



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ – ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ”

Διπλωματική Εργασία

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ ΚΑΦΦΕ

ΒΟΛΟΣ 2020

© 2020 Μαγδαληνή Καφφέ

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διαχείριση Έργων, Συγκοινωνιακός και Χωρικός Σχεδιασμός» δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του/της συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)

Δρ. Νικόλαος Ηλιού

Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής

Δρ. Κωνσταντίνος Βογιατζής

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής

Δρ. Παντελής Κοπελιάς

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ηλιού Νικόλαο για την ευκαιρία που μου έδωσε να με την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, για την πολύτιμη καθοδήγηση του και την άριστη συνεργασία καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησής της. Επίσης, ευχαριστώ όλους τους ανθρώπους, συγγενείς και φίλους, που με στήριξαν κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Μαγδαληνή Καφφέ

Περίληψη

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, ο σχεδιασμός και η εφαρμογή των κόμβων κυκλικής κίνησης απασχολούν έντονα την επιστημονική κοινότητα αλλά και τους φορείς υποδομών διεθνώς, καθώς αποτελεί λύση σε πολλά προβλήματα που προκαλούνται από την κυκλοφορία των οχημάτων. Ένα από αυτά είναι η οδική ασφάλεια των κόμβων όπου η έλλειψη αυτής προκαλεί έως και θανατηφόρα ατυχήματα. Οι κυκλικοί κόμβοι βελτίωσαν σημαντικά τους συνολικούς αριθμούς ατυχημάτων και ιδιαιτέρως τους τραυματισμούς (σε αστικές, προαστικές και αγροτικές περιοχές) για όλες τις προηγούμενες μορφές ελέγχου της κυκλοφορίας.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται λίγο έξω από τα όρια της πόλης της Λάρισας, είναι πεδινή και στην ευρύτερη περιοχή η κύρια απασχόληση είναι η γεωργία αλλά εδρεύουν και αρκετές επιχειρήσεις. Ο κόμβος κυκλικής κίνησης θα αντικαταστήσει τον υφιστάμενο μη σηματοδοτούμενο κόμβο στην συμβολή της επαρχιακής οδού Λάρισας – Αγιοκάμπου (επαρχιακή οδός 1) με την επαρχιακή οδό Συκουρίου - Νίκαιας. Οι δύο οδοί έχουν ένα ρεύμα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση μεταβλητού πλάτους και ο κυκλοφοριακός τους φόρτος είναι σχετικά χαμηλός με εξαίρεση τους καλοκαιρινούς μήνες όπου κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής της Λάρισας πηγαίνουν στα παράλια. Στον κόμβο καταλήγει μία κοινή κυκλοφοριακή ρύθμιση παράλληλη της επαρχιακής οδού Συκουρίου – Νίκαιας.

Ο κόμβος προς αντικατάσταση αποτελεί έναν ισόπεδο μη σηματοδοτούμενο κόμβο διαμορφωμένο με νησίδες ώστε να μη εμπλέκονται οι διάφορες διαδρομές και με επαρκή οδοφωτισμό. Λόγω της γεωμετρίας (οριζοντιογραφικά και μηκοτομικά) του κόμβου και του χαμηλού φόρτου κυκλοφορίας αναπτύσσονται πολύ υψηλές ταχύτητες με αποτέλεσμα να καθίσταται ο κόμβος πολύ επικίνδυνος. Για την βελτιστοποίηση της οδικής ασφάλειας του κόμβου κρίθηκε απαραίτητη η αντικατάστασή του με ένα κόμβο κυκλικής κίνησης.

Ο κόμβος που σχεδιάστηκε είναι ένας υπεραστικός κυκλικός κόμβος μίας λωρίδας, αποτελείται από τρία σκέλη μιας λωρίδας ανά κατεύθυνση πλάτους 4 μ. και η συμβολή της κοινής κυκλοφοριακής σύνδεσης θα γίνει πριν τον κόμβο σε ασφαλή απόσταση. Λόγω των χωρικών περιορισμών που υπήρχαν στην περιοχή (όρια αναδασμού, υφιστάμενες κατασκευές και τάφροι) σχεδιάστηκε η μικρότερη δυνατή διάμετρος κύκλου εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου.

Η κατασκευή του κόμβου κυκλικής κίνησης θα μετριάσει την ταχύτητα προσέγγισης στον κόμβο και θα βοηθήσει στην αποσυμφόρηση του κόμβου στις απότομες αυξήσεις κυκλοφοριακού φόρτου το καλοκαίρι με αποτέλεσμα έναν πιο ασφαλή κόμβο.

Λέξεις Κλειδιά: κυκλικός κόμβος, οδική ασφάλεια, σχεδιασμός, υπεραστική περιοχή

Abstract

The last two decades, the design and implementation of roundabouts have been a major concern for the scientific community and for infrastructure providers worldwide, as it is the solution to many problems caused by vehicle traffic. One of them is the road safety of the junctions, where the lack of it might cause fatal accidents. Roundabouts have significantly improved overall crash rates and, particularly, injury crash rates in a wide range of settings (in urban, suburban and rural areas) for all previous forms of traffic control.

The study area is located just outside the city limits of Larissa, it is lowland and in the wider area the main occupation is agriculture. The roundabout will replace the existing junction at the intersection of Provincial Road Larissa - Agiokampos (Provincial Road 1) with the Provincial Road Sykourio - Nikaia. The two roads have a variable width traffic flow and their traffic load is relatively low, with the exception of the summer months where residents of the greater Larissa area go to the coast. A parallel traffic arrangement along the Provincial Road Sykourio – Nikaia leach into the intersection.

The junction to be replaced is a level non-signaling intersection shaped with islets preventing interference with the different paths with adequate illumination. Due to the geometry (horizontal and vertical) of the intersection and the low traffic load, very high speeds are developed, making the intersection very dangerous. To optimize the road safety of the junction it was necessary to replace it with a roundabout.

A single lane rural roundabout was designed, consisting of three legs with one lane 4 m wide each, with the parallel traffic arrangement meeting the traffic flow before the roundabout at a safe distance. Due to the spatial constraints existing in the area (existing structures and streams) the minimum inscribed circle diameter was designed as small as possible.

The construction of the roundabout will reduce the speed of approaching the intersection and will help to disengage the junction in the massive summer load increases resulting in a safer intersection.

Key Words: roundabout, road safety, design, rural area

Πίνακας Περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Αντικείμενο και Στόχοι της Παρούσας Μελέτης	1
1.3 Διάρθρωση και Ανάλυση των Περιεχομένων της Μελέτης.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ	3
2.1 Εισαγωγή	3
2.2 Πλεονεκτήματα κυκλικών κόμβων	4
2.3 Χαρακτηριστικά Κόμβων Κυκλικής Κίνησης.....	5
2.4 Κατηγορίες Κόμβων Κυκλικής Κίνησης	7
2.5 Βήματα Σχεδιασμού Κόμβων Κυκλικής Κίνησης	7
2.6 Στοιχεία Σχεδιασμού	9
2.7 Είσοδοι.....	12
2.8 Έξοδοι	13
2.9 Καταλληλότητα Γεωμετρίας	14
2.9.1 Ανάλυση Ταχυτήτων	15
2.10 Ορατότητα.....	18
2.11 Οδοφωτισμός σε Κυκλικούς Κόμβους.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΚΟΜΒΟΙ & ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	23
3.1 Εισαγωγή	23
3.2 Σημεία Εμπλοκής	24
3.3 Τύποι και Περιπτώσεις Ατυχημάτων	26
3.4 Οδική Ασφάλεια μέσω του Σχεδιασμού	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ	33
4.1 Περιοχή Μελέτης	33
4.1.1 Υφιστάμενη κατάσταση κόμβου.....	34
4.2 Γεωμετρικά στοιχεία κόμβου	35
4.3 Έλεγχος Συντομότερης Διαδρομής	38
4.4 Υψομετρικός Σχεδιασμός	39

4.5 Ορατότητα και Οδοφωτισμός	41
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	42
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	43
ΣΧΕΔΙΑ.....	44

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.4-1: Γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία κυκλικού κόμβου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	7
Πίνακας 2.6-1: Συνιστώμενη διάμετρος κύκλου εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	9
Πίνακας 2.6-2: Τυπικά πεδία τιμών σχεδιασμού γεωμετρικών παραμέτρων (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	10
Πίνακας 2.7-1: Συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού ανάλογα της κατηγορίας του κυκλικού κόμβου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	13
Πίνακας 2.9-1: Μέγεθος ακτινών συντομότερης διαδρομής και ταχύτητες (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	14
Πίνακας 2.9-2: Προτεινόμενες τιμές ακτινών για έλεγχο ταχύτητας εντός του Κ3 (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	16
Πίνακας 2.11-1: Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα εναλλακτικών διατάξεων φωτισμού (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	21
Πίνακας 4.2-1: Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων δακτυλίου κυκλικού κόμβου...36	
Πίνακας 4.2-2: Διαστάσεις παραμέτρων κλάδων εισόδου, εξόδου κάθε σκέλους.....37	
Πίνακας 4.3-1: Ακτίνες Συντομότερης διαδρομής.....38	
Πίνακας 4.3-2: Ταχύτητες Συντομότερης διαδρομής	38

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1-1: Φωτογραφία του πρώτου κυκλικού κόμβου του Ηνωμένου Βασιλείου, κατασκευάστηκε το 1909 (Πηγή: https://hiveminer.com/Tags/lethworth%2Croundabout)	3
Εικόνα 2.3-1: Χαρακτηριστικά στοιχεία κόμβου κυκλικής κίνησης (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3) .	6
Εικόνα 4.1-1:Χάρτης ευρύτερης περιοχής Λάρισας (Πηγή: Google Earth & ίδια επεξεργασία).....	33
Εικόνα 4.1-2: Δορυφορική εικόνα περιοχής μελέτης (Πηγή: Google Earth)	33
Εικόνα 4.1-3:Δορυφορική εικόνα κόμβου (Πηγή: Google Earth).....	34

Κατάλογος Σχημάτων – Διαγραμμάτων

Σχήμα 2.3-1: Βασικά στοιχεία τυπικού κόμβου κυκλικής κίνησης με 4 σκέλη (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	7
Σχήμα 2.5-1: Βήματα σχεδιασμού κόμβου κυκλικής κίνησης (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	8
Σχήμα 2.6-1: Γεωμετρικές παράμετροι σχεδιασμού (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	9
Σχήμα 2.6-2: Μέθοδος ελέγχου επικάλυψης πορείας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	10
Σχήμα 2.6-3: Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων σχεδιασμού σε κυκλικό κόμβο (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	11
Σχήμα 2.7-1: Τυπική μορφή εισόδου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	12
Σχήμα 2.7-2: Διαμόρφωση θλάσης κλάδου εισόδου για μείωση ταχύτητας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	12
Σχήμα 2.8-1: Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο από το κέντρο του κόμβου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	14
Σχήμα 2.8-2: Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο αριστερά του κέντρου του κόμβου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	14
Σχήμα 2.9-1: Πορείες οχημάτων και ονομασία ακτινών συντομότερης διαδρομής (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	16
Σχήμα 2.9-2: Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε Κ3 με 1 λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	17
Σχήμα 2.9-3: Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε Κ3 με 2 λωρίδες στο δακτύλιο κυκλοφορίας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	17
Σχήμα 2.9-4: Αποστάσεις από οριογραμμές για σχεδιασμό δεξιόστροφης πορείας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	17
Σχήμα 2.10-1: Μήκη ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον Κ3 (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	18
Σχήμα 2.10-2: Μήκος ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	18
Σχήμα 2.10-3: Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών της εξόδου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	19
Σχήμα 2.10-4: Τρίγωνα ορατότητας κατά την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	19
Σχήμα 2.10-5: Παράδειγμα σύνθεσης επιφανειών ορατότητας σε κυκλικό κόμβο (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3).....	20
Σχήμα 2.11-1: Κρίσιμες επιφάνειες για τοποθέτηση ιστών οδοφωτισμού (οι στύλοι πρέπει να τοποθετούνται πίσω από αυτές) (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	21

Σχήμα 2.11-2: Φωτομετρική απεικόνιση επιφανειών ανάλογα με διάταξη στύλων (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	22
Σχήμα 3.2-1: Σημεία και τύποι εμπλοκής σε κόμβο διασταύρωσης και σε κυκλικό κόμβο, 4-σκελής κόμβος (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	25
Σχήμα 3.2-2: Σημεία και τύποι εμπλοκής σε κόμβο διασταύρωσης και σε κυκλικό κόμβο, 3-σκελής κόμβος (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	25
Σχήμα 3.2-3: Σημεία σύγκρουσης σε συμβατικό κόμβο διασταύρωσης και Κ3 (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	26
Σχήμα 3.3-1: Συγκρούσεις εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδων για ευθεία πορεία (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	27
Σχήμα 3.3-2: Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου επί του δακτυλίου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	27
Σχήμα 3.3-3: Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας από την έναρξη της εισόδου στο δακτύλιο (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	27
Σχήμα 3.3-4: Σημεία σύγκρουσης οχημάτων και πεζών σε συμβατικό κόμβο (Πηγή: Rodegerdts, 2010)	28
Σχήμα 3.3-5: Σημεία σύγκρουσης οχημάτων και πεζών σε κυκλικό κόμβο (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	28
Σχήμα 3.3-6: Τύποι ατυχημάτων (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)	29
Σχήμα 3.3-7: Σημεία σύγκρουσης ποδηλάτων με οχήματα και πεζούς σε συμβατικό κόμβο (Πηγή: (Robinson, 2000))	30
Σχήμα 3.3-8: Σημεία σύγκρουσης ποδηλάτων με οχήματα και πεζούς σε κυκλικό κόμβο (Πηγή: (Robinson, 2000))	31
Σχήμα 4.2-1: Οριζοντιογραφία κυκλικού κόμβου	35
Σχήμα 4.2-2: Λεπτομέρεια συμβολής κυκλοφοριακής ρύθμισης	35
Σχήμα 4.2-3: Διαστάσεις οχήματος σχεδιασμού	36
Σχήμα 4.2-4: Λεπτομέρεια οριζοντιογραφίας (κιβωτοειδής οχετοί)	37
Σχήμα 4.3-1: Σχέδιο συντομότερων διαδρομών	38
Σχήμα 4.4-1: Μηκοτομή Δυτικού και Ανατολικού Σκέλους	39
Σχήμα 4.4-2: Μηκοτομή Νότιου Σκέλους	39
Σχήμα 4.4-3: Τυπική Διατομή κυκλικής πλατείας κόμβου (κατά μήκος άξονα νότιου σκέλους)	40
Σχήμα 4.4-4: Λεπτομέρεια τυπικής διατομής κυκλικής πλατείας κόμβου	40
Σχήμα 4.4-5: Υψομετρική διαμόρφωση κυκλικού κόμβου	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Σχεδιασμός Υπεραστικού Κυκλικού Κόμβου» αποτελεί τη διπλωματική εργασία του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διαχείριση Έργων, Συγκοινωνιακός και Χωρικός Σχεδιασμός» του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης και του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ο επιβλέπων καθηγητής είναι ο κ. Ηλιού Νικόλαος, Καθηγητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

1.2 Αντικείμενο και Στόχοι της Παρούσας Μελέτης

Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή των κόμβων κυκλικής κίνησης απασχολούν έντονα την επιστημονική κοινότητα αλλά και τους φορείς υποδομών διεθνώς, καθώς αποτελεί λύση σε πολλά προβλήματα που προκαλούνται από την κυκλοφορία των οχημάτων. Ένα από αυτά είναι η οδική ασφάλεια των κόμβων όπου η έλλειψη αυτής προκαλεί έως και θανατηφόρα ατυχήματα. Στην βελτίωση της οδικής ασφάλειας στοχεύει ο σχεδιασμός του κόμβου κυκλικής κίνησης που μελετάται στην παρούσα εργασία.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται λίγο έξω από τα όρια της πόλης της Λάρισας, είναι πεδινή και στην ευρύτερη περιοχή η κύρια απασχόληση είναι η γεωργία αλλά εδρεύουν και αρκετές επιχειρήσεις. Ο κόμβος κυκλικής κίνησης θα αντικαταστήσει τον υφιστάμενο μη σηματοδοτούμενο κόμβο στην συμβολή της επαρχιακής οδού Λάρισας - Αγιοκάμπου με την επαρχιακή οδό Συκουρίου - Νίκαιας. Λόγω της γεωμετρίας (οριζοντιογραφικά και μηκοτομικά) του κόμβου και του χαμηλού φόρτου κυκλοφορίας, εκτός των θερινών μηνών (οδός προς παράλια Ν. Λαρίσης), αναπτύσσονται πολύ υψηλές ταχύτητες με αποτέλεσμα να καθίσταται ο κόμβος πολύ επικίνδυνος.

Η κατασκευή του κόμβου κυκλικής κίνησης θα μετριάσει την ταχύτητα προσέγγισης στον κόμβο και θα βοηθήσει στην αποσυμφόρηση του κόμβου στις απότομες αυξήσεις κυκλοφοριακού φόρτου το καλοκαίρι.

1.3 Διάρθρωση και Ανάλυση των Περιεχομένων της Μελέτης

Η παρούσα διπλωματική εργασία δομείται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται συνοπτικά το αντικείμενο και οι στόχοι της μελέτης και αναλύεται η δομή της εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κανόνες – οδηγίες που ακολουθούνται για την σωστή σχεδίαση ενός κυκλικού κόμβου. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται τα αποτελέσματα που έχει η χρήση των κυκλικών κόμβων στην οδική ασφάλεια. Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα στοιχεία σχεδιασμού του κόμβου μελέτης καθώς και οι απαραίτητοι έλεγχοι της γεωμετρίας και λειτουργικότητας του κόμβου.

Στο παράρτημα παρατίθενται τα αναλυτικά σχέδια του κυκλικού κόμβου (οριζοντιογραφίες, μηκοτομές, διατομές). Ο σχεδιασμός του κόμβου κυκλικής κίνησης πραγματοποιήθηκε με την χρήση των λογισμικών TORUS και AutoTURN της εταιρείας TRANSOFT SOLUTIONS. Για τον σχεδιασμό των μηκοτομών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Anadelta Tessera της εταιρείας Anadelta Software. Η τελική μορφοποίηση όλων των σχεδίων πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό AutoCAD της εταιρείας Autodesk.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΚΟΜΒΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα εμφανίστηκαν οι πρώτες κυκλικές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις στις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο κα. Σε διεθνές επίπεδο, η εμπειρία με τους κύκλους κυκλοφορίας ήταν αρνητική, καθώς πολλές χώρες αντιμετώπισαν κυκλικές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις που είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου κυκλοφορίας.



