ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΙΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

«Μελέτη Μίνι Κυκλικού Κόμβου στη Λάρισα »

Τακαβακίδου Βασιλική

Βόλος, Μάρτιος 2019

© 2019 Βασιλική Τακαβακίδου

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

Ευχαριστίες

Πρώτα απ΄όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Νικόλαος Ηλιού, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Κωνσταντίνος Βογιατζής και Επίκουρος Καθηγητής κ. Παντελεήμων Κοπελιάς για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Πάνω απ΄όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Δημήτριος και Γιοζέφα Τακαβακίδη και τον αδερφό μου Ιωάννη Τακαβακίδη για την ολόψυχη αγάπη, για την υπομονή, την κατανόηση και ηθική υποστήριξη που μου παρείχαν ανέκαθεν όλα αυτά τα χρόνια. Πίστεψαν στις δυνατότητές μου και σε αυτούς οφείλω όλη τη διαδρομή των σπουδών μου, έως σήμερα. Επίσης, ένα μεγάλο και εγκάρδιο ευχαριστώ αξίζουν οι φίλοι μου και κυρίως την συμφοιτήτρια και φίλη μου που απέκτησα από το προπτυχιακό Ελισάβετ Μανιατάκη και τους γονείς της που μου στάθηκαν σαν οικογένεια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στον πατέρα μου και στην μητέρα μου.

Βασιλική Τακαβακίδου

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «**Μελέτη μίνι κυκλικού κόμβου στη Λάρισα**» εκπονήθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο πλαίσιο της προπτυχιακής εκπαίδευσης. Επιβλέπων καθηγητής ήταν ο κ. Νικόλαος Ηλιού, καθηγητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Στην τριμελή επιτροπή συμμετείχαν ο καθηγητής ο κ. Κωνσταντίνος Βογιατζής, καθηγητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και ο κ. Παντελεήμων Κοπελιάς, επίκουρος καθηγητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος έγινε από ενδιαφέρον για τα έργα οδοποιίας και πιο συγκεκριμένα για την μελέτη και σχεδιασμό οδικών έργων. Άλλος λόγος που με οδήγησε στην επιλογή του ήταν το γεγονός ότι λόγω της διαμόρφωσης και του σωστού γεωμετρικού σχεδιασμού του κυκλικού κόμβου μπορεί να αποφέρει πολλαπλά οφέλη στους χρήστες του και το ευρύτερο περιβάλλον. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Ηλιού για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, καθώς και για την σημαντική συμβολή και καθοδήγησή του καθ΄όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Περίληψη

Ο κυκλικός κόμβος αποτελεί πλέον ένα από τα πιο δημοφιλή και βασικά έργα της Οδοποιίας. Στα έργα αυτά γίνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων διασταυρώσεων από κυκλικές κινήσεις, ή ο σχεδιασμός καινούργιου κόμβου. Η σωστή διαμόρφωση των κυκλικών κόμβων προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια για τον λόγο ότι τα σημεία σύγκρουσης είναι λιγότερα, η ταχύτητα μειώνεται και η κίνηση λειτουργεί πιο ομαλά χωρίς να δημιουργούνται ουρές. Για να πετύχουμε τα προαναφερόμενα είναι απαραίτητος ο σωστός γεωμετρικός σχεδιασμός, τόσο σε υπεραστικές περιοχές όσο και σε αστικές πυκνοκατοικημένες περιοχές όπως στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία σημαντικό κομμάτι είναι η καταγραφή των βασικών αρχών σχεδιασμού, τα γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός μίνι κυκλικού κόμβου και τον τρόπο σχεδιασμού του κάθε επιμέρους τμήματος. Επίσης στο δεύτερο μέρος της διπλωματικής εργασίας, εφαρμόζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ώστε να γίνει ο σχεδιασμός ενός μίνι κυκλικού κόμβου στην Λάρισα. Ο σχεδιασμός του συγκεκριμένο κόμβου γίνεται με οδηγίες σχεδιασμού που ακολουθούνται στην Ελλάδα αλλά και στην Γερμανία.

Τέλος, με την ολοκλήρωση της μελέτης του κόμβου ακλουθούν τα αποτελέσματα και προτείνονται λύσεις.

Λέξεις Κλειδιά:

Μίνι κυκλικός κόμβος, κυκλικός κόμβος, υπερβατή κεντρική νησίδα, γεωμετρικός σχεδιασμός, κέντρο της Λάρισας, Κύπρου με Μανωλάκη

Abstract

The roundabout has been one of the most famous and basic projects of building roads. In these kind of projects intersections are replaced by a roundabout or it is being designed from the beginning. The safety that a correctly designed roundabout offers is of great importance as there are fewer chances of having a car accident, drivers reduce speed and there is a smooth traffic flow without traffic jams. In order to succeed all the above, a geometric design is necessary, both in interurban areas and densely populated areas of a city like the one which is presented to you.

An important part of this essay is to list the basic designing principles, the geometric and practical characteristics of a mini roundabout and the way that every part of it is designed. Moreover, at the second part of the essay, the geometric characteristics are implemented, so as to have the design of a mini roundabout in Larissa. The design of this particular roundabout follows Greece's and Germany's instructions.

Finally, the results and solutions are given, after the fulfillment of the study if the roundabout.

Key Words:

Mini roundabouts, roundabouts, overlying Central Island, geometric design, center of Larissa, Kiprou & Manolaki

Zusammenfassung

Der Kreisverkehr ist heute eines der beliebtesten und wichtigsten Bauwerke des Straßenbaus. Diese Projekte ersetzen die vorhandenen Kreuze durch kreisförmige Bewegungen oder gestalten neue Kreisverkehre. Die korrekte Konfiguration der Kreisverkehre bietet mehr Sicherheit, da die Kollisionspunkte geringer sind, die Geschwindigkeit abnimmt und die Bewegung ohne Warteschlangen reibungsloser verläuft. Um dies zu erreichen, ist es notwendig, die richtige geometrische Gestaltung sowohl in Innenstädten als auch außerhalb von Wohngebieten zu haben, wie in dieser Diplomarbeit beschrieben wird.

Ein wichtiger Teil dieser Diplomarbeit ist die Erfassung der grundlegenden Konstruktionsprinzipien, der geometrischen und funktionalen Merkmale eines Mini-Kreisverkehrs, sowie der Gestaltung. Im zweiten Teil der Diplomarbeit werden die geometrischen Merkmale angewendet, so dass in Larissa ein Mini-Kreisverkehr geplant wird. Der Entwurf dieses Knotens basiert auf Planungsanweisungen aus Griechenland und Deutschland.

Nach Abschluss der Knotenstudie werden die Ergebnisse verfolgt und Lösungen vorgeschlagen.

Schlüsselwörter:

Mini-Kreisverkehr, Kreisverkehr, Überfahrbare Kreisinsel, Geometrisches Design, Innenstadt von Larissa, Kiprou & Manolaki

Πίνακας περιεχομένων

1 Εισαγωγή 15
1.1 Αντικείμενο μελέτης 15
1.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας 15
1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας 16
2 Βασικά Χαρακτηριστικά Κυκλικών Κόμβων 18
2.1 Ιστορική αναδρομή 18
2.2 Βασικά Χαρακτηριστικά Και Γεωμετρικές Διαστάσεις Κυκλικών Κόμβων 20
2.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Κυκλικών κόμβων 24
2.4 Τα πλεονεκτήματα των μίνι κυκλικών κόμβων έναντι άλλων μορφών κόμβων 29
2.5 Κατηγορίες κόμβων κυκλικής κίνησης 30
2.5.1 Κομβίδια κυκλικής κίνησης (Mini Roundabouts) 30
2.5.2 Αστικοί συνεπτυγμένοι (Urban Compact) 34
2.5.3 Αστικοί κυκλικοί κόμβοι 1 λωρίδας 34
2.5.4 Αστικοί κυκλικοί κόμβοι 2 λωρίδων 34
2.5.5 Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι 1 λωρίδας 34
2.5.6 Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι 2 λωρίδων 34
3 Προκαταρκτικός σχεδιασμός 36
3.1 Σχεδιασμός μίνι κυκλικών διαδρομών 38
3.1.1 Κριτήρια εφαρμογής 38
3.1.2 Μη ευνοϊκές συνθήκες 39
4 Γεωμετρικός σχεδιασμός 41
4.1 Εισαγωγή 41
4.2 Τύπο κυκλικός κόμβος 43
4.3 Όχημα Σχεδιασμού 43

4.4 Στοιχεία Σχεδιασμού 44
4.5 Χωρητικότητα 49
4.6 Πλάτος Δακτυλίου 50
4.7 Αριθμός Λωρίδων Κυκλοφορίας και Προσβάσεων 50
4.8 Διάταξη Κλάδων Πρόσβασης 51
4.9 Γωνία μεταξύ Σκελών 53
4.10 Είσοδοι 55
4.11 Έξοδοι 58
4.12 Πορεία Οχημάτων 59
4.13 Υψομετρική διαμόρφωση και αποχέτευση καταστρώματος 61
4.14 Κεντρική νησίδα 62
4.15 Νησίδα διαχωρισμού 64
4.16 Ορατότητα 66
4.17 Πεζοδιαβάσεις 70
4.18 Ποδηλάτες 73
4.19 Βαρέα οχήματα 74
5 Εξοπλισμός κυκλικών κόμβων 75
5.1 Οδοφωτισμός 75
5.2 Οριζόντια Σήμανση 77
5.3 Κατακόρυφη Σήμανση 79
6 Οδική ασφάλεια και Περιβαλλοντικές επιπτώσεις 81
6.1 Γενικά 81
6.2 Τύποι και περιπτώσεις ατυχημάτων 81
6.3 Κυκλοφοριακός Θόρυβος και Αέρια Ρύπανση 84
7 Παράδειγμα ενός μίνι κυκλικού κόμβου με τα γερμανικά πρότυπα 86
8 Σχεδιασμός Μίνι κυκλικό κόμβο στη Λάρισα 89
8.1 Εισαγωγή 89

8.2 Υφιστάμενη κατάσταση 90
8.3 Στόχοι σχεδιασμού του προτεινόμενου κυκλικού κόμβου 91
8.4 Γεωμετρικός σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου 92
8.4.1 Έλεγχος γρηγορότερης διαδρομή 93
8.4.2 Ορατότητα 95
8.4.3 Οριζοντιογραφία 99
8.4.4 Κατακόρυφες και Οριζόντιες σημάνσεις 100
9 Ζητήματα περαιτέρω μελέτη 102
10 Σύνοψη και Συμπεράσματα 103
11 Βιβλιογραφία 105

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 2.1 Ο κύκλος του Κολόμβου 18
Εικόνα 2.2 Μίνι κυκλικός κόμβος..... 19
Εικόνα 2.3 Χαρακτηριστικά στοιχεία κόμβων 22
Εικόνα 2.4 Βασικά στοιχεία κυκλικού κόμβου με 4 σκέλη 24
Εικόνα 2.5 Σημεία και τύποι σε διασταυρώσεις και κόμβων 25
Εικόνα 2.6 Σημεία και τύποι εμπλοκών σε διασταυρώσεις και κόμβοι σε 3 σκέλη 25
Εικόνα 2.7 Σημεία σύγκρουσης σε διασταυρώσεις και κόμβων 26
Εικόνα 2.8 Μίνι κυκλικός κόμβος στην Στουτγκάρδη 31
Εικόνα 2.9 Βασικά χαρακτηριστικά Κομβιδίου 32
Εικόνα 2.10 Σχεδιασμός με διέλευση φορτηγών μπροστά από την κεντρική νησίδα 33
Εικόνα 2.11 Βελτιώσεις στροφών 33
Εικόνα 3.1 Διαδικασία απόφασης υλοποίησης κυκλικού κόμβου 37
Εικόνα 4.1 Βήματα σχεδιασμού κόμβου κυκλικής κίνησης..... 42
Εικόνα 4.2: Βασικές γεωμετρικές παράμετροι 45
Εικόνα 4.3 Αποστάσεις έλεγχου επικάλυψης πορείας 46
Εικόνα 4.4 Πορείες οχημάτων 47
Εικόνα 4.5 Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων σχεδιασμού σε Κ3 ... 49
Εικόνα 4.6 χωρητικότητα μίνι κυκλικού κόμβου 49
Εικόνα 4.7 Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων..... 51
Εικόνα 4.8 Άξονας οδού πρόσβασης σε ευθεία με το κέντρο του κόμβου 52
Εικόνα 4.9 Άξονας οδού πρόσβασης αριστερά από το κέντρο του κόμβου 52
Εικόνα 4.10 Άξονας οδού πρόσβασης δεξιά από το κέντρο του κόμβου 53
Εικόνα 4.11 Τυπική διαμόρφωση κόμβου μορφής Τ 54
Εικόνα 4.12 Τυπική διαμόρφωση κόμβου μορφής Υ 54
Εικόνα 4.13 Τροποποιημένος κόμβος μορφής Υ 55
Εικόνα 4.14 Τυπική μορφή εισόδου 56
Εικόνα 4.15 Ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο 56
Εικόνα 4.16 Δημιουργία θλάσης στον κλάδο εισόδου 57

Εικόνα 4.17 Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο από το κέντρο του κόμβου 58
Εικόνα 4.18 Έξοδος με άξονα οδού αριστερά από το κέντρο του κόμβου 59
Εικόνα 4.19 Προβληματική διάταξης πορείας οχημάτων 60
Εικόνα 4.20 Βελτιωμένη διάταξη παράλληλης πορείας οχημάτων 60
Εικόνα 4.21 Ρύθμιση άξονα και τόξων πορείας οχημάτων 61
Εικόνα 4.22 Μονοκλινές οδόστρωμα 62
Εικόνα 4.23 Δικλινές οδόστρωμα 62
4.24 Σχεδιασμός κεντρικής νησίδας ενός μίνι κυκλικού κόμβου 63
Εικόνα 4.25 Κεντρική νησίδα αποτυπωμένη στο έδαφος 63
Εικόνα 4.26 Κεντρική νησίδα υπερυψωμένη 64
4.27 Στοιχεία νησίδας με πεζοδιάβαση για μίνι κυκλικούς κόμβους 65
Εικόνα 4.28 Λεπτομέρειες σχεδιασμού νησίδας 65
Εικόνα 4.29 Ορατότητα κατά την προσέγγιση στο κόμβο 66
Εικόνα 4.30 Ορατότητα μέσα στο δακτύλιο 66
Εικόνα 4.31 Ορατότητα στην έξοδο και ταυτόχρονα προσέγγιση των πεζοδιαβάσεων 67
Εικόνα 4.32 Τρίγωνο ορατότητας κατά την προσέγγιση στον κόμβο 68
Εικόνα 4.33 Παράδειγμα σύνθεσης επιφανειών για καλύτερη ορατότητα 69
Εικόνα 4.34 Προβληματική γωνία εισόδου (<75°) 69
Εικόνα 4.35 Διορθωμένη γωνία εισόδου (>75°) 70
Εικόνα 4.36 Πεζοδρόμια στην περίμετρο του κόμβου 71
Εικόνα 4.37 Πεζοδρόμια με μεγαλύτερες διαστάσεις στην περιφέρεια του κόμβου 71
Εικόνα 4.38 Πεζοδιαβάσεις κάθετες στις οριογραμμές 72
Εικόνα 4.39 Πεζοδιαβάσεις ευθυγραμμισμένες κάθετα στον άξονα του κλάδου 72
Εικόνα 4.40 Ενδεικτική διάταξη για παράλληλη κίνηση οχήματος και ποδηλατών 73
Εικόνα 4.41 Κυκλοφοριακός χώρος ποδηλάτου 74
Εικόνα 5.1 Κρίσιμες περιοχές τοποθέτησης στύλων φωτισμών 76
Εικόνα 5.2 Φωτισμός στην κεντρική νησίδα και Περιμετρικός φωτισμός 76

Εικόνα 5.3 Κεντρική νησίδα με λαμπάκια 77
Εικόνα 5.4 Οριζόντια σήμανση με βέλη χρήσης λωρίδων 78
Εικόνα 5.5 Βελτιωμένη μορφή βελών χρήσης λωρίδας ανάλογα με τον προορισμό 78
Εικόνα 5.6 Παράδειγμα πινακίδας κόμβος κυκλικής κίνησης 79
Εικόνα 5.7 Πινακίδα στην οριογραμμή του κόμβου 80
Εικόνα 5.8 Οριζόντιες και κατακόρυφες σημάνσεις 80
Εικόνα 6.1 Σύγκρουση εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας για ευθεία πορεία 82
Εικόνα 6.2 Σύγκρουση κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου στο δακτύλιο 82
Εικόνα 6.3 Σύγκρουση λόγω λάθους επιλογής λωρίδας κατά την έξοδο από την έναρξη χρήσης του δακτυλίου 83
Εικόνα 6.4 Τύποι οχημάτων (1-16) 84
Εικόνα 7.1 Μίνι κυκλικός κόμβος χαρακτηριστικά 86
Εικόνα 7.2 Χαρακτηριστικά και διαστάσεις μίνι κυκλικού κόμβου 87
Εικόνα 8.1 Υφιστάμενη κατάσταση στην Λάρισα 90
Εικόνα 8.2 Υφιστάμενη κατάσταση στην οδό Κύπρου με Μανωλάκη ... 91
Εικόνα 8.3 Γρηγορότερη διαδρομή 95
Εικόνα 8.4 Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον κόμβο απο την πλατεία εβραίων 96
Εικόνα 8.5 Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον κόμβο απο την κεντρική πλατεία 96
Εικόνα 8.6 Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών της εξόδου 97
Εικόνα 8.7 Μήκος ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας 98
Εικόνα 8.8 Οριζοντιογραφία του μίνι κυκλικού κόμβου 99
Εικόνα 8.9 Κατακόρυφες και οριζόντιες σημάνσεις 100

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα 27
Πίνακας 4.1 Χαρακτηριστικά κόμβων 43
Πίνακας 4.2: Προτεινόμενη διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας 44
Πίνακας 4.3Τυπικά πεδία τιμών σχεδιασμού γεωμετρικών παραμέτρων 46
Πίνακας 4.4 Ακτίνες συντομότερης διαδρομής και ταχύτητες 48
Πίνακας 4.5 Ταχύτητες σχεδιασμού εισόδου στους κόμβους.....57
Πίνακας 8.1 Διαστάσεων κόμβου 92
Πίνακας 8.2 Ακτίνες και ταχύτητες για την γρηγορότερη διαδρομή 94

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο μελέτης

Λόγω του μεγάλου αριθμού των ατυχημάτων σε αστικές, αλλά και σε υπεραστικές περιοχές δημιουργούμε κυκλικούς κόμβους ώστε να μειώσουμε της πιθανότητες εμπλοκών. Στο αστικό περιβάλλον οι ισόπεδες διασταυρώσεις χαρακτηρίζονται από μεγάλο αριθμό εμπλοκών οχημάτων με πεζούς. Αυτό οφείλεται στις μεγάλες ταχύτητες και στο χαμηλό επίπεδο ασφάλειας.

Πιο συγκεκριμένα, αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η σωστή λειτουργία και ο ορθός σχεδιασμός του μίνι κυκλικού κόμβου στο κέντρο της Λάρισας, ώστε να αυξηθεί η ασφάλεια, να μειωθούν οι ταχύτητες στο κέντρο της πόλης και να υπάρχει μια συνεχόμενη ροη στην κίνηση.

1.2 Στόχοι διπλωματικής εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η κατανόηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και ο σχεδιασμός του μίνι κυκλικού κόμβου. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε αυτή τη διπλωματική εργασία ήταν η περιγραφή όλων των βασικών παραμέτρων που προσδιορίζουν και περιγράφουν τους κυκλικούς κόμβους αυτού του είδους, για να έχουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα για την θέση και την λειτουργία τους στο αστικό περιβάλλον. Η μελέτη αυτή έγινε σύμφωνα με τις ελληνικές Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης (ΟΜΟΕ – $Κ^3$).

Για τον σχεδιασμό του μίνι κυκλικού κόμβο στο κέντρο της Λάρισας εφαρμόστηκαν οι προαναφερόμενες οδηγίες και ειδικό λογισμικό σχεδιασμού.

1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία χωρίζεται σε εννέα επιμέρους κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο (**Εισαγωγή**) προσδιορίζεται το αντικείμενο της εργασίας και καθορίζονται οι στόχοι της διπλωματικής εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο (**Βασικά Χαρακτηριστικά Κ^3**) γίνεται μια ιστορική αναδρομή των κυκλικών κόμβων. Αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά, οι γεωμετρικές διαστάσεις και τα πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι κατηγορίες κυκλικών κόμβων και τα χαρακτηριστικά που διαθέτει ο κάθε τύπος κόμβου.

Στο τρίτο κεφάλαιο (**Προκαταρκτικός Σχεδιασμός**) πραγματοποιείται η εκτίμηση όλων των ζητημάτων πριν τον γεωμετρικό σχεδιασμό. Περιγράφονται τα κριτήρια εφαρμογής και οι μη ευνοϊκές συνθήκες για των σχεδιασμό ενός μίνι κυκλικού κόμβου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο (**Γεωμετρικός Σχεδιασμός**) αναφέρονται όλα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού του κυκλικού κόμβου, σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ – Κ^3.

Το πέμπτο κεφάλαιο (**Εξοπλισμός κυκλικών κόμβων**) περιλαμβάνει τον απαραίτητο εξοπλισμό των κόμβων δηλαδή τον φωτισμό και την οριζόντια και κάθετη σήμανση.

Στο έκτο κεφάλαιο (**Οδική Ασφάλεια και Περιβαλλοντικές επιπτώσεις**) αρχικά αναφέρονται οι τύποι και οι περιπτώσεις ατυχημάτων και στην συνέχεια γίνεται μια αναφορά στον κυκλοφοριακό θόρυβο και στη ρύπανση.

Στο έβδομο κεφάλαιο (**Παράδειγμα ενός μίνι κυκλικού κόμβου με τα γερμανικά πρότυπα**) απεικονίζεται ένας μίνι κυκλικός κόμβος και οι αντίστοιχες διαστάσεις του.

Στο όγδοο κεφάλαιο (**Σχεδιασμός μίνι κυκλικό κόμβο στο κέντρο της Λάρισας**) γίνεται ο σχεδιασμός ενός μίνι κυκλικού κόμβου και περιγράφεται αναλυτικά όλη η διαδικασία του σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας.

Στο ένατο κεφάλαιο (**Ζητήματα περαιτέρω μελέτη**) αναφέρονται προτάσεις για περαιτέρω μελέτη του κόμβου της Λάρισας.

Στο δέκατο κεφάλαιο (**Σύνοψη και Συμπεράσματα**) γίνεται σύνοψη από τα προ αναφερόμενα. Τέλος αναφέρθηκαν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη του κόμβου.

2 Βασικά Χαρακτηριστικά Κυκλικών Κόμβων

2.1 Ιστορική αναδρομή

Η Γερμανία, όπως και άλλες ευρωπαϊκές χώρες έχουν πολλές δεκαετίες που ασχολούνται με τους κυκλικούς κόμβους. Η ιδέα της περιστροφικής λειτουργίας χρονολογείται από το 1903, όπου ο γάλλος Eugène Hénard πρότεινε την κυκλική κυκλοφορία στο κέντρο του Παρισιού ώστε να λύσει το πρόβλημα της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Η πρώτη εφαρμογή ενός περιστροφικού συστήματος ήταν ο „Columbus Circle“ ή αλλιώς „ο Κύκλος του Κολόμβου“ που δημιουργήθηκε από τον William Phelps Eno στη Νέα Υόρκη το 1905. Το όνομα του προέρχεται από το μνημείο του Χριστόφορου Κολόμβου.

Εικόνα 2.1 Ο κύκλος του Κολόμβου
Πηγή: (amazing-historical-images-of-columbus-circle)

Μετά τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο ιδρύθηκε το Βρετανικό Συμβούλιο Οδικών Μεταφορών το οποίο πρότεινε οι δρόμοι της Ευρώπης να σχεδιαστούν με τα πρότυπα της Γαλλίας. Έτσι παρουσιάστηκε ένα μεγάλο ενδιαφέρουν για τους κυκλικούς κόμβους και από τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης και την Αμερική, βέβαια λόγο της αύξησης των ατυχημάτων στην Αμερική επηρεάστηκε η κρίση και των υπολοίπων χωρών. Μετά το 1950 ξεκίνησε μια νέα περίοδος έρευνας πάνω στους κυκλικούς κόμβους, στην οποία σχεδιάστηκαν διάφοροι τύποι κυκλικών κόμβων ανάλογα με τύπο διασταύρωσης που υπάρχει.

Έτσι το 1968 λειτούργησε ο πρώτος μίνι κυκλικός κόμβος στο Peterborough στην Μεγάλη Βρετανία, λόγο της μεγάλης επιτυχίας των μίνι κυκλικών διασταυρώσεων υιοθετήθηκαν και από άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Η Γερμανία έχει χρόνια που ασχολείται με τους διαφορετικούς τύπους κυκλικών κόμβων συμπεριλαμβανομένων και των μίνι κυκλικών κόμβων. Τα πρώτα πειράματα με μίνι κυκλικές διασταυρώσεις στη Γερμανία ξεκίνησαν το 1995 στο ομοσπονδιακό κρατίδιο της Βόρειας Ρηνανία-Βεστφαλία , όπου ο καθηγητής Brilon ξεκίνησε ένα πείραμα με 13 διασταυρώσεις που μετατράπηκαν από μη σηματοδοτούμενες σε μίνι κυκλικές διασταυρώσεις. (Tollazzi) (Brilon, 2011) (Steinbrück, 2015)

Εικόνα 2.2 Μίνι κυκλικός κόμβος
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Η εισαγωγή των κυκλικών κόμβων προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια τόσο σε πεζούς και ποδηλάτες, όσο και στους επιβάτες των οχημάτων. Κατά κανόνα, ποσοστό μεγαλύτερο από το 50% των ατυχημάτων συμβαίνει σε ισόπεδους κόμβους. Ο αριθμός των σημείων εμπλοκής σε ένα κόμβο πρέπει να μειώνονται στον ελάχιστο δυνατό. Η διαμόρφωση των Κόμβων Κυκλικής Κίνησης (K^3) είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος μείωσης του αριθμού των σημείων εμπλοκής και μπορεί πράγματι να παρουσιάζει μικρότερο κίνδυνο για ατυχήματα.

Η εφαρμογή των κυκλικών κόμβων έναντι άλλων τύπων διασταυρώσεων έχει υψηλή πιθανότητα καταλληλότητας όταν συντρέχουν οι ακόλουθες συνθήκες:

1) Υφιστάμενοι κόμβοι με υψηλό ποσοστό ατυχημάτων, ή μεγαλύτερης σοβαρότητας ατυχημάτων.
2) Υφιστάμενοι κόμβοι, που για οποιοδήποτε λόγο, αποτυγχάνουν στην εξυπηρέτηση της κυκλοφοριακής ζήτησης

3) Θέσεις όπου άλλες εναλλακτικές λύσεις κρίνονται ως δαπανηρότερες
4) Θέσεις όπου η αισθητική αποτελεί έναν από τους κεντρικούς στόχους
5) Θέσεις όπου αλλάζει η λειτουργική κατηγορία της οδού, ή είναι επιθυμητή η αλλαγή του επιτρεπόμενου ορίου ταχύτητας-περιλαμβάνονται θέσεις μετάβασης από υπεραστικό σε αστικό περιβάλλον (θέσεις κόμβων εισόδου πόλεων)-ειδικότερα επιβάλλεται η χρήση των μορφών για είσοδο από υπεραστικό αυτοκινητόδρομο σε αστική αρτηρία
6) Θέσεις όπου ο ρυθμός αφίξεων είναι τυχαίος/συνεχής,
7) Θέσεις όπου είναι επιθυμητός ο τυχαίος/συνεχής ρυθμός αφίξεων, ή τα έργα για την εξυπηρέτηση συγκεντρώσεων οχημάτων απαιτούν εξαιρετική δαπάνη ή και δεν είναι κατασκευάσιμα
8) Τερματικοί κόμβοι σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων
9) Ισόπεδοι κόμβοι σε υπεραστικές οδούς υψηλών ταχυτήτων, όπως σε ισόπεδο κόμβο στο πέρας αυτοκινητοδρόμου
10) Ισόπεδοι κόμβοι που συνδέουν διαφορετικές κατηγορίες οδών
11) Ισόπεδοι κόμβοι 4-σκελείς με φόρτους εισόδου ≤8.000 οχ/ώρα, ή ΕΜΗΚ=80.000 περίπου
12) Ισόπεδοι κόμβοι 3-σκελείς με οσοδήποτε φόρτο
13) Ισόπεδοι κόμβοι ρυθμιζόμενοι με STOP (επί της δευτερεύουσας οδού)
14) Ισόπεδοι κόμβοι μεταξύ δυο αρτηριών που λειτουργούν με συντονισμένη σηματοδότηση, όπου τα ποσοστά στρεφουσών κινήσεων είναι υψηλά
15) Ισόπεδοι κόμβοι σε εγγύτητα, όπου δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί ο συντονισμός της σηματοδότησης
16) Ισόπεδοι κόμβοι όπου προβλέπεται να προστεθούν μελλοντικά νέες προσβάσεις
17) Ισόπεδοι κόμβοι κοντά σε σχολεία
18) Ισόπεδοι κόμβοι όπου η οδική ασφάλεια έχει μέγιστο ενδιαφέρον
(ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

2.2 Βασικά Χαρακτηριστικά Και Γεωμετρικές Διαστάσεις Κυκλικών Κόμβων

Για την καλύτερη κατανόηση των επόμενων κεφαλαίων, στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούν τα βασικά χαρακτηριστικά και τις γεωμετρικές διαστάσεις των κυκλικών κόμβων.

- **Κεντρική νησίδα**
  Είναι η περιοχή στο κέντρο του κύκλου η οποία είναι υπερυψωμένη ώστε να παρακάμπτεται από τα οχήματα. Σχεδιάζετε όμως στην περίπτωση του μίνι κυκλικού κόμβου έτσι ώστε στην ανάγκη να είναι προσπελάσιμη από βαρέα οχήματα.

- **Σκέλη κόμβου**
  Η προσβάσεις στο κόμβο οι οποίες μπορεί να είναι 3 ή 4, αλλά υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να είναι και περισσότερες.
- **Νησίδα διαχωρισμού**
  Είναι ένα υπερυψωμένο κράσπεδο ή μια διαγραμμισμένη περιοχή η οποία διαχωρίζει την είσοδο και την έξοδο των οχημάτων από το κυκλικό κόμβο. Επίσης επιτρέπει στους πεζούς να διασχίσουν το δρόμο με μεγαλύτερη ασφάλεια.
- **Λωρίδα κυκλοφορίας**
- Είναι η λωρίδα γύρω από την κεντρική νησίδα στην οποία κυκλοφορούν τα οχήματα, σχεδιασμένη έτσι ώστε να εκτρέπει τα οχήματα σε καμπύλες τροχιές με τη αντιωρολογιακή φορά.
- **Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας**
  Σχεδιάζεται στην περίμετρο της κεντρικής νησίδας, μόνο αν είναι απαραίτητη για την διέλευση βαρέων οχημάτων. Στο μίνι κυκλικό κόμβο δεν σχεδιάζετε η υπερβατή ζώνη αφού ήδη η κεντρική νησίδα σχεδιάζετε έτσι ώστε να είναι υπερβατή για βαρέα οχήματα.
- **Γραμμή εισόδου**
  Είναι η οριζόντια διαγράμμιση που υπάρχει στην περιοχή εισόδου του κυκλικού κόμβου. Στο σημείο αυτό εμπλέκονται τα οχήματα που εισέρχονται στον κόμβο με τα οχήματα που κυκλοφορούν ήδη στον δακτύλιο. Προτεραιότητα έχει αυτός που κινείται επί του κόμβου, εκτός αν ορίζεται με σηματοδότες αλλιώς.
- **Εγκάρσιες Πεζοδιαβάσεις**
  Τοποθετούνται εγκάρσια στις νησίδες, ώστε να διευκολύνει τους πεζούς την διέλευση των κόμβων. Δίνοντας προτεραιότητα στους πεζούς και προσοχή σε ΑμΕΑ.
- **Διαμορφώσεις για ποδήλατα**
  Απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός για την ασφαλή είσοδο και ενσωμάτωση στην κυκλοφορία είτε ως πεζοί είτε ως οχήματα.
- **Ζώνη τοπιοτεχνίας**
  Είναι η ζώνη μεταξύ του πεζοδρομίου και του δακτυλίου κυκλοφορίας, που διαχωρίζει τους πεζούς από τα οχήματα. Διαμορφώνετε με χαμηλό κράσπεδο ώστε να κατευθύνει τους πεζούς να περάσουν τον κόμβο από τις εγκάρσιες πεζοδιαβάσεις, και επίσης συμβάλει στην αισθητική του κόμβου.

