κάθε χρονική στιγμή καθιστούν την μαθηματική μέθοδο ανεπαρκή για την προσέγγιση του προβλήματος. Γι' αυτό τον λόγο και οι οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού των οδών ανά χώρα, απαιτούν την χρήση καμπυλών που δείχνουν τα ίχνη του περιτυπώματος των οχημάτων κατά τον ελιγμό, οι οποίες δίνονται υπό κλίμακα στα παραρτήματα των διαφόρων εθνικών κανονισμών και εγχειρίδιων, ενώ συνιστούν υπό συνθήκες την χρήση εγκεκριμένων λογισμικών προσομοίωσης.

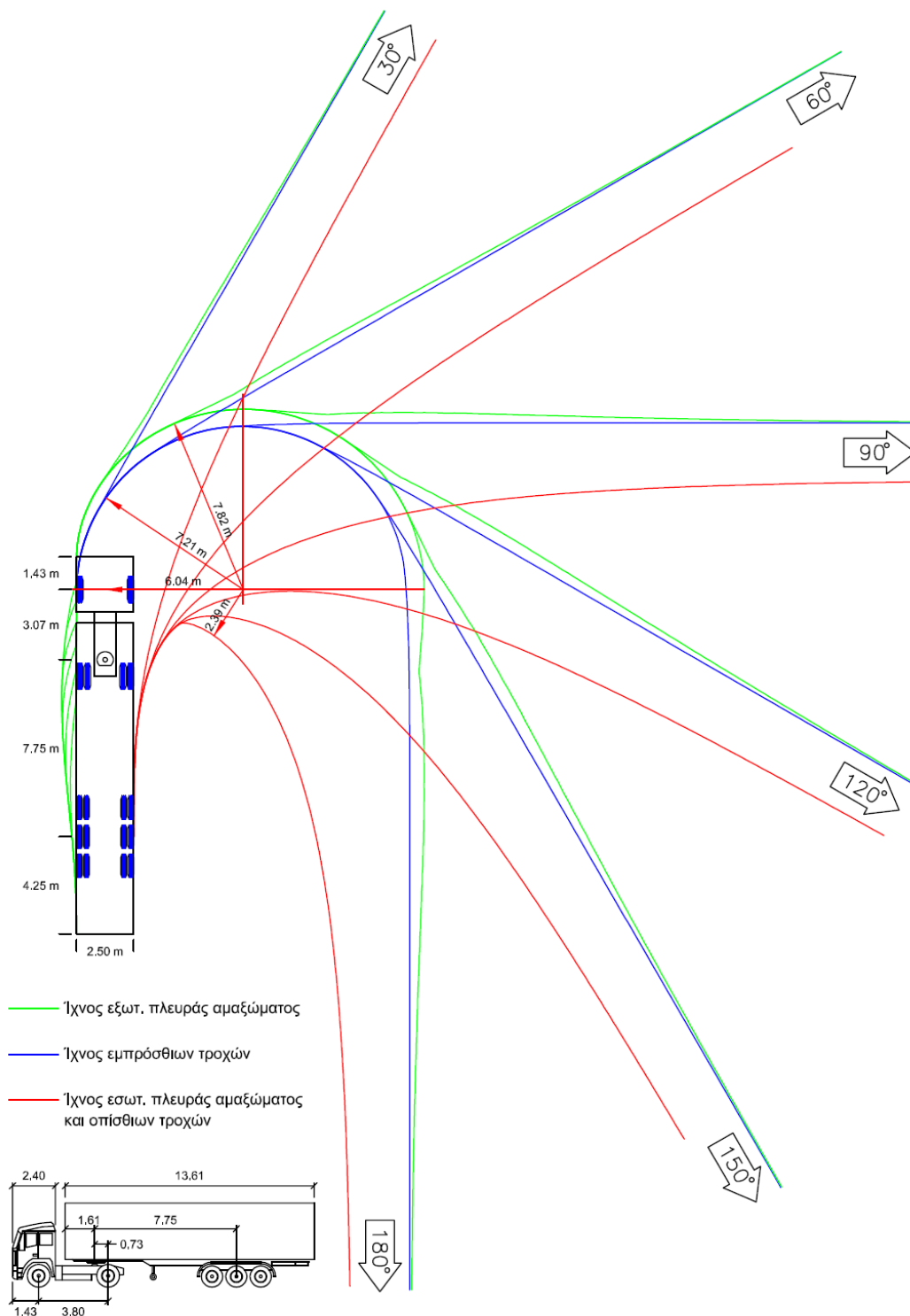
II) Τεχνικές οδηγίες σχεδιασμού οδικών δικτύων

Για την προσέγγιση των ελιγμών φορτηγών οχημάτων στον κυκλοφοριακό σχεδιασμό χρησιμοποιείται ευρύτατα όπως προανέφερα και στην βιβλιογραφία η χρήση υπό κλίμακα καμπυλών ίχνών στροφής τροχών και αμαξώματος, που έχουν προκύψει με μετρήσεις πεδίου για διάφορα οχήματα σχεδιασμού. Στις καμπύλες συνήθως περιλαμβάνονται και τα ίχνη της πρόσθιας και οπίσθιας προβολής των αντίστοιχων οχημάτων. Κύριο μειονέκτημα των καμπυλών αποτελούν η στάσιμη φύση του σχεδίου σε σύγκριση με τα λογισμικά προσομοίωσης, τα οποία είναι πιο κατανοητά, καθότι παρουσιάζουν κάθε στιγμή τη θέση του οχήματος κατά την πραγματοποίηση του ελιγμού του. [31] και ότι δεν προσεγγίζουν με ακρίβεια τους ελιγμούς μέσω αναλυτικών μαθηματικών μοντέλων βάσει των μηχανολογικών στοιχείων του οχήματος (σχετικές μετακινήσεις στοιχείων του οχήματος), αλλά με μετρήσεις πεδίου οι οποίες έχουν σημαντικό περιθώριο λάθους. Παράδειγμα τέτοιων εγχειριδίων, όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφική ανασκόπηση αποτελούν οι Οδηγίες Μελετών Έργων Οδοποιίας για την Ελλάδα, το εγχειρίδιο των Αμερικανικών κανονισμών AASHTO Green book και οι γερμανικοί κανονισμοί RAA 2008. Επιλέγονται να εξεταστούν οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, το AASHTO Green book και το βιβλίο σχεδιασμού 'Οικοδομική και αρχιτεκτονική σύνθεση' Neufert E.

Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων(ΟΜΟΕ)

Στην Ελλάδα η ομοιομορφία της λειτουργίας του οδικού δικτύου επιτυγχάνεται με την εφαρμογή και τήρηση συγκεκριμένων κανόνων κατά την εκπόνηση μελετών για την κατασκευή νέων οδών και την αναβάθμιση ή βελτίωση υφιστάμενων οδών. Σε όλες τις περιπτώσεις θα πρέπει να ακολουθούνται οι κανόνες που προκύπτουν από τις εγκεκριμένες 'Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων'(ΟΜΟΕ) του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών. Για κάθε οδικό έργο που πρόκειται να ενταχθεί σε πρόγραμμα υλοποίησης, θα πρέπει να ελέγχεται η τήρηση των προαναφερομένων Οδηγιών πριν από την έγκριση της μελέτης, ή ακόμη και πριν από τη δημοπράτηση του έργου, όταν δεν έχει συμβεί το πρώτο. Εφόσον μετά από τον έλεγχο διαπιστώνεται μη συμμόρφωση με τα προβλεπόμενα στις ΟΜΟΕ, τότε θα αναθεωρείται η μελέτη σε όσο βαθμό επιβάλλεται από την υποχρέωση τήρησης των εν λόγω Οδηγιών.[23] Μέσω των ΟΜΟΕ παρέχονται υψηλής ποιότητας πληροφορίες υπό μορφή οδηγιών, που έχουν στόχο την υποστήριξη της ακεραιότητας των διαδικασιών εκπόνησης άρτιων μελετών για την οδική υποδομή της χώρας. Η ομογενής και τυποποιημένη, κατά το δυνατόν, διατύπωση προτύπων, πρακτικών, πολιτικών και εν γένει οδηγιών, που πρέπει να εφαρμόζονται καθολικά κατά το σχεδιασμό υλοποίησης οδικών έργων, μπορεί να διασφαλίσει και μεγιστοποιήσει την ποιότητα, την αντικειμενικότητα, τη χρηστικότητα, καθώς και την αρτιότητα των μελετών, με τις οποίες μπορεί να βελτιωθούν οι υφιστάμενες και να κατασκευαστούν βελτιωμένες οι νέες οδικές υποδομές. Οι ΟΜΟΕ, τεύχος: Διατομές περιλαμβάνουν τις αρχές και τις μεθόδους καθώς και τις οριακές ή τυπικές τιμές των διατομών για τη μελέτη νέων οδών και την ανακατασκευή ή βελτίωση υφιστάμενων οδών εκτός ή εντός σχεδίου, που παρέχουν δυνατότητα εξυπηρέτησης των παρόδιων ιδιοκτησιών [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β], ενώ το τεύχος: Ισόπεδοι κόμβοι περιλαμβάνουν απαιτήσεις ποιότητας υλικών και επεξηγήσεις κατασκευής για έργο που περιλαμβάνει σχεδιασμό ισόπεδου κόμβου. [10] Αυτό το τεύχος περιλαμβάνει στα παραρτήματά του τις καμπύλες ιχνών στροφής των οχημάτων.[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α]

Οι οδηγίες επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν καθώς λαμβάνουν υπόψιν τις κρίσιμότερες παραμέτρους που επηρεάζουν τους ελιγμούς φορτηγών οχημάτων (τύπος οχήματος, γωνία αλλαγής διεύθυνσης, απόκλιση τροχιάς, πρόσθια και οπίσθια προβολή). Επίσης αποτελούν εθνικούς κανονισμούς της χώρας μας, οπότε κρίνεται σκόπιμο να ελεγχθεί η εγκυρότητα της μεθόδου.



4.3 Φορηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (αρθρωτό)

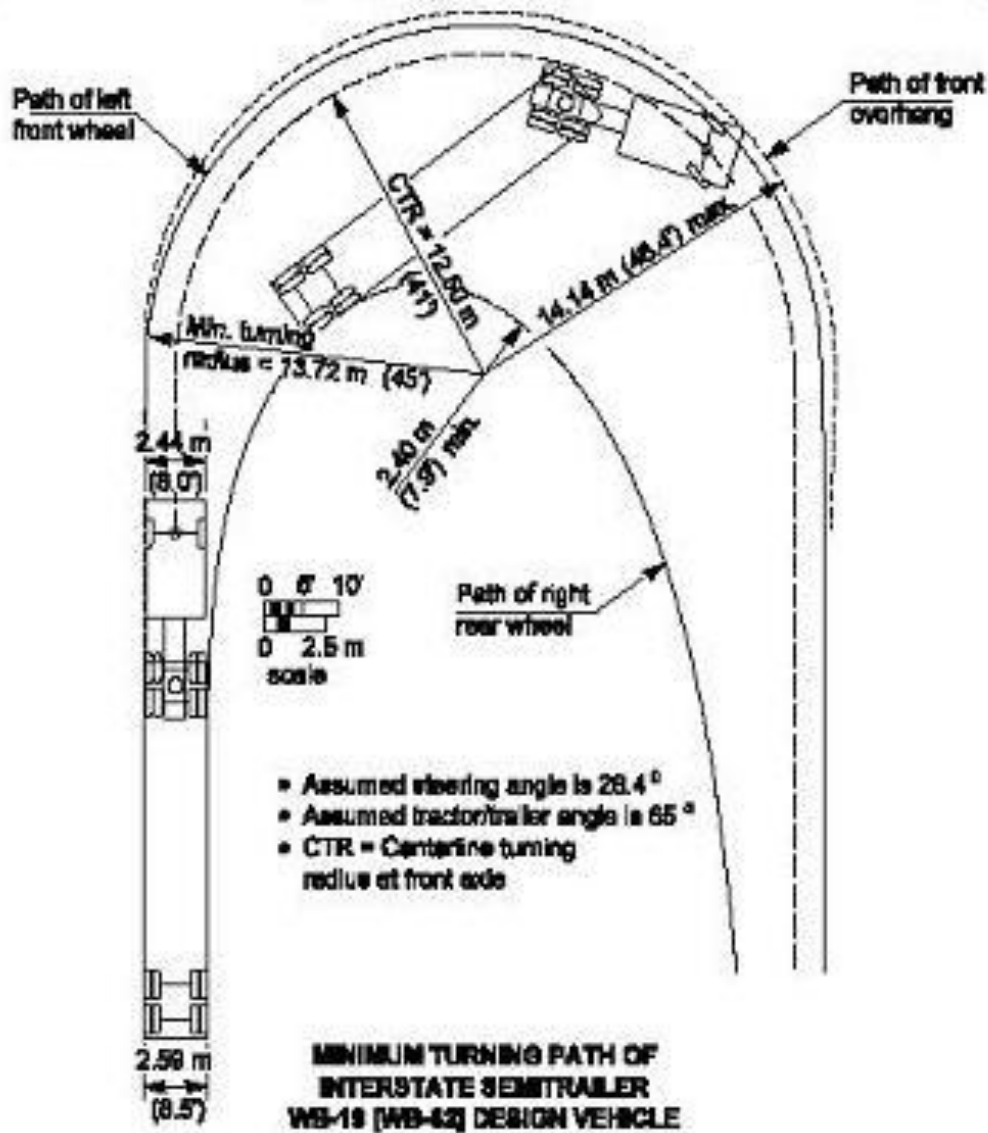
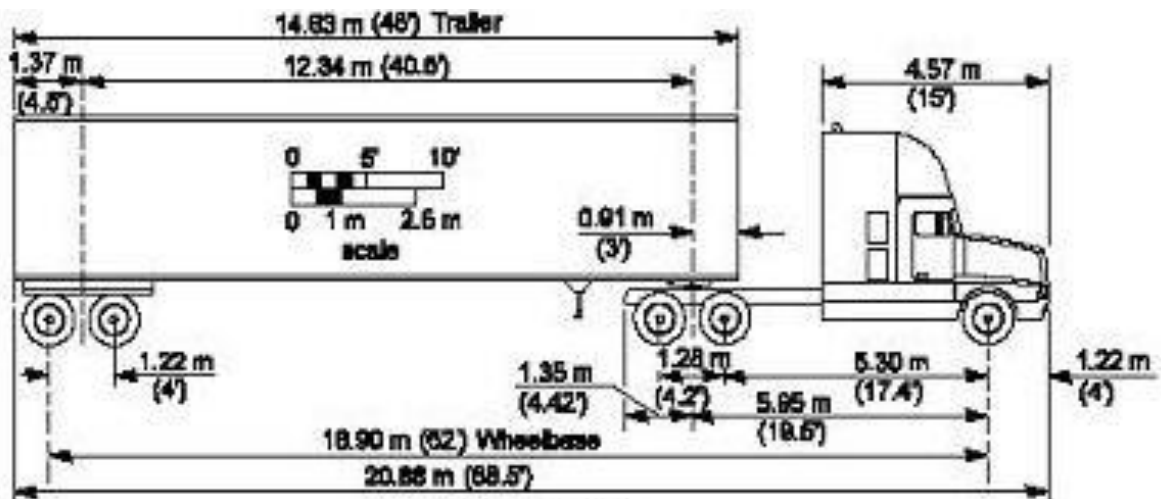
Κλ. 1:250

Εικόνα 21. Καμπύλες ιχνών στροφής αρθρωτού φορηγού από Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων(ΟΜΟΕ), Πηγή:[10]

‘Policy on Geometric Design of Highways and Streets’ του American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO Green Book)

Η American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) είναι μία δομή που θέτει τα πρότυπα, η οποία δημοσιεύει λεπτομέρειες, πρωτόκολλα δοκιμών και οδηγίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό και στην κατασκευή των αυτοκινητοδρόμων σε όλη την έκταση των ΗΠΑ. Παρά το όνομα της, η εταιρεία εκπροσωπεί όχι μόνο αυτοκινητόδρομους αλλά αερομεταφορές, σιδηροδρομικές, θαλάσσιες καθώς και δημόσιες μεταφορές. Το εγχειρίδιο ‘Policy on Geometric Design of Highways and Streets’ συχνά αποκαλείται και ‘Green Book’ λόγω του χρώματος του εξώφυλλου. Το βιβλίο αυτό καλύπτει το λειτουργικό και γεωμετρικό σχεδιασμό των αστικών και υπεραστικών οδικών δικτύων, καλύπτοντας θέματα όπως η διάταξη των διασταυρώσεων, οριζόντιων και κάθετων στροφών κλπ. Τα εξωτερικά όρια σαρώσεως της διαδρομής του κάθε οχήματος σχεδιασμού για τις πιο οξείες γωνίες στροφών καθορίζονται από το εξώτερο ίχνος της πρόσθιας προβολής και της διαδρομής του έσω οπίσθιου τροχού δίνονται σε παραρτήματα το εγχειρίδιου για το κάθε όχημα που έχει εξεταστεί. Αυτή η στροφή προϋποθέτει ότι ο έξω πρόσθιος τροχός ακολουθεί κυκλικό τόξο το οποίο ορίζει την ελάχιστη ακτίνα στροφής του άξονα διεύθυνσεως όπως αυτή ορίζεται από τους μηχανισμούς διεύθυνσεως του οχήματος. Οι διαστάσεις των οχημάτων σχεδιασμού λαμβάνουν υπόψιν τις τάσεις εξέλιξης του μεγέθους των μηχανοκίνητων οχημάτων που κατασκευάζονται στις ΗΠΑ. Οι διαστάσεις των οχημάτων σχεδιασμού προορίζονται να περιλαμβάνουν τα μεγέθη των οχημάτων που είναι κρίσιμα στο γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών και έτσι είναι μεγαλύτερα σε σχέση με σχεδόν όλα τα οχήματα που ανήκουν στις αντίστοιχες κατηγορίες οχημάτων.[33]

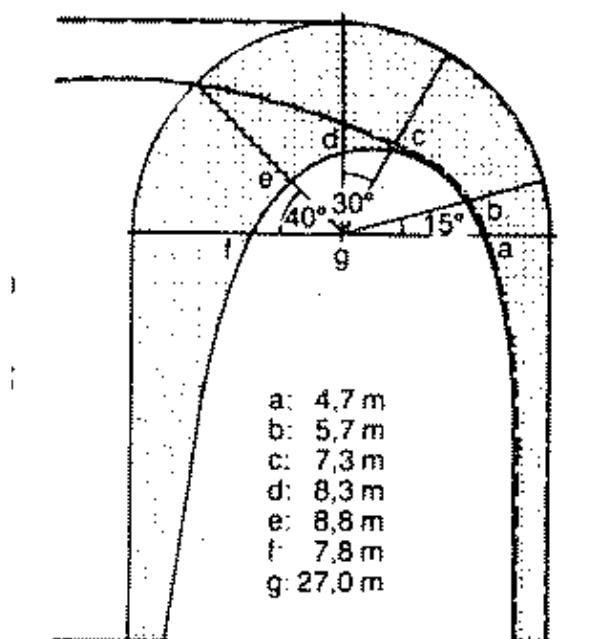
Οι οδηγίες επιλέγονται να μην χρησιμοποιηθούν παρότι λαμβάνουν υπόψιν τις κρίσιμότερες παραμέτρους που επηρεάζουν τους ελιγμούς φορτηγών οχημάτων, διότι δεν είναι συμβατές με τα οχήματα που επιτρέπεται να κυκλοφορούν εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Οδικός Συρμός 18,75X2,5μ και αρθρωτό όχημα 16,5μX2,5μ).



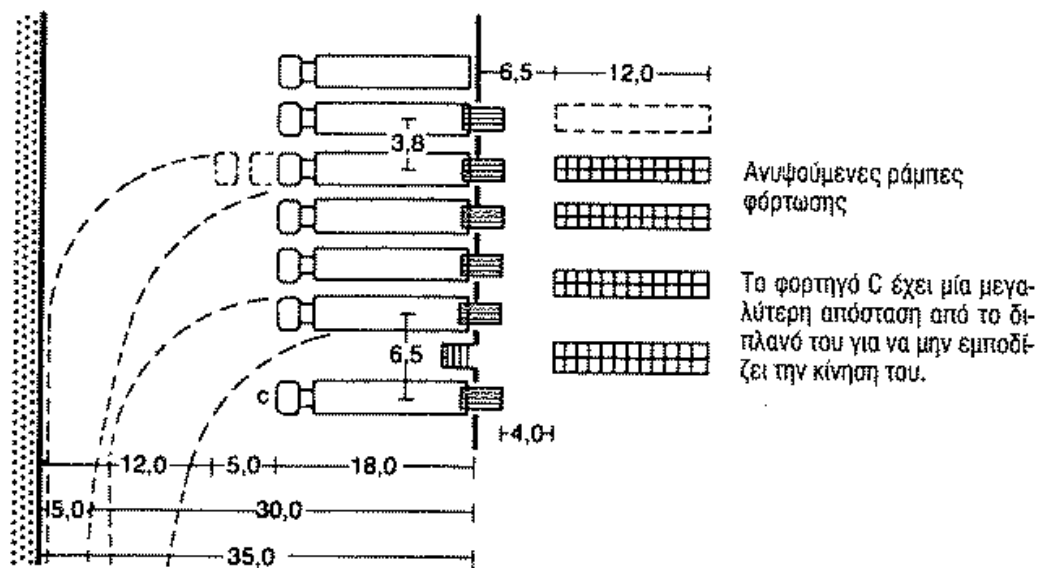
Εικόνα 22. Καμπύλες ιχνών στροφής αρθρωτού οχήματος, AASHTO Green Book, Πηγή:[33]

Οδηγίες του βιβλίου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού ‘Οικοδομική και Αρχιτεκτονική σύνθεση’, NEUFERT E.

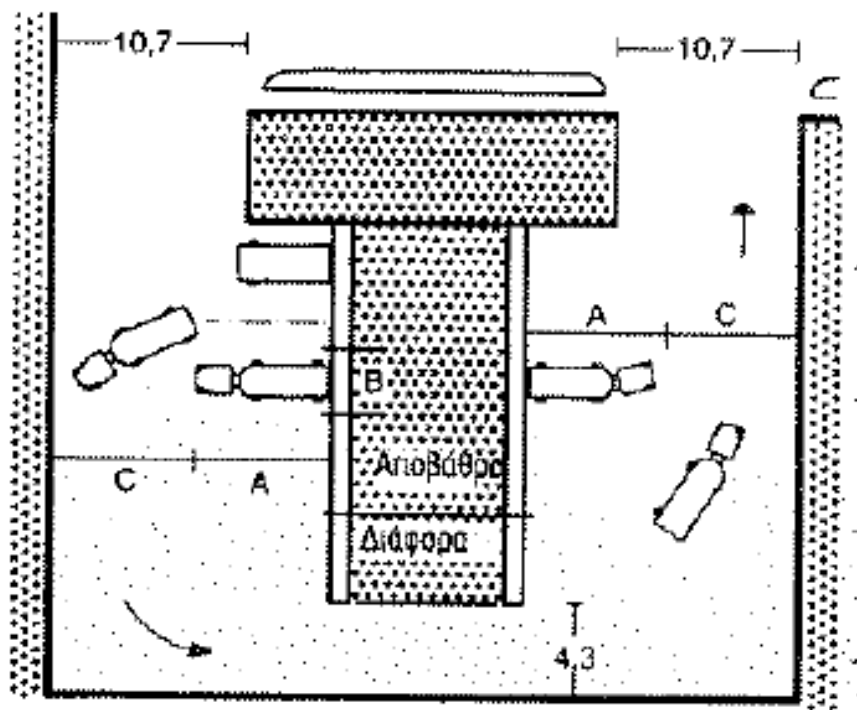
Το βιβλίο ‘Οικοδομική και Αρχιτεκτονική σύνθεση’ των Neufert E. και Neufert P. παρέχει σε αρχιτέκτονες και σχεδιαστές μία συνοπτική πηγή βασικών πληροφοριών που είναι απαραίτητες για να σχηματίσουν ένα πλαίσιο για λεπτομερή προγραμματισμό κάθε οικοδομικού έργου και έργου υποδομής. Ο στόχος είναι η εξοικονόμηση χρόνου για τους μελετητές κτιρίων και χώρων κατά τη διάρκεια της βασικής τους έρευνας. Οι πληροφορίες περιλαμβάνουν τις αρχές της διαδικασίας σχεδιασμού, βασικές πληροφορίες σχετικά με τη χωροθέτηση, συντήρηση και κατασκευή κτιρίων, καθώς και εικόνες και περιγραφές ενός ευρέος φάσματος των κτιριακών τύπων και υποδομών. Οι σχεδιαστές πρέπει να είναι καλά ενημερωμένοι σχετικά με τις απαιτήσεις για όλα τα συστατικά μέρη των νέων έργων, ώστε να διασφαλιστεί ότι τα σχέδιά τους ικανοποιούν τις απαιτήσεις των ενημερώσεων των προδιαγραφών και ότι τα κτίρια συμμορφώνονται με τα αποδεκτά πρότυπα και τους κανονισμούς.[26] Όσον αφορά το τμήμα των σχεδιασμών αποθηκών το βιβλίο μας παρέχει κατόψεις ελιγμών φορτηγών οχημάτων που φαίνονται στις παρακάτω εικόνες για όχημα σχεδιασμού, αρθρωτό όχημα 15μ X 2,5μ, προσφέρει επίσης μεμονωμένες επιλύσεις για τον χώρο εμπροσθεν της αποβάθρας για οδοντωτές και κάθετες διατάξεις.



Εικόνα 23. Ίχνη στροφή αρθρωτού φορτηγού μήκους 15μ, Neufert E., Πηγή:[26]



Εικόνα 24 .Χώρος εμπροσθεν της αποβάθρας, Neufert E., Πηγή:[26]



Εικόνα 25 . Φορτοεκφόρτωση σε εσωτερική αυλή, Neufert E., Πηγή:[26]

Οι οδηγίες επιλέγονται να μην χρησιμοποιηθούν διότι δεν προσδιορίζεται αν λαμβάνουν υπόψιν τις κρισιμότερες παραμέτρους που επηρεάζουν τους ελιγμούς φορτηγών οχημάτων (τύπος οχήματος, γωνία αλλαγής διεύθυνσης, απόκλιση τροχιάς, πρόσθια και οπίσθια προβολή), και διότι δεν είναι συμβατή με τα οχήματα που επιτρέπεται να κυκλοφορούν εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (18,75 X 2,5μ και 16,5μ X 2,5μ έναντι 15μ X 2,5μ του Neufert E.).

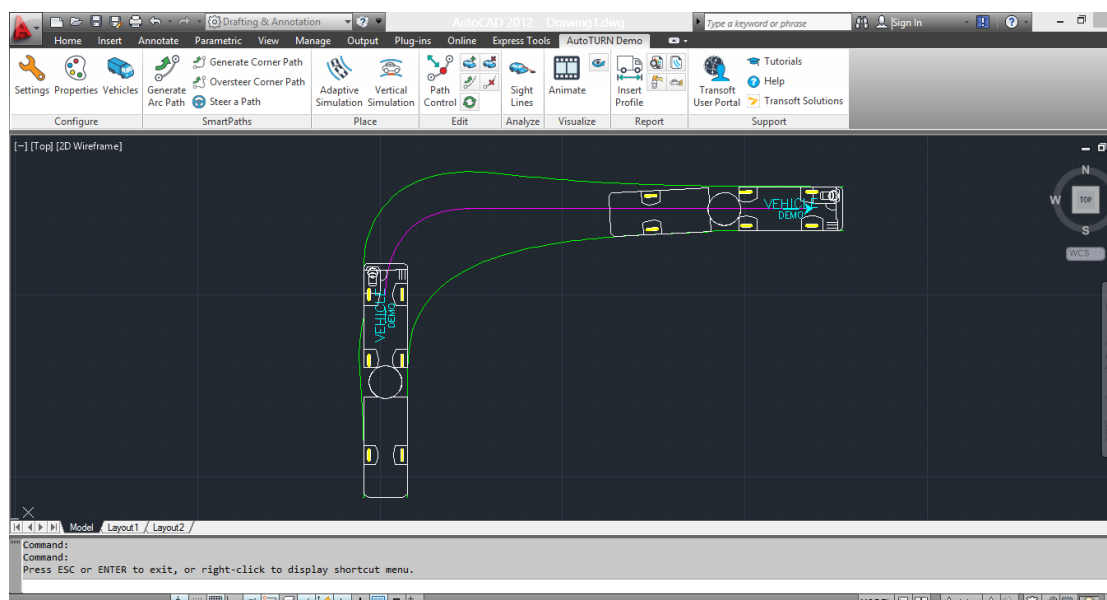
III) Λογισμικά προσομοίωσης

Τα Λογισμικά προσομοίωσης που βασίζονται σε εφαρμογές του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή χρησιμοποιούνται για να προσομοιώσουν τη δυναμική συμπεριφορά των οχημάτων. Είναι ένα πλεονέκτημα του σχεδιαστή να του δίνεται η δυνατότητα να συγκρίνει διαφορετικές επιλογές σχεδιασμού, προτού κατασκευαστεί το πρωτότυπο, γεγονός που οδηγεί σε βελτιωμένα αποτελέσματα. Υπάρχουν ποικίλα, πολυτροπικά λογισμικά προσομοίωσης, που προσφέρουν σύνθετα μη γραμμικά μοντέλα οχημάτων με πολλούς βαθμούς ελευθερίας, έτσι ώστε να προσδιοριστεί η διαδρομή σαρώσεως (swept path), δηλαδή η επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνει το όχημα κατά τον ελιγμό[28] Η διαδρομή σαρώσεως ορίζεται ως η επιφάνεια που εσωκλείουν οι άκρες του αμαξώματος ή κάποιου άλλου μέρους της δομής του οχήματος, και αποτελεί όρο που συνήθως χρησιμοποιείται συναρτήσει οχημάτων, ο οποίος υπολογίζει τη διαδρομή που 'σαρώνεται' από ένα συγκεκριμένο όχημα. Αποτελεί επίσης συχνό ναυτικό όρο, που υποδεικνύει το πλάτος μιας ναρκαλιευτικής λωρίδας.[21] Η ακριβής ανάλυση αυτής της επιφάνειας απαιτεί εξειδικευμένο λογισμικό. Τα λογισμικά προσομοίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με ποικίλου τύπου λογισμικά CAD, όπως AutoCAD, BricsCAD, Microstation ή ZWCAD. Τα λογισμικά προσομοιώσεως στοχεύουν συνήθως στις εξειδικευμένες ανάγκες των σχεδιαστών, γι' αυτό και εξειδικευμένα λογισμικά προσφέρονται για εξειδικευμένες ανάγκες σχεδίασης. Στο ευρύ κοινό επικρατεί η άποψη ότι ο σχεδιασμός υποδομών είναι παντού ο ίδιος, αλλά οι σχεδιαστές μεταφορικών συστημάτων παρόλα αυτά έχουν διαφορετική άποψη. Ανάλογα με τον τύπο του έργου ο σχεδιαστής αντιμετωπίζει διαφορετικά προβλήματα. [22]

Ένα εξ αυτών των λογισμικών προσομοίωσης και εκείνο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, το λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN, το οποίο παρουσιάζει το σύνολο του ελιγμού του φορτηγού οχήματος σε δύο και τρεις διαστάσεις, και προκύπτει από την διερεύνηση ως η καταλληλότερη μέθοδος σχεδιασμού για τον υπολογισμό και σχεδίαση ελιγμών φορτηγών οχημάτων.

Λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN

Το AutoTURN χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό οδών και εγκαταστάσεων συμπεριλαμβανομένου κόμβων, roundabouts, σταθμών λεωφορείων, αποβάθρων φόρτωσης- εκφόρτωσης, χώρων στάθμευσης ή οποιουδήποτε εντός ή εκτός οδού ελιγμού και των αντίστοιχων περιθωρίων ασφαλείας.[35]. Ο έλεγχος κατευθύνσεως του οχήματος επιτυγχάνεται μέσω του καθορισμού διεύθυνσεως του οχήματος που προσφέρει το πρόγραμμα. Ανάλογα του τύπου του ελιγμού που πραγματοποιείται, ο καθορισμός της γωνίας διεύθυνσεως και αλλαγής αυτής γίνεται είτε έτσι ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή γωνία αλλαγής διεύθυνσης είτε ώστε να καθοδηγηθεί το όχημα επί προϋπάρχουσας διαδρομής. Ονομάζονται generate a path και steer a path αντίστοιχα. Στο σύστημα generate a path θέτονται συγκεκριμένα δεδομένα για τη γωνία αλλαγής διεύθυνσης και το όχημα παρατηρείται να ανταπεξέρχεται. Στο steer a path, ο σχεδιαστής εμπλέκεται ενεργά στη διαδικασία και μπορεί να κάνει τη διόρθωση της στροφής βασισμένος στις διαθέσιμες πιθανές κινήσεις του οχήματος. Τα ίχνη των εξωτερικών στοιχείων του οχήματος αποτυπώνονται με καμπύλες, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στο σχεδιασμό, ως η δυσμενέστερη επιφάνεια που σαρώνεται από το όχημα.



