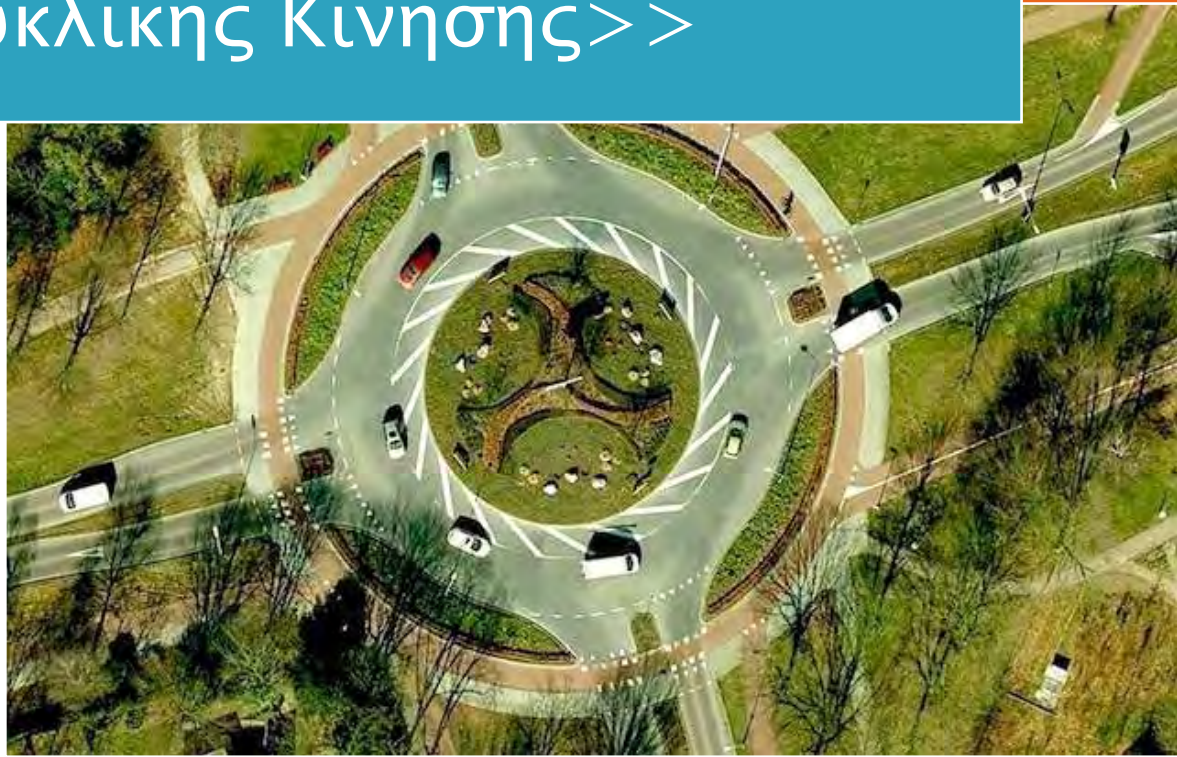


10 Μαρτίου
2015

<<Γεωμετρική Διερεύνηση Κόμβων
Κυκλικής Κίνησης>>



Υφαντής Λάμπρος

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

10 Μαρτίου 2015

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί την διπλωματική μου εργασία, με την οποία και κλείνω τον προπτυχιακό κύκλο σπουδών μου στο Τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, υπό την επίβλεψη των Νικολάου Ηλιού, Καθηγητή του τμήματος και υπεύθynu του Συγκοινωνιακού Τομέα, και Γεωργίου Καλιαμπέτσου, Επιστημονικού συνεργάτη στο ίδιο τμήμα.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τόσο τον κύριο Ηλιού για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής, όσο και τον κύριο Καλιαμπέτσο για την πολύτιμη συνεργασία και βοήθεια κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και τους κοντινούς μου ανθρώπους για την σημαντική ψυχολογική και φυσικά οικονομική υποστήριξη.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	3
Εισαγωγή	5
1. Γενικά.....	6
1.1 Χαρακτηριστικά Στοιχεία Κόμβου Κυκλικής Κίνησης.....	10
1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Κόμβων Κυκλικής Κίνησης.....	13
1.3 Κατηγορίες Κόμβων Κυκλικής Κίνησης (Mini Roundabouts).....	18
1.3.1 Κομβίδια κυκλικής Κίνησης.....	19
1.3.2 Αστικοί συνεπτυγμένοι (Urban Compact)	23
1.3.3 Αστικοί 1 λωρίδας.....	23
1.3.4 Αστικοί 2 λωρίδων	24
1.3.5 Υπεραστικοί 1 λωρίδας.....	24
1.3.6 Υπεραστικοί 2 λωρίδων	24
1.4 Διαδικασία Επιλογής ως Λύσης της Μορφής Κ3.....	25
1.5 Βήματα Σχεδιασμού Κόμβων Κυκλικής Κίνησης	26
1.6 Γενικές συστάσεις Σχεδιασμού Κ3	27
2.1 Όχημα Σχεδιασμού	28
2.2 Στοιχεία Σχεδιασμού	29
2.3 Πλάτος Δακτυλίου	34
2.4 Αριθμός Λωρίδων Δακτυλίου Κυκλοφορίας και Εισόδων/Εξόδων	36
2.5 Διάταξη κλάδων πρόσβασης.....	38
2.6 Γωνίες μεταξύ Σκελών.....	40
2.7 Είσοδοι.....	43
2.8 Έξοδοι.....	46
2.9 Έλεγχος Πορείας Οχημάτων.....	48
3. Ανάλυση Ταχυτήτων	50
4. Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης μίας λωρίδας.....	54
4.1 Άξονες οδών πρόσβασης διερχόμενοι εκ του κέντρου κόμβου	55
4.1.1 Άξονες οδών πρόσβασης κάθετοι μεταξύ τους	56

Εισαγωγή

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, με τίτλο "Γεωμετρική Διερεύνηση Κόμβων Κυκλικής Κίνησης", αποτελεί τόσο η εξοικείωση των αναγνωστών της με τη μορφολογία και τις ιδιαιτερότητες-απαιτήσεις που παρουσιάζουν οι κόμβοι κυκλικής κίνησης σαν συγκοινωνιακό έργο, όσο και η εμπάθυνση των αναγνωστών της σε πειραματικές μεθόδους διαμόρφωσης των κόμβων αυτών με βάση τα κριτήρια και τις προϋποθέσεις που ορίζουν οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων για τους Κόμβους Κυκλικής Κίνησης (ΟΜΟΕ Κ3).

Πιο συγκεκριμένα και σε πρώτο στάδιο, ορίζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Κ3 έναντι των συμβατικών ισόπεδων κόμβων, τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία και οι κατηγορίες των Κ3 ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο και θα διαμορφωθούν. Ορίζονται, επίσης, τα κριτήρια διαμόρφωσης τους, με βάση τον σκοπό που εξυπηρετούν και δίνονται όρια και προτεινόμενες τιμές για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, με βάση την κατηγορία τους.

Βασικός κορμός, ωστόσο, της παρούσας εργασίας αποτελεί η διαδικασία που συνίσταται να ακολουθήσει ο μελετητής, με βάση την οποία ο Κ3 θα είναι λειτουργικός και δε θα αντιμετωπίζει κατασκευαστικά και κυκλοφοριακού τύπου προβλήματα. Με συγκεκριμένα βήματα και τύπους και με τη χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Anadelta Tessera, μέσω πειραμάτων και έρευνας, παρουσιάζεται ακριβής μεθοδολογία για τη διαμόρφωση κόμβων μίας ή δυο λωρίδων, με άξονες οδών πρόσβασης έκκεντρους ή μη.

Τέλος, αναλύεται η γραφική μοντελοποίηση της συντομότερης διαδρομής που ενδέχεται να ακολουθήσει ένα όχημα σε ένα Κ3 και προσδιορίζονται οι αναμενόμενες καμπυλότητες και ταχύτητες της πορείας αυτής, με τα απαραίτητα συμπεράσματα και αποτελέσματα.

Κεφάλαιο 1

1. Γενικά

Η υιοθέτηση των Κόμβων Κυκλικής Κίνησης (Κ3) καθιερώνεται διεθνώς ολοένα και περισσότερο, ενώ αυτοί αντικαθιστούν αποτελεσματικά και τους σηματοδοτημένους ισόπεδους κόμβους. Η διαμόρφωση αυτών των κόμβων επιφέρει την επιβράδυνση των οχημάτων κατά την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας, και περιορίζει τη ροή κυκλοφορίας μόνο προς μία κατεύθυνση ενώ απαλείφει σημαντικό αριθμό πιθανών σημείων σύγκρουσης (σημεία εμπλοκής), τόσο μεταξύ των οχημάτων, όσο και μεταξύ οχημάτων και πεζών σε αστικές και περιαστικές περιοχές. Ειδικά η νησίδα διαχωρισμού, που προβλέπεται πάντα στις οδούς πρόσβασης στο σημείο προσέγγισης του δακτυλίου κυκλοφορίας, παρέχει περισσότερη ασφάλεια στους πεζούς. Η νησίδα διαχωρισμού προσφέρει καταφύγιο στους πεζούς, ώστε να διασχίσουν το οδόστρωμα της κάθε κατεύθυνσης κυκλοφορίας με δυνατότητα ενδιάμεσης στάσης, σε σχετικά ασφαλή θέση. Η μορφή των εν λόγω κόμβων γίνεται συνεχώς δημοφιλέστερη, λόγω της βελτίωσης της οδικής ασφάλειας και της λειτουργικής αποτελεσματικότητας που αποδεδειγμένα προσφέρουν.

Οι Κ3 μπορεί να προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα, έναντι των συμβατικών ισόπεδων κόμβων συμβολής ή διασταύρωσης (με ή χωρίς φωτεινή σηματοδότηση), στα οποία μπορεί να περιλαμβάνονται:

- Γενική βελτίωση της οδικής ασφάλειας και της κυκλοφοριακής εξυπηρέτησης. Από στατιστικά στοιχεία άλλων χωρών προκύπτει ότι, σε σχέση με άλλες μορφές, οι Κ3 επιτυγχάνουν μείωση ατυχημάτων: σοβαρού τραυματισμού και θανατηφόρων μέχρι 90%, τραυματισμού μέχρι 75%, αύξηση κυκλοφοριακής ικανότητας κατά 30-50%, η οποία μπορεί να μειώνεται σε 30-40% σε περίπτωση παρουσίας πεζοδιαβάσεων. Χαρακτηριστικές παράμετροι βελτίωσης παρουσιάζονται στα επόμενα Σχήματα 1.2-1, 1.2-2 και 1.2-3.
- Περιορισμός των καθυστερήσεων (γενικά αποτρέπεται ο σχηματισμός ουρών).
- Μικρότερες ουρές, ειδικά σε περιόδους αιχμής κυκλοφορίας.
- Καλύτερη διαχείριση της ταχύτητας, η ρύθμιση της οποίας αποτελεί παράγοντα ίσως τον κρίσιμότερο στη θέση ισόπεδου κόμβου (η επιβαλλόμενη μείωση της ταχύτητας σημαίνει ότι: οι οδηγοί έχουν στη διάθεση τους μεγαλύτερο χρόνο να αποφασίσουν και να αντιδράσουν ενώπιον των άλλων κινούμενων οχημάτων και των πεζών, τα ατυχήματα είναι μειωμένης σοβαρότητας, οι πεζοί κινούνται με μεγαλύτερη ασφάλεια).

- Ευκαιρίες για βελτίωση των χαρακτηριστικών των οδών στα σημεία εισόδου σε οικισμένο περιβάλλον (οι βελτιωμένες συνθήκες κυκλοφορίας μειώνουν την κατανάλωση καυσίμων και την παραγωγή ρύπων).
- Σε αρκετές περιπτώσεις αποφυγή ή μετάθεση της ανάγκης για δαπανηρά έργα, π.χ. για κατασκευή ανισόπεδου κόμβου, έργων διαπλατυνσεων διαμόρφωσης αριστερών στροφών, ή και εγκατάστασης φωτεινής σηματοδότησης.
- Εξοικονόμηση χρηματικών πόρων, επειδή δεν απαιτείται εγκατάσταση και συντήρηση φωτεινής σηματοδότησης. Συγκεκριμένα μπορεί να εξοικονομούνται ετησίως περίπου 5.000 € από δαπάνες ιδιωτισμού και συντήρησης, δεδομένου ότι η ζωή των έργων μπορεί να καλύψει διάρκεια 25 ετών, σε σύγκριση με τα 10 έτη ζωής, που έχει μια συγκαταβατική εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης.

Αξίζει να αναφερθεί πως από έρευνες έχει αποδειχτεί ότι, οι Κ3 ενδέχεται να παρουσιάζουν μικρότερο αριθμό ατυχημάτων ακόμη και από τους ανισόπεδους κόμβους.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των σύγχρονων τεχνολογικά Κ3 είναι:

- (1) Ρύθμιση κυκλοφορίας, σε όλες τις εισόδους πρέπει να παραχωρείται η προτεραιότητα, δηλαδή να δίνεται προτεραιότητα σε αυτούς που κινούνται εντός του κυκλικού κόμβου έναντι αυτών που εισέρχονται σε αυτόν.
- (2) Γεωμετρία προσέγγισης, ο κλάδος εισόδου δεν προσεγγίζει τον δακτύλιο κυκλοφορίας με κάθετη κατασκευή, αλλά ο κλάδος θλάται κατάλληλα με τριγωνικές νησίδες διαχωρισμού, ώστε τα οχήματα να εισέρχονται στο δακτύλιο με όσο το δυνατόν μικρότερη γωνία. Συνολικά λοιπόν ο κόμβος σχεδιάζεται ώστε να παροτρύνει και να επιβάλλει στους οδηγούς χαμηλές και ομοιόμορφες ταχύτητες σε όλες τις κινήσεις του.
- (3) Προτεραιότητα, δίνεται στα οχήματα που κινούνται εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας.
- (4) Πεζοδιαβάσεις, κατασκευάζονται αποκλειστικά εγκάρσια στον κόμβο, πριν από τη γραμμή STOP των κλάδων εισόδου, ενώ στις θέσεις των κλάδων εξόδου κατασκευάζονται σε απόσταση ίση η μεγαλύτερη των 7,5 m από την περίμετρο του δακτυλίου (επιθυμητή 3-πλαίσια).
- (5) Στάθμευση, απαγορεύεται σε όλο το δακτύλιο κυκλοφορίας
- (6) Κατεύθυνση κυκλοφορίας, σε όλες τις κατηγορίες Κ3, εκτός των περιπτώσεων κομβιδίου, καθίσταται υποχρεωτική η κατασκευή υπερυψωμένων (κρασπεδωμένων) νησίδων ώστε να διαχωρίζονται οι δυο αντίθετες κατευθύνσεις στις οδούς πρόσβασης του κόμβου. Πιο συγκεκριμένα στην κατηγορία κομβιδίου, η νησίδα διαχωρισμού είναι

ιδιαίτερα μικρή, με αποτέλεσμα να υλοποιείται μόνο ως επιφάνεια αποκλεισμού με οριζόντια διαγράμμιση.