(Steinbrück, 2015) (National Cooperative Highway Research Program., 2010) (OMOE-K3, 2011)

Καταφύγιο πεζών στη νησίδα διαχωρισμού

Ιστός οδοφωτισμού

Πεζοδιάβαση

Πεζοδρόμιο

Νησίδα διαχωρισμού

Ρυθμιστική πινακίδα Π-75

Οριζόντια σήμανση

Πινακίδα σήμανσης εξόδου από δακτύλιο

Γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας

Πινακίδα παραχώρησης προτεραιότητας

Οριογραμμή εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας

Ζώνη τοπιοτεχνίας

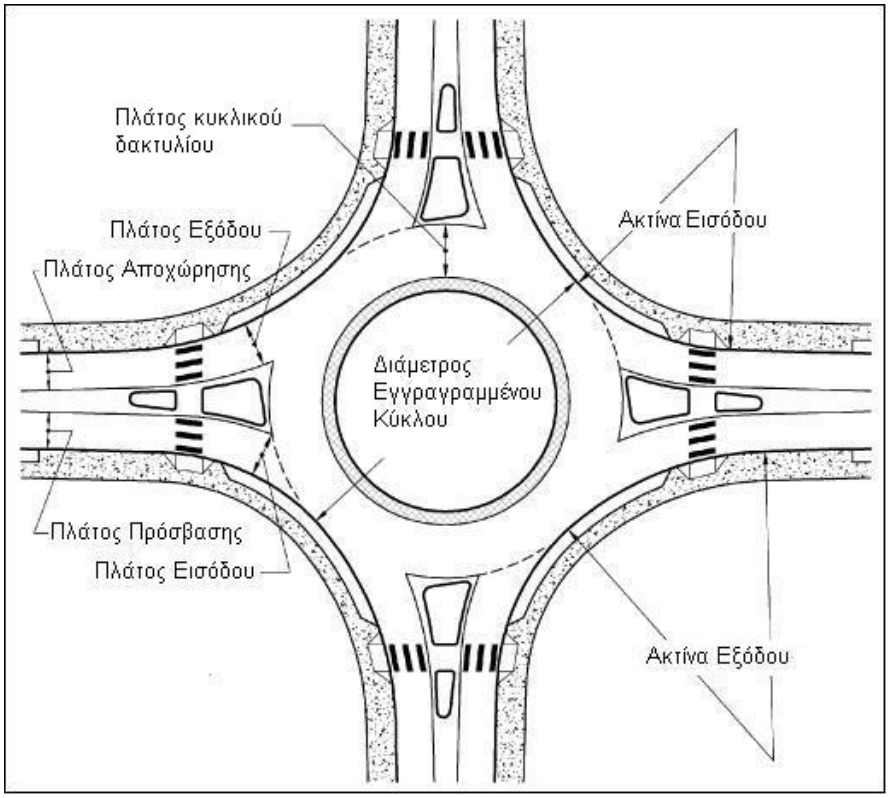
Δακτύλιος κυκλοφορίας

Κεντρική νησίδα

Υπερβατή ζώνης κεντρικής νησίδας

Εικόνα 2.3 Χαρακτηριστικά στοιχεία κόμβων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

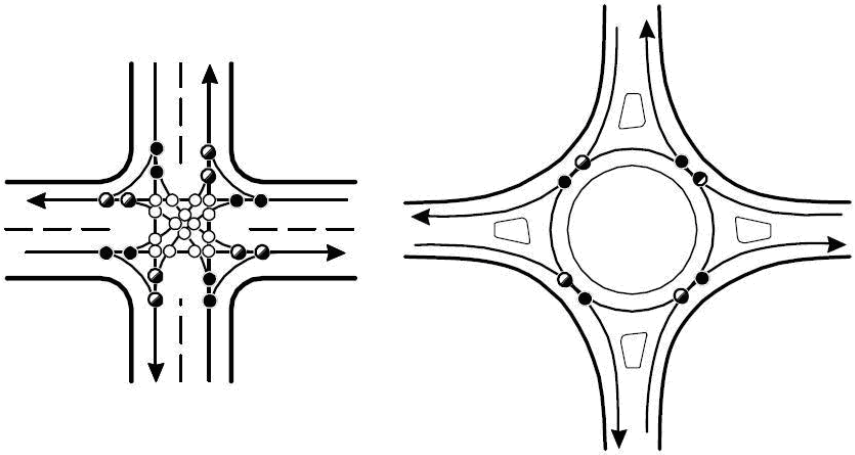
- **Διάμετρος Εγγεγραμμένου Κύκλου** : Είναι η βασική παράμετρος που χρησιμοποιείται για να καθορίσει το μέγεθος του κυκλικού κόμβου και μετριέται μεταξύ των εξωτερικών ορίων του κυκλικού κόμβου.
- **Πλάτος Κυκλικού δακτυλίου**: Είναι η περιοχή γύρω από την κεντρική νησίδα στην οποία κινούνται τα οχήματα. Το πλάτος αυτό μετριέται από το εξωτερικό όριο του κόμβου μέχρι την υπερβατική ζώνη.
- **Πλάτος Πρόσβασης**: Είναι το πλάτος της οδού που χρησιμοποιούν τα οχήματα πριν την είσοδο στον κυκλικό κόμβο, χωρίς καμία διαμόρφωση αυτού λόγω της ύπαρξης του κόμβου.
- **Πλάτος Αποχώρησης**: Είναι το πλάτος της οδού που χρησιμοποιείται από την κυκλοφορία που εγκαταλείπει τον κόμβο, μετά από τις όποιες διαμορφώσεις αυτού λόγω της ύπαρξης του κόμβου.
- **Πλάτος Εισόδου**: Καθορίζει το πλάτος της εισόδου της οδού που συναντά τον εγγεγραμμένο κύκλο και μετριέται κάθετα από το σημείο τομής της αριστερής οριογραμμής με τον εγγεγραμμένο κύκλο προς το δεξιό άκρο της εισόδου.
- **Πλάτος Εξόδου**: Καθορίζει το πλάτος της εξόδου της οδού που συναντά τον εγγεγραμμένο κύκλο και μετριέται κάθετα από το σημείο τομής της αριστερής οριογραμμής με τον εγγεγραμμένο κύκλο προς το δεξιό άκρο της εξόδου.
- **Ακτίνα Εισόδου**: Είναι η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας του εξωτερικού κρασπέδου του πεζοδρομίου στην πλευρά των εισόδων του κόμβου.
- **Ακτίνα Εξόδου**: Η ακτίνα εξόδου είναι η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας του εξωτερικού κρασπέδου του πεζοδρομίου στην πλευρά των εξόδων του κόμβου. (Federal Highway Administration (FHWA))



Εικόνα 2.4 Βασικά στοιχεία κυκλικού κόμβου με 4 σκέλη
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

2.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Κυκλικών κόμβων

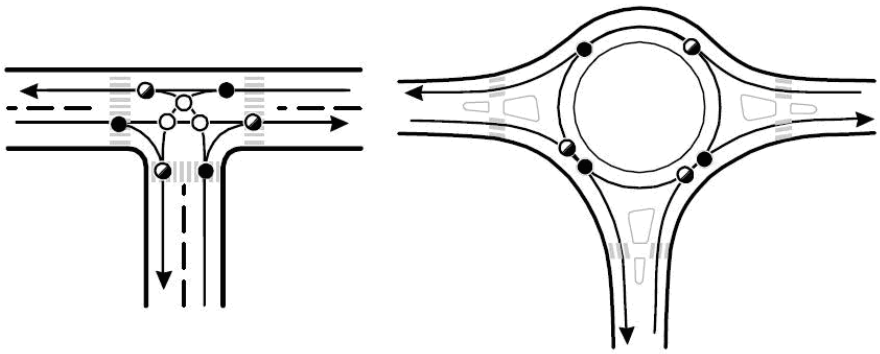
Το μεγάλο πλεονέκτημα που έχουν τα K^3 έναντι των συμβατικών ισόπεδων κόμβων είναι ότι έχουν λιγότερα σημεία συγκρούσεων. Σε έναν τυπικό 4-σκελή ισόπεδο κόμβο παρουσιάζονται 32 σημεία εμπλοκής, ενώ σε έναν 4-σκελή κυκλικό κόμβο τα σημεία εμπλοκής είναι 8. Αυτό που επιτυγχάνεται μέσω της γεωμετρίας των κυκλικών κόμβων είναι η εξάλειψη των επικίνδυνων περιπτώσεων εμπλοκής λόγω διασταύρωσης, οι οποίες οδηγούν σε πλαγιομετωπικές συγκρούσεις. Με τον τρόπο αυτό, απομένουν μόνο οι 4 περιπτώσεις εμπλοκής λόγω συμβολής στις εισόδους του κόμβου και οι 4 περιπτώσεις εμπλοκής λόγω διαχωρισμού στις αντίστοιχες εξόδους.



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

Εικόνα 2.5 Σημεία και τύποι σε διασταυρώσεις και κόμβων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

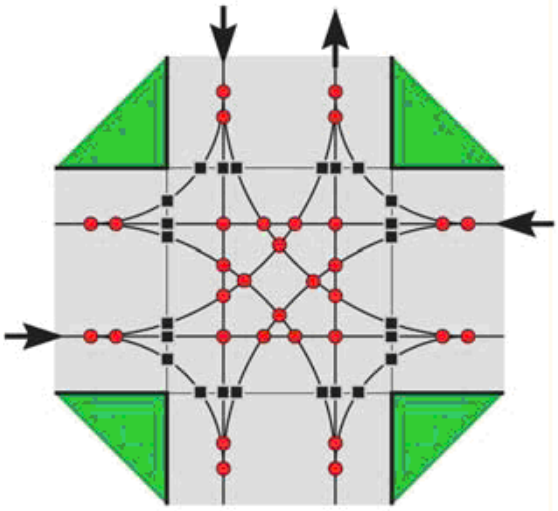
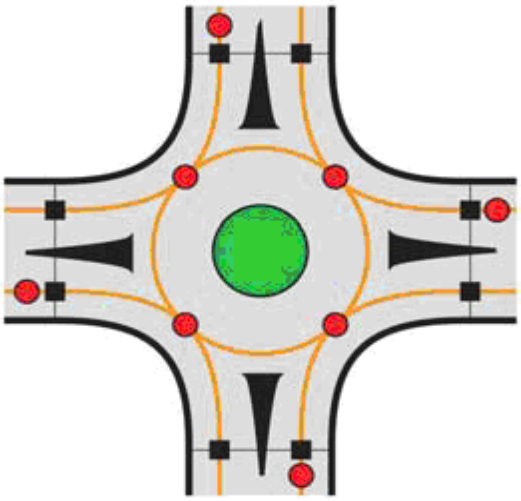
Ομοίως, σε έναν 3-σκελή ισόπεδο κόμβο τα σημεία εμπλοκής είναι 9, ενώ στον 3-σκελή κυκλικό κόμβο τα σημεία εμπλοκής είναι μόλις 6. Στις οποίες δεν έχουμε διασταυρώσεις όπως και στο 4-σκελή.



Τύπος Εμπλοκής	Μορφή Κόμβου/Αριθμός σημείων σύγκροθσης	
	Διασταύρωσης	K^3
● Χωρισμός	3	3
○ Συμβολή	3	3
◐ Διασταύρωση	3	0
Σύνολο	**9**	**6**

Εικόνα 2.6 Σημεία και τύποι εμπλοκών σε διασταυρώσεις και κόμβοι σε 3 σκέλη
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Σημεία εμπλοκής παρατηρούνται, επίσης, μεταξύ οχημάτων και πεζών και υπολογίζονται σε 24 για έναν ισόπεδο κόμβο διασταύρωσης και σε 8 για έναν κυκλικό κόμβο. Οι συγκρούσεις αυτές σημειώνονται κυρίως πάνω στις πεζοδιαβάσεις, εκτός εάν οι πεζοί κινούνται σε χώρο που δεν προβλέπεται για αυτούς. Στα επόμενα σχήματα φαίνονται ενδεικτικά οι διαφορές στις θέσεις των σημείων εμπλοκής μεταξύ οχημάτων και οχημάτων με πεζών, για διασταυρώσεις με 4 κλάδους προσέγγισης.

	
○ 32 Σημεία σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων 24 Σημεία σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων και πεζών	○ 8 Σημεία σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων 8 Σημεία σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων και πεζών

Εικόνα 2.7 Σημεία σύγκρουσης σε διασταυρώσεις και κόμβων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Στον ακόλουθο πίνακα αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των κυκλικών κόμβων σε διάφορους τομείς.

Πίνακας 2.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Πλεονεκτήματα	**Μειονεκτήματα**
1. Ευάλωτοι Χρήστες	
Οι πεζοί είναι πιο ασφαλείς επειδή πρέπει να ελέγξουν μόνο μια κατεύθυνση επερχόμενης κυκλοφορίας κάθε φορά. Οι ποδηλάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τον κυκλικό κόμβο όπως οι πεζοί για να είναι πιο ασφαλές.	Πεζοί με δυσκολίες στην όραση ίσως έχουν πρόβλημα να βρουν τις πεζοδιαβάσεις και να ελέγξουν αν τα οχήματα τους έχουν παραχωρήσει προτεραιότητα. Οι ράμπες για ποδήλατα μπορεί να εκληφθούν και ως ράμπες πεζών και αντίστροφα.
2. Οδική Ασφάλεια	
Τα σημεία εμπλοκής είναι λιγότερα και εξάλειψη εμπλοκών αριστερής στροφής. Λόγο τις μειωμένης ταχύτητας οι χρηστές έχουν περισσότερο χρόνο να αναγνωρίσουν τις συνθήκες και να διορθώσουν τα σφάλματά τους ή να αντιμετωπίσουν τα σφάλματα άλλων χρηστών, αυξάνοντας έτσι την ασφάλεια για όλους τους χρήστες.	Αύξηση συγκρούσεων ενός οχήματος, με άλλα και με σταθερά εμπόδια σε σχέση με άλλες διαμορφώσεις διασταυρώσεων. Οι κόμβοι σε οδούς με περισσότερες από 2 λωρίδες παρουσιάζουν μεγαλύτερες δυσκολίες σε χρήστες με μειωμένη όραση εξαιτίας της ανάγκης για ανίχνευση των κενών μεταξύ οχημάτων και αναγνώριση παραχώρησης προτεραιότητας από τα οχήματα.
3. Λειτουργία	
Οι ουρές και οι καθυστερήσεις είναι μικρότερες. Μπορεί να μειωθούν οι ανάγκες για πρόσθετες λωρίδες σε ενδιάμεσα τμήματα μεταξύ δυο ισόπεδων διασταυρώσεων, που στην περίπτωση παρουσίας γέφυρας στο ενδιάμεσο αυτών τμήμα όπως συνήθως συμβαίνει σε ανισόπεδους κόμβους (μορφής ρόμβου, μισό τετράφυλλο), αυτό έχει ακόμη μεγαλύτερη οικονομική σημασία. Δημιουργεί τη δυνατότητα σε γειτονικούς σηματοδότες να λειτουργήσουν με πιο αποδοτικούς κύκλους, όταν ο K^3 αντικαθιστά διασταύρωση που καθορίζει τον κύκλο σηματοδότησης. Ρυθμίζει την κυκλοφορία σε κόμβους με υψηλό ποσοστό αριστερών στροφών.	Η εξίσωση προτεραιότητας για όλες τις προσβάσεις μπορεί να μειώσει την προχώρηση της κυκλοφορίας για προσβάσεις υψηλών φόρτων. Δεν μπορεί να προσφέρει αποκλειστική προτεραιότητα σε ειδικές κατηγορίες χρηστών (τρένα, οχήματα έκτακτης ανάγκης, μέσα μαζικής μεταφοράς κτλ.) εκτός αν υπάρχουν συσκευές ελέγχου κυκλοφορίας, π.χ. σηματοδότηση, κτλ. Δεν προτείνονται μεταξύ σηματοδοτούμενων κόμβων. Προσαρμόζονται δύσκολα σε οδούς με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας.

4. Διαχείριση προσβάσεων	
Προσφέρεται δυνατότητα για ασφαλή αναστροφή, στοιχείο που κατά κανόνα δεν ισχύει στις άλλες μορφές ισόπεδων κόμβων. Ειδικά η δυνατότητα αναστροφής έχει εξαιρετική σημασία κατά των οδών στη χώρα, όπου ενώ αδειοδοτούνται συνδέσεις παροδικών εγκαταστάσεων δεν παρέχεται πρόνοια για τις αριστερές στροφές, είτε από την κύρια οδό προς την παρόδια εγκατάσταση, είτε αντιθέτως, αφού αποτελεί σχεδόν κανόνα η απουσία παράπλευρης οδού εξυπηρέτησης.	Μπορεί να μειώσει τον αριθμό των διαθέσιμων χρονικών κενών για την είσοδο στις οδούς που αποτελούν τα σκέλη του κόμβου, από γειτονικές με τον κόμβο, οδικές ή άλλου είδους (π.χ. χώροι στάθμευσης), προσβάσεις, που δεν είναι σηματοδοτούμενες.
5. Περιβάλλον	
Σε περιόδους εκτός αιχμής υπάρχει μια συνεχής κίνηση χωρίς πολλές στάσεις. Ενδέχεται να μειωθούν η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ηχορύπανση και η κατανάλωση καυσίμου	Πιθανές επιπτώσεις σε φυσικούς και πολιτιστικούς πόρους, λόγω απαιτήσεων μεγαλύτερης κατάληψης που χρειάζεται απαλλοτρίωση.
6. Ρύθμιση κυκλοφορίας	
Μειωμένες ταχύτητες Ωφέλιμη διάταξη σε μεταβατικές περιοχές (από υπεραστική σε αστική), που δίνει έμμεσα την εντύπωση σημαντικής αλλαγής στο περιβάλλον οδήγησης.	Πιο ακριβή λύση σε σχέση με άλλες διαμορφώσεις κόμβων κυρίως εκείνων χωρίς εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης.
7. Έκταση κατάληψης	
Συχνά απαιτεί λιγότερο χώρο αποθήκευσης για ουρές στις προσβάσεις του κόμβου, επιτρέποντας μικρότερες αποστάσεις μεταξύ κόμβων. Μειώνει την ανάγκη για μεγαλύτερο πλάτος απαλλοτριώσεων κατά μήκος των συνδετήριων οδών μεταξύ των διασταυρώσεων. Καλύτερη δυνατότητα για εξυπηρέτηση χώρων στάθμευσης, πλατύτερα πεζοδρόμια, μεγαλύτερη έκταση φύτευσης πρασίνου, πλατύτερες εξωτερικές λωρίδες, ώστε να περιλαμβάνονται και ποδηλατόδρομοι στις προσβάσεις.	Συχνά απαιτεί περισσότερη κατάληψη έκτασης απ' ότι άλλες διαμορφώσεις κόμβων, πρόβλημα που δεν αντιμετωπίζεται κυρίως σε υφιστάμενους προς αναβάθμιση κόμβους.
8. Λειτουργία και Συντήρηση	
Δεν έχουμε συντηρήσεις όπως σε σηματοδοτούμενους κόμβους.	Μπορεί να απαιτεί συντήρηση της ζώνης τοπιοτεχνίας
9. Αισθητική	
Προσφέρει δυνατότητα διαμόρφωσης ελκυστικών εισόδων ή κεντρικών πλατειών (δεν γίνετε σε μίνι κυκλικούς κόμβους)σε περιοχές οικισμών. Χρήση ως τοπόσημο σε τουριστικές ή εμπορικές περιοχές κατοικίας και εμπορίου.	Μπορεί να αποτελεί παράγοντα κινδύνου όταν τοποθετούνται σταθερά εμπόδια στην κεντρική νησίδα, σε ευθεία με τις εισόδους, εφόσον η γεωμετρία της πρόσβασης δεν προτρέπει σε μειωμένη ταχύτητα (≤40 km/h) προσέγγισης.

2.4 Τα πλεονεκτήματα των μίνι κυκλικών κόμβων έναντι άλλων μορφών κόμβων

- **Υψηλή ασφάλεια**
  Οι μικροί κυκλικοί κόμβοι έχουν ένα υψηλό επίπεδο ασφάλειας. Τα ατυχήματα που συμβαίνουν παρατηρούνται ιδιαίτερα τις πρώτες εβδομάδες μετά την έναρξη των κυκλικών κόμβων. Πρόκειται σχεδόν αποκλειστικά για συγκρούσεις προτεραιότητας και ατυχήματα που συμβαίνουν πριν την είσοδο στον κυκλικό κόμβο. Το υψηλό επίπεδο ασφάλειας οφείλετε στην σχετικά χαμηλή ταχύτητα όλων των χρηστών του οδικού δικτύου που εισέρχονται και εξέρχονται στον κόμβο.
- **Χαμηλά επενδυτικά και λειτουργικά έξοδα**
  Οι μίνι κυκλικές διασταυρώσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν πολύ αποδοτικά για τον επανασχεδιασμό των υφιστάμενων κόμβων, επειδή τα μεγαλύτερα μέτρα μετατροπής παραλείπονται και δεν δημιουργούνται πρόσθετοι χώροι.
- **Υψηλή χωρητικότητα και μικρό χρόνο αναμονής**
  Έχουν παρατηρηθεί κυκλοφοριακές ποσότητες έως και 17.000 οχήματα ανά ημέρα στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις χωρίς μεγάλες αναμονές και συμφορήσεις. Γενικά η κυκλοφορία στον κόμβο είναι πάντα σε κίνηση.
- **Μικρή απαίτηση χώρου**
  Οι μικροί κυκλικοί κόμβοι επιτρέπουν και σε περιορισμένο χώρο μια σωστή και ασφαλή λύση. Συγκεκριμένα, ο χώρος που απαιτείται για την λωρίδα στροφής στους σηματοδοτημένους κόμβους παραλείπεται. Ο κυκλικός κόμβος μπορεί συχνά να πραγματοποιηθεί στην ίδια περιοχή με μια διασταύρωση.
- **Χαμηλή ταχύτητα**
  Μια μίνι κυκλική διασταύρωση οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας λόγω της εισερχόμενης και εξερχόμενης κυκλοφορίας στο κόμβο.
- **Σχεδιασμός**
  ο κόμβος μπορεί να έχει έναν ελκυστικό αστικό σχεδιασμό, όπου στην κεντρική νησίδα τοποθετείται πλακόστρωτο.
  (Steinbrück, 2015)

2.5 Κατηγορίες κόμβων κυκλικής κίνησης

Ανάλογα με το μέγεθος και τον αριθμό λωρίδων πρόσβασης οι κυκλικοί κόμβοι χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες:

→ **Μικροί κυκλικοί κόμβοι**
→ **Κυκλικοί κόμβοι 1 λωρίδας**
→ **Κυκλικοί κόμβοι πολλαπλών λωρίδων**

Λαμβάνοντας υπόψη την περιοχή κατασκευής του κόμβου σε αστική και υπεραστική περιοχή, γίνεται μια περαιτέρω διαφοροποίηση στις ακόλουθες κατηγορίες:

→ **Μικροί κυκλικοί κόμβοι**
→ **Αστικοί συνεπτυγμένοι κυκλικοί κόμβοι**
→ **Αστικοί κυκλικοί κόμβοι 1 λωρίδας**
→ **Αστικοί κυκλικοί κόμβοι 2 λωρίδων**
→ **Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι 1 λωρίδας**
→ **Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι 2 λωρίδων**

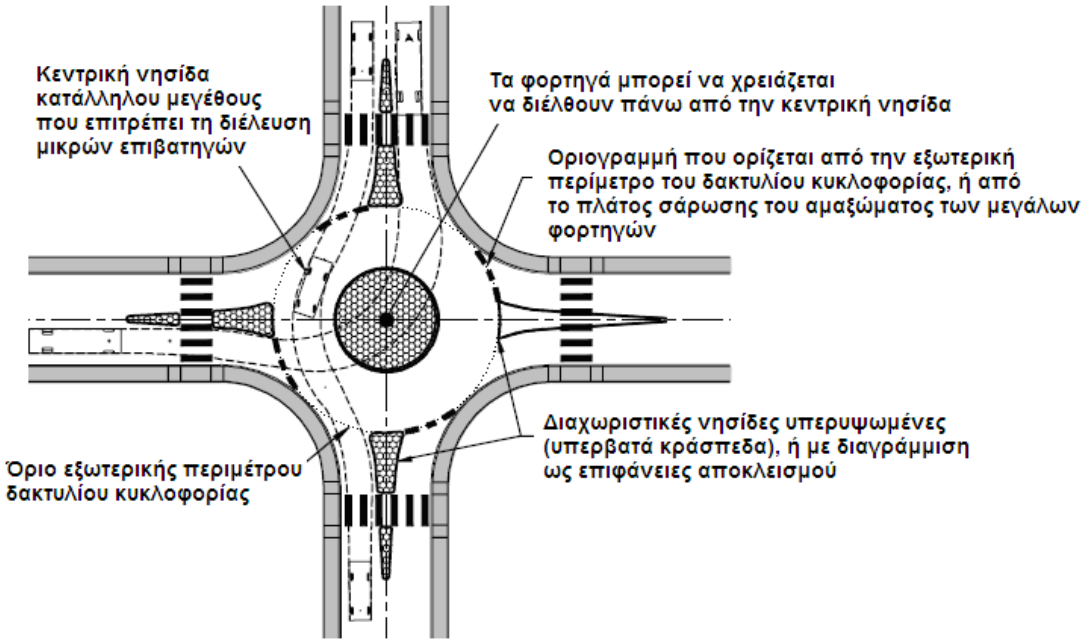
Οι κυκλικοί κόμβοι που σχεδιάζονται για αστικές περιοχές έχουν μικρότερο κυκλοφοριακό φόρτο άρα δεν απαιτείται κόμβος με μεγάλες διαστάσεις και πολλές λωρίδες. Αντιθέτως σε υπεραστικές περιοχές η ταχύτητα πρόσβασης είναι υψηλότερη και για το λόγο αυτό δίνεται μεγάλη βαρύτητα σε θέματα επαρκούς ορατότητας και λεπτομέρειας διατομών.

2.5.1 Κομβίδια κυκλικής κίνησης (Mini Roundabouts)

Οι μίνι κυκλικές διασταυρώσεις εφαρμόζονται μόνο σε αστικές περιοχές με μέγιστη επιτρεπτή ταχύτητα 50 km/h . Οι κόμβοι χρησιμοποιούνται σε θέσεις αντί των σημείων που ελέγχονται από σηματοδοτημένες ή διακοπτόμενες διασταυρώσεων για να βοηθήσουν στη βελτίωση των προβλημάτων ασφάλειας και να μειώσουν τις καθυστερήσεις όσο και τις εκπομπές αερίων από τα οχήματα. Οι μίνι κυκλικοί κόμβοι σχεδιάζονται με μια λωρίδα κυκλοφορίας λόγω του περιορισμένου χώρου. Οι κόμβοι έχουν εξωτερική διάμετρο μεταξύ 13m και 24m και το κυκλικό πλάτος διαδρομής είναι μεταξύ 4m και 6m. Η διάμετρος της κεντρικής νησίδας μπορεί να είναι πολύ μικρή για να εξυπηρετήσει την περιστροφή μεγάλων φορτηγών και λεωφορείων για το λόγο αυτό οι μίνι-κυκλικές διασταυρώσεις μπορούν να είναι ένας ζωγραφισμένος κύκλος ή ένας χαμηλός θόλος. Οι κεντρικές νησίδες έχουν μέγιστο ύψος 12cm στο κέντρο του κύκλου και ελάχιστο ύψος 4cm στο εξωτερικό του κύκλου ώστε να μπορούν να κινηθούν πάνω σε αυτή, ακολουθώντας πάντα

κυκλική πορεία. Επειδή η κεντρική νησίδα πρέπει να είναι υπερβατή από βαρέα οχήματα, δεν επιτρέπουν ευκαιρίες για εξωραϊσμό στο κέντρο του κύκλου. (Brilon, 2011)

Εικόνα 2.8 Μίνι κυκλικός κόμβος στην Στουτγκάρδη

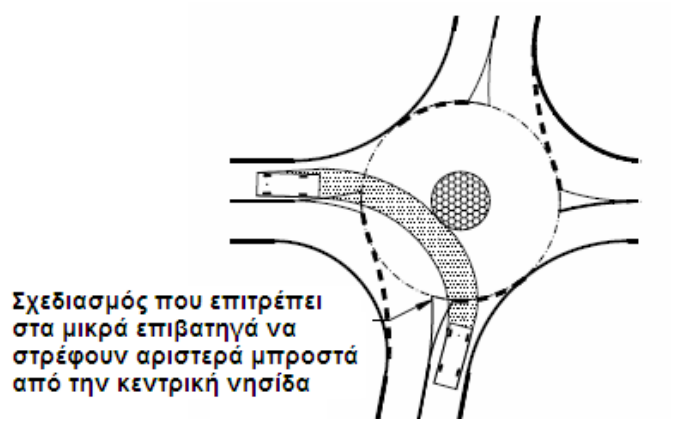


Εικόνα 2.9 Βασικά χαρακτηριστικά Κομβιδίου
Πηγή: (OMOE-K3, 2011)

Τα κύρια ζητήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι ο δομικός διαχωρισμός της πορείας των οχημάτων, το πλάτος που σαρώνεται από το αμάξωμα των οχημάτων, καθώς και η ορατότητα στον κόμβο. Δεδομένου ότι η κεντρική νησίδα πρέπει να είναι πλήρως προσπελάσιμη, ο γενικός σχεδιασμός θα πρέπει να παρέχει δομική διαμόρφωση που θα καθοδηγεί φυσιολογικά τους οδηγούς στην ακολουθητέα πορεία. Ο υποβαθμισμένος σχεδιασμός μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα:

- Την εκτέλεση αριστερών στροφών μπροστά από την κεντρική νησίδα.
- Τη διέλευση πάνω από την κεντρική νησίδα, μη τηρώντας την παραχώρηση προτεραιότητας κατά την είσοδο.
- Τη διέλευση από τον κόμβο με υπερβολικές ταχύτητες.