Εικόνα 26. Περιβάλλον εργασίας λογισμικού AutoTURN σε συνδυασμό με AutoCAD, Πηγή:[45]

IV) Μετρήσεις πεδίου

Τελευταία και ίσως παραστατικότεροι μέθοδος σχεδιασμού για να προσεγγιστούν οι ελιγμοί φορτηγών οχημάτων είναι οι μετρήσεις πεδίου. Αν οι διαφορετικοί παράμετροι σχεδιασμού ελιγμών ενός οχήματος χρειαστεί να μετρηθούν με ακρίβεια, τότε πρέπει να διεξαχθεί ένας μεγάλος αριθμός επί τόπου δοκιμών- μετρήσεων πεδίου. Η εργασία που απαιτείται για τη προετοιμασία του οχήματος για μία επί τόπου δοκιμή, η εγκατάσταση των οργάνων μέτρησης, καταγραφής και εκτίμησης των δεδομένων και των αποτελεσμάτων της έρευνας απαιτεί πολύ χρόνο. Συνεπώς, το κόστος για μία ακριβή, επί τόπου δοκιμή είναι ιδιαίτερα υψηλό. Επιπλέον, σε μια επί τόπου δοκιμή, τα σφάλματα μέτρησης επηρεάζουν τα αποτελέσματα και είναι ιδιαίτερα δύσκολο ή και κάποιες φορές αδύνατο να μετρηθούν όλες οι απαραίτητες παράμετροι. Παρόλα αυτά αποτελεί την μοναδική μέθοδο που παρέχει την δυνατότητα στον σχεδιαστή να αντιληφθεί άμεσα και παραστατικά το πρόβλημα σχεδιασμού, και να επιβεβαιώσει ή να απορρίψει αποτελέσματα των προαναφερθεισών θεωρητικών μεθόδων.[28].



Εικόνα 27.Μετρήσεις πεδίου για ελιγμούς φορτηγών οχημάτων.

3.2 Σχεδιασμός πύλης εισόδου- εξόδου Εμπορευματικού Κέντρου εντός σχεδίου πόλεως

Γενικά στοιχεία

Όπως αναφέρθηκε και στην βιβλιογραφική επισκόπηση, τα κύρια σημεία του κυκλοφοριακού σχεδιασμού των Εμπορευματικών Κέντρων περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό της πύλης εισόδου- εξόδου και του εσωτερικού οδικού δικτύου, το οποίο περιλαμβάνει τον χώρο έμπροσθεν της αποβάθρας των αποθηκών, τις λωρίδες κυκλοφορίας και τους κόμβους εντός του Εμπορευματικού Κέντρου.

Αρχικά, επιλύθηκε το πρόβλημα της διαμόρφωσης της πύλης εισόδου-εξόδου του εμπορευματικού κέντρου, η οποία αναφέρεται σε Εμπορευματικά Κέντρα εντός σχεδίου πόλεως. Για τον ορθό σχεδιασμό της πύλης εισόδου-εξόδου απαιτείται να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος σχεδιασμού που να διαστασιολογεί την πύλη έτσι ώστε το όχημα να εισέλθει στην εγκατάσταση με ασφάλεια και άνεση. Επιπλέον, όπως για όλα τα προβλήματα σχεδιασμού που περιλαμβάνουν κινήσεις ελιγμών φορτηγών οχημάτων πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι ακόλουθοι παράμετροι σχεδιασμού, ο **τύπος οχήματος**, η **πρόσθια και οπίσθια προβολή του αμαξώματος** και η **γωνία αλλαγής διεύθυνσης** του οχήματος. Τέλος, ειδικά για το πρόβλημα της πύλης επιπλέον παράμετροι σχεδιασμού που πρέπει να ληφθούν υπόψιν αποτελούν το **πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας** του εξωτερικού οδικού δικτύου, η **θέση του οχήματος** στη λωρίδα κατά την εκκίνηση του ελιγμού, η διαμόρφωση του **πεζοδρομίου**, η **ταχύτητα του οχήματος** και η περίπτωση αν είναι ελιγμός **εισόδου ή εξόδου**.



Εικόνα 28. Οδικό δίκτυο Εμπορευματικού Κέντρου. Πήγη:[46]

Διερεύνηση

Στα πλαίσια της διερεύνησης για τον σχεδιασμό της πύλης εισόδου/εξόδου Εμπορευματικού Κέντρου, λαμβάνοντας υπόψιν το σύνολο των παραμέτρων που επηρεάζουν τον σχεδιασμό, αρχικά επιλέχθηκε η πύλη να τοποθετηθεί παράλληλα με τον άξονα της οδού του εξωτερικού οδικού δικτύου, δηλαδή ο άξονας της λωρίδα κυκλοφορίας του εξωτερικού οδικού δικτύου να σχηματίζει γωνία 90 μοίρες με τον άξονα της λωρίδας κυκλοφορίας του εσωτερικού οδικού δικτύου που διέρχεται από την πύλη. Αυτή η επιλογή βασίστηκε στο γεγονός ότι η γωνία αλλαγής διεύθυνσης για την οποία το όχημα καταλαμβάνει μεγαλύτερη επιφάνεια οδοστρώματος κατά την κίνηση ελιγμού ('μανούβρας') είναι η γωνία 90 μοιρών. Επίσης ως δυσμενέστερη περίπτωση λήφθηκε η παραδοχή για την διερεύνηση, ότι η πύλη είναι ενιαία, κοινή για είσοδο και έξοδο. Ακολούθως επιλέχθηκε η καταλληλότερη μέθοδος σχεδιασμού συγκρίνοντας μεταξύ των μεθόδων που κρίθηκαν πιο συμβατές για σχεδιασμό χώρων κυκλοφορίας και στάθμευσης που χρησιμοποιούνται από φορτηγά οχήματα στο κεφάλαιο 3.1.

Οι **μέθοδοι** που συγκρίθηκαν είναι η σχεδίαση υπό κλίμακα καμπύλων ιχνών στροφής εξωτερικής πλευράς αμαξώματος και εσωτερικής πλευράς αμαξώματος σε περιβάλλον AutoCAD που δίνονται στις Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων παράρτημα Α 'Οχήματα σχεδιασμού, ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές', του 1^{ου} μέρους του 10^{ου} τεύχους του ΟΜΟΕ. Τη δεύτερη μέθοδο αποτέλεσε η προσομοίωση του ελιγμού του φορτηγού με χρήση του λογισμικού της εταιρείας Transoft solutions inc., AutoTURN 9.1, το οποίο χρησιμοποιείται σαν πρόσθετη εφαρμογή σχεδίασης επίσης σε περιβάλλον AutoCAD, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.1. Και για τις δύο μεθόδους συγκρίθηκαν τα δυσμενέστερου μήκους φορτηγά οχήματα (το πλάτος οχήματος είναι κοινό, 2,50μ), που επιτρέπονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το Αρθρωτό όχημα (16,5μ X 2,5μ) και το Όχημα Συρμός (18,75μ X 2,5μ). Στη συνέχεια με βάση τη μέθοδο σχεδιασμού που επιλέχθηκε, προχώρησα στην διερεύνηση των παραμέτρων σχεδιασμού της πύλης. Αρχικά, εξετάστηκε η παράμετρος του οχήματος σχεδιασμού. Τα οχήματα που τέθηκαν σε σύγκριση για να οριστεί το όχημα σχεδιασμού είναι το αρθρωτό φορτηγό όχημα διαστάσεων 16,5μ X 2,5μ και το όχημα συρμός διαστάσεων 18,75μ X 2,5μ, όπως ορίζεται από την ισχύουσα ευρωπαϊκή νομοθεσία. Τα οχήματα μικρότερου μήκους δεν εξετάστηκαν καθότι οι επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνουν κατά τον ελιγμού τους είναι

αισθητά μικρότερη, συνεπώς αν η διαστασιολόγηση θα εξυπηρετεί τα μεγάλου μήκους οχήματα, θα εξυπηρετεί και αυτά.

Έπειτα διερευνήθηκε κατά πόσο επηρεάζουν σημαντικά το σχεδιασμό της πύλης ως προς το ελάχιστο απαιτούμενο πλάτος πύλης, οι **παράμετροι**, πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου, θέση του οχήματος στη λωρίδα κατά την εκκίνηση του ελιγμού, πλάτος πεζοδρομίου περιμετρικά της εγκατάστασης και ταχύτητα οχήματος. Πρώτα συγκρίθηκαν τα πλάτη λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου 3,00μ και 3,25μ. Το πλάτος επιλέχθηκε αρχικά στα 3,00μ ως το ελάχιστο επιτρεπόμενο για κυκλοφορία βαρέων οχημάτων κατά τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ]. Δεν εξετάστηκαν μεγαλύτερα πλάτη διότι η διαμόρφωση της πύλης αναφέρεται σε εντός σχεδίου πόλεως. Σε εκτός σχεδίου πόλεως εγκαταστάσεις, όπως προαναφέρθηκε πρέπει να γίνει ειδική διαμόρφωση των προσβάσεων ανάλογα με την περίπτωση. Για την επιρροή της θέσης που παίρνει το όχημα στην λωρίδα κυκλοφορίας συγκρίθηκαν οι θέσεις αριστερό άκρο και κέντρο της οδού. Δεν εξετάστηκε η θέση στο δεξιό άκρο της οδού διότι αποτελεί επιλογή που κρίνεται ότι δεν ακολουθούν οι οδηγοί. Η ταχύτητα οχήματος τοποθετήθηκε στο 1km/hr, δηλαδή η πρακτική της επιβράδυνσης της ταχύτητας του οχήματος πριν την εκκίνηση του ελιγμού όπως αυτή συστήνεται για λόγους ασφαλείας από το βιβλίο ‘Θεωρητική εκπαίδευση οδηγών φορτηγών’ του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών[6], και 20km/hr. Δεν εξετάστηκαν τιμές ταχυτήτων των 20km/hr ο ελιγμός πιθανότατα να μην είναι εφικτός χωρίς κίνδυνο ανατροπής, ενώ αυξάνεται και η επικινδυνότητα να ‘διπλώσει’ το όχημα[19]. Η επιρροή του πλάτους πεζοδρομίου εξετάστηκε για τις τιμές των 2,00μ και 4,00μ. Οι συγκεκριμένες τιμές επιλέχθηκαν καθότι αποτελούν τις ακραίες τιμές του συνηθέστερου εύρους τιμών πλάτους πεζοδρομίου 2,00-4,00μ[66].

Εξετάστηκε επίσης η περίπτωση η κίνηση του **ελιγμού να διεξάγεται για την είσοδο του οχήματος στην εγκατάσταση ή για την έξοδο του οχήματος**. Η διαφοροποίηση έγκειται στο γεγονός ότι το πεζοδρόμιο λόγω της θέσης του περιμετρικά της εγκατάστασης εμποδίζει τον ελιγμό με τελείως διαφορετικό τρόπο αν επιχειρείται είσοδος ή έξοδος από την εγκατάσταση. Κατά την εκκίνηση του ελιγμού, για είσοδο στο εμπορευματικό κέντρο το πεζοδρόμιο βρίσκεται παράλληλα με το όχημα σε αντίθεση με την έξοδο.

Έπειτα, καθότι σε όλες τις περιπτώσεις απαιτείται **κατάλληλη διαμόρφωση του πεζοδρομίου** παρουσιάζεται η μέθοδος και τα προτεινόμενα τόξα απότμησης.

Τέλος έγιναν οι ακόλουθες παραδοχές για τις παραμέτρους σχεδιασμού που επηρεάζουν κάθε σχεδιασμό που περιλαμβάνει ελιγμούς φορτηγών οχημάτων και κρίνονται ως δευτερεύουσας σημασίας, όπως αυτές προέκυψαν από την βιβλιογραφία[19]. Θεωρήθηκε λοιπόν ότι ο σχεδιασμός της οδού προσφέρει επαρκές **μήκος ορατότητας** στο εξωτερικό οδικό δίκτυο που συνδέεται με την πύλη του εμπορευματικού κέντρου, ο σχεδιασμός της οδού προσφέρει **επαρκές μήκος πέδησης** για την μείωση της ταχύτητας του οχήματος πριν την εκκίνηση του ελιγμού και την ασφαλή πραγματοποίησή του και η **ταχύτητα** του οχήματος είναι **σταθερή** καθ' όλη την διάρκεια του ελιγμού. Σε κάθε μία επίλυση συγκρινόταν μεμονωμένα η επιρροή που έχει η μεταβολή της τιμής της παραμέτρου που τίθετο υπό σύγκριση στο ελάχιστο απαιτούμενο πλάτος πύλης εισόδου- εξόδου.

Σημειώνεται ότι για τον σχεδιασμό της πύλης επιπλέον περιθώρια ασφαλείας πρέπει να προστεθούν σε κάθε πλευρά των καμπυλών ώστε να συμπεριληφθεί:

- Αβεβαιότητα λόγω της μη εξοικείωσης του οδηγού με το οδικό δίκτυο
- Πιθανά λάθη εκτέλεση της στροφής
- Πιθανά λάθη στην κρίση του οδηγού
- Διαφοροποιήσεις μεταξύ του οχήματος της μεθόδου και του πραγματικού οχήματος

Το προτεινόμενο ελάχιστο περιθώριο ασφαλείας για κάθε πλευρά ορίστηκε στα 0,35m, με την προοπτική να αυξάνεται όταν αυτό είναι εφικτό. Για τα περιθώρια ασφαλείας συμπεριλήφθηκαν 0,25μ ως άνοιγμα καθρέφτη φορτηγού οχήματος και 0,10μ επιπλέον για την πιθανότητα λάθους χειρισμού του οχήματος. Σε κάθε μια τις επιλύσεις απαιτείται κατάλληλη διαμόρφωση του πεζοδρομίου η οποία επεξηγείται στο κεφάλαιο 3.2.4.

3.2.1 Επιλογή μεθόδου σχεδιασμού

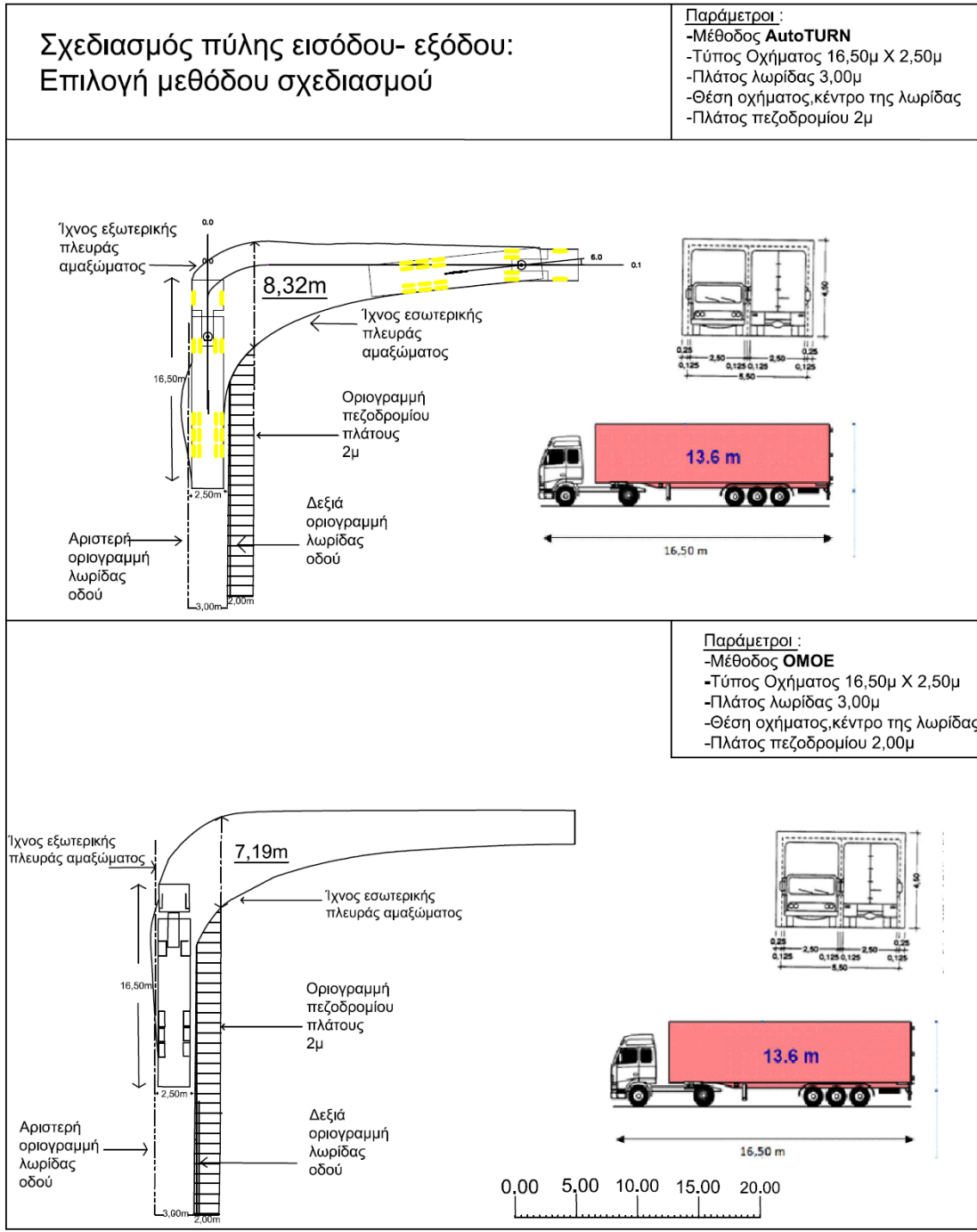
Ο ελιγμός που προσομοιάζεται μέσω του λογισμικού AutoTURN, όπως και οι καμπύλες ιχνών στροφής που παρέχονται ως τεχνικές οδηγίες των εγχειρίδια σχεδιασμού παρουσιάζουν την διαδρομή που ακολουθούν τα εξωτερικότερα μέρη του οχήματος. Οι καμπύλες σχεδιασμού που προτείνονται από τις οδηγίες μελετών οδικών έργων στο παράρτημα Α 'Οχήματα σχεδιασμού, ίχνη τροχών και αμαξώματος σε στροφές', του 1^{ου} μέρους του 10^{ου} τεύχους του ΟΜΟΕ, 'Ισόπεδοι κόμβοι', παρουσιάζουν την εξωτερικότερη διαδρομή που ακολουθούν τα στοιχεία του οχήματος, (καθώς και τα ίχνη των τροχών). Οι καμπύλες γι' αυτό τον λόγο καθορίζουν τον φυσικό απαιτούμενο χώρο ώστε το όχημα να εκτελέσει τον απαιτούμενο ελιγμό και δεν συμπεριλαμβάνουν τα περιθώρια ασφαλείας που προαναφέρθηκαν.

Η σύγκριση των δύο μεθόδων σχεδιασμού έγινε και για τα δύο οχήματα σχεδιασμού δυσμενέστερου μήκους που επιτρέπεται να κυκλοφορούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, δηλαδή αρθρωτό όχημα (16,50μ X 2,50μ) και οδικός συρμός (18,75μ X 2,50μ)

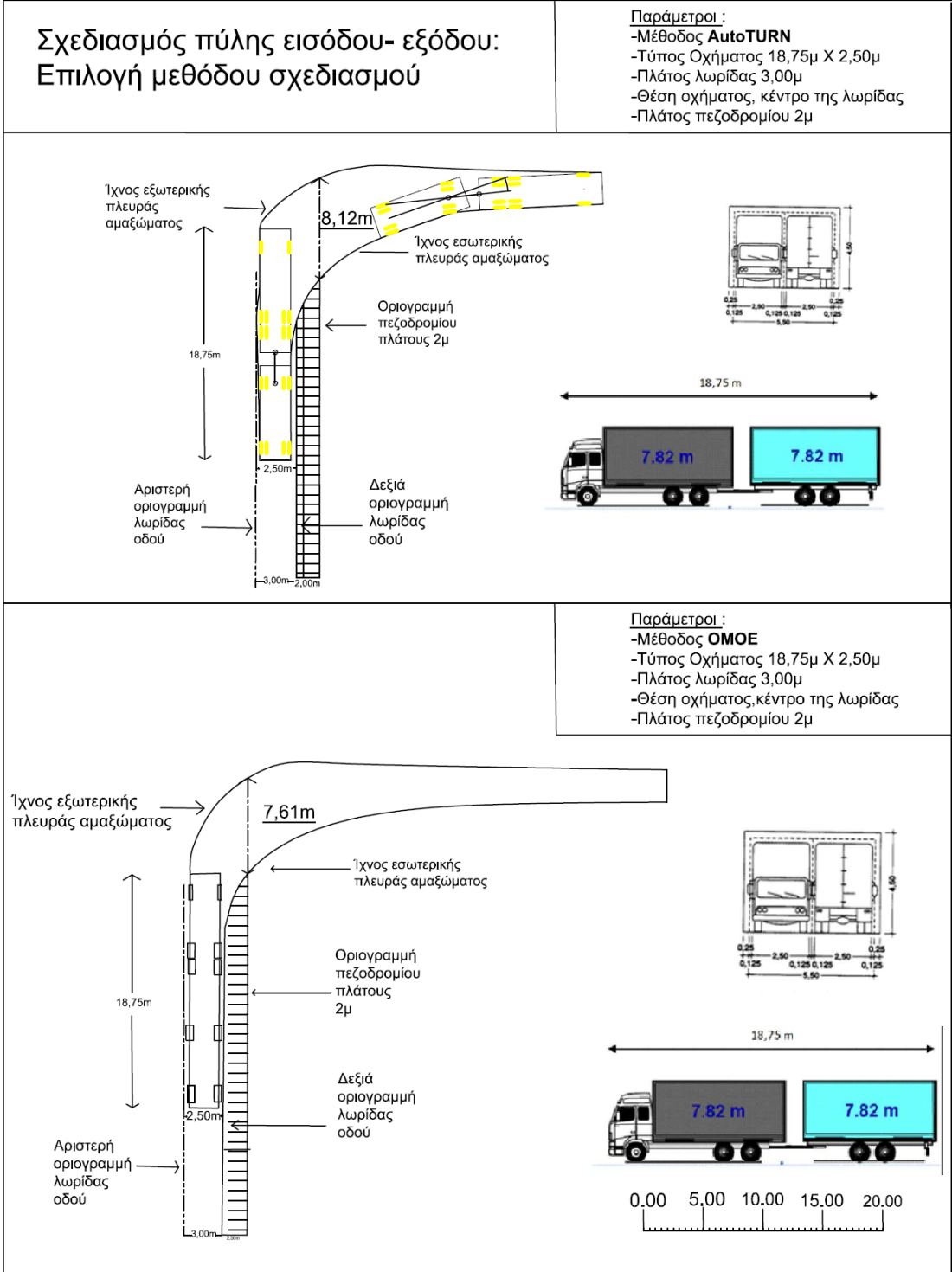
Επιλέχθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά για τις επιλύσεις

- Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου: 3,00μ
- Θέση οχήματος στην λωρίδα κυκλοφορίας: κέντρο της οδού
- Πλάτος πεζοδρομίου: 2μ
- Ταχύτητα οχήματος: 1km/hr

Βάσει της επίλυσης που ακολουθεί προκύπτει και στις δύο συγκρίσεις ελιγμών οχημάτων (Αρθρωτού και οδικού συρμού) με τις δύο μεθόδους σχεδιασμού που εξετάστηκαν, ως καταλληλότερη μέθοδος κρίνεται υπέρ της ασφαλείας η μέθοδος **AutoTURN**. Η μέθοδος AutoTURN και στις δύο συγκρίσεις ανεξαρτήτως του οχήματος που θα επιλεγεί έδωσε μεγαλύτερες απαιτήσεις πλάτους πύλης εισόδου-εξόδου από τις αντίστοιχες επιλύσεις με καμπύλες ιχνών στροφής ΟΜΟΕ.



Σχήμα 2. Σύγκριση αρθρωτού οχήματος για τις μεθόδους καμπύλες ιχνών στροφής ΟΜΟΕ και λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN



Σχήμα 3. Σύγκριση οχήματος συρμού για τις μεθόδους καμπύλες ιχνών στροφής ΟΜΟΕ και λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN

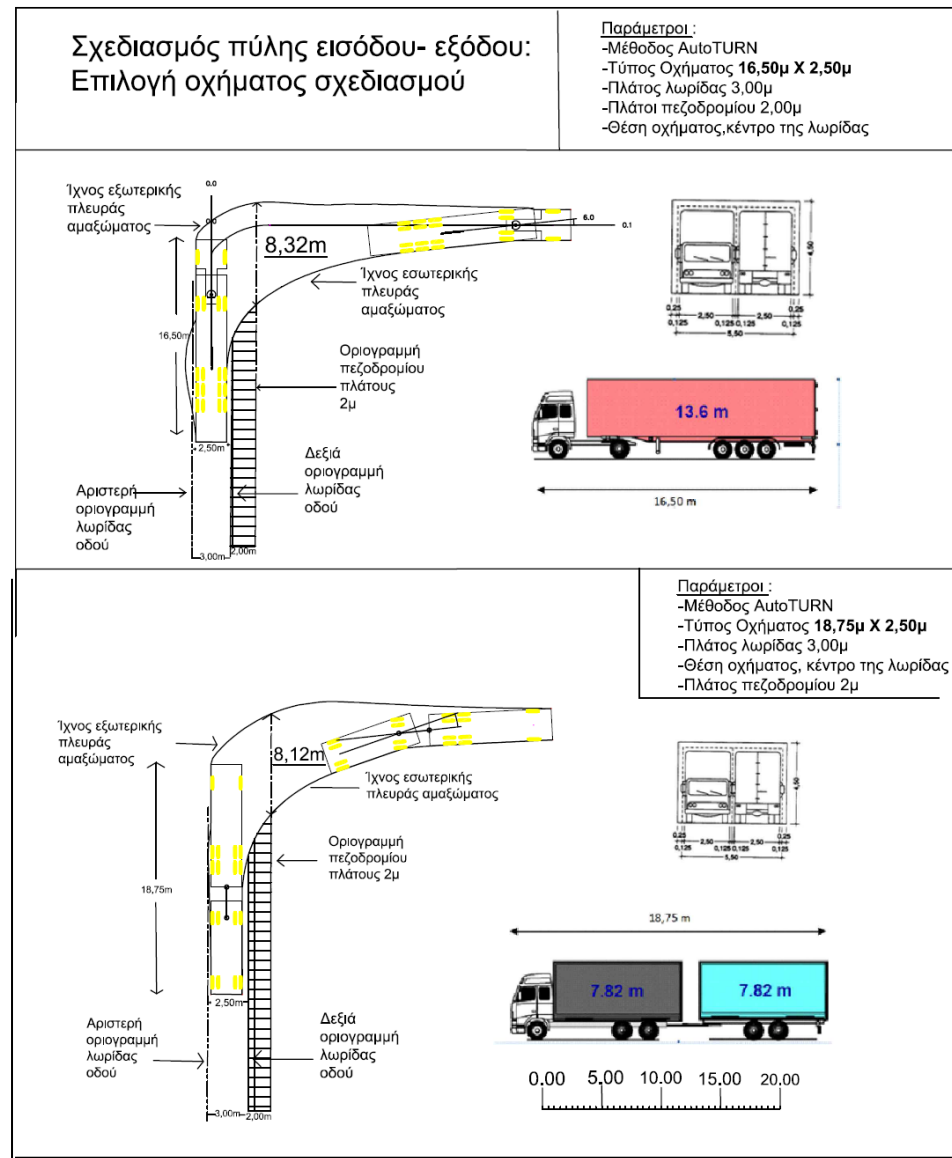
3.2.2 Διερεύνηση παραμέτρων σχεδιασμού πύλης

1) Όχημα σχεδιασμού

Η πρώτη παράμετρος σχεδιασμού που διερευνήθηκε ήταν το όχημα σχεδιασμού. Επιλέχθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά για τις επιλύσεις:

-Μέθοδος επίλυσης, σχεδίαση σε AutoTURN, Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου 3,00μ, Πλάτος πεζοδρομίου 2μ, Ταχύτητα οχήματος: 1km/hr σε ελιγμό εισόδου

Προκύπτει ως δυσμενέστερο ως προς το ελάχιστο απαιτούμενο πλάτος πύλης, άρα και όχημα σχεδιασμού το **αρθρωτό όχημα**.



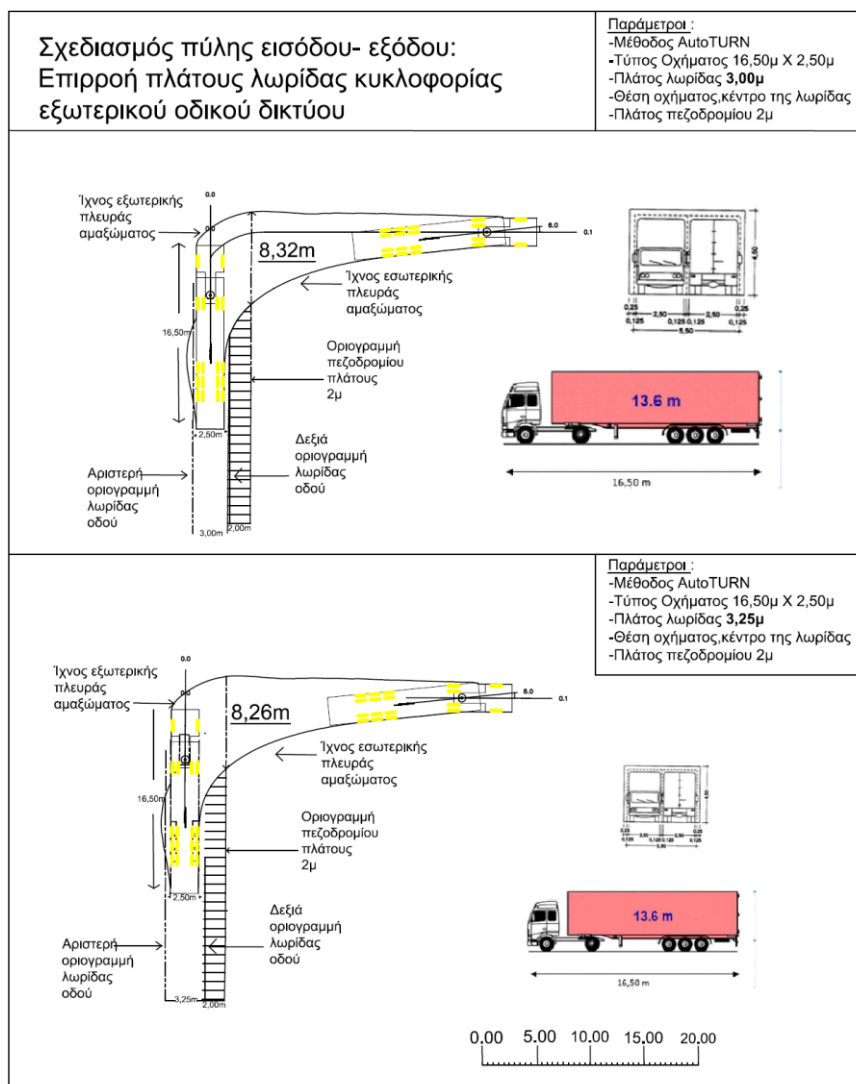
Σχήμα 4. Επιλογή οχήματος σχεδιασμού

II) Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου

Στη συνέχεια εξετάστηκε η επιρροή του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου στο σχεδιασμό της πύλης εισόδου- εξόδου. Επιλέχθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά για τις επιλύσεις:

-Μέθοδος επίλυσης: σχεδίαση σε AutoTURN, Θέση οχήματος στην λωρίδα κυκλοφορίας στην οδό: κέντρο της οδού, Πλάτος πεζοδρομίου: 2μ, Ταχύτητα οχήματος: 1km/hr σε ελιγμό εισόδου

Προκύπτει ως αναμενόμενο δυσμενέστερο το Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου των 3,00μ, παρόλα αυτά η μεταβολή στα αποτελέσματα δεν κρίνεται σημαντική.



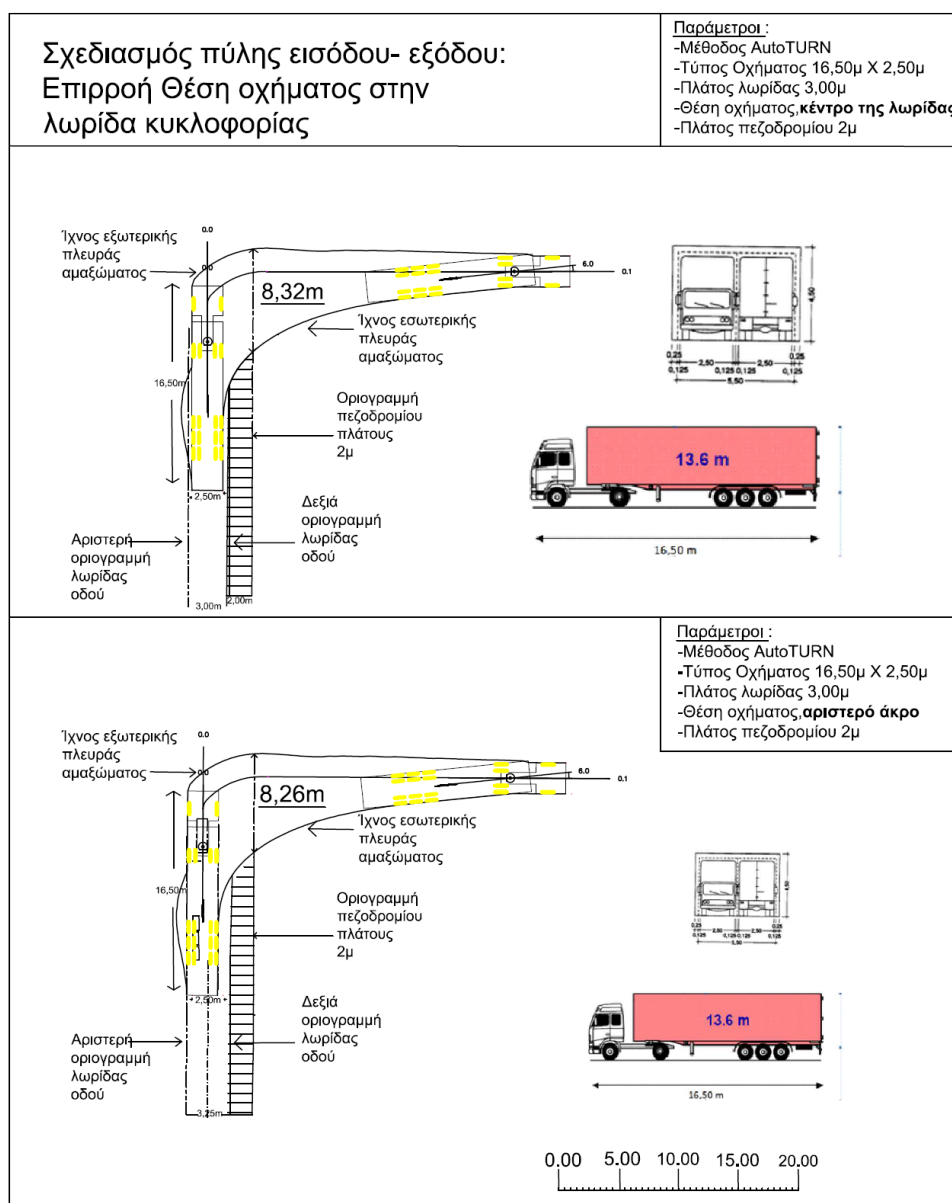
Σχήμα 5. Επιρροή πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας

III) Θέση οχήματος στην λωρίδα κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου

Ακολουθώς εξετάστηκε η παράμετρος της θέσης στην λωρίδα κυκλοφορίας. Επιλέχθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά για τις επιλύσεις:

-Μέθοδος επίλυσης, σχεδίαση σε AutoTURN, Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου 3,00μ, Πλάτος πεζοδρομίου 2μ, Ταχύτητα οχήματος: 1km/hr σε ελιγμό εισόδου

Προκύπτει δυσμενέστερη ως αναμενόταν η θέση στο κέντρο της οδού, παρόλα αυτά η μεταβολή στα αποτελέσματα και εδώ **δεν κρίνεται σημαντική**.