Η ύπαρξη των ισόπεδων κόμβων κατά μήκος των οδικών αξόνων καθίσταται ως σοβαρό αίτιο πρόκλησης ατυχημάτων. Κατά κανόνα, το ποσοστό των ατυχημάτων σε ισόπεδους κόμβους ξεπερνά το 50%. Για το λόγο αυτό, πρώτη προτεραιότητα θα πρέπει να αποτελεί η μείωση των παροχών ισόπεδων κόμβων (με καταλληλότερο σχεδιασμό). Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η μείωση των πιθανών σημείων σύγκρουσης (σημεία εμπλοκής) στον εκάστοτε κόμβο. Η χρήση και η κατασκευή Κ3 μπορεί να μειώσει τον αριθμό των σημείων εμπλοκής (βλ. Σχήματα 1.2-1 και 1.2-2) και παρουσιάζει σημαντικά μικρότερο κίνδυνο για ατυχήματα, σε σύγκριση ακόμα και με τους ανισόπεδους κόμβους.

Η εφαρμογή των Κ3 είναι πιο κατάλληλη όταν συντρέχουν οι παρακάτω συνθήκες.

- (1) Υφιστάμενοι κόμβοι με μεγάλο αριθμό ατυχημάτων και δη μεγαλύτερης σοβαρότητας.
- (2) Υφιστάμενοι κόμβοι που ενδέχεται, για διάφορους λόγους, να αποτυγχάνουν να εξυπηρετήσουν την απαιτούμενη κυκλοφοριακή ζήτηση.
- (3) Σημεία όπου οι εναλλακτικές λύσεις είναι πιο δαπανηρές
- (4) Σημεία που έχουν ως βασικό κριτήριο την αισθητική
- (5) Σημεία όπου αλλάζει η λειτουργική κατηγορία της οδού, ή είναι επιθυμείται να αλλάξει το επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας, όπως θέσεις μετάβασης από υπεραστικό σε αστικό περιβάλλον.
- (6) Θέσεις με τυχαίο αριθμό αφίξεων
- (7) Θέσεις όπου είναι επιθυμητός ο τυχαίος αριθμός αφίξεων, ή τα έργα για την εξυπηρέτηση συγκεντρώσεων οχημάτων (platoons) είναι ιδιαίτερα δαπανηρά ή μη κατασκευάσιμα.
- (8) Τερματικοί κόμβοι σε κλάδους ανισόπεδων κόμβων
- (9) Ισόπεδοι κόμβοι σε υπεραστικές οδούς υψηλών ταχυτήτων
- (10) Ισόπεδοι κόμβοι που ενώνουν διαφορετικές κατηγορίες οδών (αρτηρία- αρτηρία, αρτηρία- συλλέκτρια, αρτηρία- τοπική, συλλέκτρια- συλλέκτρια, συλλέκτρια- πρόσβαση).
- (11) Ισόπεδοι κόμβοι 4-σκελείς με φόρτο εισόδου μικρότερο των 8.000 οχημάτων ανά ώρα, η ετήσια μέγιστη ημερήσια κυκλοφορία ίση με 80.000
- (12) Ισόπεδοι 3-σκελείς
- (13) Ισόπεδοι κόμβοι ρυθμιζόμενοι με STOP με πολλά ατυχήματα ή σοβαρά ατυχήματα

- (14) Ισόπεδοι κόμβοι μεταξύ δυο αρτηριών που λειτουργούν με συντονισμένη σηματοδότηση
- (15) Ισόπεδοι κόμβοι σε εγγύτητα, όπου δε μπορεί να επιτευχθεί η συντονισμένη σηματοδότηση
- (16) Ισόπεδοι κόμβοι όπου προβλέπεται να προστεθούν μελλοντικά νέες προσβάσεις
- (17) Ισόπεδοι κόμβοι κοντά σε σχολεία
- (18) Ισόπεδοι κόμβοι όπου η οδική ασφάλεια έχει το μέγιστο ενδιαφέρον

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

1.1 Χαρακτηριστικά Στοιχεία Κόμβου Κυκλικής Κίνησης

Οι Κ3 παρουσιάζουν ειδικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Τα σημαντικότερα από αυτά απεικονίζονται στην επόμενη εικόνα 1.1-1 και είναι τα ακόλουθα:

Κεντρική νησίδα κόμβου κυκλικής κίνησης, υπερυψωμένη κυκλική επιφάνεια γύρω από την οποία πραγματοποιείται η κυκλοφορία στον δακτύλιο κυκλοφορίας

Σκέλη κόμβου, τα οδικά τμήματα που συμβάλλουν στον κόμβο (προσβάσεις), που μπορεί να είναι 3 ή 4, η και περισσότερα υπό συγκεκριμένες συνθήκες

Νησίδα διαχωρισμού, εφαρμόζεται σε κάθε πρόσβαση και είναι μία υπερυψωμένη επιφάνεια με κράσπεδα ή τουλάχιστον η επιφάνεια του οδοστρώματος της πρόσβασης με οριζόντια διαγράμμιση ως επιφάνεια αποκλεισμού. Διαχωρίζει την εξερχόμενη από την εισερχόμενη κυκλοφορία, να διοχετεύει και να επιβραδύνει την εισερχόμενη κυκλοφορία και να προσφέρει καταφύγιο αναμονής για τους πεζούς που επιθυμούν να διασχίσουν κάθετα την οδό πρόσβασης.

Δακτύλιος κυκλοφορίας, η επιφάνεια του οδοστρώματος γύρω από την οποία πραγματοποιείται η αριστερόστροφη κίνηση των οχημάτων, περιμετρικά της κεντρικής νησίδας του κόμβου.

Υπερβατή ζώνη κεντρικής νησίδας, εφαρμόζεται εφόσον απαιτείται για την διέλευση βαρέων οχημάτων, περιμετρικά της κεντρικής νησίδας

Γραμμή εισόδου, είναι η εγκάρσια διαγράμμιση του οδοστρώματος της πρόσβασης που χρησιμοποιείται για να οριστεί το σημείο εισόδου από μία πρόσβαση στο δακτύλιο.

Εγκάρσιες πεζοδιαβάσεις, απαιτούνται κυρίως σε αστικό περιβάλλον, έτσι ώστε να επιτρέπουν και σε ΑμΕΑ τη διέλευση εγκάρσια σε κάθε πρόσβαση του κόμβου. Εφαρμόζονται εγκάρσια στη νησίδα διαχωρισμού.

Διαμορφώσεις για ποδηλάτες, θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα στους ποδηλάτες να τόσο εντός όσο και πέρα της διάταξης.

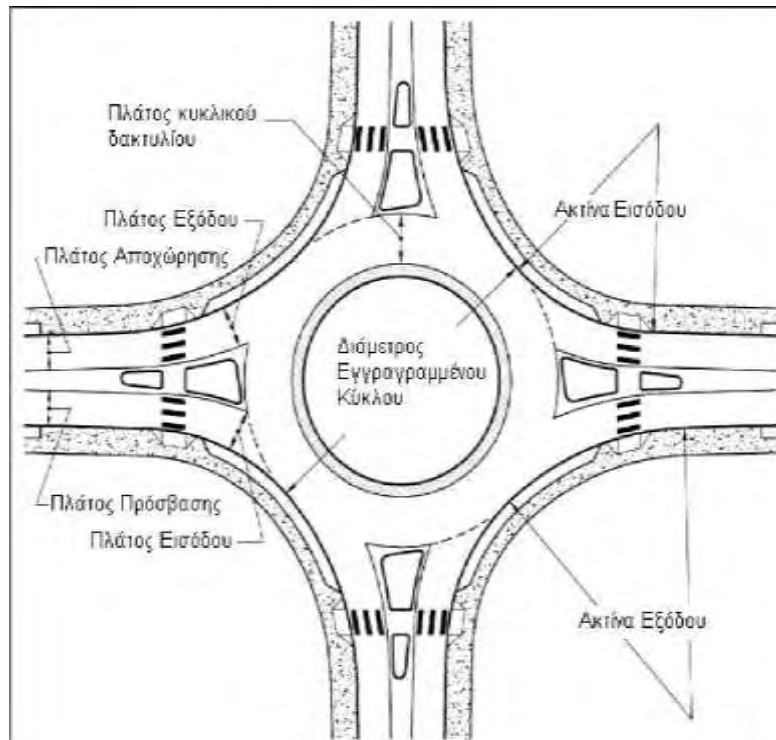
Ζώνη τοπιοτεχνίας, στην περίπτωση κόμβου σε αστικό περιβάλλον συνίσταται μεταξύ του περιφερειακού πεζοδρομίου και του δακτυλίου κυκλοφορίας να παρεμβάλλεται μία ζώνη τοπιοτεχνίας (φύτευση χαμηλού πρασίνου).

Τα βασικά στοιχεία ενός τυπικού Κ3 με 4 σκέλη απεικονίζεται στο ενδεικτικό Εικόνα 1.1-1



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

Εικόνα 1.1-1 Χαρακτηριστικά στοιχεία κόμβου κυκλικής κίνησης



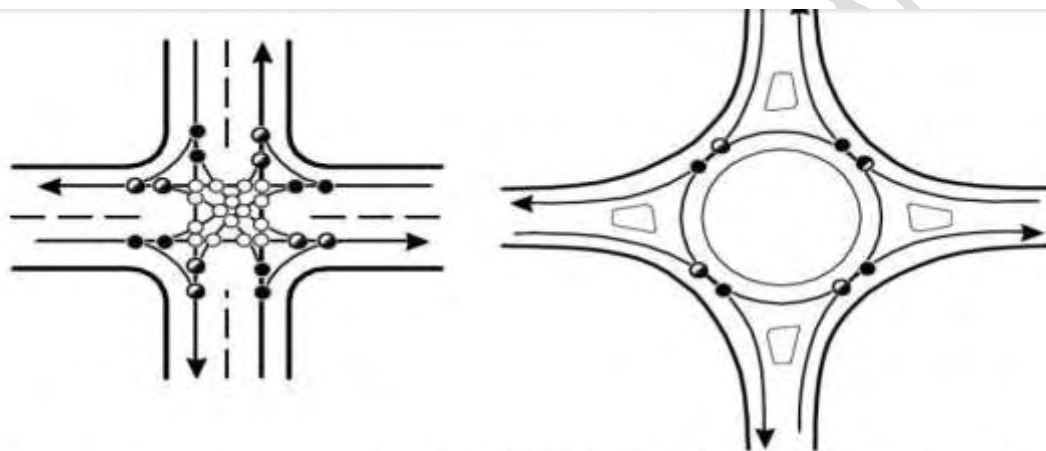
Σχήμα 1.1-1 Βασικά στοιχεία τυπικού κόμβου κυκλικής κίνησης με 4 σκέλη
 Στον Κ3 πραγματοποιούνται κανονικά όλες οι κινήσεις ενός τυπικού ισόπεδου κόμβου, με πορείες που προβλέπονται από τη γεωμετρία της διάταξης (βλ. Σχήμα 1.1-2)



Σχήμα 1.1-2 Αναπαράσταση κινήσεων διαμέσου Κ3

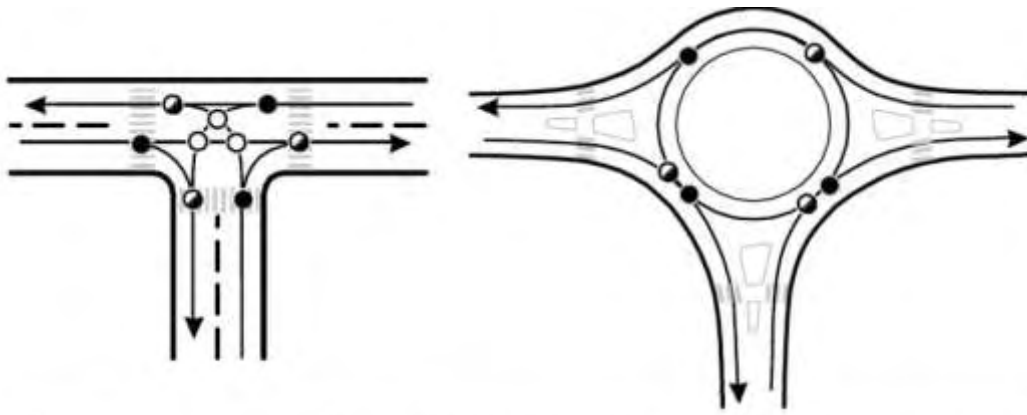
1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Κόμβων Κυκλικής Κίνησης

Βασικό πλεονέκτημα των Κ3 έναντι των ισόπεδων κόμβων είναι ο περιορισμένος αριθμός των σημείων εμπλοκής. Σε σχέση με έναν τυπικό ισόπεδο κόμβο, ένας Κ3 εμφανίζει συνολικά πολύ λιγότερα σημεία εμπλοκής. Ενώ σε ένα τυπικό ισόπεδο 4-σκελή ισόπεδο κόμβο παρουσιάζονται 32 σημεία εμπλοκής, σε έναν 4-σκελη Κ3 εμφανίζονται μόλις 8. Ουσιαστικά απαλείφονται οι περιπτώσεις εμπλοκής λόγω διασταύρωσης, οι πλέον επικίνδυνες, αφού δημιουργούν πλαγιομετωπικές συγκρούσεις. Εμφανίζονται μόνο 4 σημεία εμπλοκής συμβολής πορειών και 4 σημεία χωρισμού, (βλ. Σχήμα 1.2-1)