Μια ιδιαίτερη περίπτωση, όπου ο σχεδιασμός επιτρέπει στα μικρά επιβατηγά οχήματα να εκτελούν αριστερή στροφή μπροστά από την κεντρική νησίδα, όπου ο συνδυασμός του υπό οξεία γωνία σκέλους, το μικρό μέγεθος της κεντρικής νησίδας και το μεγάλο πλάτος του δακτυλίου κυκλοφορίας προσφέρουν αυτή τη δυνατότητα.



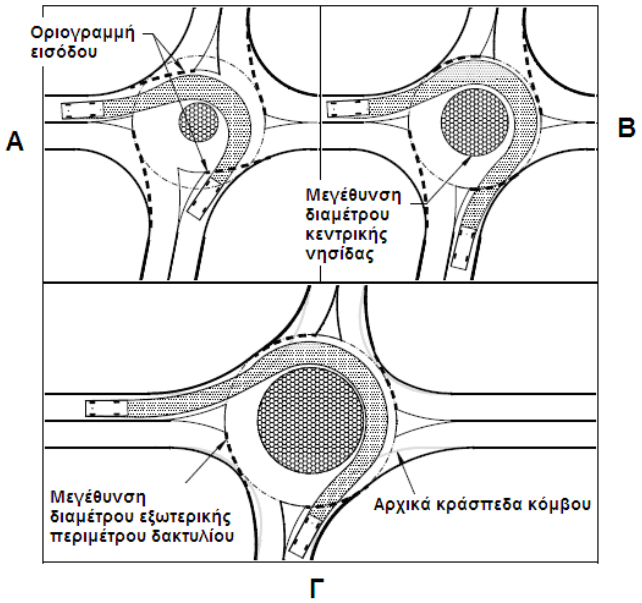
Εικόνα 2.10 Σχεδιασμός με διέλευση φορτηγών μπροστά από την κεντρική νησίδα
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Σχετικά με αυτό το ζήτημα υπάρχουν 3 περιπτώσεις βελτίωσης στο σχεδιασμό, οι οποίες είναι:

Α) με προχώρηση της οριογραμμής εισόδου,

Β) με ταυτόχρονη μεγέθυνση της κεντρικής νησίδας και μείωση του πλάτους του δακτυλίου κυκλοφορίας

Γ) με μεγέθυνση της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας.



Εικόνα 2.11 Βελτιώσεις στροφών
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

2.5.2 Αστικοί συνεπτυγμένοι (Urban Compact)

Οι κυκλικοί κόμβοι αυτής της κατηγορίας έχουν μια μικρή διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου 25-30m, όπου η κεντρική νησίδα δεν είναι υπερβατή. Έχουν μία λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση στα σκέλη του κόμβου. Συνήθως υπάρχει μία υπερβατή ζώνη περιμετρικά της κεντρικής νησίδας για να διευκολύνει τα βαρέα οχήματα. Προσφέρει πιο ευνοϊκό περιβάλλον για πεζούς και ποδηλάτες σε αντίθεση με τους μίνι κυκλικούς κόμβους.

2.5.3 Αστικοί κυκλικοί κόμβοι 1 λωρίδας

Σχεδιάζονται σε αστικό δίκτυο με μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο, υψηλές ταχύτητες και χωρητικότητα. Οι αστικοί κυκλικοί κόμβοι μίας λωρίδας έχουν διάμετρο στην εξωτερική περίμετρο 30-40m και διαθέτουν μια λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Οι προσβάσεις πριν την είσοδο στον κόμβο έχουν μεγαλύτερες ακτίνες καμπής. Διαθέτουν εξίσου υπερβατή ζώνη περιμετρικά της κεντρικής νησίδας και υπερυψωμένες διαχωριστικές νησίδες.

2.5.4 Αστικοί κυκλικοί κόμβοι 2 λωρίδων

Οι κυκλικοί κόμβοι αυτού του τύπου σχεδιάζονται όπως και οι προηγούμενοι σε αστικό περιβάλλον, με την διαφορά ότι λόγω μεγαλύτερου φόρτου έχουν τουλάχιστον ένα κλάδο πρόσβασης με δύο λωρίδες στην κατεύθυνση εισόδου στο δακτύλιο. Αυτός ο τύπος κόμβου απαιτεί μεγαλύτερη επιφάνεια λόγω της χρήσεις δυο λωρίδων κυκλοφορίας.

2.5.5 Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι 1 λωρίδας

Κατασκευάζονται σε περιβάλλον με ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων. Για το λόγο αυτό φέρουν ειδική σήμανση ελάττωσης της ταχύτητας κατά την προσέγγιση στον δακτύλιο. Επειδή οι υπεραστικοί κόμβοι έχουν μεγαλύτερες ακτίνες, δεν υπάρχει υπερβατή ζώνη καθώς τα βαρέα οχήματα εξυπηρετούνται.

2.5.6 Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι 2 λωρίδων

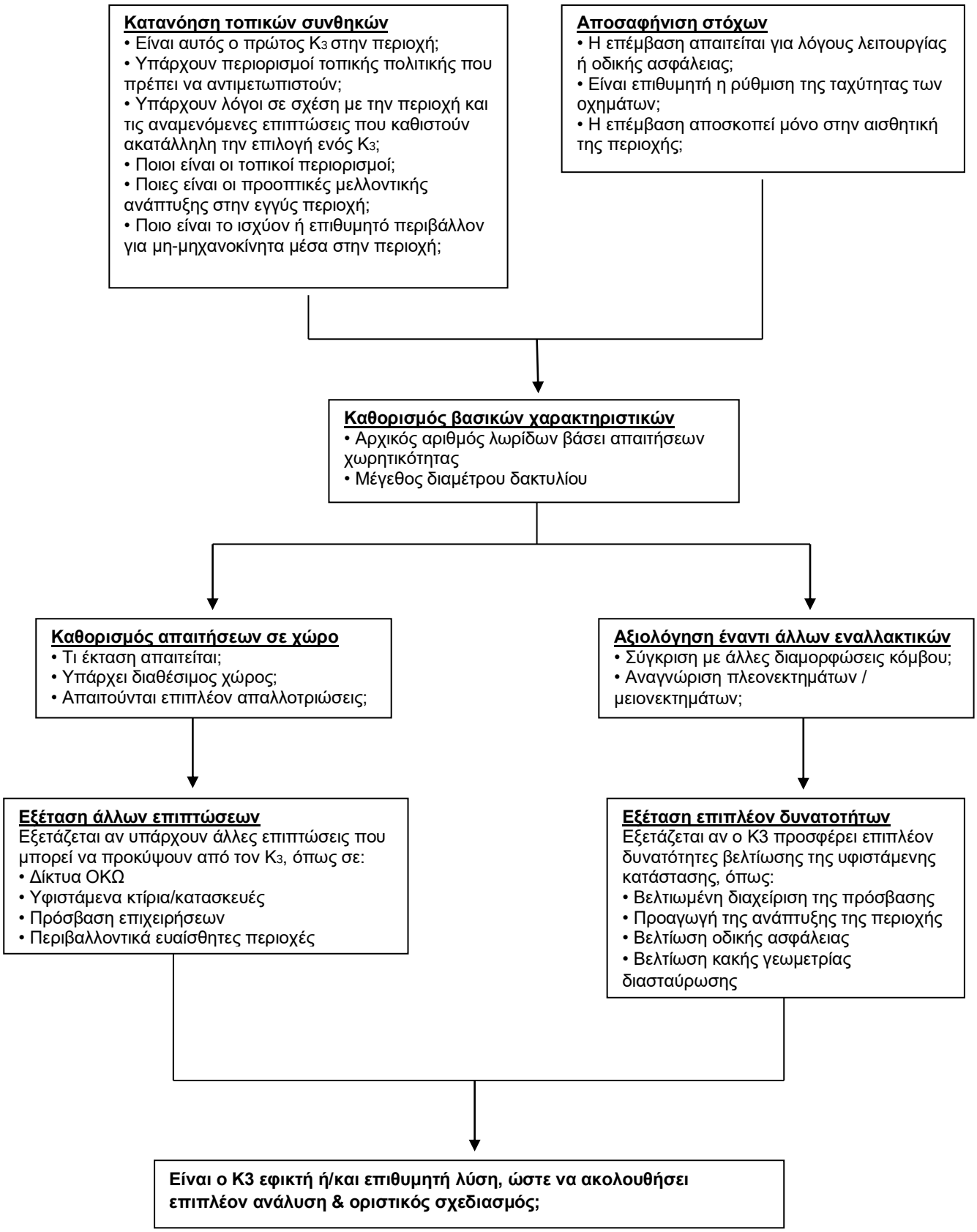
Η διαφορά τους από τους υπεραστικούς κυκλικούς κόμβους μίας λωρίδας είναι ότι διαθέτουν δύο λωρίδες στον δακτύλιο κυκλοφορίας και τουλάχιστον σε έναν από τους κλάδους πρόσβασης. Επιπλέον η διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου είναι

συνήθως μεγαλύτερη για να εξυπηρετεί τις υψηλές ταχύτητες και την μεγαλύτερη επιφάνεια κίνησης.

3 Προκαταρκτικός σχεδιασμός

Στο στάδιο του σχεδιασμού υπάρχουν διάφοροι πιθανοί λόγοι ή στόχοι που λαμβάνουμε υπόψη για το σημείο όπου θα υλοποιηθεί ένας κυκλικός κόμβος. Παρόλο που τα τελευταία χρόνια η εφαρμογή τους γίνετε όλο και πιο αγαπητή, είναι αναγκαία για κάθε κυκλικό κόμβο να γίνει ένας έλεγχος σκοπιμότητας και αποτελεσματικότητας πριν την εφαρμογή του. Κάθε κυκλικός κόμβος διαμορφώνεται σε κάθε περιοχή έτσι ώστε να εξυπηρετεί διάφορους σκοπούς, όπως βελτίωση της ασφάλειας και της λειτουργικότητας, βελτίωση της αισθητικής και καλύτερη διαχείριση των προσβάσεων.

Στα αρχικά βήματα του σχεδιασμού είναι σημαντικό να διευκρινιστούν σημιτικά ερωτήματα όπως, αν είναι κατάλληλος ο σχεδιασμός ενός στο οποίο αναφέρονται στάδια τα οποία πρέπει να εξεταστούν, για να καθορίσουν αναγκαία την υλοποίηση ενός κυκλικού κόμβου στην συγκεκριμένη τοποθεσία. Ο αριθμός των ελαχίστων λωρίδων που απαιτούνται στις προσεγγίσεις τον κυκλικών κόμβων. Ανάλογα με την χωρητικότητα και τον χώρο που είναι να υλοποιηθεί ο κόμβος επιλέγουμε των τύπο κόμβο (μίνι, μιας λωρίδας, πολλών λωρίδων). Στο παρακάτω Σχήμα παρουσιάζεται ένα διάγραμμα σχεδιασμού.



Εικόνα 3.1 Διαδικασία απόφασης υλοποίησης κυκλικού κόμβου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Από το παραπάνω διάγραμμα σχεδιασμού προκύπτει αν η κατασκευή ενός κυκλικού κόμβο στην επιλεγμένη τοποθεσία είναι κατάλληλη, καθώς και αν λειτουργεί και πως θα είναι γεωμετρικά.

3.1 Σχεδιασμός μίνι κυκλικών διαδρομών

Ένας μίνι κυκλικός κόμβος σχεδιάζεται μόνο όταν είναι απαραίτητος όπως και κάθε άλλος τύπος κυκλικού κόμβου. Ένας μίνι κυκλικός κόμβος σχεδιάζεται σε μια ήδη προϋπάρχουσα διασταύρωση, όταν το ποσοστό ατυχημάτων είναι αυξημένο, όταν υπάρχει περιορισμένος χώρος, όταν οι ταχύτητες υπερβαίνουν το όριο ταχύτητας που ισχύει για την περιοχή και ειδικά για διασταυρώσεις μη σηματοδοτούμενες όταν δεν τηρείται η προτεραιότητα.

Στην ερώτηση αν είναι κατάλληλος ο σχεδιασμός ενός μίνι κυκλικού κόμβου στην περιοχή που μας ενδιαφέρει είναι σημαντικό να μελετήσουμε τα κριτήρια εφαρμογής αλλά και τις κρίσιμες πτυχές που επηρεάζουν τον σχεδιασμό. Οι κρίσιμες πτυχές δεν οδηγούν απαραίτητα στον αποκλεισμό του μίνι κυκλικού κόμβου. Μπορούν όμως με τα κριτήρια αυτά να επιλεχθεί ένας άλλος τύπος κόμβου.

3.1.1 Κριτήρια εφαρμογής

- **Ατυχήματα**
  Σε περιοχές όπου το ποσοστό ατυχημάτων είναι αυξημένο μπορεί να εφαρμοστεί ένα μίνι κυκλικός κόμβος ώστε να μειωθούν οι εμπλοκές και να αυξηθεί η ασφάλεια. Κυρίως ατυχήματα που συμβαίνουν λόγω μεγάλης ταχύτητας ή λόγω μειωμένης ορατότητας μπορούν να αποφευχθούν με την αντικατάσταση ενός μίνι κυκλικού κόμβου.

- **Ανεπαρκές χωρητικότητα**
  Σε διασταυρώσεις σηματοδοτούμενες ή μη σηματοδοτούμενες στις οποίες δημιουργούνται μεγάλες ουρές μπορεί να εφαρμοστεί ένας κυκλικός κόμβος για να μειωθεί ο χρόνος αναμονής.

- **Υπερβολικές ταχύτητες**
  Λόγω εφαρμογής ενός κυκλικού κόμβου η ταχύτητα των οχημάτων πρέπει να μειωθεί στα τελευταία 50m πριν τον κόμβο σε 40km/h, ενώ μπαίνοντας στο κόμβο το όριο ταχύτητας μειώνετε σε 30km/h. Επίσης σε περιοχές με όριο ταχύτητας 30km/h ένας μίνι κυκλικός κόμβος μπορεί να συμβάλει στο να τηρείται το όριο.

- **Κόστος**
  Το χαμηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας ενός κυκλικού κόμβου υπερισχύει από την κατασκευή μίας διασταύρωσης με φωτεινή σηματοδότηση.

- **Έλλειψη χώρου**
  Οι μικροκυκλικοί κόμβοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν αν λόγω ασφάλειας και λειτουργικότητας είναι πιο αποτελεσματικοί σε αντίθεση με τους εναλλακτικούς τύπους κόμβων όπου ο χώρος δεν είναι επαρκείς.
  (Steinbrück, 2015)

3.1.2 Μη ευνοϊκές συνθήκες

- **Έλλειψη διακριτότητας**
  Σημαντικό ρόλο παίζει η διακριτότητα του μίνι κυκλικού κόμβου για την ομαλή κυκλοφορία των οχημάτων. Λόγο το ότι ο νησίδα είναι μόνο ελαφρώς υπερυψωμένη ή και μόνο ζωγραφισμένη στο έδαφος πρέπει με τις ανάλογες πινακίδες να προειδοποιηθούν οι χρηστές. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να αποφευχθεί η εντύπωση ενός συνεχούς δρόμου.

- **Υψηλή κυκλοφορία**
  Στην περίπτωση που, ο κυκλοφοριακός φόρτος υπερβαίνει τα 10.000 οχ./ημέρα τότε πρέπει να αποφευχθεί η δημιουργία ενός μίνι κυκλικό κόμβο και μελετηθεί η πιθανότητα δημιουργίας ενός μεγαλύτερου κόμβο δεδομένου ότι υπάρχει επαρκείς χώρος.

- **Μη ευνοϊκή τοπογραφία**
  Οι μίνι κυκλικοί κόμβοι μπορούν να δημιουργηθούν μόνο εάν η κλίση σε όλα τα σημεία της διασταύρωσης είναι μικρότερη από 6%. Επίσης δεν μπορεί να σχεδιαστεί μετά από στροφή ή πάνω σε θόλο.

- **Έλλειψη χώρο**
  Η ελάχιστη διάμετρος ενός μίνι κυκλικού κόμβου είναι τα 13m. Εάν δεν είναι δυνατή η παροχή αυτής της περιοχής, δεν είναι εφικτός ο ασφαλής σχεδιασμός του κόμβου.

- **Μέσα μεταφοράς**
  Αν στην περιοχή που είναι να σχεδιαστεί ένας μίνι κυκλικός κόμβος κινούνται λεωφορεία αστικά ή και υπεραστικά πρέπει να σχεδιαστεί η κεντρική νησίδα έτσι ώστε να είναι προσπελάσιμη για τα λεωφορεία.
  Σε περίπτωση που λειτουργεί γραμμή του τραμ στην περιοχή δεν μπορεί να σχεδιαστεί ένας μίνι κυκλικός κόμβος.

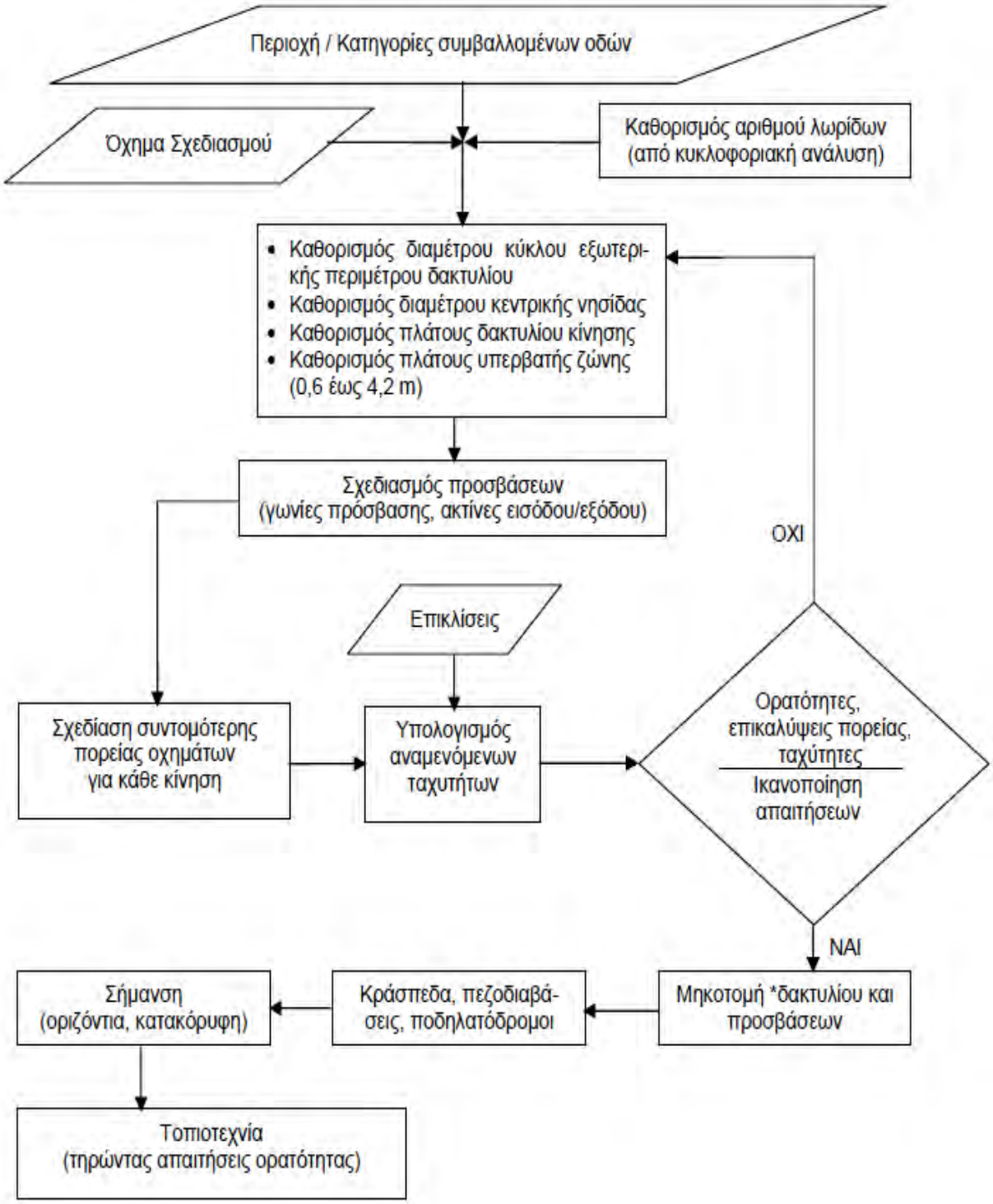
- **Βαρέα οχήματα**
  Η κεντρική νησίδα πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι προσπελάσιμη για βαρέα οχήματα και να διασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρξει επιπλέον θόρυβος από τα οχήματα.
  (Steinbrück, 2015) (Wiesholzer)

4 Γεωμετρικός σχεδιασμός

4.1 Εισαγωγή

Εφόσον κρίθηκε ωφέλιμος ο σχεδιασμός ενός K^3, ακολουθεί ο γεωμετρικός σχεδιασμός. Ο γεωμετρικός σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου παίζει σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια και στην λειτουργία του. Πολλές από τις γεωμετρικές παραμέτρους καθορίζονται από τις απαιτήσεις ελιγμών του οχήματος σχεδιασμού. Ένας κακός γεωμετρικός σχεδιασμός έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οδική συμπεριφορά των χρηστών. Για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν ασφαλέστερος κυκλικός κόμβος απαιτείται συνεχής επαναπροσδιορισμός όλων των παραμέτρων σχεδιασμού ώστε να οδηγηθούμε σε μια αποδεκτή λύση. Στην Εικόνα παρουσιάζονται τα βήματα σχεδιασμού ενός κυκλικού κόμβου.

Γενικά, κρίνεται απαραίτητη για τον σχεδιασμό η πλήρης γνώση του προβλήματος για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό ενός K^3. Επίσης απαραίτητη κρίνεται μια αναλυτική ενημέρωση για τον διαθέσιμο χώρο, όπως και για τα είδη των οχημάτων που θα κινηθούν στον κόμβο. Το όχημα σχεδιασμού επιλέγεται ανάλογα με την χωροθέτηση του κόμβου, την κατηγορία της συμβάλλουσας οδού, καθώς και άλλες παραμέτρους. Ανάλογα με την επιλογή του οχήματος σχεδιασμού προσδιορίζεται η ακτίνα της εξωτερικής περιμέτρου της λωρίδας κυκλοφορίας, καθώς και το πλάτος της εισόδου και εξόδου του κόμβου. Ο κόμβος πρέπει να είναι έτσι διαμορφωμένος ώστε σε περίπτωση μικρής ακτίνας, να είναι υπερβατή η κεντρική νησίδα για μεγάλα οχήματα. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



Εικόνα 4.1 Βήματα σχεδιασμού κόμβου κυκλικής κίνησης
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011) ίδια

4.2 Τύπο κυκλικός κόμβος

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι κυκλικών κόμβων για διαφορετικές συνθήκες και περιοχές. Από χώρα σε χώρα οι τύποι κόμβων μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους. Τα κυριότερα κριτήρια για την σωστή επιλογή του τύπου κόμβου είναι η τοποθεσία (αστικό ή υπεραστικό), ο διαθέσιμος χώρος και ο αναμενόμενος κυκλοφοριακός φόρτος. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά αυτά από τον πίνακα διαλέγουμε τον τύπο κόμβου. (Steinbrück, 2015)

Πίνακας 4.1 Χαρακτηριστικά κόμβων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

		Διάμετρος (m)	V_{max} εισόδου (km/h)	Εξυπηρέτηση φόρτου σε 4-σκελή (οχ/ημέρα)
	Μίνι κυκλικοί κόμβοι	13-25	25	≤10.000
Αστικοί κυκλικοί κόμβοι	Συνεπτυγμένοι	25-30	25	≤15.000
	1 λωρίδας	30-40	35	≤25.000
	2 λωρίδων	45-50	40	≤45.000
Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι	1 λωρίδας	35-40	40	≤20.000
	2 λωρίδων	55-60	50	≤45.000

4.3 Όχημα Σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός των κυκλικών κόμβων καθορίζεται από τα ίχνη των τροχών των οχημάτων που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν τον κόμβο. Το όχημα σχεδιασμού ορίζεται από πολλούς παράγοντες, όπως τις λειτουργικές κατηγορίες των οδών που συμβάλλουν στον κόμβο, το χαρακτήρα της περιοχής από όπου παράγεται η κυκλοφορία στις συμβαλλόμενες οδούς (π.χ. αστική ή υπεραστική, εμπορική/βιομηχανική, κατοικίας), τη σύνθεση της κυκλοφορίας και τον κυκλοφοριακό φόρτο.

Σε όλες τις οδούς κατηγορίας AIII ή ανώτερης και BIII ή ανώτερης, οι κυκλικοί κόμβοι θα σχεδιάζονται με κατάλληλες διαστάσεις για να εξυπηρετεί τον αριθμό φορτηγών (ανεξάρτητο ρυμουλκό με ημι-ρυμουλκούμενο), εκτός αν οριστεί αλλιώς από την αρμόδια Υπηρεσία, τεκμηριώνοντας την απόφαση της για μικρότερα ή μεγαλύτερα οχήματα σχεδιασμού από τον αριθμό φορτηγών. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

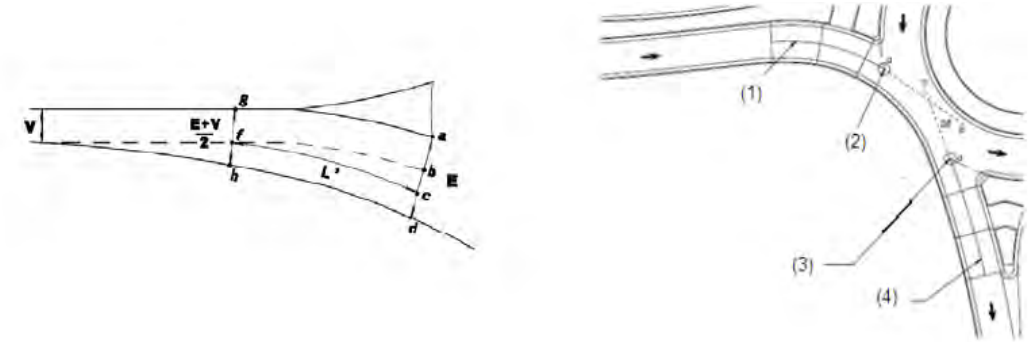
4.4 Στοιχεία Σχεδιασμού

Η διάμεσος της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας εξαρτάται από την περιοχή, τις συμβαλλόμενες οδούς στον κόμβο, την κατηγορία του κόμβου και τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται αναλυτικά αυτά τα μεγέθη.

Πίνακας 4.2: Προτεινόμενη διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Κατηγορία K^3	Όχημα σχεδιασμού- Μήκος οχήματος (m)	Διάμετρος f (m)
Κομβίδιο	Λεωφορείο - 12,00m	15-30
Αστικός Συνεπτυγμένος		25-35
Αστικός 1 Λωρίδας	Φορτηγό - 16,50m	35-45
Αστικός 2 Λωρίδων		45-70
Υπεραστικός 1 Λωρίδας	φορτηγό - 18,70m	40-60
Υπεραστικός 2 Λωρίδων		55-75

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων.



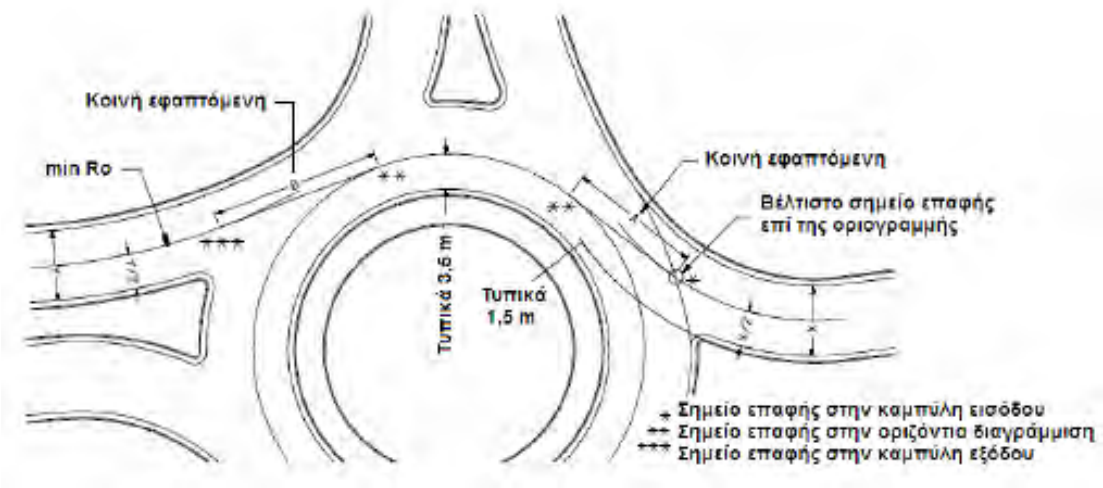
Εικόνα 4.2: Βασικές γεωμετρικές παράμετροι
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Όπου:
V: Κανονικό πλάτος λωρίδας της κανονικής διατομής της οδού πρόσβασης
E: Πλάτος λωρίδας
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 εφαπτομένης 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 εφαπτομένης προς την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας σε απόσταση από αυτήν 1,5 m
(4): Καμπύλη στο μέσον της διαπλατυσμένης λωρίδας εξόδου

Πίνακας 4.3Τυπικά πεδία τιμών σχεδιασμού γεωμετρικών παραμέτρων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Γεωμετρικές παράμετροι	Αριθμός λωρίδων στην είσοδο		
	1 λωρίδα	2 λωρίδες	3 λωρίδες
Πλάτος εισόδου (E)	5,5-6,7m	7,3-8,5m	10,4-12,2m
Αποτελεσματικό τμήμα μήκους διαπλάτυνσης (L`)	50 έως 100m Εάν χρειάζεται για αυξημένη κυκλοφοριακή ικανότητα		
Ακτίνα εισόδου (Ri)	17-27m	17-30m	20-30m
Γωνία εισόδου (Φ)	16°-30°		
Διάμετρος εξωτερικής περιμέτρου (f)	35-45m	50-65m	60-90m
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 επόμενο Σχήμα.



Διάσταση	Ελάχιστη (m)	Επιθυμητή (m)
A	8,0	12,0-15,0
B	8,0	≥12,0

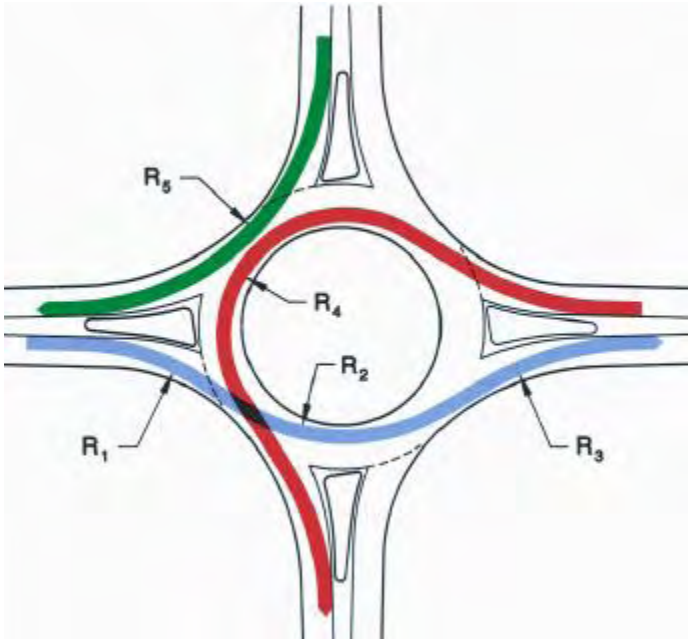
Εικόνα 4.3 Αποστάσεις έλεγχου επικάλυψης πορείας
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Ο σωστός γεωμετρικός σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου διαπιστώνεται με τον σχεδιασμό της συντομότερης διαδρομής και τον υπολογισμό των ταχυτήτων σε κάθε μια από τις καμπύλες με τις ακτίνες R1, R2, R3, R4 και R5. Από τον παρακάτω πίνακα λαμβάνονται οι προτεινόμενες ακτίνες. Ο έλεγχος γίνεται με υπολογισμό των αναπτυσσομένων ταχυτήτων κατά μήκος της συντομότερης διαδρομής, έτσι ώστε οι εν λόγω ταχύτητες να μην διαφέρουν μεταξύ τους περισσότερο από 20km/h.