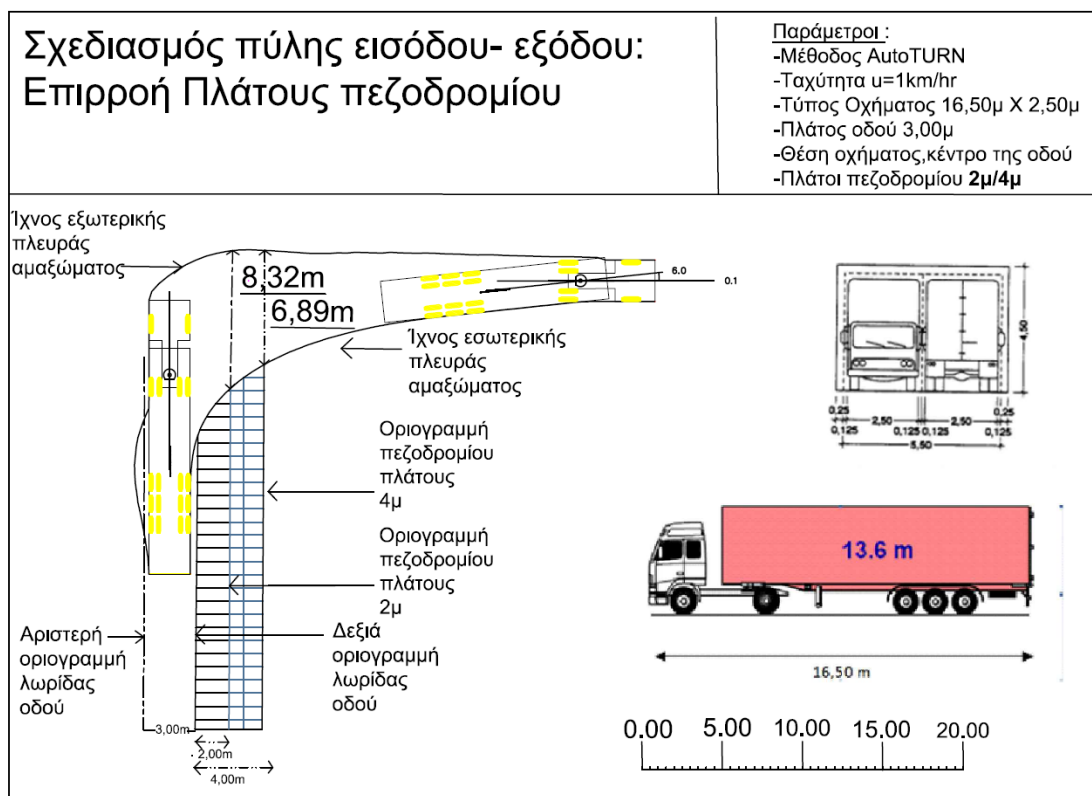
Σχήμα 6. Επιρροή θέση οχήματος στην λωρίδα κυκλοφορίας

IV) Πλάτος πεζοδρομίου

Ακολουθώς εξετάστηκε η παράμετρος σχεδιασμού του πλάτους πεζοδρομίου για πλάτος 2-4μ. Επιλέχθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά για τις επιλύσεις

-Μέθοδος επίλυσης: σχεδίαση σε AutoTURN, Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου: 3,00μ, Θέση στην λωρίδα, κέντρο της λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου, Ταχύτητα οχήματος: 1km/hr σε ελιγμό εισόδου

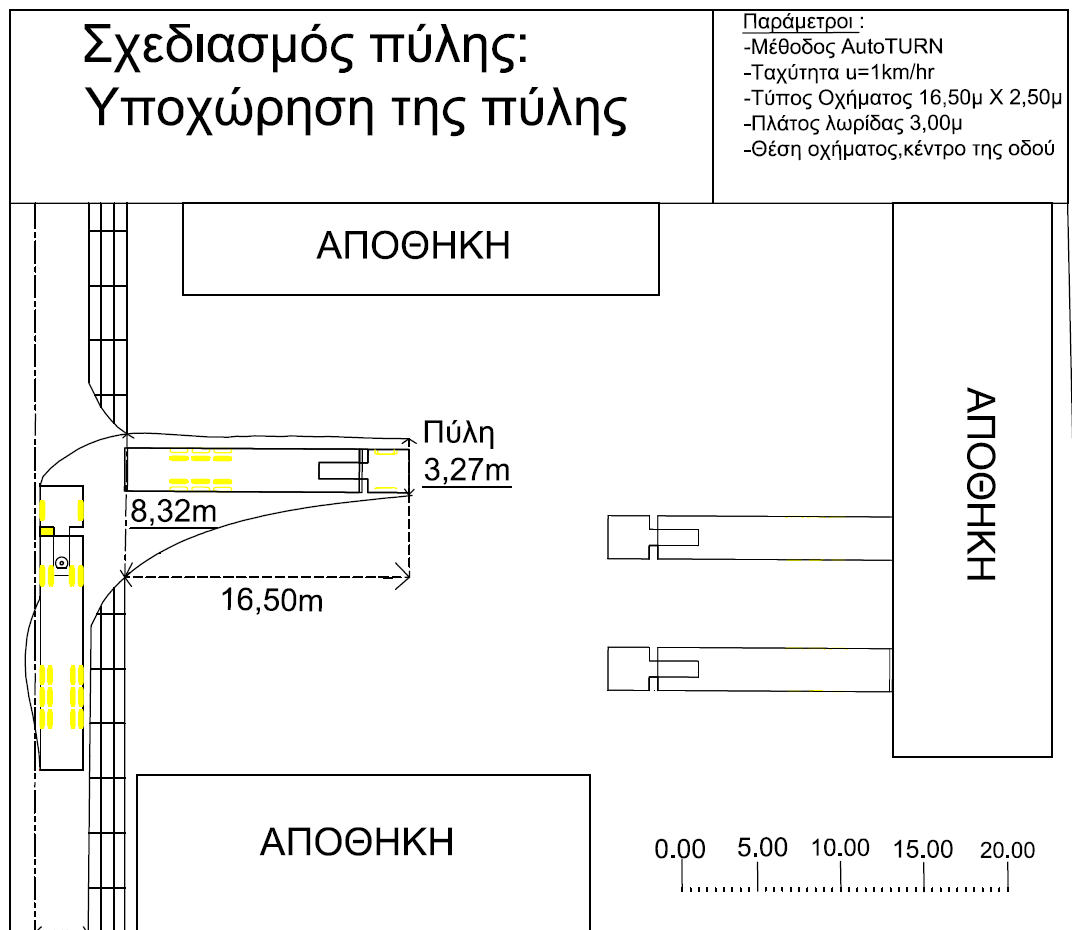
Προκύπτει δυσμενέστερο ως αναμενόταν το πλάτος πεζοδρομίου των 2,00μ με σημαντική διαφορά από αυτό των 4,00μ. Η μεταβολή στις απαιτήσεις πλάτους πύλης, μας οδηγεί στο ασφαλές συμπέρασμα, ότι όσο υποχωρεί η πύλη παρουσιάζεται απομείωση απαιτήσεων ελάχιστου απαιτούμενου πλάτους πύλης. Η παράμετρος του πλάτους πεζοδρομίου κρίνεται **σημαντική**.



Σχήμα 7. Επιρροή πλάτους πεζοδρομίου

Υποχώρηση της πύλης

Τα αποτελέσματα όπως επιβεβαιώνεται και από την επίλυση που ακολουθεί μας υποδεικνύουν ότι αν η πύλη της εγκατάστασης υποχωρήσει εσωτερικότερα του χώρου που ανήκει στο Εμπορευματικό Κέντρο οι απαιτήσεις σε πλάτος πύλης μειώνονται σημαντικά. Αν δε η υποχώρηση γίνει σε μήκος ίσο με το μήκος οχήματος σχεδιασμού, η επιλογή αποδεικνύεται ευεργετική σε όρους οδικής ασφαλείας καθότι το όχημα ελαχιστοποιεί την αλληλεπίδραση του με το εξωτερικό οδικό δίκτυο. Αυτό συμβαίνει διότι πιθανώς να απαιτηθεί κάποιος χρόνος αναμονής για την κάθε είσοδο του φορτηγού στην εγκατάσταση, στον οποίο καλύτερα είναι το όχημα να αναμένει εκτός κυκλοφορίας.



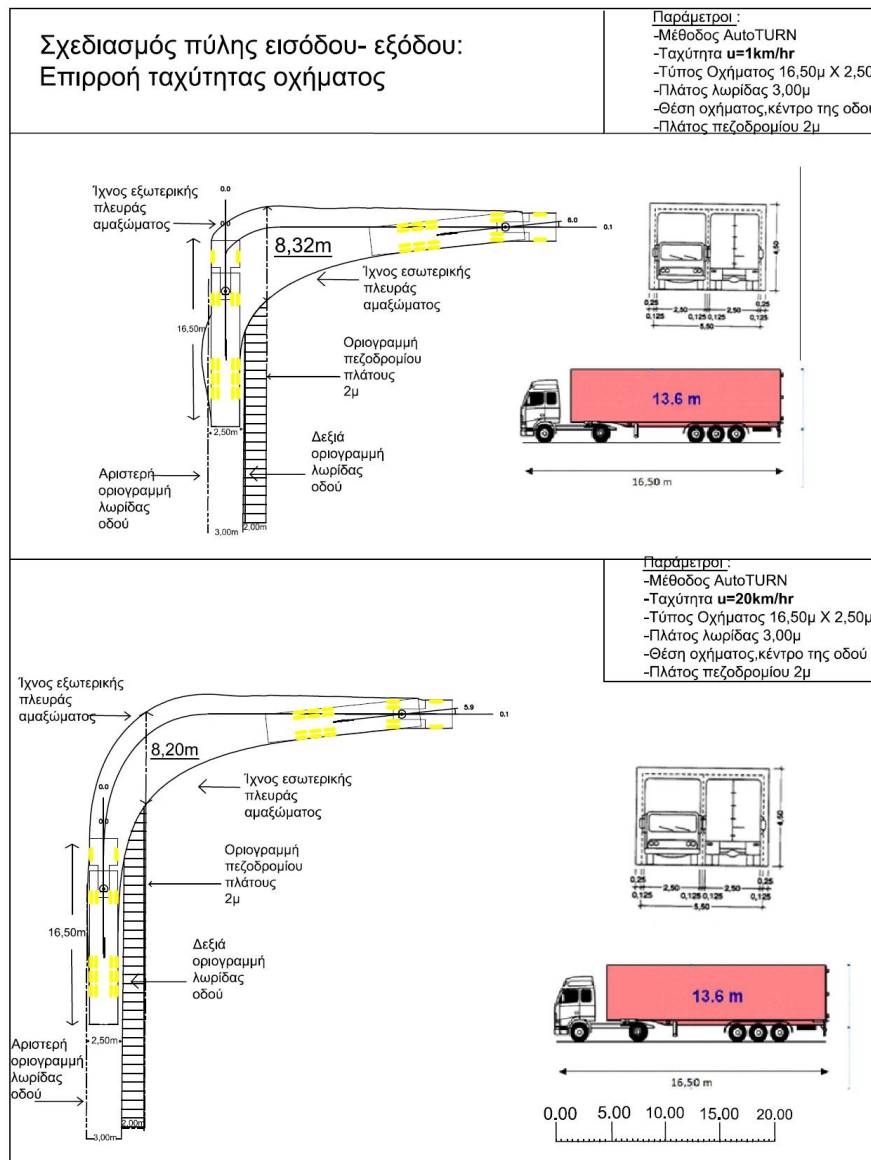
Σχήμα 8. Υποχώρηση της θέσης της πύλης σε Εμπορευματικό Κέντρο

V) Ταχύτητα οχήματος

Στη συνέχεια εξετάστηκε η παράμετρος της ταχύτητας οχήματος, για ταχύτητα 1km/hr ή 20km/hr. Επιλέχθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά για τις επιλύσεις

-Μέθοδος επίλυσης, σχεδίαση σε AutoTURN, Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου 3,00μ, θέση στην οδό στο κέντρο, Πλάτος πεζοδρομίου 2μ, σε είσοδο

Προκύπτει δυσμενέστερη ταχύτητα, αυτή του ακινητοποιημένου οχήματος, παρόλα αυτά οι διαφορές είναι ελάχιστες, γι' αυτό και η παράμετρος **δεν κρίνεται σημαντική**.



Σχήμα 9. Επιρροή ταχύτητας οχήματος

Αποτελέσματα

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΜΕΓΕΘΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ ΠΥΛΗΣ (μ)
ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ & ΠΡΟΒΟΛΕΣ ΑΜΑΞΩΜΑΤΟΣ	ΑΡΘΡΩΤΟ/ΣΥΡΜΟΣ	0,12
ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ (μ)	3,00/3,25	0,06
ΘΕΣΗ ΣΤΗΝ ΛΩΡΙΔΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ/ΚΕΝΤΡΟ	0,16
ΠΛΑΤΟΣ ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟΥ (μ)	2,00/4,00	1,43
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΧΗΜΑΤΟΣ (km/hr)	1,00/20,00	0,12

Πίνακας 2. Επιρροή των παραμέτρων σχεδιασμού στον σχεδιασμό πύλης

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

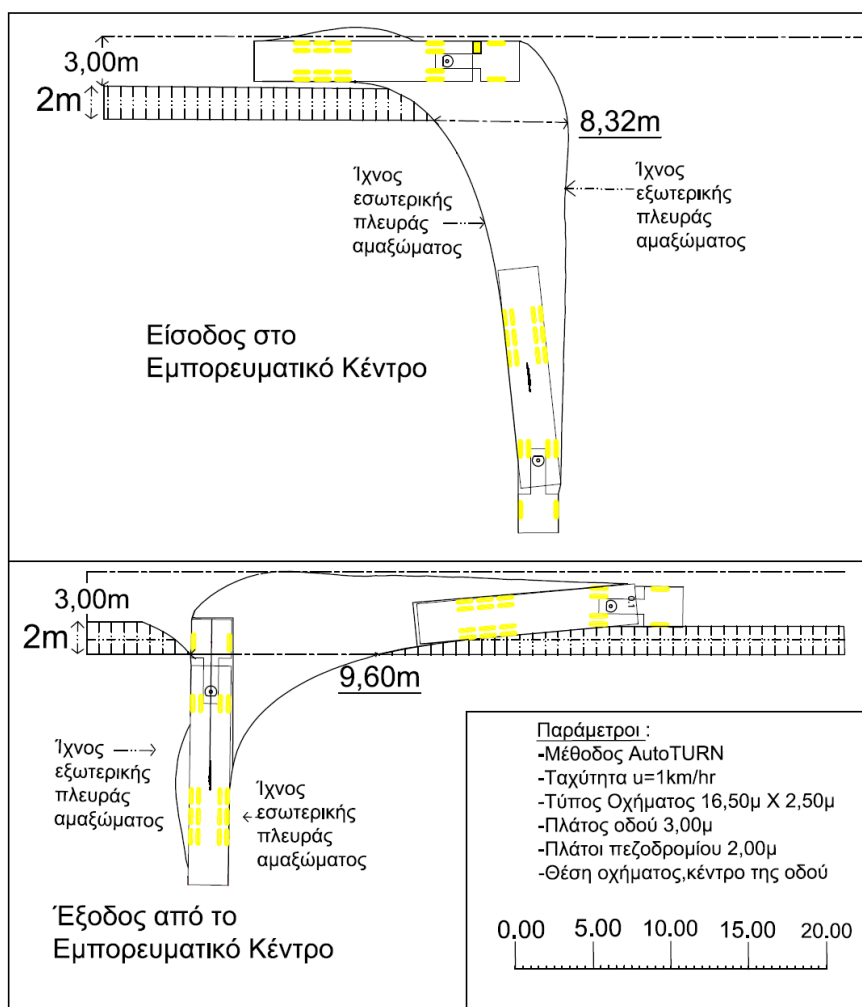
Αρχικά, στην συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων σχεδιασμού ορθότερη μέθοδος υπέρ της ασφαλείας κρίνεται η μέθοδος AutoTURN λόγω δυσμενέστερου αποτελέσματος σε απαιτούμενο πλάτος πύλης τόσο στην σύγκριση των αρθρωτών οχημάτων όσο και στην σύγκριση των οχημάτων συρμών. Βάσει αυτής της επιλογής ακολούθησε η διερεύνηση των παραμέτρων.

Ως όχημα σχεδιασμού καταλήγω στην επιλογή του αρθρωτού οχήματος λόγω των δυσμενέστερων αποτελεσμάτων που προέκυψαν, η επιλογή αυτή επιβεβαιώνεται στη συνέχεια τόσο από συνεντεύξεις με επαγγελματίες οδηγούς φορτηγών οχημάτων, όσο και κρισιμότερα από τα αποτελέσματα των μετρήσεων πεδίου. Επιπρόσθετα, συμπεραίνω όπως φαίνεται και στον πίνακα της διερεύνησης ότι το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου δεν επηρεάζει σημαντικά το ελάχιστο απαιτούμενο πλάτος πύλης (-0,06μ), σε κάθε περίπτωση η αύξηση του πλάτους μειώνει το απαιτούμενο πλάτος πύλης όπως αναμενόταν, δηλαδή επιβεβαιώνεται ότι αυξάνοντας τον χώρο που χρησιμοποιεί το όχημα διευκολύνει τον ελιγμό του. Στη συνέχεια προκύπτει το συμπέρασμα ότι η θέση του οχήματος δεν επηρεάζει σημαντικά το απαιτούμενο πλάτος της πύλης, καθότι η μεταβολή των απαιτήσεων πλάτους κρίνεται μικρή (-0,16μ). Σε κάθε περίπτωση η Θέση οχήματος στην λωρίδα

κυκλοφορίας στο αριστερό άκρο, μειώνει το απαιτούμενο πλάτος πύλης εγκατάστασης, ως αναμενόταν. Κρίνεται παρόλα αυτά ότι η θέση του οχήματος στην λωρίδα κυκλοφορίας να λαμβάνεται στο κέντρο της οδού λόγω του ίχνους της οπίσθιας προβολής του αμαξώματος που βρίσκεται για ένα χρονικό διάστημα κατά την διεξαγωγή του ελιγμού στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας γεγονός επικίνδυνο από άποψη οδικής ασφάλειας. Η ταχύτητα οχήματος επίσης δεν επηρέασε σημαντικά (-0,12μ) με το σενάριο της χαμηλής ταχύτητας να δίνει μεγαλύτερες απαιτήσεις σε απαιτούμενο πλάτος πύλης. Κρίνεται πάντως ότι ανεξαρτήτως αποτελέσματος, η ταχύτητα οχήματος πρέπει να λαμβάνεται 1km/hrως συνηθέστερη πρακτική από τους οδηγούς φορτηγών, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα. Το πλάτος πεζοδρομίου αποτελεί κρίσιμη παράμετρος σχεδιασμού της πύλης όπως φαίνεται και από τον πίνακα διερεύνησης(-1,43μ), και κρίνεται ως κρισιμότερη σε συνδυασμό με τον τύπου οχήματος και της γωνίας αλλαγής διεύθυνσης. Ως αναμενόταν μικρότερα πλάτη πεζοδρομίου παρουσιάζουν μειωμένες απαιτήσεις σε πλάτος πύλης, καθότι το φορτηγό όχημα διαθέτει μικρότερη επιφάνεια για την κίνηση ελιγμού (πχ 2μ πλάτος πεζοδρομίου + 3μ πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας=5μ ενώ 4μ πλάτος πεζοδρομίου+ 3μ πλάτος λωρίδας=7μ). Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η υποχώρηση της πύλης εσωτερικότερα του χώρου που ανήκει στο Εμπορευματικό Κέντρο μειώνει τις απαιτήσεις του απαιτούμενου πλάτους πύλης, αν μάλιστα αυτή η υποχώρηση διαμορφωθεί στα 16,5μ από την εσωτερική οριογραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας και άνω αποτελεί σημαντική επιλογή υπέρ της οδικής ασφαλείας, καθότι πιθανές αναμονές του οχήματος στον χώρο της πύλης μετακινούνται σε ένα σημείο που δεν θα αλληλεπιδρά με την κυκλοφορία στο εξωτερικό οδικό δίκτυο Απαιτείται παρόλα αυτά σε κάθε περίπτωση να γίνεται κατάλληλου τόξου απότμηση και διαμόρφωση του πεζοδρομίου.

3.2.3 Διερεύνηση ελιγμού εισόδου έναντι εξόδου

Ακολούθως εξετάστηκε οι περιπτώσεις του ελιγμού κατά την είσοδο έναντι του ελιγμού κατά την έξοδο. Επιλέχθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά για τις επιλύσεις: Μέθοδος επίλυσης: σχεδίαση σε AutoTURN, Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου: 3,00μ, Θέση στην οδό: κέντρο της οδού, Πλάτος πεζοδρομίου: 2μ και Ταχύτητα οχήματος: 1km/hr.



Σχήμα 10. Ελιγμός εισόδου έναντι ελιγμού εξόδου

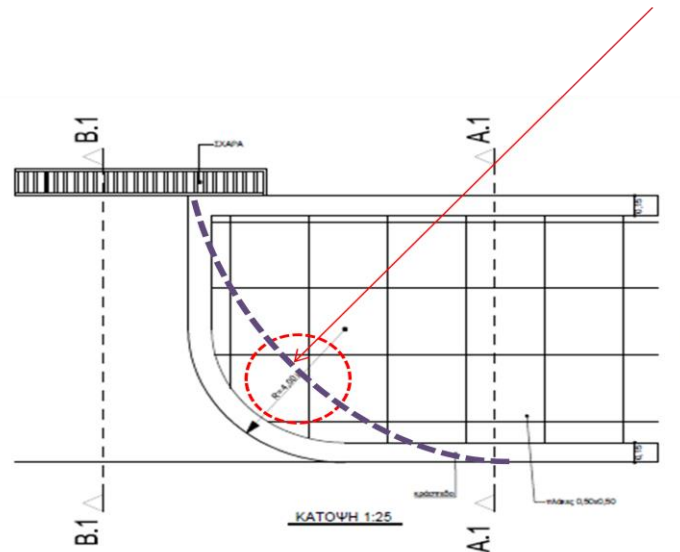
Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Στη σύγκριση των ελιγμών για είσοδο στην εγκατάσταση ή έξοδο από την εγκατάσταση, προκύπτει σαφώς μεγαλύτερο ελάχιστο απαιτούμενο πλάτος πύλης στην περίπτωση του ελιγμού εξόδου λόγω της διαφοροποίησης στην φύση της διάταξης του πεζοδρομίου περιμετρικά της εγκατάστασης που εμποδίζει την έξοδο του οχήματος στην λωρίδα κυκλοφορίας του εξωτερικού οδικού δικτύου.

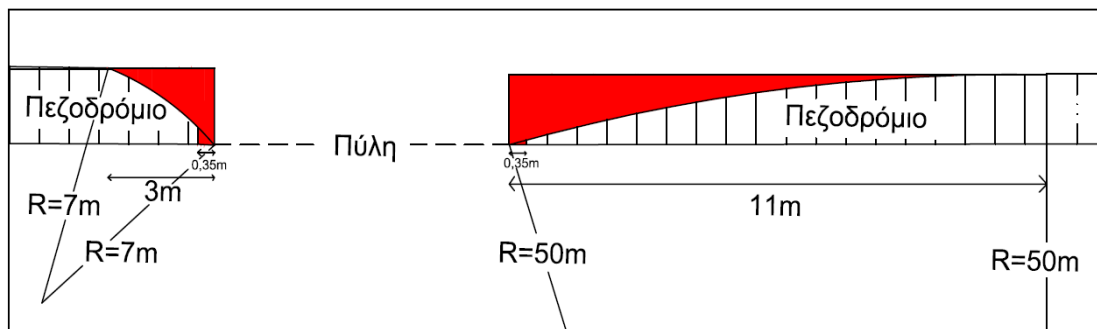
3.2.4 Διαμόρφωση πεζοδρομίου

Για όλες τις περιπτώσεις που διερευνήθηκαν απαιτείται να γίνει κατάλληλη διαμόρφωση του πεζοδρομίου. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να προσδιοριστεί η περιοχή απότμησης πεζοδρομίου κατάλληλου τόξου. Στην διαμόρφωση συνυπολογίζονται και τα περιθώρια ασφαλείας για την τελική μορφή που θα λάβει το πεζοδρόμιο.

Διαμορφώσεις πεζοδρομίου



Σχήμα 11. Προτεινόμενη διαμόρφωση πεζοδρομίου που προτείνεται από το Π.Δ. 79/2004



Σχήμα 12. Προτεινόμενη διαμόρφωση πεζοδρομίου βάσει της διερεύνησης.

Σχολιασμός αποτελεσμάτων

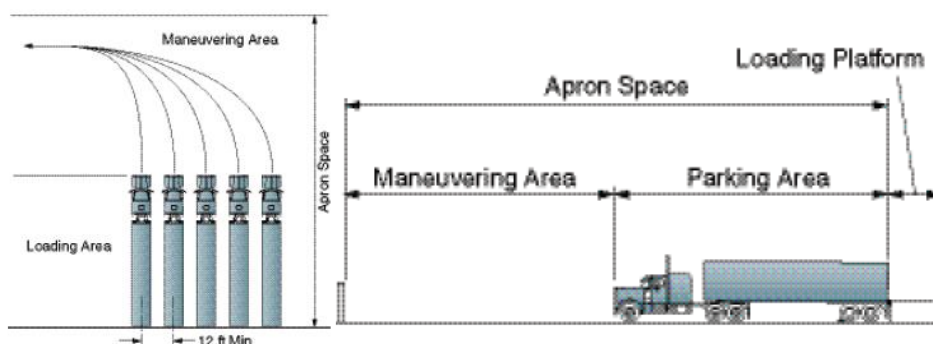
Παρατηρείται ότι κατά την έξοδο η απαιτούμενη απότμηση είναι πολύ μεγαλύτερη επιβεβαιώνοντας τον ελιγμό εξόδου ως τον πιο απαιτητικό. Συγκεκριμένα, η απότμηση θα πρέπει να γίνει σε μήκος 3μ αριστερά της πύλης και 11μ δεξιά της πύλης.

3.3 Σχεδιασμός εσωτερικού οδικού δικτύου

3.3.1 Χώρος έμπροσθεν των αποβαθρών των αποθηκών

Γενικά στοιχεία

Ο χώρος ανάμεσα στην πλατφόρμα φορτώσεων και στο πλησιέστερο εμπόδιο(συνηθέστερα αποθήκη, λωρίδα κυκλοφορίας ή περίφραξη) περιλαμβάνει τα δάπεδα στάθμευσης, όπου τα φορτηγά οχήματα σταθμεύουν στην αποβάθρα για τις διαδικασίες φορτώσεως και εκφορτώσεως, και τον χώρο ελιγμών, ο οποίος αποτελεί τον χώρο που χρησιμοποιεί το φορτηγό όχημα για να στραφεί εντός και εκτός του χώρου της αποβάθρας, και περιλαμβάνει την λωρίδα κυκλοφορίας του εσωτερικού οδικού δικτύου του κέντρου την οποία εξετάζω στο επόμενο υποκεφάλαιο.