Εικόνα 2.1-1: Φωτογραφία του πρώτου κυκλικού κόμβου του Ηνωμένου Βασιλείου, κατασκευάστηκε το 1909 (Πηγή: <https://hiveminer.com/Tags/letchworth%2Croundabout>)

Ο σύγχρονος κυκλικός κόμβος αναπτύχθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο για να διορθώσει προβλήματα που σχετίζονται με αυτές τις κυκλικές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις. Το 1966, το Ηνωμένο Βασίλειο υιοθέτησε έναν υποχρεωτικό κανόνα σε όλες τις κυκλικές διασταυρώσεις, ο οποίος υποχρέωνε τα οχήματα στις εισόδους του κόμβου να παραχωρήσουν την προτεραιότητα στα οχήματα που κινούνταν εντός του κυκλικού κόμβου. Αυτός ο κανόνας εμπόδισε την συμφόρηση των κυκλικών διασταυρώσεων, εμποδίζοντας τα οχήματα να εισέλθουν στη διασταύρωση μέχρι να υπάρξουν επαρκή κενά κυκλοφοριακής κυκλοφορίας. Επιπλέον, προτάθηκαν μικρότερες κυκλικές διασταυρώσεις που απαιτούσαν επαρκή οριζόντια καμπυλότητα των οδών του οχήματος για να επιτευχθούν βραδύτερες ταχύτητες εισόδου και κυκλοφορίας.

Αυτές οι αλλαγές βελτίωσαν τα χαρακτηριστικά ασφαλείας των κυκλικών διασταυρώσεων μειώνοντας τον αριθμό και ιδιαίτερα τη σοβαρότητα των συγκρούσεων. Έτσι, ο σύγχρονος κυκλικός κόμβος που προέκυψε διαφέρει σημαντικά από τον παλαιότερο κύκλο κυκλοφορίας τόσο στον τρόπο λειτουργίας του όσο και στον τρόπο σχεδιασμού του. Ο σύγχρονος κυκλικός κόμβος αντιπροσωπεύει μια ουσιαστική βελτίωση, όσον αφορά τις λειτουργίες και την ασφάλεια, σε σύγκριση με τους παλιότερους περιστροφικούς κύκλους και τους κύκλους κυκλοφορίας. Ως εκ τούτου,

πολλές χώρες έχουν υιοθετήσει αυτές ως μια κοινή μορφή διασταύρωσης και ορισμένοι έχουν αναπτύξει εκτενείς οδηγούς σχεδιασμού και μεθόδους για την αξιολόγηση της επιχειρησιακής απόδοσης των σύγχρονων κόμβων κυκλικής κίνησης (Robinson, 2000).

Σήμερα, στην Ελλάδα δεν υπάρχουν προδιαγραφές για τον σχεδιασμό κυκλικών κόμβων αλλά μόνο οδηγίες (ΟΜΟΕ – Κ3, (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011)), που είναι ένας συνδυασμός των Βρετανικών και Αμερικάνικων προδιαγραφών.

2.2 Πλεονεκτήματα κυκλικών κόμβων

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, οι κυκλικοί κόμβοι έχουν αυξηθεί ως μια καλή εναλλακτική λύση για την αντιμετώπιση προβληματικών κόμβων. Παρέχουν μια σειρά πλεονεκτημάτων όπως η λειτουργική αποτελεσματικότητα, η ασφάλεια και η ηρεμία της κυκλοφορίας, η διαχείριση της πρόσβασης, η αισθητική και τα περιβαλλοντικά οφέλη σε σύγκριση με άλλα είδη διασταυρώσεων (González et al., 2017).

Οι κυκλικοί κόμβοι μπορούν να προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα, έναντι των συμβατικών ισόπεδων κόμβων συμβολής ή διασταύρωσης (με ή χωρίς φωτεινή σηματοδότηση), στα οποία μπορεί να περιλαμβάνονται:

- Γενική βελτίωση της οδικής ασφάλειας και της κυκλοφοριακής εξυπηρέτησης.
- Περιορισμός των καθυστερήσεων (γενικά αποτρέπεται ο σχηματισμός ουρών).
- Μικρότερες ουρές, ειδικά σε περιόδους εκτός αιχμής κυκλοφορίας.
- Καλύτερη διαχείριση της ταχύτητας, η ρύθμιση της οποίας αποτελεί παράγοντα ίσως τον κρίσιμότερο στη θέση ισόπεδου κόμβου (η επιβαλλόμενη μείωση της ταχύτητας σημαίνει ότι: οι οδηγοί έχουν στη διάθεσή τους μεγαλύτερο χρόνο να αποφασίσουν και αντιδράσουν ενώπιον των άλλων κινουμένων οχημάτων και των πεζών, τα ατυχήματα είναι μειωμένης σοβαρότητας, οι πεζοί κινούνται με μεγαλύτερη ασφάλεια).
- Ευκαιρίες για βελτίωση των χαρακτηριστικών των οδών στα σημεία εισόδου σε οικισμένο περιβάλλον (οι βελτιωμένες συνθήκες κυκλοφορίας μειώνουν την κατανάλωση καυσίμων και την παραγωγή ρύπων).
- Σε αρκετές περιπτώσεις αποφυγή ή μετάθεση στο μέλλον της ανάγκης για δαπανηρά έργα, π.χ. για κατασκευή ανισόπεδου κόμβου, έργων διαπλατυνσεων διαμόρφωσης αριστερών στροφών, ή και εγκατάστασης φωτεινής σηματοδότησης.
- Εξοικονόμηση χρηματικών πόρων, επειδή δεν απαιτείται εγκατάσταση και συντήρηση φωτεινής σηματοδότησης. Συγκεκριμένα μπορεί να εξοικονομούνται ετησίως περίπου € 5.000 από δαπάνες οδοφωτισμού και συντήρησης, δεδομένου ότι η ζωή των έργων μπορεί να καλύψει διάρκεια 25 ετών, σε σύγκριση με τα 10 έτη ζωής, που έχει μια συμβατική εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης.

(NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011)

2.3 Χαρακτηριστικά Κόμβων Κυκλικής Κίνησης

Η διάταξη ενός κυκλικού κόμβου παρουσιάζει συγκεκριμένα ειδικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, που δεν απαντώνται στις άλλες διαμορφώσεις ισόπεδων κόμβων, αλλά συναντώνται στοιχεία που συνηθίζονται και σε άλλους τύπους διασταυρώσεων ή συμβολών με παρόμοια λειτουργία. Τα σημαντικότερα από αυτά απεικονίζονται στην Εικόνα 2.3-1 και είναι τα ακόλουθα.

- Κεντρική νησίδα κόμβου κυκλικής κίνησης, είναι μια υπερυψωμένη κυκλική επιφάνεια στο κέντρο του κόμβου γύρω από την οποία διεξάγεται η κυκλοφορία στο δακτύλιο κυκλοφορίας.
- Σκέλη κόμβου, αποτελούν τα οδικά τμήματα που συμβάλλουν στον κόμβο (προσβάσεις του κόμβου), τα οποία μπορεί να είναι 3 ή 4, αλλά και περισσότερα υπό ορισμένες συνθήκες.
- Νησίδα διαχωρισμού, προβλέπεται σε κάθε πρόσβαση και είναι μία επιφάνεια υπερυψωμένη με κράσπεδα ή τουλάχιστον η επιφάνεια του οδοστρώματος της πρόσβασης με οριζόντια διαγράμμιση ως επιφάνεια αποκλεισμού. Σκοπός είναι να διαχωρίζει την εισερχόμενη από την εξερχόμενη κυκλοφορία, να διοχετεύει και να επιβραδύνει την εισερχόμενη κυκλοφορία και να προσφέρει χώρο καταφυγίου αναμονής για τους πεζούς, που διασχίζουν κάθετα την οδό πρόσβασης, εν γένει σε δύο στάδια.
- Δακτύλιος κυκλοφορίας, είναι η επιφάνεια οδοστρώματος στην οποία κινούνται αριστερόστροφα τα οχήματα, γύρω από την κεντρική κυκλική νησίδα του κόμβου.
- Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας, κατασκευάζεται εφόσον απαιτείται για τη διέλευση βαρέων οχημάτων, στην περίμετρο της κεντρικής νησίδας. Αυτή η διαμόρφωση δεν είναι απαραίτητη για όλους τους κυκλικούς κόμβους, αλλά ανάλογα με το μέγεθος της ακτίνας της κυκλικής κεντρικής νησίδας και το όχημα σχεδιασμού.
- Γραμμή εισόδου, είναι η διαγράμμιση (οριζόντια σήμανση) εγκάρσια του οδοστρώματος της πρόσβασης που χρησιμοποιείται για να οριστεί το σημείο εισόδου από μια πρόσβαση στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Αυτή γενικά τοποθετείται στην εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου. Σε αυτό το σημείο αναμένονται τα σημεία εμπλοκής μεταξύ των οχημάτων που εισέρχονται στον δακτύλιο κυκλοφορίας και αυτών που ήδη κινούνται επί του δακτυλίου. Κατά κανόνα, ισχύει η προτεραιότητα υπέρ των κινούμενων επί του δακτυλίου, εκτός αν ορίζεται αλλιώς.
- Εγκάρσιες Πεζοδιαβάσεις, απαιτούνται κυρίως σε αστικό περιβάλλον, ώστε να επιτρέπουν και σε ΑμΕΑ τη διέλευση εγκάρσια σε κάθε οδική πρόσβαση του κόμβου. Αυτές προβλέπονται εγκάρσια στη νησίδα διαχωρισμού, όπου προστατεύονται οι πεζοί και προσφέρεται η δυνατότητα ενδιάμεσης στάσης πριν αυτοί διασχίσουν και το οδόστρωμα της αντίθετης κατεύθυνσης της οδικής πρόσβασης.

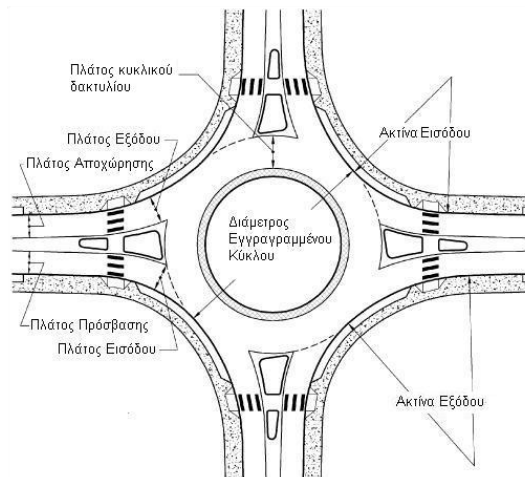
- Διαμορφώσεις για ποδήλατα. Οι κόμβοι κυκλικής κίνησης θα πρέπει να δίνουν τη δυνατότητα και στους ποδηλάτες να κινηθούν εντός και πέριξ της διάταξης, είτε ως οχήματα μέσα στο δακτύλιο κυκλοφορίας, είτε ως πεζοί χρησιμοποιώντας τις κατάλληλα διευρυμένες πεζοδιαβάσεις.
- Ζώνη τοπιοτεχνίας. Όταν ο κόμβος αναπτύσσεται σε αστικό περιβάλλον, τότε μεταξύ του περιφερειακού πεζοδρομίου και του δακτυλίου κυκλοφορίας συνιστάται να παρεμβάλλεται συνήθως μια ζώνη τοπιοτεχνίας (φύτευση χαμηλού πράσινου), που διαχωρίζει τους πεζούς από τα οχήματα, ενώ κατευθύνει τους πεζούς να διασχίζουν τον κόμβο από τις προβλεπόμενες πεζοδιαβάσεις. Αυτή συνεισφέρει σημαντικά στην αισθητική του κόμβου, ενώ παράλληλα πρέπει να διασφαλίζει το απαιτούμενο ελεύθερο πεδίο ορατότητας. (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011)



- | | |
|--|---|
| 1 Καταφύγιο πεζών στη νησίδα διαχωρισμού | A Ιστός οδοφωτισμού |
| 2 Πεζοδιάβαση | B Πεζοδρόμιο |
| 3 Νησίδα διαχωρισμού | C Ρυθμιστική πινακίδα Π-75 |
| 4 Οριζόντια σήμανση χρήσης λωρίδας | D Πινακίδα σήμανσης εξόδου από δακτύλιο |
| 5 Γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας | E Πινακίδα παραχώρησης προτεραιότητας |
| 6 Οριογραμμή εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας | |
| 7 Ζώνη τοπιοτεχνίας | |
| 8 Δακτύλιος κυκλοφορίας | |
| 9 Κεντρική νησίδα | |
| 10 Υπερβατή ζώνης κεντρικής νησίδας | |

Εικόνα 2.3-1: Χαρακτηριστικά στοιχεία κόμβου κυκλικής κίνησης (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Τα βασικά στοιχεία ενός τυπικού κυκλικού κόμβου με 4 σκέλη (οδικές προσβάσεις) απεικονίζονται στο ενδεικτικό Σχήμα 2.3-1.



Σχήμα 2.3-1: Βασικά στοιχεία τυπικού κόμβου κυκλικής κίνησης με 4 σκέλη (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

2.4 Κατηγορίες Κόμβων Κυκλικής Κίνησης

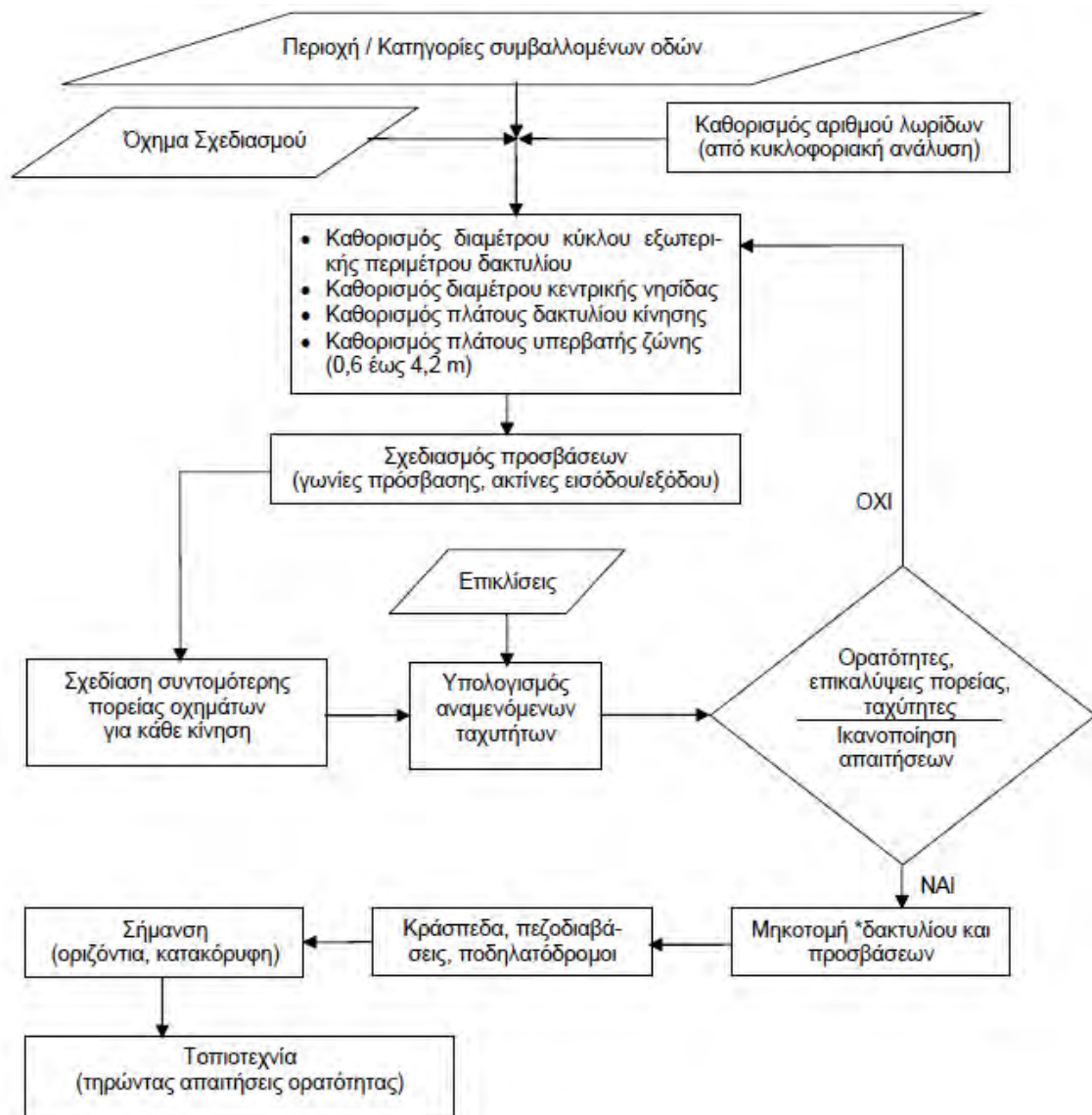
Οι κόμβοι κυκλική κίνησης μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το μέγεθος και το περιβάλλον όπου κατασκευάζονται σε έξι βασικές κατηγορίες, που περιγράφονται στη συνέχεια. Τα γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία κυκλικού κόμβου παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4-1 (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011).

Πίνακας 2.4-1: Γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία κυκλικού κόμβου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Στοιχείο σχεδιασμού	Κομβίδια	Αστικοί			Υπεραστικοί	
		Συμπυγμένοι	1 λωρίδας	2 λωρίδων	1 λωρίδας	2 λωρίδων
Συνιστώμενη V_{max} εισόδου [km/h]	25	25	35	40	40	50
Μέγιστος αριθμός λωρίδων εισόδου ανά πρόσβαση	1	1	1	2	1	2
Συνήθης διάμετρος περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας D [m]	13-25	25-30	30-40	45-55	35-40	55-60
Δομική διαμόρφωση διαχωριστικής νησίδας	Υπερυψωμένη, εάν είναι δυνατόν, με διακοπή για πεζοδιάβαση	Υπερυψωμένη με διακοπή για πεζοδιάβαση			Υπερυψωμένη επιμήκης διακοπή για πεζοδιάβαση αν χρειάζεται	
Τυπική ημερήσια εξυπηρέτηση φόρτου σε 4-σκέλη Κ ² [οχη/ημέρα]	≤10.000	≤15.000	≤25.000	≤45.000	≤20.000	≤45.000

2.5 Βήματα Σχεδιασμού Κόμβων Κυκλικής Κίνησης

Μετά από την απόφαση για κατασκευή ενός κυκλικού κόμβου ακολουθεί ο λεπτομερής σχεδιασμός. Ορισμένα στοιχεία του κόμβου θα πρέπει να σχεδιάζονται κατά προτεραιότητα, ενώ ο σχεδιασμός ενδέχεται να απαιτεί συνεχή επαναπροσδιορισμό μέχρι την επίτευξη μιας συνολικά αποδεκτής λύσης. Αυτή η διαδικασία απεικονίζεται στο ακόλουθο διάγραμμα (Σχήμα 2.5-1) (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011).



* ειδικά σε περιπτώσεις έντονου ανάγλυφου και μεγάλων κλίσεων, ενδέχεται ο σχεδιασμός της μηκοτομής να οδηγήσει σε αλλαγή συνολικού σχεδιασμού προς ικανοποίηση απαιτήσεων

Σχήμα 2.5-1: Βήματα σχεδιασμού κόμβου κυκλικής κίνησης (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Ο σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου είναι μια τέτοια επαναληπτική διαδικασία, στην οποία οι μικρές αλλαγές στη γεωμετρία μπορούν να οδηγήσουν σε ουσιαστικές αλλαγές στις επιδόσεις λειτουργίας και ασφάλειας. Πριν καθοριστούν οι λεπτομέρειες της γεωμετρίας, τρία θεμελιώδη στοιχεία πρέπει να προσδιορίζονται στο προκαταρκτικό στάδιο σχεδιασμού:

1. Το βέλτιστο μέγεθος κυκλικού κόμβου,
2. Η βέλτιστη θέση,
3. Η βέλτιστη διάταξη των σκελών του κόμβου (Robinson, 2000).