Η ταχύτητα στην πορεία συντομότερης διαδρομής εξόδου δεν εξαρτάται από την ακτίνα της καμπύλης εξόδου, αλλά από:

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

Εκτιμάται ότι οι οδηγοί επιταχύνουν αμέσως μόλις φτάσουν στο τέλος της καμπύλης ακτίνας R2. Η τιμή της επιτάχυνσης λαμβάνεται ίση με 3,5 m/s^2. Στη μικρή απόσταση από το δακτύλιο κυκλοφορίας μέχρι τη διάβαση πεζών παρατηρείται μια αύξηση της ταχύτητας από 5 έως 10km/h.



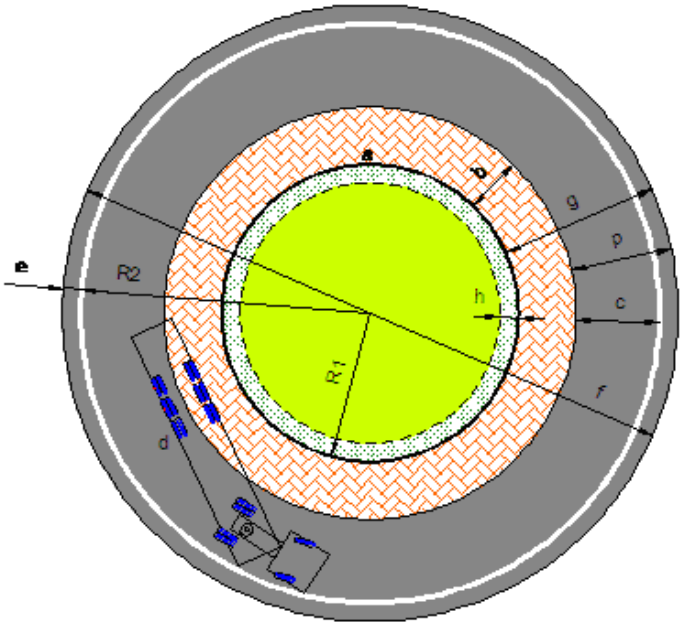
Εικόνα 4.4 Πορείες οχημάτων
Πηγή: (OMOE-K3, 2011)

Πίνακας 4.4 Ακτίνες συντομότερης διαδρομής και ταχύτητες
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

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	Ελάχιστης	5,5-6,0	16	65-54	20
R5	Δεξιάς στροφής	46-54	40	46-54	40

Από τις ακόλουθες εξισώσεις υπολογίζονται οι ταχύτητες για κάθε μια από τις καμπύλες με ακτίνες R1εως R5.

- Για τις καμπύλες R1, R3 και R5 η εξίσωση είναι : $V=8,7602*R^{0,3861}$
- Για τις καμπύλες R2 και R4 η εξίσωση είναι : $V=8,6164*V^{0,3673}$



Στοιχεία		f (m)	R1 (m)	b (m)
Δακτύλιος κυκλοφορίας	2 Λωρίδες	80,0	29,0	1,0
		70,0	23,5	2,0
		60,0	18,5	2,0
		54,0	15,0	2,5
		46,0	10,5	3,0
	1 Λωρίδας	54,0	17,5	0,0
		46,0	12,0	1,5
		40,0	12,0	1,5
		34,0	9,0	1,5
		30,0	6,0	2,5
		24,0	3,5	2,5
		24,0	5,0	0,0
		16,0	1,0	0,0

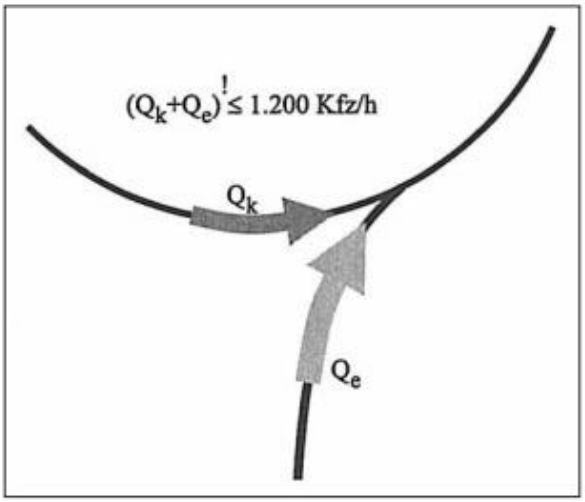
a: Κράσπεδο κεντρικής νησίδας
b: Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας
p: Πλάτος ασφαλτικού οδοστρώματος
c: Πλάτος δακτυλίου κυκλοφορίας
d: Όχημα σχεδιασμού
e: Ελάχιστο πλάτος ασφαλτικού ερείσματος 1,0 m
f: Εξωτερική διάμετρος
g: Πλάτος κυκλοφορίσιμο μεταξύ κρασπέδων
h: Πλάτος λωρίδας μόνο με χλοοτάπητα 1,0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

Εικόνα 4.5 Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων σχεδιασμού σε Κ3
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

4.5 Χωρητικότητα

Σύμφωνα με το Γερμανικό πρότυπο για τον σχεδιασμό των μίνι κυκλικών κόμβων η χωρητικότητα μικρότερη των 12.000 οχήματα/ημέρα δεν δημιουργεί κανένα απολύτως πρόβλημα στην λειτουργία του κόμβου. Αν ο μίνι κυκλικός κόμβος έχει μεγαλύτερη διάμετρο και ο φόρτος του είναι σχεδόν ομοιόμορφα κατανεμημένος τότε μπορούν να εξυπηρετηθούν και μέχρι 18.000 οχήματα/ημέρα.

Προτείνεται το άθροισμα των οχημάτων που εισέρχονται στο κόμβο και των οχημάτων που κινούνται μέσα στον κόμβο να μην υπερβαίνει τα 1.200 οχήματα/ώρα όπως απεικονίζεται στην εικόνα παρακάτω. (Reinhold Baier , 2014)



Εικόνα 4.6 χωρητικότητα μίνι κυκλικού κόμβου
Πηγή: (Reinhold Baier , 2014)

4.6 Πλάτος Δακτυλίου

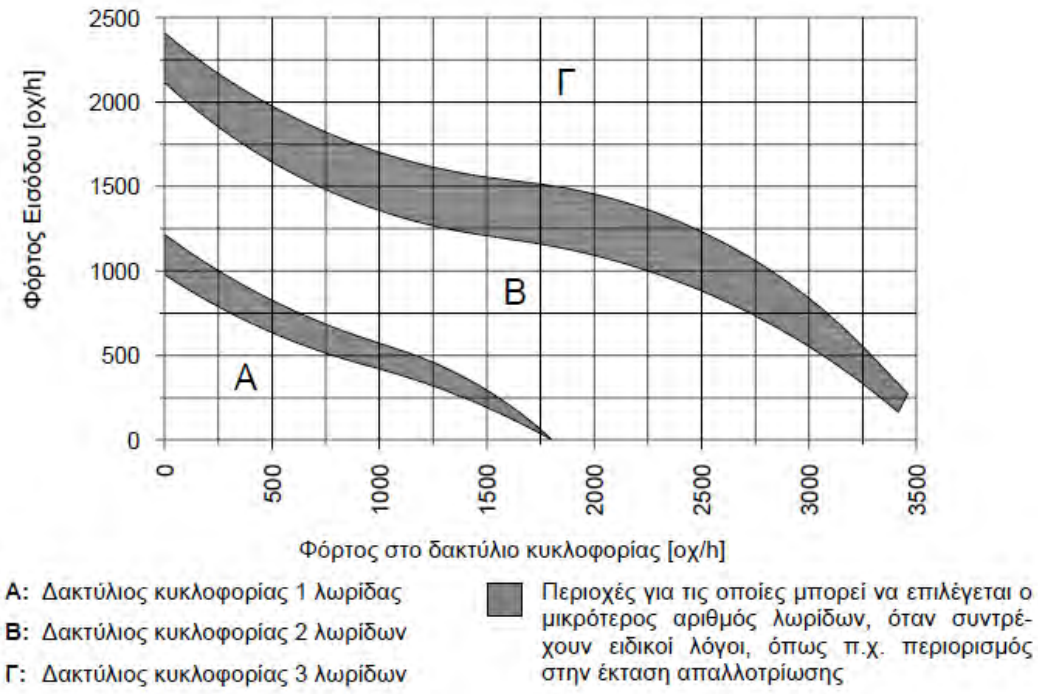
Είναι η λωρίδα γύρω από την κεντρική νησίδα στην οποία κυκλοφορούν τα οχήματα. Το πλάτος του τυχόν ρείθρου στην εσωτερική ή εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου δεν προλαμβάνεται σε αυτό το πλάτος.

Απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός ώστε να εξυπηρετεί μεγάλα οχήματα σχεδιασμού. Σε κόμβους με 2 λωρίδες κυκλοφορίας είναι απαραίτητο να μελετηθεί η κίνηση ενός μεγάλου φορτηγού σε παράλληλη κίνηση με μικρό επιβατικό όχημα, χωρίς να εμπλέκονται τα ίχνη των οχημάτων τους. Το αμάξωμα του φορτηγού δεν πρέπει απαραίτητα να βρίσκεται μέσα στο πλάτος των οριογραμμών, καθώς ο πρόβολος στο εμπρόσθιο ή οπίσθιο μέρος του μπορεί να υπερβαίνει αυτές τις οριογραμμές. Για τον λόγο αυτό προβλέπεται στην περίμετρο του δακτυλίου ελεύθερη ζώνη 1,0m.
Στην περίπτωση κόμβου με 1 λωρίδα κυκλοφορίας το απαιτούμενο πλάτος υπολογίζεται σύμφωνα με το αποτύπωμα ενός λεωφορείου ενιαίου σώματος μήκους 15m ή μεγάλο όχημα πυροσβεστικής.
(ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

4.7 Αριθμός Λωρίδων Κυκλοφορίας και Προσβάσεων

Ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας πρέπει να είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος σύμφωνα με την υφιστάμενη και μελλοντική ζήτηση η οποία υπολογίζεται από την λειτουργική ανάλυση. Ο σχεδιασμός πρόσθετων λωρίδων για αύξηση της χωρητικότητας, πέρα των απαραιτήτων πρέπει να αποφευχθεί ώστε να μην μειωθεί η οδική ασφάλεια. Εάν μελλοντικά προβλέπεται μια αύξηση των λωρίδων τότε ένας σχεδιασμός του έργου μπορεί να γίνει κατά φάσεις.
Σε κόμβους με 2 λωρίδες κυκλοφορίας (μια ανά κατεύθυνση) κατηγορίας AII και BIV που συμβάλλουν στον κόμβο, στις εισόδους θα διαμορφώνεται επίσης με δύο λωρίδες, ενώ στις εξόδους ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις στρέφουσες κινήσεις διαμορφώνεται με μια ή δύο λωρίδες. Όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι αυξημένος και η έξοδος από τον κόμβο προς οδό 2 λωρίδων (μιας ανά κατεύθυνση) γίνεται με διαμόρφωση δύο λωρίδων, τότε η πρόσθετη δεύτερη λωρίδα θα συνεχίζεται σε μήκος 175m (ελάχιστο 120m) μετά της περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας, πριν συμβάλλει στην μοναδική λωρίδα της κατεύθυνσης.

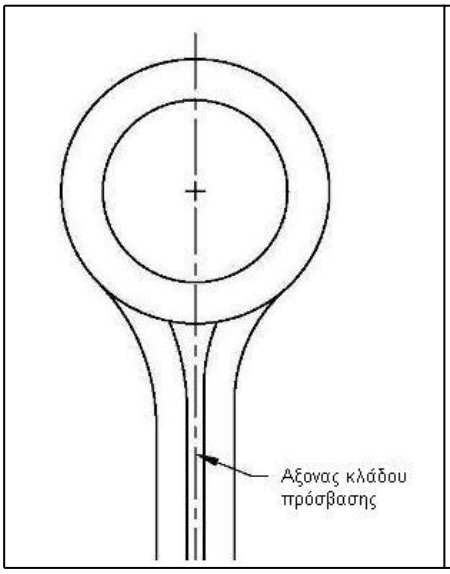
Όταν οι κατηγορίες είναι κατώτερες των AII και BIV και ο κόμβος έχει 2 λωρίδες πρόσβασης, τότε ο δακτύλιος συνήθως έχει μια λωρίδα.
Στην περίπτωση 4-ιχνων ή 6-ιχνων οδών πρόσβασης στον κόμβο, αυτές διαμορφώνονται στον κλάδο εισόδου σε 2 ή 3 λωρίδες ανάλογα με τον δακτύλιο κυκλοφορίας. Από το παρακάτω διάγραμμα μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας στον κόμβο, ανάλογα με το συνδυασμό των κυκλοφοριακών φόρτων στις εισόδους και στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Το διάγραμμα βασίζεται σε αποδεκτό βαθμό κορεσμού. (OMOE-K3, 2011)



Εικόνα 4.7 Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων
Πηγή: (OMOE-K3, 2011)

4.8 Διάταξη Κλάδων Πρόσβασης

Η σωστή διάταξη των κλάδων πρόσβασης συμβάλει στην σωστή λειτουργιά του κόμβου, καθώς επηρεάζει τη ρύθμιση της ταχύτητας των οχημάτων, μειώνει την ορατότητα μεταξύ διαδοχικών κλάδων και δεν ικανοποιεί τα οχήματα σχεδιασμού για τον κόμβο. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι αυτή στην οποία ο άξονας του κλάδου πρόσβασης είναι σε ευθεία με το κέντρο του κόμβου. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι διάταξης (1.) Άξονας οδού πρόσβασης σε ευθεία με το κέντρο του κόμβου (2.) Άξονας οδού πρόσβασης αριστερά από το κέντρο του κόμβου (3.) Άξονας οδού πρόσβασης δεξιά από το κέντρο του κόμβου. (OMOE-K3, 2011)



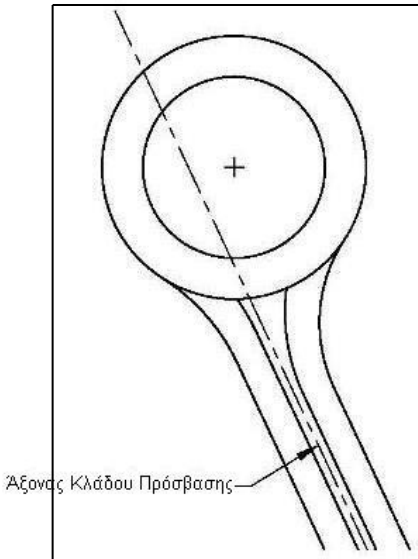
Πλεονεκτήματα

- Αναμενόμενη από τους οδηγούς διάταξης
- Απαιτούνται λιγότερες επεμβάσεις στην χάραξη των προσβάσεων, οπότε περιορίζονται οι επιπτώσεις στη στενή περιοχή του κόμβου.
- Η καμπυλότητα στις εξόδους αποθαρρύνει τους οδηγούς να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες εξερχόμενοι του κόμβου.

Μειονεκτήματα

- Ίσως απαιτεί μεγαλύτερη διάμετρο για να επιτευχθεί ικανοποιητική ρύθμιση ταχύτητας
- Δεν είναι πάντα εφικτή διάταξη και εξαρτάται από την χάραξη των κλάδων

Εικόνα 4.8 Άξονας οδού πρόσβασης σε ευθεία με το κέντρο του κόμβου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



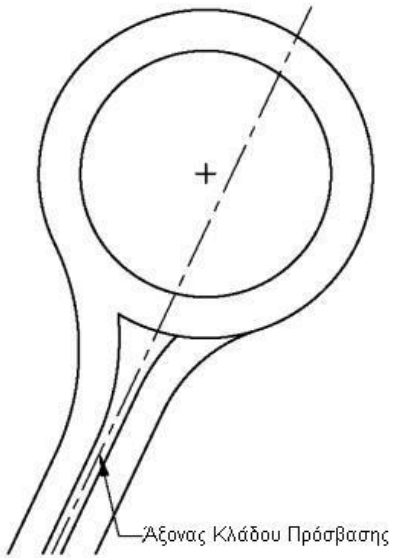
Πλεονεκτήματα

- Επιτρέπει μεγαλύτερη γωνία εκτροπής και ρύθμιση της ταχύτητας
- Ευνοεί την εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων, έχοντας μικρή διάμετρο
- Εξυπηρετεί ενδεχόμενη ανάγκη μείωσης απαλλοτριώσεων στην αριστερή πλευρά του κλάδου

Μειονεκτήματα

- Στην έξοδο υπάρχει μεγάλη ακτίνα στροφής που ευνοεί μεγάλες ταχύτητες, αλλά πρόβλημα στην πεζοδιάβαση
- Επιβάλλει ενδεχόμενη αύξηση απαλλοτριώσεων στη δεξιά πλευρά του κλάδου

Εικόνα 4.9 Άξονας οδού πρόσβασης αριστερά από το κέντρο του κόμβου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

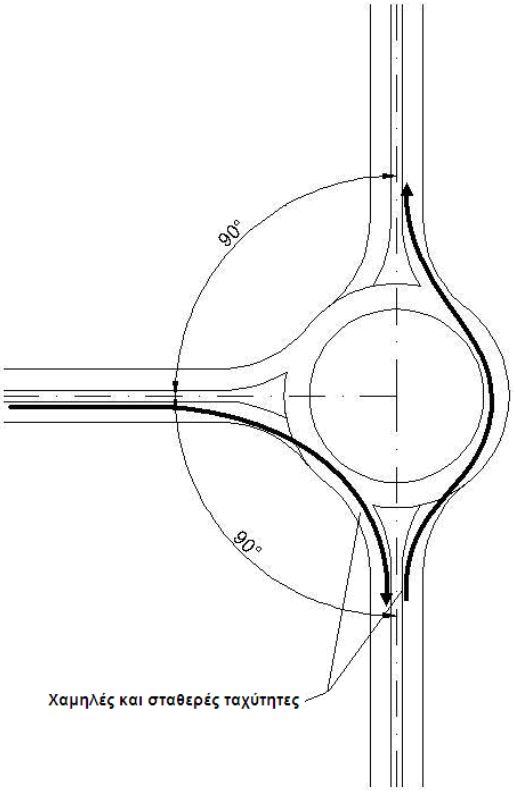
	**Πλεονεκτήματα** • Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κόμβους με μεγαλύτερη διάμετρο με ταυτόχρονη διατήρηση ικανοποιητικού ελέγχου ταχυτήτων • Βελτίωση ορατότητας μεταξύ διαδοχικών κλάδων στην είσοδο • Εξυπηρετεί την ενδεχόμενη ανάγκη μείωσης απαλλοτριώσεων στη δεξιά πλευρά της οδού πρόσβασης **Μειονεκτήματα** • Δυσκολία στη ρύθμιση της ταχύτητας των οχημάτων, ειδικά σε περιπτώσεις κύκλου μικρής διαμέτρου. • Επιβάλλει την ενδεχόμενη ανάγκη αύξησης των απαλλοτριώσεων στην αριστερή πλευρά του κλάδου.

Εικόνα 4.10 Άξονας οδού πρόσβασης δεξιά από το κέντρο του κόμβου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

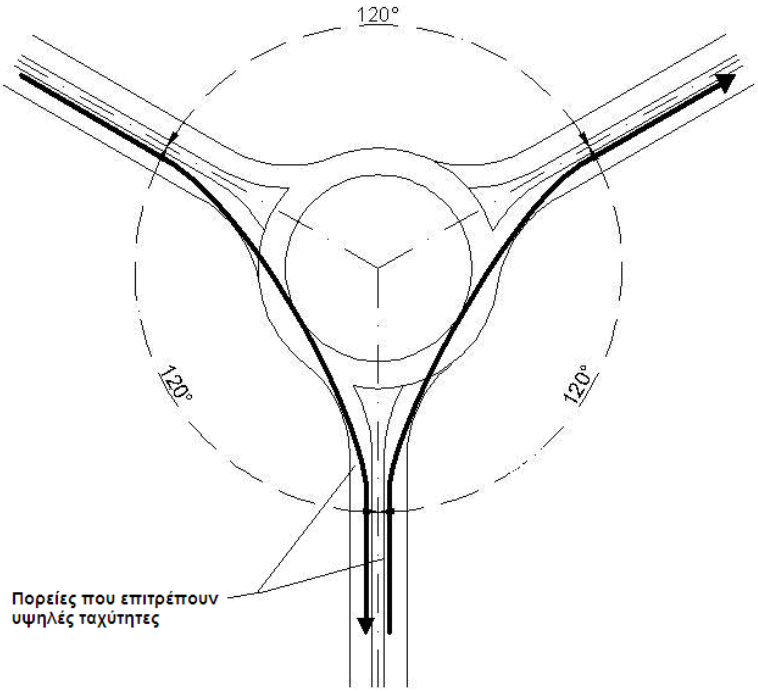
4.9 Γωνία μεταξύ Σκελών

Η γωνία μεταξύ των σκελών είναι πολύ σημαντική για την μείωση των εμπλοκών μεταξύ των οχημάτων αλλά και μεταξύ οχημάτων και πεζών, που είναι ο πιο βασικός λόγος για τον οποίο εφαρμόζουμε κυκλικούς κόμβους. Τόσο η πολύ μεγάλη όσο και η πολύ μικρή γωνία δημιουργούν προβλήματα στην κίνηση των οχημάτων. Όταν οι γωνίες μεταξύ των κλάδων είναι μεγάλες, αναπτύσσονται εύκολα μεγάλες ταχύτητες αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι οδηγοί συχνά να μην ακλουθούν την πορεία του κόμβου ή και λωρίδες που δεν αντιστοιχούν στην ακολουθητέα πορεία εξόδου τους από τον κόμβο. Αντιθέτως οι πολύ μικρές γωνίες δυσκολεύουν την κίνηση των βαρέων οχημάτων. Η ιδανική διάταξη είναι αυτή των 90°. Για γωνίες μεγαλύτερες των 90° πρέπει να σχεδιαστεί ο κύκλος με μεγάλη διάμετρος για την αποφυγή μεγάλων ταχυτήτων.

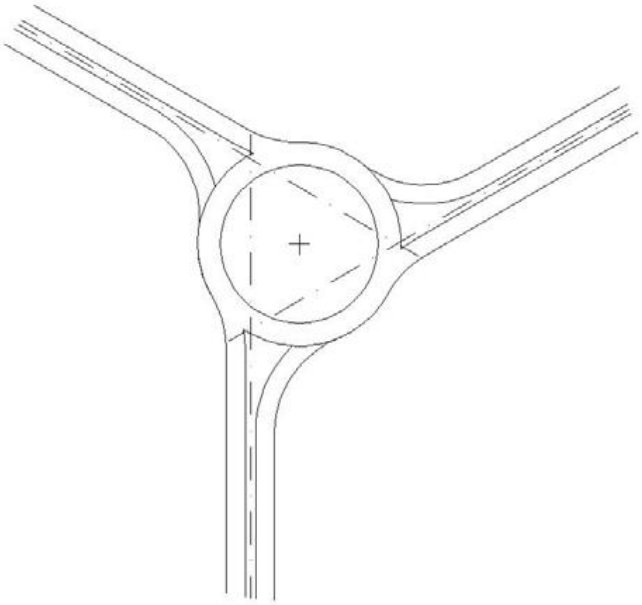
Σε κόμβους με 3 οδούς πρόσβασης είναι προτιμότερη η διάταξη της μορφής «**Τ**» με γωνία 90° σε σχέσης με την διάταξη της μορφής «**Υ**» στην οποία απαιτούνται τροποποιήσεις για την ρύθμιση της ταχύτητας, όπως είναι η αλλαγή της διαμέτρου των λωρίδων κυκλοφορίας, η μείωση του πλάτους και των ακτινών καμπής των σκελών πρόσβασης κατά την είσοδο στον κόμβο και η μετατόπιση του άξονα των κλάδων πρόσβασης προς τα αριστερά σε σχέση με το κέντρο του κόμβου. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



Εικόνα 4.11 Τυπική διαμόρφωση κόμβου μορφής Τ
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



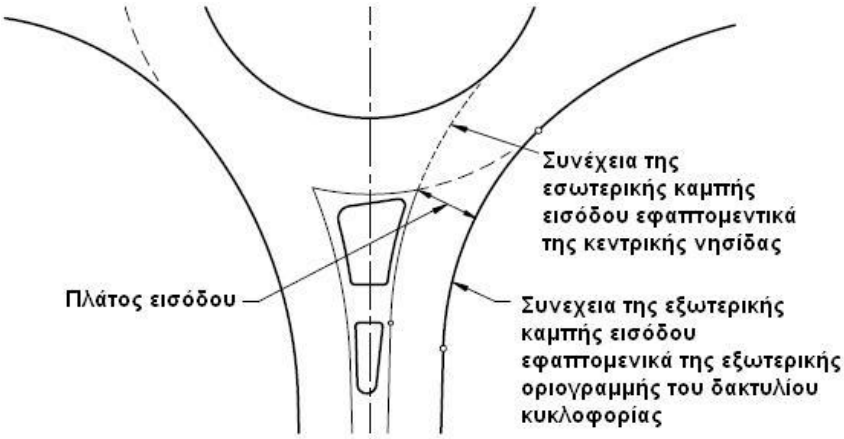
Εικόνα 4.12 Τυπική διαμόρφωση κόμβου μορφής Υ
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



Εικόνα 4.13 Τροποποιημένος κόμβος μορφής Y
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

4.10 Είσοδοι

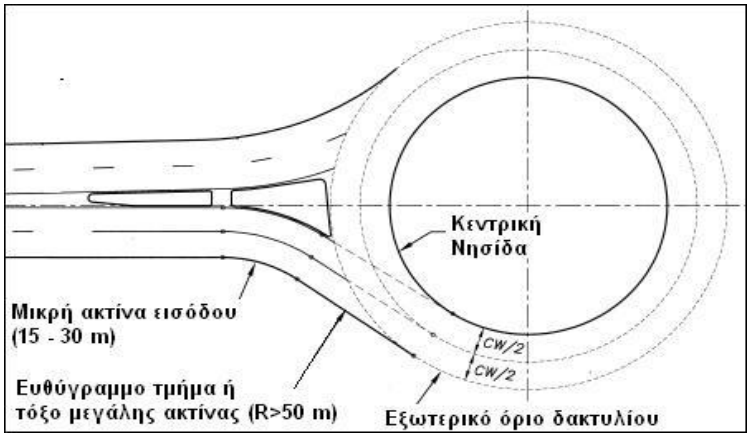
Ο σχεδιασμός της εισόδου στον κόμβο είναι σημαντικό για την ομαλή είσοδο των οχημάτων και την σωστή ρύθμιση των ταχυτήτων με την οποία θα εισέρθουν τα οχήματα στον κόμβο. Σε εισόδους με μια λωρίδα το πλάτος πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 4m και 5m και οι ακτίνες εισόδου μεταξύ 15m και 30m. Το πλάτος δεν προτείνεται να σχεδιάζεται μεγαλύτερο από το καθορισμένο εύρος, για να μην δημιουργηθούν παράλληλες κινήσεις των οχημάτων. Στους μίνι κυκλικούς κόμβους το πλάτος πρέπει να είναι μεταξύ 4m και 5m ενώ οι ακτίνες εισόδου μπορούν να είναι μεταξύ 3m και 20m.



Εικόνα 4.14 Τυπική μορφή εισόδου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

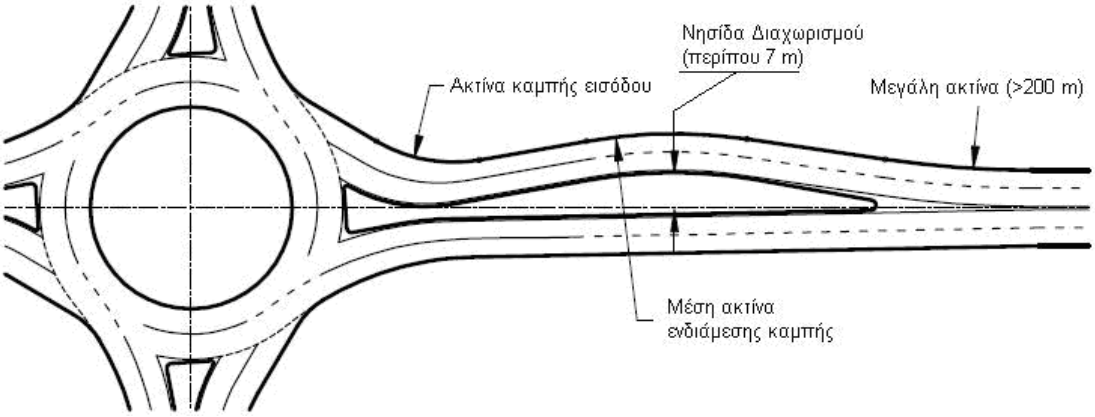
Η αλληλουχία των καμπών στον κλάδο εισόδου και μέχρι την είσοδο στο δακτύλιο κυκλικής κυκλοφορίας δεν πρέπει να οδηγεί σε διαφορές ταχυτήτων από τμήμα σε τμήμα μεγαλύτερες των 20 km/h.

Σε εισόδους με δυο ή περισσότερων λωρίδων, είναι σημαντικό τα οχήματα να οδηγηθούν στην σωστή λωρίδα επί του δακτυλίου, για αυτόν τον λόγο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευθύγραμμα τμήματα ή τόξα μεγάλης ακτίνας για τη συναρμογή μεταξύ των τόξων της εισόδου και του δακτυλίου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4.15 Ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Σε οδούς με μεγάλες ταχύτητες (V≥ 70km/h) συνίσταται να δημιουργείται μια θλάση προς την αριστερή πλευρά κίνησης, ώστε να υπάρξει μείωση ταχύτητας κατά την προσέγγιση στον δακτύλιο.