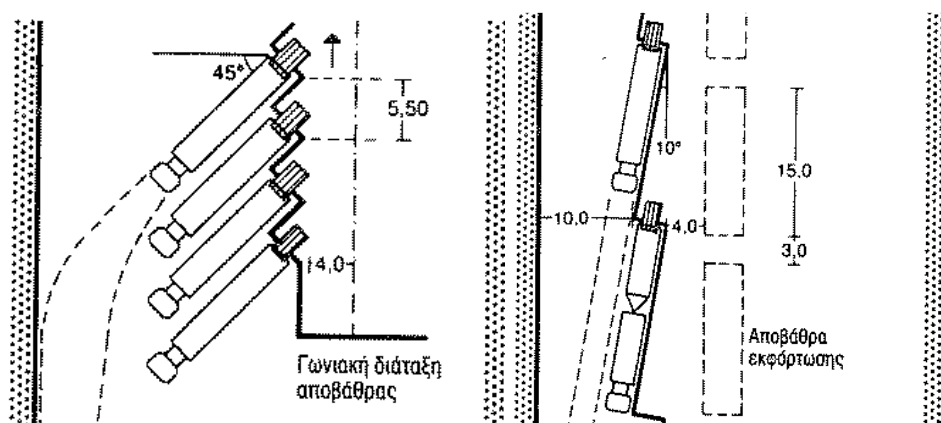
Εικόνα 29. Διαμόρφωση χώρου έμπροσθεν αποθηκών, Πηγή:[24]

Η διαμόρφωση του χώρου αυτού εξαρτάται από:

- το τύπο οχήματος σχεδιασμού, τις προβολές του αμαξώματος και την γωνία αλλαγής διεύθυνσης
- την απόσταση μεταξύ των αξόνων των θυρών φορτοεκφόρτωσης (φυσούνες). [24]

Οι διατάξεις της αποβάθρας ποικίλλουν σημαντικά. Αν και μπορούν να εντοπιστούν παραδείγματα παράλληλης στάθμευσης (parallel parking) (όταν το όχημα σταθμεύει κατά μήκος του διαδρόμου πρόσβασης) σε ειδικές περιπτώσεις φορτηγών οχημάτων (συρόμενο μουσαμά), η διάταξη αυτή είναι ασύμφορη και σπάνια. Κατά κανόνα οι χώροι στάθμευσης στις αποβάθρες έχουν διάταξη **υπό γωνία στάθμευσης** (angle parking) (κάθετης στάθμευσης ή λοξής στάθμευσης)[65]. Παρότι συνηθέστερη διάταξη αποβάθρας αποτελεί η **κάθετη στάθμευση**, δηλαδή η διάταξη αποβάθρας αποθηκών όπου τα οχήματα σχηματίζουν γωνία 90 μοιρών με την πλατφόρμα

φορτώσεων, δίνεται η δυνατότητα η γωνία αυτή να μειωθεί με τη κατασκευή οδοντωτών διατάξεων. Οι **οδοντωτές διατάξεις** λόγω της μείωσης της γωνίας που σχηματίζει το όχημα για να σταθμεύσει σε σχέση με την λωρίδα κυκλοφορίας του εσωτερικού οδικού δικτύου, παρέχουν την δυνατότητα να μειωθούν οι απαιτήσεις του χώρου έμπροσθεν των αποβαθρών των αποθηκών. Συνεπώς, για το συγκεκριμένο πρόβλημα η οδοντωτή διάταξη θεωρείται ευμενέστερη έναντι της κάθετης στάθμευσης. Υστερεί της κάθετης στο γεγονός ότι η αύξηση της γωνίας επιτρέπει την εξυπηρέτηση περισσότερων οχημάτων ανά μέτρο μήκος κρασπέδου, άρα μεγαλύτερη χωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας και μεγαλύτερη ευελιξία διάταξης, και στο ότι δυσκολεύει τις κινήσεις ελιγμών των ανυψωτικών φορτοεκφορτωτικών. [65]



Εικόνα 30. Οδοντωτές διατάξεις χώρου έμπροσθεν αποθηκών, Πηγή:[26]

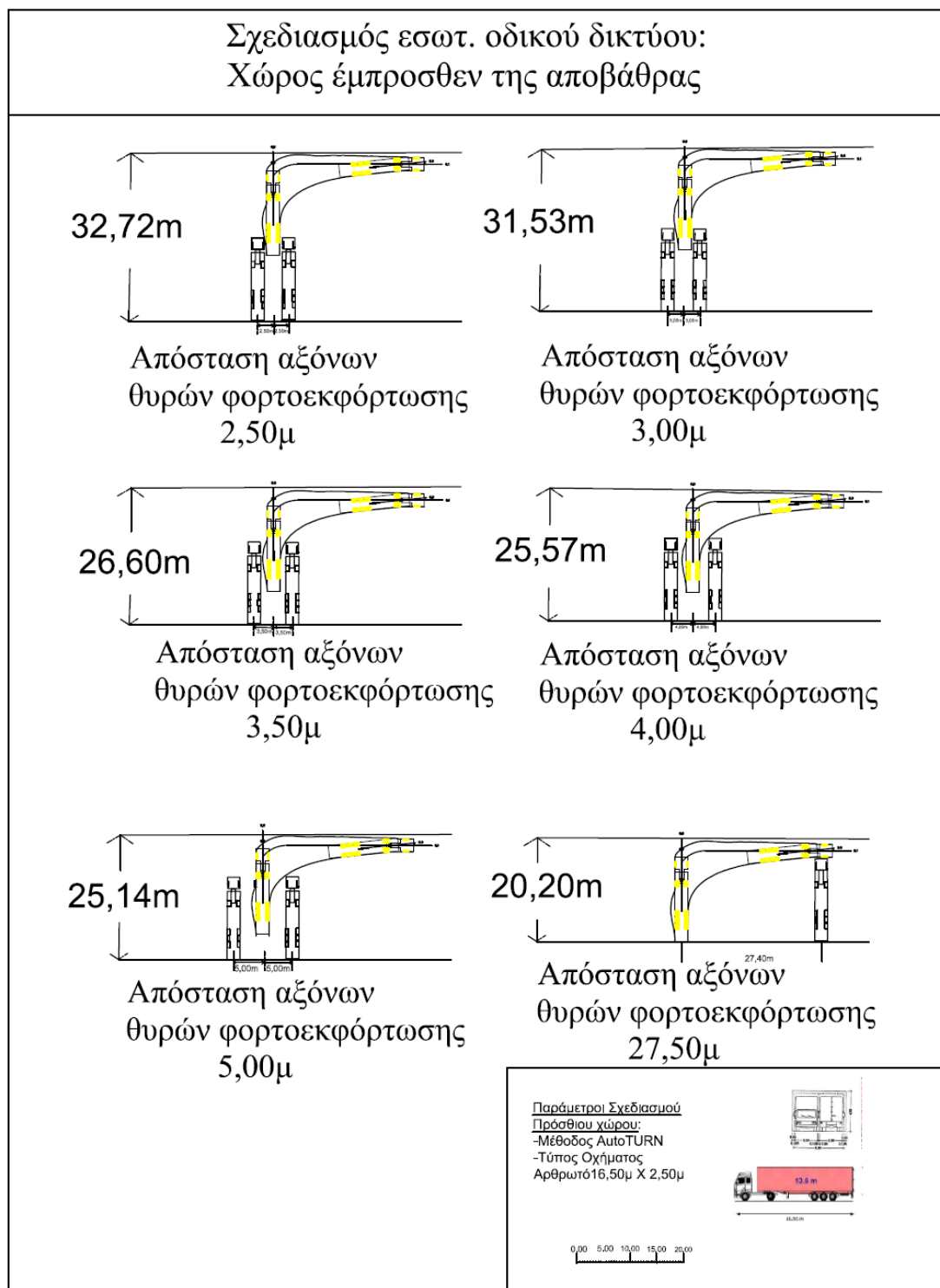
Στα πλαίσια της διερεύνησης επιλέγεται να εξεταστεί η δυσμενέστερη διάταξη όσων αφορά τις απαιτήσεις σε χώρο έμπροσθεν της αποθήκης. Όπως αναφέρθηκε και στην βιβλιογραφία έχουμε στη διάθεση μας εγχειρίδια σχεδιασμού που προσφέρουν διάφορες τεχνικές οδηγίες. Σημειώνεται ότι μια απλουστευμένη οδηγία για να διαστασιολογηθεί ο χώρος αποτελεί ο σχεδιαστής να λάβει το μέγιστου μήκους όχημα και να το πολλαπλασιάσει επί δύο. Επίσης συνίσταται η προσθήκη για λόγους ασφαλείας 12-25cm ανάλογα με τον διαθέσιμο χώρο [32] [24]. Στο εγχειρίδιο οικοδομικού σχεδιασμού του Neufert E. η απόσταση μεταξύ των θέσεων κάθετης στάθμευσης προτείνεται στα 3,80-6,50μ, ενώ ο χώρος έμπροσθεν στα 35μ με 5μ εξ' αυτών να αφιερώνεται στην λωρίδα κυκλοφορίας[26]. Αντίστοιχα ο Σιφνιώτης Κ. προτείνει 4-5μ απόσταση μεταξύ θέσεων στάθμευσης και χώρος έμπροσθεν 30μ[64]

Διερεύνηση

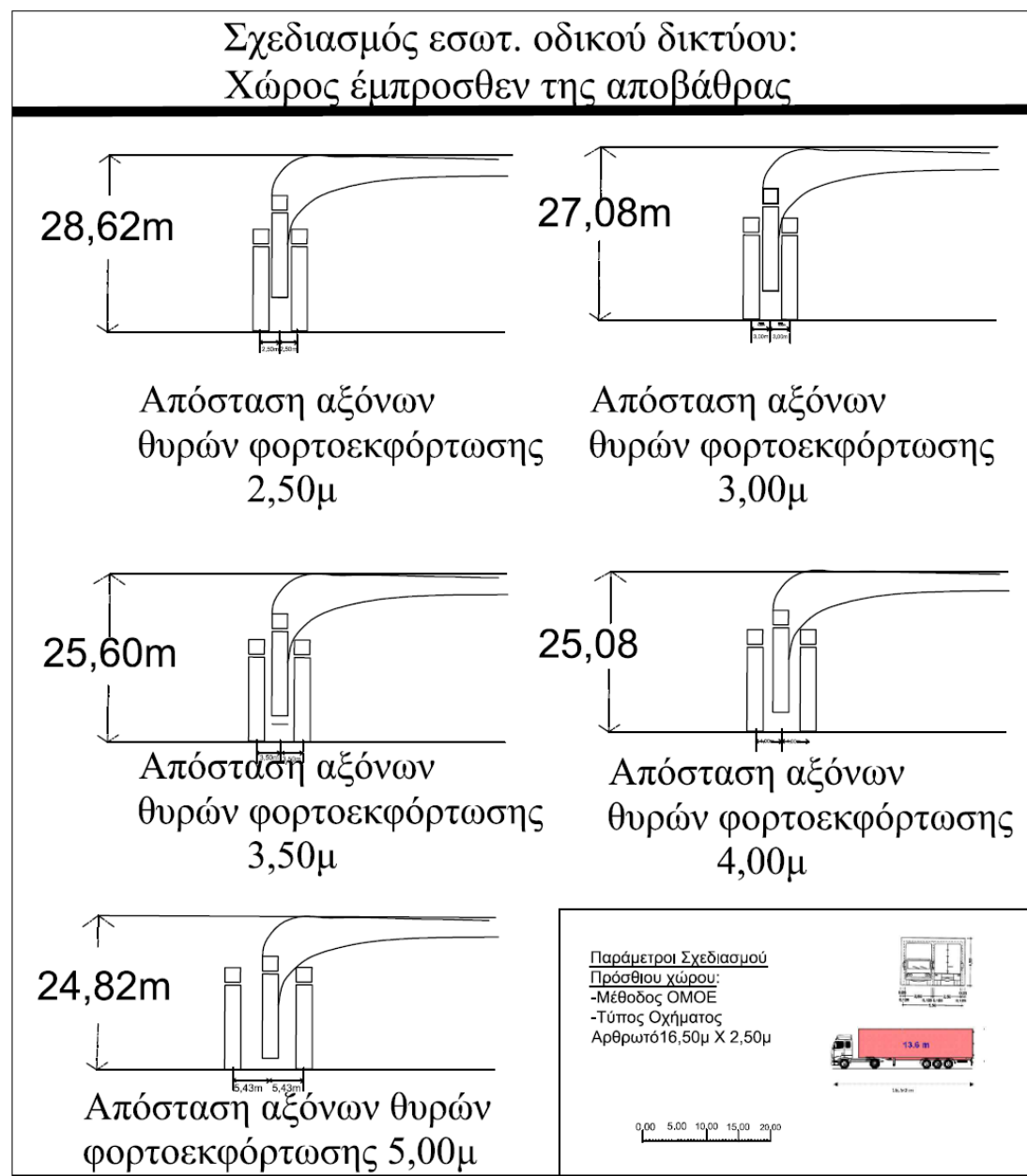
Ακολούθως παρουσιάζεται η διερεύνηση του ελάχιστου απαιτούμενου μήκους που πρέπει να αφηθεί έμπροσθεν της αποβάθρας. Για την διερεύνηση χρησιμοποιήθηκαν για λόγους πληρότητας και οι δύο μέθοδοι σχεδιασμού, λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN και χρήση καμπύλων ΟΜΟΕ που επιλέχτηκαν στην αρχή για λόγους συγκριτικής αξιολόγησης. Ως όχημα σχεδιασμού ορίστηκε το αρθρωτό φορτηγό. Οι επιλύσεις έγιναν συσχετίζοντας το απαιτούμενο μήκος έμπροσθεν της αποβάθρας με τις διάφορες αποστάσεις μεταξύ των αξόνων θυρών φορτοεκφόρτωσης και συγκεκριμένα 2,50- 3,00- 3,50- 4,00- 5,00μ, όπου 2,5μ θεωρητικό, καθότι τα οχήματα βρίσκονται απόλυτα σε παράθεση. Ως διάταξη επιλέχθηκε αυτή της κάθετης διάταξης ως δυσμενέστερη, αλλά και συχνότερη. Σε περίπτωση πυκνής τοποθέτησης τα οχήματα κινούνται λίγο ευθεία εμπρός πριν ξεκινήσουν τον ελιγμό. Ο χώρος που υπολογίστηκε περιλαμβάνει τον χώρο φορτοεκφόρτωσης και ελιγμών, ο οποίος με τη σειρά του περιλαμβάνει την λωρίδα κυκλοφορίας και ενδιάμεσο χώρο για πραγματοποίηση του ελιγμού.



Εικόνα 31. Χώροι Εμπορευματικού κέντρου, Πηγή:[47]

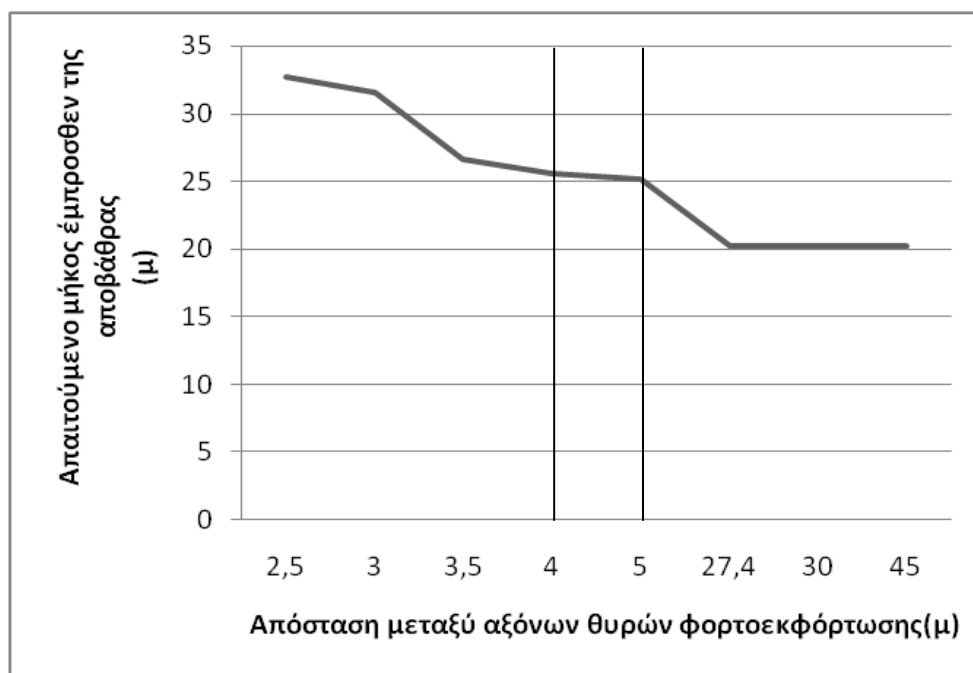


Σχήμα 13. Επιρροή του παράγοντα απόστασης μεταξύ θυρών φορτοεκφόρτωσης στην διαμόρφωση του πρόσθιου χώρου αποθήκης εμπορευματικού κέντρου, επίλυση με AutoTURN

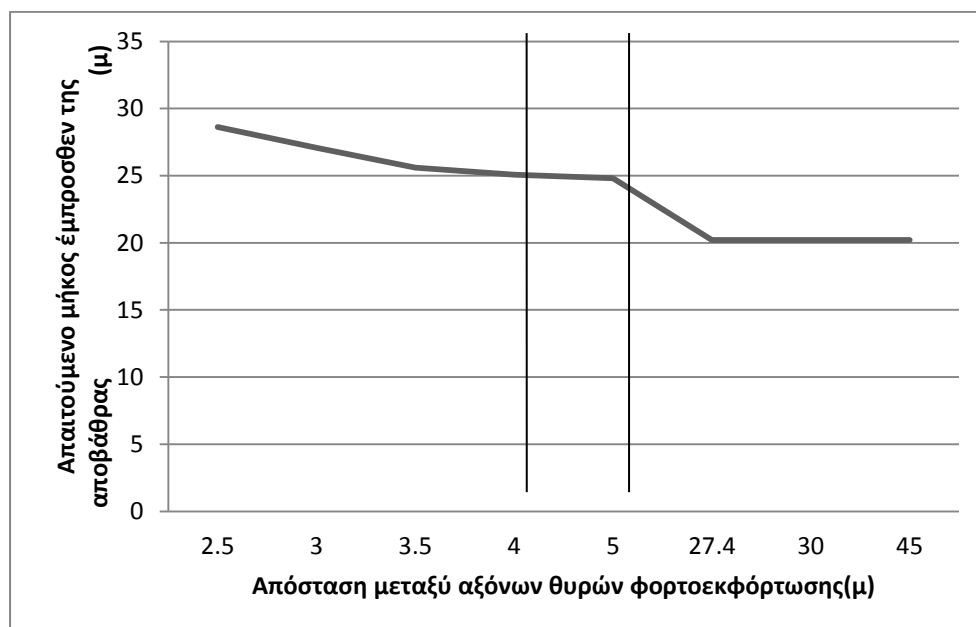


Σχήμα 14. Επιρροή του παράγοντα απόστασης μεταξύ θυρών φορτοεκφόρτωσης στην διαμόρφωση του χώρου έμπροσθεν της αποβάθρας εμπορευματικού κέντρου, επίλυση με ΟΜΟΕ

Αποτελέσματα



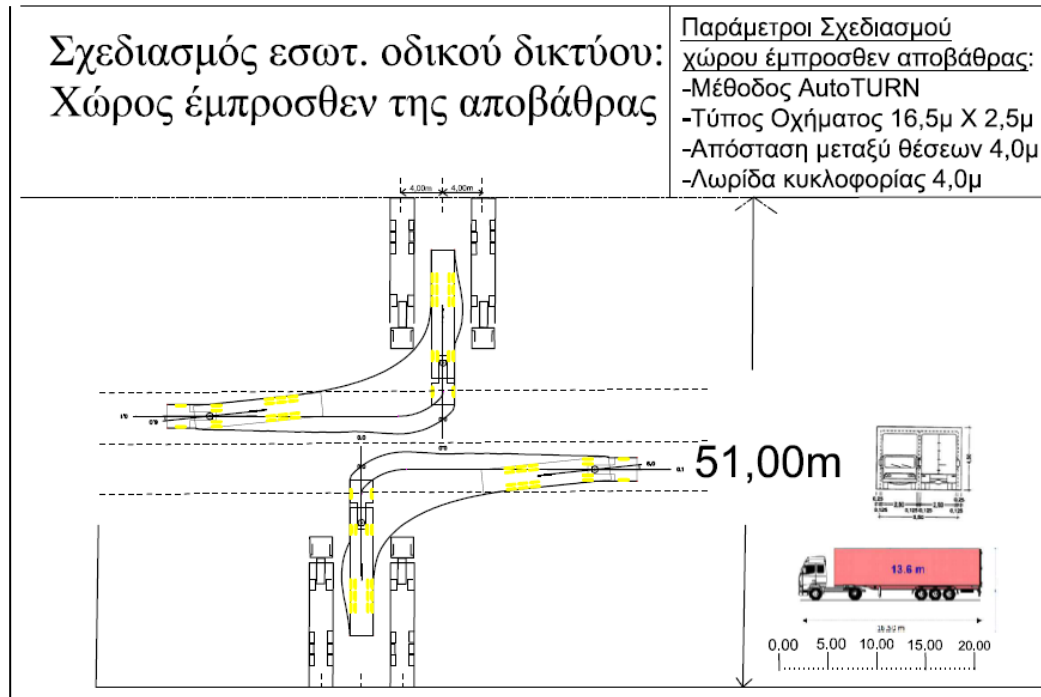
Σχήμα 15. Γράφημα απαιτούμενο μήκους έμπροσθεν αποβάθρας αποθηκών και απόσταση μεταξύ των αξόνων των θυρών φορτοεκφόρτωσης για όχημα σχεδιασμού Αρθρωτό με τη μέθοδο AutoTURN



Σχήμα 16. Γράφημα απαιτούμενο μήκους έμπροσθεν αποβάθρας αποθηκών και απόσταση μεταξύ των αξόνων των θυρών φορτοεκφόρτωσης για όχημα σχεδιασμού Αρθρωτό με τη μέθοδο Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων

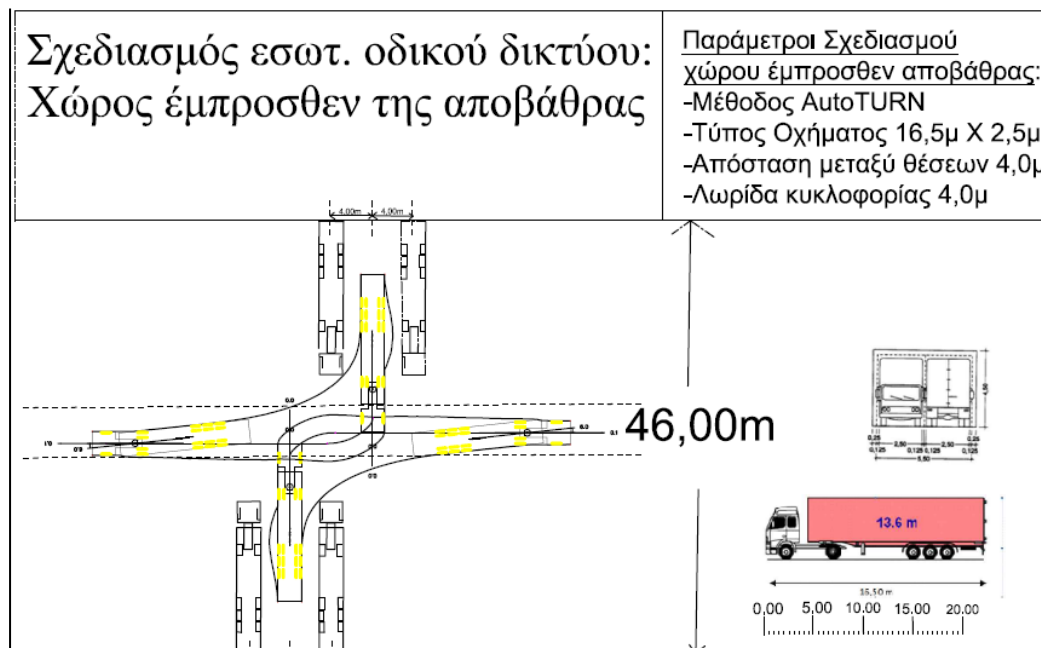
Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει αποβάθρα εκατέρωθεν των λωρίδων κυκλοφορίας διαχωρίζονται σε δύο υποπεριπτώσεις

1) Διπλή λωρίδα κυκλοφορίας



Σχήμα 17. Χώροι εμπροσθεν αποβάθρας- Διπλή λωρίδα κυκλοφορίας 4,00μ

2) Μονή λωρίδα κυκλοφορίας



Σχήμα 18. Χώροι εμπροσθεν αποβάθρας – Μία λωρίδα κυκλοφορίας 4,00μ

Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Για τον σχεδιασμό του χώρου εμπροσθεν των αποβαθρών των αποθηκών σημαντικότερο κριτήριο για τον υπολογισμό του απαιτούμενου μήκους που θα αφεθεί εμπροσθεν των αποβαθρών των αποθηκών αποτελεί η απόσταση μεταξύ του άξονα των θέσεων φορτοεκφόρτωσης των αποβαθρών των αποθηκών.

Ως αναμενόταν με την αύξηση της απόστασης μεταξύ των αξόνων των θυρών φορτοεκφόρτωσης το απαιτούμενο μήκος εμπροσθεν της αποβάθρας μειώνεται σημαντικά. Το μήκος αυτό σταθεροποιείται στο ελάχιστο **20,20μ** αν τηρηθούν πολύ μεγάλες αποστάσεις (27,40μ), το οποίο όμως κρίνεται ασύμφορο, άλλωστε ο χώρος που κερδίζεται είναι σχετικά μικρός (- 3 έως 5μ) για μια αύξηση της απόστασης μεταξύ των θυρών που κρίνεται ιδιαίτερα μεγάλη (25μ>). Οι δύο μέθοδοι σχεδιασμού (AutoTURN και OMOE) δεν είχαν σημαντικές αποκλίσεις, αλλά επιβεβαιώθηκε στο συγκεκριμένο πρόβλημα διαστασιολόγησης (είχε προηγηθεί η διερεύνηση για την πύλη εισόδου- εξόδου) ότι αν επιλεγεί ως μέθοδος σχεδιασμού οι καμπύλες ιχνών στροφής των OMOE οι απαιτήσεις θα είναι μειωμένες. Συνεπώς ενισχύεται η σύσταση του κεφαλαίου 3.2.1 ως μέθοδο σχεδιασμού υπέρ της ασφαλείας να επιλέγεται η μέθοδος AutoTURN, γεγονός που ενισχύεται και με μετρήσεις πεδίου που διεξήχθησαν και παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4. Το τελικός μήκος προκύπτει **26,00μ** για τις συνήθεις αποστάσεις θυρών **4,00μ**, ενώ **24,00μ** για τις επίσης συνήθεις αποστάσεις **5,00μ**.

Στην περίπτωση όπου οι αποθήκες βρίσκονται εκατέρωθεν η μια της άλλης για την συγκεκριμένη διάταξη αποθηκών και για τις δύο κύριες υποπεριπτώσεις που εξετάστηκαν, η περίπτωση που η λωρίδα κυκλοφορίας είναι διπλή, το μήκος διπλασιάζεται, ενώ στην περίπτωση που η λωρίδα κυκλοφορίας είναι μια κοινή λωρίδα, οι απαιτήσεις σε μήκος εμπροσθεν της αποβάθρας διπλασιάζονται απομειωμένες κατά το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας που θα επιλεγεί. Στο ενδεικτικό παράδειγμα για λωρίδα κυκλοφορίας 4,00μ προκύπτουν απαιτήσεις 51,00μ στην περίπτωση διπλής λωρίδας κυκλοφορίας και 46,00μ στην περίπτωση μονής.

3.3.2 Λωρίδες κυκλοφορίας & Κόμβοι

Γενικά στοιχεία

Για την διερεύνηση του σχεδιασμού του εσωτερικού οδικού δικτύου εμπορευματικού κέντρου, όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2 ο σχεδιαστής πρέπει να λάβει υπόψιν ποικίλλα κριτήρια. Κατά τον ΟΜΟΕ οι χώροι κυκλοφορίας προτείνονται να διαμορφώνονται καθ' ελάχιστο στα 3,00μ ανά λωρίδα κυκλοφορίας σε συμβατότητα με τις απαιτήσεις σε πλάτος διατομών[10]. Παρόλα αυτά, από την διερεύνηση για την πύλη εισόδου- εξόδου που προηγήθηκε προκύπτει ότι έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί κίνηση ελιγμού γωνίας αλλαγής διεύθυνσης 90 μοιρών από πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου 3,00μ θα χρειαστεί άνοιγμα 11,00μ. Συνεπώς σε κάθε περίπτωση το απαιτούμενο πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εσωτερικού οδικού δικτύου θα καθοριστεί από τις απαιτήσεις διαστασιολόγησης που θα δώσουν οι κόμβοι εντός του Εμπορευματικού Κέντρου. Οι κόμβοι αποτελούν σημαντικό μέρος ενός οδικού δικτύου επειδή, σε μεγάλο βαθμό, η ασφάλεια, η ταχύτητα, το κόστος λειτουργίας και η κυκλοφοριακή ικανότητα στο οδικό δίκτυο εξαρτώνται από την ποιότητα λειτουργίας των κόμβων του. Για τον λόγο αυτό, κατά τη διαμόρφωση των κόμβων πρέπει να εξασφαλίζονται η ασφάλεια της κυκλοφορίας, η επαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα, το αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας και η ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο.[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ]



Εικόνα 32. Διαμόρφωση λωρίδων κυκλοφορίας Εμπορευματικού κέντρου σε συνέχεια του χώρου έμπροσθεν των αποθηκών, Πηγή:[57]

Διερεύνηση

Για την διερεύνηση του σχεδιασμού των λωρίδων κυκλοφορίας και κόμβων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος σχεδιασμού λογισμικού προσομοίωσης AutoTURN και όχημα σχεδιασμού αρθρωτό φορτηγό όχημα, σε συμβατότητα με τα αποτελέσματα της διερεύνησης για την πύλη εισόδου- εξόδου και χώρου έμπροσθεν της αποβάθρας που προηγήθηκαν.

Οι παράμετροι σχεδιασμού για το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας & κόμβων είναι:

-Τύπος οχήματος, πρόσθια και οπίσθια προβολή αμαξώματος & γωνία αλλαγής διεύθυνσης, όπου λαμβάνεται αρθρωτό όχημα ως όχημα σχεδιασμού και γωνία αλλαγής διεύθυνσης 90 μοιρών

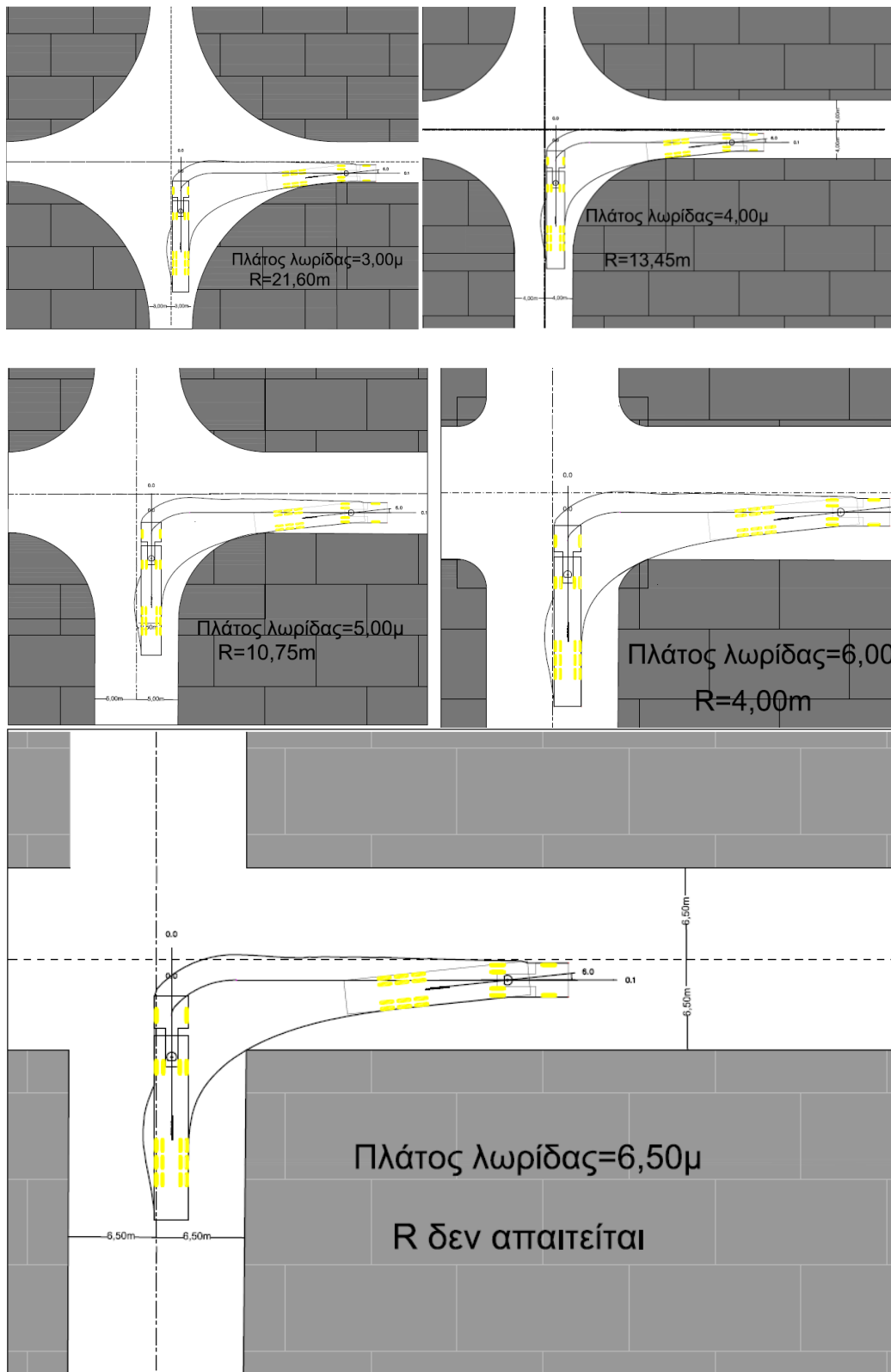
-Θέση στην λωρίδα κυκλοφορίας, λαμβάνεται αριστερό άκρο της οδού

-Ταχύτητα οχήματος, λαμβάνεται 1km/hr

Δυσμενέστερη περίπτωση εν προκειμένω εκλέγεται η περίπτωση του τετρασκελή κόμβου. Οι λωρίδες κυκλοφορίας θα σχεδιασθούν σε σύνδεση και συνέχεια του χώρου έμπροσθεν των αποβαθρών των αποθηκών, έτσι ώστε αυτός να επαρκεί για τις απαιτούμενες κινήσεις ελιγμών των φορτηγών οχημάτων όταν αυτά αποχωρούν από την θέση στάθμευσής τους για φορτοεκφόρτωση. Τα πλάτη λωρίδας κυκλοφορίας που εξετάστηκαν είναι 3,00- 4,00- 5,00 και 6,00μ



Εικόνα 33. Διαμόρφωση λωρίδων κυκλοφορίας Εμπορευματικού κέντρου σε συνέχεια του χώρου έμπροσθεν των αποθηκών, Πηγή:[57]



Σχήμα 19. Διαμόρφωση λωρίδων κυκλοφορίας & κόμβων εσωτερικού οδικού δικτύου

Αποτελέσματα

Από τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν για διάφορα πλάτη λωρίδας κυκλοφορίας εσωτερικού οδικού δικτύου, η μοναδική περίπτωση κίνησης ελιγμού ήταν η διαμόρφωση **6,50μ πλάτους λωρίδας**. Σε περίπτωση που υπάρχει η δυνατότητα απότμησης εμποδίου (πεζοδρόμιο πέριξ της αποθήκης, χώροι πρασίνου κλπ) προκύπτει ότι οι περιπτώσεις των 3,00μ πλάτους λωρίδας απαιτούν μεγάλη ακτίνα τόξου συναρμογής που απαιτείται για την απότμηση του εμποδίου ($R=21\mu$), γι' αυτό και κρίνεται ιδιαίτερα ασύμφορη, υπάρχει και η δυνατότητα χρήσης τρίτοξης καμπύλης, αλλά τα αποτελέσματα είναι ελάχιστα ευνοϊκότερα [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ]. Τα πλάτος των 3,00μ σε κάθε περίπτωση κρίνεται ιδιαίτερα μικρού μεγέθους ειδικά αν αναλογιστεί κανείς ότι το πλάτος οχήματος είναι 2,50μ, ενώ με το άνοιγμα καθρέφτη φθάνει τα 3,00μ (+0,25μ από κάθε πλευρά). Για πλάτη λωρίδας κυκλοφορίας **4,00μ** και **5,00μ** η ακτίνα τόξου συναρμογής οριογραμμών που απαιτείται κρίνεται και πάλι μεγάλου μεγέθους αλλά σαφώς συμφέρουσα από άποψη αξιοποίησης χώρου της εγκατάστασης ($R=13,5\mu$ και $R=10,75\mu$ αντίστοιχα). Αντίθετα οι απαιτήσεις ακτίνας τόξου συναρμογής μειώνονται αισθητά για την περίπτωση πλάτους λωρίδας **6,00μ** ($R=4,00\mu$). Σε κάθε περίπτωση ο σχεδιασμός των κόμβων εξαρτάται σημαντικά από τις ιδιαιτερότητες του χωροταξικού σχεδιασμού του κέντρου, δηλαδή από τον τύπο των εμποδίων και την γωνία στροφής των κόμβων που θα έχει, καθότι οι απαιτήσεις σε πλάτη λωρίδας κυκλοφορίας που ανέφερα δύναται να μειωθούν αισθητά. Κρίνεται παρόλα αυτά ότι τα πλάτη λωρίδα κυκλοφορίας να τεθούν καθ' ελάχιστο 4,00μ ανά λωρίδα κυκλοφορίας.