2.6 Στοιχεία Σχεδιασμού

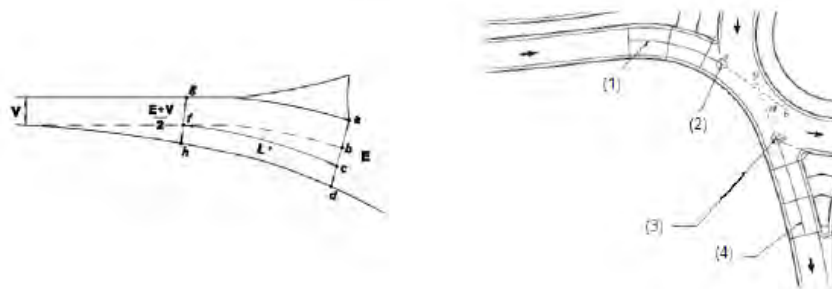
Τα συνιστώμενα μεγέθη διαμέτρου του κύκλου της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας, ανάλογα με την περιοχή που εξυπηρετούν οι συμβαλλόμενες οδοί του κόμβου, την κατηγορία του κόμβου και τον αριθμό των λωρίδων του δακτυλίου, αναφέρονται στον επόμενο Πίνακας 2.6-1, ενώ οι λεπτομερείς διαστάσεις του δακτυλίου αναφέρονται στο Σχήμα 2.6-3.

Πίνακας 2.6-1: Συνιστώμενη διάμετρος κύκλου εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου
(Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Κατηγορία Κ ³	Όχημα σχεδιασμού Μήκος οχήματος [m]	*Διάμετρος f [m]
Κομβίδιο	Λεωφορείο / 12,00 (βλ. Μέρος 1, Παρ. Α, §3.1)	15-30
Αστικός Συνεπτυγμένος		25-35
Αστικός 1 Λωρίδας	Φορτηγό / 16,50 (βλ. Μέρος 1, Παρ. Α, §4.3)	35-45
Αστικός 2 Λωρίδων		45-70
Υπεραστικός 1 Λωρίδας	Φορτηγό / 18,70 (βλ. Μέρος 1, Παρ. Α, §4.4)	40-60
Υπεραστικός 2 Λωρίδων		55-75

* Τα μεγέθη αφορούν σε κόμβους με αριθμό σκελών το πολύ 4, που διασταυρώνονται με γωνίες περίπου 90°

Οι βασικές γεωμετρικές παράμετροι σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων απεικονίζονται στο Σχήμα 2.6-1 και περιγράφονται στον επόμενο πίνακα.



Σχήμα 2.6-1: Γεωμετρικές παράμετροι σχεδιασμού (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Όπου,

V: Κανονικό πλάτος λωρίδας της κανονικής διατομής της οδού πρόσβασης

E: Πλάτος λωρίδας (Πίνακας 2.6-2)

L': Το ήμισυ του μήκους ανάπτυξης της διαπλάτυνσης από πλάτος V σε E

Φ: Γωνία εισόδου

(1): Καμπύλη στο μέσον της διαπλατυσμένης λωρίδας εισόδου

(2): Σημείο επαφής επί της καμπύλης εισόδου στη θέση της οριογραμμής. Αρχή της επαφτομένης προς την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας σε απόσταση από αυτήν 1,5 m

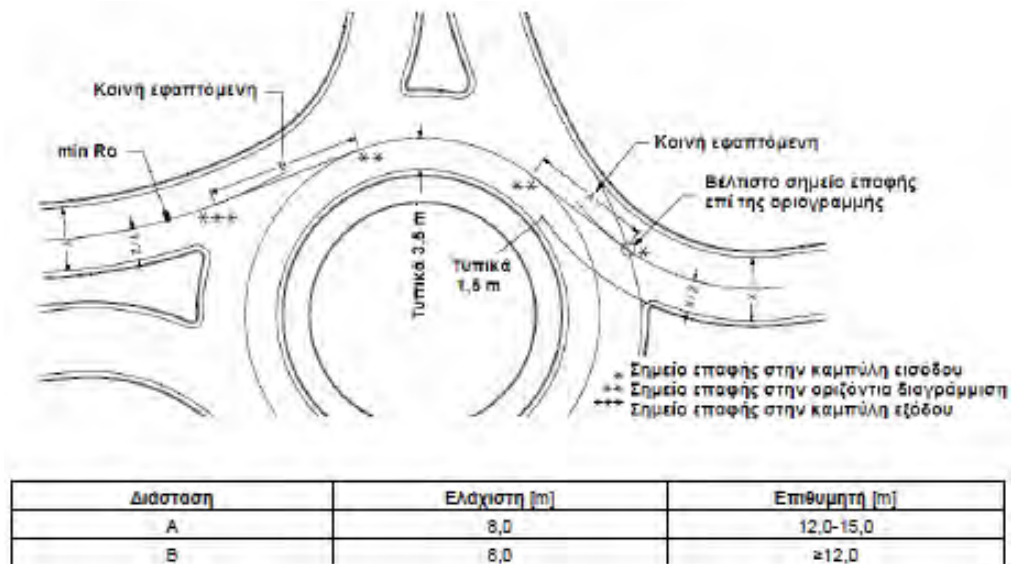
(3): Σημείο επαφής επί της καμπύλης εξόδου στη θέση της οριογραμμής. Αρχή της επαφτομένης προς την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας σε απόσταση από αυτήν 1,5 m

(4): Καμπύλη στο μέσον της διαπλατυσμένης λωρίδας εξόδου

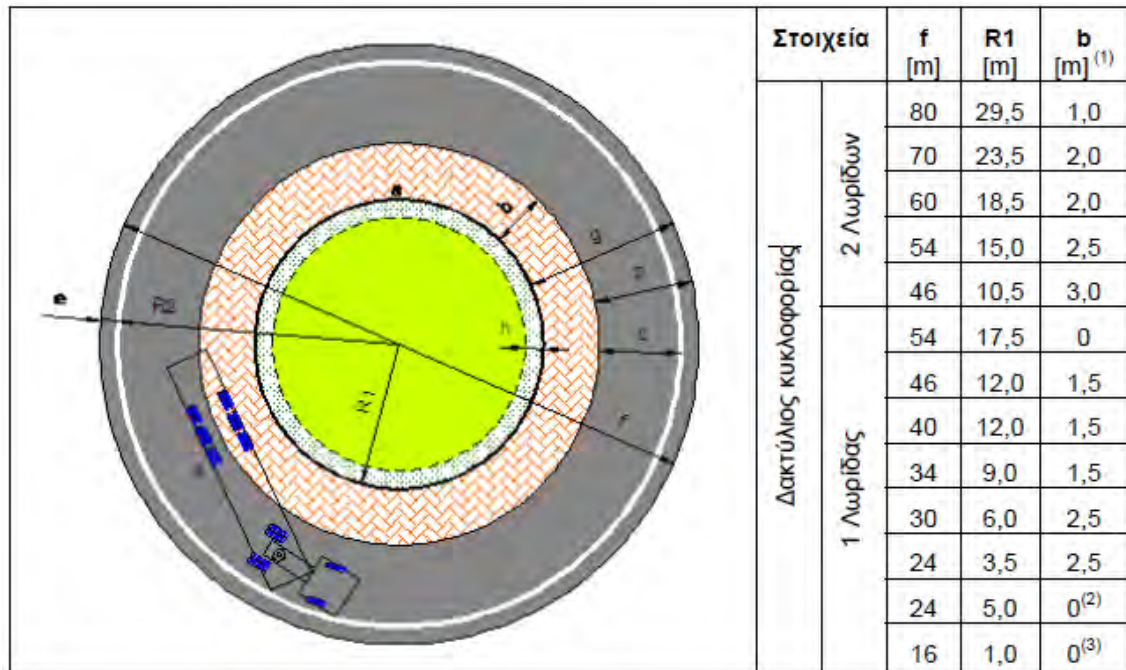
Πίνακας 2.6-2: Τυπικά πεδία τιμών σχεδιασμού γεωμετρικών παραμέτρων (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Γεωμετρικές παράμετροι ⁽¹⁾	Αριθμός λωρίδων στην είσοδο		
	1 λωρίδα	2 λωρίδες	3 λωρίδες
Πλάτος εισόδου (E)	5,5-6,7 m	7,3-8,5 m	10,4-12,2 m
Αποτελεσματικό τμήμα μήκους διαπλάτυνσης (L')	50 έως 100 m Εάν χρειάζεται για αυξημένη κυκλοφοριακή ικανότητα		
Ακτίνα εισόδου (Ri)	17-27 m	17-30 m	20-30 m
Γωνία εισόδου (Φ)	16°-30°		
Διάμετρος εξωτερικής περιμέτρου (f)	35-45 m	50-65 m	60-90 m
Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας (c)	1,0 έως 1,2 φορές του μεγαλύτερου (E)		
Ακτίνα εξόδου (Ro)	Πρέπει να είναι >Ri		

Ο έλεγχος για την αποφυγή της επικάλυψης της πορείας εισόδου και εξόδου γίνεται με βάση το Σχήμα 2.6-2.



Σχήμα 2.6-2: Μέθοδος ελέγχου επικάλυψης πορείας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)



a: Κράσπεδο κεντρικής νησίδας	e: Ελάχιστο πλάτος ασφαλτικού ερείσματος 1,0 m
b: Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας	f: Εξωτερική διάμετρος
p: Πλάτος ασφαλτικού οδοστρώματος	g: Πλάτος κυκλοφορίσμο μεταξύ κρασπέδων
c: Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας	h: Πλάτος λωρίδας μόνο με χλοοτάπητα 1,0 m χωρίς οπτικά εμπόδια
d: Όχημα σχεδιασμού	

(1) Το πλάτος υπερβατής ζώνης καλύπτει την εξυπηρέτηση φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο εκτός από τις επόμενες περιπτώσεις (2) και (3)

(2) Προσφέρεται εξυπηρέτηση μόνο φορτηγού και λεωφορείου, ενώ για εξυπηρέτηση φορτηγού ρυμουλκού με ημιρυμουλκούμενο απαιτείται η κατασκευή πλήρως υπερβατής κεντρικής νησίδας

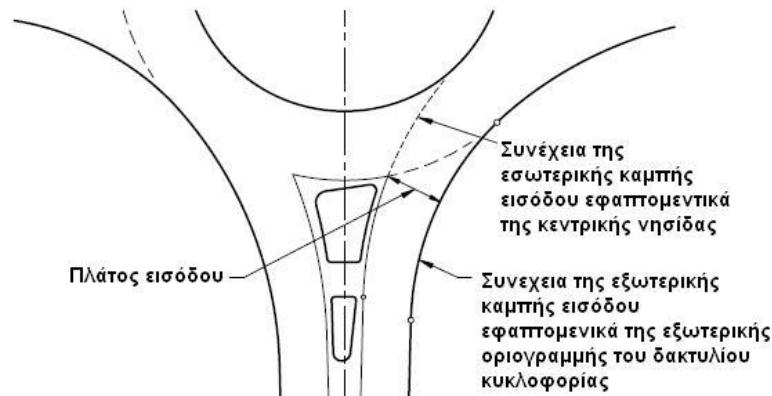
(3) Εφόσον χρειάζεται να εξυπηρετείται η διέλευση φορτηγού ή και λεωφορείου τότε η κεντρική νησίδα κατασκευάζεται υπερυψωμένη κατά 100 mm πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος

Σχήμα 2.6-3: Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων σχεδιασμού σε κυκλικό κόμβο
(Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Οι νησίδες διαχωρισμού στις προσβάσεις δεν επιτρέπεται να προβάλλουν μέσα στο πλάτος «g» του δακτυλίου, εφόσον το περιμετρικό ασφαλτικό έρεισμα έχει το ελάχιστο πλάτος $e=1,0$ m (Σχήμα 2.6-3). Αν μετά το σχεδιασμό των βασικών γεωμετρικών στοιχείων και τον έλεγχο του πλάτους κατάληψης από το όχημα σχεδιασμού (με χρήση εξειδικευμένου λογισμικού) προκύπτει η ανάγκη για χρήση υπερβατής ζώνης πέριξ της κεντρικής νησίδας, αυτή θα περιορίζεται σε πλάτος από 0,6 έως 4,2 m. Σε διαφορετική περίπτωση θα εξετάζεται εκ νέου ο σχεδιασμός, ώστε να παρέχεται ο απαραίτητος χώρος για την κίνηση των οχημάτων χωρίς τη χρήση υπερβατής ζώνης. Η διαδικασία επιλογής ακτίνας εσωτερικής διαμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας περιλαμβάνει και τη θεώρηση των ταχυτήτων, που αναμένεται να αναπτύσσουν τα οχήματα. (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011)

2.7 Είσοδοι

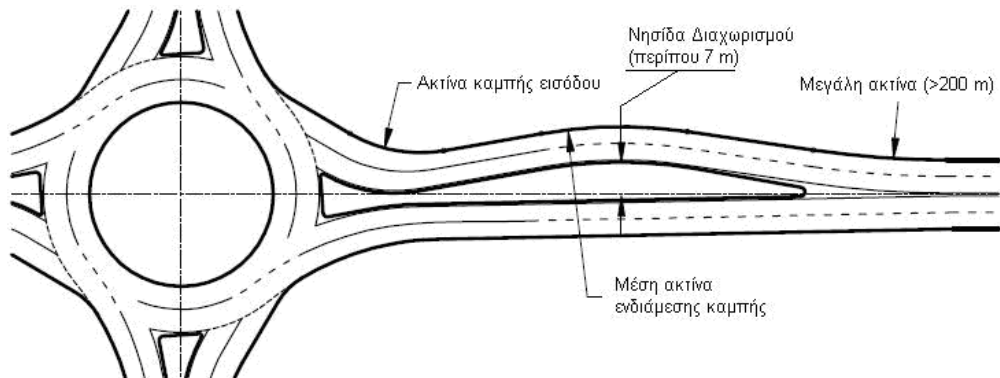
Ο σχεδιασμός της εισόδου πρέπει να ρυθμίζει, με την κατάλληλη γεωμετρική διαμόρφωση, την ταχύτητα εισόδου και να επιτρέπει την ομαλή μετάβαση των οχημάτων στον δακτύλιο κυκλοφορίας. Το πλάτος του κλάδου στην περιοχή εισόδου, όταν αυτός έχει μια λωρίδα, πρέπει να κυμαίνεται από 4 έως 5 m. Η τυπική διάταξη είναι 4,6 m, ενώ πρέπει να αποφεύγεται πολύ πλατύτερη λωρίδα, προκειμένου να αποθαρρύνονται οι οδηγοί στην τάση τους για δημιουργία παράλληλων στοίχων. Στις περιπτώσεις κόμβων με είσοδο μίας λωρίδας, οι καμπές μίας ενιαίας ακτίνας είναι ικανοποιητικές, ενώ οι κόμβοι με είσοδο δύο λωρίδων ενδεχομένως απαιτούν καμπές συνδυασμού ακτινών.



Σχήμα 2.7-1: Τυπική μορφή εισόδου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Σε κάθε περίπτωση, η αλληλουχία των καμπών στον κλάδο εισόδου και μέχρι την είσοδο στο δακτύλιο κυκλικής κυκλοφορίας δεν πρέπει να οδηγεί σε διαφορές ταχυτήτων από τμήμα σε τμήμα μεγαλύτερες των 20 km/h. Διαφορετικά, συνιστώνται ειδικές γεωμετρικές επεμβάσεις για τη ρύθμιση της ταχύτητας.

Για την ομαλή μείωση της ταχύτητας κατά την είσοδο στο δακτύλιο, συνιστάται ο σχεδιασμός χάραξης με θλάση προς την αριστερή πλευρά της κίνησης (Σχήμα 2.7-2). Αυτή η διαμόρφωση συνήθως απαιτείται σε περιπτώσεις κόμβων που βρίσκονται σε οδούς υψηλών ταχυτήτων ($V \geq 70$ km/h).



Σχήμα 2.7-2: Διαμόρφωση θλάσης κλάδου εισόδου για μείωση ταχύτητας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Η επιτρεπόμενη αλληλουχία ακτινών των καμπών του κλάδου πρόσβασης, εφόσον πρόκειται για περιοχές υψηλών ταχυτήτων, καθορίζεται από το αντίστοιχο διάγραμμα των ΟΜΟΕ-Χ.

Όταν ο σχεδιασμός χρειάζεται να αντιμετωπίσει το φαινόμενο της εμπλοκής των τροχιών μεγάλων φορτηγών κατά την είσοδο, τότε πρέπει να χρησιμοποιούνται ακτίνες κατάλληλου μεγέθους, π.χ. $R \geq 30$ m. Όμως, είναι σημαντικό το μέγεθος της ακτίνας R να εμποδίζει τη δυνατότητα ανάπτυξης υπερβολικής ταχύτητας, κατά την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας.

Οι συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού εισόδου, ανά κατηγορία κυκλικού κόμβου, αναφέρονται στον Πίνακα 2.7-1. (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011)

Πίνακας 2.7-1: Συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού ανάλογα της κατηγορίας του κυκλικού κόμβου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

#	Κατηγορία Κ ³	Ταχύτητα [km/h]
1	Κομβίδιο	25 – 30
2	Αστικός Συνεπτυγμένος	25 – 30
3	Αστικός 1 Λωρίδας	30 – 40
4	Υπεραστικός 1 Λωρίδας	40 – 50
5	Αστικός 2 Λωρίδων	40 – 50
6	Υπεραστικός 2 Λωρίδων	50

2.8 Έξοδοι

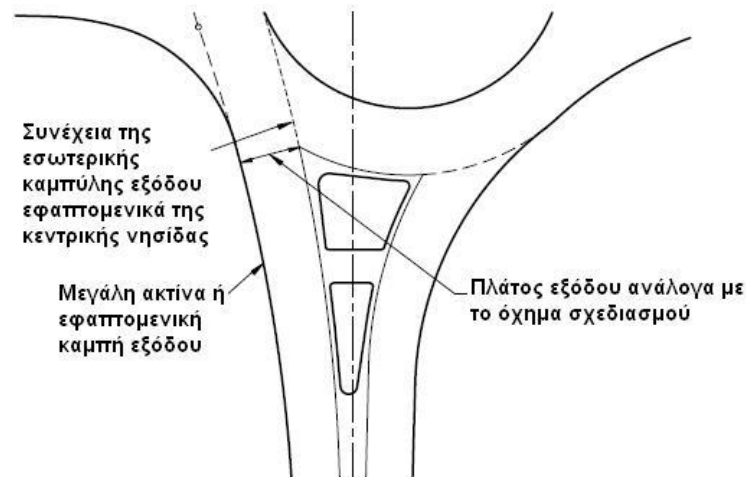
Οι ακτίνες στις θέσεις εξόδου από το δακτύλιο επιτρέπεται να είναι σημαντικά μεγαλύτερες από την ακτίνα του δακτυλίου, σε αντίθεση με τις θέσεις εισόδου, όπου η γεωμετρία πρέπει να διασφαλίζει χαμηλή λειτουργική ταχύτητα.