Εικόνα 4.16 Δημιουργία θλάσης στον κλάδο εισόδου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Όταν κατά την είσοδο στον κόμβο παρουσιάζονται εμπλοκές των τροχιών των βαρέων οχημάτων, χρησιμοποιούνται ειδικές ακτίνες καμπυλότητας. Για να μην αυξηθούν λόγω των ειδικών ακτινών οι ταχύτητες των οχημάτων, προτείνεται να κατασκευαστούν διαχωριστικές νησίδες με ταυτόχρονη διαγράμμιση επί του οδοστρώματος, για την καλύτερη καθοδήγηση των οχημάτων χωρίς να εμπλέκονται οι τροχιές τους. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011) (Dr.-Ing. Martin Schmotz, 2014)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προτεινόμενες ταχύτητες σχεδιασμού εισόδου ανάλογα με την κατηγορία κόμβου

Πίνακας 4.5 Ταχύτητες σχεδιασμού εισόδου στους κόμβους
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

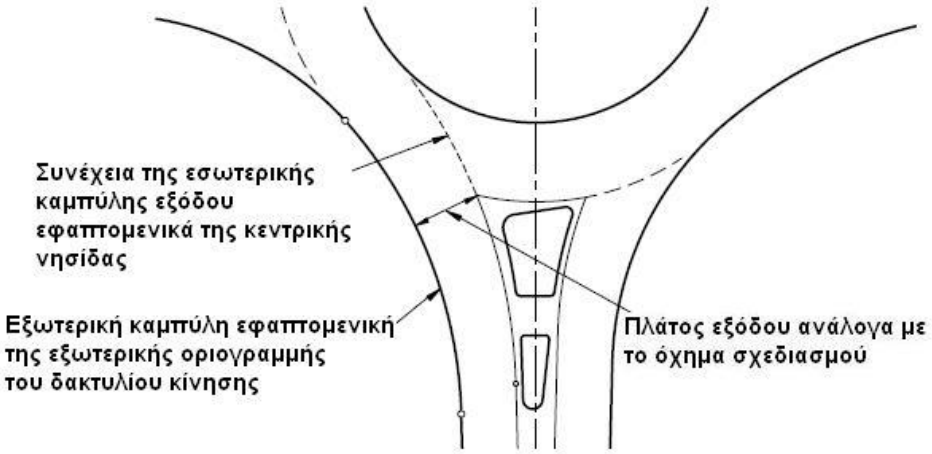
Κατηγορία Κ[3]	Ταχύτητα (km/h)
Κομβίδιο	25 – 30
Αστικός Συνεπτυγμένος	25-30
Αστικός 1 Λωρίδας	30-40
Αστικός 2 Λωρίδων	40-50
Υπεραστικός 1 Λωρίδας	40-50
Υπεραστικός 2 Λωρίδων	50

4.11 Έξοδοι

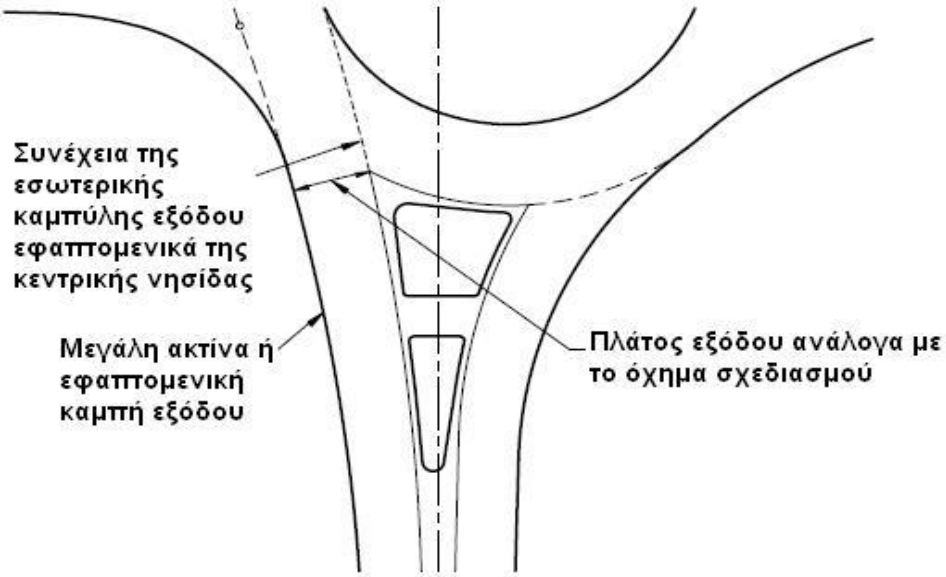
Οι ακτίνες στις εξόδους είναι μεγαλύτερες από τις ακτίνες της εισόδου στον κόμβο ώστε να μην δημιουργούνται ουρές και ατυχήματα. Ωστόσο η ακτίνα διαδρομής εξόδου δεν πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερη από την ακτίνα της διαδρομής κυκλικής κίνησης στον κόμβο, ώστε να μην δημιουργούνται μεγάλες ταχύτητες στις πεζοδιαβάσεις.

Κατά το σχεδιασμό πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην ορατότητα. Είναι απαραίτητο να δίνεται η δυνατότητα στους οδηγούς να αποφασίσουν σωστά την πιθανότητα στάσης καθώς και στους πεζούς να ερμηνεύουν σωστά τις κινήσεις των οδηγών ώστε εκτιμούν ορθά τον χρόνο που χρειάζονται για να διασχίσουν σωστά τη διάβαση.
Με χαμηλές ταχύτητες των οχημάτων στις εξόδους, εύκολα αντιλαμβάνονται οι πεζοί τις προθέσεις των οδηγών και αντίστοιχα οι πεζοί γίνονται πιο εύκολα αντιληπτοί από τους οδηγούς των οχημάτων με αποτέλεσμα να μην επιταχύνουν στην όψη τους.

Κατά την έξοδο των οδηγών από τον δακτύλιο στον κλάδο εξόδου πρέπει να υπάρχει ομαλή μετάβαση. Γενικότερα, ισχύουν οι δύο παρακάτω διατάξεις που απεικονίζονται στις Εικόνες.



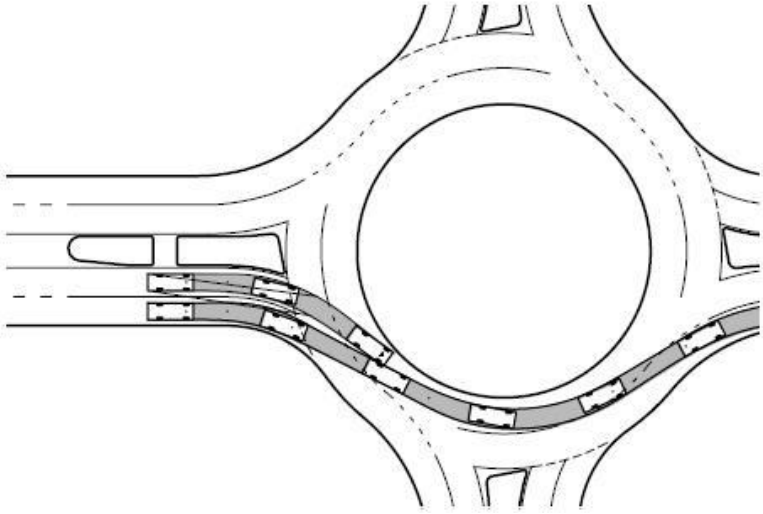
Εικόνα 4.17 Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο από το κέντρο του κόμβου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



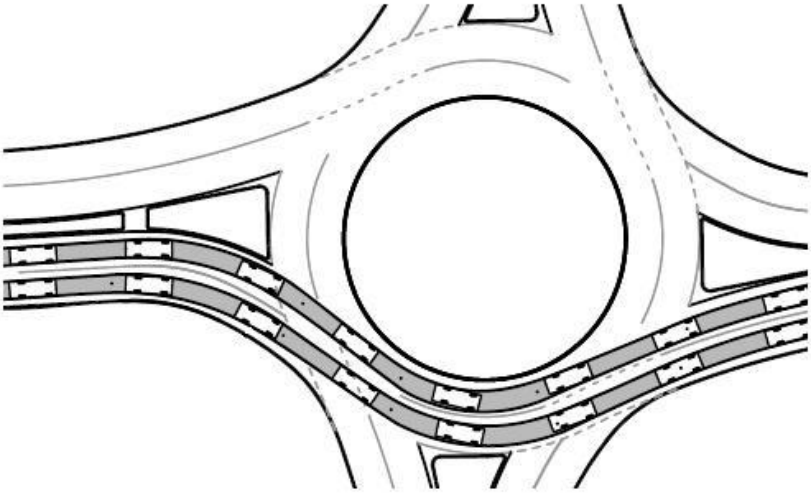
Εικόνα 4.18 Έξοδος με άξονα οδού αριστερά από το κέντρο του κόμβου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

4.12 Πορεία Οχημάτων

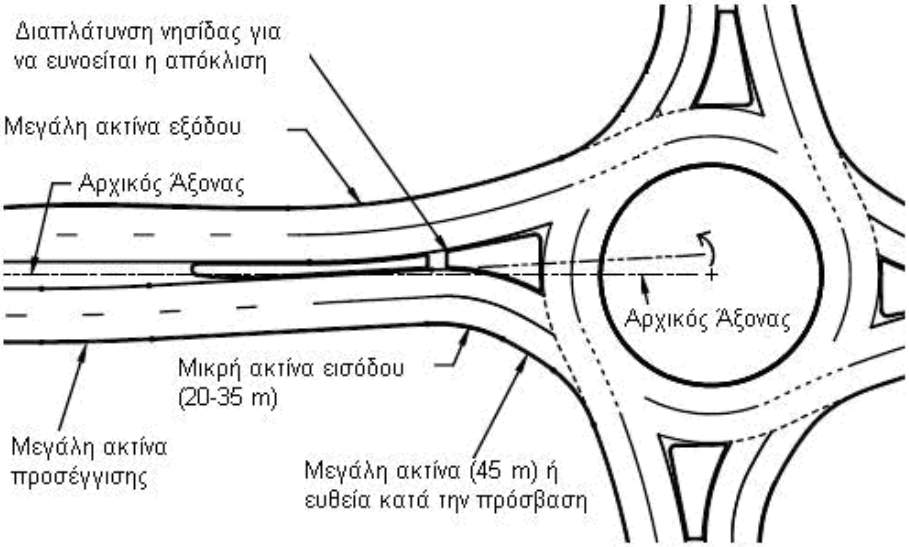
Είναι σημαντικό να καθοδηγηθούν σωστά τα οχήματα κατά την κίνησή τους στους κλάδους εισόδου και εξόδου όσο και επί της λωρίδας κυκλοφορίας μέσα στον κόμβο. Είναι επιθυμητό να μην υπάρχει επικάλυψη πορειών, ούτε κατά την παράλληλη κίνηση οχημάτων με ίδια προέλευση και προορισμό, ούτε κατά τη διασταύρωση οχημάτων με διαφορετικές πορείες. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)
Στην εικόνα 4.19 απεικονίζεται μια προβληματική διάταξη, ενώ στις εικόνες 4.20 και 4.21 φαίνονται τρόποι γεωμετρικά βελτιωμένων κόμβων.



Εικόνα 4.19 Προβληματική διάταξης πορείας οχημάτων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



Εικόνα 4.20 Βελτιωμένη διάταξη παράλληλης πορείας οχημάτων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



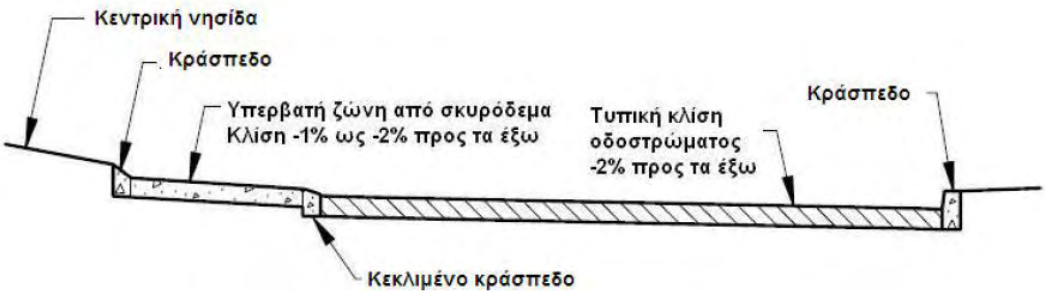
Εικόνα 4.21 Ρύθμιση άξονα και τόξων πορείας οχημάτων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

4.13 Υψομετρική διαμόρφωση και αποχέτευση καταστρώματος

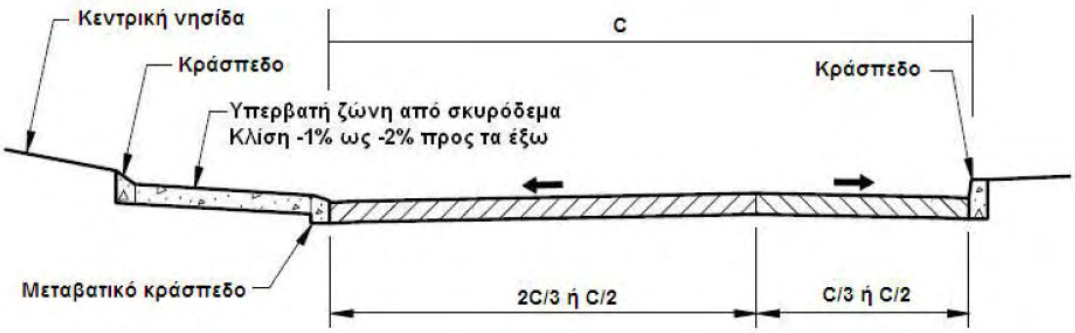
Όταν ο κόμβος σχεδιάζεται σχεδόν σε οριζόντιο έδαφος, για την ομαλή αποχέτευση του καταστρώματος του δακτυλίου κυκλοφορίας προτείνεται ο κόμβος να διαμορφωθεί με κλίση 0,5 έως 1,0%. Αυτό γίνεται για την σωστή καθοδήγηση της απορροής προς συγκεκριμένη θέση.
Εάν το έδαφος δεν έχει το προαναφερόμενο ανάγλυφο, τότε ο κόμβος κατασκευάζεται με κλίση 4% κατά μήκος δύο κάθετων μεταξύ τους διαμέτρων και μόνο στη μία εξ΄ αυτών αν είναι δυνατό. Οι κλάδοι πρόσβασης δεν μπορούν να έχουν κατά μήκος κλίση μεγαλύτερη από 2,5%, τουλάχιστον σε μήκος 12 m (ιδανικό 20 m) από την περίμετρο του δακτυλίου. Στις εξόδους η κλίση μπορεί να είναι μεγαλύτερη, με μέγιστη τιμή 4%.

Σε κόμβους με 1 λωρίδα κυκλοφορίας το οδόστρωμα προτείνεται να έχει κλίση 2 έως 2,5% προς την εξωτερική περίμετρο του κόμβου. Σε κόμβους 2 λωρίδων μπορεί να κατασκευαστεί και δικλινές οδόστρωμα, με σημείο αλλαγής της επίκλισης στα 2/3 ή το 1/2 του πλάτους του δακτυλίου, μετρούμενο από την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Τα φρεάτια υδροσυλλογής τοποθετούνται στην εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου του κόμβου και πάντα ανάντη των πεζοδιαβάσεων. Εάν υπάρχει απορροής προς την κεντρική νησίδα, τα φρεάτια τοποθετούνται στην εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου, πρέπει να συνδέονται με το σύστημα απορροής που οδηγείται προς την εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



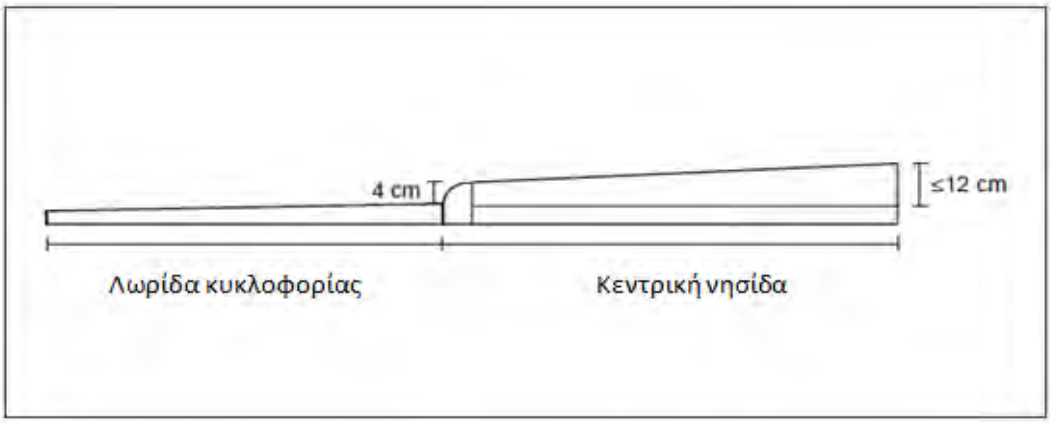
Εικόνα 4.22 Μονοκλινές οδόστρωμα
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



Εικόνα 4.23 Δικλινές οδόστρωμα
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

4.14 Κεντρική νησίδα

Η κεντρική νησίδα είναι η υπερυψωμένη, μη υπερβατή επιφάνεια (εκτός από την περίπτωση των μικρών κυκλικών κόμβων όπου η κεντρική νησίδα είναι υπερβατή), που περικλείεται από το κυκλικό κατάστρωμα και μπορεί να περιλαμβάνει υπερβατή περιμετρική ζώνη. Σε όλους τους τύπου κυκλικών κόμβων, εκτός από τον μίνι κυκλικό κόμβο, η κεντρική νησίδα διαμορφώνεται κατάλληλα για λόγους αισθητικής. Το μέγεθος της κεντρικής νησίδας επηρεάζει σημαντικά και το βαθμό εκτροπής της κινούμενης κυκλοφορίας εντός του κυκλικού κόμβου. Η κεντρική νησίδα στους μίνι κυκλικούς κόμβους διαμορφώνεται, είτε με πλακόστρωτο είτε με άσφαλτο. Στην εικόνα 4.24 απεικονίζεται η κεντρική νησίδα ενός μίνι κυκλικού κόμβου όπου, στο εξωτερικό της κεντρικής νησίδας το ύψος της είναι 4cm ώστε να είναι υπερβατή για βαρέα οχήματα, ενώ αυξάνεται το ύψος όσο πλησιάζουμε το κέντρο. Η κεντρική νησίδα σε μίνι κυκλικούς κόμβους μπορεί να είναι είτε αποτυπωμένη στο έδαφος, είτε διαμορφωμένη υπερυψωμένη. (Steinbrück, 2015) (Wiesholzer)



4.24 **Σχεδιασμός κεντρικής νησίδας ενός μίνι κυκλικού κόμβου**
Πηγή: (Steinbrück, 2015)

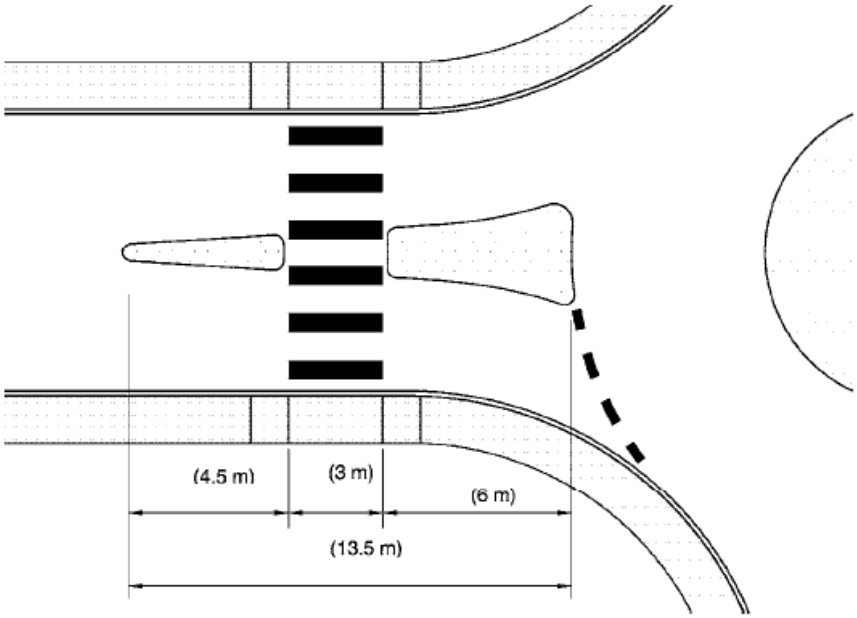
Εικόνα 4.25 Κεντρική νησίδα αποτυπωμένη στο έδαφος
Πηγή: (big-trouble-mini-roundabouts)

Εικόνα 4.26 Κεντρική νησίδα υπερυψωμένη
Πηγή: (nmfv.dk)

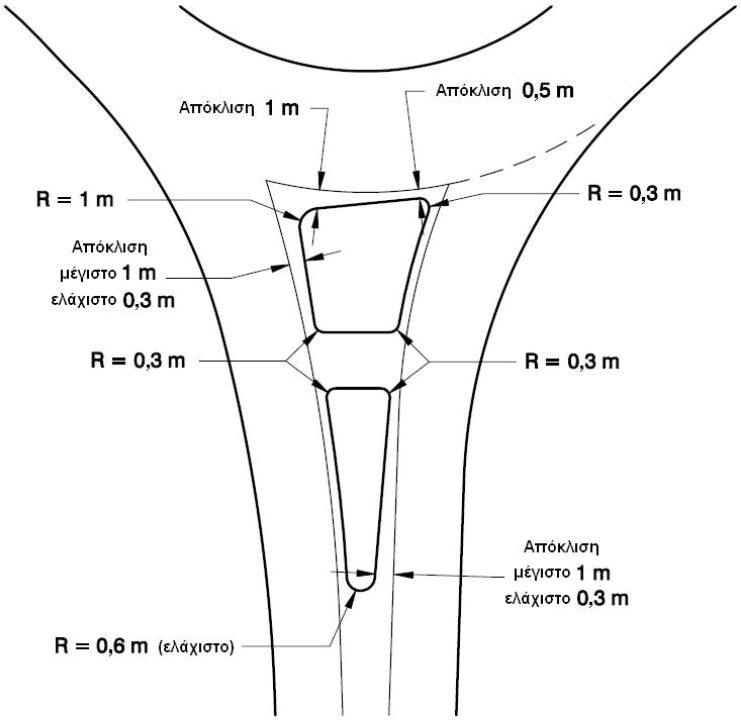
4.15 Νησίδα διαχωρισμού

Διαχωριστικές νησίδες θα πρέπει να κατασκευάζονται σε κάθε κυκλικό κόμβο, εκτός από τις περιπτώσεις με πολύ μικρή διάμετρο εγγεγραμμένου κύκλου (μίνι κυκλικοί κόμβοι), όπου η υπερυψωμένη διαχωριστική νησίδα θα εμπόδιζε την ορατότητα προς την κεντρική νησίδα, σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μόνο διαγραμμίσεις ή διαχωριστικές νησίδες με μικρότερες διαστάσεις (εικόνα 4.27) . Η διαχωριστική νησίδα λειτούργει ως χώρος αναμονής για πεζούς, για να συμβάλλουν στη ρύθμιση των ταχυτήτων, για να καθοδηγούν την πορεία των οχημάτων προς τον κυκλικό κόμβο και για να διαχωρίζουν την εισερχόμενη από την εξερχόμενη κυκλοφορία.

Η διαχωριστική νησίδα σε μίνι κυκλικούς κόμβους έχει μήκος 13.5m, ενώ σε κόμβους 1 λωρίδας κυκλοφορίας πρέπει να έχει ελάχιστο μήκος 15m, αν και το επιθυμητό είναι 30m.
Σε περιοχές υψηλών ταχυτήτων το μήκος αυτό μπορεί να είναι 45m, με ταυτόχρονη διαμόρφωση καμπύλης στο οδόστρωμα του κλάδου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία σχεδιασμού των διαχωριστικών νησίδων. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011) (Federal Highway Administration, 2010)



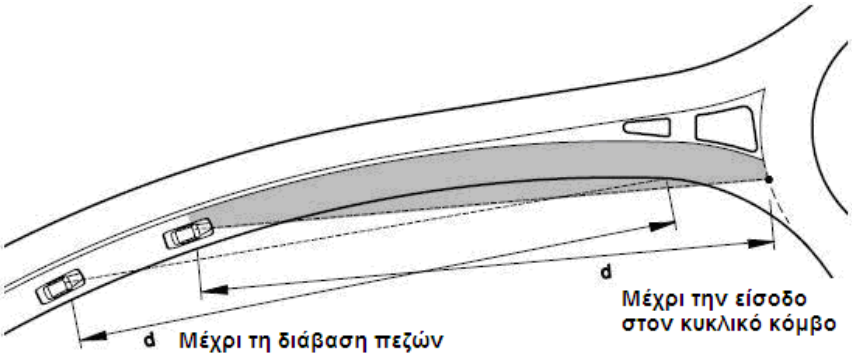
4.27 Στοιχεία νησίδας με πεζοδιάβαση για μίνι κυκλικούς κόμβους
Πηγή: (Federal Highway Administration, 2010)



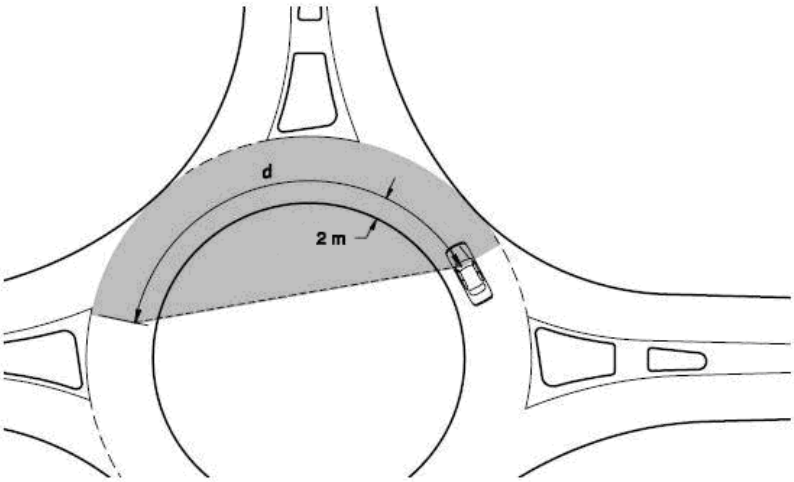
Εικόνα 4.28 Λεπτομέρειες σχεδιασμού νησίδας
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

4.16 Ορατότητα

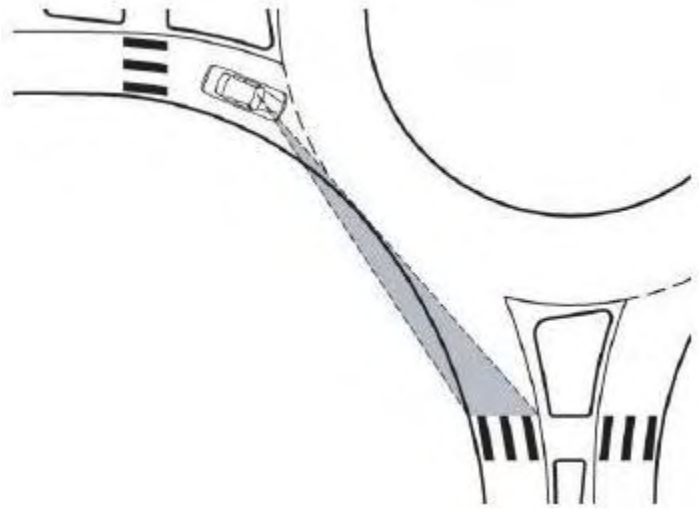
Η επαρκής ορατότητα σε έναν κυκλικό κόμβο σχετίζεται με την θέση σταματημού, είναι δηλαδή η θέση στην οποία ο οδηγός έχει πλήρης ορατότητα, αντιλαμβάνεται την ύπαρξη ενός εμποδίου και ανάλογα αποφασίζει την πορεία του.
Σε κάθε κυκλικό κόμβο απαιτείται η τήρηση των ελάχιστων αποστάσεων ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση του κόμβου, κατά την κυκλοφορία επί του δακτυλίου και κατά την προσέγγιση των διαβάσεων πεζών στην έξοδο του κόμβου.



Εικόνα 4.29 Ορατότητα κατά την προσέγγιση στο κόμβο
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



Εικόνα 4.30 Ορατότητα μέσα στο δακτύλιο
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

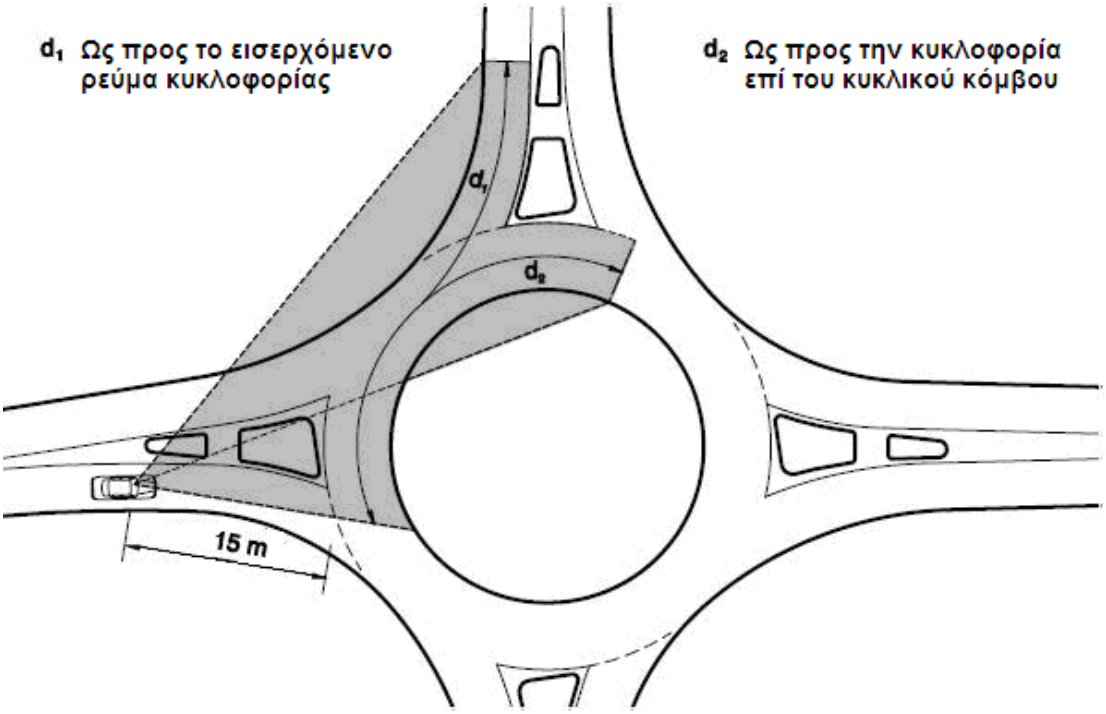


Εικόνα 4.31 Ορατότητα στην έξοδο και ταυτόχρονα προσέγγιση των πεζοδιαβάσεων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Η απόσταση ορατότητας είναι ανάλογα με την ταχύτητα κίνησης του οχήματος, η οποία υπολογίζεται με βάση το χρόνο αντίληψης - αντίδρασης 2,5s και επιβράδυνσης 3,4m/s^2.

Ταχύτητα (km/h)	15	25	30	40	50
Απόσταση Ορατότητας (m)	20	30	40	50	60

Κατά την είσοδο στον κόμβο, ο οδηγός πρέπει να έχει πλήρη ορατότητα των επερχόμενων οχημάτων που υπάρχει πιθανότητα εμπλοκής. Το τρίγωνο ορατότητας το οποίο ορίζεται από την περιοχή που πρέπει να είναι ελεύθερη από εμπόδια. Το ύψος εμποδίου ορίζεται στο 1,0 m, όπως και το ύψος οφθαλμών του οδηγού.