3.4 Προσβάσεις εισόδου- εξόδου Εμπορευματικού Κέντρου εκτός σχεδίου πόλεως

Γενικά στοιχεία

Ενώ τα Εμπορευματικά Κέντρα που βρίσκονται εκτός σχεδίου πόλεως παρουσιάζουν τα ίδια προβλήματα εσωτερικού οδικού δικτύου που διερευνήθηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, η διαστασιολόγηση και χωροθέτηση της πύλης εισόδου απαιτεί ειδική διαμόρφωση. Το γεγονός αυτό ανάγεται σε λόγους κυκλοφοριακής τεχνικής και οδικής ασφαλείας, καθότι το φορτηγό όχημα δεν δύναται να ακινητοποιηθεί για να διεξάγει ελιγμό εντός εθνικού οδικού δικτύου. Στα πλαίσια αυτού το Ελληνικό Κράτος εξέδωσε το προεδρικού διατάγμα 118/06 Α ΦΕΚ 119 : «Περί ιδρύσεως και λειτουργίας πρατηρίων υγρών καυσίμων, σταθμών αυτοκινήτων, πλυντηρίων αυτοκινήτων και περί **κυκλοφοριακής συνδέσεως εγκαταστάσεων μετά των οδών**» . Το προεδρικό διάταγμα περιλαμβάνει προτεινόμενες διαμορφώσεις κυκλοφοριακών συνδέσεων με τις εγκαταστάσεις σε μορφή τεχνικών σχεδίων[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β]. Συγκεκριμένα ορίζει 4 τύπους διαμορφώσεων με κριτήριο των τύπο της οδού του υφιστάμενου εθνικού οδικού δικτύου (Τύπος Α, Β, Γ και Δ), οι οποίοι παρουσιάζονται ακολούθως,



Εικόνα 34. Κτιριακές εγκαταστάσεις ΟΣΕ, Πηγή:[48]

-Τύπος Α

Εφαρμόζεται στα πρατήρια και εγκαταστάσεις που ιδρύονται σε εκτός εγκεκριμένου σχεδίου πόλης περιοχές στο βασικό εθνικό δίκτυο

-Τύπος Β

Εφαρμόζεται στα πρατήρια και εγκαταστάσεις που ιδρύονται σε εκτός εγκεκριμένου σχεδίου πόλης περιοχές στο δευτερεύων εθνικό δίκτυο

-Τύπος Γ

Εφαρμόζεται στα πρατήρια και εγκαταστάσεις που ιδρύονται σε εκτός εγκεκριμένου σχεδίου πόλης περιοχές στο

Α) Τριτεύων εθνικό δίκτυο

Β) Πρωτεύων επαρχιακό εθνικό δίκτυο

Γ) Στους παράπλευρους οδών ταχείας κυκλοφορίας και αυτοκινητοδρόμων ανεξάρτητα από το κυκλοφορούμενο πλάτος τους

Δ) Στους παράπλευρους με κυκλοφορούμενο πλάτος οδού μεγαλύτερο των 7,00μ

Ε) Στα τμήματα του βασικού και δευτερεύοντος εθνικού δικτύου, όταν αυτά διέρχονται από οικισμούς προϋφιστάμενους του 1923, ή οικισμούς οριοθετημένους σύμφωνα με το από 24/4/1985 ΠΔ(ΦΕΞ 181/Δ/85) με γραμμή δόμησης όπως ορίζεται από τις σχετικές διατάξεις του ν.118/06

ΣΤ) Στο εθνικό οδικό δίκτυο των νήσων πλην Κρήτης, Εύβοιας, Ρόδου, Κέρκυρας,

-Τύπος Δ

Εφαρμόζεται στα πρατήρια και εγκαταστάσεις που ιδρύονται σε εκτός εγκεκριμένου σχεδίου πόλης περιοχές στο

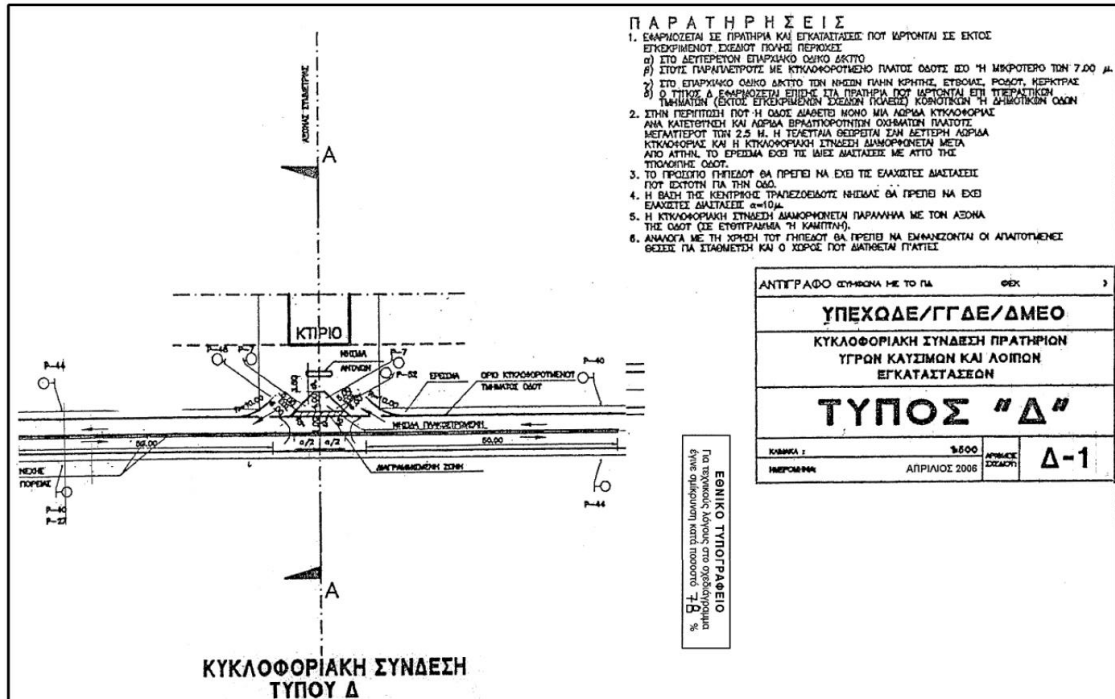
Α) Δευτερεύων επαρχιακό οδικό δίκτυο

Β) Στους παράπλευρους με κυκλοφορούμενο πλάτος οδού ίσο ή μικρότερο των 7,00μ

Γ) Στο επαρχιακό οδικό δίκτυο των νήσων πλην Κρήτης, Εύβοιας, Ρόδου, Κέρκυρα

Δ) Στα τμήματα του τριτεύοντος εθνικού οδικού δικτύου και πρωτεύοντος επαρχιακού οδικού δικτύου που διέρχονται από οικισμούς προ-υφιστάμενους του 1923 ή οριοθετημένους σύμφωνα με το από 24/4/85 ΠΔ (ΦΕΚ 181/Δ/85) με γραμμή δόμησης όπως ορίζεται από τις σχετικές διατάξεις

Ε) Ο τύπος Δ εφαρμόζεται επίσης στα πρατήρια που ιδρύονται επί υπεραστικών τμημάτων(εκτός εγκεκριμένων σχεδίων πόλεως) κοινοτικών ή δημοτικών οδών



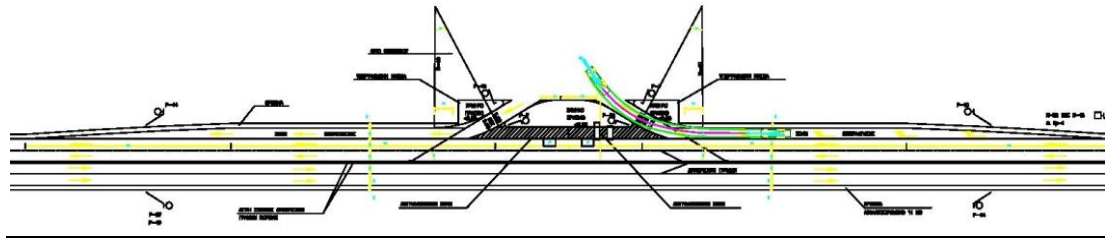
Εικόνα 35. Διαμόρφωση κυκλοφοριακών συνδέσεων τύπου Δ για εγκαταστάσεις εκτός σχεδίου πόλεως, Πηγή:[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β]

Διερεύνηση

Βάσει των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την διερεύνηση κυκλοφοριακού σχεδιασμού εντός σχεδίου πόλεως, έγινε έλεγχος επάρκειας των κυκλοφοριακών συνδέσεων εκτός σχεδίου πόλεως που προτείνει το διάταγμα με τη μέθοδο σχεδιασμού του λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN και το αντίστοιχο όχημα σχεδιασμού που προέκυψε από τη διερεύνηση, το **αρθρωτό φορτηγό όχημα** (16,50μ X 2,50μ). Για λόγους συγκριτικής αξιολόγησης εξετάστηκε επίσης η επάρκεια των προσβάσεων για **συμπαγές διαξονικό φορτηγό όχημα** (10,10μX 2,50μ).

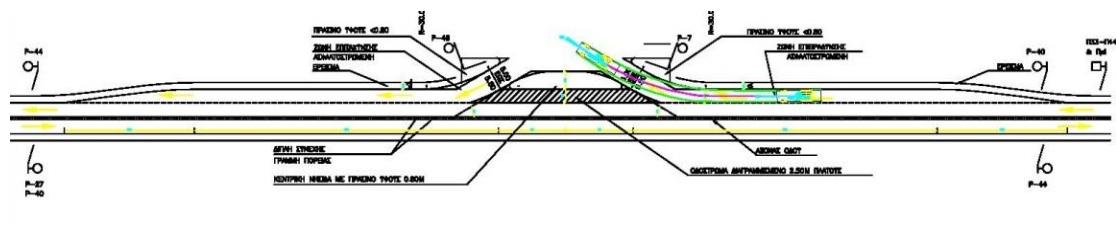
II) Δοκιμές διέλευσης προσβάσεων για συμπαγές όχημα 10,10μ X 2,50μ

Δοκιμή Τύπου Α



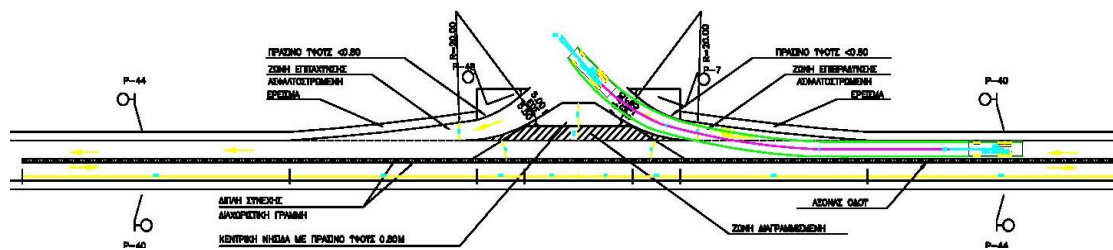
Σχήμα 24. Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Α με συμπαγές όχημα

Δοκιμή Τύπου Β



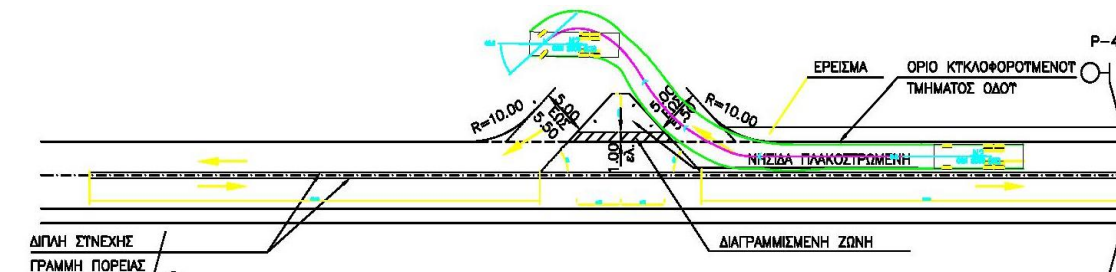
Σχήμα 25. Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Β με συμπαγές όχημα

Δοκιμή Τύπου Γ



Σχήμα 26. Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Γ με συμπαγές όχημα

Δοκιμή Τύπου Δ



Σχήμα 27. Δοκιμή διέλευσης εισόδου τύπου Δ με συμπαγές όχημα

Αποτελέσματα

Διαστάσεις φορτηγού οχήματος(μ)	Είσοδος οχήματος σε διαμόρφωση κυκλοφοριακής σύνδεσης σύμφωνα με το ΠΔ 118/06 ΦΕΚ Α119			
	Βασικό Εθνικό Δίκτυο	Δευτερεύων Εθνικό Δίκτυο	Τριτεύων Εθνικό Δίκτυο	Επαρχιακό Δίκτυο
16,5X2,50	προσπέλαση	προσπέλαση	προσπέλαση	προσπέλαση
10,10X2,50	προσπέλαση	προσπέλαση	προσπέλαση	προσπέλαση

Πίνακας 3. Αποτελέσματα προσομοιώσεων διέλευσης φορτηγών οχημάτων από προσβάσεις εισόδου- εξόδου εγκαταστάσεων εκτός σχεδίου πόλεως που προτείνονται στο ΠΔ 118/06 με χρήση της μεθόδου σχεδιασμού AutoTURN

Σχολιασμός αποτελεσμάτων

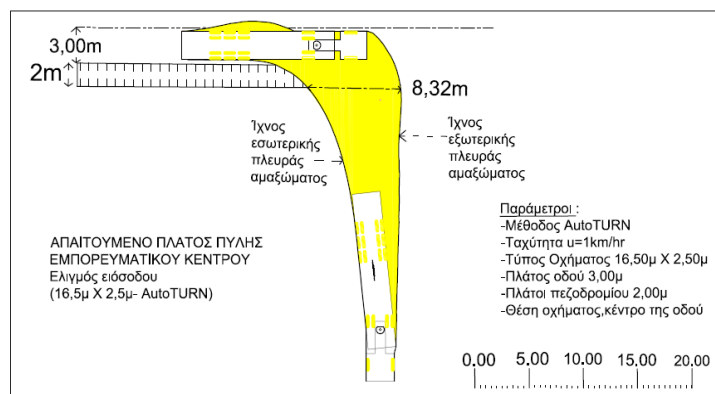
Συμπεραίνω ότι στις προσβάσεις Εμπορευματικών Κέντρων Εκτός σχεδίου πόλεως απαιτείται κατάλληλη διαμόρφωση ζώνης επιβράδυνσης σε μήκος 160,00μ από την περιοχή της πρόσβασης εισόδου- εξόδου. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που εξετάστηκαν δείχνουν, ότι οι διαμορφώσεις που προτείνονται στο Προεδρικό Διάταγμα 118/2006 επαρκούν.

4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ

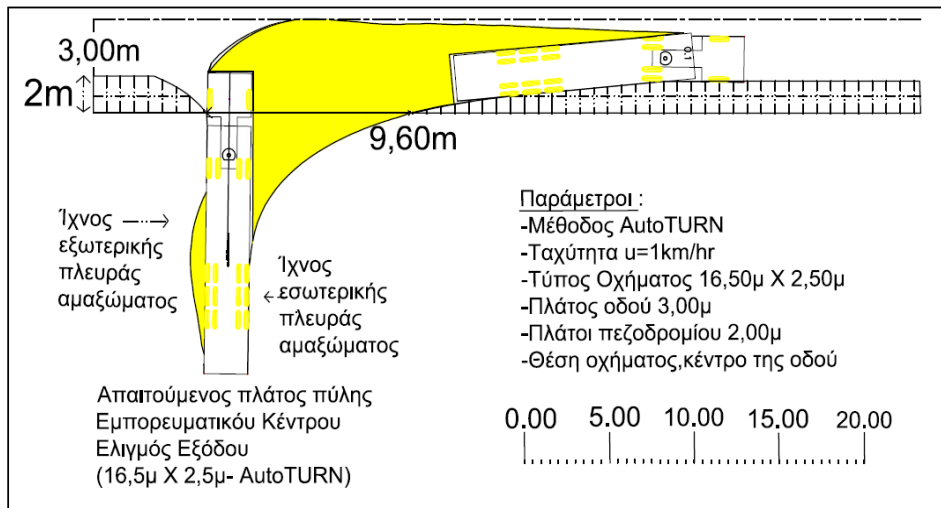
4.1 Εφαρμογή μεθόδων σχεδιασμού

Λόγω των αποκλίσεων μεταξύ των δύο μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν (Καμπύλες ιχνών στροφής του ΟΜΟΕ και λογισμικό προσομοίωσης AutoTURN), ως προς την τελική διαστασιολόγηση των χώρων εισόδου-εξόδου, κυκλοφορίας και στάθμευσης εμπορευματικών κέντρων, κρίθηκε αναγκαία η διεξαγωγή μετρήσεων πεδίου. Βάσει των αποτελεσμάτων του προηγούμενου κεφαλαίου πραγματοποιήθηκε εφαρμογή της μεθοδολογίας σε συγκεκριμένο πρόβλημα επίλυσης σε σύγκριση με τις μετρήσεις πεδίου, με σκοπό τον έλεγχο εγκυρότητας των μεθόδων. Στα πλαίσια του ελέγχου εγκυρότητας της μεθόδου διεξήχθησαν συνεντεύξεις με επαγγελματίες οδηγούς ως προς την επιλογή του οχήματος σχεδιασμού. Με τους επαγγελματίες οδηγούς ήρθαμε σε επαφή μέσω της Ομοσπονδίας Φορτηγών Αυτοκινητιστών Ελλάδος. Ως όχημα σχεδιασμού ομόφωνα προτάθηκε το αρθρωτό φορτηγό όχημα, επιβεβαιώνοντας τους ισχυρισμούς της διερεύνησης. Το πρόβλημα που επιλέχτηκε προς επίλυση ήταν αυτό του απαιτούμενου πλάτους πύλης εγκατάστασης με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά, ο τύπος οχήματος που εκλέγεται ως όχημα σχεδιασμού της πύλης είναι το αρθρωτό όχημα, το πλάτος πεζοδρομίου εξωτερικά της εγκατάστασης ορίζεται στα 2μ., το πλάτος οδού ορίζεται στα 3,00μ, ενώ η γωνία στροφής για την επίλυση ορίζεται στις 90 μοίρες. Η επίλυση έγινε με χρήση των μεθόδων σχεδιασμού AutoTURN και ΟΜΟΕ, παρότι κατά τη διερεύνηση η μέθοδος AutoTURN κρίθηκε προσφορότερη για τον σχεδιασμό, για λόγους συγκριτικής αξιολόγησης

Δ) Επίλυση πύλης με την μέθοδο AutoTURN

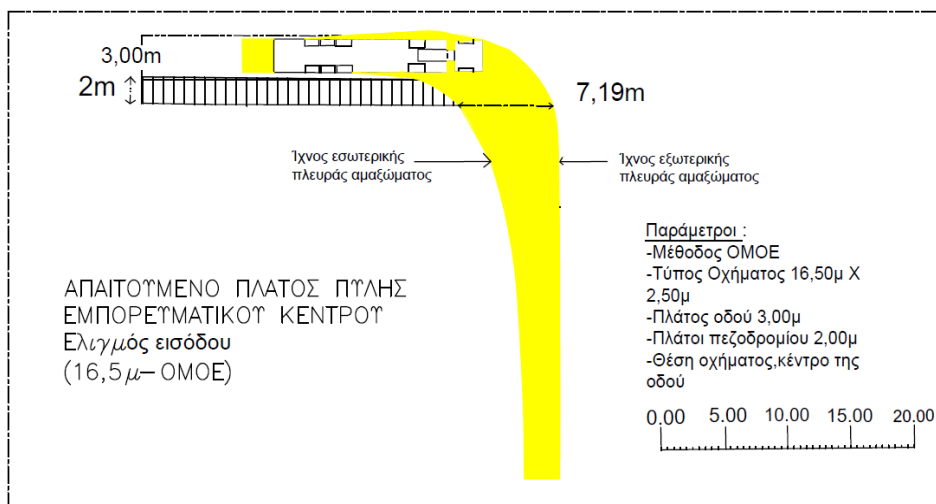


Σχήμα 28. Επίλυση για έλεγχο εγκυρότητας μεθόδου, σε ελιγμού εισόδου με μέθοδο AutoTURN

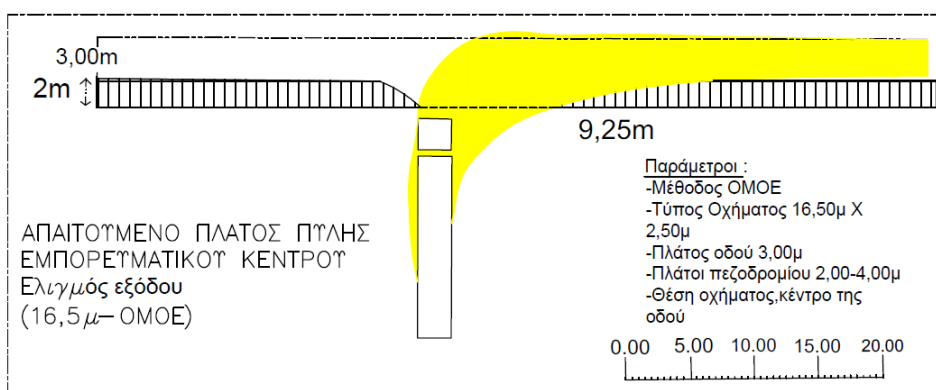


Σχήμα 29. Επίλυση για έλεγχο εγκυρότητας μεθόδου, σε ελιγμού εξόδου με μέθοδο AutoTURN

II) Επίλυση πύλης με την μέθοδο καμπύλες Ιχνών στροφής ΟΜΟΕ



Σχήμα 30. Επίλυση για έλεγχο εγκυρότητας μεθόδου, σε ελιγμού εισόδου με μέθοδο καμπύλες Ιχνών στροφής ΟΜΟΕ



Σχήμα 31. Επίλυση για έλεγχο εγκυρότητας μεθόδου, σε ελιγμού εισόδου με μέθοδο καμπύλες Ιχνών στροφής ΟΜΟΕ

4.2 Μετρήσεις πεδίου

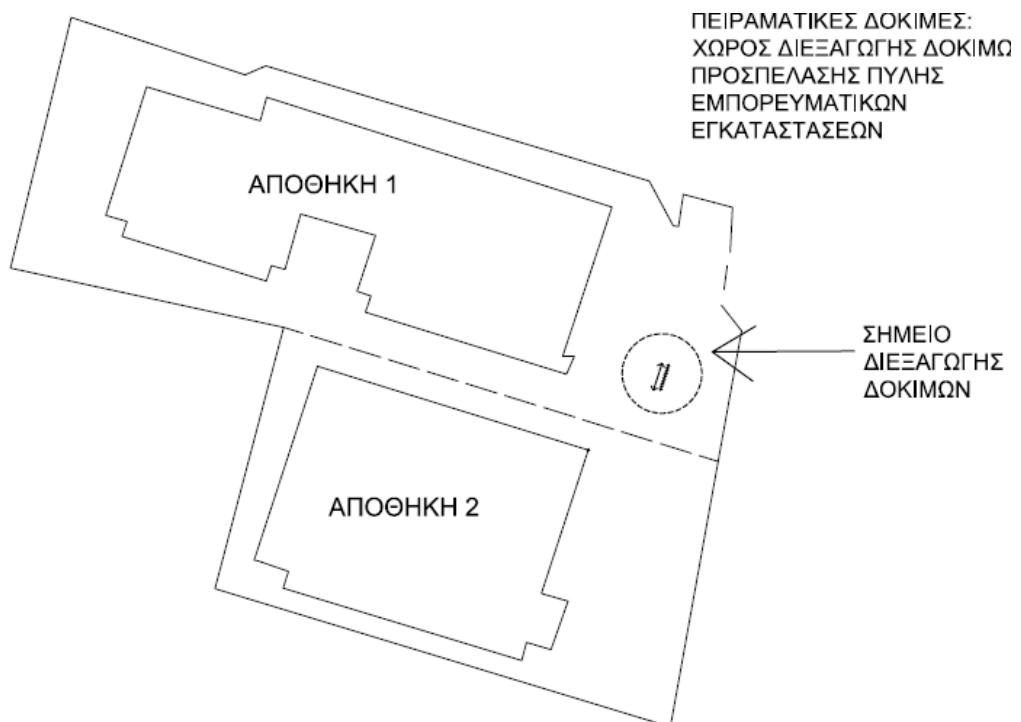
Αντικείμενο των μετρήσεων ήταν να προσδιοριστεί η επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνεται από τα φορτηγά οχήματα για την διέλευση πύλης εισόδου και εξόδου σε χώρο Εμπορευματικού Κέντρου, έτσι ώστε σε σύγκριση με τις επιλύσεις των δύο μεθόδων να προσδιοριστεί η μέθοδος που απεικονίζει με μεγαλύτερη ακρίβεια την πραγματικότητα. Οι Μετρήσεις πεδίου διεξήχθησαν υπό την εποπτεία του Εργαστηρίου Σιδηροδρομικής και Μεταφορών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, και έγιναν σε χώρο που μας παραχωρήθηκε από την ιδιωτική εταιρεία PlusΛογιστική σε συνεργασία με την Ομοσπονδία Φορτηγών Αυτοκινητιστών Ελλάδος. Αποτελεί εταιρεία που δραστηριοποιείται στον τομέα της εφοδιαστικής (Logistics) παρέχοντας χώρο αποθήκευσης και διανομής εμπορευμάτων, και τοποθετείται στην Λάκκα Καματερού. Το φορτηγό όχημα που παραχωρήθηκε για την δοκιμή ανήκει στην εταιρεία μεταφορών εφοδιαστικής αλυσίδας Chr. Michakos SA, ενώ ο οδηγός είναι υπάλληλος της εν λόγω εταιρείας.



Εικόνα 36. Αρθρωτό φορτηγό που χρησιμοποιήθηκε στην δοκιμή



Εικόνα 37 .Φωτογραφία εγκατάστασης που διενεργήθηκαν οι δοκιμές, Πηγή:Google earth



Εικόνα 38. Σχέδιο χώρου εγκατάστασης

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ

Για την διεξαγωγή των δοκιμών διέλευσης επικράτησαν οι εξής παράμετροι ως δυσμενέστερο σενάριο:

-Όχημα σχεδιασμού το **αρθρωτό** φορτηγό όχημα 16,5μ X 2,5μ

-Πλάτος πεζοδρομίου **2,00μ**

-Μήκος πύλης εγκατάστασης **10,00μ**

-Πλάτος οδού **3,00μ**

-Το όχημα κατά την είσοδο ήταν τοποθετημένο στο **κέντρο της οδού**.

-Ορίστηκε καθολικό σύστημα αξόνων XY που ορίζεται από τον άξονα X ο άξονας της πύλης στο επίπεδο του εδάφους, και άξονας Y ο άξονας κάθετα στον άξονα της πύλης στο επίπεδο του εδάφους. Ορίστηκαν επίσης τοπικά συστήματα αξόνων X1Y1 και X2Y2 με αρχή των αξόνων τους κώνους 1 και 2.

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ

-Δύο κώνοι που ορίζουν την πύλη της εγκατάστασης. Οι κώνοι τοποθετήθηκαν σε απόσταση 10,00μ ο ένας από τον άλλο διαμορφώνοντας την πύλη.

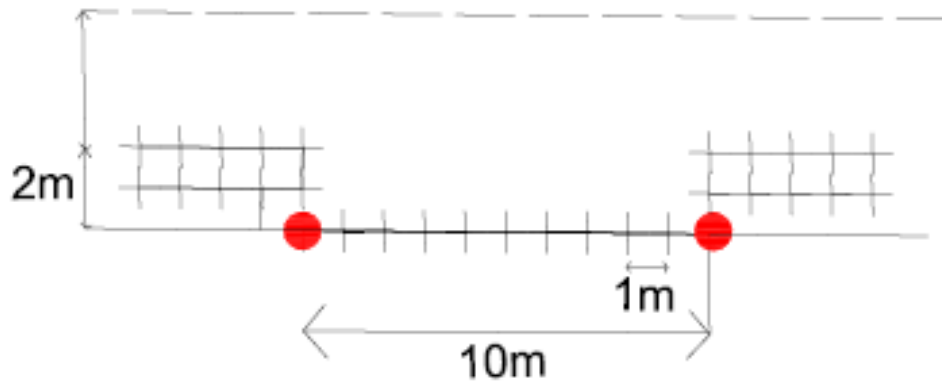
-Χαρτοταινία με την οποία ορίστηκαν σημεία ανά 1μ στον άξονα της πύλης(Άξονας X). Τα σημεία συμβολίστηκαν με σταυρό.

-Χαρτοταινία με την οποία προσομοιάστηκε η περιοχή του πεζοδρομίου. Συγκεκριμένα ορίστηκε κάναβος βήματος 1μ σε περιοχή 5μ X 2μ εκατέρωθεν της πύλης

-Χαρτόνι διαστάσεων 0,40 X 0,10 μ που συμβολίζουν την διαχωριστική λωρίδα της οδού.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ

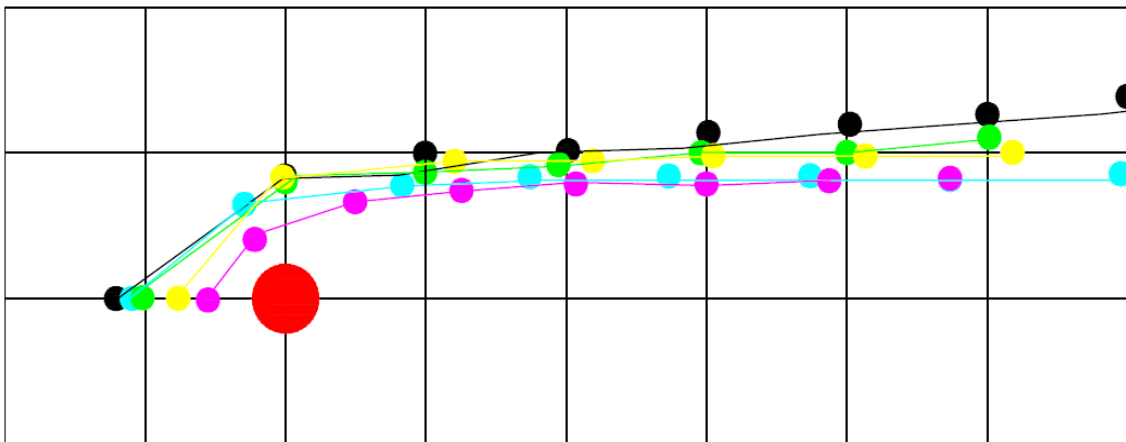
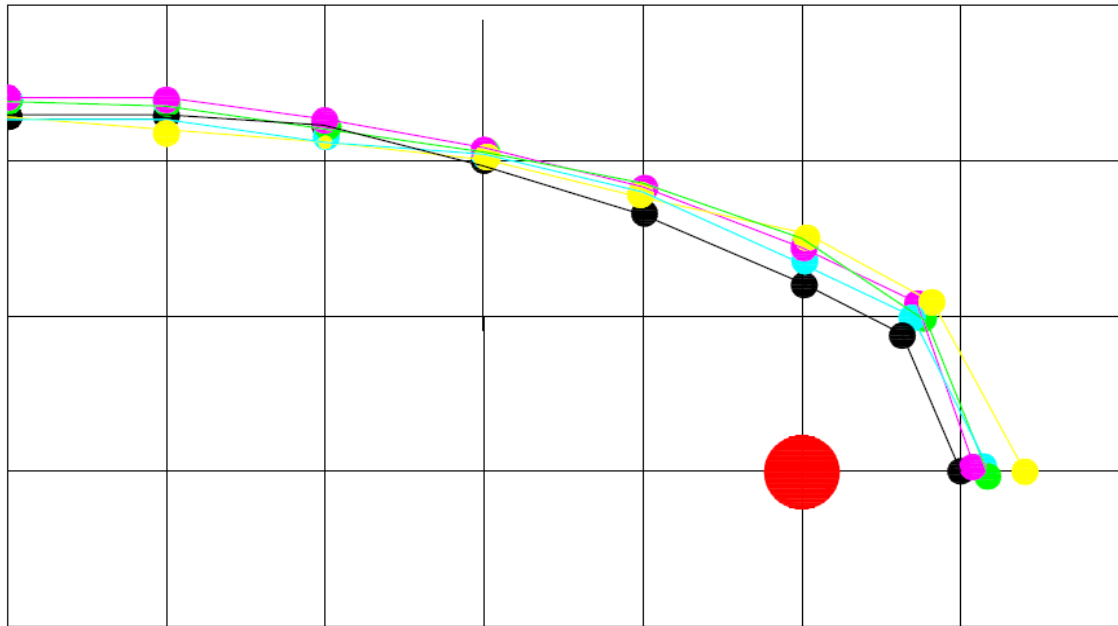
Πραγματοποιήθηκαν 5 δοκιμές διέλευσης για είσοδο και 5 δοκιμές διέλευσης για έξοδο σε στροφή 90 μοιρών μέχρι ευθυγράμμισης του οχήματος από τις οποίες αποτυπώθηκε η δυνατότητα και τα σημεία διέλευσης προσομοιώματος πύλης 10μ, καθώς και η απαιτούμενη απότμηση για πεζοδρόμιο πλάτους 2μ.