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

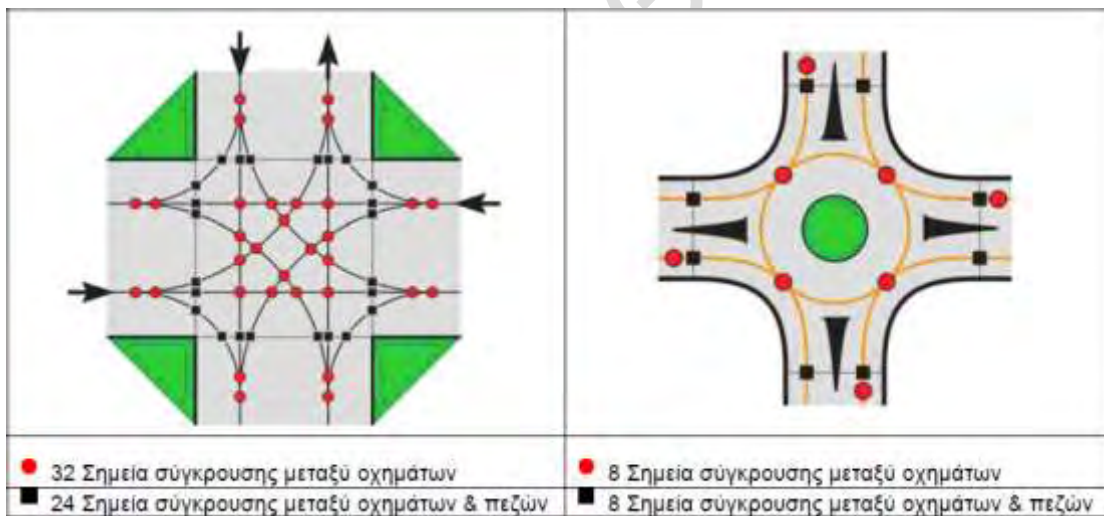
Σχήμα 1.2-1: Σημεία εμπλοκής σε ισόπεδο κόμβο διασταύρωσης και σε Κ3
Αντίστοιχα στην περίπτωση 3-σκελή κόμβου, τα σημεία σύγκρουσης είναι 6(βλ. Σχήμα 1.2-2).



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

Σχήμα 1.2-2 Σημεία και τύποι εμπλοκής σε κόμβο διασταύρωσης και σε Κ3

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η διαφορά του αριθμού των σημείων σύγκρουσης (μεταξύ οχημάτων και πεζών) σε ισόπεδο και σε Κ3.



Σχήμα 1.2-3: Σημεία σύγκρουσης σε συμβατικό κόμβο διασταύρωσης και Κ3

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των Κ3:

1. Χρήστες εκτός μηχανοκίνητων οχημάτων

Πλεονεκτήματα:

- Οι πεζοί χρειάζεται να ελέγξουν μόνο μία κατεύθυνση κυκλοφορία κάθε φορά
- Οι ποδηλάτες έχουν την επιλογή να χρησιμοποιήσουν τον κόμβο όπως οι πεζοί

Μειονεκτήματα:

- Δυσκολία των πεζών με προβλήματα όραση να εντοπίσουν την πεζοδιάβαση και να αντιληφθούν αν το όχημα του έχει δώσει προτεραιότητα
- Οι ράμπες για ποδήλατα μπορούν να εκληφθούν ως ράμπες πεζών και αντίστροφα

2. Οδική ασφάλεια

Πλεονεκτήματα:

- Μείωση σοβαρότητας συγκρούσεων για όλους τους χρήστες, μικρότερες ταχύτητες με ταυτόχρονη μεγαλύτερη διάθεση χρόνου στους χρήστες για να αντιδράσουν σε κάθε περίπτωση
- Λιγότερα συνολικά σημεία εμπλοκής και εξάλειψη εμπλοκών αριστερής στροφής

Μειονεκτήματα:

- Αύξηση συγκρούσεων ενός οχήματος με άλλα και με σταθερά εμπόδια
- 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 παραχώρησης προτεραιότητας από τα οχήματα

3. Λειτουργία

Πλεονεκτήματα:

- Μικρότερες ουρές
- Μείωση αναγκών πρόσθετων λωρίδων
- Δημιουργία δυνατότητας σε γειτονικούς σηματοδότες να λειτουργήσουν με πιο αποδοτικούς κύκλους
- Ρύθμιση κυκλοφορίας σε κόμβους με υψηλό ποσοστό αριστερών στροφών

Μειονεκτήματα:

- Η εξίσωση προτεραιότητας για όλες τις προσβάσεις μπορεί να μειώσει την προχώρηση της κυκλοφορίας για προσβάσεις υψηλών φόρτων

- Αδυναμία προσφοράς αποκλειστικής προτεραιότητας σε ειδικές κατηγορίες χρηστών (τραίνα, οχήματα έκτακτης ανάγκης, μέσα μαζικής μεταφοράς κτλ.)
- Δεν προτείνονται μεταξύ σηματοδοτημένων κόμβων
- Προσαρμόζονται δύσκολα σε οδούς με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας

4. Διαχείριση προσβάσεων

Πλεονεκτήματα:

- Δυνατότητα ασφαλούς αναστροφής

Μειονεκτήματα:

- Μειώνει τον αριθμό των διαθέσιμων χρονικών κενών για την είσοδο στις οδούς που αποτελούν τα σκέλη του κόμβου, οδικές ή άλλου είδους (π.χ. χώροι στάθμευσης)

5. Περιβάλλον

Πλεονεκτήματα:

- Ενδέχεται να μειωθούν η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ηχορύπανση και η κατανάλωση καυσίμου
- Λιγότερες στάσεις σε περιόδους εκτός αιχμής

Μειονεκτήματα:

- Πιθανές επιπτώσεις σε φυσικούς και πολιτιστικούς πόρους, λόγω απαιτήσεων μεγαλύτερης κατάληψης που χρειάζεται απαλλοτρίωση

6. Ρύθμιση κυκλοφορίας

Πλεονεκτήματα:

- Μειωμένες ταχύτητες κυκλοφορίας
- Ωφέλιμη διάταξη σε μεταβατικές περιοχές (από υπεραστική σε αστική) που δίνει έμμεσα την εντύπωση σημαντικής αλλαγής στο περιβάλλον οδήγησης

Μειονεκτήματα:

- Πιο ακριβή λύση σε σχέση με άλλες διαμορφώσεις κόμβων κυρίως εκείνων χωρίς εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης

7. Έκταση κατάληψης

Πλεονεκτήματα:

- Συχνά αποτελεί λιγότερο χώρο αποθήκευσης για ουρές στις προσβάσεις του κόμβου, επιτρέποντα μικρότερες αποστάσεις μεταξύ κόμβων
- Μειώνει την ανάγκη για μεγαλύτερου πλάτους απαλλοτριώσεις 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 οι ποδηλατοδρόμοι στις προσβάσεις

Μειονεκτήματα:

- Απαίτηση μεγαλύτερης έκτασης κατάληψης απ' ότι στις άλλες διαμορφώσεις κόμβων

8. Λειτουργία και Συντήρηση

Πλεονεκτήματα:

- Συνήθως δεν απαιτείται συντήρηση για εξοπλισμό χρηματοδότησης (εκτός των περιπτώσεων σηματοδοτημένων κόμβων)

Μειονεκτήματα:

- Μπορεί να απαιτείται συντήρηση της ζώνης τοπιοτεχνίας

9. Αισθητική

Πλεονεκτήματα:

- Προσφέρει δυνατότητα διαμόρφωσης ελκυστικών εισόδων ή κεντρικών πλατειών σε περιοχές οικισμών
- Χρήση ως τοπόσημο σε τουριστικές ή εμπορικές περιοχές για να διαχωριστούν οι περιοχές κατοικίας και εμπορίου

Μειονεκτήματα:

- Παράγοντας κινδύνου όταν τοποθετούνται σταθερά εμπόδια στην κεντρική νησίδα

1.3 Κατηγορίες Κόμβων Κυκλικής Κίνησης (Mini Roundabouts)

Οι Κ3 ταξινομούνται ανάλογα με το μέγεθος και το περιβάλλον όπου κατασκευάζονται σε 6 βασικές κατηγορίες, που περιγράφονται στη συνέχεια. Τα γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία Κ3 παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 1.3-1: Γενικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού ανά κατηγορία Κ3

Στοιχείο σχεδιασμού	Κομβίδια	Αστικοί			Υπεραστικοί	
		Συνεπτυγμένοι	1 λωρίδας	2 λωρίδων	1 λωρίδας	2 λωρίδων
Συνιστώμενη V_{max} εισόδου [km/h]	25	25	35	40	40	50
Μέγιστος αριθμός λωρίδων εισόδου ανά πρόσβαση	1	1	1	2	1	2
Συνήθης διάμετρος περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας D [m]	13-25	25-30	30-40	45-55	35-40	55-60
Δομική διαμόρφωση διαχωριστικής νησίδας	Υπερυψωμένη, εάν είναι δυνατόν, με διακοπή για πεζοδιάβαση	Υπερυψωμένη με διακοπή για πεζοδιάβαση			Υπερυψωμένη επιμήκης διακοπή για πεζοδιάβαση αν χρειάζεται	
Τυπική ημερήσια εξυπηρέτηση φόρτου σε 4-σκελή Κ ³ [οχ/ημέρα]	≤10.000	≤15.000	≤25.000	≤45.000	≤20.000	≤45.000

Η μέγιστη κατά μήκος κλίση που επιτρέπεται και το αντίστοιχο ελάχιστο μήκος επί των σκελών του Κ3 ορίζονται στον επόμενο πίνακα:

Κατηγορία οδού		Μέγιστη επιτρεπόμενη κατά μήκος κλίση	Ελάχιστο μήκος [m]
Αστική	Υπεραστική		
Αρτηρία	A1, AII, AIII	2%	60
Συλλεκτήρια	AIV	4%	30
Τοπική	AV	4%	15

1.3.1 Κομβίδια κυκλικής Κίνησης

Οι κόμβοι αυτής της κατηγορίας εφαρμόζονται εν γένει σε αστικό περιβάλλον. Βασικό χαρακτηριστικό τους έχουν την εξ' ολοκλήρου υπερβατή κεντρική νησίδα που εξυπηρετεί τα φορτηγά οχήματα δια της διέλευσης τους ακόμα και πάνω από αυτή. Μικρής έκτασης κόμβοι και εφαρμόζονται σε οδούς με ταχύτητες μικρότερες ή ίσες των 40 km/h. Όταν δεν είναι δυνατή η κατασκευή ενός τυπικού Κ3, λόγω σημαντικών περιορισμών χώρου, τα κομβίδια κυκλικής κίνησης είναι η λύση. Πλεονέκτημα αυτής της διάταξης αποτελεί η μικρή έκταση κατάληψης χώρου και η ευκολία υλοποίησης της με μικρές τροποποιήσεις στις γωνίες των κλάδων που συναντώνται στη διασταύρωση. Στην περίπτωση που θα επιτρέπεται η διέλευση των βαρέων οχημάτων πάνω από την κεντρική νησίδα, τότε η νησίδα θα είναι υπερυψωμένη στην περίμετρό της κατά 100mm.



Εικόνα 1.3.1-1: Κομβίδιο κυκλικής κίνησης σε υφιστάμενη διασταύρωση με υπερυψωμένη κεντρική νησίδα



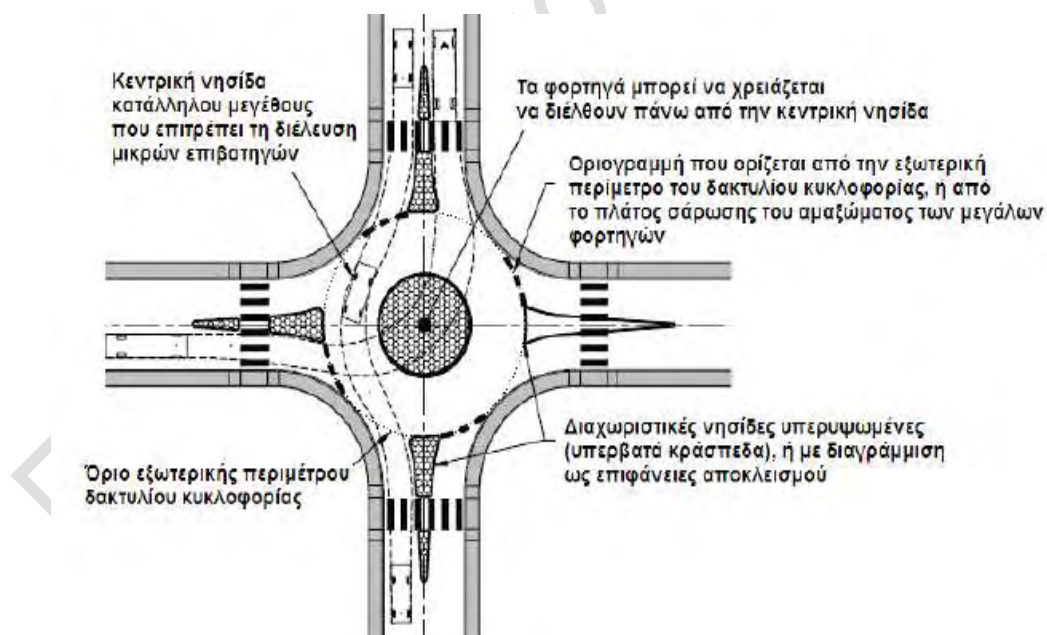
Εικόνα 1.3.1-2: Κομβίδια με κεντρική νησίδα πλήρως διελεύσιμη από φορτηγά

Τα κομβίδια θα πρέπει να σχεδιάζονται όσο το δυνατόν μεγαλύτερα, μέσα στη δυνατότητα που παρέχει ο περιορισμένος χώρος. Η εξωτερική διάμετρος του δακτυλίου κυκλοφορίας, εν γένει, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 30 m. Στην περίπτωση που εφαρμόζεται διάμετρος 30 m, τότε τυπικά η διάμετρος είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να εξυπηρετεί τα οχήματα σχεδιασμού με διέλευση γύρω από υπερυψωμένη κεντρική νησίδα. Μια υπερυψωμένη κεντρική νησίδα παρέχει φυσικό δομικό διαχωρισμό ρύθμισης της ταχύτητας των οχημάτων, πράγμα που σημαίνει ότι ο σχεδιασμός K^3 με 1 λωρίδα είναι προτιμότερος, όταν μπορεί η διάμετρος να είναι >30 m.