Κατά το σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, η απόσταση ορατότητας στάσης για τους οδηγούς, ενώ για τους πεζούς ο χρόνος που χρειάζονται να αποφασίσουν και να διασχίσουν το οδόστρωμα. Ο πεζός χρειάζεται να ερμηνεύει το σκοπό του κάθε οδηγού που βρίσκεται στο δακτύλιο (δηλαδή, αν θα εξέλθει του δακτυλίου ή θα συνεχίσει την κυκλική πορεία) και αντίστοιχα να εκτιμά το χρόνο που χρειάζεται ο ίδιος για να διασχίσει τον κλάδο εξόδου στην υπόψη πρόσβαση.

Κατά την έξοδο θα πρέπει να προσφέρεται στον οδηγό ομαλή μετάβαση από το δακτύλιο στον κλάδο εξόδου της πρόσβασης. Οι γενικές αρχές σχεδιασμού, για δύο περιπτώσεις διάταξης του κλάδου ως προς το κέντρο του κόμβου, απεικονίζονται στα δυο επόμενα Σχήμα 2.8-1 και Σχήμα 2.8-2.



Σχήμα 2.8-1: Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο από το κέντρο του κόμβου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)



Σχήμα 2.8-2: Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο αριστερά του κέντρου του κόμβου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

2.9 Καταλληλότητα Γεωμετρίας

Η καταλληλότητα της γεωμετρίας του κόμβου κυκλικής κίνησης ελέγχεται με τη σχεδίαση της συντομότερης διαδρομής και τον υπολογισμό των ταχυτήτων σε κάθε μια από τις καμπύλες με τις ακτίνες R1, R2, R3, R4, R5 (Σχήμα 2.9-1). Οι προτεινόμενες ακτίνες λαμβάνονται από τον Πίνακα 2.9-1. Ο έλεγχος γίνεται με υπολογισμό των αναπτυσσομένων ταχυτήτων κατά μήκος της συντομότερης διαδρομής, προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι οι εν λόγω ταχύτητες δεν διαφέρουν μεταξύ τους περισσότερο από 20 km/h.

Πίνακας 2.9-1: Μέγεθος ακτινών συντομότερης διαδρομής και ταχύτητες (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Γεωμετρία συντομότερης διαδρομής		Δακτύλιος κυκλοφορίας			
		1 Λωρίδας		2 Λωρίδων	
		R _{max} [m]	V [km/h]	R _{max} [m]	V [km/h]
R1	Εισόδου	26-30	32	46-54	40
R2	Δακτυλίου	30-35	31	54-63	40
R3	Εξόδου	46-54	40	46-54	40
R4	Αριστερής στροφής	30-35	31	54-63	40
R4	Ελάχιστη*	5,5-6,0	16	10-11	20
R5	Δεξιάς στροφής	46-54	40	46-54	40

* Η ελάχιστη τιμή της R4 απαιτείται για μείωση πιθανών νωτο-μετωπικών συγκρούσεων από υπερβολική διαφορά ταχυτήτων

Σημείωση: Οι τιμές των ακτίνων δίνονται σε ένα εύρος πεδίου για τιμές επικλίσεων +2% για τις R1, R3 και R5, και -2% για τις R2 και R4.

Οι ταχύτητες για κάθε μια από τις καμπύλες που έχουν ακτίνα R1 έως και R5 μπορεί να υπολογίζονται με τις ακόλουθες εξισώσεις:

Καμπύλες	Εξισώσεις
R1, R3 και R5 ⁽¹⁾	$V=8,7602 \cdot R^{0,3861}$
R2 και R4 ⁽²⁾	$V=8,6164 \cdot R^{0,3673}$

(1) Η εξίσωση υπολογίζει την ταχύτητα με την παραδοχή ότι η τιμή της επίκλισης είναι +2%

(2) Η εξίσωση υπολογίζει την ταχύτητα με την παραδοχή ότι η τιμή της επίκλισης είναι -2%

(NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011)

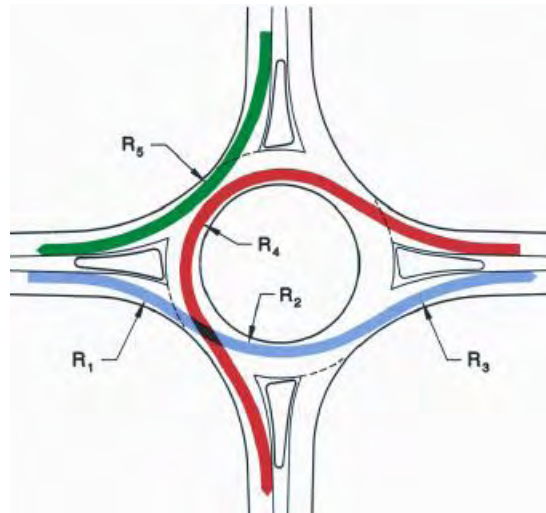
2.9.1 Ανάλυση Ταχυτήτων

Η ανάλυση των ταχυτήτων αποτελεί ένα από τα κρισιμότερα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων.

Τα οχήματα που κινούνται σε ένα κυκλικό κόμβο δεν ακολουθούν απαραίτητα τις πορείες που ορίζονται από τις οριογραμμές ή τον άξονα των λωρίδων πρόσβασης, του δακτυλίου και των εξόδων. Για την εκτίμηση των ταχυτήτων που αναπτύσσονται στον κόμβο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πάντα η διαδρομή η οποία αναμένεται να ενθαρρύνει τη συντομότερη πορεία κίνησης.

Η ταχύτητα εξόδου μπορεί να υπολογίζεται με βάση την αναπτυσσόμενη ταχύτητα στο δακτύλιο και την τιμή επιτάχυνσης, ξεκινώντας από το σημείο όπου τα οχήματα βρίσκονται στην πορεία επί του δακτυλίου και αρχίζουν την πορεία προς την καμπύλη εξόδου. Στην περίπτωση δακτυλίου με περισσότερες από μία λωρίδες, κατά τις ώρες εκτός κυκλοφοριακής αιχμής, η ταχύτητα στην πορεία συντομότερης εξόδου δεν εξαρτάται από την ακτίνα της καμπύλης εξόδου αλλά από τα στοιχεία, που είναι:

- Η ακτίνα R2 του κύκλου της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου
- Η απόσταση από το τέλος της καμπύλης με ακτίνα R2 έως την πεζοδιάβαση που διασταυρώνει την έξοδο
- Η επιτάχυνση, η οποία μπορεί να αναπτύσσεται, από το τέλος της καμπύλης με ακτίνα R2 έως την πεζοδιάβαση που διασχίζει την έξοδο



Σχήμα 2.9-1: Πορείες οχημάτων και ονομασία ακτινών συντομότερης διαδρομής
(Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Γίνεται η παραδοχή ότι οι οδηγοί επιταχύνουν αμέσως μόλις φτάσουν στο τέλος της καμπύλης με ακτίνα R2. Αυτή η κίνηση είναι πολύ επιθετική και συνήθως μεσολαβεί ένα κενό χρόνου. Η τιμή της επιτάχυνσης λαμβάνεται ίση με $3,5 \text{ m/s}^2$ (αυτή μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της ακτίνας R2).

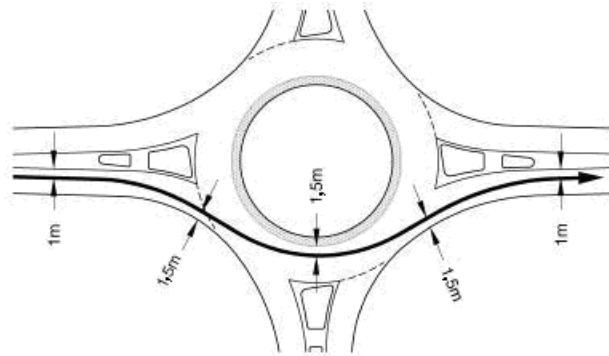
Στις περισσότερες περιπτώσεις, η σχετικά μικρή απόσταση μεταξύ του δακτυλίου και της πεζοδιάβασης στην έξοδο έχει ως αποτέλεσμα μια αύξηση της ταχύτητας από 5 έως 10 km/h.

Σε κάθε περίπτωση, η αλληλουχία των καμπών στον κλάδο εισόδου και μέχρι την είσοδο στο δακτύλιο δεν πρέπει να οδηγεί σε διαφορές ταχυτήτων, από τμήμα σε τμήμα, μεγαλύτερες των 20 km/h. Για την επίτευξη αυτού του επιπέδου ρύθμισης, προτείνονται οι τιμές του Πίνακα 2.9-2.

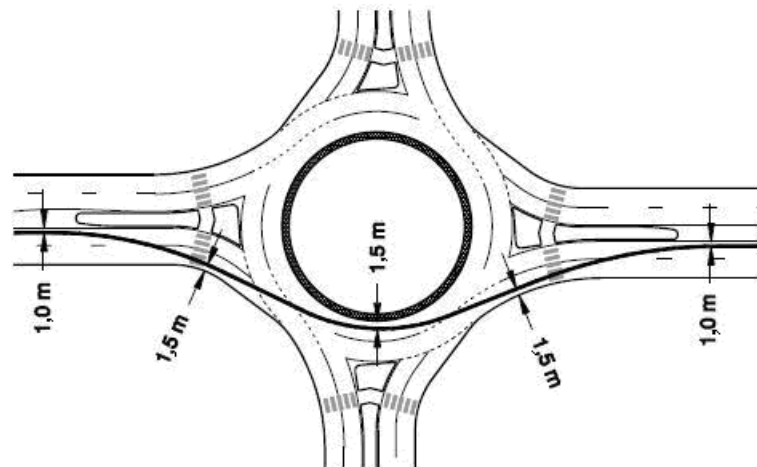
Πίνακας 2.9-2: Προτεινόμενες τιμές ακτινών για έλεγχο ταχύτητας εντός του Κ3
(Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Εσωτερική Διάμετρος Δακτυλίου [m]	Προσέγγιση Ακτίνας R4		Μέγιστα για Ακτίνα R1	
	Ακτίνα [m]	Ταχύτητα [km/h]	Ακτίνα [m]	Ταχύτητα [km/h]
Δακτύλιος κυκλοφορίας 1 λωρίδας				
30	11	21	50	37
35	13	22	56	39
40	16	24	62	41
45	19	25	69	42
Δακτύλιος κυκλοφορίας 2 λωρίδων				
45	15	25	62	39
50	17	26	69	41
55	20	28	69	41
60	23	29	76	42
65	25	30	84	44
70	28	32	84	44

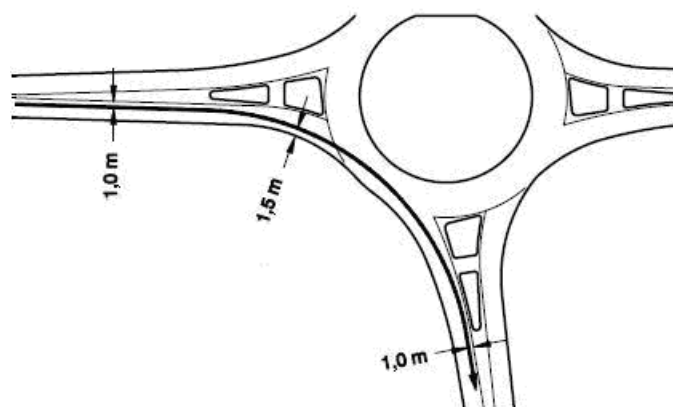
Πιο συγκεκριμένα, οι πορείες των οχημάτων σχεδιάζονται με αλληλουχίες καμπυλών που ξεκινούν και περνούν από συγκεκριμένα σημεία σε σχέση με χαρακτηριστικές οριογραμμές του κόμβου. Αυτά τα σημεία, οι αποστάσεις τους από χαρακτηριστικές οριογραμμές του κόμβου και η αλληλουχία καμπυλών που ορίζουν απεικονίζονται στα επόμενα Σχήμα 2.9-2, Σχήμα 2.9-3 και Σχήμα 2.9-4.



Σχήμα 2.9-2: Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε Κ3 με 1 λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)



Σχήμα 2.9-3: Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε Κ3 με 2 λωρίδες στο δακτύλιο κυκλοφορίας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)



Σχήμα 2.9-4: Αποστάσεις από οριογραμμές για σχεδιασμό δεξιόστροφης πορείας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Η πορεία ευθείας κίνησης σχεδιάζεται με καμπύλες έτσι ώστε στο σημείο αλλαγής διεύθυνσης εντός του δακτυλίου (στο σημείο που ορίζεται σε απόσταση 1,5 m από την εξωτερική οριογραμμή του δακτυλίου) να υπάρχει ευθύγραμμο τμήμα ίσο με το μήκος του οχήματος σχεδιασμού.

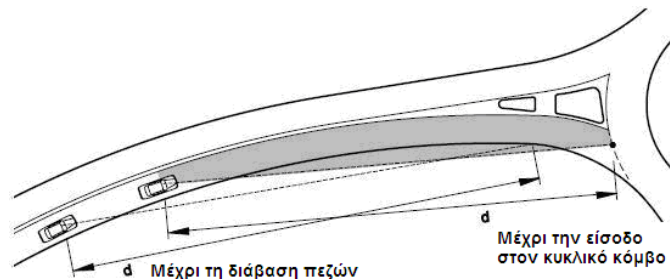
Στους κόμβους κυκλικής κίνησης δεν αναμένεται να υπάρχουν μεγάλες επικλίσεις, αφού αυτές συνιστάται να μην υπερβαίνουν το 2%. (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011)

2.10 Ορατότητα

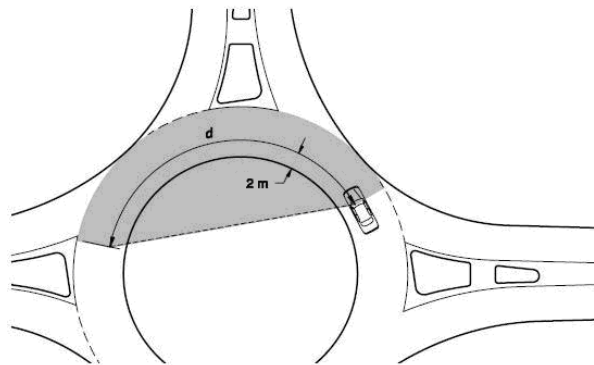
Οι οδηγοί θα πρέπει (με την κατάλληλη σήμανση και τη δυνατότητα κατόπτρευσης) να είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τη διάταξη του ακολουθεί στην πορεία τους, να εκτιμήσουν πιθανές αιτίες για στάση, να αποφασίσουν το χειρισμό που θα πραγματοποιήσουν και να εκτελέσουν την απόφασή τους. Για αυτή τη διαδικασία θα πρέπει να παρέχεται επαρκής απόσταση ορατότητας για στάση, που θα καλύπτει τους απαιτούμενους χρόνους αντίδρασης και στάσης, καθ' όλη τη διάρκεια κίνησης προς, εντός και από τον κόμβο κυκλικής κίνησης.

Σε κυκλικούς κόμβους απαιτείται η τήρηση των ελάχιστων αποστάσεων ορατότητας για στάση:

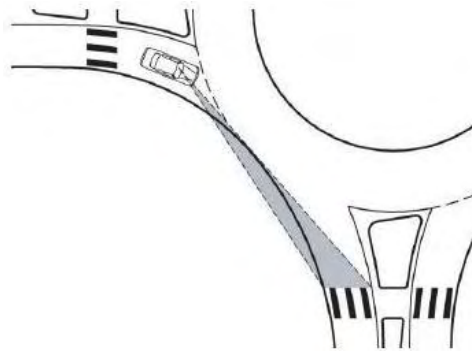
- κατά την προσέγγιση του κόμβου (Σχήμα 2.10-1)
- κατά την κυκλική πορεία επί του δακτυλίου (Σχήμα 2.10-2)
- κατά την προσέγγιση της διάβασης πεζών στην έξοδο (Σχήμα 2.10-3)



Σχήμα 2.10-1: Μήκη ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον Κ3 (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

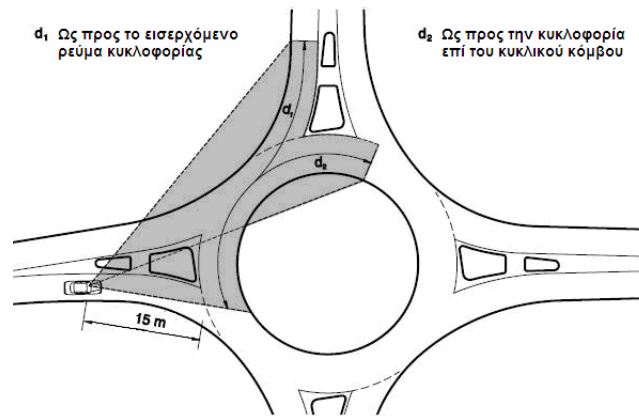


Σχήμα 2.10-2: Μήκος ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)



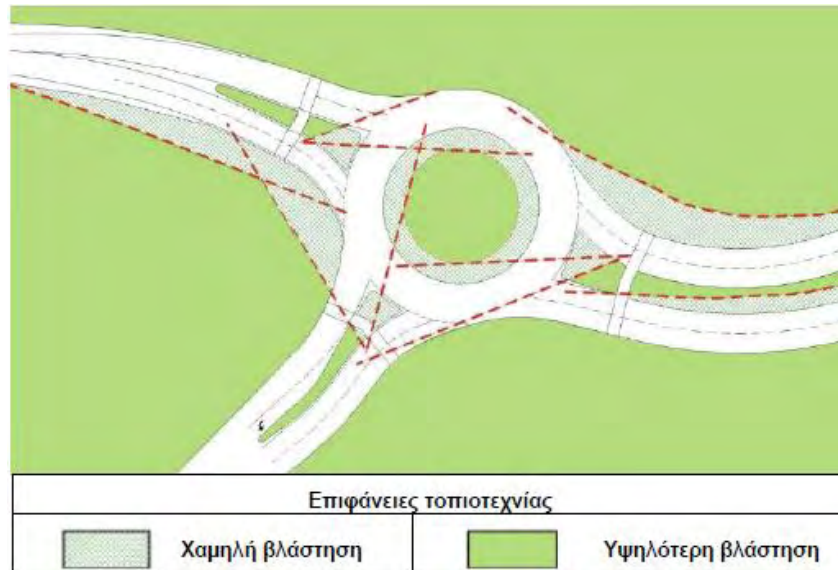
Σχήμα 2.10-3: Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών της εξόδου
(Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Ο οδηγός, κατά την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας, θα πρέπει να έχει πλήρη θέαση των επερχομένων οχημάτων, με τα οποία ενδέχεται να εμπλακεί σε σύγκρουση. Το ελεύθερο οπτικών εμποδίων πεδίο, προκειμένου να αναγνωρίζονται τα επερχόμενα οχήματα παρουσιάζεται με τη μορφή των τριγώνων ορατότητας στο Σχήμα 2.10-4.