Σχήμα 32. Σχέδιο χώρου δοκιμών



Εικόνα 39. Χώρος δοκιμών



Εικόνα 40. Δοκιμές διέλευσης πύλης για ελιγμό εισόδου και εξόδου των μετρήσεων πεδίου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ ΓΙΑ ΕΛΙΓΜΟ ΕΙΣΟΔΟΥ

Δοκιμές διέλευσης Πύλη Εισόδου		
Αριθμός δοκιμής	Πλάτος πύλης (μ)	Προτεινόμενη Ακτίνα τόξου απότμησης πεζοδρομίου (μ)
1	9	5
2	8,5	5
3	8,5	5
4	8	5
5	9	5

Πίνακας 4 .Δοκιμές διελεύσεων πύλης εισόδου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ ΓΙΑ ΕΛΙΓΜΟ ΕΞΟΔΟΥ

Δοκιμές διέλευσης Πύλη εξόδου		
Αριθμός δοκιμής	Πλάτος πύλης (μ)	Προτεινόμενη Ακτίνα τόξου απότμησης πεζοδρομίου (μ)
1	9	50
2	9	50
3	9	50
4	10	-
5	9,5	50

Πίνακας 5 .Δοκιμές διελεύσεων πύλης εξόδου

Αποτελέσματα μετρήσεων πεδίου

Οι μετρήσεις δείχνουν με βεβαιότητα ότι η διαμόρφωση πλάτους πύλης εισόδου εξόδου 10μ επαρκεί, ενώ απαιτείται κατάλληλη απότμηση του πεζοδρομίου σε μήκος 3μ αριστερά της πύλης (τόξου 5μ) και σε μήκος μεγαλύτερο των 5μ δεξιά της πύλης(τόξου 50μ).

Όσον αφορά τις δοκιμές εξόδου πρέπει να αναφερθεί ότι υπήρχε περιορισμός στην ευθυγράμμιση του οχήματος λόγω περίφραξης σε απόσταση μικρότερη των 15μ από το σημείο εκκίνησης της ευθυγράμμισης οχήματος αμέσως μετά την προσπέλαση της πύλης. Συνεπώς ο οδηγός ξεκινούσε νέο ελιγμό προτού ευθυγραμμίσει το όχημα γεγονός που καθιστά τον προσδιορισμό της ακτίνας απότμησης εξόδου μόνο κατά τάξη μεγέθους επαρκή.

Παρόλα αυτά κρίνω ότι οι δοκιμές είναι ανεπαρκείς στο σύνολο τους για ασφαλή διεξαγωγή συμπερασμάτων, καθότι λίγες σε αριθμό και ανακριβείς στον προσδιορισμό των σημείων λόγω ελλείψεων. Επίσης, ο ορισμός των αξόνων και η τοποθέτηση των σημείων προτείνονται να γίνουν με ψηφιακά όργανα γεωδαισίας για ακρίβεια αποτελεσμάτων. Τέλος, προτείνεται να γίνουν και με διαφόρους τύπους φορτηγών οχημάτων προς πλήρη επαλήθευση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από την υπάρχουσα διερεύνηση, και με διαφορετικούς οδηγούς.

Παρόλα αυτά κρίνεται αναγκαία για την επαλήθευση των μεθόδων, συμπεραίνω ότι σε σύγκριση με τις μεθόδους AutoTURN και OMOE, καταλληλότερα αποτελέσματα παρουσιάζει η μέθοδος σχεδιασμού AutoTURN.

Σε κάθε περίπτωση οι μετρήσεις παρουσιάζουν κοντινές τιμές και με την μέθοδο AutoTURN και με τις καμπύλες OMOE, οι οποίες όμως κρίνονται ανεπαρκείς για την προσέγγιση του προβλήματος υπέρ της ασφαλείας.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σχεδιασμός οδικών δικτύων παρουσιάζει ιδιαίτερες απαιτήσεις όταν σχεδιάζεται για να κυκλοφορούν φορτηγά οχήματα. Αυτό συμβαίνει διότι η επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνει ένα φορτηγό όχημα κατά τις κινήσεις ελιγμών του είναι πολύ μεγαλύτερη από τα επιβατικά οχήματα. Περαιτέρω δυσκολίες έρχονται να προστεθούν στις περιπτώσεις που το φορτηγό όχημα δεν είναι συμπαγές, αλλά περιλαμβάνει ρυμουλκούμενα οχήματα. Στην περίπτωση οχημάτων που είναι συστήματα ρυμουλκού- ρυμουλκούμενου έναντι των συμπαγών εντοπίζεται η δυσκολία του προσδιορισμού της συνολικής επιφάνειας οδοστρώματος που καταλαμβάνει το όχημα κατά τον ελιγμό όπως αυτή προκύπτει από τα ίχνη στροφής των τροχών και των αμαξωμάτων του ρυμουλκού και του ρυμουλκούμενου. Σε ένα συμπαγές όχημα οι τροχοί του οχήματος ακολουθούν την κυκλική τροχιά βάσει της ακτίνας που ορίζει η γωνία αλλαγής διεύθυνσης του οχήματος. Αντίθετα στα συστήματα οχημάτων ρυμουλκού- ρυμουλκούμενου λόγω της άρθρωσης του οχήματος εντοπίζεται το φαινόμενο της απόκλισης μεταξύ των ιχνών στροφής των τροχών του οχήματος. Αυτό το φαινόμενο είναι που καθορίζει την συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει το όχημα κατά τον ελιγμό του. Σε μεγάλη ταχύτητα υπάρχει η πιθανότητα να ‘διπλώσει’ το όχημα, μια συνθήκη ιδιαίτερα δύσκολη και δύσκολα αναστρέψιμη για τον οδηγό, αλλά και επικίνδυνη για τους υπόλοιπους χρήστες του δικτύου. Το φαινόμενο όπως ανέφερα και νωρίτερα εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος και την γωνία αλλαγής διεύθυνσης. Η συνολική επιφάνεια οδοστρώματος που καταλαμβάνει ένα αρθρωτό όχημα σε ελιγμό εξαρτάται πέραν τις προαναφερθείσας απόκλισης ιχνών στροφής, από την πρόσθια και οπίσθια προβολή του αμαξώματος, από τη δυνατότητα διατήρησης της ταχύτητας του φορτηγού καθώς το όχημα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν σταθερό λόγω κινδύνου ανατροπής, το μήκος πέδησης λειτουργία που απαιτεί κατάλληλο μήκος οδικού δικτύου πριν την υλοποίηση του ελιγμού για να συντελεστεί με ασφάλεια και το μήκος ορατότητας για λόγους ασφαλείας στο οδικό δίκτυο.

Παράμετροι Κυκλοφοριακού Σχεδιασμού Εμπορευματικού Κέντρου

Οι κρίσιμοι παράμετροι που επηρεάζουν τον κυκλοφοριακό σχεδιασμό των εμπορευματικών κέντρων είναι ο τύπος του οχήματος, η πρόσθια και οπίσθια προβολή του αμαξώματος, και η γωνία στροφής Δευτερεύοντος εξαρτώνται από τη δυνατότητα διατήρησης της ταχύτητας του φορτηγού, το μήκος πέδησης και το μήκος ορατότητας. Σημαντικότερες μέθοδοι σχεδιασμού των ελιγμών των φορτηγών είναι οι καμπύλες σχεδιασμού που προσφέρονται από τις τεχνικές οδηγίες των εγχειριδίων σχεδιασμού και τα λογισμικά προσομοίωσης. Λιγότερο

Μέθοδοι Κυκλοφοριακού Σχεδιασμού Εμπορευματικού Κέντρου

Οι μέθοδοι σχεδιασμού βασίζονται στον υπολογισμό του ίχνους των τροχών του οχήματος κατά τον ελιγμό στο εσωτερικό οδικό δίκτυο. Ο σχεδιασμός με τη χρήση του Λογισμικού προσομοίωσης **AutoTURN** έδωσε ακριβέστερα αποτελέσματα από τις καμπύλες ιχνών στροφής που παρέχονται από τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε από την σύγκριση του υπολογισμού του ίχνους στροφή των τροχών φορτηγού οχήματος με βιντεοσκοπημένες μετρήσεις πεδίου. Παρόλα αυτά κρίνω ότι οι μετρήσεις πεδίου είναι ανεπαρκείς για ασφαλή διεξαγωγή συμπερασμάτων, καθότι είναι λίγες σε αριθμό, και κρίνονται ανακριβείς στον προσδιορισμό των αξόνων και των σημείων του κανάβου, κρίνεται σημαντική η χρήση γεωδαιτικών οργάνων μέτρησης για τον σχηματισμό του κανάβου. Σε κάθε περίπτωση συστήνεται το θέμα του κυκλοφοριακού σχεδιασμού Εμπορευματικών Κέντρων να προσδιοριστεί με την διεξαγωγή αναλυτικών και ακριβών μετρήσεων πεδίου με σκοπό την ακριβή προσέγγιση της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα φορτηγά οχήματα κατά την διεξαγωγή ελιγμού.

Σχεδιασμός πύλης

Για τον σχεδιασμό πύλης εισόδου -εξόδου εμπορευματικού κέντρου εντός σχεδίου πόλεως το απαιτούμενο πλάτος πύλης επηρεάζεται από το όχημα σχεδιασμού και την γωνία αλλαγής διεύθυνσης, το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας εξωτερικού οδικού δικτύου, τη θέση του οχήματος στην λωρίδα, την ταχύτητα του οχήματος και την διαμόρφωση του πεζοδρομίου. Για την διαμόρφωση του πεζοδρομίου απαιτείται

κατάλληλο τόξο απότμησης του πεζοδρομίου και πλάτος κατάλληλο για το πλάτος πύλης που επιθυμεί ο σχεδιαστής. Το πλάτος λωρίδας του εξωτερικού υφιστάμενου οδικού δικτύου επηρεάζει τις απαιτήσεις σε διαμόρφωση πύλης, αλλά όχι σημαντικά εκτός αν οι μεταβολές είναι μεγάλες πχ 5,00μ αντί 3,00μ. Για τις συνήθειες περιπτώσεις 3,00- 3,50μ πλάτους λωρίδας η μεταβολή στις απαιτήσεις πλάτους πύλης είναι πολύ μικρές. Όσον αφορά τη θέση του οχήματος, το αριστερό άκρο της οδού ευνοεί την υλοποίηση στις στροφές, παρόλα αυτά δεν ενδείκνυται λόγω της οπίσθιας προβολής του αμαξώματος του οχήματος. Η μείωση της ταχύτητας ακριβώς πριν τον ελιγμό κρίνεται υπέρ της ασφαλείας και συνίσταται. Σε περίπτωση μελλοντικής αύξησης του στόλου φορτηγών οχημάτων, οι απαιτήσεις θα πρέπει να αλλάξουν, καθότι δεν θα μπορέσουν να εξυπηρετήσουν οχήματα μεγαλύτερου μήκους. Οι Προσβάσεις με το εξωτερικό οδικό δίκτυο για Εμπορευματικά Κέντρα εκτός σχεδίου πόλεως απαιτείται να γίνονται με διαμόρφωση λωρίδας επιβράδυνσης- επιτάχυνσης.

Σχεδιασμός Εσωτερικού οδικού δικτύου

Για τον σχεδιασμό του εσωτερικού οδικού δικτύου απαιτείται σχεδιασμός λωρίδων κυκλοφορίας και κατάλληλη διαστασιολόγηση χώρου έμπροσθεν των αποβαθρών των αποθηκών για τις κινήσεις ελιγμών για στάθμευση ή αποχώρηση από την πλατφόρμα φορτοεκφορτώσεων.

Για τον σχεδιασμό του χώρου έμπροσθεν των αποθηκών, πέραν των προαναφερθέντων παραμέτρων επιρροής, σημαντικό κριτήριο για τον υπολογισμό του απαιτούμενου μήκους που θα αφηθεί έμπροσθεν των αποθηκών αποτελεί η απόσταση μεταξύ του άξονα των θέσεων φορτοεκφόρτωσης των αποβαθρών των αποθηκών. Ως απαιτούμενο μήκος και για τις δύο μεθόδους οι οποίες δεν είχαν σημαντικές αποκλίσεις παρά του διαφορετικού οχήματος σχεδιασμού που απαιτούν προκύπτει 26,00μ για αποστάσεις θυρών 4,00μ, ενώ 25,00μ για αποστάσεις 5,00μ, τα οποία είναι και οι συνηθέστερες αποστάσεις.

Για τις λωρίδες κυκλοφορίας στην περίπτωση που το όχημα σχεδιασμού είναι αρθρωτό όχημα και το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας είναι μικρότερο των 6,50μ απαιτείται διαμόρφωση του πεζοδρομίου με κατάλληλο τόξο συναρμογής οριογραμμών του κόμβου.

6. ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Για την περαιτέρω μελέτη του αντικειμένου της παρούσας διπλωματικής εργασίας ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η διερεύνηση των παρακάτω:

- Να εξεταστεί το απαιτούμενο μήκος του χώρου έμπροσθεν της αποβάθρας και σε άλλες διατάξεις αποβάθρας (για παράδειγμα οδοντωτές διατάξεις ποικίλων γωνιών)
- Να σχεδιαστεί το οδικό δίκτυο Εμπορευματικού Κέντρου και με άλλα λογισμικά προσομοίωσης (για παράδειγμα το Vehicle tracking της Autodesk), και με άλλες τεχνικές οδηγίες εγχειριδίων σχεδιασμού, να συγκριθούν και αξιολογηθούν τα αποτελέσματα
- Να διεξαχθούν μετρήσεις πεδίου για τον ακριβή προσδιορισμό των καμπυλών ιχνών στροφής για τους διάφορους τύπους οχημάτων.
- Να γίνει εφαρμογή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε και σε περιπτώσεις κυκλοφοριακού σχεδιασμού με οχήματα σχεδιασμού αρθρωτά λεωφορεία και να συσχετιστούν τα αποτελέσματα.

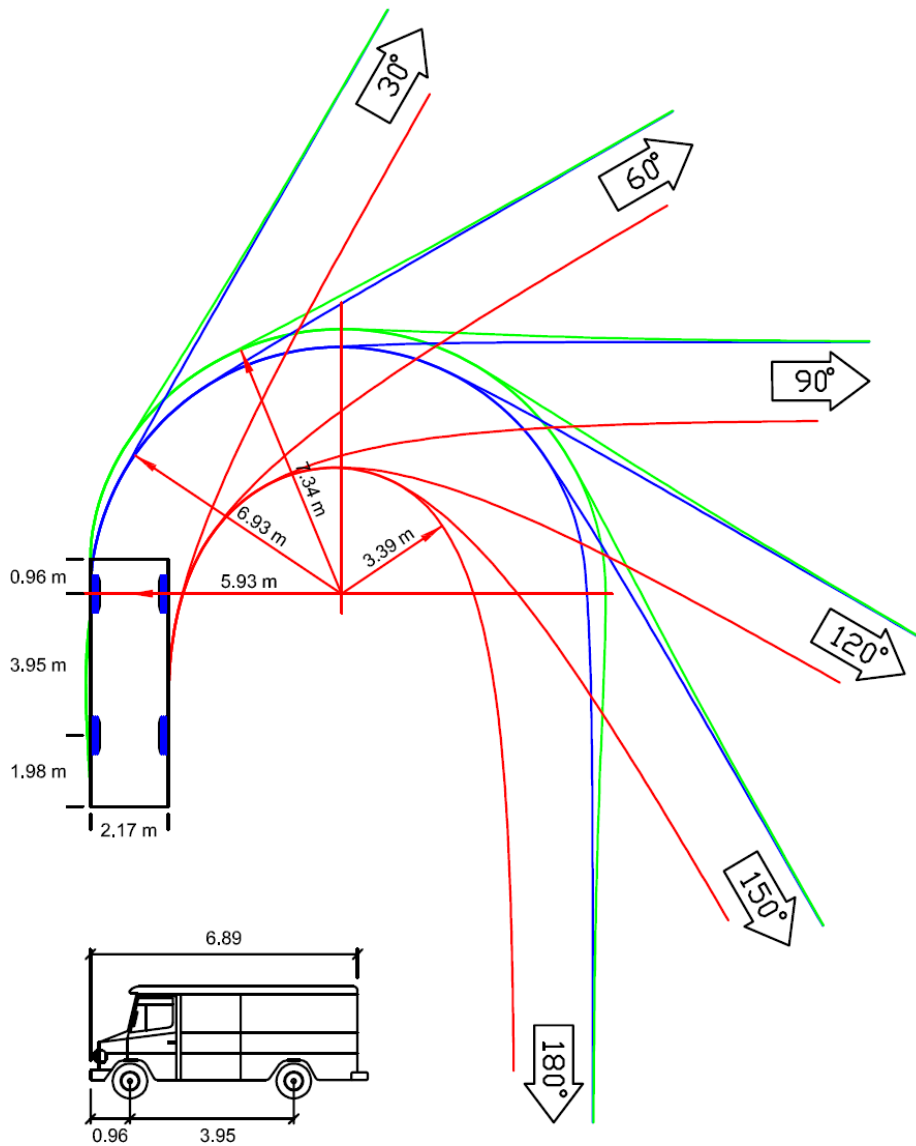
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. Alpha Bank, Οικονομικό δελτίο, 2008
2. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, Θεωρητική εκπαίδευση υποψηφίων οδηγών φορτηγών σελ.149-151 , 2008
3. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, Θεωρητική εκπαίδευση υποψηφίων οδηγών φορτηγών σελ.98-103 , 2008
4. Επίσημη εφημερίδα των ευρωπαϊκών κοινοτήτων, Οδηγία 96/53/EK, 1996
5. Summont C., Croatia-Turkey: screening land transport road, 2006
6. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, Θεωρητική εκπαίδευση υποψηφίων οδηγών φορτηγών σελ.180-185 , 2008
7. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, Θεωρητική εκπαίδευση υποψηφίων οδηγών φορτηγών κεφ.4.5.4 σελ.58-59 , 2008
8. Wideberg J., Study of stability measures and legislation of heavy articulated vehicles in different OECD countries , 2009
9. Κανελλαΐδης Γ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Γεωμετρικός Σχεδιασμός των οδών, 2010
10. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών-NAMA συμβουλευτική, Οδηγίες μελετών οδικών έργων, 2011
11. Εφημερίς της κυβερνήσεως της Ελληνικής δημοκρατίας, Ίδρυση και λειτουργία εμπορευματικών κέντρων και άλλες διατάξεις, Νόμος υπ' αριθμό 3333, 2005
12. Τσαμπούλας Δ., Εμπορευματικά κέντρα μέθοδοι αξιολόγησης και κριτική θεώρηση των εφαρμογών στην Ελλάδα, 2001
13. Ballis A., policy and problems in the establishment, design and operation of freight villages in Greece, 2007
14. Hoermann loading technology, basic principles, 2014
15. Barnett J., Introduction to urban design, 1990
16. Thomas D., Architecture and the urban environment, 2002
17. Moughtin JC, Urban design: Street and square, 1999
18. Architectural press ,Improving design in High street, 2007
19. Transportation research board, National cooperative highway research program, review of truck characteristics as factors in roadway design, 2003
20. Austroads, Austroad design vehicles and turning path templates guide, 2013
21. Swept path definition, <http://www.sweptpath.com/#sthash.YyaSYUbB.dpuf>
22. Swept path,<http://www.sweptpath.com/software.html#sthash.Vk00TxvA.dpuf>
23. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, Εξορθολογισμός και τυποποίηση των δομικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου της χώρας, εγκύκλιος 41, 2005
24. Nova technology international, Dock planning standards, 2013
25. Middleton D., Texas Transportation Institute, Truck accommodation design guidance, 2003
26. Neufert E., Οικοδομική και αρχιτεκτονική σύνθεση, 2000
27. Association of European vehicle logistics ,Harmonization of allowable loaded truck lengths for vehicle transporters, 2012
28. Isiklar G., Simulation of complex articulated commercial vehicles for different driving manoeuvres, 2007
29. Donnell E., Truck safety consideration for geometric design and traffic operations, 2001

30. Fambro D. et al, NCHRP Report 400: Determination of stopping sight distances, Transportation research board, National research council, 1997
31. Erkert T., Computer simulation of Offtracking of truck and trailer combinations using forest roads, 1989
32. Blue giant, Dock system guide planning and designs, 2005
33. American association of state highway and transportation research, A policy on geometric design of highway and streets, 2001
34. Harwood D., Truck characteristics for use in highway design and operation, 1996
35. Transoft solutions, <http://www.transoftsolutions.com/vehicle-swept-path/autoturn-select/autoturn/>
36. Τσάρας Α., Σύστημα πέδησης-Συστήματα αυτοκινήτου, 2012
37. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, Έρευνα οδικών εμπορευματικών μεταφορών, 2014
38. Εργαστήριο Σιδηροδρομικής και Μεταφορών, Τομέας ΜΣΥ ΕΜΠ, Εκπόνηση έρευνας για την οργάνωση του τομέα των συνδυασμένων μεταφορών και των υπηρεσιών εφοδιαστικής αλυσίδας της ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε. στον άξονα Αθήνα-Θεσσαλονίκη, 2013
39. Rutgers center for advanced infrastructure and transportation, Feasibility of the freight villages in the NYMTC region, 2008
40. Μανώλης Χήτας και συνεργάτες ΑΤΕ, Εμπορευματικά κέντρα-Εμπορικές αποθήκες, νομοθεσία και πρακτικές του σήμερα, 2009
41. American association of highway and transport officials, Design controls and criteria, 2011
42. Garcia R. et al., Roadway design manual, 2014
43. Υπουργείο μεταφορών και επικοινωνιών, Θεωρητική εκπαίδευση υποψηφίων οδηγών αυτοκινήτων, 1999
44. Brisbane city plan, Transport, access, parking, and service planning scheme policy, 2000
45. Brazhuman D., Design vehicles and turning radii, 2014
46. Χώροι Εμπορευματικού κέντρου, www.kayanconstruction.com/en_us/default/projects/project-page?pro=7&pageId=project-list
47. Εμπορευματικό κέντρο, www.axit.de/en/ax4news-en/1517-dock-and-yard-management-an-it-solution-by-siemens-postal-parcel-airport-logistics
48. Κτιριακά ΟΣΕ, http://www.ergose.gr/view_133
49. Tompkins J., Warehouse management Handbook, 2016
50. Kapros et al, A decision support system for intermodal transport policy, 2008
51. European commission, Intermodality and intermodal freight transport in the European union, 1997
52. Siamas I., Parallel scientific computing and optimization advances and applications, 2000
53. Αλεξόπουλος Κ., Το 'προμαχών' εμπορευματικό κέντρο στην ανάπτυξη του ελληνικού δικτύου εμπορευματικών κέντρο, 2015
54. Prince G.E., Mathematic models for motion of the rear ends of vehicles, 2009
55. Manesis A., Controller design for Offtracking elimination in multi-articulated vehicles, 2002
56. Bortoni-Anzures L. et al., Fuzzy controller for automatic steering in heavy vehicles semi-trailer, 2013
57. Μπαλλής Α. και Μαυρωτάς Γ., εφαρμογή της μεθόδου prometheeston σχεδιασμό εμπορευματικών κέντρων, 2005

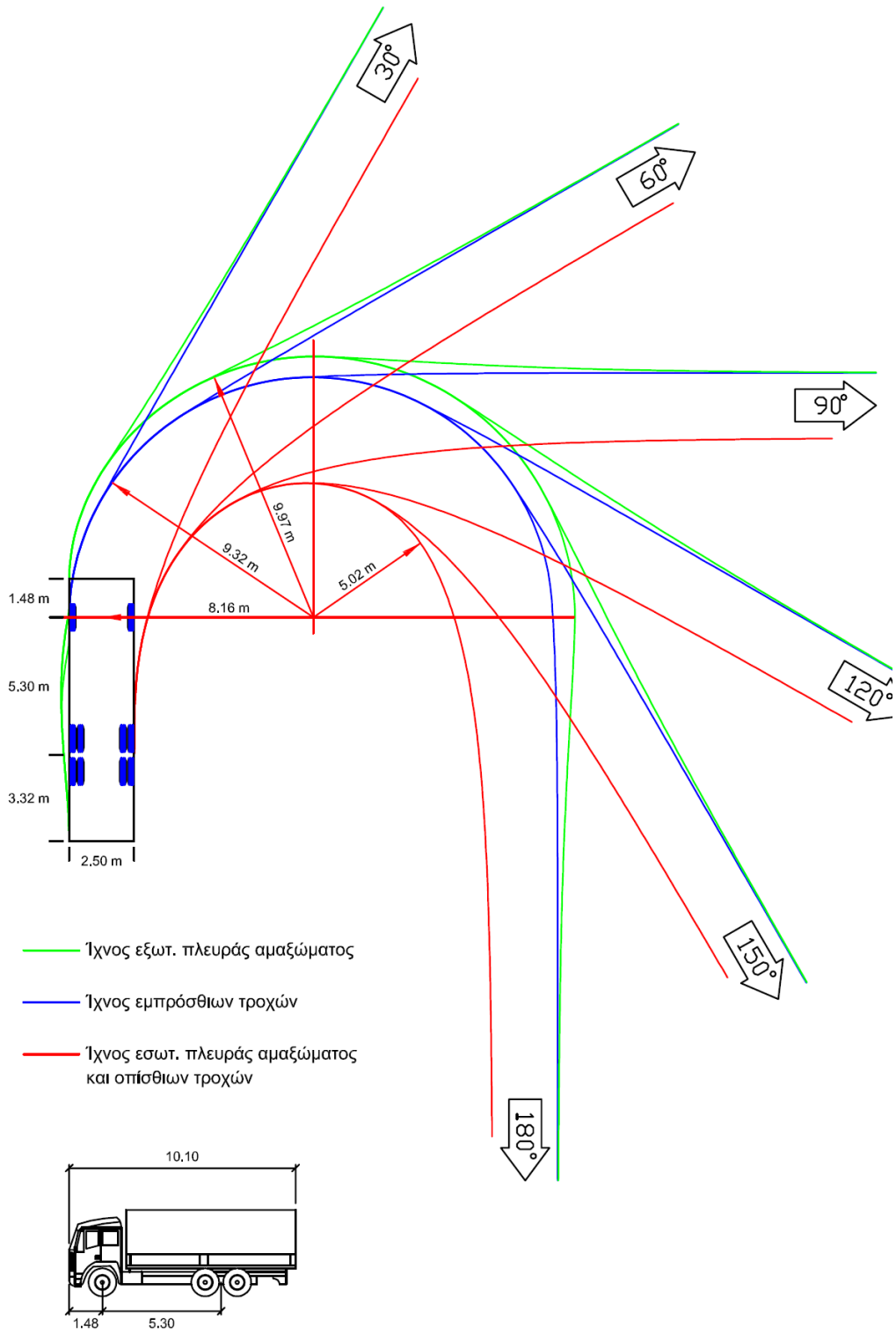
58. Yang G. et al., truck acceleration behaviour study and acceleration lane length recommendations for metered on ramps, 2016
59. Chen H. et al., freeway deceleration lane lengths effects on traffic safety and operation, 2014
60. Motro et al., Vehicular ad-hoc network simulations of overtaking manoeuvres on two-lane rural highways, 2016
61. Zhang H., Simulation analysis of double road train adaptability of highway in China, 2016
62. Godavarthy R. et al., Using vehicle simulations to understand strategies for accommodation oversize, overweight vehicles at roundabouts, 2016
63. Interporto Padova, <http://www.interportopd.it/en/comunicazione/>
64. Σιφνιώτης Κ., Logistics management θεωρία & πράξη, 1997
65. Φραντζεσκάκης Ι., Πιτσιάβα- Λατινοπούλου Μ. και Τσαμπούλας Δ., Στάθμευση, 2002
66. Αραβαντινός Α., Πολεοδομικός Σχεδιασμός, 2007
67. Driver digest, http://thedriverdigest.blogspot.gr/2015_10_01_archive.html

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΙΧΝΗ ΣΤΡΟΦΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
Οδηγίες μελετών οδικών έργων
Τεύχος 10 μέρος 1^ο: Ισόπεδοι κόμβοι

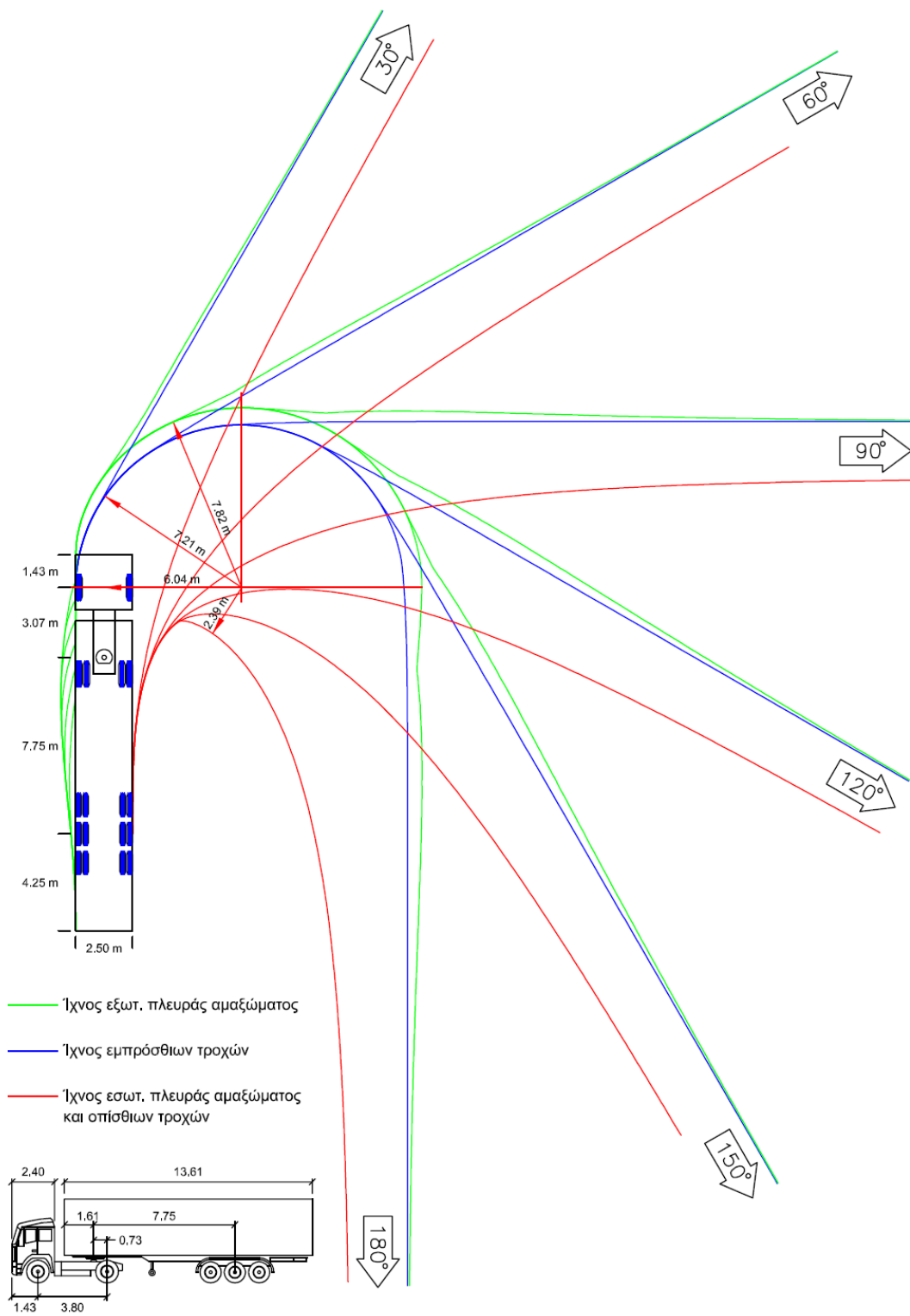


- Ίχνος εξωτ. πλευράς αμαξώματος
- Ίχνος εμπρόσθιων τροχών
- Ίχνος εσωτ. πλευράς αμαξώματος και οπίσθιων τροχών

4.1 Ελαφρύ φορτηγό Κλ 1-250

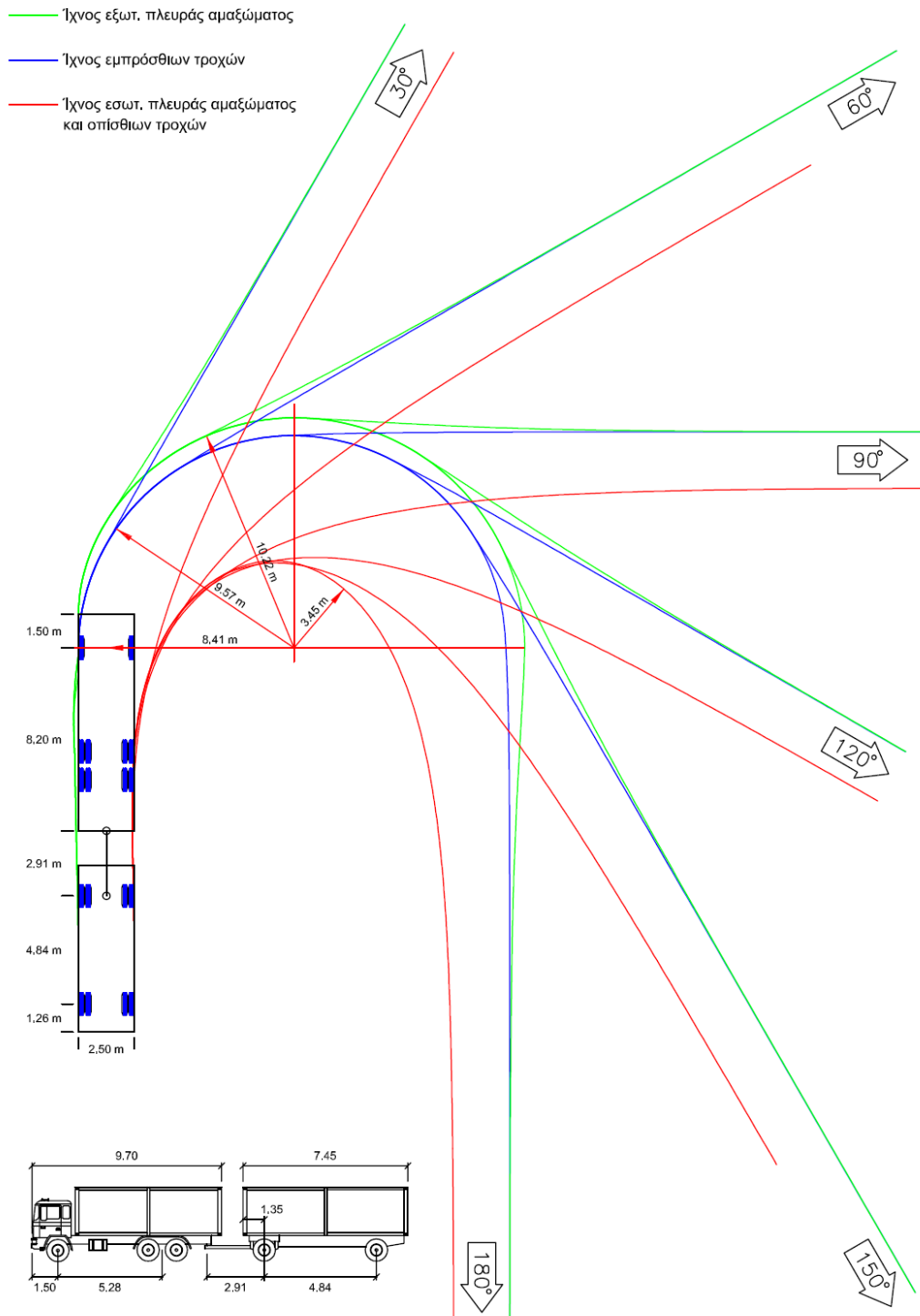


4.2 Βαρύ φορτηγό Κλ. 1:250



4.3 Φορηγό ρυμουλκό με ημιρυμουλκούμενο (αρθρωτό)