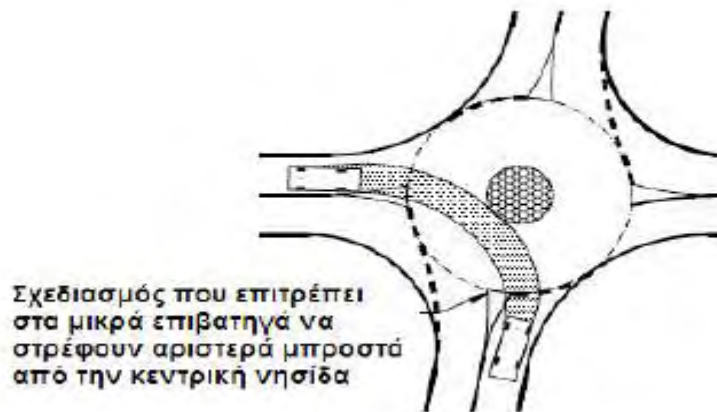
Η πλήρως διελεύσιμη κεντρική νησίδα παρέχει την πλέον σαφή ένδειξη στο χρήστη ότι ο κόμβος είναι μορφής κομβιδίου. Η θέση και το μέγεθος της κεντρικής νησίδας των κομβιδίων (και το αντίστοιχο πλάτος του δακτυλίου κυκλοφορίας) υπαγορεύεται κυρίως από τις απαιτήσεις των μικρών επιβατηγών οχημάτων. Η εκτός του δακτυλίου κυκλοφορίας διέλευση του οχήματος σχεδιασμού θα πρέπει να εξυπηρετείται με διέλευση πάνω από την κεντρική νησίδα, ενώ τα μικρά επιβατηγά θα πρέπει να καθοδηγούνται χωρίς να χρειάζεται να διέλθουν πάνω από την κεντρική νησίδα. Είναι επιθυμητό επίσης να εξυπηρετούνται τα λεωφορεία μέσω του δακτυλίου κυκλοφορίας, ώστε να αποφεύγεται η ενόχληση των επιβατών με τη διέλευση πάνω από την κεντρική νησίδα. Η κεντρική νησίδα τυπικά είναι πλήρως διελεύσιμη και μπορεί να είναι υπερυψωμένη, είτε με διαμόρφωση κυρτώματος και υπερβατό κράσπεδο, είτε εντελώς επίπεδη. Η κεντρική νησίδα μπορεί να κατασκευάζεται από σκυρόδεμα ή άλλο υλικό επίστρωσης με ευδιάκριτο έντονο χρωματισμό. Το κύρτωμα της νησίδας θα πρέπει να κατασκευάζεται με εγκάρσια κλίση 5-6% και μέγιστο ύψος στο κέντρο της <125 mm και

υπερύψωση στην περίμετρό της κατά 100 mm από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Γύρω από την κεντρική νησίδα θα πρέπει να τοποθετείται διαγράμμιση (συνεχής οριογραμμή), ή αυτή να χρωματίζεται με κίτρινο αντανακλαστικό χρώμα σε όλη την επιφάνειά της. Η εφαρμογή υλικού με έντονο ευδιάκριτο χρωματισμό είναι προτιμότερη, ενώ θα υπάρχει και η συνεχής οριογραμμή. Το εξωτερικό ίχνος του αμαξώματος των μικρών επιβατηγών και του μεγαλύτερου οχήματος, που πιθανά θα χρησιμοποιεί τον κόμβο, πρέπει να προσδιορίζεται για όλες τις στρέφουσες κινήσεις και να τοποθετείται η οριογραμμή εισόδου τουλάχιστον 600 mm πέραν από τα ίχνη των οχημάτων. Τα σκέλη του κομβιδίου υπό οξεία γωνία αποτελούν ιδιαίτερη κατάσταση, στην οποία η προχώρηση της θέσης της οριογραμμής εισόδου μπορεί να αποτρέπει την ενδεχόμενη τάση των οδηγών των μικρών επιβατηγών να εκτελούν αριστερές στροφές μπροστά από την κεντρική νησίδα.

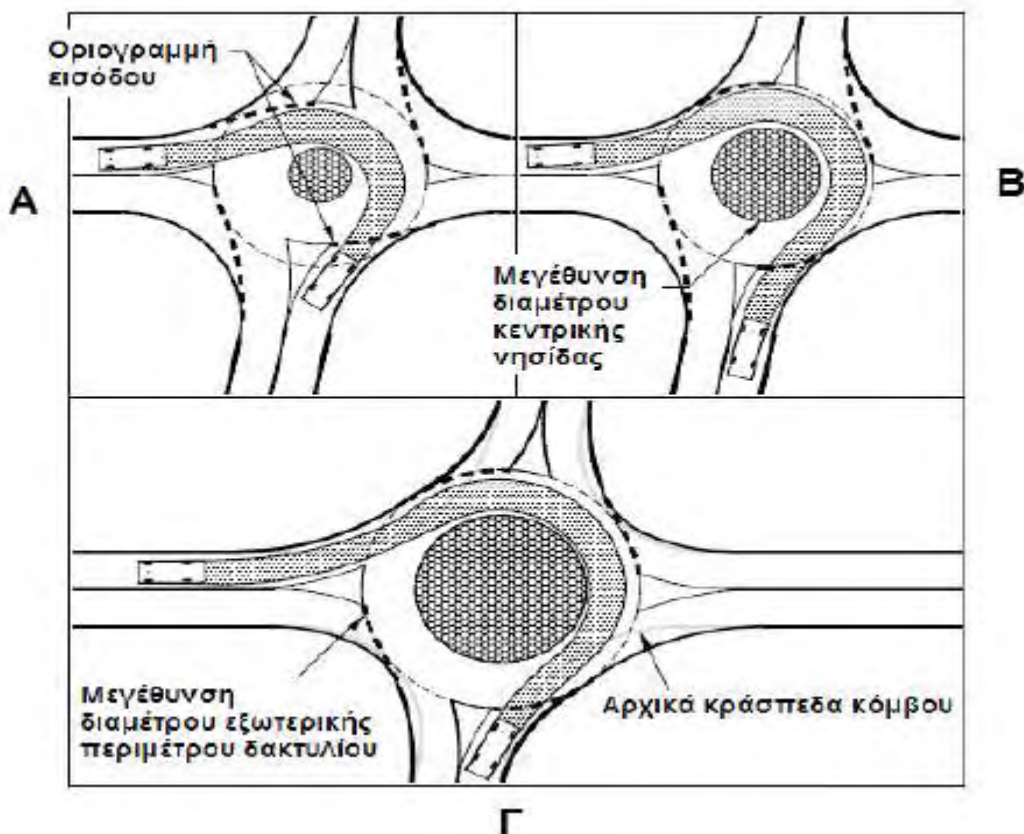
Μια ιδιαίτερη κατάσταση, όπου ο σχεδιασμός επιτρέπει στα μικρά επιβατηγά οχήματα να εκτελούν αριστερή στροφή μπροστά από την κεντρική νησίδα δείχνεται στο Σχήμα 1.3.1-3. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο συνδυασμός του υπό οξεία γωνία σκέλους, το μικρό μέγεθος της κεντρικής νησίδας, καθώς και το μεγάλο πλάτος του δακτυλίου κυκλοφορίας προσφέρουν σε έναν οδηγό τη δυνατότητα αριστερής στροφής μπροστά από την κεντρική νησίδα, αντί της διέλευσης γύρω από αυτήν.



Σχήμα 1.3.1-1: Βασικά χαρακτηριστικά κομβιδίου



Σχήμα 1.3.1-2: Σχεδιασμός με διέλευση φορτηγών μπροστά από την κεντρική νησίδα



Σχήμα 1.3.1-3: Δυνατές βελτιώσεις σχεδιασμού επίλυσης προβλημάτων στροφών

Σε περιπτώσεις κομβιδίων με σκέλη υπό εξαιρετικά οξείες γωνίες, ή έκκεντρες χαράξεις των σκελών, η χρήση δίδυμων κομβιδίων είναι μια άλλη εναλλακτική λύση για να παρέχεται επαρκής δομικός διαχωρισμός στις παρειές των

οχημάτων. Αυτή η λύση διευκολύνει την κατάλληλη κυκλική κίνηση για τα μικρά επιβατηγά οχήματα, ενώ παρέχει τη δυνατότητα διέλευσης πάνω από τις νησίδες για τα μεγάλα φορτηγά που σπάνια διέρχονται από την περιοχή. Όπως στους μεγάλους K^3 , οι διαχωριστικές νησίδες εν γένει χρησιμοποιούνται και στα κομβίδια για να καθοδηγήσουν τα οχήματα, και να διευκολύνουν την κυκλοφορία γύρω από την κεντρική νησίδα, ενώ ταυτόχρονα να παρέχουν καταφύγιο στους πεζούς. Οι διαχωριστικές νησίδες (ανάλογα με το μέγεθος του) είναι υπερυψωμένες, ή διελεύσιμες στην περίπτωση που υλοποιούνται ως επιφάνειες αποκλεισμού, όταν τα φορτηγά χρειάζεται να διέλθουν πάνω από αυτές. Γενικά, υπερυψωμένες νησίδες χρησιμοποιούνται όπου είναι δυνατόν από τους περιορισμούς του διαθέσιμου χώρου, ενώ οι νησίδες με απλή διαγράμμιση πρέπει να αποφεύγονται, όταν πράγματι οι περιορισμοί στο διαθέσιμο χώρο δεν είναι ανυπέρβλητοι.

1.3.2 Αστικοί συνεπτυγμένοι (Urban Compact)

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας είναι η σχετικά μικρή διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου 25 - 30 m, με κατασκευή μη υπερβατής κεντρικής νησίδας. Έχουν μία λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση στα σκέλη του κόμβου. Ενδέχεται να χρειαστεί υπερβατή ζώνη πέριξ της κεντρικής νησίδας για εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων. Αυτή η κατηγορία επιλέγεται συνήθως για λόγους παρόμοιους με εκείνους της κατηγορίας των κομβιδίων, όμως προσφέρει πολύ ευνοϊκό περιβάλλον για πεζούς και ποδηλάτες, λόγω των ήπιων συνθηκών κυκλοφορίας που επιβάλλει.

1.3.3 Αστικοί 1 λωρίδας

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει K^3 με μία λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση στα σκέλη του κόμβου. Είναι παρόμοιοι με τους αστικούς συνεπτυγμένους, όμως έχουν μεγαλύτερη διάμετρο στην εξωτερική περίμετρο (30 - 40 m) και μεγαλύτερες ακτίνες καμπής στις προσβάσεις πριν από την είσοδο στο δακτύλιο. Οι διαχωριστικές νησίδες είναι υπερυψωμένες, ενώ διαθέτουν υπερβατή ζώνη πέριξ της κεντρικής κυκλικής νησίδας, (αν απαιτείται για την εξυπηρέτηση βαρέων φορτηγών). Αυτή η κατηγορία επιλέγεται για αστικό περιβάλλον με μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους από αυτούς που προβλέπονται για την προηγούμενη κατηγορία και επιτρέπει μεγαλύτερα μεγέθη ταχυτήτων κίνησης και χωρητικότητας.

1.3.4 Αστικοί 2 λωρίδων

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τους K^3 σε αστικό περιβάλλον, που έχουν τουλάχιστο σε ένα κλάδο πρόσβασης δύο λωρίδες στην κατεύθυνση εισόδου στο δακτύλιο. Η γεωμετρία τους είναι παρόμοια με αυτή των αστικών K^3 μίας λωρίδας, όμως απαιτεί μεγαλύτερη επιφάνεια, ώστε να επιτρέπεται η κίνηση των οχημάτων σε δυο στοίχους επί του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Αυτοί οι κόμβοι συνιστώνται όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι μεγαλύτεροι από αυτούς που δικαιολογούν την κατασκευή των προηγούμενων κατώτερων κατηγοριών K^3 .

1.3.5 Υπεραστικοί 1 λωρίδας

Είναι παρόμοιες διατάξεις με τις αντίστοιχες αστικές, όμως έχουν γεωμετρία με μεγαλύτερες ακτίνες, ώστε να επιτρέπονται υψηλότερες ταχύτητες επί του δακτυλίου και στις εξόδους. Συνήθως δεν υπάρχει υπερβατή ζώνη πέριξ της κεντρικής νησίδας, αφού οι μεγάλες ακτίνες στο δακτύλιο κυκλοφορίας επιτρέπουν την άνετη κυκλική κίνηση βαρέων φορτηγών.