Σχήμα 2.10-4: Τρίγωνα ορατότητας κατά την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας
(Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Στο τέλος του υπολογισμού όλων των απαραίτητων αποστάσεων και επιφανειών ορατότητας θα πρέπει να διαμορφωθεί ένα ενιαίο σχέδιο σύνθεσής τους. Έτσι προκύπτει ένα σχεδιάγραμμα των επιφανειών στις οποίες υπάρχει δυνατότητα διαμόρφωσης περιβάλλοντος με χαμηλά ή και υψηλά οπτικά εμπόδια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.14-5. (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011)



Σχήμα 2.10-5: Παράδειγμα σύνθεσης επιφανειών ορατότητας σε κυκλικό κόμβο
(Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

2.11 Οδοφωτισμός σε Κυκλικούς Κόμβους

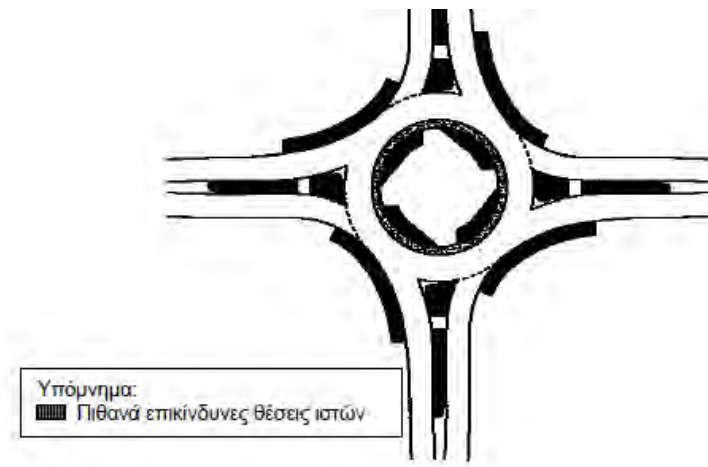
Ο φωτισμός των κυκλικών κόμβων θα πρέπει να προσφέρει τη δυνατότητα σε όλους τους χρήστες να αναγνωρίζουν τη διάταξη του κόμβου, καθώς και την παρουσία και πορεία των υπολοίπων χρηστών. Λόγω της καμπύλης τροχιάς και της συνεχούς αλλαγής στη διεύθυνση των οχημάτων, η αποτελεσματικότητα των προβολέων των οχημάτων είναι μειωμένη, καθιστώντας τον οδοφωτισμό εξαιρετικά κρίσιμης σημασίας.

Γενικά, συνιστώνται τα ακόλουθα:

- Ο συνολικός φωτισμός του κόμβου θα πρέπει να είναι περίπου ίσος με το άθροισμα των επιπέδων φωτισμού των συμβαλλουσών οδών
- Αν δεν υπάρχει συνεχής φωτισμός στις οδούς πρόσβασης θα πρέπει να παρέχεται κατά μήκος αυτών μεταβατικός φωτισμός για να επιτρέπει την ομαλή προσαρμογή του οδηγού κατά την πρόσβαση στον κυκλικό κόμβο
- Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού στην κορυφή της νησίδας διαχωρισμού, σε όλα τα σημεία εμπλοκής, όπου η κυκλοφορία εισέρχεται στο ρεύμα κυκλικής κίνησης και σε όλα τα σημεία όπου η κυκλοφορία αποχωρίζεται προς την έξοδο
- Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού στις πεζοδιαβάσεις και στις τυχόν περιοχές συγχώνευσης των ποδηλάτων με την κυκλοφορία των οχημάτων
- Η λήψη προληπτικών μέτρων, ώστε να μην προκαλείται όχληση από το φωτισμό σε γειτνιαζουσες ιδιοκτησίες
- Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού των υπερυψωμένων νησίδων

Είναι επιθυμητό να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν λιγότεροι στύλοι φωτισμού προκειμένου να περιορίζονται τα σταθερά εμπόδια. Οι στύλοι οδοφωτισμού μπορεί να τοποθετούνται κυρίως στην περίμετρο ή το κέντρο το κόμβου, εκτός των κρίσιμων επιφανειών που δείχνονται στο Σχήμα 2.11-1. Τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των

διατάξεων περιγράφονται ως πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στον Πίνακα 2.11-1. Οι απαιτούμενοι ιστοί γύρω από το δακτύλιο κυκλοφορίας πρέπει να τοποθετούνται στα 3,0 m από την περίμετρο.

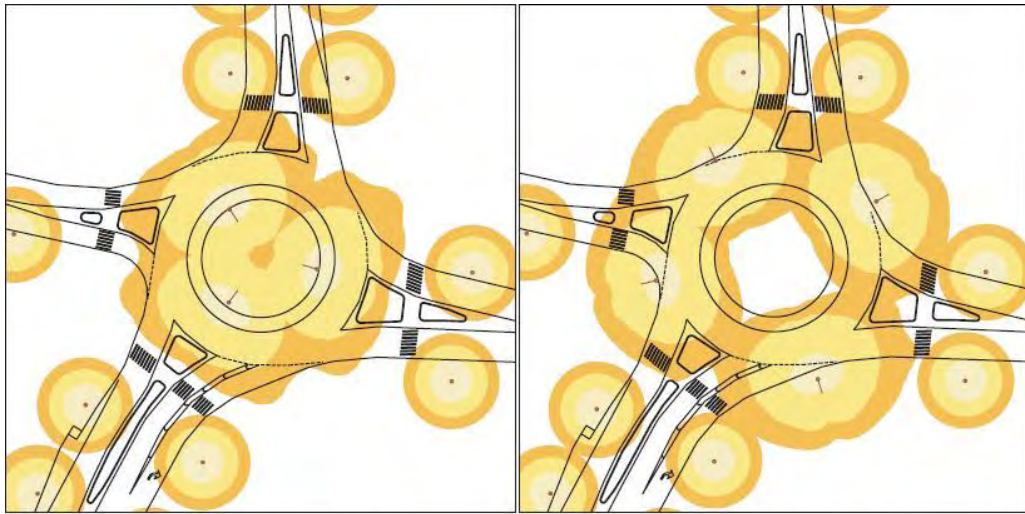


Σχήμα 2.11-1: Κρίσιμες επιφάνειες για τοποθέτηση ιστών οδοφωτισμού (οι στύλοι πρέπει να τοποθετούνται πίσω από αυτές) (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Πίνακας 2.11-1: Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα εναλλακτικών διατάξεων φωτισμού (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Διάταξη	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Περιμετρικός Φωτισμός	<ul style="list-style-type: none"> • Καλύτερος φωτισμός στις κρίσιμες περιοχές διάβασης πεζών και ποδηλατών • Συνέχεια φωτισμού στις λωρίδες κυκλοφορίας και καλή οπτική καθοδήγηση στο δακτύλιο κυκλοφορίας • Οι προειδοποιητικές πινακίδες εισόδου εμφανίζονται καθαρά, καθώς φωτίζονται από μπροστά • Η συντήρηση των εγκαταστάσεων είναι ευκολότερη, λόγω της θέσης τους πίσω από τα κράσπεδα 	<ul style="list-style-type: none"> • Ο φωτισμός είναι ασθενέστερος στην κεντρική νησίδα, γεγονός που μπορεί να περιορίζει την αναγνώριση του κόμβου από μακριά • Απαιτούνται περισσότεροι στύλοι οδοφωτισμού για να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο φωτισμού με μια κεντρική διάταξη • Ενδεχομένως να απαιτηθεί η τοποθέτηση στύλων οδοφωτισμού σε κρίσιμες περιοχές εμπλοκών
Κεντρικός Φωτισμός	<ul style="list-style-type: none"> • Ευνοείται η αναγνώριση του κόμβου από μακριά • Απαιτούνται γενικά λιγότεροι στύλοι οδοφωτισμού για να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο μιας περιμετρικής διάταξης • Η θέση του στύλου οδοφωτισμού στην κεντρική νησίδα βρίσκεται μακριά από κρίσιμες περιοχές εμπλοκής, με εξαίρεση τους κόμβους μικρής διαμέτρου • Οι πινακίδες σήμανσης εξόδου εμφανίζονται καθαρά, καθώς φωτίζονται από μπροστά 	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητικός φωτισμός, χωρίς τη χρήση επιπλέον φωτισμού στους κλάδους προσέγγισης • Ο φωτισμός είναι ασθενέστερος σε κρίσιμες περιοχές διάβασης πεζών και ποδηλατών • Οι πινακίδες στις εισόδους φωτίζονται από πίσω και δεν προβάλλουν καθαρά • Απαιτείται κατασκευή διαδρόμου πρόσβασης στη βάση του κεντρικού στύλου για λόγους συντήρησης • Υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος λόγω θάμβωσης • Ο κεντρικός στύλος επηρεάζει την τοπιoteχνία της κεντρικής νησίδας • Ίσως είναι ακατάλληλη η τοποθέτηση υψηλών στύλων σε αστικές περιοχές, ειδικά όταν μπορεί να ενοχλούνται εγγύς κατοικίες

Μια φωτομετρική απεικόνιση των δύο διατάξεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.11-2. Οι έγχρωμες περιοχές υποδεικνύουν τις φωτιζόμενες επιφάνειες πέριξ των στύλων οδοφωτισμού.



Φωτισμός στην κεντρική νησίδα

Περιμετρικός Φωτισμός

Σχήμα 2.11-2: Φωτομετρική απεικόνιση επιφανειών ανάλογα με διάταξη στύλων
(Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΚΟΜΒΟΙ & ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

3.1 Εισαγωγή

Οι κυκλικόι κόμβοι βελτίωσαν σημαντικά τους συνολικόι αριθμóις ατυχημάτων και ιδιαιτέρως τους τραυματισμóις (σε αστικόις, προαστικόις και αγροτικόις περιοχέις) για óλες τις προηγóυμενες μορφέις ελέγχου της κυκλοφορίας. Επιπλέον, οι κυκλικόι κόμβοι μίας λωρίδας έχουν καλύτερες επιδόσεις ασφαλείας από τις κυκλικέις διαδρομέις πολλαπλών διαδρόμων. Οι επιδόσεις ασφαλείας των πολλαπλών κυκλικών διαδρόμων φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στις λεπτομέρειες σχεδίασης (Rodegerdts, L.; Blogg, M., Wemple, E.; Myers, E.; Kyte, M.; Dixon, 2007).

Ο Eivik, το 2017, παρουσίασε μία ανάλυση, 44 μελετών που περιείχαν συνολικά 154 εκτιμήσεις αποτελεσμάτων, των επιπτώσεων της οδικής ασφαλείας από τη μετατροπή κόμβων σε κυκλικόις κόμβους. Το συμπέρασμα της ανάλυσης ήταν óτι η αντικατάσταση διασταυρώσεων με κυκλικόις κόμβους συνδέεται με μεγάλη μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων κατά περίπου 65% και μείωση των ατυχημάτων τραυματισμóις κατά περίπου 40%. Οι εκτιμήσεις της επίδρασης στα ατυχήματα που οφείλονται μόνο σε ζημιέις στην ιδιοκτησία είναι διφορούμενη. Οι εκτιμήσεις των αποτελεσμάτων είναι σταθερέις με την πάροδο του χρόνου.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των κυκλικών κόμβων για την οδική ασφαλεία είναι:

- μείωση σοβαρότητας συγκρούσεων για óλους τους χρήστες, ασφαλέστερη συγχώνευση στην κυκλική κυκλοφορία, μικρότερες ταχύτητες και άρα διάθεση περισσότερο χρόνου στους χρήστες, óστε αυτοί να αναγνωρίσουν τις συνθήκες και να διορθώσουν τα σφάλματά τους ή να αντιμετωπίσουν τα σφάλματα άλλων χρηστών,
- λιγότερα συνολικά σημεία εμπλοκής και εξάλειψη εμπλοκών αριστερής στροφής.

Από την άλλη υπάρχουν και μειονεκτήματα των κυκλικών κόμβων για την οδική ασφαλεία óπως:

- αύξηση συγκρούσεων ενός οχήματος, με άλλα ή με σταθερά εμπόδια σε σχέση με άλλες διαμορφóσεις διασταυρώσεων,
- οι κόμβοι σε οδóις με περισσότερες από 2 λωρίδες παρουσιάζουν μεγαλύτερες δυσκολίεις σε χρήστες με μειωμένη óραση εξαιτίας της ανάγκης για ανίχνευση των κενών μεταξύ οχημάτων και αναγνώριση παραχώρησης προτεραιότητας από τα οχήματα. (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικόι & Μελετητέις ΑΕ, 2011)

Η συχνότητα των συντριβών σε μια διασταύρωση σχετίζεται με τον αριθμóο των σημείων εμπλοκής σε μια διασταύρωση, καθώις και με το μέγεθος των συγκρουόμενων ρών σε κάθε σημείο σύγκρουσης. Ένα σημείο εμπλοκής είναι μια θέση όπου οι διαδρομέις των δύο οχημάτων ή ενός οχήματος και ενός ποδηλάτου ή ουράς πεζών, αποκλίνουν, συγχωνεύουνται ή διασχίζουν ο ένας τον άλλον.

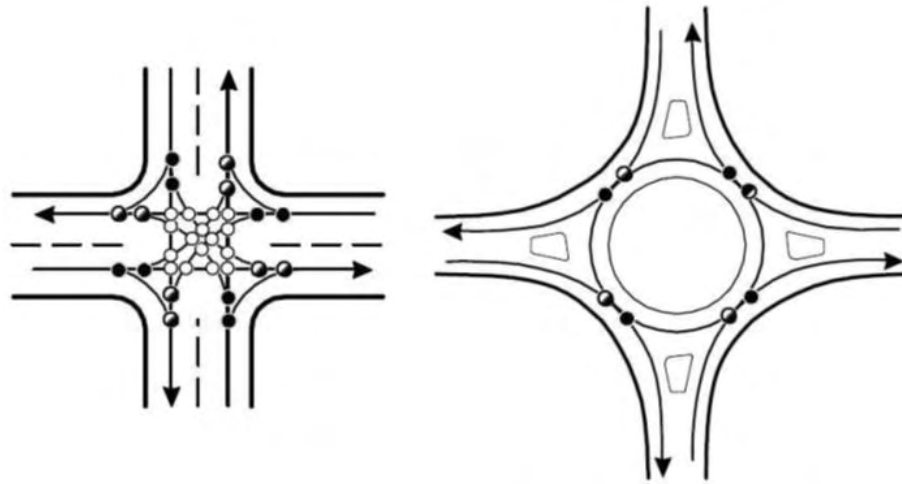
Εκτός από τις συγκρούσεις με άλλους χρήστες του οδικού δικτύου, η κεντρική νησίδα ενός κυκλικού κόμβου παρουσιάζει ιδιαίτερο κίνδυνο που μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση των συντριβών ενός οχήματος που τείνουν να συμβαίνουν κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής κυκλοφορίας. Σε διασταυρώσεις, πολλές τέτοιες παραβιάσεις ενδέχεται να μην καταγραφούν, εκτός εάν συμβεί σύγκρουση με άλλο όχημα (Robinson, 2000).

Οι συγκρούσεις μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες, στις οποίες ο βαθμός σοβαρότητας ποικίλλει ως εξής:

- Συγκρούσεις στις ουρές. Αυτές οι συγκρούσεις προκαλούνται από ένα όχημα που πέφτει στο πίσω μέρος μιας σειράς οχημάτων σε μια είσοδο. Αυτοί οι τύποι συγκρούσεων μπορεί να εμφανιστούν στο πίσω μέρος μιας ουράς εκκίνησης ή όταν τα αριστερά οχήματα βρίσκονται σε ουρά αναμονής για κενά. Αυτές οι συγκρούσεις είναι συνήθως οι λιγότερο σοβαρές από όλες τις συγκρούσεις, επειδή οι συγκρούσεις περιλαμβάνουν τα πιο προστατευμένα μέρη του οχήματος και η σχετική διαφορά ταχύτητας μεταξύ οχημάτων είναι μικρότερη από ό,τι σε άλλες συγκρούσεις.
- Συγκρούσεις στις συμβολές και χωρισμούς: Αυτές οι συγκρούσεις οφείλονται στην συμβολή ή χωρισμό δύο ροών κυκλοφορίας. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι συντριβών που οφείλονται σε συγκρούσεις σύγκρουσης είναι οι πλαγιομετωπικές και οι συγκρούσεις στο πίσω μέρος. Οι συγκρούσεις συμβολής μπορεί να είναι πιο σημαντικές από τις συγκρούσεις χωρισμού λόγω της μεγαλύτερης πιθανότητας συγκρούσεων στην πλάγια πλευρά του οχήματος, η οποία είναι συνήθως λιγότερο προστατευμένη από το μπροστινό και το πίσω μέρος του οχήματος.
- Συγκρούσεις στις διασταυρώσεις: Αυτές οι συγκρούσεις προκαλούνται από τη διασταύρωση δύο κυκλοφοριακών ροών. Αυτές είναι οι πιο σοβαρές από όλες τις συγκρούσεις και οι περισσότερες πιθανότητες να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανάτους. Οι συνήθεις τύποι συγκρούσεων είναι συγκρούσεις ορθής γωνίας και μετωπικές (Robinson, 2000).

3.2 Σημεία Εμπλοκής

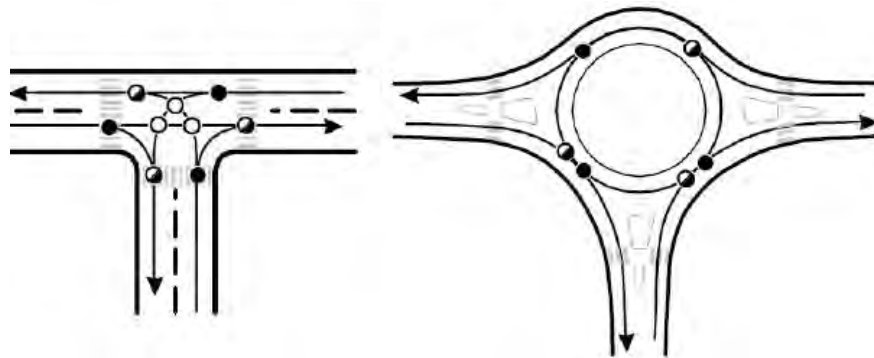
Όπως προαναφέρθηκε οι κυκλικοί κόμβοι υπερτερούν των συμβατικών ισόπεδων κόμβων στον αριθμό των σημείων πιθανής σύγκρουσης. Τα σημεία εμπλοκής σε ένα κυκλικό κόμβο είναι σημαντικά λιγότερα σε σχέση με αυτά σε μια τυπική διαμόρφωση ισόπεδου κόμβου ίδιου αριθμού. Σε ένα τυπικό 4-σκελή ισόπεδο κόμβο παρουσιάζονται 32 σημεία εμπλοκής, ενώ σε ένα 4-σκελή κυκλικό κόμβο τα σημεία εμπλοκής μειώνονται σε μόλις 8, μείωση κατά 75%. Οι επικίνδυνες περιπτώσεις εμπλοκής λόγω διασταύρωσης, που αποτελούν προϋπόθεση για πλαγιομετωπικές συγκρούσεις, απαλείφονται και προκύπτουν μόνο εμπλοκές συμβολής σε 4 σημεία και χωρισμού σε 4 σημεία, (Σχήμα 3.2-1) (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011).