Κλ. 1:250






4.4 Φορητό ρυμουλκό με ρυμουκούμενο
Κλ. 1:250

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ
Προεδρικό διάταγμα 118/06 ΦΕΚ Α 119

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ
ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΟΔΩΝ
Οδηγίες μελετών οδικών έργων
Τεύχος 4: Διατομές Οδών

α 6 νσ

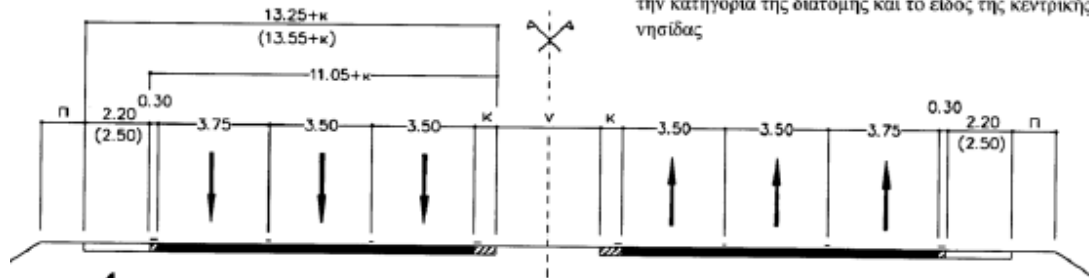
Κατηγορία οδού ΑΙ
 $V_{εστρ} \leq 120$ km/h
 ανισόπεδοι κόμβοι

Υπόμνημα
 Λωρίδα κυκλοφορίας
 Λωρίδα καθοδήγησης
 Σταθεροποιημένο έρεισμα

π πλάτος μη σταθεροποιημένου ερείσματος
 κ πλάτος εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης
 ν πλάτος κεντρικής νησίδας

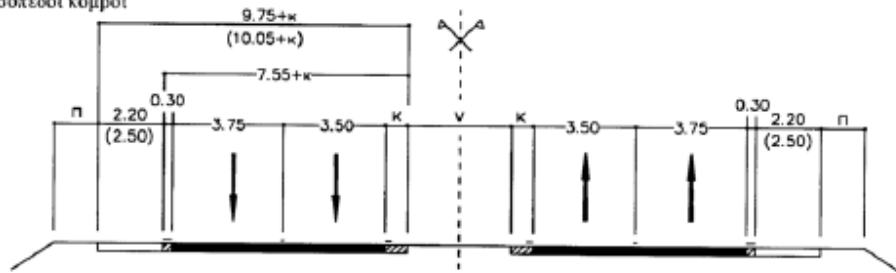
Σημείωση :

Τα πλάτη π , κ , ν δίνονται στο Παράρτημα Ι ανάλογα με την κατηγορία της διατομής και το είδος της κεντρικής νησίδας



α 4 νσ

Κατηγορία οδού ΑΙ
 $V_{εστρ} \leq 120$ km/h
 ανισόπεδοι κόμβοι

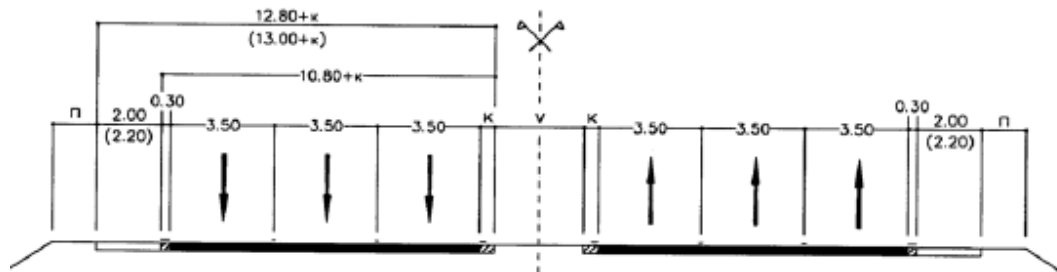


β 6 νσ

Κατηγορία οδού

ΑΙΙ : $V_{εστρ} \leq 110$ km/h
 ανισόπεδοι κόμβοι

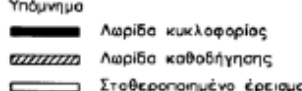
ΒΙ : $V_{εστρ} \leq 100$ km/h
 ανισόπεδοι κόμβοι



β 4 νσ

Κατηγορία οδού

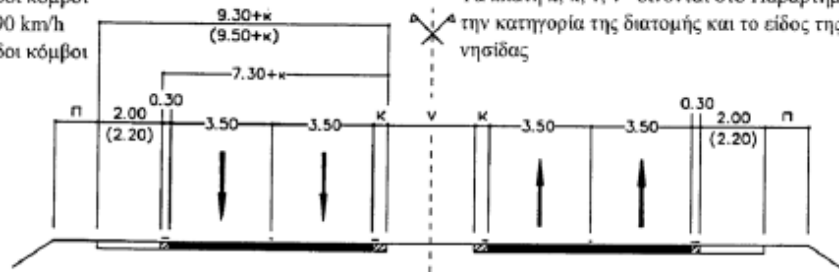
- AII : $V_{\text{επιρ}} \leq 110$ km/h
ανισόπεδοι κόμβοι
BI : $V_{\text{επιρ}} \leq 100$ km/h
ανισόπεδοι κόμβοι
BII : $V_{\text{επιρ}} \leq 90$ km/h
ανισόπεδοι κόμβοι

Υπόμνημα

 Λωρίδα κυκλοφορίας
 Λωρίδα καθοδήγησης
 Σταθεροποιημένο έρεισμα

π πλάτος μη σταθεροποιημένου ερείσματος
 κ πλάτος εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης
 ν πλάτος κεντρικής νησίδας
 ν^* πλάτος στηθαίου

Σημείωση :

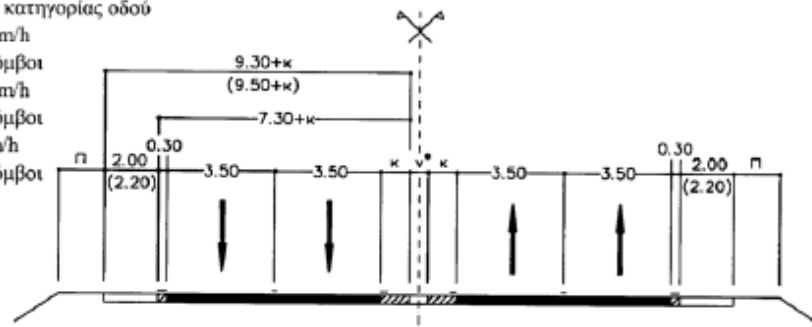
Τα πλάτη π , κ , ν , ν^* δίνονται στο Παράρτημα I ανάλογα την κατηγορία της διατομής και το είδος της κεντρικής νησίδας



β 4 ν*σ

Σε δυσχερή τμήματα κατηγορίας οδού

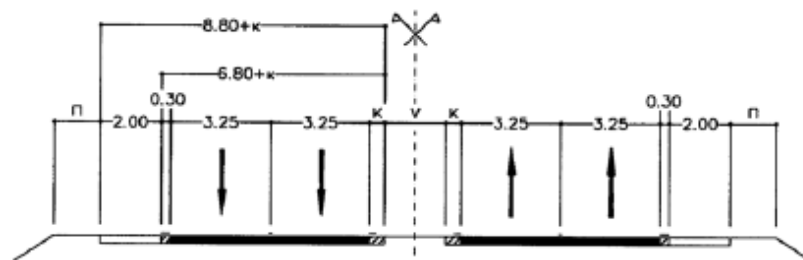
- AII : $V_{\text{επιρ}} \leq 110$ km/h
ανισόπεδοι κόμβοι
BI : $V_{\text{επιρ}} \leq 100$ km/h
ανισόπεδοι κόμβοι
BII : $V_{\text{επιρ}} \leq 90$ km/h
ανισόπεδοι κόμβοι



γ 4 νσ

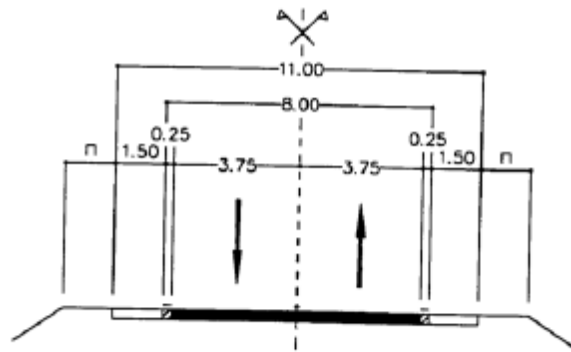
Κατηγορία οδού

- AII : $V_{\text{επιρ}} \leq 110$ km/h
ανισόπεδοι (ισόπεδοι) κόμβοι
BI : $V_{\text{επιρ}} \leq 90$ km/h
ανισόπεδοι κόμβοι
BII : $V_{\text{επιρ}} \leq 90$ km/h
ανισόπεδοι (ισόπεδοι) κόμβοι



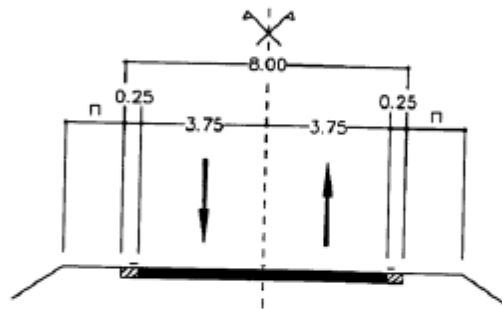
β 2 σ

Κατηγορία οδού ΑII, ΑIII
 $V_{\text{αυτ}} \leq 90 \text{ km/h}$
 ισόπεδοι κόμβοι
 Πλήθος βραδυπορούντων
 οχημάτων/h > 10 (ΑII)
 > 20 (ΑIII)
 Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις
 ανακατασκευής οδών.
 Εν γένει πρέπει να αποφεύγεται



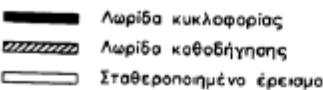
β 2

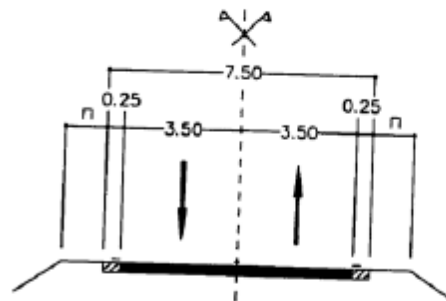
Κατηγορία οδού ΑII, ΑIII
 $V_{\text{αυτ}} \leq 90 \text{ km/h}$
 ισόπεδοι κόμβοι
 Εφαρμόζεται κυρίως σε περίπτωση
 μεγάλου ποσοστού βαρέων
 οχημάτων, αλλιώς να αποφεύγεται



γ 2

Κατηγορία οδού ΑII, ΑIII
 $V_{\text{αυτ}} \leq 90 \text{ km/h}$
 ισόπεδοι κόμβοι

Υπόμνημα

 Λωρίδα κυκλοφορίας
 Λωρίδα καθοδήγησης
 Σταθεροποιημένο έρεισμο

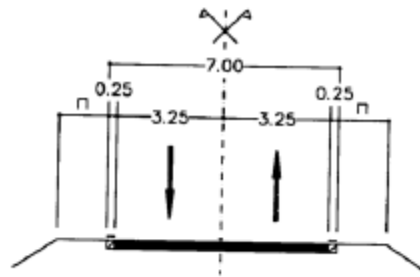


π : πλάτος μη σταθεροποιημένου ερείσματος
 (δίνεται στο Παράρτημα Ι ανάλογα με
 την κατηγορία της διατομής)

Σχήμα 3-2α : Τυπικές διατομές οδών με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας

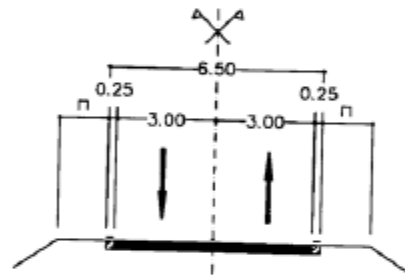
δ 2

Κατηγορία οδού
 ΑΙΙ, ΑΙΥ : $V_{επιρ} \leq 80$ km/h
 ισόπεδοι κόμβοι
 ΒΙΙ : $V_{επιρ} \leq 70$ km/h
 ισόπεδοι κόμβοι
 ΒΙΥ : $V_{επιρ} \leq 60$ km/h
 ισόπεδοι κόμβοι



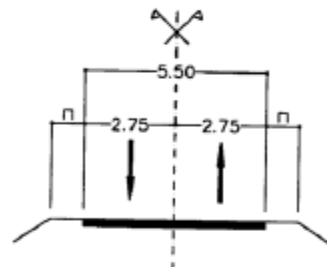
ε 2




Κατηγορία οδού
 ΑΙΥ : $V_{επιρ} \leq 80$ km/h
 ισόπεδοι κόμβοι
 ΑΥ : $V_{επιρ} \leq (70) 60$ km/h
 ισόπεδοι κόμβοι



ζ 2

Κατηγορία οδού ΑΥ
 $V_{επιρ} \leq 50$ km/h
 ισόπεδοι κόμβοι



Υπόμνημα
 Λαρίθα κυκλοφορίας
 Λαρίθα καθοδήγησης
 Σταθεροποιημένο έρεισμα

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

γ 4 v*

Κατηγορία οδού

AII : $V_{επιρ} \leq 100$ (80) km/h

ανισόπεδοι (ισόπεδοι) κόμβοι

Εφαρμόζεται σε περίπτωση ποσοστού βαρέων οχημάτων $\leq 15\%$ και ΕΜΗΚ ≤ 25.000 οχ/24h

AIII : $V_{επιρ} \leq 80$ km/h

(ανισόπεδοι) ισόπεδοι κόμβοι

B I : $V_{επιρ} \leq 80$ km/h

ανισόπεδοι κόμβοι

Εφαρμόζεται σε περίπτωση ποσοστού βαρέων οχημάτων $\leq 15\%$ και ΕΜΗΚ ≤ 25.000 οχ/24h

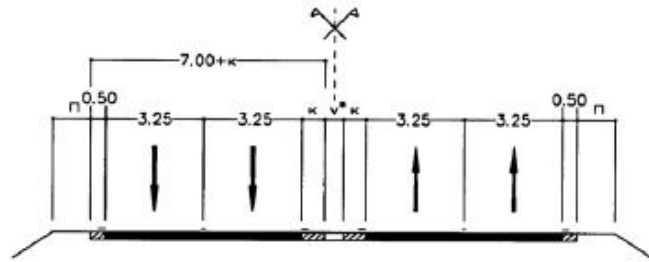
B II : $V_{επιρ} \leq 80$ km/h

ανισόπεδοι (ισόπεδοι) κόμβοι

Εφαρμόζεται σε περίπτωση ποσοστού βαρέων οχημάτων $\leq 15\%$ και ΕΜΗΚ ≤ 30.000 οχ/24h

B III : $V_{επιρ} \leq 70$ km/h

ισόπεδοι κόμβοι



Σημείωση :

Για τις διαστάσεις της γ4v* βλ. και Πίνακα 3-3

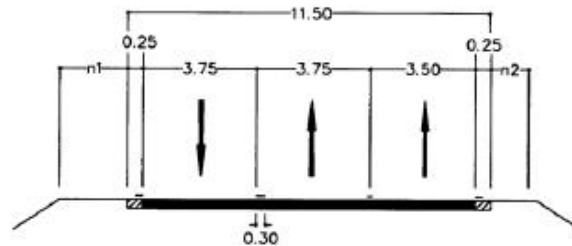
β 2+1

Κατηγορία οδού

A I, A II : $V_{επιρ} \leq 90$ km/h

A I : ανισόπεδοι (ισόπεδοι) κόμβοι

A II : ισόπεδοι (ανισόπεδοι) κόμβοι



Σημείωση :

Για τις διαστάσεις της β2+1 βλ. και Πίνακα 3-2

Υπόμνημα

- Λωρίδα κυκλοφορίας
- Λωρίδα καθοδήγησης
- Σταθεροποιημένο έρεισμα

κ : πλάτος εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης

v* : πλάτος στηθαίου

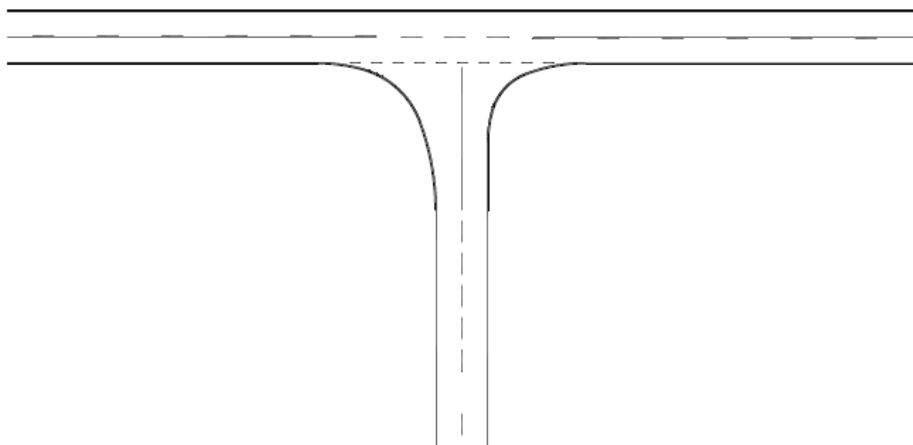
π, π1, π2 : πλάτος μη σταθεροποιημένου ερείσματος

Σημείωση :

Τα πλάτη κ, v*, π, π1, π2 δίνονται στο Παράρτημα Ι

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ
ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ
Γεωμετρικός σχεδιασμός των οδών, Γ.Κανελλαΐδης

Για την κάλυψη των αναγκών μετακίνησης προσώπων και αγαθών απαιτείται η ύπαρξη κατάλληλου συστήματος Μεταφορών. Βασικό στοιχείο του συστήματος Μεταφορών είναι το οδικό δίκτυο. Η ύπαρξη σωστά σχεδιασμένου οδικού δικτύου αποτελεί την αναγκαία προϋπόθεση για την Ανάπτυξη, στην πλειονότητα τουλάχιστον των περιπτώσεων. Ο σωστός Σχεδιασμός του οδικού δικτύου θα μεγιστοποιήσει τις θετικές επιδράσεις του και θα ελαχιστοποιήσει τις αρνητικές. Η κατασκευή ενός σύγχρονου οδικού έργου απαιτεί μεγάλες επενδύσεις και επομένως προσεκτική μελέτη που θα διερευνά όλες τις παραμέτρους για να καταλήξει στην προσφορότερη λύση για την πραγματοποίηση του οδικού έργου, ή ακόμη και στην ιεράρχηση χρονικών προτεραιοτήτων για τις βελτιώσεις ή και για νέες κατασκευές. Παράμετροι που πρέπει να διερευνηθούν είναι η ασφάλεια, η οικονομικότητα στην κατασκευή αλλά και στη λειτουργία, συντήρηση κ.λπ., οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, η αισθητική, οι κοινωνικές επιπτώσεις, η άνεση κ.λπ.. Οι κόμβοι και οι οδικοί άξονες συνθέτουν το οδικό δίκτυο. Ισόπεδος κόμβος είναι η περιοχή όπου συνδέονται ισόπεδα δύο ή περισσότερες οδοί περιλαμβανομένων των διαμορφώσεων - εξοπλισμού των οδών και του παρόδιου χώρου για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας. Οι κόμβοι αποτελούν σημαντικό μέρος ενός οδικού δικτύου επειδή, σε μεγάλο βαθμό, η ασφάλεια, η ταχύτητα, το κόστος λειτουργίας και η κυκλοφοριακή ικανότητα στο οδικό δίκτυο εξαρτώνται από την ποιότητα λειτουργίας των κόμβων του. Για τον λόγο αυτό, κατά τη διαμόρφωση των κόμβων πρέπει να εξασφαλίζονται η ασφάλεια της κυκλοφορίας, η επαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα, το αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας και η ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο.

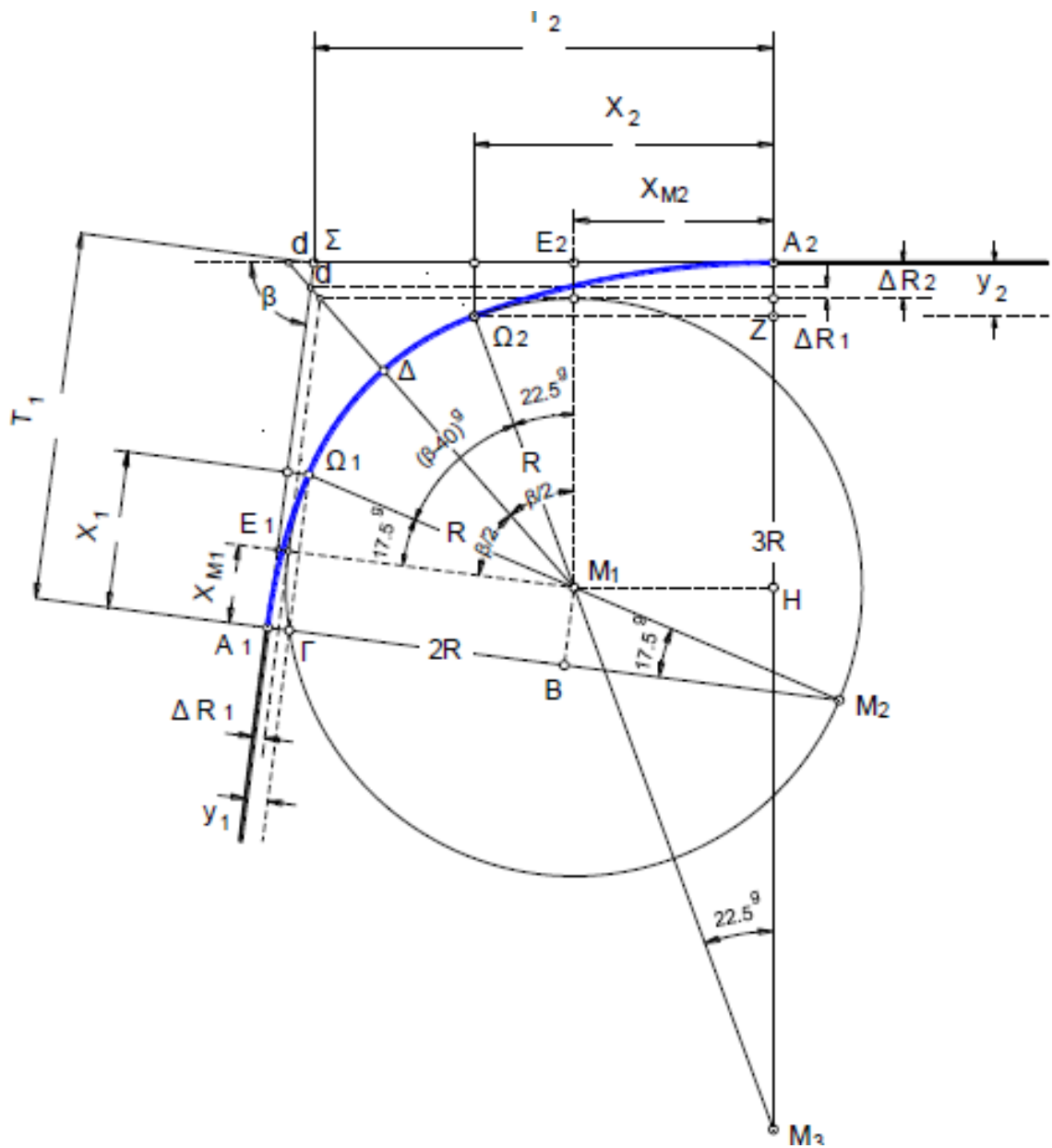


Εικόνα 41. Ισόπεδος κόμβος, Πηγή:[10]

Η ασφάλεια της κυκλοφορίας στον κόμβο εξαρτάται από την έγκαιρη αναγνώριση από όλες τις προσβάσεις του, ώστε οι οδηγοί να πραγματοποιήσουν εγκαίρως τους απαιτούμενους ελιγμούς (ένταξη στην κατάλληλη λωρίδα, τροχοπέδηση, στροφές εισόδου/εξόδου, διασταυρώσεις κ.λπ.). Επαρκή εποπτεία ώστε οι υποχρεούμενοι να περιμένουν κατά την προσέγγιση στον κόμβο να μπορούν εγκαίρως να βλέπουν αυτούς που έχουν προτεραιότητα κίνησης. Καταληπτή λειτουργία ώστε να γίνονται ευχερώς αντιληπτά από τους χρήστες οι θέσεις εισόδων/εξόδων, η προτεραιότητα κ.λπ. Κατάλληλη διαμόρφωση ώστε να κινούνται ασφαλώς τα οχήματα και οι χρήστες (κατάλληλα πλάτη λωρίδων, επαρκείς ακτίνες στροφών, σωστή υψομετρική διαμόρφωση, ασφαλείς διαβάσεις πεζών κ.λπ.). Η κυκλοφοριακή ικανότητα ενός κόμβου εξαρτάται από τη διεύθυνση της κίνησης όλων των κυκλοφοριακών ρευμάτων, ώστε να μη προκύπτουν υπερβολικά χρονικά διαστήματα αναμονής για κανένα από αυτά. Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας θεωρείται αποδεκτό όταν, για δεδομένο επίπεδο ασφάλειας, κυκλοφοριακής ικανότητας, και προσαρμογής στον περιβάλλοντα χώρο, το σύνολο των δαπανών κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας είναι ελάχιστο. Η προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο ενός κόμβου θεωρείται ικανοποιητική όταν οι επιβαρύνσεις στο περιβάλλον της περιοχής του κόμβου (ηχορύπανση, ατμοσφαιρική ρύπανση, παρεμπόδιση της υπάρχουσας χρήσης γης, οπτική παρείδυση, απορροή όμβριων) παραμένουν κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια.

Σε ένα κόμβο, είναι επιθυμητό, οι οδοί να τέμνονται υπό γωνία ορθή ή σχεδόν ορθή. Οπουδήποτε είναι δυνατό, οι οδοί χαράζονται έτσι ώστε η γωνία τομής τους να κυμαίνεται μεταξύ 70° και 110° (TAC-ATC, 1999). Όταν οι οδοί τέμνονται υπό γωνία μικρότερη των 70° ή μεγαλύτερη των 110° , εισάγονται κατάλληλες καμπύλες στην οριζοντιογραφία της δευτερεύουσας οδού για να αμβλυνθεί ή οξυνθεί, αντιστοίχως, η γωνία τομής των αξόνων. Γενικώς οι ισόπεδοι κόμβοι συνιστάται να κατασκευάζονται σε ευθύγραμμα τμήματα οδών. Κατασκευή ισόπεδων κόμβων σε καμπύλες πρέπει να αποφεύγεται για λόγους ορατότητας και προσαρμογής των επικλίσεων. Σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς (RAS-K-1), η γωνία τομής των αξόνων των οδών του κόμβου πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών $80g$ (= 72°) και $120g$ (= 108°). Για την συναρμογή των οριογραμμών στους ισόπεδους κόμβους χρησιμοποιείται η τρίτοξη καμπύλη. Αποτελείται από κεντρικό κυκλικό τόξο ακτίνας R , από κυκλικό τόξο αρχής ακτίνας $2R$ με σταθερή επίκεντρη γωνία

17,5g και από κυκλικό τόξο ακτίνας $3R$ με σταθερή επίκεντρη γωνία $22,5g$. Η τρίτοξη καμπύλη εφάπτεται στις οριογραμμές στους ισόπεδου κόμβους.[9]



Εικόνα 42.Χάραξη τρίτοξης καμπύλης, Πηγή:[9]

Παρά το γεγονός ότι, ο σχεδιασμός ενός ισόπεδου κόμβου μπορεί να υπόκειται σε περιορισμούς από συγκεκριμένους τοπικούς παράγοντες, στις περισσότερες περιπτώσεις πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθες βασικές αρχές:

- 1) Ο σχεδιασμός των κόμβων κατά μήκος μίας οδού πρέπει να είναι σχετικά ομοιόμορφος
- 2) Η γενική διάταξη ενός κόμβου πρέπει να είναι κατά το δυνατόν η απλούστερη
- 3) Ο σχεδιασμός όλων των στοιχείων του κόμβου πρέπει να είναι συνεπής με τις ταχύτητες μελέτης στις οδούς (τα σκέλη) που συμβάλλουν στον κόμβο
- 4) Τα σκέλη ενός κόμβου δεν πρέπει να παρουσιάζουν μεγάλες κατά μήκος κλίσεις, ούτε απότομες καμπύλες κατά την οριζόντια και κατακόρυφη χάραξη, κοντά στην περιοχή λειτουργικής επιρροής του κόμβου
- 5) Η γωνία τομής των σκελών του κόμβου πρέπει να πλησιάζει την ορθή και σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται να είναι $<75^\circ$, αλλιώς, ανάλογα και με τη γεωμετρία της χάραξης της κύριας οδού, οι απαιτήσεις για τα τρίγωνα ορατότητας δεν εφαρμόζονται
- 6) Η διαθέσιμη απόσταση ορατότητας πρέπει να είναι επαρκής, τόσο για τις ευθείες, όσο και για τις στρέφουσες κινήσεις
- 7) Η γενική διάταξη του κόμβου πρέπει να υποστηρίζει την ομαλή διεξαγωγή της κυκλοφορίας και να αποτρέπει τις κινήσεις, που ενδεχομένως δημιουργούν προϋποθέσεις σύγκρουσης μεταξύ αντιθέτων κατευθύνσεων στα σκέλη του κόμβου
- 8) Βοηθητικές λωρίδες στρεφουσών κινήσεων πρέπει να κατασκευάζονται σε οδούς υψηλών ταχυτήτων και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου
- 9) Λωρίδες επιτάχυνσης/επιβράδυνσης είναι επιθυμητές αντίστοιχα σε εισόδους/εξόδους σε/απο οδούς υψηλών ταχυτήτων
- 10) Κατά τη φάση του σχεδιασμού πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στη διάθεση παρόδιας ελεύθερης ζώνης σε όλα τα σκέλη του κόμβου, τόσο για τη διασφάλιση της απαιτούμενης ορατότητας, όσο και για τη μείωση των συνεπειών από τυχόν εκτροπές οχημάτων εκτός οδού
- 11) Ο σχεδιασμός του κόμβου πρέπει να επιτρέπει στους χρήστες της οδού τη λήψη αποφάσεων εύκολα και γρήγορα, και να παρέχει τον επαρκή χώρο για την τοποθέτηση της απαιτούμενης κατακόρυφης σήμανσης, η οποία θα είναι περίβλεπτη
- 12) Ειδική προσοχή πρέπει να δίνεται στην κατανόηση των αναγκών για την ασφαλή

εξυπηρέτηση των πεζών και των ποδηλατών.

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.

Η επιλογή του οχήματος σχεδιασμού επηρεάζεται από τη λειτουργική κατάσταση της οδού, αλλά και από την εκτιμώμενη σύνθεση της κυκλοφορίας.