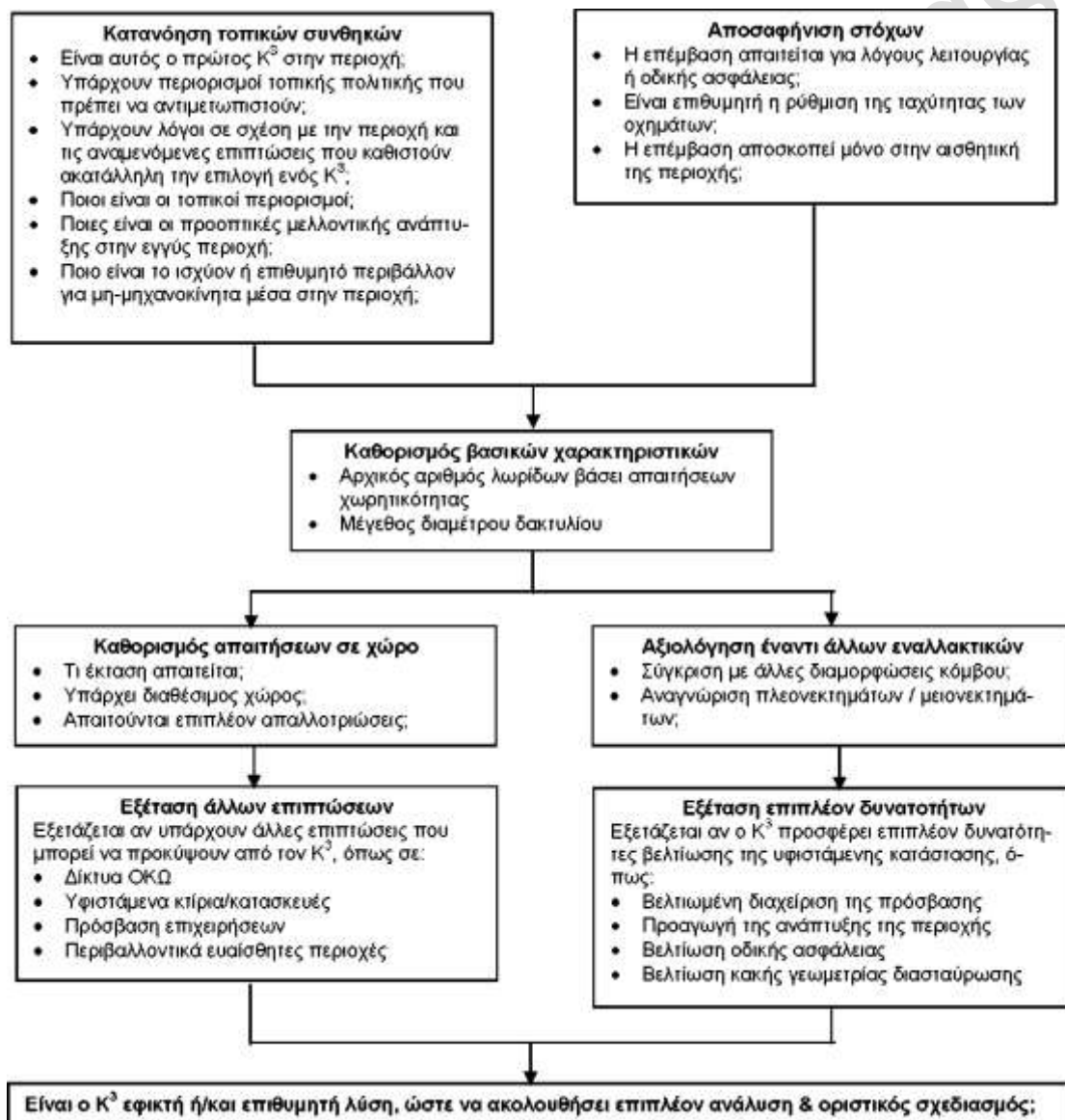
Επειδή συχνά τοποθετούνται σε περιβάλλον όπου αναπτύσσονται ελεύθερα αρκετά υψηλές ταχύτητες, ενδέχεται να απαιτούν μέτρα περιορισμού της ταχύτητας των οχημάτων, όπως σήμανση, ειδική γεωμετρία στους κλάδους εισόδου κτλ.

1.3.6 Υπεραστικοί 2 λωρίδων

Είναι παρόμοιοι με τους αντίστοιχους υπεραστικούς μίας λωρίδας, ενώ έχουν δύο λωρίδες στο δακτύλιο κυκλοφορίας και τουλάχιστον για ένα από τους κλάδους πρόσβασης, έστω μόνο σε τμήμα πριν από την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Η διάμετρος της περιμέτρου είναι συνήθως μεγαλύτερη και οι ταχύτητες είναι υψηλότερες.

1.4 Διαδικασία Επιλογής ως Λύσης της Μορφής K^3

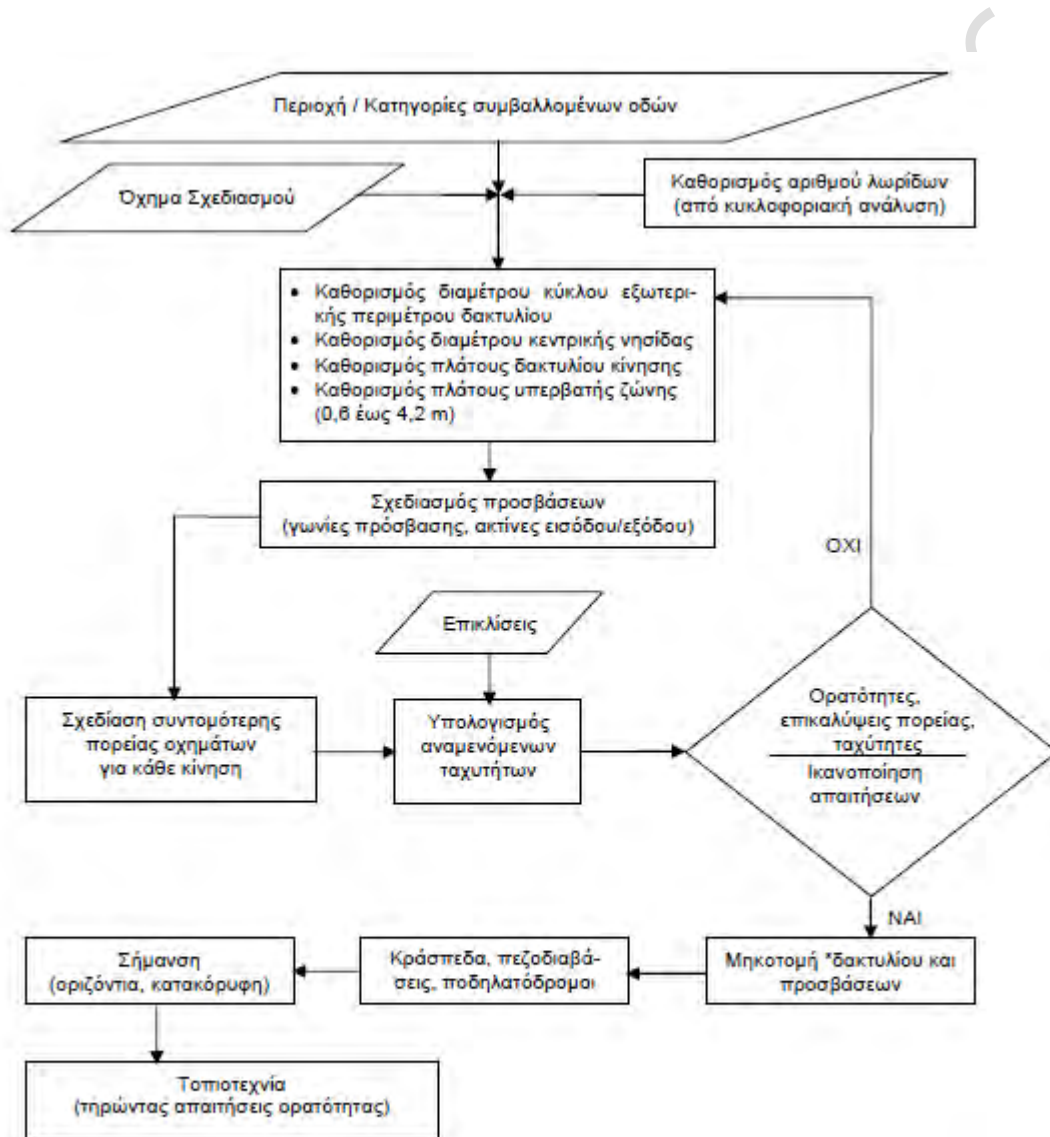
Η διαδικασία επιλογής ως λύσης της μορφής K^3 περιλαμβάνει διάφορα στάδια, από την αρχική σύλληψη και την αναγνώριση των τοπικών αναγκών και περιορισμών, έως την ενδεχόμενη διαπραγμάτευση με τους τοπικούς φορείς, και τελικά τον οριστικό σχεδιασμό της λύσης. Μια τυπική διαδικασία, για τη λήψη αποφάσεων, σε σχέση με την επιλογή ή απόρριψη της λύσης με μορφή K^3 σε μια περιοχή, πριν από την εκτέλεση των οριστικών αναλύσεων και την εκπόνηση των λεπτομερών μελετών, παρουσιάζεται στο διάγραμμα του επόμενου Σχήματος 1.4-1.



Σχήμα 1.4-1: Αρχικά στάδια διαδικασίας απόφασης επιλογής κατασκευής K^3

1.5 Βήματα Σχεδιασμού Κόμβων Κυκλικής Κίνησης

Μετά από την απόφαση για κατασκευή ενός K^3 ακολουθεί ο λεπτομερής σχεδιασμός. Ορισμένα στοιχεία του κόμβου θα πρέπει να σχεδιάζονται, ενώ ο σχεδιασμός ενδέχεται να απαιτεί συνεχή επαναπροσδιορισμό μέχρι την επίτευξη μιας συνολικά αποδεκτής λύσης. Αυτή η διαδικασία απεικονίζεται στο ακόλουθο διάγραμμα (βλ. Σχήμα 1.5-1).



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

Σχήμα 1.5-1: Σχήμα Βασικού σχεδιασμού K^3

1.6 Γενικές συστάσεις Σχεδιασμού K3

Μερικές γενικές συμβουλές προς τους μελετητές, ως προς το σχεδιασμό των K^3 , παρουσιάζονται στη συνέχεια. Συγκεκριμένα πρέπει:

- Να βεβαιώνεται η πλήρης γνώση του προβλήματος (λειτουργίας και οδικής ασφάλειας) πριν από τη διαμόρφωση της λύσης.
- Να υπάρχει ενημέρωση για όλους τους περιορισμούς (περιλαμβανομένων των απαλλοτριώσεων, των δικτύων ΟΚΩ ή άλλων, των τεχνικών έργων, του περιβάλλοντος, κλπ.), οι οποίοι μπορεί να επηρεάζουν τη διαθέσιμη επιφάνεια για την ανάπτυξη του κόμβου. Οι K^3 συνήθως απαιτούν κατάληψη περισσότερης έκτασης στις γωνίες ενός υφιστάμενου ισόπεδου κόμβου. Εντούτοις, αυτοί μπορεί να χρειάζονται συνολικά λιγότερη επιφάνεια για διαπλατύνσεις στις οδούς που συμβάλλουν στον κόμβο, σε σχέση με τις ανάγκες σχεδιασμού ενός σηματοδοτημένου ισόπεδου κόμβου.
- Να είναι γνωστά τα είδη των οχημάτων, που θα χρησιμοποιούν τον κόμβο και να επιλέγεται το όχημα σχεδιασμού με βάση τη χωροθέτηση του κόμβου, τις περιβάλλουσες χρήσεις γης που θα τροφοδοτήσουν την κυκλοφορία του κόμβου, την κατηγορία της κάθε συμβάλλουσας οδού, καθώς και τυχόν άλλες παραμέτρους. Η επιλογή του οχήματος σχεδιασμού συχνά αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα, που προσδιορίζει την ακτίνα της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας και το πλάτος οδοστρώματος στις εισόδους και εξόδους, ειδικά στην περίπτωση δακτυλίου με πλάτος μιας λωρίδας κυκλοφορίας.
- Να παρέχεται η δυνατότητα κυκλοφορίας στο μεγαλύτερο όχημα, που πιθανά θα χρησιμοποιεί τον κόμβο. Όταν ο σχεδιασμός του κόμβου δεν είναι ο κατάλληλος για την εξυπηρέτηση φορτηγών, τότε μπορεί να παρουσιάζονται πρόωρες φθορές, λόγω της διέλευσης των φορτηγών πάνω από τα κράσπεδα και τα πεζοδρόμια.

Κεφάλαιο 2

2.1 Όχημα Σχεδιασμού

Σε όλες τις οδούς κατηγορίας AIII ή ανώτερης και BIII ή ανώτερης, οι κόμβοι κυκλικής κίνησης θα σχεδιάζονται με κατάλληλες διαστάσεις (εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας, πλάτος υπερβατής ζώνης της κεντρικής νησίδας), ώστε να εξυπηρετείται το αρθρωτό φορτηγό όχημα (ανεξάρτητο ρυμουλκό με ημι-ρυμουλκούμενο), εκτός αν αλλιώς ορίσει η αρμόδια Υπηρεσία, τεκμηριώνοντας την απόφαση της για άλλο όχημα σχεδιασμού. Σε όλες τις άλλες κατώτερες κατηγορίες οδών η επιλογή του οχήματος σχεδιασμού θα γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα αναφερόμενα στην επόμενη παράγραφο. Το όχημα σχεδιασμού καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες, περιλαμβανομένων αλλά όχι περιοριστικά, των λειτουργικών κατηγοριών των οδών που συμβάλλουν στον κόμβο, του χαρακτήρα της περιοχής που παράγει/έλκει την κυκλοφορία στις συμβαλλόμενες οδούς (π.χ. αστική ή υπεραστική, εμπορική/βιομηχανική, κατοικίας), της σύνθεσης κυκλοφορίας (δηλαδή, ποσοστό βαρέων οχημάτων) και του κυκλοφορικού φόρτου που εξυπηρετεί ο κόμβος. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτοί οι παράγοντες μπορεί να επιτρέπουν ως όχημα σχεδιασμού μικρότερο, ή μεγαλύτερο από το αρθρωτό φορτηγό (π.χ. σε οδούς όπου περιστασιακά επιτρέπεται η διέλευση φορτίων μεγαλύτερου πλάτους, ή και μήκους από τα μέγιστα επιτρεπόμενα κατά τον ΚΟΚ).