Τύπος Εμπλοκής	Μορφή Κόμβου/Αριθμός σημείων σύγκρουσης	
	Διασταύρωσης	Κ ³
● Χωρισμός	8	4
◐ Συμβολή	8	4
○ Διασταύρωση	16	0
Σύνολο	32	8

Σχήμα 3.2-1: Σημεία και τύποι εμπλοκής σε κόμβο διασταύρωσης και σε κυκλικό κόμβο, 4-σκελής κόμβος (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

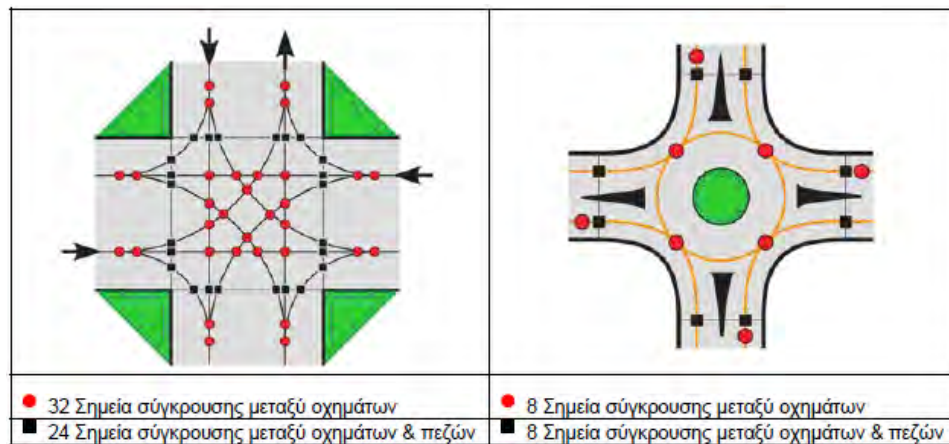
Αντίστοιχα, στην περίπτωση 3-σκελή κόμβου, τα σημεία σύγκρουσης μειώνονται από 9 σε 6 (Σχήμα 3.2-2), όπου και πάλι αποφεύγονται οι πλαγιομετωπικές συγκρούσεις (ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011).



Τύπος Εμπλοκής	Μορφή Κόμβου/ Αριθμός σημείων σύγκρουσης	
	Συμβολής	Κ ³
● Χωρισμός	3	3
◐ Συμβολή	3	3
○ Διασταύρωση	3	0
Σύνολο	9	6

Σχήμα 3.2-2: Σημεία και τύποι εμπλοκής σε κόμβο διασταύρωσης και σε κυκλικό κόμβο, 3-σκελής κόμβος (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Επίσης μειώνονται τα σημεία σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων και πεζών, όπως φαίνονται στο Σχήμα 3.2-3.



Σχήμα 3.2-3: Σημεία σύγκρουσης σε συμβατικό κόμβο διασταύρωσης και Κ3
(Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

3.3 Τύποι και Περιπτώσεις Ατυχημάτων

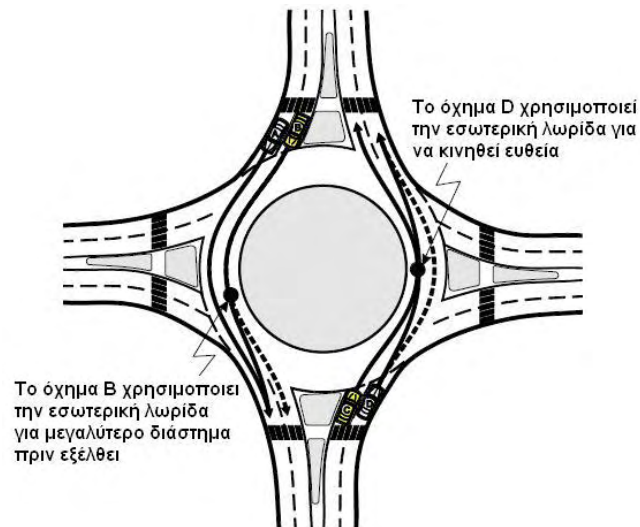
Οι κυκλικοί κόμβοι πολλαπλών λωρίδων έχουν μερικά από τα ίδια χαρακτηριστικά απόδοσης ασφαλείας όπως οι απλούστεροι ομόλογοί τους μιας λωρίδας. Ωστόσο, λόγω της παρουσίας τους, οι πρόσθετες λωρίδες εισόδου και η συνοδευτική ανάγκη παροχής ευρύτερου δακτυλίου κυκλοφορίας και λωρίδες εξόδου, εισάγουν πρόσθετες συγκρούσεις που δεν υπάρχουν στους κυκλικούς κόμβους μιας λωρίδας κυκλοφορίας. Αυτό σημαίνει ότι είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται ο ελάχιστος αριθμός λωρίδων εισόδου, κυκλοφορίας και εξόδου υπό την προϋπόθεση της χωρητικότητας.

Ο αριθμός των σημείων σύγκρουσης των οχημάτων και των πεζών τόσο στις συμβατικές διασταυρώσεις όσο και στους κυκλικούς κόμβους αυξάνεται σημαντικά όταν υπάρχουν επιπλέον λωρίδες προσέγγισης.

Οι συγκρούσεις συμβαίνουν σε κυκλικούς κόμβους πολλαπλών λωρίδων που δεν συμβαίνουν σε κυκλικούς κόμβους μίας λωρίδας. Αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις βασικούς τύπους:

- Οι οδηγοί αποτυγχάνουν να διατηρήσουν τη θέση των λωρίδων (Σχήμα 3.3-1),
- Οι οδηγοί εισέρχονται δίπλα σε ένα εξερχόμενο όχημα (Σχήμα 3.3-2), και
- Οι οδηγοί κινούνται από την λανθασμένη λωρίδα (Σχήμα 3.3-3).

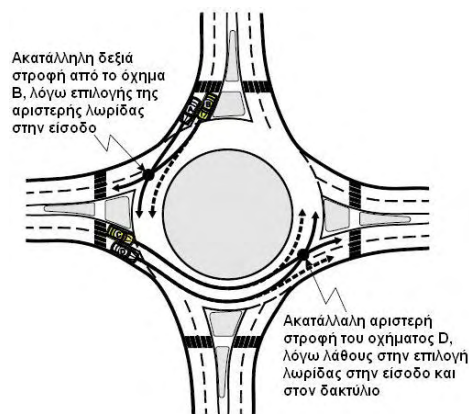
Ενώ αυτές οι συγκρούσεις μπορεί επίσης να υπάρχουν σε συμβατικές διασταυρώσεις, μπορεί να είναι πιο διαδεδομένες με οδηγούς που δεν είναι εξοικειωμένοι με την κυκλική κίνηση. Οι δύο πρώτοι τύποι συγκρούσεων μπορεί να οφείλονται σε ακατάλληλη γεωμετρία κυκλικής διαδρομής και ο τελευταίος τύπος σύγκρουσης μπορεί να είναι αποτέλεσμα ακατάλληλων συσκευών ελέγχου κυκλοφορίας. Η σωστή εκπαίδευση οδηγών μπορεί να συμβάλει στη μείωση αυτών των τύπων συντριβών (Rodegerdts, 2010).



Σχήμα 3.3-1: Συγκρούσεις εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδων για ευθεία πορεία (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)



Σχήμα 3.3-2: Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου επί του δακτυλίου (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

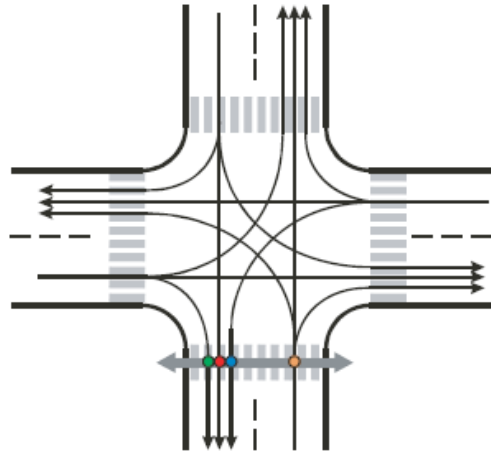


Σχήμα 3.3-3: Συγκρούσεις κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας από την έναρξη της εισόδου στο δακτύλιο (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Οι συγκρούσεις πεζών-οχημάτων μπορεί να υπάρχουν σε κάθε διασταύρωση, ακόμα και σε εκείνες με ελάχιστη κυκλοφορία πεζών. Σε συμβατικές διασταυρώσεις, ένας πεζός αντιμετωπίζει τέσσερις πιθανές συγκρούσεις οχημάτων, καθένα από διαφορετική κατεύθυνση (Σχήμα 3.3-4):

- Αριστερή στροφή, ευθεία κίνηση και δεξιά στροφή από οχήματα προέρχονται από τη διασταύρωση που περνάει ο πεζός,
- Ευθεία κίνηση που προέρχεται από την αντίθετη πλευρά της διασταύρωσης,
- Δεξιά στροφή από τον κάθετο δρόμο,
- Αριστερή στροφή από τον κάθετο δρόμο.

Ο βαθμός έκθεσης και το επίπεδο σοβαρότητας για κάθε μία από αυτές τις συγκρούσεις εξαρτάται σημαντικά από τον τύπο ελέγχου που χρησιμοποιείται.

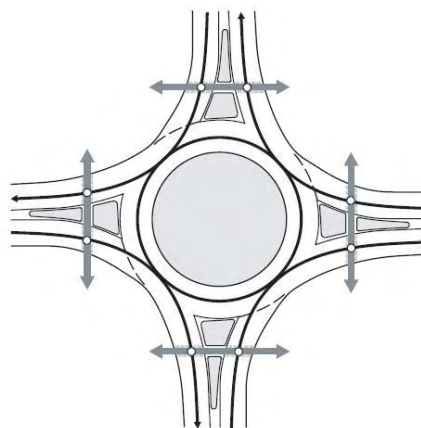


Σχήμα 3.3-4: Σημεία σύγκρουσης οχημάτων και πεζών σε συμβατικό κόμβο (Πηγή: Rodegerdts, 2010)

Οι πεζοί σε κυκλικούς κόμβους, από την άλλη πλευρά, αντιμετωπίζουν δύο αντικρουόμενες μετακινήσεις οχημάτων σε κάθε προσέγγιση, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 3.3-5:

- Σύγκρουση με εισερχόμενα οχημάτων,
- Σύγκρουση με εξερχόμενα οχήματα.

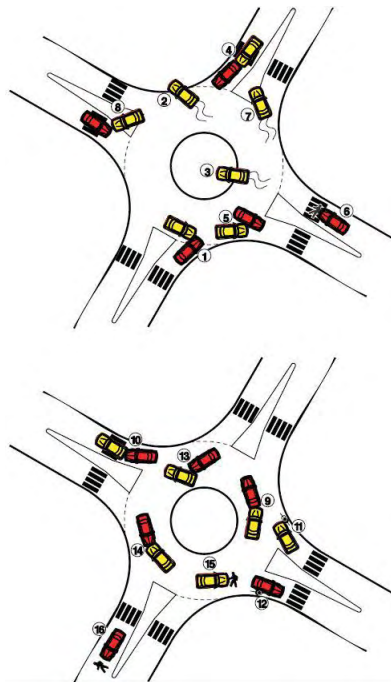
Οι εμπλοκές με πεζούς γίνονται, κατά κανόνα, πάνω στις πεζοδιαβάσεις, εκτός αν οι πεζοί κινούνται σε χώρο που δεν προβλέπεται γι' αυτούς. Σε συμβατικές και κυκλικές διασταυρώσεις με πολλαπλές λωρίδες προσέγγισης, προστίθεται μια πρόσθετη σύγκρουση με κάθε πρόσθετη λωρίδα που πρέπει να περάσει ένας πεζόδρομος (Rodegerdts, 2010).



Σχήμα 3.3-5: Σημεία σύγκρουσης οχημάτων και πεζών σε κυκλικό κόμβο (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

Τα ατυχήματα που συμβαίνουν στην περιοχή ενός κυκλικού κόμβου μπορεί να προκύπτουν από τις συνήθεις εμπλοκές μεταξύ οχημάτων, μεταξύ οχημάτων και πεζών ή ποδηλατών, αλλά και από λανθασμένους χειρισμούς ή ολίσθηση των οχημάτων. Οι τύποι ατυχημάτων που παρατηρούνται (Σχήμα 3.3-6) είναι:

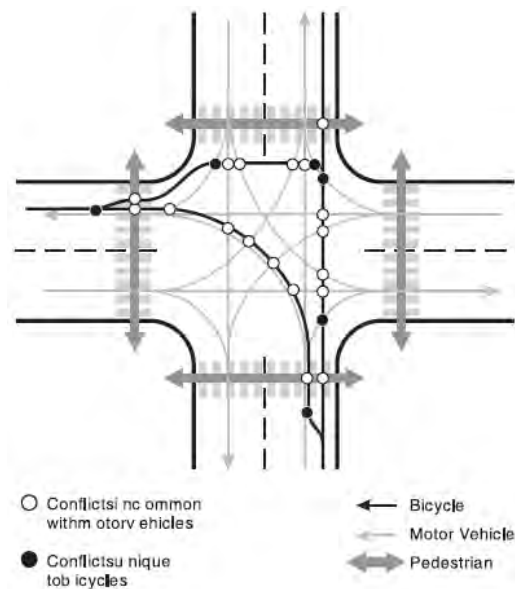
- (1) Σύγκρουση κατά την είσοδο λόγω παραβίασης προτεραιότητας
 - (2) Εκτροπή οχήματος εκτός δακτυλίου κυκλοφορίας
 - (3) Απώλεια ελέγχου οχήματος κατά την είσοδο
 - (4) Πρόσκρουση νωτο-μετωπική κατά την είσοδο
 - (5) Σύγκρουση εξερχόμενου οχήματος με όχημα που κινείται στο δακτύλιο κυκλοφορίας
 - (6) Σύγκρουση με πεζό στην πεζοδιάβαση
 - (7) Απώλεια ελέγχου οχήματος κατά την έξοδο
 - (8) Σύγκρουση εισερχόμενου οχήματος με εξερχόμενο όχημα
 - (9) Σύγκρουση νωτο-μετωπική επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
 - (10) Σύγκρουση νωτο-μετωπική κατά την έξοδο
 - (11) Προσπέραση ποδηλάτου στην είσοδο
 - (12) Προσπέραση ποδηλάτου στην έξοδο
 - (13) Πλαγιομετωπική κατά την πλέξη επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
 - (14) Κίνηση με αντίθετη ροή επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
 - (15) Σύγκρουση με πεζό επί του δακτυλίου κυκλοφορίας
 - (16) Σύγκρουση με πεζό εκτός πεζοδιάβασης επί του κλάδου.
- (ΝΑΜΑ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011)



Σχήμα 3.3-6: Τύποι ατυχημάτων (Πηγή: ΟΜΟΕ – Κ3)

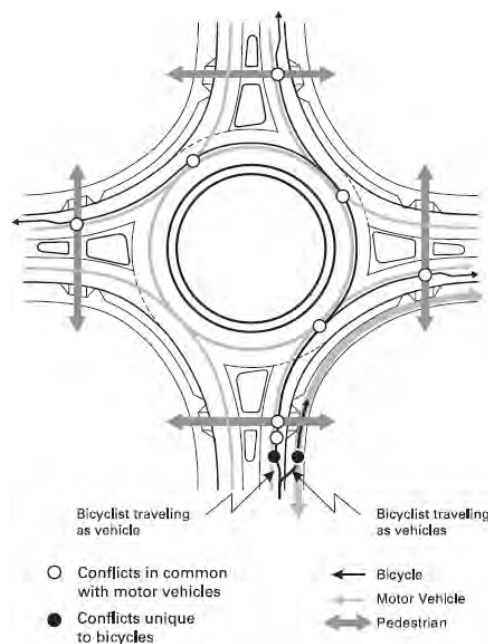
Τρεις από τις κυρίαρχες μορφές σύγκρουσης είναι: (1) σύγκρουση κατά την είσοδο λόγω παραβίασης προτεραιότητας, (2) εκτροπή οχήματος εκτός δακτυλίου κυκλοφορίας και (3) απώλεια ελέγχου οχήματος κατά την είσοδο. Έχει αποδειχθεί από έρευνες ένα υψηλό ποσοστό ατυχημάτων μεμονωμένων οχημάτων: 49% στις υπεραστικές περιοχές, έναντι 21% στις αστικές περιοχές. Για να μειωθεί η σοβαρότητα των ατυχημάτων μεμονωμένων οχημάτων, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη βελτίωση της ορατότητας και στην αποφυγή ή απομάκρυνση τυχόν εμποδίων στην κεντρική νησίδα και στις νησίδες διαχωρισμού, τόσο σε αστικό όσο και σε υπεραστικό περιβάλλον. Ορισμένα σημαντικά εμπόδια που μπορεί να προκαλέσουν θανατηφόρα ατυχήματα και τραυματισμούς είναι: δέντρα, στηθαία ασφαλείας, εμπόδια από σκυρόδεμα, περιφράξεις, τοίχους, βάθρα, πινακίδες ή ελαφρούς στύλους, γλάστρες ή σκληρά διακοσμητικά αντικείμενα και απότομες υπερβατές ζώνες στην κεντρική νησίδα (Robinson, 2000).

Οι ποδηλάτες αντιμετωπίζουν παρόμοιες συγκρούσεις με τα μηχανοκίνητα οχήματα στις σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις και τους κυκλικούς κόμβους. Ωστόσο, επειδή οι ποδηλάτες συνήθως οδηγούν στη δεξιά πλευρά του δρόμου μεταξύ των διασταυρώσεων, αντιμετωπίζουν πρόσθετες συγκρούσεις όταν πρέπει να ενωθούν στη ροή της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων ή όπου τα μηχανοκίνητα οχήματα διασταυρώνονται με τη διαδρομή τους. Σε κάθε προσέγγιση σε συνήθεις διασταυρώσεις συμβαίνουν οι συνηθισμένες συγκρούσεις οχημάτων-οχημάτων εντός της διασταύρωσης που μπορεί να είναι πιο σημαντικές για τους ποδηλάτες. Οι συγκρούσεις που αντιμετωπίζουν οι ποδηλάτες ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με το πώς επιλέγουν να διαπραγματευτούν τη διασταύρωση (Σχήμα 3.3-7).