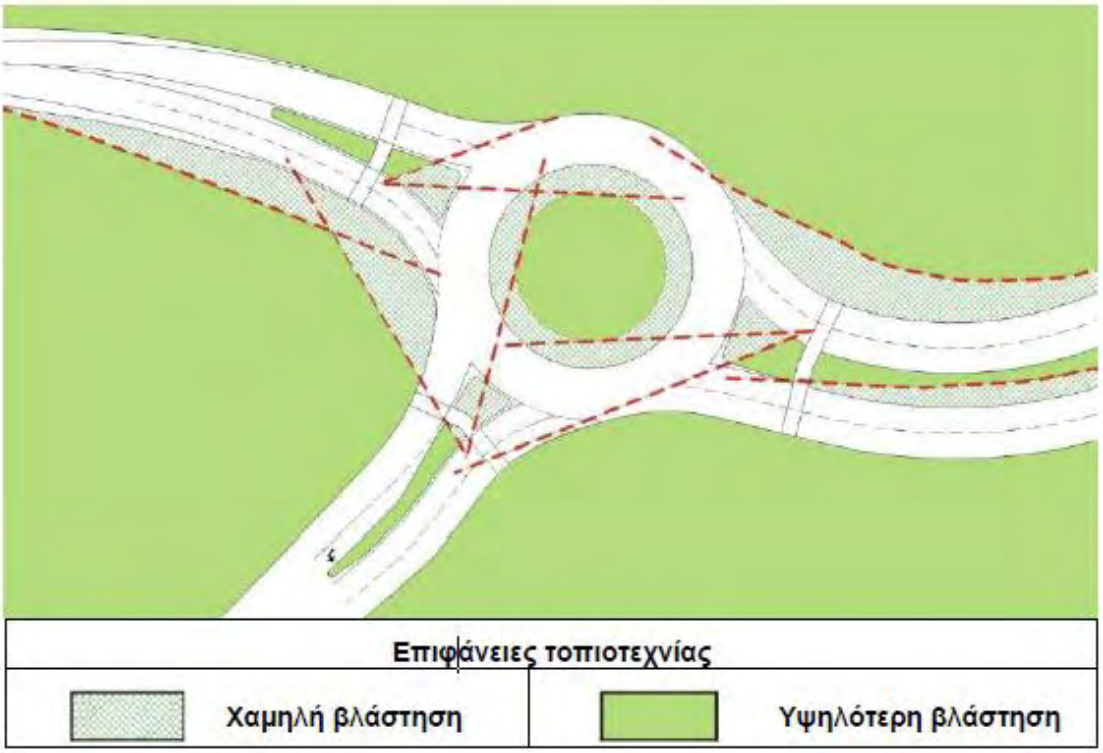


Εικόνα 4.32 Τρίγωνο ορατότητας κατά την προσέγγιση στον κόμβο
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Τα μήκη των τόξων d1 και d2 υπολογίζεται με βάση τις ταχύτητες κίνησης των οχημάτων.

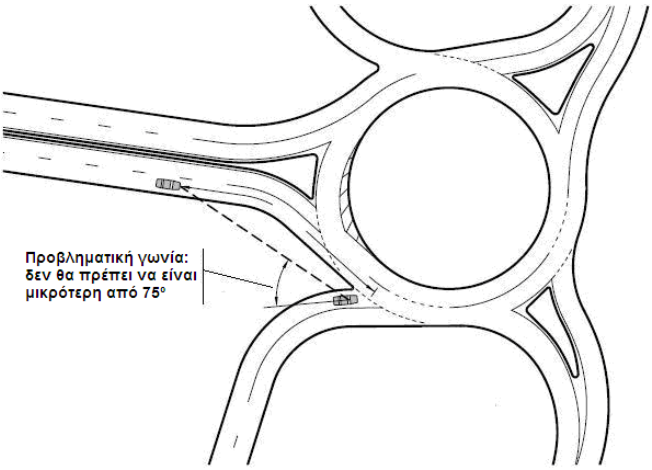
$d1= 1,468*V_{\text{οχημάτων, εισερχόμενων}}*t_c$
$d2= 1,468*V_{\text{οχημάτων, επί του δακτυλίου}}*t_c$

Η γωνία εισόδου πρέπει να διαμορφώνεται κατάλληλα ώστε να είναι ορατό ένα όχημα που εισέρχεται από αριστερά στον κόμβο. Για τον λόγο αυτό δεν προτείνονται μικρές γωνίες, δυσκολεύουν τους οδηγούς επειδή πρέπει να στρέψουν πολύ το κεφάλι τους, καταλληλότερες είναι γωνίες που ανέρχονται στις 112°. Πρέπει να υπάρχει η απαραίτητη ορατότητα μεταξύ των προσβάσεων για την αποφυγή ατυχημάτων σε κάθε περίπτωση. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

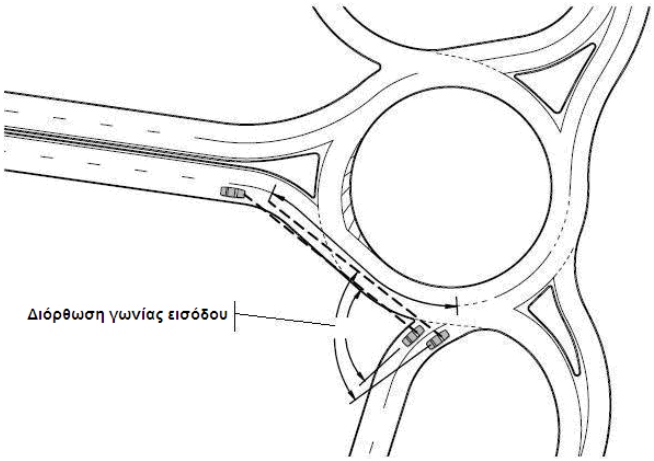


Εικόνα 4.33 Παράδειγμα σύνθεσης επιφανειών για καλύτερη ορατότητα
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Μια προβληματική και μια διορθωμένη περίπτωση K^3 ως προς τη γωνία πρόσβασης απεικονίζονται στα επόμενα Σχήματα παρακάτω.



Εικόνα 4.34 Προβληματική γωνία εισόδου (<75°)
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

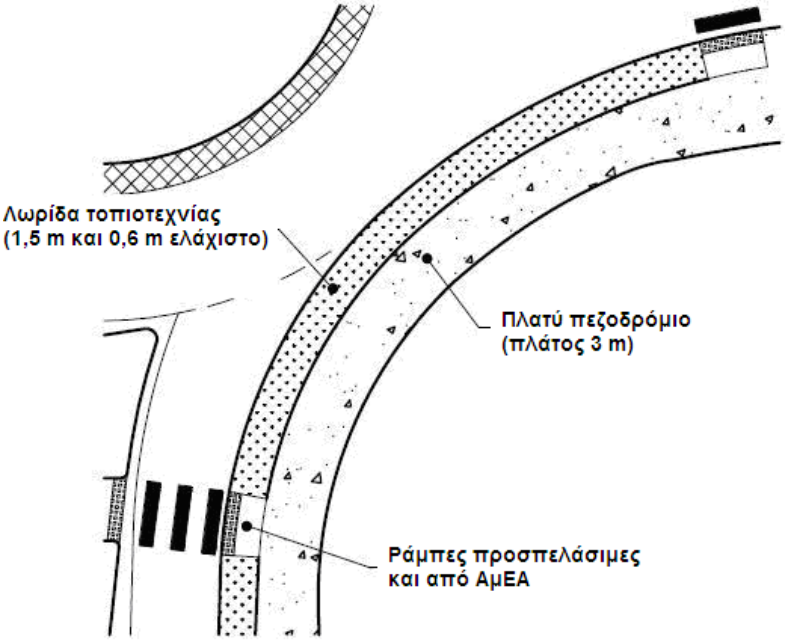


Εικόνα 4.35 Διορθωμένη γωνία εισόδου (>75°)
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

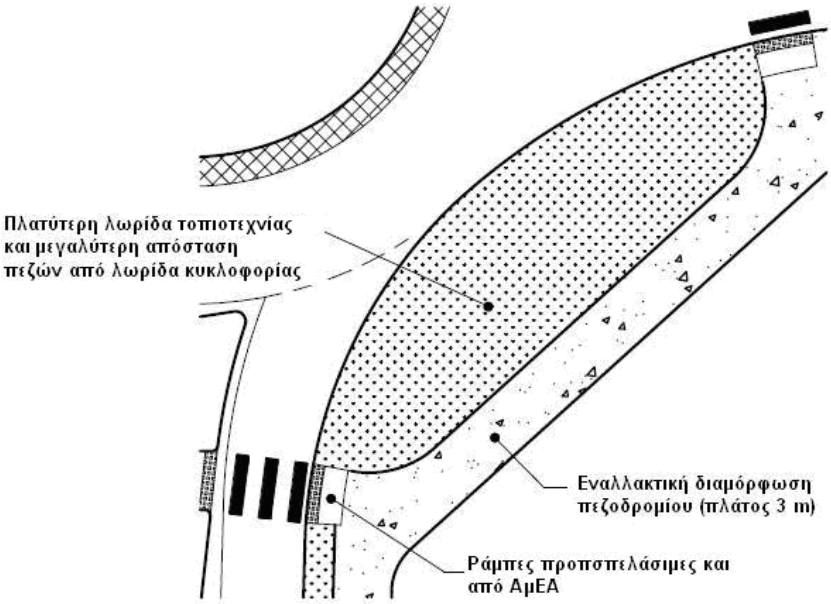
4.17 Πεζοδιαβάσεις

Οι διαβάσεις πεζών πρέπει να διαμορφώνονται κατάλληλα για την ασφαλή μετακίνηση των πεζών. Οι πεζοδιαβάσεις πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να υπάρχει χώρος για την τοποθέτηση ειδικής σήμανσης, σε συγκεκριμένη απόσταση από τα άκρα των λωρίδων , για να συσσωρεύονται κατάλληλα τα χιόνια κατά τον εκχιονισμό του δρόμου και το ανεμπόδιστο πέρασμα του πρόσθιου προβόλου των οχημάτων.

Τα πεζοδρόμια πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 3m, και η λωρίδα τοπιοτεχνίας (η λωρίδα που χωρίζει το δρόμο από το πεζοδρόμιο) μπορεί να έχει πλάτος 1,5m αλλά τουλάχιστον 0,6m. Στη εικόνα 4.36 η λωρίδα τοπιοτεχνίας δεν έχει μεγάλο πλάτος, προτιμότερη διαμόρφωση της τοπιοτεχνίας έχει η εικόνα 4.37.



Εικόνα 4.36 Πεζοδρόμια στην περίμετρο του κόμβου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



Εικόνα 4.37 Πεζοδρόμια με μεγαλύτερες διαστάσεις στην περιφέρεια του κόμβου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Η κατάλληλη τοποθέτηση των διαβάσεων επηρεάζει τόσο τους πεζούς όσο και τους οδηγούς των οχημάτων. Όταν η διάβαση βρίσκεται μακριά από την περίμετρο του κόμβου, τότε οι πεζοί συχνά επιλέγουν έναν συντομότερο τρόπο να διασχίσουν τον κόμβο. Επίσης η κακή τοποθέτηση διαβάσεων προκαλεί συσσώρευση οχημάτων πριν τον κόμβο.

Η σωστή τοποθέτηση των πεζωδιαβάσεων πρέπει να είναι σε απόσταση 6m από την περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας, δηλαδή όσο είναι το μήκος ενός επιβατικού οχήματος και από το όχημα που ακολουθεί. Η νησίδα διαχωρισμού διακόπτεται ώστε να συνεχίζεται η διάβαση, με πλάτος 2m, ώστε να εξασφαλίζει την ασφαλή διάβαση των πεζών και ΑμΕΑ. Στην συνέχεα παρουσιάζονται δυο τύποι διαβάσεων, όπου η πεζωδιαβάσεις που είναι κάθετες στις οριογραμμές είναι προτιμότερες επειδή οι πεζοί διανύουν μικρότερη απόσταση επί του οδοστρώματος. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

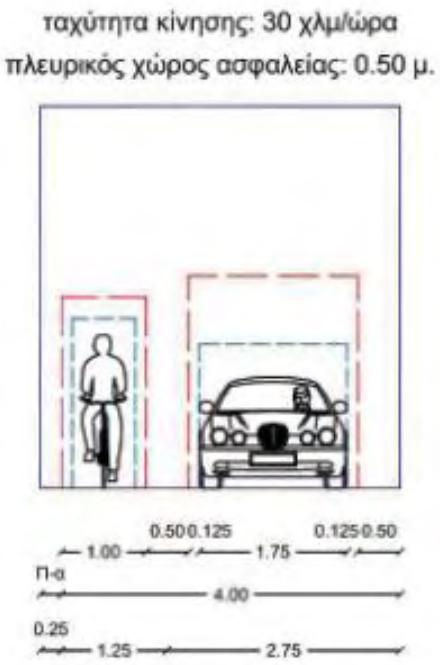
Εικόνα 4.38 Πεζοδιαβάσεις κάθετες στις οριογραμμές
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Εικόνα 4.39 Πεζοδιαβάσεις ευθυγραμμισμένες κάθετα στον άξονα του κλάδου
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

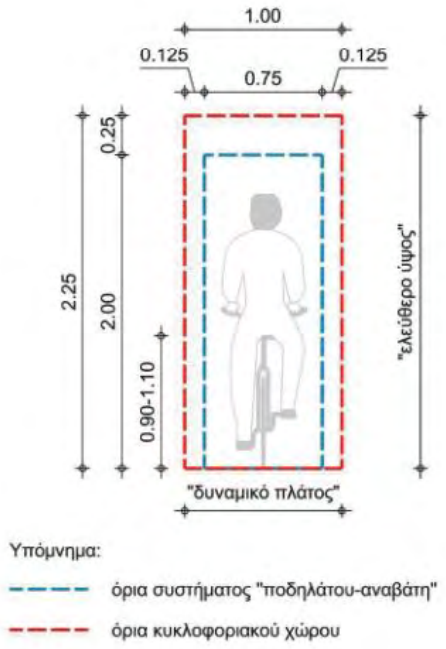
4.18 Ποδηλάτες

Στο σχεδιασμό μίνι κυκλικών κόμβων δεν προβλέπεται ο σχεδιασμός του ποδηλατόδρομου, λόγω έλλειψη χώρου. Οι ποδηλάτες κινούνται με ταχύτητα 19-32 km/h και είναι λόγω μικρού όγκου και χαμηλής ταχύτητας ευάλωτοι χρήστες του κόμβου. Οι κυκλικοί κόμβοι σχεδιάζονται για την μείωση των ταχυτήτων των οχημάτων, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο μεγαλύτερη ασφάλεια και στους ποδηλάτες. Οι ποδηλάτες εντάσσονται στην κίνηση ομαλά μαζί με τα υπόλοιπα οχήματα. Για την ασφάλεια των ποδηλατών δεν επιτρέπεται η προσπέραση τους στην κυκλική κίνηση, το πλάτος της λωρίδας κίνησης είναι 4-6m, ενώ το πλάτος που χρησιμοποιείται για την παράλληλη κίνηση ενός οχήματα και ποδηλάτη είναι γύρω στα 4m (εικόνα 4.40). Μέσω κατάλληλου σχεδιασμού, που βασικοί παράγοντες πρέπει να είναι η οδική ασφάλεια, η συνοχή και η αμεσότητα, το δίκτυο ποδηλατών σε τοπικές περιοχές μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση χρήσης του μέσου αυτού. (Steinbrück, 2015) (Υπουργειο υποδομων, 2016) (National Cooperative Highway Research Program., 2010)

Ο χώρος ο οποίος υπολογίζεται ότι καταλαμβάνει το ποδήλατο με τον αναβάτη είναι 0,75m. Παρακάτω απεικονίζεται το κυκλοφοριακό πλάτος ενός ποδηλάτου.



Εικόνα 4.40 Ενδεικτική διάταξη για παράλληλη κίνηση οχήματος και ποδηλατών
Πηγή: (Υπουργειο υποδομων, 2016)



Εικόνα 4.41 Κυκλοφοριακός χώρος ποδηλάτου
Πηγή: (Υπουργειο υποδομων, 2016)

4.19 Βαρέα οχήματα

Στα βαρέα οχήματα ανήκουν τα λεωφορεία τόσο τα αστικά όσο και τα υπεραστικά, όπως και τα φορτηγά. Ο σχεδιασμός μίνι κυκλικών κόμβων γίνεται κυρίως σε αστικές περιοχές όπου είναι αυξημένη η κίνηση κυρίως των λεωφορείων. Λόγω του μειωμένου χώρου είναι απαραίτητο να σχεδιαστεί η κεντρική νησίδα έτσι ώστε να περνάνε τα μεγάλα οχήματα πάνω από αυτή, ώστε να εξυπηρέτησει την κίνηση των οχημάτων. Τα μεγάλα οχήματα λόγω της κίνησης πάνω από την κεντρική νησίδα δημιουργούν επιπλέον θόρυβο, ο οποίος πρέπει με την χρήση κατάλληλων υλικών να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο. Επίσης για το σχεδιασμό της κεντρικής νησίδας είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθούν υλικά ανθεκτικά στο βάρος των οχημάτων. (Steinbrück, 2015)

5 Εξοπλισμός κυκλικών κόμβων

5.1 Οδοφωτισμός

Ο φωτισμός των κυκλικών κόμβων προσφέρει στους χρήστες μια ασφαλή και με άνεση κυκλοφορία. Είναι απαραίτητος ο φωτισμός κυρίως της βραδινές ώρες ώστε να είναι ορατός και ο κόμβος. Με τον σωστό φωτισμό αναγνωρίζουν οι χρήστες τη διάταξη του κόμβου, την πορεία των υπόλοιπων χρηστών καθώς και εμπόδια τα όποια μπορούν να προκαλέσουν εμπλοκές. Αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για το λόγο του ότι οι προβολείς των οχημάτων λειτουργούν σε χαμηλό επίπεδο λόγω των κυκλικών τροχιών. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Γενικότερα, ισχύει ότι:

- Ο συνολικός φωτισμός του κόμβου θα πρέπει να είναι περίπου ίσος με το άθροισμα των επιπέδων φωτισμού των συμβαλλομένων 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 κόμβο.

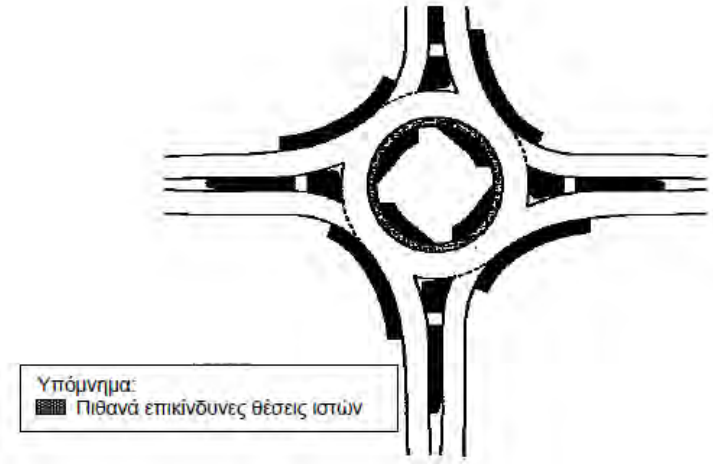
- Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού στην κορυφή της νησίδας διαχωρισμού, σε όλα τα σημεία εμπλοκής, όπου η κυκλοφορία εισέρχεται στο δακτύλιο κυκλικής κίνησης και σε όλα τα σημεία όπου η κυκλοφορία αποχωρίζεται προς την έξοδο

- 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 γειτνιάζουσες ιδιοκτησίες

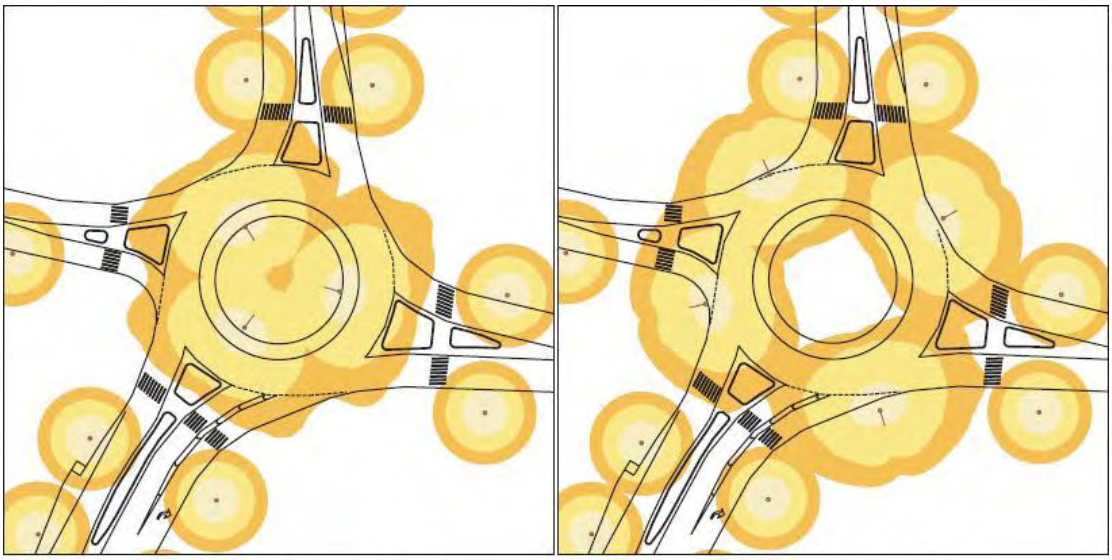
- Η διασφάλιση επαρκούς φωτισμού των υπερυψωμένων νησίδων

Για να αποφευχθούν τα σταθερά εμπόδια, πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατών λιγότεροι στύλοι φωτισμού. Σε περιπτώσεις μεγάλων φόρτων πεζών ενδέχεται να απαιτείται επιπλέον φωτισμός με πρόσθετους στύλους χαμηλού ύψους. Οι στύλοι οδοφωτισμού τοποθετούνται κυρίως στην περίμετρο ή το κέντρο το κόμβου, αλλά όχι στις κρίσιμες περιοχές που φαίνονται στο σχήμα. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



Εικόνα 5.1 Κρίσιμες περιοχές τοποθέτησης στύλων φωτισμών
Πηγή: (OMOE-K3, 2011)

Ο φωτισμός μπορεί να τοποθετηθεί είτε περιμετρικά του κόμβου είτε στην κεντρική νησίδα.
Προτιμότερος είναι ο περιμετρικός φωτισμός, με αυτόν τον τρόπο φωτίζονται πιο καλά κρίσιμες περιοχές, όπως πεζοδιαβάσεις, επειδή φωτίζεται από μπροστά φαίνονται πιο καθαρά οι πινακίδες και υπάρχει καλύτερη οπτική καθοδήγηση στον δακτύλιο κυκλοφορίας. (OMOE-K3, 2011)



Φωτισμός στην κεντρική νησίδα Περιμετρικός Φωτισμός

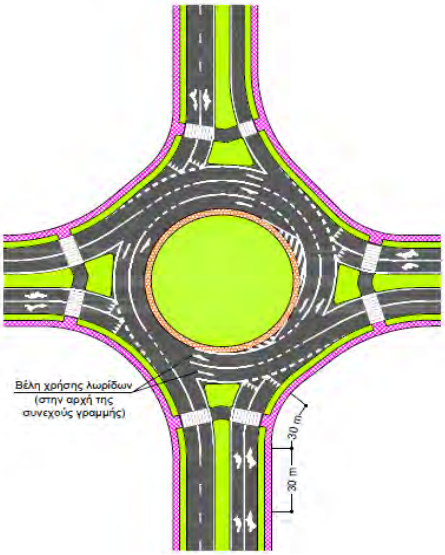
Εικόνα 5.2 Φωτισμός στην κεντρική νησίδα και Περιμετρικός φωτισμός
Πηγή: (OMOE-K3, 2011)

Σε μίνι κυκλικούς κόμβους μπορούν να τοποθετηθούν πάνω στην κεντρική νησίδα μικροί ανακλαστήρες (μάτια γάτας) ώστε να γίνονται εύκολα αντιληπτά τα όρια την κεντρικής νησίδας, χωρίς αυτά να δημιουργούν κάποιο πρόβλημα στην κίνηση των οχημάτων που περνάνε πάνω από την κεντρική νησίδα. Στην εικόνα παρακάτω παρουσιάζεται ένας μίνι κυκλικός κόμβος όπου έχουν ενσωματωθεί μικρά λαμπάκια στην κεντρική νησίδα.

Εικόνα 5.3 Κεντρική νησίδα με λαμπάκια
Πηγή : (eco-innov)

5.2 Οριζόντια Σήμανση

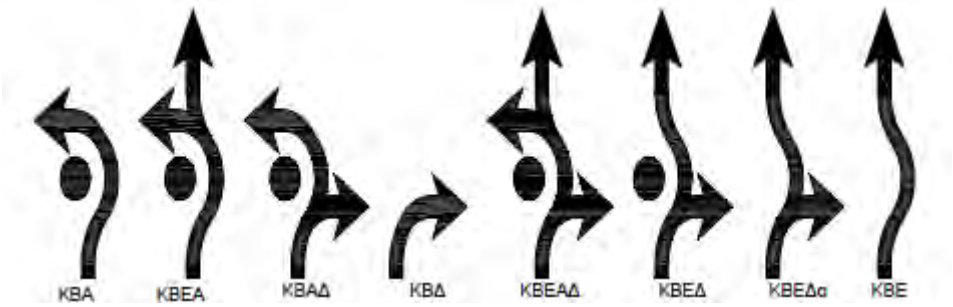
Η τοποθέτηση οριζόντιων σημάνσεων (βέλη χρήσης λωρίδων) στο οδόστρωμα γίνεται σε σημεία ώστε οι οδηγοί να ειδοποιούνται έγκαιρα για τους κανόνες χρήσης των κόμβων. Τα βέλη που βρίσκονται κοντά στο δακτύλιο κυκλοφορίας τοποθετούνται σε απόσταση 30 m από την περίμετρό του, μετρούμενα από τον άξονα του κλάδου πρόσβασης, και σε απόσταση 50 – 60 m από τα προηγούμενα. Τα βέλη που τοποθετούνται επί του κόμβου, πρέπει να έχουν την ίδια καμπυλότητα με τον κυκλικό κόμβο. Προαιρετικά, μπορεί να τοποθετηθούν επαναληπτικά βέλη σε απόσταση 5 m από την περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)



Εικόνα 5.4 Οριζόντια σήμανση με βέλη χρήσης λωρίδων
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Τα βέλη αριστερής στροφής προκαλούν πολλούς προβληματισμούς στους χρήστες των κόμβων. Έχουν σημειωθεί αρκετές περιπτώσεις κατά τις οποίες ο οδηγός εκλαμβάνει τα συμβατικά βέλη προς τα αριστερά ως υπόδειξη για δυνατότητα αριστερής στροφής αμέσως μετά το τέλος της νησίδας διαχωρισμού χωρίς να εκτελέσει την κυκλική κίνηση γύρω από την κεντρική νησίδα. Η αριστερή στροφή πριν την κεντρική νησίδα εμφανίζεται συχνά σε μίνι κυκλικούς κόμβους. Για την αποφύγει αυτού του προβλήματος δημιουργήθηκαν βελτιωμένη εκδοχές των βελών αριστερής στροφής, που υποδεικνύουν ότι το πέρασμα γύρω από την κεντρική νησίδα είναι υποχρεωτικό ώστε να εκτελεστεί η αριστερή στροφή.

Επισημαίνεται ότι οι μορφές ΚΒΔ, ΚΒΔΕα και ΚΒΕ εφαρμόζονται μόνο στις εξωτερικές λωρίδες σε κλάδο πρόσβασης με 2 ή περισσότερες λωρίδες. Τα βέλη στοιχίζονται στο μέσον κάθε λωρίδας, ενώ η βάση τους πρέπει να βρίσκεται στην ίδια γραμμή που θα είναι κάθετη στις οριογραμμές κυκλοφορίας. (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

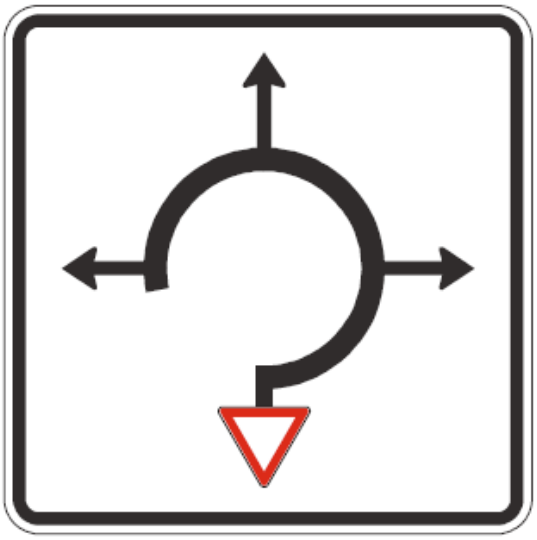


Εικόνα 5.5 Βελτιωμένη μορφή βελών χρήσης λωρίδας ανάλογα με τον προορισμό
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

Άλλη μια σημαντική οριζόντια σήμανση είναι οι διαγραμμίσεις των πεζοδιαβάσεων. Οι διαγραμμίσεις τύπου Ζέβρα πρέπει να είναι ορατές και εύκολα αναγνωρίσιμες από τους οδηγούς. Η οριογραμμές των κόμβων είναι διακεκομμένες γραμμές, στην είσοδο του μίνι κυκλικών κόμβου οι οριζόντιες διαγραμμίσεις είναι 0.50m x 0.50m και έχουν μεταξύ τους απόσταση 0.25m, στις εξόδους είναι 0.75m x 0.25m και έχουν απόσταση 0.75m μεταξύ τους, ενώ στην κεντρική νησίδα είναι 0.5m x 0.5m και έχουν μεταξύ τους απόσταση 0.5m όπως φαίνεται στην εικόνα 5.8. (Steinbrück, 2015)

5.3 Κατακόρυφη Σήμανση

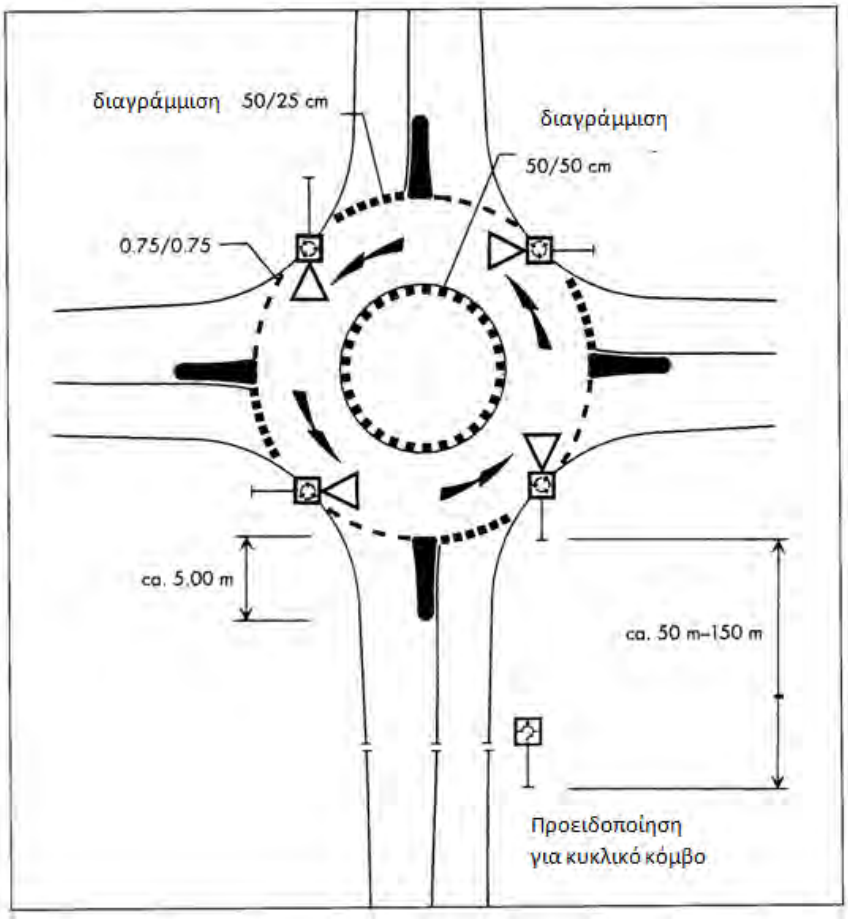
Οι κατακόρυφες σημάνσεις των κυκλικών κόμβων διακρίνονται σε πινακίδες ρυθμιστικές του ΚΟΚ (Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας) και πληροφοριακές πινακίδες για τις πορείες ανά προορισμό. Στους μίνι κυκλικούς κόμβους, τουλάχιστον 50m πριν την προσέγγιση του κόμβου υπάρχει πινακίδα προειδοποίησης για κόμβο κυκλικής πορείας. Η τοποθέτηση πινακίδων με ταυτόχρονη ενημέρωση των οδηγών ότι είναι υποχρεωτική η παραχώρηση προτεραιότητας στους κινούμενους επί του κόμβου. Στην οριογραμμή του κόμβου τοποθετείτε επίσης κατακόρυφη σήμανσης (Εικόνα 5.6 και 5.7). (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011) (Steinbrück, 2015)



Εικόνα 5.6 Παράδειγμα πινακίδας κόμβος κυκλικής κίνησης
Πηγή: (Steinbrück, 2015)

Εικόνα 5.7 Πινακίδα στην οριογραμμή του κόμβου
Πηγή: (Steinbrück, 2015)

Στην παρακάτω εικόνα οι οριζόντιες και οι κατακόρυφες σημάνσεις ενός μίνι κυκλικού κόμβου.