2.2 Στοιχεία Σχεδιασμού

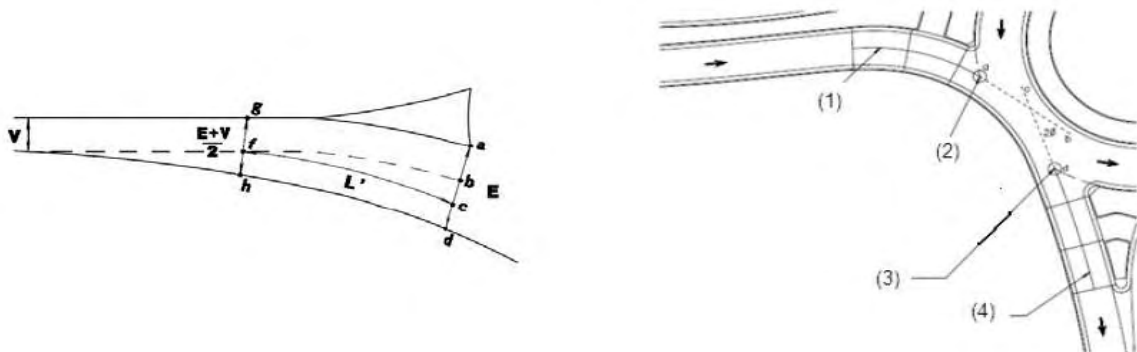
Τα συνιστώμενα μεγέθη διαμέτρου του κύκλου της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας, ανάλογα με την περιοχή που εξυπηρετούν οι συμβαλλόμενες οδοί του κόμβου, την κατηγορία του κόμβου και τον αριθμό των λωρίδων του δακτυλίου, αναφέρονται στον επόμενο Πίνακα 2.2-1, ενώ οι λεπτομερείς διαστάσεις του δακτυλίου αναφέρονται στο Σχήμα 2.2-1.

Πίνακας 2.2-1: Συνιστώμενη διάμετρος κύκλου εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου

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

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

Οι βασικές γεωμετρικές παράμετροι σχεδιασμού Κ3 απεικονίζονται στο Σχήμα 2.2-1 και περιγράφονται στον επόμενο πίνακα.



V: Κανονικό πλάτος λωρίδας της κανονικής διατομής της οδού πρόσβασης

E: Πλάτος λωρίδας (βλ. Πίνακα 2.2-2)

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

Φ: Γωνία εισόδου

(1): Καμπύλη στο μέσον της διαπλάτυσμένης 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

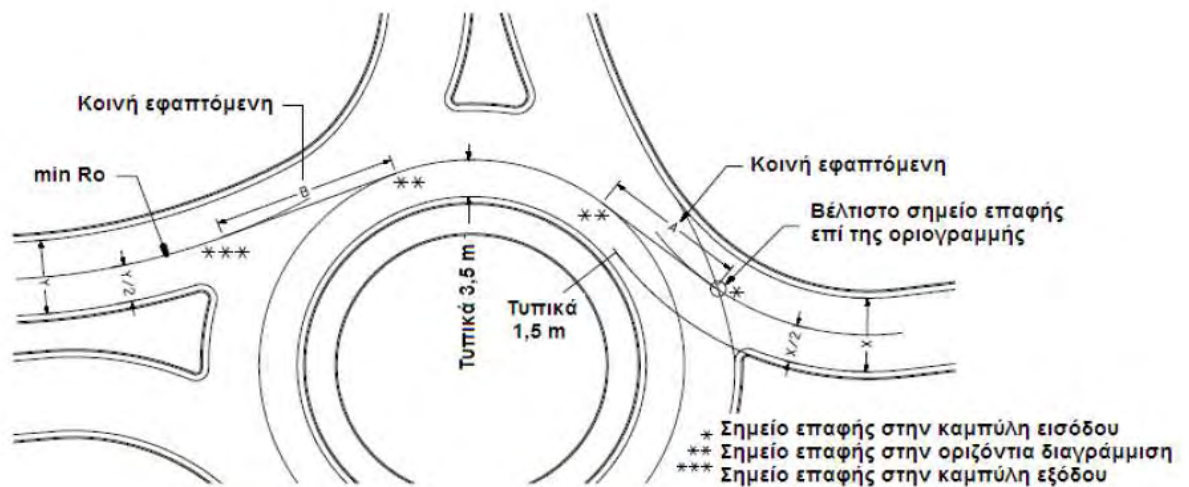
(4): Καμπύλη στο μέσον της διαπλατυσμένης λωρίδας εξόδου

Σχήμα 2.2-1: Γεωμετρικοί παράμετροι σχεδιασμού

Πίνακας 2.2-2: Τυπικά πεδία τιμών σχεδιασμού γεωμετρικών παραμέτρων

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

Ο έλεγχος για την αποφυγή της επικάλυψης της πορείας εισόδου και εξόδου γίνεται με βάση το επόμενο Σχήμα 2.2.-2



Διάσταση	Ελάχιστη [m]	Επιθυμητή [m]
A	8,0	12,0-15,0
B	8,0	≥12,0

Σχήμα 2.2-2: Μέθοδος ελέγχου επικάλυψης πορείας

Η καταλληλότητα της γεωμετρίας του K^3 ελέγχεται με τη σχεδίαση της συντομότερης διαδρομής και τον υπολογισμό των ταχυτήτων σε κάθε μια από τις καμπύλες με τις ακτίνες R1, R2, R3, R4, R5 (βλ. Σχήμα 3-1). Οι προτεινόμενες ακτίνες λαμβάνονται από τον επόμενο πίνακα. Ο έλεγχος γίνεται με υπολογισμό των αναπτυσσομένων ταχυτήτων κατά μήκος της συντομότερης διαδρομής, προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι οι εν λόγω ταχύτητες δεν διαφέρουν μεταξύ τους περισσότερο από 20 km/h.

Πίνακας 2.2-3: Μέγεθος ακτινών συντομότερης διαδρομής και ταχύτητες

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

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

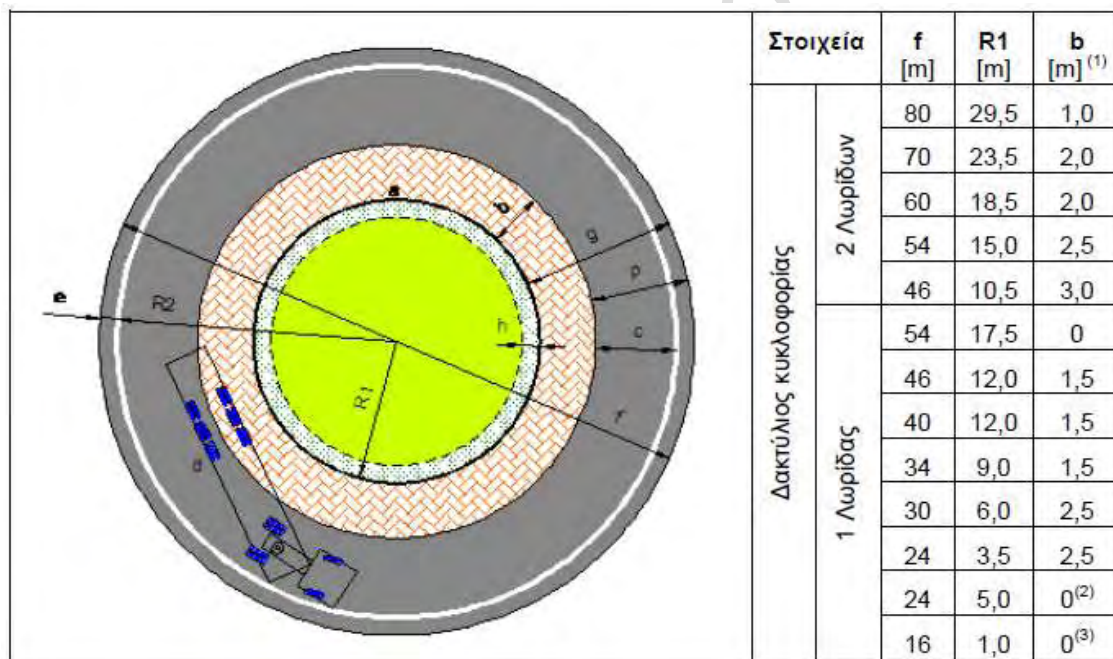
Σημείωση: Οι τιμές των ακτινών δίνονται, σε ένα εύρος πεδίου για τιμές επικλίσεων +2% για τις R1, R3, R5 και -2% για τις R2, R4.

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

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

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

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



(1) Το πλάτος της υπερβατής ζώνης καλύπτει την εξυπηρέτηση φορτηγού ρυμουλκού με ημι-ρυμουλκούμενο εκτός από τις περιπτώσεις (2) και (3)

(2) Προσφέρεται εξυπηρέτηση μόνο φορτηγού και λεωφορείου, ενώ για εξυπηρέτηση φορτηγού ρυμουλκού με ημι-ρυμουλκούμενο απαιτείται η κατασκευή πλήρως υπερβατής κεντρικής νησίδας(βλ. Εικόνα 1.3.1-1)

(3) Εφόσον χρειάζεται να εξυπηρετείται η διέλευση φορτηγού ή και λεωφορείου τότε η κεντρική νησίδα κατασκευάζεται υπερυψωμένη κατά 100mm πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος (βλ. Εικόνα 1.3.1-2)

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

Σχήμα 2.2-1: Διαστάσεις γεωμετρικών παραμέτρων σχεδιασμού σε Κ3

Οι νησίδες διαχωρισμού στις προσβάσεις δεν επιτρέπεται να προβάλλουν μέσα στο πλάτος «g» του δακτυλίου, εφόσον το περιμετρικό ασφαλτικό έρεισμα έχει το ελάχιστο πλάτος $e=1,0$ m (βλ. προηγούμενο Σχήμα 2.2-1). Η επιλογή του πλάτους δακτυλίου κυκλοφορίας αναφέρεται ειδικότερα στην §2.3.

Αν μετά το σχεδιασμό των βασικών γεωμετρικών στοιχείων και τον έλεγχο του πλάτους κατάληψης από το όχημα σχεδιασμού (με χρήση εξειδικευμένου λογισμικού) προκύπτει η ανάγκη για χρήση υπερβατής ζώνης πέριξ της κεντρικής νησίδας, αυτή θα περιορίζεται σε πλάτος από 0,6 έως 4,2 m. Σε διαφορετική περίπτωση θα εξετάζεται εκ νέου ο σχεδιασμός, ώστε να παρέχεται ο απαραίτητος χώρος για την κίνηση των οχημάτων χωρίς τη χρήση υπερβατής ζώνης. Η διαδικασία επιλογής ακτίνας εσωτερικής διαμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας περιλαμβάνει και τη θεώρηση των ταχυτήτων, που αναμένεται να αναπτύσσουν τα οχήματα.

2.3 Πλάτος Δακτυλίου

Το πλάτος του τυχόν ρείθρου (gutter) στην εσωτερική ή εξωτερική περίμετρο του δακτυλίου δεν περιλαμβάνεται στο πλάτος αυτού.

Για δακτύλιο 2 λωρίδων με σημαντικό φόρτο βαρέων οχημάτων, το συνολικό πλάτος του δακτυλίου πρέπει να ελέγχεται με κατάλληλο λογισμικό, ώστε κατ'ελάχιστο να εξυπηρετεί το μεγαλύτερο όχημα σχεδιασμού (συνήθως λαμβάνεται το ανεξάρτητο ρυμουλκό με ημι-ρυμουλκούμενο) σε παράλληλη κίνηση με μικρό επιβατηγό όχημα, χωρίς να εμπλέκονται τα ίχνη των αμαξωμάτων τους. Αυτό δε σημαίνει απαραίτητα ότι το αμάξωμα του φορτηγού πρέπει να βρίσκεται μέσα στο πλάτος που ορίζουν οι οριογραμμές κυκλοφορίας, καθώς ο πρόβολος στο εμπρόσθιο ή οπίσθιο μέρος του μπορεί να υπερβαίνει αυτές τις οριογραμμές. Για αυτό το λόγο στην περίμετρο του δακτυλίου προβλέπεται ελεύθερη ζώνη πλάτους 1,0 m (βλ. τη διάσταση στο προηγούμενο Σχήμα 2.2-1).

Για δακτύλιο 1 λωρίδας, το πλάτος του οδοστρώματος του δακτυλίου πρέπει να εξυπηρετεί λεωφορείο ενιαίου σώματος μήκους 15 m, ή μεγάλο όχημα της πυροσβεστικής. Εννοείται ότι τα ακόμη μεγαλύτερα οχήματα μπορεί να χρησιμοποιούν την προβλεπόμενη υπερβατή ζώνη της κεντρικής νησίδας.

Η εμφάνιση του φαινομένου του ύβου καμήλας, που προκύπτει επειδή παραμένει εκτός χρήσης τμήμα του δακτυλίου στην περίμετρό του, πρέπει να αποφεύγεται (βλ. Εικόνα 2.3-1). Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται όταν τα ίχνη των οχημάτων από τη φυσιολογική οδήγηση στην επιφάνεια κύλισης, για δεξιά στροφή προς έξοδο στο αμέσως επόμενο σκέλος, δεν περνούν πάνω από το πλήρες πλάτος του δακτυλίου (την επιφάνεια που προσομοιάζει με ύβος καμήλας, (βλ. Εικόνα 2.3-1). Σε δακτυλίους με δυο ή περισσότερες λωρίδες αυτό το φαινόμενο προκαλείται από κακό σχεδιασμό, που δημιουργεί κίνδυνο πλαγιομετωπικών συγκρούσεων, λόγω επικάλυψης των τροχιών των παράλληλα κινουμένων οχημάτων.



Εικόνα 2.3-1: Το φαινόμενο μορφής ύψους καμήλας στο δακτύλιο κυκλοφορίας

Πανεπιστήμιο

2.4 Αριθμός Λωρίδων Δακτυλίου Κυκλοφορίας και Εισόδων/Εξόδων

Ο αριθμός των λωρίδων στο δακτύλιο κυκλοφορίας πρέπει να περιορίζεται στον ελάχιστο απαιτούμενο, ανάλογα με την υφιστάμενη και προβλεπόμενη στο μέλλον ζήτηση, όπως αυτή προσδιορίζεται με τη σχετική λειτουργική ανάλυση. Οι μελετητές των K^3 πρέπει να αποθαρρύνονται από την παροχή πρόσθετων λωρίδων, που δεν είναι χρήσιμες για αυξημένη χωρητικότητα, καθώς αυτές μπορεί να μειώνουν την αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού ως προς την οδική ασφάλεια. Εάν πράγματι προβλέπεται, ότι μελλοντικά θα απαιτηθούν πρόσθετες λωρίδες, τότε ένας σχεδιασμός με πρόβλεψη υλοποίησης του έργου κατά φάσεις θα μπορούσε να επιτρέψει τη μελλοντική επέκταση. Η μη ισορροπημένη λειτουργία των λωρίδων, λόγω του πλήθους αυτών, έγκειται σε ένα αριθμό παραγόντων που είναι, ο πτωχός γεωμετρικός σχεδιασμός στις εισόδους/εξόδους, ή στις διαμορφώσεις των στροφών. Επίσης, χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη μεταβλητές του συστήματος μετά την έξοδο, όπως είναι θέσεις επί ενός των σκελών όπου: παράγεται σημαντικός αριθμός κινήσεων (λόγω κάποιας εγκατάστασης), λειτουργεί είσοδος/έξοδος κλάδου ανισόπεδου κόμβου, ή συμβαίνει συμφόρηση λόγω επόμενου ισόπεδου κόμβου.