Σχήμα 3.3-7: Σημεία σύγκρουσης ποδηλάτων με οχήματα και πεζούς σε συμβατικό κόμβο (Πηγή: Robinson, 2000)

Παρόμοια με τις συμβατικές διασταυρώσεις, οι συγκρούσεις που αντιμετωπίζουν οι ποδηλάτες σε κυκλικούς κόμβους εξαρτώνται από το πώς επιλέγουν να διαπραγματευτούν τον κυκλικό κόμβο. Το πρωταρχικό ζήτημα είναι αν οι ποδηλάτες επιλέγουν να ταξιδεύουν μέσα από τους κυκλικούς κόμβους όπως άλλα οχήματα ή πεζοί. Ορισμένοι κυκλικοί κόμβοι περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά σχεδίασης που διευκολύνουν τους ποδηλάτες να κάνουν αυτή την επιλογή. Εάν οι ποδηλάτες ταξιδεύουν σε έναν κυκλικό κόμβο όπως οι πεζοί, τότε βιώνουν τις συνηθισμένες συγκρούσεις πεζών-οχημάτων όπως περιγράφεται παραπάνω. Είτε επιλέξουν να κινηθούν ως πεζοί είτε ως οχήματα υπάρχουν επιπλέον συγκρούσεις ειδικά για τους ποδηλάτες, που σχετίζονται κυρίως με την συμβολή της διαδρομής τους και αυτή των οχημάτων (Rodegerdts, 2010) (Σχήμα 3.3-8).



Σχήμα 3.3-8: Σημεία σύγκρουσης ποδηλάτων με οχήματα και πεζούς σε κυκλικό κόμβο (Πηγή: Robinson, 2000)

3.4 Οδική Ασφάλεια μέσω του Σχεδιασμού

Για τον σχεδιασμό ενός νέου κυκλικού κόμβου, η οδική ασφάλεια μπορεί να βελτιστοποιηθεί όχι μόνο με βάση τις καταγεγραμμένες παρελθούσες επιδόσεις των κυκλικών κόμβων εν γένει, αλλά κυρίως εφαρμόζοντας όλες τις γνώσεις του σχεδιασμού που έχουν αποδειχθεί ότι επηρεάζουν την ασφάλεια. Για την βέλτιστη ασφάλεια κυκλικής κυκλοφορίας και λειτουργικές επιδόσεις, πρέπει να σημειωθούν τα εξής:

- Η ελαχιστοποίηση του αριθμού πιθανών συγκρούσεων σε οποιοδήποτε γεωμετρικό χαρακτηριστικό θα πρέπει να μειώσει τον δείκτη σύγκρουσης πολλαπλών οχημάτων και τη σφοδρότητα σύγκρουσης.
- Η ελαχιστοποίηση της δυνητικής σχετικής ταχύτητας μεταξύ δύο οχημάτων στο σημείο σύγκρουσης θα ελαχιστοποιήσει το δείκτη σύγκρουσης πολλαπλών οχημάτων

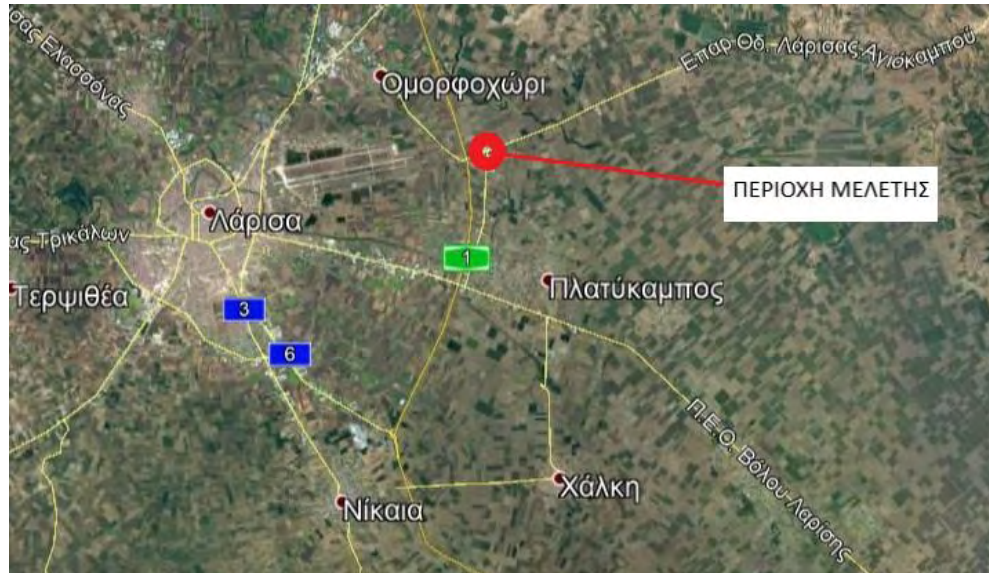
και τη σφοδρότητα σύγκρουσης (μπορεί επίσης να βελτιστοποιήσει τη χωρητικότητα). Για να μειωθεί η δυνητική σχετική ταχύτητα μεταξύ των οχημάτων, πρέπει να μειωθούν είτε οι απόλυτες ταχύτητες και των δύο οχημάτων ή η γωνία μεταξύ των διαδρομών του οχήματος. Η ταχύτητα των ποδηλάτων μπορεί να κυμανθεί από 20 έως 25 χλμ ανά ώρα και σε συνδυασμό με έναν σχεδιασμό που περιορίζει τις ταχύτητες των αυτοκινήτων σε παρόμοιες τιμές θα ελαχιστοποιήσουν τις σχετικές ταχύτητες και θα βελτιώσουν την ασφάλεια. Οι χαμηλότερες απόλυτες ταχύτητες θα βοηθήσουν επίσης στην ασφάλεια των πεζών.

Ο περιορισμός της μέγιστης αλλαγής ταχύτητας μεταξύ των διαδοχικών οριζόντιων γεωμετρικών στοιχείων θα ελαχιστοποιήσει το αριθμό και τη σφοδρότητα του σύγκρουσης μεμονωμένου οχήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

4.1 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται ανατολικά της πόλης της Λάρισας (Εικόνα 4.1-1). Πρόκειται για την συμβολή της Επαρχιακής οδού 1 (Λάρισας – Αγιοκάμπου) και της επαρχιακής οδού Συκουρίου - Νίκαιας (Εικόνα 4.1-2).



Εικόνα 4.1-1: Χάρτης ευρύτερης περιοχής Λάρισας (Πηγή: Google Earth & Ίδια επεξεργασία)

Η επαρχιακή οδός 1 (Λάρισας – Αγιοκάμπου) συνδέει την Λάρισα με τα παράλια του Ν. Λαρίσης, έχει ένα ρεύμα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση μεταβλητού πλάτους και ο κυκλοφοριακός του φόρτος είναι σχετικά χαμηλός με εξαίρεση τους καλοκαιρινούς μήνες όπου κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής της Λάρισας πηγαίνουν στα παράλια.

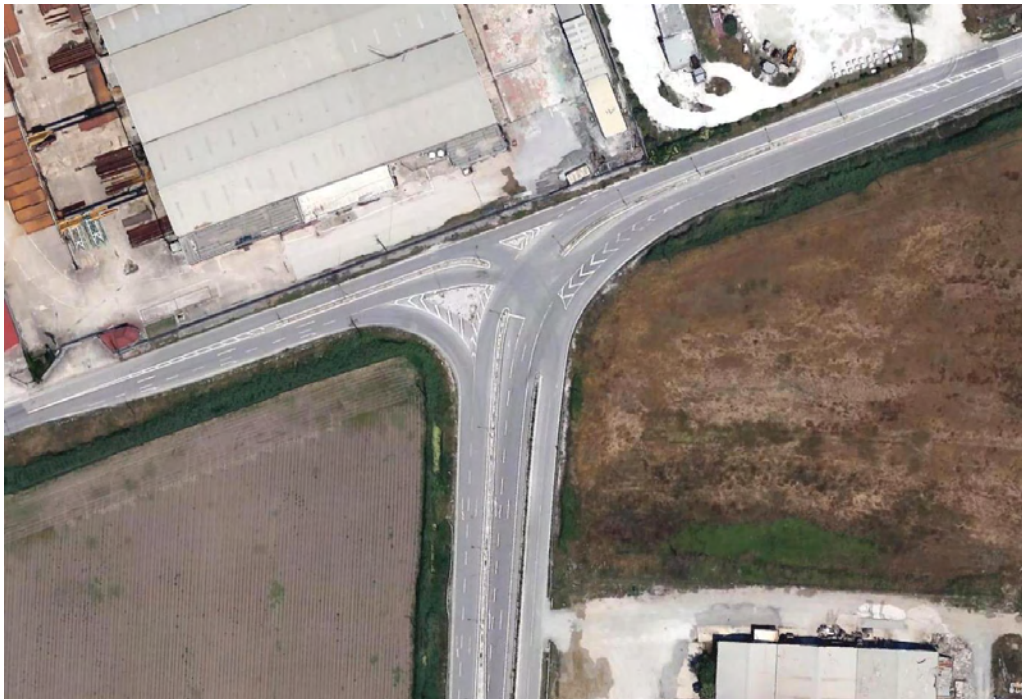


Εικόνα 4.1-2: Δορυφορική εικόνα περιοχής μελέτης (Πηγή: Google Earth)

Η επαρχιακή οδός Συκουρίου – Νίκαιας είναι σχεδόν παράλληλη με την ΠΑΘΕ, ενώνει την επαρχιακή οδό 1 με την Π.Ε.Ο. Βόλου – Λαρίσης και εξυπηρετεί τους κατοίκους της περιοχής. Έχει ένα ρεύμα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση μεταβλητού πλάτους ενώ παράλληλα υπάρχει μία κοινή κυκλοφοριακή ρύθμιση, από την ανατολική πλευρά της οδού, που αρχίζει από το μέσο της οδού και καταλήγει στην συμβολή της με την επαρχιακή οδό 1. Ο κυκλοφοριακός φόρτος της οδού είναι όμοιος με αυτόν την επαρχιακής οδού 1. Η κοινή κυκλοφοριακή ρύθμιση εξυπηρετεί τις παρακείμενες ιδιοκτησίες.

4.1.1 Υφιστάμενη κατάσταση κόμβου

Ο κόμβος προς αντικατάσταση αποτελεί έναν ισόπεδο κόμβο διαμορφωμένο με νησίδες, ώστε να μη εμπλέκονται οι διάφορες διαδρομές, με επαρκή οδοφωτισμό. Λόγω του κυκλοφοριακού φόρτου δεν υπάρχει φωτεινή σηματοδότηση. Η επαρχιακή οδός Συκουρίου - Νίκαιας συμβάλλει με την επαρχιακή οδό 1 με γωνία περίπου 110°, γεγονός που καθιστά την δεξιά στροφή επικίνδυνη αφού η γεωμετρία της επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων. Επιπλέον στην διασταύρωση συμβάλλει η κοινή κυκλοφοριακή ρύθμιση και μεγαλώνει τις πιθανότητες ατυχήματος. (Εικόνα 4.1-3)

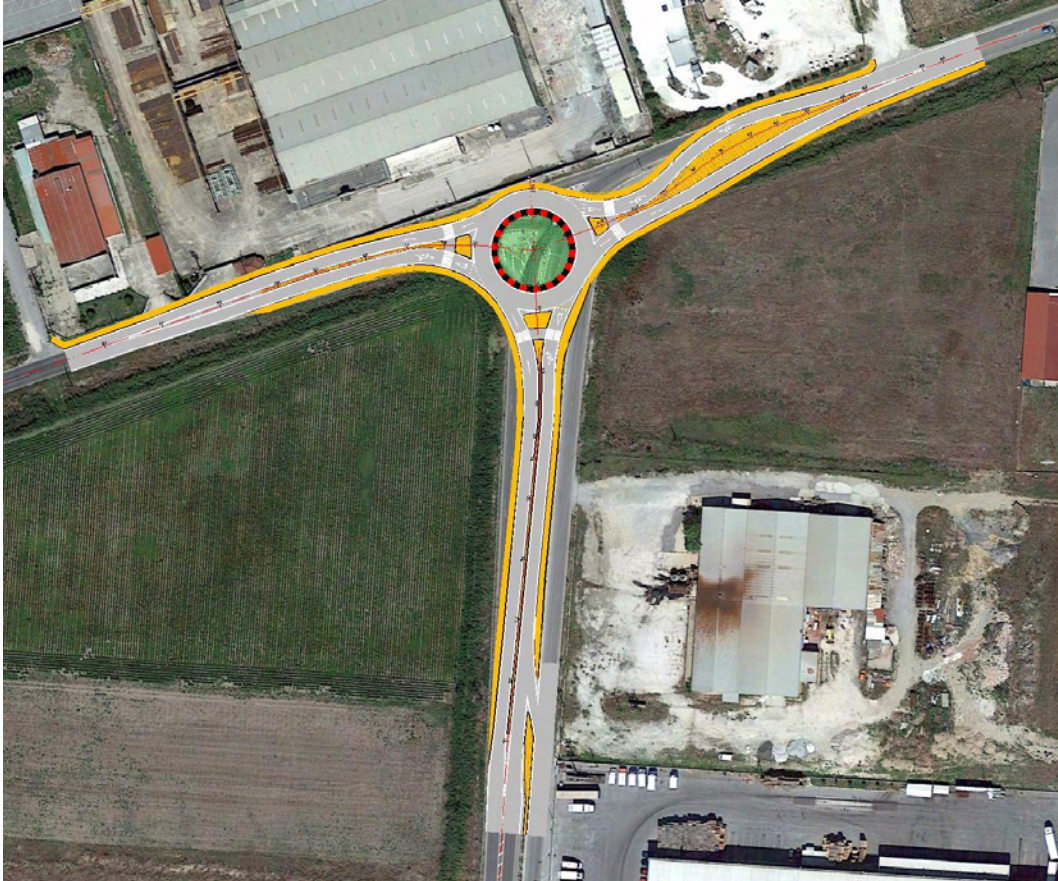


Εικόνα 4.1-3: Δορυφορική εικόνα κόμβου (Πηγή: Google Earth)

Κατά τους θερινούς μήνες, ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται δραματικά, δημιουργείται συμφόρηση λόγω της συνεχούς κίνησης οχημάτων κατά την μία κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να χρειάζεται επέμβαση της τροχαίας για την επίλυση του προβλήματος. Για την βελτιστοποίηση της οδικής ασφάλειας του κόμβου κρίθηκε απαραίτητη η αντικατάστασή του με ένα κόμβο κυκλικής κίνησης.

4.2 Γεωμετρικά στοιχεία κόμβου

Ο κόμβος που σχεδιάστηκε είναι ένας υπεραστικός κυκλικός κόμβος μίας λωρίδας αφού ο κυκλοφοριακός φόρτος εξυπηρέτησης είναι μικρότερος των 20.000 οχημάτων ανά ημέρα. Αποτελείται από τρία σκέλη μιας λωρίδας ανά κατεύθυνση πλάτους 4 μ. και η συμβολή της κοινής κυκλοφοριακής σύνδεσης θα γίνει πριν τον κόμβο σε ασφαλή απόσταση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2-2.

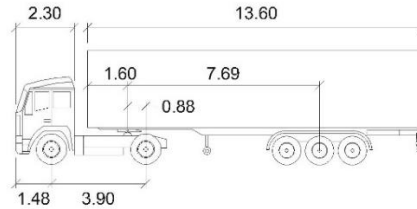


Σχήμα 4.2-1: Οριζοντιογραφία κυκλικού κόμβου



Σχήμα 4.2-2: Λεπτομέρεια συμβολής κυκλοφοριακής ρύθμισης

Οι διαστάσεις του κυκλικού κόμβου σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να εξυπηρετείται το αρθρωτό φορτηγό όχημα (ανεξάρτητο ρυμουλκό με ημι-ρυμουλκούμενο, Σχήμα 4.2-3), με υπερβατή ζώνη ώστε να επιτρέπεται η διέλευση φορτίων μεγαλύτερου πλάτους ή και μήκους.



CAMION SEMI-REMORQUE
meters

Tractor Width	: 2.55	Lock to Lock Time	: 6.0
Trailer Width	: 2.55	Steering Angle	: 26.7
Tractor Track	: 2.50	Articulating Angle	: 70.0
Trailer Track	: 2.45		

Σχήμα 4.2-3: Διαστάσεις οχήματος σχεδιασμού

Λόγω των χωρικών περιορισμών που υπήρχαν στην περιοχή (όρια αναδασμού, υφιστάμενες κατασκευές και τάφροι) σχεδιάστηκε η μικρότερη δυνατή διάμετρος κύκλου εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου. Στον Πίνακα 4.2-1 παρατίθενται οι διαστάσεις των γεωμετρικών στοιχείων του δακτυλίου του κυκλικού κόμβου.

Πίνακας 4.2-1: Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων δακτυλίου κυκλικού κόμβου

Υπερβατή Ζώνη Κεντρικής Νησίδας	2,00μ.
Πλάτος Ασφαλτικού Οδοστρώματος	6,26μ.
Πλάτος Δακτυλίου Κυκλοφορίας	5,26μ.
Όχημα Σχεδιασμού	Αρθρωτό Φορτηγό 16,50μ.
Πλάτος Ασφαλτικού Ερείσματος	1,00μ.
Εξωτερική Διάμετρος	40,00μ.
Πλάτος Κυκλοφορίσιμο Μεταξύ Κρασπέδων	8,26μ.

Οι περιορισμοί που προαναφέρθηκαν επηρέασαν όχι μόνο το μέγεθος αλλά και την θέση του κόμβου με αποτέλεσμα να χρειαστεί η τροποποίηση των αξόνων των οδών κοντά στον κόμβο. Στο ανατολικό σκέλος του κόμβου έγινε θλάση του κλάδου εισόδου για την μείωση της ταχύτητας (επαρχιακή οδός με όριο ταχύτητας 70χλμ/ώρα) κατά την είσοδο στον κόμβο καθώς η γεωμετρία της οδού, μεγάλη ευθυγραμμία κατά την προσέγγιση στον κόμβο, επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων. Στο δυτικό σκέλος δεν κρίθηκε απαραίτητη η θλάση αφού πριν τον κόμβο η γεωμετρία της οδού δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων. Τέλος, στο νότιο σκέλος μετά την

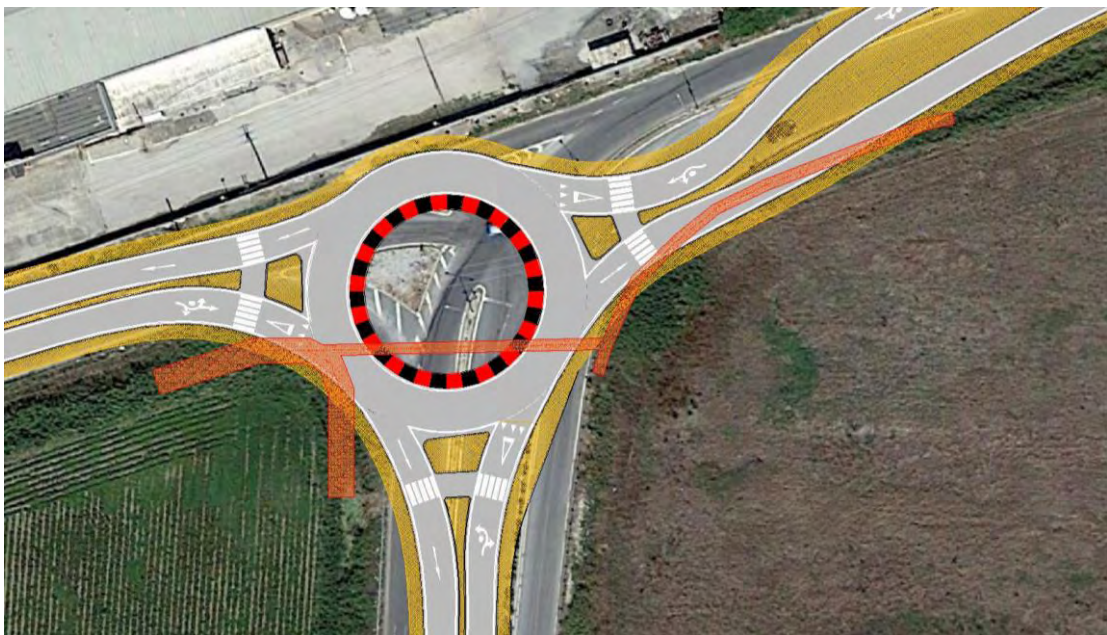
τροποποίηση του άξονα της οδού βεβαιώνεται η ελάττωση της ταχύτητας των οχημάτων.