Εικόνα 5.8 Οριζόντιες και κατακόρυφες σημάνσεις
Πηγή: (Steinbrück, 2015)

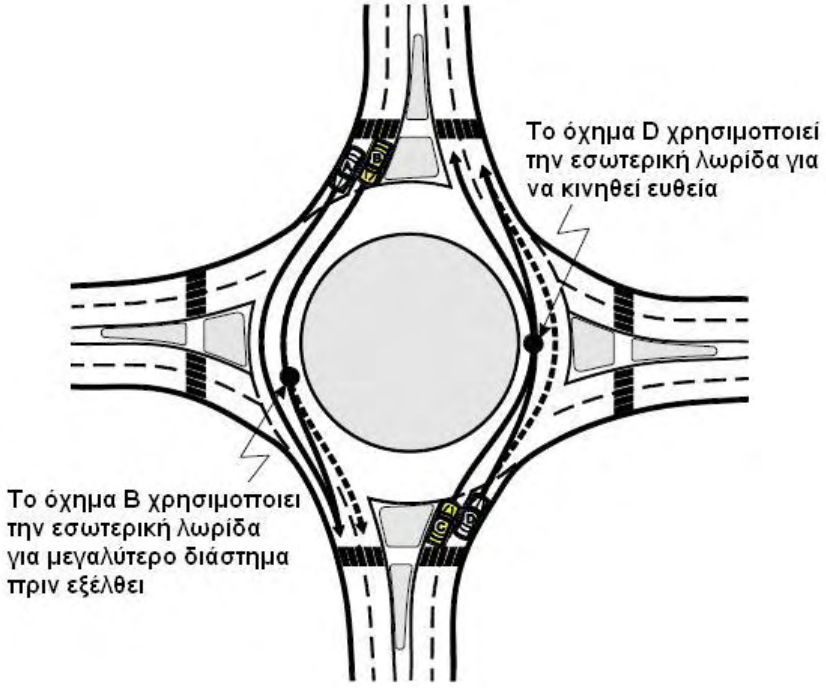
6 Οδική ασφάλεια και Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

6.1 Γενικά

Οι κυκλικοί κόμβοι προτιμούνται από τους άλλους συμβατικούς ισόπεδους κόμβους επειδή προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια τα σημεία εμπλοκής σε κυκλικούς κόμβους είναι λιγότερα απ ότι σε διασταυρώσεις, ειδικότερα όσον αφορά τις πλάγιες συγκρούσεις που αποτελούν υψηλής σοβαρότητας. Επιπλέον, λόγω της ιδιαίτερης γεωμετρίας που έχουν, ρυθμίζει τις ταχύτητες των οχημάτων, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα οχήματα να κινούνται με χαμηλές και σταθερές ταχύτητες, προσφέροντας έτσι μεγαλύτερη ασφάλεια σε πεζούς αλλά και οδηγούς άλλων οχημάτων αφού ο χρόνος αντίδρασης είναι μεγαλύτερος. Σε περίπτωση σύγκρουσης, λόγω της χαμηλής ταχύτητας η επιπτώσεις θα είναι πιο ήπιες. Όπως και οι συγκρούσεις μεταξύ δυο οχημάτων, έτσι και οι εμπλοκές μεταξύ οχημάτων και πεζών είναι λιγότερες σε κυκλικούς κόμβους. Η ασφάλεια των πεζών αυξάνεται και λόγω σωστού σχεδιασμού των διαβάσεων πεζών, αφού στους K^3 οι πεζοί διασχίζουν τις διαβάσεις σε δυο επίπεδα. (National Cooperative Highway Research Program., 2010)

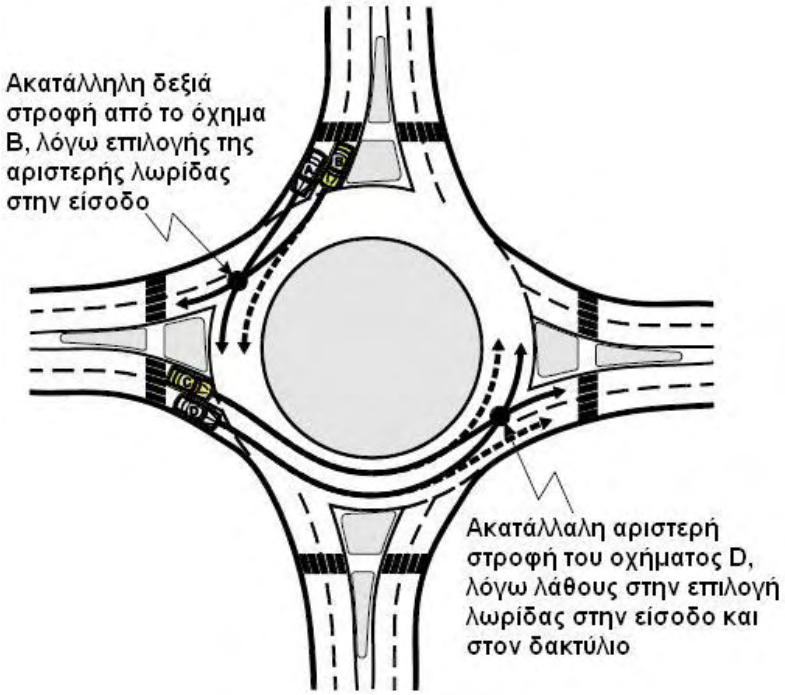
6.2 Τύποι και περιπτώσεις ατυχημάτων

Παρ’ όλο που οι κυκλικοί κόμβοι μειώνουν σε μεγάλο βαθμό τα σημεία εμπλοκής, δεν μπορούν να προσδιοριστούν όλα αυτά τα σημεία σε όλες τις περιπτώσεις κόμβων. Σημαντικό ρόλο σε αυτό παίζει η επιλογή της σωστής λωρίδας κίνησης επί του κόμβου καθώς και η συμπεριφορά των οδηγών για κρίσιμα σημεία. Στη συνέχεια παρουσιάζονται περιπτώσεις λανθασμένης απόφασης των οδηγών και το πιθανό σημείο σύγκρουσης. (OMOE-K3, 2011)



Εικόνα 6.1 Σύγκρουση εντός του δακτυλίου λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας για ευθεία πορεία
Πηγή: (OMOE-K3, 2011)

Εικόνα 6.2 Σύγκρουση κατά την έξοδο λόγω λάθους στην επιλογή λωρίδας του κινούμενου στο δακτύλιο
Πηγή: (OMOE-K3, 2011)

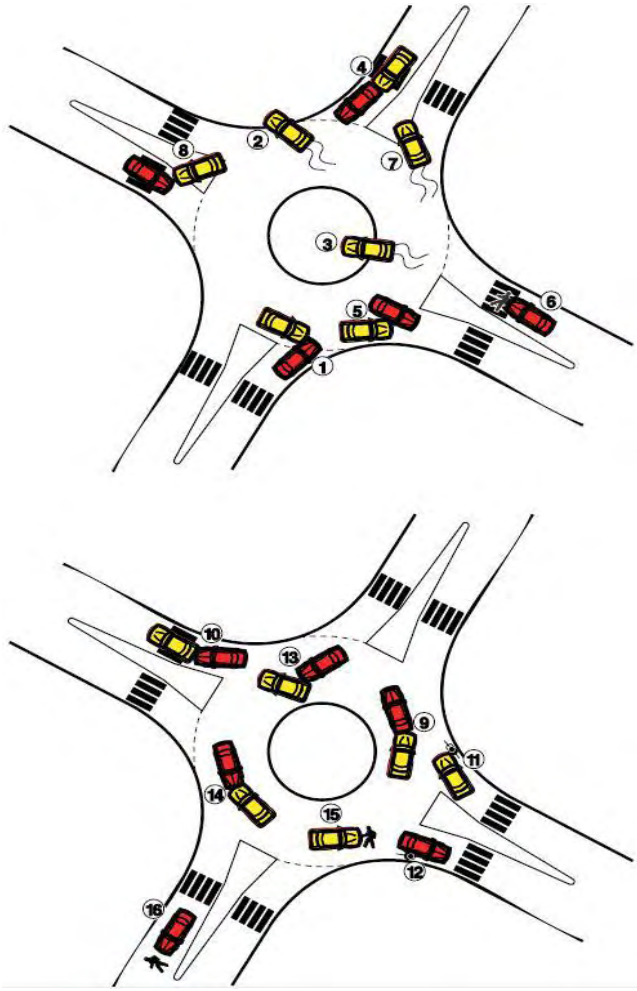


Εικόνα 6.3 Σύγκρουση λόγω λάθους επιλογής λωρίδας κατά την έξοδο από την έναρξη χρήσης του δακτυλίου
Πηγή: (OMOE-K3, 2011)

Οι εμπλοκές με πεζούς γίνονται, κατά κανόνα, πάνω σε πεζοδιαβάσεις, εκτός και αν οι πεζοί δεν κινούνται στις διαβάσεις και διασχίζουν τον κόμβο από περιοχές μη κατάλληλες για αυτούς. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τα σημεία εμπλοκής.

Τα ατυχήματα που συμβαίνουν σε έναν κυκλικό κόμβο, μπορεί να προκύπτουν από λανθασμένους χειρισμούς των χρηστών, και προκαλούνται εμπλοκές μεταξύ οχημάτων, μεταξύ οχημάτων και πεζών ή ποδηλατών, αλλά και από ολίσθηση οχημάτων. Οι τύποι ατυχημάτων που παρατηρούνται 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



Εικόνα 6.4 Τύποι οχημάτων (1-16)
Πηγή: (ΟΜΟΕ-Κ3, 2011)

6.3 Κυκλοφοριακός Θόρυβος και Αέρια Ρύπανση

Ο θόρυβος μπορεί να θεωρηθεί ως μια μορφή ρύπανσης της ατμόσφαιρας, υποβαθμίζοντας το περιβάλλον και επομένως την ποιότητα ζωής. Οι συνέπειες του θορύβου μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες επιπτώσεις :

1. Στην ακοή
2. Στις διάφορες άλλες φυσιολογικές λειτουργίες

Οι αιχμές του κυκλοφοριακού θορύβου προκαλούνται από μεμονωμένα οχήματα, ενώ το υπόβαθρο του κυκλοφοριακού θορύβου προέρχεται από το ρεύμα της κυκλοφορίας. Σε μια ελεύθερη ροή η εκπομπή θορύβου μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες. Η πρώτη συνιστώσα σχετίζεται με τα μεμονωμένα οχήματα, όπου

εκπέμπει με σφαιρική συμμετρία. Αντιθέτως η δεύτερη συνιστώσα που σχετίζεται με το ρεύμα των διερχόμενων οχημάτων, μπορεί να θεωρηθεί σαν γραμμική πηγή και έτσι εκπέμπει θόρυβο σε κυλινδρική συμμετρία.

Η σταθερή ροή των οχημάτων όσο και η χαμηλή ταχύτητα, έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση του θορύβου. Στις περιπτώσεις σηματοδοτούμενων διασταυρώσεων είναι δύσκολα να ρυθμιστούν έτσι ώστε να υπάρχει μια συνεχόμενη ροή στην κυκλοφορία. Έχει υπολογιστεί ότι ένας σηματοδότης αυξάνει τον κυκλοφοριακό θόρυβο στην περιοχή γύρω από τη διασταύρωση κατά 4dB(A) τουλάχιστον, αύξηση που αντιστοιχεί σε σχεδόν τριπλασιασμό του φόρτου, ενώ η διαφορά στάθμης όταν το κόκκινο ενός φωτεινού σηματοδότη γίνει πράσινο, μπορεί να φθάσει μέχρι και τα 18dB(A). Ο κυκλοφοριακός θόρυβος επηρεάζεται ακόμα από την κατά μήκος κλίση και από τα υλικά που έχει κατασκευασθεί το οδόστρωμα.

Στους πεζούς όσο και στους κατοίκους στις περιοχές γύρω από τον κυκλικό κόμβο το επίπεδο όχλησης από το θόρυβο είναι σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με τις ελεγχόμενες διασταυρώσεις όπου παρατηρείται „σταμάτημα“ και „ξεκίνημα“ των οχημάτων. (National Cooperative Highway Research Program., 2010)

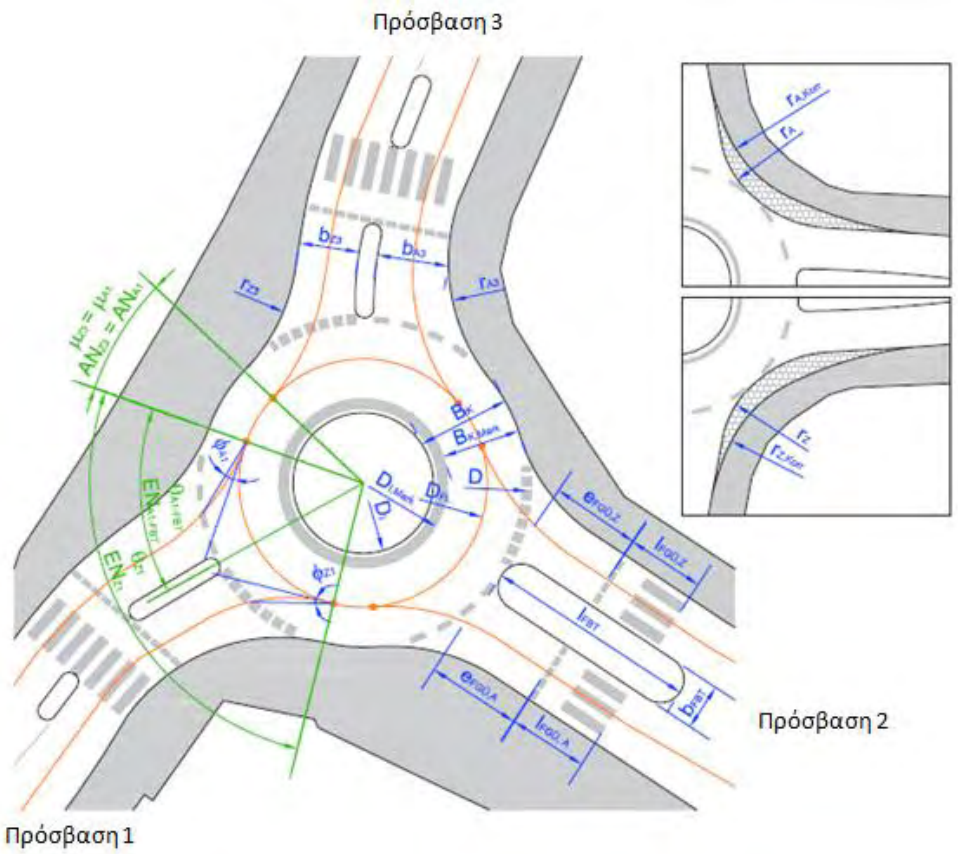
Ως αέρια ρύπανση ονομάζεται η παρουσία μιας ρυπογόνου ουσίας στην ατμόσφαιρα και βρίσκεται σε επαρκή συγκέντρωση για επαρκή χρόνο και κάτω απ’ ορισμένες συνθήκες όπου τείνει να προκαλέσει προβλήματα υγειάς στον άνθρωπο, στα ζώα και στα φυτά. Η βασική αιτία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ο ανθρώπινος παράγοντας με σημαντική συμβολή την κυκλοφορία των οχημάτων να επιβαρύνουν το περιβάλλον με ρύπους όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξείδιο του αζώτου (Nox), το διοξείδιο του θείου (SO2), οι υδρογονάνθρακες, η αιθάλη κ.α.

Η αέρια ρύπανση εξαρτάται απ’ την κυκλοφορία λόγω:

- της κυκλοφοριακής φόρτισης
- τις κυκλοφοριακές συνθήκες (ταχύτητα οχημάτων, ποιότητα ιδικού δικτύου, στάσεις κ.α.)
- τα είδη των οχημάτων και την κατάσταση των κινητήρων τους
- της ποιότητας του καυσίμου
- τον τρόπο οδήγησης
- της δημιουργίας σκόνης απ’ την κίνηση των οχημάτων

7 Παράδειγμα ενός μίνι κυκλικού κόμβου με τα γερμανικά πρότυπα

Στο παρακάτω σχήμα και πινάκα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ενός μίνι κυκλικού κόμβου και οι προτεινόμενες διαστάσεις του σύμφωνα με το γερμανικό πρότυπο. (Dr.-Ing. Martin Schmotz, 2014)



Εικόνα 7.1 Μίνι κυκλικός κόμβος χαρακτηριστικά
Πηγή: (Dr.-Ing. Martin Schmotz, 2014)

Εικόνα 7.2 Χαρακτηριστικά και διαστάσεις μίνι κυκλικού κόμβου
Πηγή: (Dr.-Ing. Martin Schmotz, 2014)

Ονομασία	Ορισμός	Διαστάσεις
D	Εξωτερική διάμετρος	15 - 22 m
D_r	Διάμετρος κεντρικής νησίδας	3,2 - 12 m
$D_{r,Mark}$	Διάμετρος μέχρι την διαγράμμιση της κεντρικής νησίδας	3,2 - 12 m
D_{FL}	Διάμετρος μέχρι το μισό της κυκλοφοριακής νησίδας	11 - 17 m
N_A	Αριθμός προσβάσεων	3 ή 4
B_K	Πλάτος κυκλικού οδοστρώματος	4-6 m
$B_{K,Mark}$	Πλάτος κυκλικού οδοστρώματος μεταξύ των οριογραμμών	4 - 6 m
b_Z	Πλάτος των προσβάσεων	2,9 - 5,0 m
r_Z	Ακτίνα στο εξωτερικό του κόμβου με τοπιοτεχνία στην έξοδο του κόμβου	3 - 17 m
$r_{Z,Korr}$	Ακτίνα στο εξωτερικό του κόμβου χωρίς τοπιοτεχνία στην έξοδο του κόμβου	4 - 20 m
b_{FBT}	Πλάτος νησίδα διαχωρισμού	0 - 3 m
l_{FBT}	Μήκος νησίδας διαχωρισμού	0 - 30 m
b_A	Πλάτος των προσβάσεων	2,9 - 5,5 m
r_A	Ακτίνα στο εξωτερικό του κόμβου με τοπιοτεχνία στην είσοδο του κόμβου	3 - 20 m
$r_{A,Korr}$	Ακτίνα στο εξωτερικό του κόμβου χωρίς τοπιοτεχνία στην είσοδο του κόμβου	2,9 - 5,5 m
Φ_Z	Γωνία που σχηματίζει η είσοδος με την κυκλοφοριακή λωρίδα στο σημείο εμπλοκής	6 - 43°
Φ_A	Γωνία που σχηματίζει η κυκλοφοριακή λωρίδα με την έξοδο στο σημείο εμπλοκής	2 - 31°
θ_Z	Γωνία μεταξύ του σημείου εξόδου και του σημείου εισόδου	74 - 119°
EN_Z	Απόσταση μεταξύ του σημείου εξόδου και του σημείου εισόδου	8,1 - 15,1 m
$\theta_{A,FBT}$	Γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του σημείου εξόδου και τις διαχωριστικής νησίδας	36 - 68°
EN_{A-FBT}	Απόσταση μεταξύ σημείου εξόδου και της διαχωριστικής νησίδας	4,1 - 8,9 m

μ_Z	Γωνία μεταξύ του σημείου επαφής στην καμπύλη εισόδου και του σημείου επαφής στην καμπύλη εξόδου	11 - 54°
AN_Z	Απόσταση μεταξύ του σημείου επαφής στην καμπύλη εισόδου και του σημείου επαφής στην καμπύλη εξόδου	1,2 - 5,9 m
μ_A	Γωνία μεταξύ του σημείου επαφής στην καμπύλη εισόδου και του σημείου επαφής στην καμπύλη εξόδου	11 - 54°
AN_A	Απόσταση μεταξύ του σημείου επαφής στην καμπύλη εισόδου και του σημείου επαφής στην καμπύλη εξόδου	1,2 - 5,9 m
$e_{FGÜ,Z}$	Απόσταση μεταξύ δακτυλίου κυκλοφορίας και της πεζοδιάβασης (6m)	2 - 14 m
$e_{FGÜ,A}$	Απόσταση μεταξύ δακτυλίου κυκλοφορίας και της πεζοδιάβασης (6m)	2 - 14 m
$l_{FGÜ,Z}$	Πλάτος της πεζοδιάβασης στην είσοδο	2 - 5 m
$l_{FGÜ,A}$	Πλάτος της πεζοδιάβασης στην έξοδο	2 - 5 m

8 Σχεδιασμός Μίνι κυκλικό κόμβο στη Λάρισα

8.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί η εφαρμογή των Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων – Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης (ΟΜΟΕ-Κ^3), για μια προσπάθεια σχεδιασμού ενός μίνι κυκλικού κόμβου στο κέντρο της Λάρισας. Ο κόμβος θα αντικαταστήσει τη τριγωνική νησίδα που διακλαδίζει τις οδούς Κύπρου και Μανωλάκη. Σκοπός αυτού του έργου είναι η βελτίωση της κυκλοφορίας των οχημάτων όσο και την οδική ασφάλεια, τη γενικότερη λειτουργία και αποδοτικότητα της διασταύρωσης, καθώς και την μείωση της ταχύτητας στο κέντρο.

Η παρούσα εργασία έχει σαν αποτέλεσμα την ολοκληρωμένη οριζοντιογραφία του μελλοντικού αυτού κυκλικού κόμβου, με το σχεδιασμό όλων των βασικών παραμέτρων που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Συγκεκριμένα, ο μίνι κυκλικός κόμβος διαθέτει:

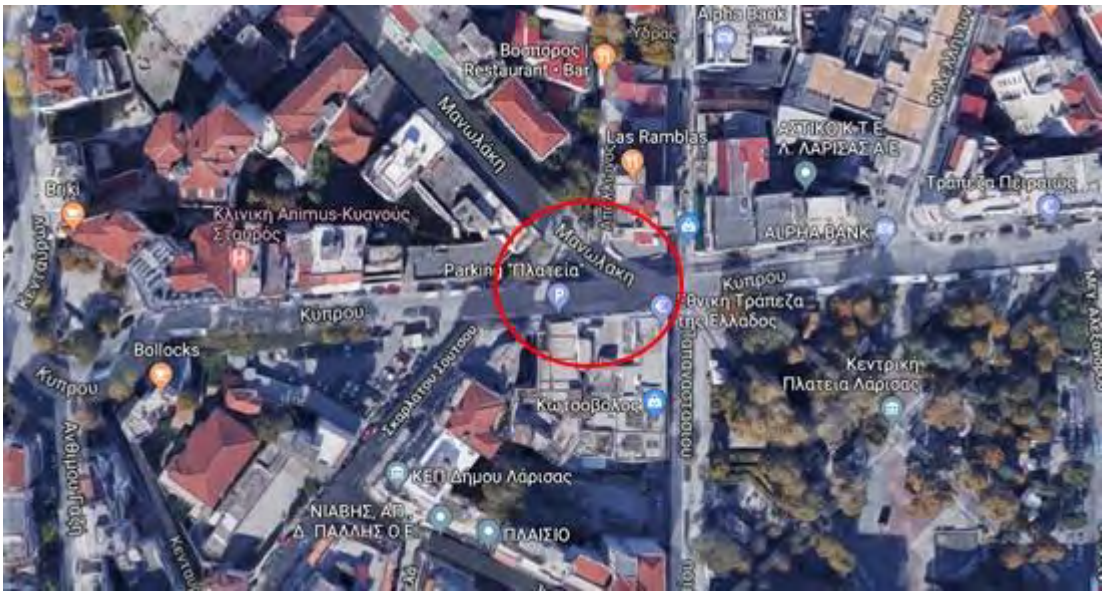
- Μια λωρίδα κυκλοφορίας στο δακτύλιο και στις προσβάσεις
- Ελάχιστα υπερυψωμένη κεντρική νησίδα, έτσι ώστε να είναι υπερβατή από βαρέα οχήματα
- Είσοδο για το υπόγειο Parking επί της οδού Κύπρου
- Στην έξοδο προς την οδό Μανωλάκη στα δεξιά τοποθετήθηκαν χώροι στάθμευσης
- Για την ασφαλή κίνηση των πεζών τοποθετήθηκαν ισόπεδες διαβάσεις
- Προέκταση των πεζοδρομίων για την εξυπηρέτηση των πεζών καθώς και ΑμΕΑ

Ευρύτερος στόχος του έργου αυτού ήταν η αντικατάσταση του τριγώνου με τους σηματοδότες, με έναν κυκλικό κόμβο ώστε να είναι ομαλή η κυκλοφορία στο κέντρο της πόλης. Παράλληλα την αύξηση του πλάτος των πεζοδρομίων ώστε να είναι εύκολη η κίνηση σε πεζούς αλλά κυρίως σε ΑμΕΑ.

Ο σχεδιασμός της διάταξης καθώς και ο έλεγχος συγκεκριμένων παραμέτρων της πραγματοποιήθηκε με το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD.

8.2 Υφιστάμενη κατάσταση

Η περιοχή όπου προβλέπεται ο σχεδιασμός του μίνι κυκλικού κόμβου βρίσκεται στο κέντρο της Λάρισας. Στο σημείο σχεδιασμού υπάρχει μια τριγωνική νησίδα με σηματοδότες η οποία θα αντικατασταθεί από τον μίνι κυκλικό κόμβο. Απέναντι από την τριγωνική νησίδα επί της οδού Κύπρου βρίσκεται ένα υπόγειο Parking. Στην συνέχεια απεικονίζεται το σημείο όπου θα σχεδιαστεί ο κόμβος.

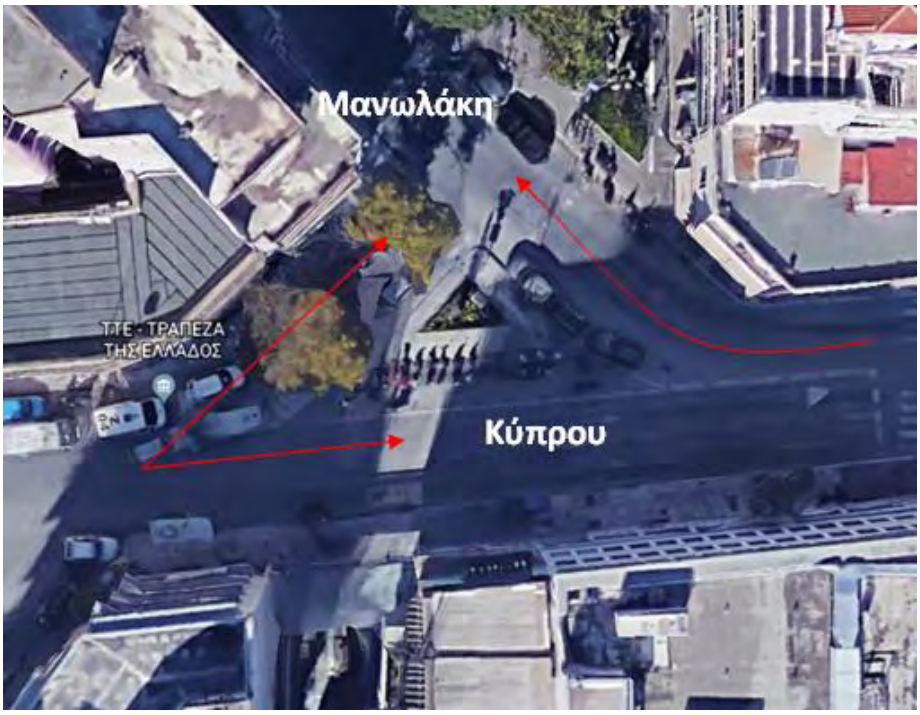


Εικόνα 8.1 Υφιστάμενη κατάσταση στην Λάρισα
Πηγή: (Google Map)

Η οδός Μανωλάκη είναι μονόδρομος με 2 λωρίδες κυκλοφορίας. Η οδός Κύπρου πριν την τριγωνική νησίδα είναι επίσης μονόδρομος με 2 λωρίδες κυκλοφορίας, μετά την τριγωνική νησίδα στην οποία γίνετε η διακλάδωση η οδός είναι διπλής κατεύθυνσης, με κίνηση προς την οδό Μανωλάκη.

Κινούμενοι από την Πλατεία Εβραίων προς την Κεντρική Πλατεία όπου πριν είναι τοποθετημένη η τριγωνική νησίδα επιτρέπει στα οχήματα την αριστερή στροφή προς την οδό Μανωλάκη όπου υπάρχει σηματοδότης. Συνεχίζοντας ευθεία την Κύπρου και αφήνοντας αριστερά πίσω μας το τρίγωνο, φτάνουμε στην Κεντρική Πλατεία. Μετά το τρίγωνο και πριν την Κεντρική Πλατεία η οδός Κύπρου γίνεται διπλής κατεύθυνσης. Πριν την Κεντρική Πλατεία όπου η οδό Κύπρου διασταυρώνεται με την οδό Παπαναστασίου υπάρχουν φανάρια για να ρυθμίσουν την κυκλοφορία. Τα οχήματα ερχόμενα από την Κύπρου (από την Κεντρική Πλατεία)

προσεγγίζοντας την τριγωνική νησίδα έχουν υποχρεωτική κίνηση δεξιά προς την οδό Μανωλάκη.



Εικόνα 8.2 Υφιστάμενη κατάσταση στην οδό Κύπρου με Μανωλάκη
Πηγή: (Google Map)

Η σύνθεση της κυκλοφορίας αποτελείται κυρίως από Ι.Χ., δίκυκλα. Επίσης μεγάλος αριθμός λεωφορείων προσεγγίζει την Κεντρική Πλατεία που λειτουργεί σαν αφετηρία. Επιπλέον τις πρωινές ώρες υπάρχει υψηλή κίνηση από φορτηγά που τροφοδοτούν τα καταστήματα που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός ενός μίνι κυκλικού κόμβου, ώστε τα φορτηγά και λεωφορεία να περνάνε πάνω από την κεντρική νησίδα του κόμβου.