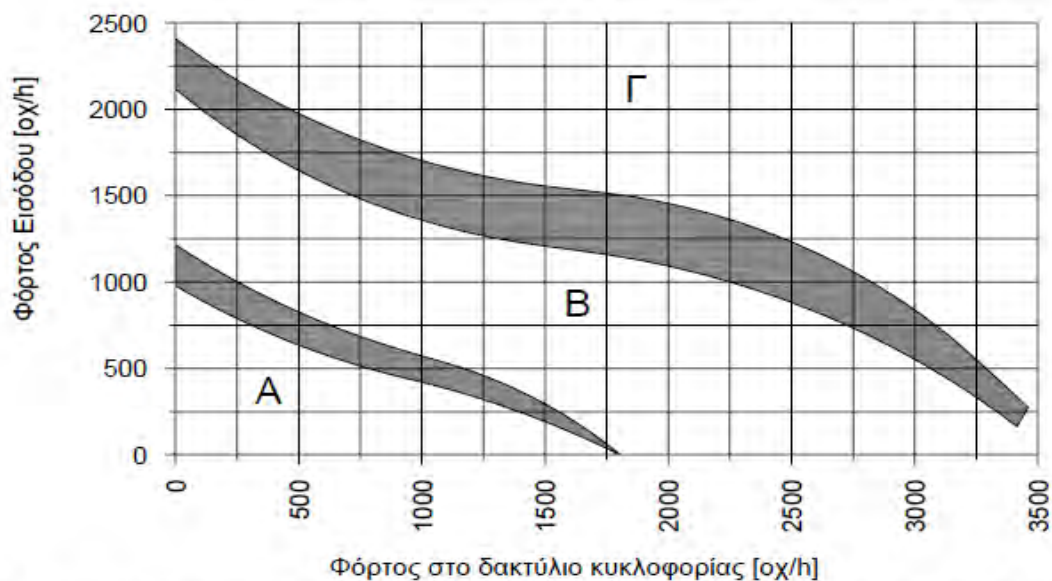
Εφόσον ο δακτύλιος κυκλοφορίας θα έχει 2 λωρίδες, τότε σε οδούς 2 λωρίδων (μια ανά κατεύθυνση) κατηγορίας AII και BIV (βλ. ΟΜΟΕ-ΛΚΟΔ) ή ανώτερης, που συμβάλλουν στον κόμβο, το οδόστρωμα της εισόδου θα διαμορφώνεται με 2 λωρίδες. Στις εξόδους το οδόστρωμα μπορεί να διαμορφώνεται με μια ή δυο λωρίδες, ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις στρέφουσες κινήσεις.

Όταν λόγω υψηλού φόρτου, η έξοδος από το δακτύλιο προς οδό 2 λωρίδων (μιας ανά κατεύθυνση) γίνεται με διαμόρφωση δύο λωρίδων, τότε η πρόσθετη δεύτερη λωρίδα θα συνεχίζεται σε μήκος 175 m (ελάχιστο 120 m) πέραν της περιμέτρου του δακτυλίου, πριν να συμβάλλει στη μοναδική λωρίδα της κατεύθυνσης. Στο εν λόγω μήκος περιλαμβάνεται και το μήκος taper 60 m (ελάχιστο 40 m). Κόμβοι με δακτύλιο μιας λωρίδας συνήθως χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που οι συμβάλλουσες οδοί είναι 2 λωρίδων κατηγορίας κατώτερης των AII και BIV. Όταν οι οδοί πρόσβασης στον κόμβο είναι 4-ιχνες ή 6-ιχνες, αυτές θα διαμορφώνονται αντίστοιχα με οδόστρωμα 2 ή 3 λωρίδων στην κατεύθυνση εισόδου, όπως και ο δακτύλιος κυκλοφορίας.

Η εφαρμογή κλάδου παράκαμψης του δακτυλίου, για απευθείας δεξιά στροφή από τη μια είσοδο προς την αμέσως επόμενη έξοδο, επιλέγεται με κριτήρια που αναλύονται στην §2.11.



Ο αριθμός των λωρίδων στον δακτύλιο κυκλοφορίας μπορεί να προσδιορίζεται κατ' αρχήν από το διάγραμμα του επόμενου σχήματος, ανάλογα με το συνδυασμό των φόρτων στις εισόδους και στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Το διάγραμμα βασίζεται σε αποδεκτό βαθμό κορεσμού.



- A: Δακτύλιος κυκλοφορίας 1 λωρίδας
 B: Δακτύλιος κυκλοφορίας 2 λωρίδων
 Γ: Δακτύλιος κυκλοφορίας 3 λωρίδων

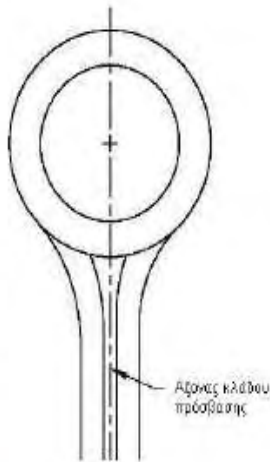
■ Περιοχές για τις οποίες μπορεί να επιλέγεται ο μικρότερος αριθμός λωρίδων, όταν συντρέχουν ειδικοί λόγοι, όπως π.χ. περιορισμός στην έκταση απαλλοτρίωσης

Σχήμα 2.4-1: Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων δακτυλίου κυκλοφορίας

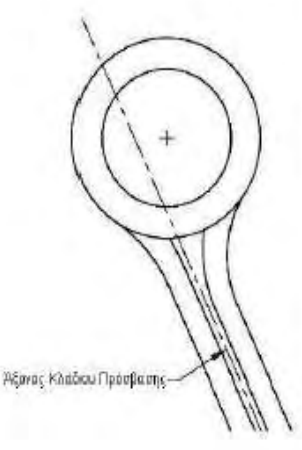
2.5 Διάταξη κλάδων πρόσβασης

Η διάταξη των κλάδων πρόσβασης (τα σκέλη του κόμβου) διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του κόμβου, καθώς επηρεάζει τη ρύθμιση της ταχύτητας, την ικανότητα του κόμβου να εξυπηρετήσει το όχημα σχεδιασμού και την ορατότητα μεταξύ διαδοχικών κλάδων. Η τυπική περίπτωση είναι αυτή στην οποία ο άξονας της οδού πρόσβασης στον κόμβο βρίσκεται σε ευθεία με το κέντρο του κόμβου. Η εξέταση εναλλακτικών λύσεων θα γίνεται αφού αποφασιστεί ότι αυτή η περίπτωση για συγκεκριμένους λόγους δεν είναι η προτιμότερη διάταξη. Γενικά, υπάρχουν τρεις τύποι διάταξης του κάθε σκέλους ως προς το κέντρο του κόμβου, που απεικονίζονται στα επόμενα Σχήματα 2.5-1,2 και 3.

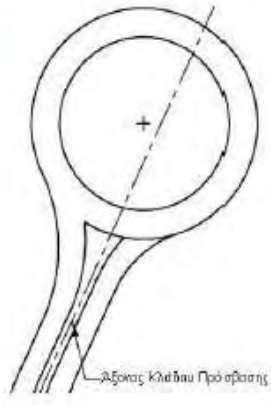
Η περιγραφή των εν λόγω διατάξεων αφορά στη σχετική θέση του άξονα του κλάδου πρόσβασης και μόνο. Τα μειονεκτήματα κάθε περίπτωσης μπορεί να μετριάσθούν με την εφαρμογή παραλλαγών στη γεωμετρία των κλάδων και την κατάλληλη διαμόρφωση του χώρου, ώστε να εξασφαλίζεται καλύτερη ρύθμιση της ταχύτητας και η παρεχόμενη ορατότητα.

Πλεονεκτήματα:	
<ul style="list-style-type: none"> • Αναμενόμενη από τους οδηγούς διάταξη • Απαιτούνται λιγότερες επεμβάσεις στη χάραξη των προσβάσεων προ του κόμβου, οπότε οι επιπτώσεις περιορίζονται στη στενή περιοχή του κόμβου • Η καμπυλότητα στις εξόδους αποθαρρύνει τους οδηγούς να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες εξερχόμενοι του κόμβου 	
Μειονεκτήματα:	
<ul style="list-style-type: none"> • Ίσως απαιτεί μεγαλύτερη διάμετρο για να επιτευχθεί ικανοποιητική ρύθμιση ταχύτητας • Δεν είναι πάντα εφικτή διάταξη, ανάλογα με τη χάραξη των συμβαλλουσών οδών που προϋπάρχουν 	

Σχήμα 2.5-1: Άξονας οδού πρόσβασης σε ευθεία με το κέντρο του κόμβου

<p>Πλεονεκτήματα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Επιτρέπει μεγαλύτερη γωνία εκτροπής και ρύθμιση της ταχύτητας • Ευνοεί την εξυπηρέτηση βαρέων οχημάτων, χρησιμοποιώντας μικρή διάμετρο κύκλου • Εξυπηρετεί ενδεχόμενη ανάγκη μείωσης απαλλοτριώσεων στην αριστερή πλευρά της οδού πρόσβασης 	
<p>Μειονεκτήματα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Στην έξοδο υπάρχει μεγάλη ακτίνα στροφής που ευνοεί μεγάλες ταχύτητες, ενώ αποτελεί πρόβλημα όταν υπάρχει πεζοδιάβαση • Επιβάλλει ενδεχόμενη ανάγκη αύξησης απαλλοτριώσεων στη δεξιά πλευρά της οδού πρόσβασης 	

Σχήμα 2.5-2: Άξονας οδού πρόσβασης αριστερά από το κέντρο του κόμβου

<p>Πλεονεκτήματα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγαλύτερες διαμέτρους κύκλου με ταυτόχρονη διατήρηση ικανοποιητικού ελέγχου της ταχύτητας • Βελτίωση ορατότητας μεταξύ διαδοχικών κλάδων κατά την είσοδο • Εξυπηρετεί την ενδεχόμενη ανάγκη μείωσης απαλλοτριώσεων στη δεξιά πλευρά της οδού πρόσβασης 	
<p>Μειονεκτήματα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Δυσκολία στη ρύθμιση της ταχύτητας των οχημάτων, ειδικά σε περιπτώσεις κύκλου μικρής διαμέτρου • Επιβάλλει την ενδεχόμενη ανάγκη αύξησης των απαλλοτριώσεων στην αριστερή πλευρά της οδού πρόσβασης 	

Σχήμα 2.5-3: Άξονας οδού πρόσβασης δεξιά από το κέντρο του κόμβου

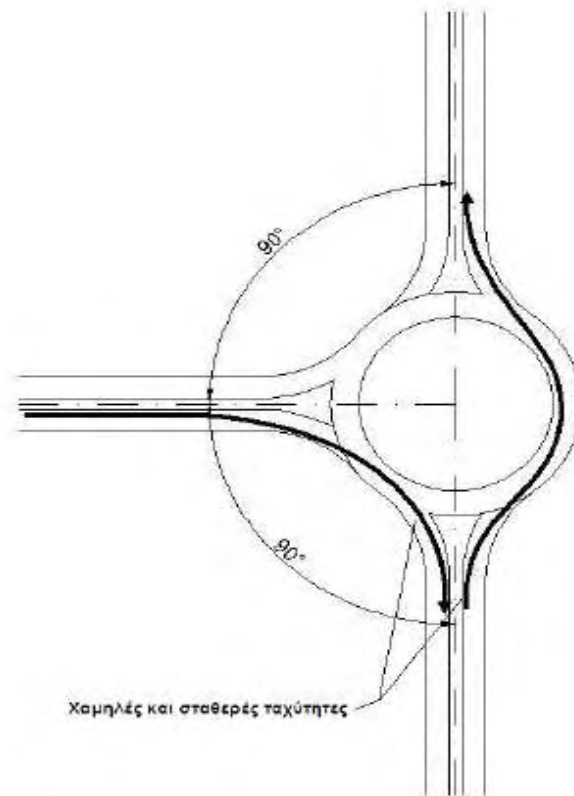
2.6 Γωνίες μεταξύ Σκελών

Η διάταξη K^3 μειώνει τις εμπλοκές σε κατάσταση σύγκρουσης και την επικινδυνότητά τους, ενώ διευκολύνει τη ροή των οχημάτων, αυτό όμως δεν εξαλείφει την ανάγκη για έλεγχο στη γωνία που σχηματίζουν μεταξύ τους οι κλάδοι πρόσβασης. Μεγάλες γωνίες μεταξύ σκελών οδηγούν σε υψηλότερες ταχύτητες κίνησης και στην τάση των οδηγών για αναζήτηση της πιο σύντομης διαδρομής επί του δακτυλίου διασχίζοντας και λωρίδες που δεν αντιστοιχούν στην ακολουθητέα πορεία εξόδου τους από τον κόμβο. Οι πολύ μικρές γωνίες κάνουν δύσκολη την κίνηση βαρέων οχημάτων.