Ανάλογα με τις κατηγορίες των οδών που συμβάλλουν σε ένα κόμβο, σε αστικό περιβάλλον επιτρέπονται να συμβαίνουν συγκεκριμένες συνθήκες, κατά τις οποίες το ίχνος περιτυπώματος φορτηγού, που εκτελεί στροφή, μπορεί να καταλαμβάνει μέρος από την σχεδιασμό του κόμβου για κάθε όχημα σχεδιασμού και για κάθε δυνατή πορεία μπορεί να χρησιμοποιούνται σύγχρονα πακέτα λογισμικού. Σε κάθε στροφή, που προβλέπεται από τη γεωμετρική διαμόρφωση του κόμβου, πρέπει να γίνεται έλεγχος του διατιθέμενου χώρου για τις κινήσεις του οχήματος σχεδιασμού της μελέτης. Οι οδηγίες μελετών οδικών έργων ορίζουν ο έλεγχος να γίνεται με ένα αναγνωρισμένο λογισμικό, ή κατ' ελάχιστο με τη χρήση των τυπικών σχεδίων, που αφορούν στις επιφάνειες κατάληψης στρεφουσών κινήσεων που δίνονται από τις οδηγίες μελετών οδικών έργων(Παράρτημα Α), λαμβάνοντας υπόψη, στην περίπτωση κόμβων εντός οικισμών, την επιτρεπόμενη κατάληψη άλλων λωρίδων. Ο έλεγχος μπορεί να γίνεται με διαφορετικό όχημα σχεδιασμού από εκείνο που προβλέπεται στον Πίνακα 2, εφόσον κατά παρέκκλιση εγκρίνεται από την Υπηρεσία. Σκοπός είναι να επιβεβαιώνεται ότι, υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος για την εκτέλεση των προβλεπόμενων κινήσεων του οχήματος σχεδιασμού[10] επιφάνεια άλλων λωρίδων. Για τον απαιτούμενο χώρο ελιγμών, που θα καθορίσει το

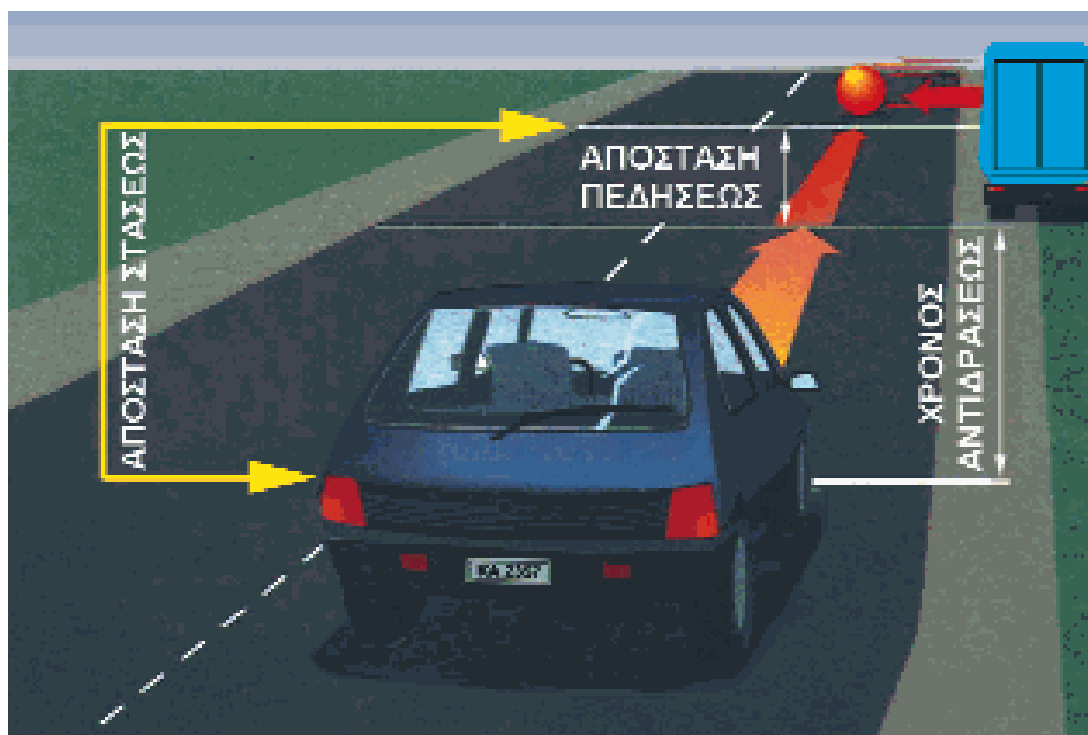
Κατηγορία Οδού		Όχημα Σχεδιασμού*	βλ. Παράρτημα Α
Όλα τα σκέλη	AI, AII και AIII	Ρυμουλκό με Ημι-ρυμουλκούμενο	§4.3
	BII και BIII		
	Μόνο με τυπική διατομή 52 στις κατηγορίες AIV και BIV		
Τουλάχιστον ένα σκέλος	AV και AVI	Ελαφρύ φορτηγό	§4.1
	BIV		

Πίνακας 6. Οχήματα σχεδιασμού ισόπεδων κόμβων, Πηγή: [10]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΜΗΚΟΣ ΠΕΔΗΣΗΣ

Ως απόσταση πεδήσεως ή μήκος πέδησης ορίζεται η απαιτούμενη απόσταση έτσι ώστε να ακινητοποιηθεί το όχημα από την στιγμή που ξεκινά η εφαρμογή της άμεσης πέδησης.[33]

Η απόσταση πεδήσεως χρησιμοποιείται για τον καθορισμό ποικίλων κριτηρίων σχεδιασμού οδών, καθώς και για αντίστοιχα κριτήρια λειτουργίας της οδού, συμπεριλαμβανομένου της προβλεπόμενης απόστασης ακινητοποίησης, την σήμανση, την σηματοδότηση και την θέση τοποθέτησης των προειδοποιητικών πινακίδων. Τα παραπάνω κριτήρια σχεδιασμού, καλύπτονται για την ώρα βάσει των αποστάσεων πέδησης για επιβατηγά οχήματα και δεν συμπεριλαμβάνουν τις αυξημένες απαιτήσεις για τα φορτηγά οχήματα. Η διαδικασία ακινητοποίησης του φορτηγού οχήματος επηρεάζεται από ένα συνδυασμό παραμέτρων που περιλαμβάνουν τον χειρισμό του οδηγού, το σύστημα πεδήσεως(π.χ. σύστημα antilock), τον τύπο των τροχών, τις διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά φορτώσεως του φορτηγού, καθώς και τα χαρακτηριστικά του οδοστρώματος.



Εικόνα 43.Απόσταση πεδήσεως, Πηγή: [43]

Κατά την πέδηση για την επιβράδυνση του οχήματος, το σύστημα πεδήσεως διακόπτει την περιστροφή των τροχών και επιτρέπει να αναπτυχθούν δυνάμεις τριβής μεταξύ τροχού και οδοστρώματος για την τελική ακινητοποίηση του οχήματος. Η κατανόηση της επιρροής των δυνάμεων που εμπλέκονται στην πέδηση έχει ιδιαίτερη σημασία. Για οδόστρωμα μηδενικής κλίσης, Η δύναμη τριβής πέδησης(f_y) ορίζεται

ως η αναλογία της οριζόντιας δύναμης πεδήσεως(F_y) που παράγεται στην διεπιφάνεια τροχού-οδοστρώματος προς το αξονικό φορτίο(F_z) που φέρει ο τροχός.

$$f_y = \frac{F_y}{F_z}$$

Πλευρικές δυνάμεις μπορούν να αλληλεπιδράσουν με την δύναμη πέδησης και να επηρεάσουν την ικανότητα του οχήματος να ακινητοποιηθεί ελεγχόμενα. Αν το όχημα έχει στραφεί ώστε να ακολουθήσει καμπύλο τμήμα, η τριβή τροχού-οδοστρώματος παρέχει μία στροφική δύναμη, που τείνει να διατηρήσει το όχημα από το να παρεκκλίνει από την καθορισμένη διαδρομή. Η στροφική δύναμη ή ροπή εκτροπής (f_x) προκύπτει ως η αναλογία στροφικής δύναμης(F_x) που παράγεται στην διεπιφάνεια τροχού-οδοστρώματος προς το κατακόρυφο φορτίο που φέρει ο τροχός(F_z).

$$f_x = \frac{F_x}{F_z}$$

Τόσο η τριβή πεδήσεως όσο και η ροπή εκτροπής ποικίλουν, λόγω της εξάρτησής τους από το ποσοστό ολίσθησης, το οποίο είναι το ποσοστό απομείωσης της γωνιακής ταχύτητας ενός τροχού συσχετισμένου με την επιφάνεια οδοστρώματος όταν ένα όχημα. Ένας ελευθέρως περιστρεφόμενος τροχός λειτουργεί σε 0% ποσοστό ολισθήσεως, ενώ ένας κλειδωμένος σε 100% ποσοστό ολισθήσεως. Η τριβή πεδήσεως μειώνεται με την αύξηση του ποσοστού ολισθήσεως. Η τριβή πεδήσεως και η στροφική τριβή έχει μέγιστη τιμή στο μηδενικό ποσοστό ολίσθησης και ελάχιστη στο μέγιστο ποσοστό ολίσθησης. Ένας κλειδωμένος τροχός δηλαδή δεν έχει στροφική τριβή.

Η πέδηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους, του κλειδωμένου τροχού και την ελεγχόμενη πέδηση.

Το σύστημα κλειδωμένου τροχού (locked-wheel braking system) συμβαίνει όταν το σύστημα πέδησης κρατήσουν σφιχτά τους τροχούς μέχρι να σταματήσουν να περιστρέφονται(κλειδώσουν), πριν το όχημα φθάσει στο επιθυμητό σημείο ακινητοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο πέδησης το όχημα ολισθαίνει επί του οδοστρώματος επί των τροχών του, χρησιμοποιώντας την τριβή ολίσθησης(100% ποσοστό ολίσθησης) αντί να φθάσει στο οριακό σημείο τριβής και να ακινητοποιηθεί

από την ταχύτητα που έχει αναπτύξει(V). Η τριβή ολίσθησης(fs) εκμεταλλεύεται το περισσότερο της διαθέσιμης τριβής από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Σε στεγνό οδόστρωμα, το μέγιστο της τριβής είναι σχετικά υψηλό με ελάχιστη μείωση σε 100% ποσοστό ολίσθησης, ενώ σε βρεγμένο οδόστρωμα, το μέγιστο της διαθέσιμης τριβής μειώνεται.

Η απαιτούμενη απόσταση πεδήσεως(BD) για σύστημα κλειδωμένου τροχού είναι

$$BD = \frac{V^2}{30f_s}$$

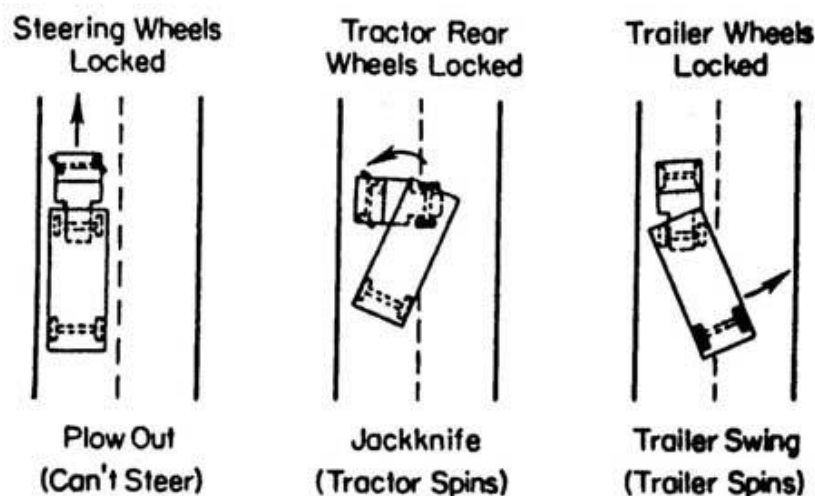
Το *ελεγχόμενο σύστημα πέδησης*(controlled braking system) αποτελεί την χρήση του συστήματος πέδησης με τέτοιον τρόπο έτσι ώστε οι τροχοί να συνεχίσουν να περιστρέφονται χωρίς να κλειδώνουν όσο το όχημα επιβραδύνει. Οι οδηγοί με συγκαταβατικά συστήματα πέδησης γενικά επιτυγχάνουν το ελεγχόμενο σύστημα πέδησης χειριζόμενοι το ‘πεντάλ’ του οχήματος ελέγχοντας την δύναμη πέδησης μη αφήνοντας τον τροχό να κλειδώσει. Λόγω του και της απότομης καμπυλότητας της τριβής πεδήσεως και λόγω των τεχνικών πεδήσεων των οδηγών να αποφύγουν το κλείδωμα του τροχού, η μέση περιστροφική τριβή που χρησιμοποιείται στα οχήματα είναι μικρότερη της πλευρικής τριβής. Γι’ αυτό το ελεγχόμενο σύστημα παρουσιάζουν μεγαλύτερα μήκη πεδήσεως από τα κλειδωμένου τροχού, παρόλο που θεωρητικά θα ήταν μειωμένα αν ο οδηγός μπορούσε να πετύχει την ακριβή στιγμή ακινητοποίησης του οχήματος.

Τα φορτηγά οχήματα με αρθρώσεις(συρμοί ή αρθρωτά), παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα όταν γίνεται χρήση του συστήματος κλειδωμένου τροχού

Η συμπεριφορά του οχήματος εξαρτάται από ποιόν άξονα θα κλειδώσει πρώτο, συνήθως δεν κλειδώνουν συγχρόνως. Όταν οι τροχοί που στρίβουν το όχημα(πρόσθιος άξονας) κλειδώσουν, ο έλεγχος διεύθυνσης του οχήματος χάνεται αλλά το φορτηγό διατηρεί σταθερή την τροχιά του και ολισθαίνει εμπρόσθια. Όμως αν οι οπίσθιοι τροχοί κλειδώσουν, οι άξονες ολισθαίνουν και το ρυμουλκό περιστρέφεται, οδηγώντας σε μία απώλεια ελέγχου που αποκαλείται ‘Jack-knife’.

Αν οι τροχοί του ρυμουλκούμενου κλειδώσουν, τότε εκείνοι οι άξονες ολισθαίνουν, και το ρυμουλκούμενο περιστρέφεται προς τα έξω. Αν και ένας πεπειραμένος οδηγός μπορεί να ανακάμψει την περιστροφή του ρυμουλκούμενου, η περίπτωση ‘Jack-knife’ δεν μπορεί να διορθωθεί. Κανένα εξ’ αυτών των σεναρίων δεν θεωρείται ασφαλές βέβαια. Γι’ αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, το φορτηγό όχημα να σταματά με

ελεγχόμενο τρόπο πέδησης και το οδικό δίκτυο να έχει κατάλληλη γεωμετρία ώστε να υπάρχει το περιθώριο να γίνει ελεγχόμενη ακινητοποίηση του οχήματος.



Εικόνα 44. Συμπεριφορά αρθρωτού φορτηγού κατά την πέδηση, Πηγή:[19]

Το μήκος πέδησης ώστε το όχημα να κάνει ελεγχόμενη πέδηση μπορεί να καθορισθεί από την ακόλουθη σχέση προσεγγιστικά[19]

$$BD = \frac{V^2}{30fr}$$

Συμπληρωματικά θα ήθελα να αναφέρω ότι σε αυτοκίνητα με βάρος μεγαλύτερο των 8 t, συνήθως τοποθετούνται αερόφρενα. Τα αερόφρενα είναι πιο πολύπλοκα στην κατασκευή τους και πιο δαπανηρά από τα υδραυλικά, είναι όμως αποτελεσματικότερα, αφού η δύναμη της πέδησης, που δημιουργείται με τη βοήθεια πιεσμένου αέρα, είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη που μπορεί να εξασκήσει ο οδηγός.

Σε ορισμένα ημιφορτηγά και βαριά οχήματα τοποθετείται ένα σχετικά νέο σύστημα πέδησης, που δεν επιδρά όμως στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αλλά στο στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής (πέδηση με τη βοήθεια των καυσαερίων).

Επίσης πλέον σε φορτηγά οχήματα είναι απαραίτητοι η εγκατάσταση εκ κατασκευής σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση, συστήματος ABS(Σύστημα αντικλειδώματος των τροχών).

Με την κίνηση της ενεργοποίησης του συστήματος πέδησης, ο ηλεκτρονικός ελεγκτής δέχεται το σήμα ότι η πέδηση έχει αρχίσει. Τα αισθητήρια της ταχύτητας των τροχών αρχίζουν να τους δίνουν συνεχώς πληροφορίες σχετικές με την περιστροφική ταχύτητα του κάθε τροχού και τυχόν μεταβολές της.

Μόλις ο ηλεκτρονικός ελεγκτής πάρει το μήνυμα ότι κάποιος από τους τροχούς τείνει να κλειδωθεί (η περιστροφική του ταχύτητα δηλαδή τείνει προς το μηδέν), αστραπιαία στέλλει σήμα στο ρυθμιστή πίεσης, ώστε η πίεση στον κύλινδρο του συγκεκριμένου τροχού να σταθεροποιηθεί ή να μειωθεί και να αποτραπεί το κλείδωμα του. Ο τροχός φυσιολογικά θα επιταχυνθεί και πάλι. Αν η ταχύτητα του φτάσει σε σημείο που να μη συνάδει με την ολική ταχύτητα του αυτοκινήτου, τότε με νέα εντολή του ηλεκτρονικού ελεγκτή προς τον ρυθμιστή υδραυλικής πίεσης αρχίζει ο κύκλος επιβράδυνσης-επιτάχυνσης ο οποίος επαναλαμβάνεται, ανάλογα με την κατάσταση της επιφάνειας του δρόμου και ανάλογα με το πόσο απότομο είναι το φρενάρισμα. Σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, οι κύκλοι-διορθώσεις μπορεί να φτάσουν στους δέκα το δευτερόλεπτο. Ως αποτέλεσμα της διαδοχικής επανάληψης των κύκλων, παρατηρείται συνήθως ελαφρύ τρεμούλιασμα στο πάτημα των φρένων και στο σύστημα διεύθυνσης.[36]

Table 4. Truck Braking Distance on Wet Pavement (5).

Design Speed (mph)	AASHTO Criteria for Passenger Cars (ft)	Braking Distances for Trucks (ft)		
		Worst- performance Driver	Best-performance Driver	Anti-lock Brake System
20	33	77	48	37
30	86	186	115	88
40	167	344	213	172
50	278	538	333	267
60	414	744	462	375
70	583	1013	628	510

Πίνακας 7. Μήκος πέδησης φορτηγού οχήματος σε βρεγμένο οδόστρωμα, Πηγή:[19]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΖ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΜΗΚΟΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

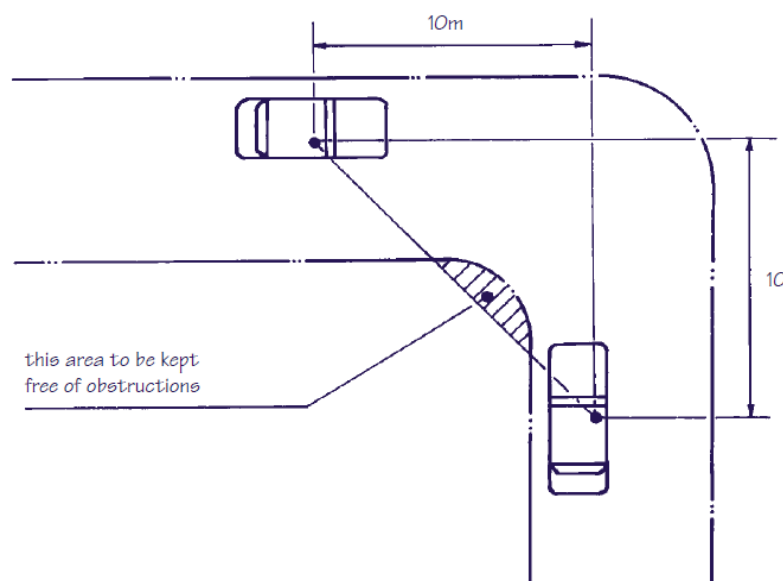
Ένα από τα βασικά στοιχεία κατά τη μελέτη μιας οδού, προκειμένου να υπάρχει ασφάλεια στην κυκλοφορία, είναι η εξασφάλιση επαρκούς μήκους ορατότητας, δηλαδή της δυνατότητας του οδηγού να βλέπει ελεύθερα εμπρός του κατά τη διαδρομή, σε επαρκές μήκος.

Η ταχύτητα, η κατά μήκος κλίση και το μήκος ορατότητας είναι μεγέθη αλληλοεξαρτώμενα, που επηρεάζουν την ασφάλεια της κυκλοφορίας και την ποιότητα της κυκλοφοριακής ροής και θα πρέπει να εξασφαλίζουν σε όλο το μήκος της οδού την εποπτικότητα και την αναγνωρισιμότητα της χάραξης.

Διακρίνονται δύο είδη μηκών ορατότητας:

- το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση, που είναι η απαιτούμενη απόσταση για ακινητοποίηση (στάση) του οχήματος προ ενός εμποδίου (που εμφανίζεται απροσδόκητα πάνω στο οδόστρωμα).
- το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση, που είναι η απαιτούμενη απόσταση για την ασφαλή προσπέραση προπορευόμενου οχήματος, με είσοδο στη λωρίδα κυκλοφορίας της αντίθετης κατεύθυνσης.[9]

Κατά το σχεδιασμό διασταυρώσεων είναι αναγκαίο να διασφαλιστεί ότι οι οδηγοί των βαρέων οχημάτων διαθέτουν τις κατάλληλες γωνίες ορατότητας όταν στρίβουν σε διασταυρώσεις. Επιπλέον, ο χώρος που παρέχεται στο οδικό δίκτυο δεν ενθαρρύνει τους οδηγούς αυτοκινήτων να στρίψουν με ακατάλληλες γωνίες ορατότητας.[20]



Εικόνα 45. Ορατότητα οδηγού, Πηγή:[44]

Το προτεινόμενο μήκος ορατότητας για στάση οχήματος(SSD) στο AASHTO Green Book βασίζεται σε επιβατηγά οχήματα και δεν εξετάζει τα φορτηγά οχήματα. Σαν γενικός κανόνας, τα μεγάλα φορτηγά οχήματα χρειάζονται μεγαλύτερο μήκος ορατότητας στάσεις σε ίδια ταχύτητα από τα επιβατηγά. Παρόλα αυτά ένας παράγοντας που δείχνει να εξισορροπεί το απαιτούμενο μήκος ορατότητας είναι το ύψος ορατότητας, στο οποίο οι οδηγοί φορτηγών οχημάτων πλεονεκτούν σε σχέση με τους οδηγούς επιβατηγών. Στο Green Book, το ύψος ορατότητας οδηγού είναι στα 90εκατοστά για επιβατηγά, ενώ στα φορτηγά είναι στα 2,50 μέτρα. Γι' αυτό δεν έγκειται διαφοροποίηση στο μήκος ορατότητας μεταξύ επιβατηγών και φορτηγών. Προτείνεται παρόλα αυτά οι σχεδιαστές να προσέξουν μία περίπτωση στην οποία το πλεονέκτημα του ύψους ορατότητας χάνεται. Όταν εμπόδια στην οριζοντιογραφία εμφανίζονται σε κατωφέρεια, και συγκεκριμένα σε μεγάλου μήκους κατωφέρειες όπου η ταχύτητα των φορτηγών είναι μεγαλύτερη των επιβατηγών. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να εκτιμάται κάποιο περιθώριο ασφαλείας για το μήκος ορατότητας[25]

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση ενός οχήματος προ ενός εμποδίου επί της τροχιάς του είναι άθροισμα δύο μηκών.

- του μήκους αντίδρασης ($S\delta$), που είναι η διαδρομή που διανύει το όχημα από τη στιγμή που θα αντιληφθεί ο οδηγός το εμπόδιο μέχρι τη στιγμή που θα αρχίσει η τροχοπέδηση

- του μήκους τροχοπέδησης ($S\tau$), που είναι η διαδρομή που διανύει το όχημα από τη στιγμή της τροχοπέδησης μέχρι την ακινητοποίηση του οχήματος.

$$SSD = S\delta + S\tau$$

[9]

Κατά τους Αμερικανικούς κανονισμούς το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση Υπολογίζεται από την σχέση

$$SSD = 1,47Vt + \frac{V^2}{30(f \pm G)}$$

V=ταχύτητα σχεδιασμού(mph)

t=χρόνος αντίδρασης(υπολογίζεται στα 2,5sec)

f=συντελεστής της τριβής μεταξύ τροχού και οδοστρώματος

G=Κλίση σε βαθμούς

Με την υπόθεση ύψους ορατότητας στα 90εκ.[29][30]

Το μήκος ορατότητας κόμβου για κόμβους(ISD) ελεγχόμενους από σήμανση stop αποτελούν μια συντηρητική εκτίμηση για όλους τους τύπους κόμβους

Βασίζεται σε τρία υποσενάρια όσων αφορά τον καθορισμό του απαιτούμενου μήκους ορατότητα, και υπολογίζεται ως εξής,

$$ISD = 1,47V(J + ta)$$

J=χρόνος που εκτιμάται για να πραγματοποιηθεί η στροφή

ta=απαιτούμενος χρόνος για την επιτάχυνση του οχήματος

Vehicle Type	Travel Time (sec) at Design Speed of Major Road
Passenger Car	7.5
Single-unit Truck	9.5
Combination Truck	11.5

Note: Add 0.5 sec for passenger cars and 0.7 sec for trucks for each additional lane to be crossed

Πίνακας 8. Προτεινόμενοι χρόνοι ταξιδιού για να καθορισθεί το μήκος ορατότητας σε κόμβο, Πηγή: [19]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΣΗ ΦΟΡΤΗΓΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Δύο πτυχές της επιταχύνσεως ενός φορτηγού μας απασχολούν στην κίνηση του φορτηγού. Η πρώτη πτυχή είναι η ικανότητα ενός φορτηγού για να επιταχύνει από πλήρη στάση προς ζώνη επικινδυνότητας, όπως μια διασταύρωση με σιδηροδρόμο ή αυτοκινητόδρομο . Τυπικά, μία ζώνη κινδύνου αυτού του τύπου έχει μήκος μικρότερο από 66 m . ως αποτέλεσμα , η ταχύτητα που μπορεί να αναπτυχθεί από το φορτηγό είναι χαμηλή . Αυτή η πρώτη άποψη της επιτάχυνσης φορτηγού είναι , ως εκ τούτου , που αναφέρεται ως επιτάχυνση χαμηλής ταχύτητας. Η δεύτερη πτυχή της επιτάχυνσης φορτηγού είναι η ικανότητα ενός φορτηγού για επιτάχυνση με μια υψηλή ταχύτητα, είτε από μια στάση ή από χαμηλότερη ταχύτητα . Αυτό το είδος της επιτάχυνσης , που αναφέρεται εδώ ως επιτάχυνσης υψηλής ταχύτητας , απαιτείται από τα φορτηγά κατά τη διάρκεια ελιγμών και όταν εισέρχονται σε μια εγκατάσταση υψηλής ταχύτητας.[19]

Τα φορτηγά παρουσιάζουν πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά λειτουργίας , σε σχέση με εκείνα που εμφανίζουν τα επιβατηγά αυτοκίνητα κατά την επιτάχυνση από μια σταματημένη θέση .Η αναλογία βάρους / ιπποδύναμης και η κλίση και το μήκος της οδού επηρεάζουν τις δυνατότητες επιτάχυνσης σε μεγάλο βαθμό . Για υψηλή επιτάχυνση ταχύτητας στις εθνικές οδούς, τα φορτηγά μπορεί να εμφανίσουν παρόμοια χαρακτηριστικά επιτάχυνσης με εκείνα των επιβατικών αυτοκινήτων . Τα φορτηγά μπορεί να εμφανίσουν αύξηση κατά πέντε τοις εκατό στην ταχύτητα στις υποβαθμίσεις και επτά τοις εκατό ή περισσότερο μείωση στην ταχύτητα σε αναβαθμίσεις σε σχέση με τις εργασίες σε έδαφος επίπεδο .

Από σταματημένη θέση , τα φορτηγά παρουσιάζουν σημαντικά διαφορετικά χαρακτηριστικά επιτάχυνσης από εκείνες των επιβατικών αυτοκινήτων

Τα επιβράδυνσης φορτηγών εξαρτώνται από την τριβή μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος, τις ιδιότητες του οδοστρώματος, την απόδοση της πέδησης , και τις ιδιότητες των ελαστικών . Οι οδηγίες AASHTO θεωρούν ότι οι αποστάσεις επιβράδυνσης και πέδησης για χρήση στο σχεδιασμό πρέπει να τηρούνται με βάση τα επιβατικά αυτοκίνητα, αλλά προτείνει ότι τα φορτηγά μπορούν να εμφανίσουν επιπλέον μήκη πέδησης , λόγω του μεγαλύτερου τους μέγεθος και το βάρος του οχήματος[29] . Οι Fambro et al . ανέφεραν ότι τα συστήματα πέδησης antilock βελτίωσαν την ικανότητα ακινητοποίησης και ότι για τα φορτωμένα φορτηγά οι αποστάσεις ακινητοποίησης ήταν σημαντικά μικρότερες από ό, τι για τα κενά [30]. Οι

Harwood et al . ανέπτυξαν ποσοστά επιβράδυνσης φορτηγών για κενά(μη φορτωμένα) αρθρωτά οχήματα σε βρεγμένο οδόστρωμα για χειρίστη και βέλτιστη επίδοση οδήγησης, καθώς και με σύστημα antilock.[34]

Vehicle Speed (mph)	AASHTO Policy (passenger cars)	Deceleration Rate (g)		
		Worst-Performance Driver	Best-Performance Driver	Antilock Braking System
20	0.40	0.17	0.28	0.36
30	0.35	0.16	0.26	0.34
40	0.32	0.16	0.25	0.31
50	0.30	0.16	0.25	0.31
60	0.29	0.16	0.26	0.32
70	0.28	0.16	0.26	0.32

1 mph = 1.61 km/h

Πίνακας 9. Ποσοστά επιβράδυνσης φορτηγών οχημάτων, Πηγή:[34]

Οι τιμές στον πίνακα βασίζονται στην θεώρηση ότι η απόδοση του οδηγού θα είναι στο 60% την δυνατοτήτων του (χειρίστο σενάριο), ενώ το βέλτιστο είναι στο 100%. Με το σύστημα antilock δείχνει να έχει παρόμοια απόδοση επιβραδύνσεως με τα επιβατηγά.[29]

Ωστε να αποφευχθεί πιθανή ανατροπή του φορτηγού οχήματος κατά την στροφή είναι αναγκαίο το φορτηγό όχημα να διατηρεί σταθερή την ταχύτητά του.

Οι κυρίαρχοι παράγοντες που καθορίζουν την ικανότητα του φορτηγού οχήματος να διατηρεί την ταχύτητά του είναι

- η αναλογία βάρους-ιπποδύναμης
- η κλίση της οδού
- η αντίσταση κύλισης
- η Αποδοτικότητα της γραμμής μετάδοσης κίνησης
- η Αεροδυναμική αντίσταση
- Το μήκος της υπό κλίση οδού
- Το μέγεθος των ελαστικών
- Τα χαρακτηριστικά μετάδοσης

[19]

Η ικανότητα του οχήματος να αντιστέκεται στην πιθανότητα ανατροπής που προκύπτει κατά τη στροφή ορίζεται ως σταθερότητα περιστροφής και μετριέται με το στατικό όριο ανατροπής (SRT). Το στατικό όριο ανατροπής περιγράφει τη μέγιστη πλευρική επιτάχυνση που μπορεί να αναπτύξει ένα όχημα κατά τη στροφή χωρίς να ανατραπεί. Οι τιμές του στατικού ορίου ανατροπής ποικίλουν από 0-1,4g και διαφοροποιούνται με βάση τον τύπο οχήματος. (για βαρέα οχήματα <0,5g)[4].

Οι οδηγοί των αρθρωτών οχημάτων κάνουν συνεχείς διορθώσεις στη διεύθυνση του οχήματος σε χαμηλή ή υψηλή ταχύτητα για μικρές αλλαγές στο οδικό δίκτυο ή για προσπέρασης οχήματος με χαμηλότερη ταχύτητα έτσι ώστε να διατηρήσουν την ταχύτητα που έχουν. Σ αυτή την περίπτωση τα κατακόρυφα φορτία που παραλαμβάνονται από τους τροχούς μεταφέρονται σε μια συγκεκριμένη πλευρά του οχήματος. Μία μικρή μετακίνηση του φορτίου μπορεί να προκαλέσει μια μεγάλη μετακίνηση του οχήματος. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται 'ενίσχυση του επικαθήμενου'. Η ' ενίσχυση του επικαθήμενου' (rear ward amplification, RA) ορίζεται ως η αναλογία της μέγιστης πλευρικής επιτάχυνσης της ρυμουλκούμενης μονάδας ($a_{y,r}$) προς τη μέγιστη πλευρική επιτάχυνση της μονάδας ρυμούλκησης ($a_{y,t}$).

$$RA = \frac{a_{y,r}}{a_{y,t}}$$

Η σταθερότητα περιστροφής βελτιώνεται όσο μειώνεται η ενίσχυση του επικαθήμενου. Η ενίσχυση του επικαθήμενου εξαρτάται από την συχνότητα των ελιγμών όπου χαμηλή συχνότητα εννοείται μία μόνο φορά, το οποίο σημαίνει ότι η πιθανότητα ανατροπής του ρυμουλκούμενου συνήθως είναι πολύ χαμηλή. Το αντίθετο συμβαίνει όταν ελιγμοί πραγματοποιούνται με μεγάλη συχνότητα.

[10].

Η RA μπορεί επίσης να μετρηθεί μέσω του ποσοστού δυναμικής μετακίνησης φορτίου (DLTR). Το DLTR ορίζεται για κάθε μονάδα του οχήματος που περιστρέφεται αυτόνομα ως

$$DLTR = \frac{\sum_{i=k}(F_{Ij} - F_{gi})}{\sum_{i=k}(F_{Ij} + F_{gi})}$$

Όπου F_{Ij} : το κατακόρυφο φορτίο των τροχών της αριστερής πλευράς του άξονα i

F_{gi} : το κατακόρυφο φορτίο των τροχών της δεξιάς πλευράς του άξονα i

K : ο πρώτος άξονας της μονάδας περιστροφής

I : ο τελευταίος άξονας της μονάδας περιστροφής

Το DLTR είναι ίσον με 0 όταν η πλευρικά συμμετρική μονάδα περιστροφής ακινητοποιηθεί όμως είναι ίση με 1 όταν όλοι οι τροχοί της μίας πλευράς της μονάδας σηκωθούν απ το έδαφος. [28]