8.3 Στόχοι σχεδιασμού του προτεινόμενου κυκλικού κόμβου

Με βάση τη χωροταξία της περιοχής, επιλέχθηκε μίνι κυκλικός κόμβος μίας λωρίδας κυκλοφορίας. Έπειτα από μελέτη της περιοχής, κρίθηκε απαραίτητη η αντικατάσταση της υπάρχουσας τριγωνικής νησίδας με κυκλική νησίδα για την βελτίωση της κυκλοφορίας στο κέντρο της Λάρισας. Η νέα διάταξη του δικτύου έχει

ως απώτερο σκοπό εκτός από την βελτίωση της κυκλοφορίας, την αναβάθμιση της αισθητικής της περιοχής καθώς και βλέψεις για μελλοντική εξέλιξη αυτής.

Ο κόμβος σε αυτό το σημείο θα προσφέρει βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών καθώς και μια συνεχόμενη ροη χωρίς να δημιουργούνται μεγάλες ουρές. Σε συνθήκες χαμηλής κυκλοφορίας, η διέλευση των οχημάτων διακόπτεται από την ύπαρξη σηματοδότη, ενώ οι δρόμοι ενδέχεται να είναι άδειοι. Με το σχεδιασμό του μίνι κυκλικού κόμβου, βελτιώνεται η κυκλοφορία και υφίσταται μια συνεχόμενη ροη, τα οχήματα δεν θα αναγκάζονται να περιμένουν στους σηματοδότες ώστε να συνεχίσουν την πορεία τους. Με τη δημιουργία του κόμβου βελτιώνεται η ποιότητα της κυκλοφορίας, διότι επιτρέπει την αναστροφή και την εύκολη πρόσβαση στο υπόγειο Parking επί της οδού Κύπρου. Επιπλέον λόγω της ύπαρξης του κυκλικού κόμβου αποτρέπει την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

8.4 Γεωμετρικός σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου

Για τον σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου λήφθηκαν υπόψιν οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Κόμβων Κυκλικής Κίνηση (ΟΜΟΕ – K^3), και (Heft 15).

Για τη μελέτη του μίνι κυκλικού κόμβο, προκύπτει από τον πίνακα 4.2 ότι ως όχημα σχεδιασμού επιλέχθηκε το Λεωφορείο με μήκος 12m.

Όσον αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου κόμβου, σχεδιάστηκαι με τις παρακάτω διαστάσεις.

Ο κυκλικός κόμβος στην Λάρισα

Πίνακας 8.1 Διαστάσεων κόμβου

ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΙΑΚΥΛΙΟΥ	19 m
ΔΙΑΜΕΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ	10 m
ΠΛΑΤΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	4,5 m
ΠΛΑΤΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	5 m
ΠΛΑΤΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	5 m

Για το σχεδιασμό του εν λόγω κόμβου ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

- Αρχικά, επιλέχτηκαν οι διαστάσεις του κόμβου σύμφωνα με τις διαστάσεις και την γεωμετρία της περιοχής. Ανάλογα με τα οχήματα σχεδιασμού τοποθετήθηκε ο κόμβος έτσι ώστε να λειτουργεί σωστά.
- Η κεντρική νησίδα σχεδιαστικέ με διάμετρο 10m, όπου στο εξωτερικό της κεντρικής νησίδας το ύψος ανέρχεται στα 4cm και προς το κέντρο της κεντρικής νησίδας το ύψος ανέρχεται στα 12cm. Εξωτερικά της περιμέτρου γίνεται η διαγράμμιση ανά 0.5m ώστε να είναι ορατή η κεντρική νησίδα.
- Επίσης για λογούς ορατότητας τοποθετήθηκαν στην κεντρική νησίδα ανακλαστήρες
- Οι κλάδοι πρόσβασης έχουν πλάτος 5m, στην οδό Μανωλάκη παράλληλα στην οδό δημιουργήθηκαν θέσεις στάθμευσης
- Οι τιμές των ακτίνων εισόδου προέκυψαν 8m και 13, 5m ενώ των εξόδων 14m και 9m. Για την είσοδο του Parking η ακτίνα είναι 5m.
- Η επιθυμητή ταχύτητα κατά την προσέγγιση του κόμβου είναι 25-30km/h, ενώ μέσα στο κόμβο ανέρχεται 20-25km/h

8.4.1 Έλεγχος γρηγορότερης διαδρομή

Στον κυκλικό κόμβο έγινε έλεγχος ως προς τη οδική ασφάλεια και τη λειτουργικότητά του, όπως προβλέπεται από τις ΟΜΟΕ – K^3.

Ο έλεγχος της γρηγορότερης διαδρομής έγινε: για την διαδρομή από την Πλατεία Εβραίων προς την κεντρική πλατεία με ακτίνα εισόδου R_1, την ακτίνα μέσα στο δακτύλιο κυκλοφορίας R_2 και την ακτίνα εξόδου R_3. Επίσης έγινε έλεγχος στην διαδρομή από την οδό Κύπρου από μεριάς την Κεντρικής Πλατείας προς την οδό Μανωλάκη (R_4).

Πίνακας 8.2 Ακτίνες και ταχύτητες για την γρηγορότερη διαδρομή

Ακτίνες	**Ταχύτητες**
R_1= 26.5 m	V_1= 31 km/h
R_2= 13 m	V_2=21.2km/h
R_3= 28 m	V_3= 31.7 km/h
R_4= 42 m	V_4= 38 km/h

Από τον έλεγχο των ταχυτήτων προκύπτει ότι τα οχήματα που ακολουθούν την διαδρομή από την Πλατεία Εβραίων προς την Κεντρική Πλατεία αναπτύσσουν μια ταχύτητα V_1=31km/h όταν μπαίνουν στον κόμβο, η ταχύτητα μέσα στο κόμβο ανέρχεται στους V_2=21.2 km/h ενώ βγαίνοντας από το δακτύλιο η ταχύτητα αυξάνεται.

Για την διαδρομή από την Κεντρική Πλατεία προς την οδό Μανωλάκη η ακτίνα είναι πολύ μεγάλη R_4=42m και αντίστοιχα και η ταχύτητα με την οποία τα οχήματα θα εισέλθουν στο κυκλικό κόμβο θα είναι πολύ μεγάλη V_4= 38km/h, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη πιθανότητα για ατυχήματα και την πιθανότητα να εκτραπεί το όχημα από την πορεία του. Για την διόρθωση είναι απαραίτητη η μείωση της ακτίνας.

Στο παρακάτω σχέδιο εμφανίζονται οι γρηγορότερες διαδρομές οι οποίες μπορούν να πραγματοποιηθούν στον κόμβο, σε σχεδόν ευθεία πορεία αλλά και σε στροφή.

Εικόνα 8.3 Γρηγορότερη διαδρομή

8.4.2 Ορατότητα

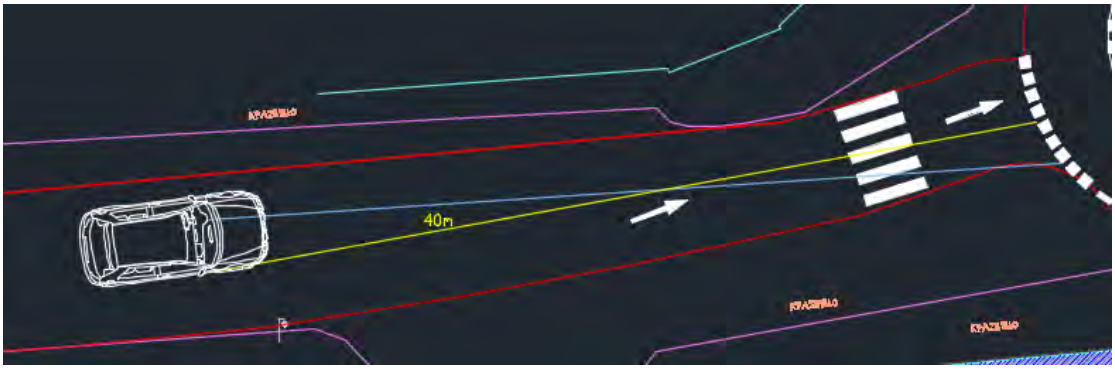
Το επίπεδο ορατότητας της προτεινόμενης οριζοντιογραφικής διαμόρφωσης του κυκλικού κόμβου είναι υψηλό.

Για την ταχύτητα κίνησης του οχήματος με βάση την οποία υπολογίστηκαν οι αποστάσεις ορατότητας, λήφθηκαν υπόψιν οι ταχύτητες με τις οποίες κινούνται τα οχήματα (περίπου 30-50km/h) το επιτρεπτό όριο σε μια πόλη. Για την ταχύτητα της επερχόμενης κυκλοφορίας χρησιμοποιήθηκαν οι ταχύτητες εισόδου (25 - 30km/h) και κυκλικής πορείας (20 - 25km/h).

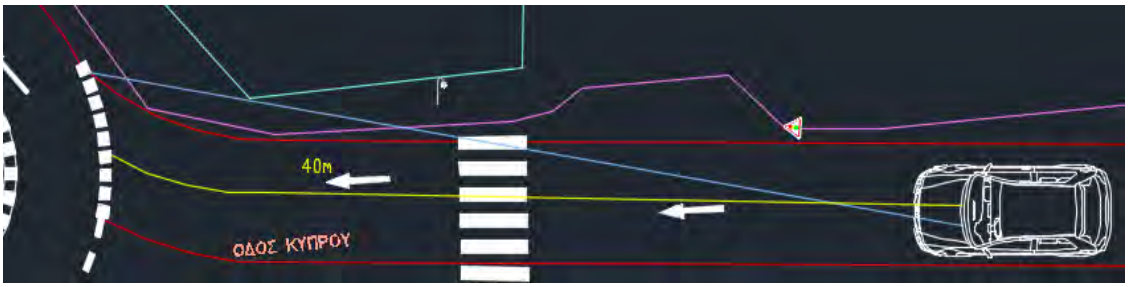
- Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον Κόμβο
- Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών της εξόδου
- Μήκος ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας

8.4.2.1 Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον Κόμβο

Η ταχύτητα που επιλέχθηκε για αυτό τον έλεγχο είναι 30km/h, για τον λόγο ότι η οδός Κύπρου από την Πλατεία Εβραίων προς την Κεντρική Πλατεία έχει μεγάλο μήκος ευθείας.



Εικόνα 8.4 Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον κόμβο απο την πλατεία εβραίων



Εικόνα 8.5 Μήκος ορατότητας για στάση κατά την προσέγγιση στον κόμβο απο την κεντρική πλατεία

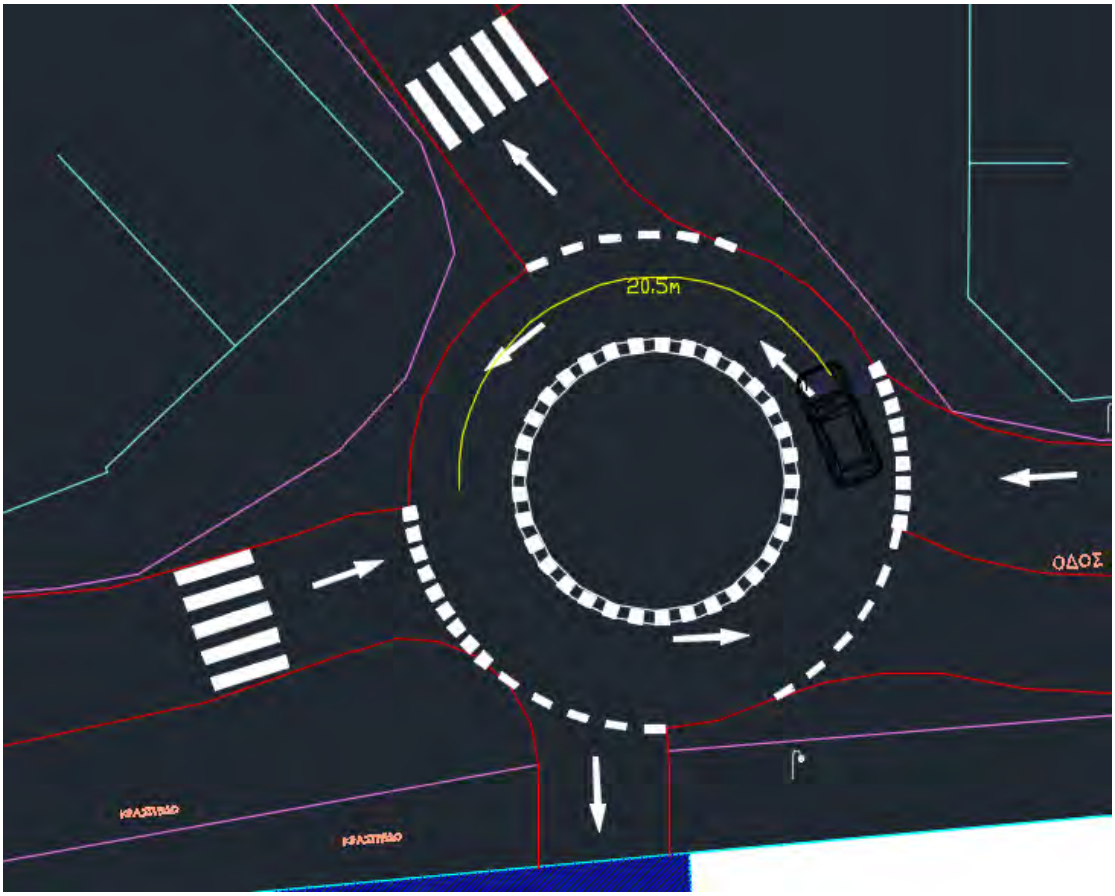
8.4.2.2 Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών της εξόδου

Το μήκος ορατότητας για στάση έως τη διάβαση πεζών στην έξοδο με ταχύτητα 30km/h. Από την οδό Κύπρου προς την οδό Μανωλάκη το μήκος ορατότητας είναι αρκετά μικρό, ενώ ερχόμενος από την Πλατεία Εβραίων προς την Κεντρική Πλατεία το μήκος ορατότητας είναι 38.8m.

Εικόνα 8.6 Μήκος ορατότητας για στάση μέχρι τη διάβαση πεζών της εξόδου

8.4.2.3 Μήκος ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας

Ως ταχύτητα επί του δακτυλίου επιλέχθηκε η 21.2km/h άρα σύμφωνα με τα ΟΜΟΕ-Κ[3] η απόσταση ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας είναι επαρκής, όπως απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 8.7 Μήκος ορατότητας για στάση επί του δακτυλίου κυκλοφορίας

8.4.3 Οριζοντιογραφία

Έπειτα από τους παραπάνω ελέγχους ορατότητας που πραγματοποιήθηκαν, διαμορφώθηκε η τελική οριζοντιογραφική απεικόνιση του μίνι κυκλικού κόμβου, που παρουσιάζεται παρακάτω.

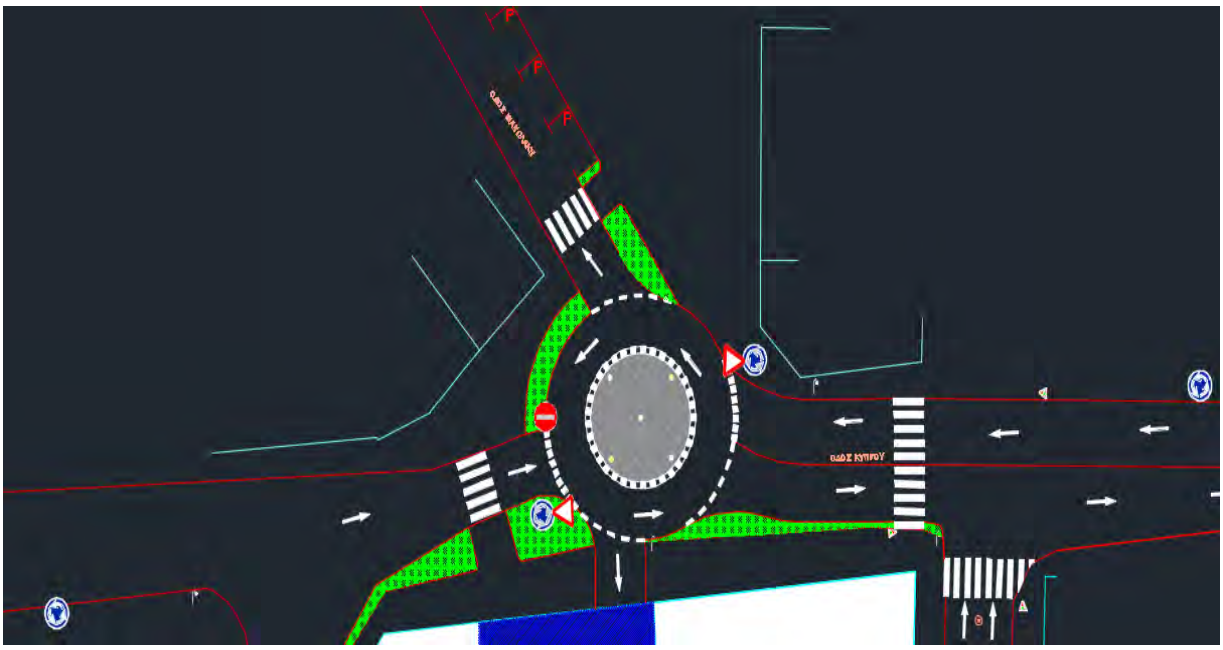
Εικόνα 8.8 Οριζοντιογραφία του μίνι κυκλικού κόμβου

Αρχικά, περιμετρικά του κόμβου έχουν τοποθετηθεί τοπιοτεχνίες για την ενίσχυση της αισθητικής του κόμβου. Στην κεντρική νησίδα δεν έχουν τοποθετηθεί τοπιοτεχνίες αλλά μόνο πλακόστρωτο για τον λόγο ότι τα μεγάλα οχήματα πρέπει να μπορούν να περάσουν πάνω από την κεντρική νησίδα. Επίσης με την διαμόρφωση αυτή έχει αυξηθεί σε όλα σχεδόν τα σημεία το πλάτος του πεζοδρομίου ώστε να είναι πιο εύκολη και ασφαλής η μετακίνηση για τους πεζούς. Παράλληλα στην οδό Μανωλάκη σχεδιάστηκαν αρκετοί χώροι στάθμευσης ώστε να μειωθούν τα παράνομα παρκαρίσματα παράλληλα στη λωρίδα κυκλοφορίας. Οι χώροι στάθμευσης έχουν πλάτος 2.50m και μήκος 5.50m (teilar.gr)

Πάνω στην κεντρική νησίδα έχουν τοποθετηθεί 5 ανακλαστήρες μάτια γάτας για το οδόστρωμα ώστε να είναι εύκολα ορατή τη νύχτα η κεντρική νησίδα.

8.4.4 Κατακόρυφες και Οριζόντιες σημάνσεις

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η οριζοντιογραφία του κόμβου με τις πινακίδες. Σε μίνι κυκλικούς κόμβους δεν τοποθετούνται πολλές πινακίδες για τον λόγο ότι έχουμε περιορισμένο χώρο και επίσης δεν μπορούμε να τοποθετούμε πινακίδες πάνω στην κεντρική νησίδα και στις διαχωριστικές νησίδες αφού αυτές είναι πρέπει να είναι ελεύθερες ώστε να είναι υπερβατές.



Εικόνα 8.9 Κατακόρυφες και οριζόντιες σημάνσεις

Οι πινακίδες στο μίνι κυκλικό κόμβο έχουν τοποθετηθεί σε συγκεκριμένη απόσταση όπως προτείνεται. 50m πριν τον κόμβο τοποθετείται πινακίδα που προειδοποιεί ότι πλησιάζουμε σε μια κυκλική κίνηση, φτάνοντας στον κόμβο τοποθετούνται δυο πινακίδες, μια που μας προειδοποιεί ότι υπάρχει κυκλικός κόμβος και η άλλη ότι είναι υποχρέωση να δοθεί προτεραιότητα σε οχήματα που κινούνται επί του κόμβου. Επιπλέον έχει τοποθετηθεί πινακίδα που απαγορεύει την είσοδο στην οδό Κύπρου προς την Πλατεία Εβραίων. Παράλληλα, με την κυκλική κίνηση επιτρέπει τα οχήματα που έρχονται από την οδό Κύπρου (από Κεντρική Πλατεία) την εύκολη πρόσβαση στο υπόγειο Parking.

Για την οριζόντια σήμανση έχουν τοποθετηθεί βέλη για να προσδιορίσουν την κατεύθυνση τις κυκλοφορίας και για να ειδοποιηθούν οι χρήστες έγκαιρα για τους

κανόνες χρήσης του κόμβου. Η οριογραμμές των κόμβων είναι διακεκομμένες γραμμές, στην είσοδο του μίνι κυκλικών κόμβου οι οριζόντιες διαγραμμίσεις είναι 0.50m x 0.50m και έχουν μεταξύ τους απόσταση 0.25m, στις εξόδους είναι 0.75m x 0.25m και έχουν απόσταση 0.75m μεταξύ τους, ενώ στην κεντρική νησίδα είναι 0.5m x 0.5m και έχουν μεταξύ τους απόσταση 0.5m.

Επίσης έχουν τοποθετηθεί πεζοδιαβάσεις επί της οδού Μανωλάκη σε απόσταση 6m όπως και στην οδό Κύπρου ερχόμενοι από την Πλατεία Εβραίων, ενώ στην οδό Κύπρου μετά το κόμβο έχει τοποθετηθεί η διάβαση σε απόσταση 16m από τον κόμβο για τον λόγο ότι στο σημείο εκείνο υπάρχουν φανάρια.

9 Ζητήματα περαιτέρω μελέτη

Στο πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η μελέτη του μίνι κυκλικού κόμβου στην περιοχή της Λάρισας περιορίζεται στη χάραξη της οριζοντιογραφίας. Για τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό του κόμβου απαιτούνται περεταίρω μελέτες και σχεδιασμοί για τον συγκεκριμένο κυκλικό κόμβο, όπως η χάραξη της μηκοτομής, ο σχεδιασμός των διατομών και ο καθορισμός των κλίσεων του οδοστρώματος ώστε να προσφέρουν την μεγαλύτερη δυνατή απορροή και διοχέτευση των ομβρίων υδάτων. Η υψομετρική χάραξη της οδού πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην υφιστάμενη κατάσταση, ώστε να μην επηρεαστούν τα κτίσματα περιμετρικά του οδοστρώματος.

Επίσης για την υλοποίηση του έργου αυτού θα πρέπει να γίνει και μία λεπτομερής ανάλυση της απόδοσής του σε επίπεδο λειτουργίας. Προτείνεται να πραγματοποιηθούν μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων, δίνοντας έμφαση στην σύνθεση της κυκλοφορίας. Απαιτείται, η εκτίμηση του κυκλοφοριακού φόρτου και της στάθμης εξυπηρέτησης στο έτος σχεδιασμού (20^{ο} έτος από την έναρξη λειτουργίας του κόμβου).

Επιπλέον κρίνεται χρήσιμο να μελετηθεί η κίνηση ποδηλάτων και διαμόρφωση ποδηλατοδρόμων επί του κόμβου και στην ευρύτερη περιοχή του κέντρου της Λάρισας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ασφάλεια.

Μετά την κατασκευή, είναι σημαντικό να παρακολουθείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα η λειτουργικότητα του κόμβου, ώστε να βελτιωθεί όσο το δυνατόν η κυκλοφορία.

10 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Οι κυκλικοί κόμβοι με τοποθετημένες τοπιοτεχνίες στην κεντρική νησίδα, διάμετρο τουλάχιστον 26m και με μια λωρίδα κυκλοφορίας έχουν πλέον ενταχθεί στην καθημερινότητα μας. Έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό σηματοδοτούμενες και μη σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις, όπως και προτιμώνται στην περίπτωση σχεδιασμού νέων διασταυρώσεων. Οι κόμβοι βελτιώνουν σαφώς την ασφάλεια, καθώς και τη ροή της κυκλοφορίας. Δεν αυξάνεται η ασφάλεια μόνο για τους οδηγούς, αλλά και για τους πεζούς και τους ποδηλάτες, καθώς τα σημεία εμπλοκής μεταξύ οχημάτων και μεταξύ οχημάτων και πεζών είναι πολύ λιγότερα από ότι σε τυπικές διασταυρώσεις. Παράλληλα, η γεωμετρία των κυκλικών κόμβων αποτελεί ένα πολύ καλό πρότυπο σχεδιασμού ώστε να μειωθεί η ταχύτητα, συνεισφέροντας με αυτόν τον τρόπο σε ένα μεγαλύτερο επίπεδο ασφάλειας, το οποίο θεωρείται και το σημαντικότερο πλεονέκτημα που προσφέρουν. Η μείωση της ταχύτητα οδηγεί επίσης στην αύξηση του χρόνου αντίδρασης.

Ένα από τα οφέλη του κυκλικού κόμβου είναι η μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται από τα οχήματα και των αέριων ρύπων που εκπέμπονται, αυτό επιτυγχάνεται με την ομαλή ροή της κυκλοφορίας, καθώς οι επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις είναι περιορισμένες όπως και η απόλυτη στάση των οχημάτων.

Μια ακόμη πιο οικονομική μορφή κυκλικών κόμβων είναι αυτή των μίνι κυκλικών κόμβων. Οι μίνι κυκλικοί κόμβοι εφαρμόζονται στο εξωτερικό και κυρίως στην Αγγλία που θεωρείται „πατρίδα“ των κυκλικών κόμβων. Οι κόμβοι αυτοί με διάμετρο 13m έως 25m προκαλούν δυσκολία στην κυοφορία των βαρέα οχημάτων, για των λόγο αυτό σχεδιάζεται η κεντρική νησίδα έτσι ώστε να είναι υπερβατή για μεγαλύτερα οχήματα όπως φορτηγά και λεωφορεία. Επίσης αυτή η μορφή κόμβων εφαρμόζεται σε περιοχές με μικρό κυκλοφοριακό φόρτο και σε περιοχές με περιορισμένο χώρο, για τον λόγο ότι η εξωτερική διάμετρος του δακτυλίου είναι αρκετά μικρή και δεν καταλαμβάνει πολύ χώρο. Παράλληλα, ισχύουν τα ίδια που ισχύουν και για τους κόμβους μεγαλύτερων διαστάσεων όσον αφορά την ασφάλεια και την λειτουργικότητα του.

Στην περίπτωση σχεδιασμού του κυκλικού κόμβου στη Λάρισα, όπου έγινε η αντικατάσταση της τριγωνικής νησίδας από έναν μίνι κυκλικό κόμβο στις οδούς Κύπρου και Μανωλάκη εξήχθησαν σημαντικά συμπεράσματα ως προς τον γεωμετρικό σχεδιασμό. Με την νέα διαμόρφωση οι προβλεπόμενες καθυστερήσεις είναι μικρές αφού δεν υφίστανται πλέον φανάρια και η αναμονή δεν υφίσταται, παρά μόνο ένα διάκενο για την είσοδο στον δακτύλιο λόγω παραχώρησης προτεραιότητας στους κινούμενους επί αυτού.

Λόγω της κυκλικής κίνησης επιτρέπει στα οχήματα την αναστροφή γύρω από την κεντρική νησίδα και την επιστροφή στην Κεντρική Πλατεία η οποία πριν την αντικατάσταση της τριγωνικής νησίδας από τον κυκλικό κόμβο δεν ήταν εφικτή. Επίσης με την τοποθέτηση του κυκλικού κόμβου είναι πλέον πιο εύκολη η πρόσβαση στο υπόγειο Parking, κυρίως για τους οδηγούς οι οποίοι είχαν την πρόθεση να το προσεγγίσουν ερχόμενοι από την Κεντρική Πλατεία.

Επιπρόσθετα δεν θα είναι εφικτή η παράνομη στάθμευση παράλληλα στην λωρίδα κυκλοφορίας αφού οι οδοί Κύπρου και Μανωλάκη θα έχουν πλέον μόνο μια λωρίδα κυκλοφορίας. Στο σημείο όπου τοποθετήθηκε ο μίνι κυκλικός κόμβος δεξιά της οδού Μανωλάκη υφίσταται πεζόδρομος στο οποίο στεγάζονται πολλά καταστήματα εστίασης (Καφετέριες, Εστιατόρια κλπ.) και καταστήματα ειδών ένδυσης. Νέες θέσεις ελεγχόμενης στάθμευσης έχουν δημιουργηθεί επί της οδού Μανωλάκη μετά το μίνι κυκλικό κόμβο ώστε να εξυπηρετηθούν οι κάτοικοι και επιχειρηματίες της περιοχής.

Επιπλέον, αποτέλεσε κρίσιμο στοιχείο η επίτευξη της απαραίτητης ορατότητας των οδηγών, για παροχή μιας πλήρους εικόνας της κυκλοφορίας του κόμβου που έχει ως απώτερο σκοπό την καλύτερη διαχείριση της κίνησής τους. Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω στάδια, και με την επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων για τη συγκεκριμένη διάταξη έχει αυξηθεί η ασφάλεια τόσο των πεζών αλλά και των οδηγών αφού τα σημεία εμπλοκής έχουν μειωθεί όπως και η ταχύτητα με την οποία τα οχήματα κινούνται επί του κόμβου.

Η προτεινόμενη αυτή εφαρμογή αποσκοπεί στη βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών της περιοχής, σε καλύτερα επίπεδα ασφάλειας διάσχισης της διασταύρωσης είτε σαν οδηγός είτε σαν πεζός καθώς και αναβάθμισης αυτής μέσω της ιδιαίτερης αισθητικής του τοπίου που προσφέρει.

11 Βιβλιογραφία

(n.d.). Ανάκτηση από Google Map: https://www.google.com/maps/@39.6386754,22.414833,3a,60y,54.43h,80.48t/data=!3m6!1e1!3m4!1sgoxDoZoHY-LkwAuYmo8Apw!2e0!7i13312!8i6656

Federal Highway Administration. (2010, Φεβροθάριος). Mini-Roundabouts. *Mini- Roundabouts* .

amazing-historical-images-of-columbus-circle. (n.d.). Ανάκτηση από https://www.westsiderag.com/2013/11/10/14-amazing-historical-images-of-columbus-circle

big-trouble-mini-roundabouts. (n.d.). Ανάκτηση από https://www.safedrivingforlife.info/blog/big-trouble-mini-roundabouts

Brilon. (2011, Μάιος). Studies on Roundabouts in Germany. σσ. 1-2.

Dr.-Ing. Martin Schmotz. (2014, Αυγουστος). Bemessungsverfahren für Minikreisverkehre. *Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr* . Δρέσδη.

eco-innov. (n.d.). Ανάκτηση από https://www.eco-innov.com/en/projects/mini-roundabout/

Federal Highway Administration (FHWA) . (n.d.). *Roundabouts An Informational Guide* . Ανάκτηση από https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/00067/000671.pdf

National Cooperative Highway Research Program. (2010). *Roundabouts:An Informational Guide 2.*

nmfv.dk. (n.d.). Ανάκτηση από https://nmfv.dk/wp-content/uploads/2012/06/RDC_Germany.pdf

Reinhold Baier . (2014, Ιουλιος). Mini kreisverkehre- Ableitung ihrer Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen. Bergisch Gladbach .

Steinbrück. (2015, Φεβρουάριος). Empfehlungen zum Einsatz.

teilar.gr. (n.d.). Ανάκτηση από https://e-class.teilar.gr/modules/document/file.php/CIVT119/%CE%A7%CF%89%CF%81%CE%BF%CE%B9%20%CF%83%CF%84%CE%B1%CE%B8%CE%BC%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%83%206.pdf

Tollazzi. Alternative Types of Roundabouts. Maribor.

Wiesholzer, J. (n.d.). Eisatztkriterien für Minikreisverkehre. wien.

ΟΜΟΕ-Κ3. (2011). *Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων.*

Υπουργειο υποδομων, μ. κ. (2016, Απριλιος 14). εφημεριδα της κυβερνησεως της ελληνικης δημοκρατιας .