Όλα τα σκέλη έχουν από μία λωρίδα κυκλοφορίας στους κλάδους εισόδου και εξόδου, πλάτους 4μ. Οι διαστάσεις των παραμέτρων των κλάδων εισόδου και εξόδου κάθε σκέλους παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2-2.

Πίνακας 4.2-2: Διαστάσεις παραμέτρων κλάδων εισόδου, εξόδου κάθε σκέλους

Παράμετροι		Σκέλη		
		Δυτικό	Νότιο	Ανατολικό
Πλάτος Εισόδου (m)		5,15	4,75	5,16
Γωνία Εισόδου (°)		14,00	9,00	20,00
Ακτίνα Εισόδου (m)		29,00	30,00	29,00
Δευτερεύουσα Ακτίνα Εισόδου (m)		-	45,00	-
Θλάση Κλάδου Εισόδου	Μέση Ακτίνα Ενδιάμεσης Καμπής (m)	-	-	70,00
	Μεγάλη Ακτίνα (m)	-	-	200,00
Πλάτος Εξόδου (m)		4,23	4,75	4,76
Ακτίνα Εξόδου (m)		45,72	45,72	33,00

Για την υλοποίηση του κυκλικού κόμβου χρειάζεται η κατασκευή κιβωτοειδών οχετών για την διευθέτηση των υδάτων στη νότια πλευρά της επαρχιακής οδού 1. Στην δυτική πλευρά του κόμβου θα κατασκευαστεί οχετός διαστάσεων 3*2 μήκους 45μ. και από την ανατολική πλευρά οχετός διαστάσεων 1*1 μήκους 65μ., όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2-4. Επίσης θα πραγματοποιηθεί η ανακατασκευή του υπάρχοντος οχετού που διασχίζει κάθετα το νότιο σκέλος του υφιστάμενου κόμβου.



Σχήμα 4.2-4: Λεπτομέρεια οριζοντιογραφίας (κιβωτοειδής οχετοί)

Τέλος, οι διακοπές των νησίδων για τις πεζοδιαβάσεις έχουν μήκος 3μ. και σχεδιάστηκαν σε απόσταση 6 μέτρων από το όριο του κυκλικού δακτυλίου.

4.3 Έλεγχος Συντομότερης Διαδρομής

Ο έλεγχος καταλληλότητας της γεωμετρία του κόμβου γίνεται με τον έλεγχο των ταχυτήτων της συντομότερης διαδρομής. Για τον έλεγχο αυτό σχεδιάστηκαν οι πορείες των συντομότερων διαδρομών στον κυκλικό κόμβο (Σχήμα 4.3-1).



Σχήμα 4.3-1: Σχέδιο συντομότερων διαδρομών

Στον Πίνακα 4.3-1 παρουσιάζονται οι ακτίνες και στον Πίνακα 4.3-2 οι αντίστοιχες ταχύτητες των συντομότερων διαδρομών.

Πίνακας 4.3-1: Ακτίνες Συντομότερης διαδρομής

Σκέλη	Ακτίνες (m)				
	R1	R2	R3	R4	R5
Δυτικό	39,70	20,50	56,28	15,26	41,03
Νότιο	-	-	-	15,26	67,26
Ανατολικό	34,58	39,10	51,19	15,26	-

Πίνακας 4.3-2: Ταχύτητες Συντομότερης διαδρομής

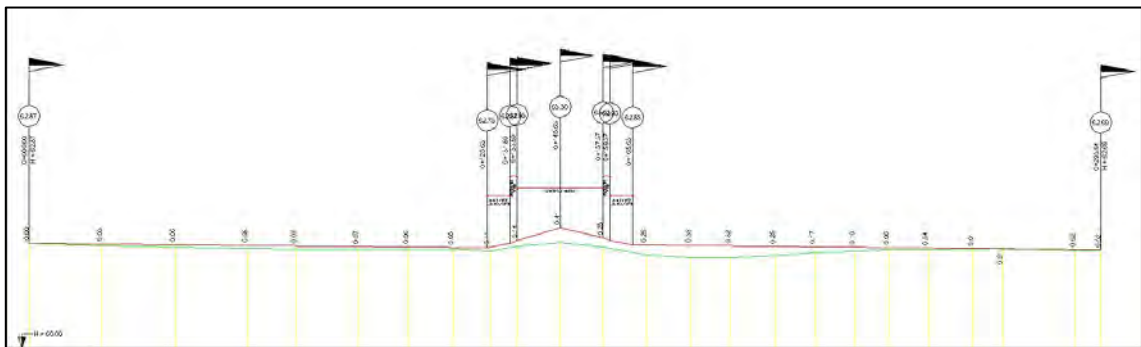
Σκέλη	Ταχύτητες (km/h)				
	V1	V2	V3	V4	V5
Δυτικό	36,77	27,12	41,83	24,15	37,22
Νότιο	-	-	-	24,15	44,72
Ανατολικό	34,91	34,48	40,35	24,15	-

Τα κενά που προκύπτουν στους πίνακες οφείλονται στη γεωμετρία του κόμβου και το γεγονός ότι έχει τρία σκέλη οπότε κάποιες κινήσεις δεν πραγματοποιούνται, όπως για παράδειγμα η δεξιά στροφή από το ανατολικό σκέλος. Παρατηρείται ότι, οι ταχύτητες κάθε σκέλους δεν διαφέρουν μεταξύ τους πάνω από 20χλμ ανά ώρα, με μόνη εξαίρεση

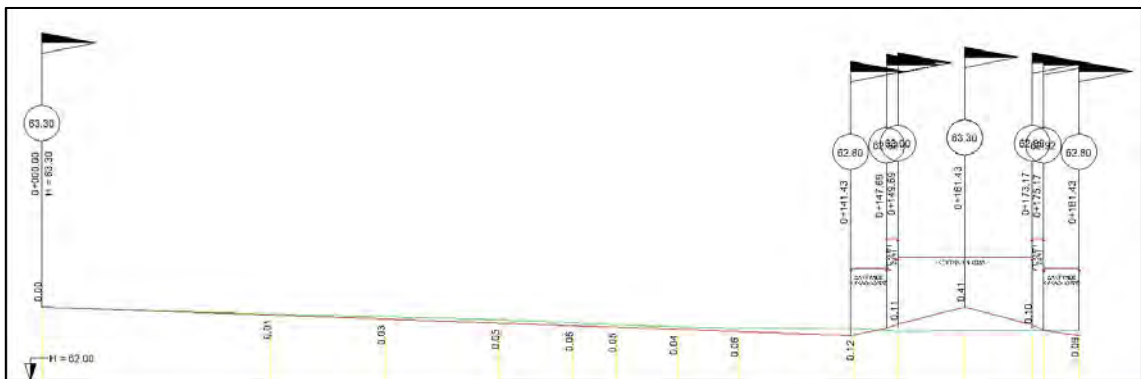
τις ταχύτητες του νότιου σκέλους που η διαφορά ξεπερνά το όριο κατά 0,57χλμ ανά ώρα. Η διαφορά των ταχυτήτων του νότιου σκέλους δεν θεωρείται σημαντική οπότε η γεωμετρία είναι αποδεκτή.

4.4 Υψομετρικός Σχεδιασμός

Ο υψομετρικός σχεδιασμός αποτελεί το τελικό και αρκετά σημαντικό βήμα του σχεδιασμού του κόμβου καθώς μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή της οριζοντιογραφίας. Για τον υψομετρικό σχεδιασμό του κόμβου λήφθηκαν υπόψιν οι κλίσεις των υφιστάμενων οδών οι οποίες προσαρμόστηκαν κατάλληλα εφόσον τροποποιήθηκαν οι άξονες των οδών. Ο κόμβος βρίσκεται σε πεδινή περιοχή οπότε οι κατά μήκος κλίσεις των οδών ήταν αρκετά μικρές. Η μορφή των μηκοτομών απεικονίζεται στα Σχήματα Σχήμα 4.4-1 και Σχήμα 4.4-2.

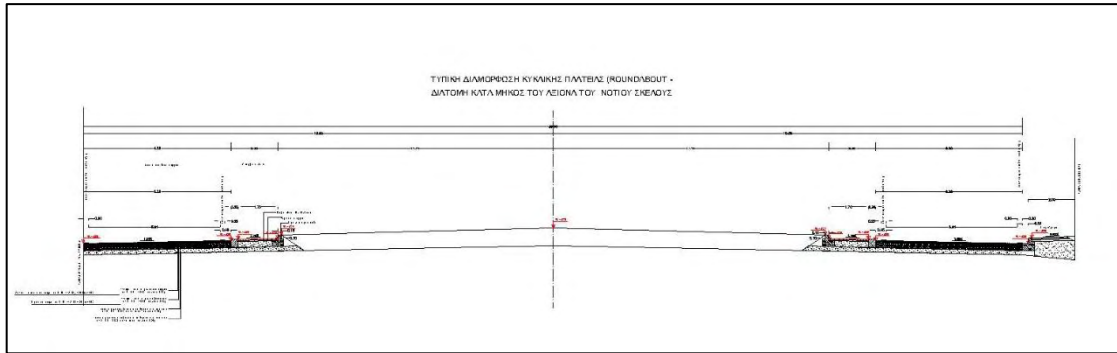


Σχήμα 4.4-1: Μηκοτομή Δυτικού και Ανατολικού Σκέλους

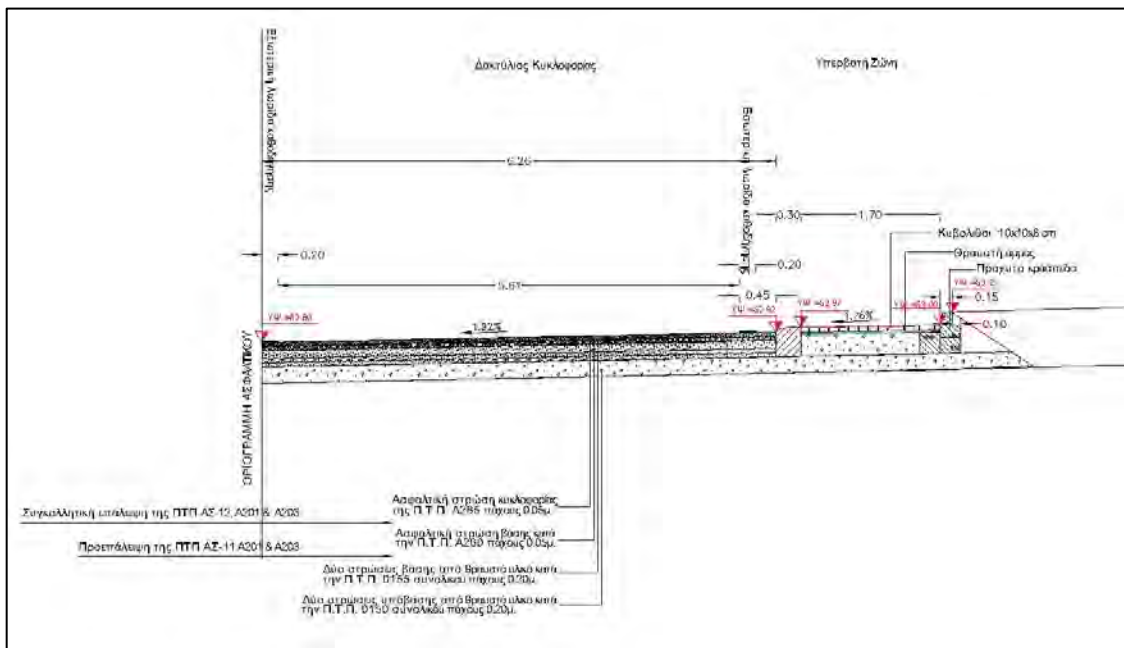


Σχήμα 4.4-2: Μηκοτομή Νότιου Σκέλους

Η τυπική διατομή της κυκλικής πλατείας του κόμβου σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ – Δ (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2001) και ΟΜΟΕ – Κ3 (NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011). Στο Σχήμα 4.4-3 φαίνεται η μορφή της τυπικής διατομής ενώ στο Σχήμα 4.4-4 παρουσιάζονται πιο αναλυτικά οι λεπτομέρειες του γεωμετρικού σχεδιασμού και των στρώσεων της οδοποιίας.



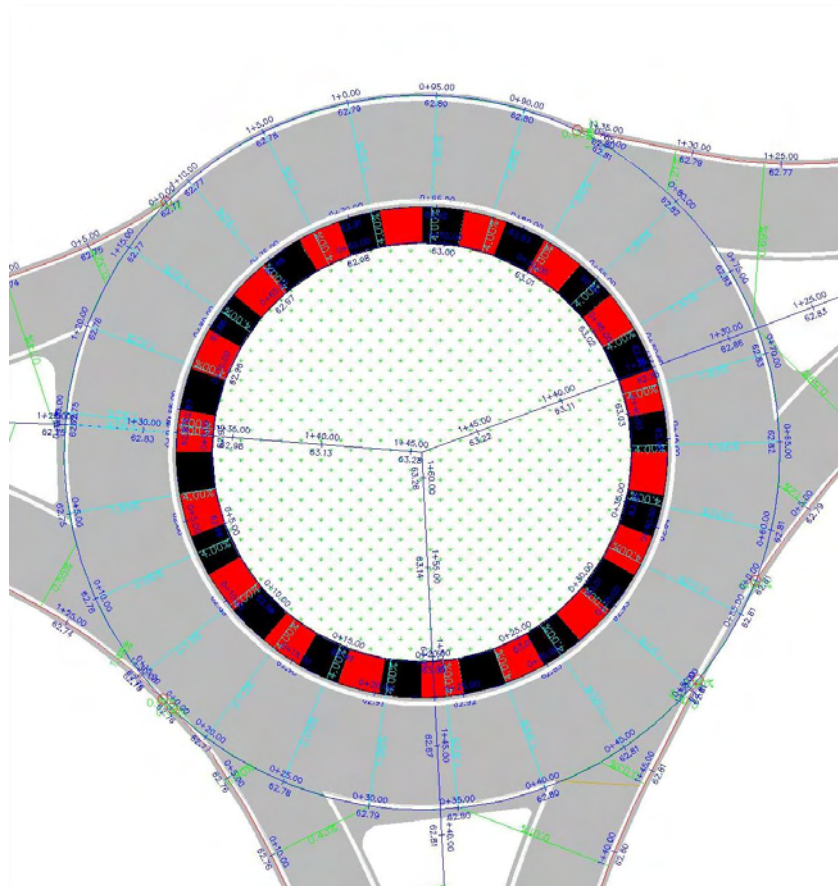
Σχήμα 4.4-3: Τυπική Διατομή κυκλικής πλατείας κόμβου (κατά μήκος άξονα νότιου σκέλους)



Σχήμα 4.4-4: Λεπτομέρεια τυπικής διατομής κυκλικής πλατείας κόμβου

Στο οδόστρωμα του κόμβου εφαρμόστηκε μονοκλινής επιφάνεια κυκλοφορίας με κλίση 2% προς την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου ενώ η επίκλιση του οδοστρώματος των λωρίδων κυκλοφορίας των σκελών είναι -2%.

Η τελική υψομετρική διαμόρφωση της επιφάνειας του κόμβου απεικονίζεται στο Σχήμα 4.4-5.



Σχήμα 4.4-5: Υψομετρική διαμόρφωση κυκλικού κόμβου

4.5 Ορατότητα και Οδοφωτισμός

Στις εξωτερικές επιφάνειες του κόμβου σχεδιάστηκαν πεζοδρόμια πλάτους τουλάχιστον 2,00μ. για την ασφαλέστερη διέλευση των πεζών (Σχήμα 4.2-1). Μετά τον υπολογισμό όλων των μηκών και επιφανειών ορατότητας παρατηρήθηκε ότι η επιφάνεια των πεζοδρομίων υπερκαλύπτει τις απαραίτητες ζώνες ορατότητας καθώς δημιουργούν ένα ελεύθερο οπτικών εμποδίων πεδίο.

Για την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του κόμβου προτείνεται ο κεντρικός φωτισμός (Σχήμα 2.11-2) κυρίως για να δοθεί, σε όλους του χρήστες, η δυνατότητα αναγνώρισης της διάταξης του κόμβου από μεγάλη απόσταση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Elvik, R., 2017. Road safety effects of roundabouts: A meta-analysis. *Accid. Anal. Prev.* 99, 364–371. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.12.018>
- González, D., Pérez, J., Milanés, V., 2017. Parametric-based path generation for automated vehicles at roundabouts. *Expert Syst. Appl.* 71, 332–341. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.11.023>
- Robinson, B.W.. et al, 2000. Roundabouts: an informational guide. Washington, DC, USA.
- Rodegerdts, L.; Blogg, M., Wemple, E.; Myers, E.; Kyte, M.; Dixon, M.. et al., 2007. Roundabouts in the United States. Washington, DC, USA.
- Rodegerdts, L. ;e. al, 2010. Roundabouts: An Informational Guide - Second Edition. Washington, DC, USA.
- NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2011. Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) Τεύχος 10 : Μέρος 2: Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης (ΟΜΟΕ – Κ3), Σχέδιο. ed. ΥΠΥΜΕΔΙ Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας.
- NAMA Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ, 2001. Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) Τεύχος 2 : Διατομές (ΟΜΟΕ - Δ). ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ & ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ, ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ, ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΧΕΔΙΑ

- OP1** – Οριζοντιογραφία Κυκλικού Κόμβου & Υφιστάμενη Κατάσταση Κόμβου
- OP2** – Οριζοντιογραφία Οριζόντιας & Κατακόρυφης Σήμανσης Κυκλικού Κόμβου
- OP3** – Οριζοντιογραφία Υψομετρικής Διαμόρφωσης Κυκλικού Δακτυλίου
- M1** – Μηκοτομή Δυτικού και Ανατολικού Σκέλους (Επαρχιακή Οδός 1, Λάρισσας - Αγιοκάμπου)
- M2** – Μηκοτομή Νότιου Σκέλους (Επαρχιακή Οδός Συκουρίου - Νίκαιας)
- Δ1** – Τυπική Διατομή Κυκλικού Δακτυλίου