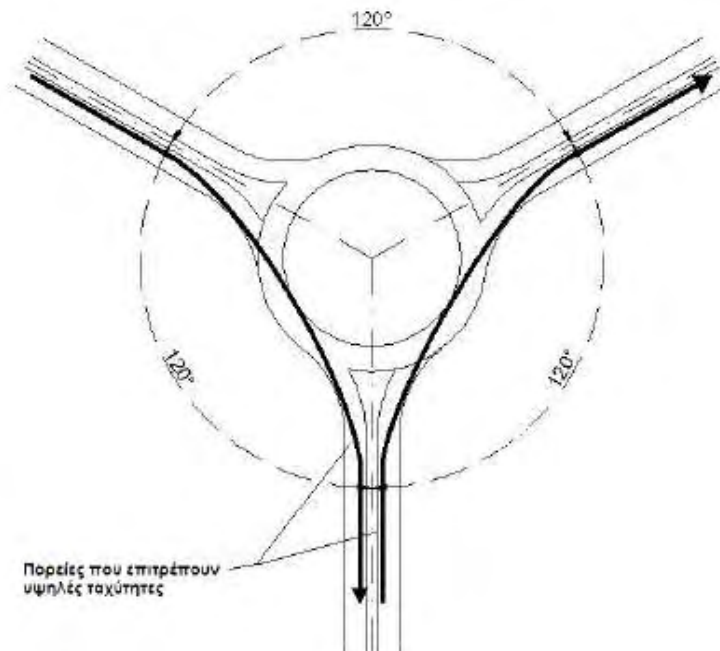
Οι διαδοχικοί κλάδοι θα πρέπει να σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία κατά το δυνατόν περίπου 90° .

Για την επίτευξη του στόχου ρύθμισης της ταχύτητας, οι κόμβοι με γωνίες μεταξύ οδών πρόσβασης πολύ μεγαλύτερες από τις 90° απαιτούν μεγαλύτερες διαμέτρους κύκλου.

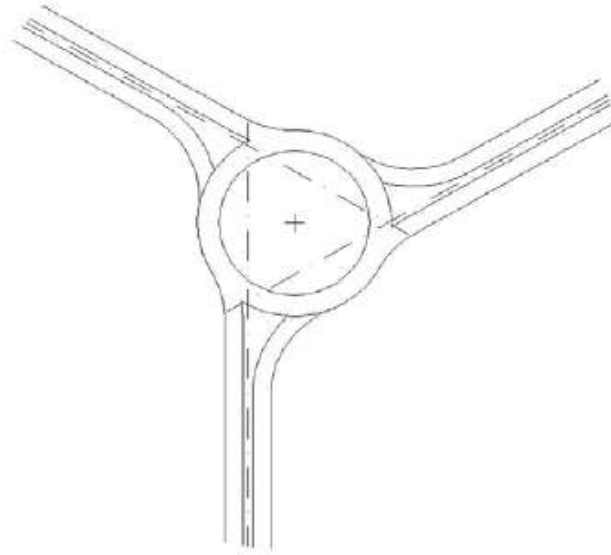
Σε περιπτώσεις κόμβων με 3 σκέλη είναι προτιμότερη η διάταξη «Τ» δηλαδή συμβολή με γωνία 90° (βλ. Σχήμα 2.6-1) από τη διάταξη «Υ» (βλ. Σχήμα 2.6-2). Στη διάταξη «Υ», ενδεχομένως να απαιτηθούν τροποποιήσεις για καλύτερη ρύθμιση της ταχύτητας των οχημάτων. Τέτοιες επεμβάσεις μπορεί να είναι, η αλλαγή της διαμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας, η μείωση του πλάτους και των ακτινών καμπής των κλάδων πρόσβασης κατά την είσοδο στον κόμβο και η μετατόπιση του άξονα των κλάδων πρόσβασης προς τα αριστερά σε σχέση με το κέντρο του κόμβου (βλ. Σχήμα 2.6-3)



Σχήμα 2.6-1: Τυπική διαμόρφωση κόμβου 3-σκελούς μορφής
(Χαρακτηριστικές πορείες δεξιά στρεφόντων οχημάτων)



Σχήμα 2.6-2: Τυπική διαμόρφωση κόμβου 3-σκελή μορφής Y
(Χαρακτηριστικές πορείες δεξιά στρεφόντων οχημάτων)



Σχήμα 2.6.-3: Τροποποίηση σκελών πρόσβασης κόμβου 3-σκελούς μορφής Υ
(Χαρακτηριστικές πορείες δεξιά στρεφόντων οχημάτων)

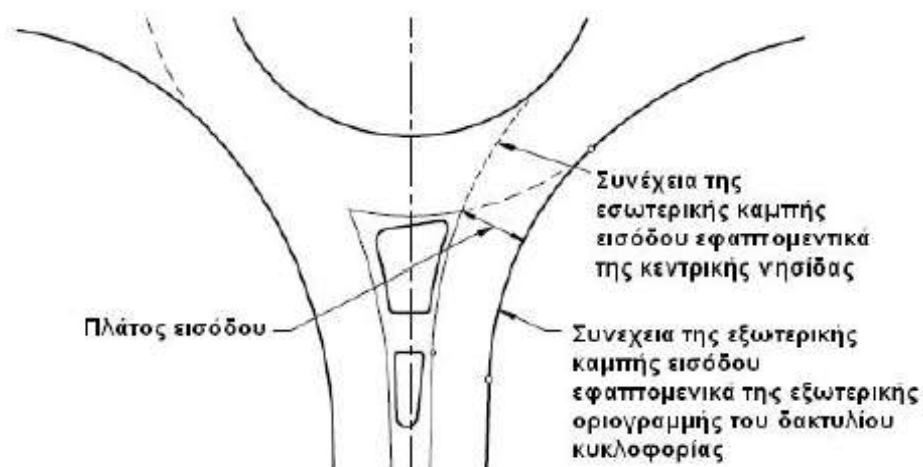
2.7 Είσοδοι

Ο σχεδιασμός της εισόδου της στο δακτύλιο κυκλοφορίας πρέπει να επιτρέπει την ομαλή μετάβαση των οχημάτων, ενώ με την κατάλληλη γεωμετρική διαμόρφωση να ρυθμίζει την ταχύτητα εισόδου.

Το πλάτος του κλάδου στην περιοχή εισόδου, όταν αυτός έχει μια λωρίδα, πρέπει να κυμαίνεται από 4 έως 5 m. Η τυπική διάταση είναι 4,6 m, ενώ πρέπει να αποφεύγεται πολύ πλατύτερη λωρίδα, προκειμένου να αποθαρρύνονται οι οδηγοί στην τάση τους για δημιουργία παράλληλων στοίχων (βλ. Σχήμα 2.7-1).



Στις περιπτώσεις κόμβων με είσοδο μίας λωρίδας, οι καμπές μίας ενιαίας ακτίνας είναι ικανοποιητικές, ενώ οι κόμβοι με είσοδο δύο λωρίδων ενδεχομένως απαιτούν καμπές συνδυασμού ακτινών. Σε αστικούς K^3 μίας λωρίδας οι ακτίνες εισόδου πρέπει να είναι στο εύρος των 15 έως 30 m.

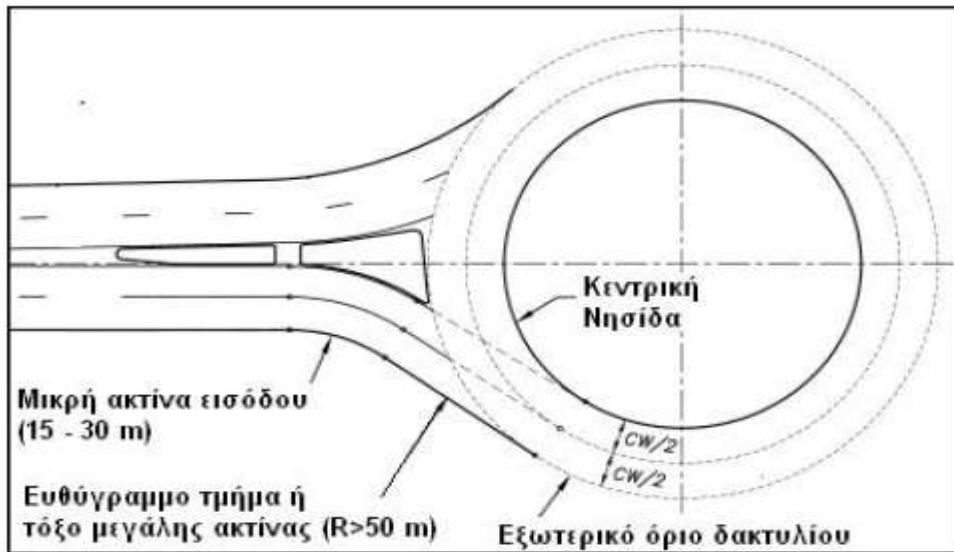


Σχήμα 2.7-1: Τυπική μορφή εισόδου

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

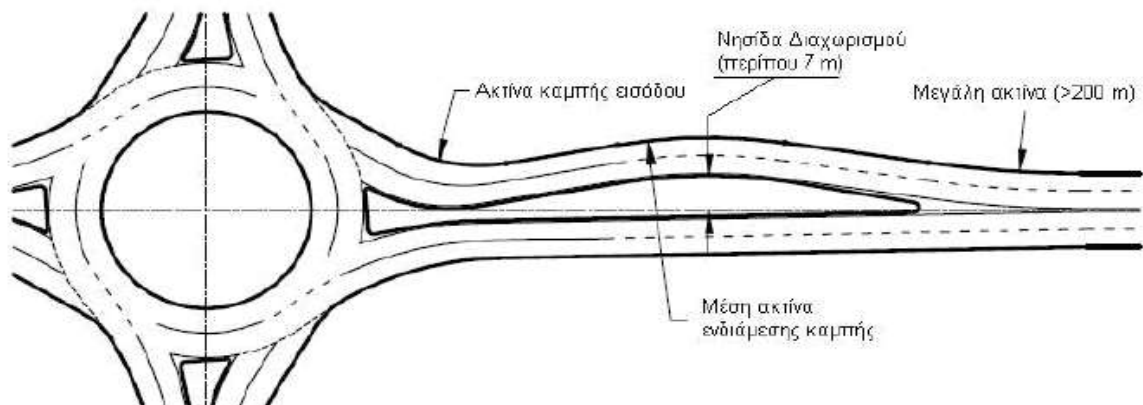
Σε κόμβους με εισόδους δυο ή περισσότερων λωρίδων, για την επιτυχή καθοδήγηση των οχημάτων στη σωστή λωρίδα επί του δακτυλίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευθύγραμμο τμήμα ή τόξο μεγάλης ακτίνας για τη συναρμογή

μεταξύ των τόξων της εισόδου και του δακτυλίου (βλ. Σχήμα 2.7-2). Αυτή η περίπτωση αναφέρεται πιο διεξοδικά στην §2.9, για τον έλεγχο της πορείας των οχημάτων.



Σχήμα 2.7-2: Ενδιάμεσο ευθύγραμμο τμήμα ή μεγάλο τόξο ακτίνας μεταξύ εισόδου και εξόδου δακτυλίου

Για την ομαλή μείωση της ταχύτητας κατά την είσοδο στο δακτύλιο, συνιστάται ο σχεδιασμός χάραξης με θλάση προς την αριστερή πλευρά της κίνησης (βλ. Σχήμα 2.7-3). Αυτή η διαμόρφωση συνήθως απαιτείται σε περιπτώσεις κόμβων που βρίσκονται σε οδούς υψηλών ταχυτήτων ($V > 70$ km/h).



Σχήμα 2.7-3: Διαμόρφωσης θλάσης κλάδου εισόδου για μείωση ταχύτητας

Όταν ο σχεδιασμός χρειάζεται να αντιμετωπίσει το φαινόμενο της εμπλοκής των τροχιών μεγάλων φορτηγών κατά την είσοδο, τότε πρέπει να χρησιμοποιούνται ακτίνες κατάλληλου μεγέθους, π.χ. $R > 30$ m. Όμως, είναι σημαντικό το μέγεθος της ακτίνας R να εμποδίζει τη δυνατότητα ανάπτυξης υπερβολικής ταχύτητας, κατά την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Μία καλή τεχνική λύση είναι η διαμόρφωση διαχωριστικής νησίδας, με διαγράμμιση του οδοστρώματος μεταξύ των δυο λωρίδων στην είσοδο, που παρέχει χώρο

για τη διέλευση του σώματος των φορτηγών, χωρίς να εμπλέκονται οι τροχιές αυτών με άλλα οχήματα (βλ. Εικόνα 2.7-1).

Οι συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού εισόδου, ανά κατηγορία K^3 , αναφέρονται στον επόμενο πίνακα. Αναλυτικότερη αναφορά για τις ταχύτητες επί του δακτυλίου κυκλοφορίας γίνεται στην §4.4.

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

Πίνακας 2.7-1: Συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού ανάλογα της κατηγορίας του K^3



Εικόνα 2.7-1: Παράδειγμα διαμόρφωσης εισόδου για διέλευση μεγάλων φορτηγών

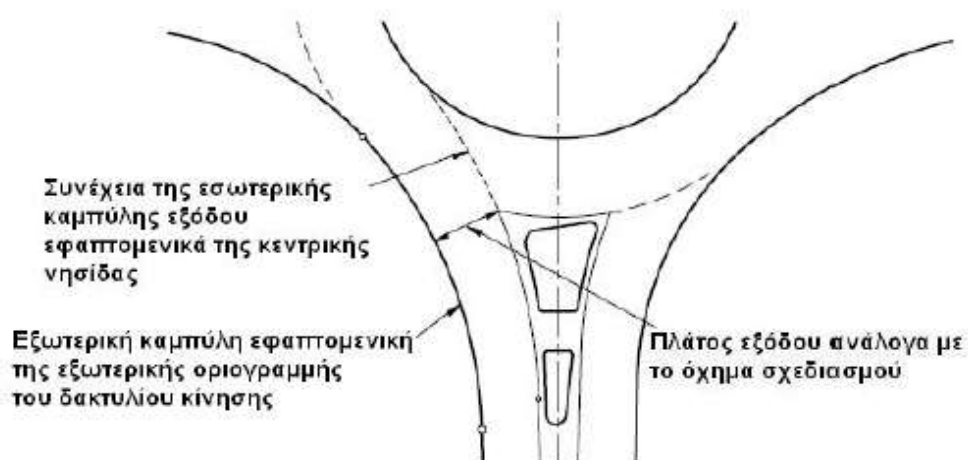
2.8 Έξοδοι

Οι ακτίνες στις θέσεις εξόδου από το δακτύλιο επιτρέπεται να είναι σημαντικά μεγαλύτερες από την ακτίνα του δακτυλίου, σε αντίθεση με τις θέσεις εισόδου, όπου η γεωμετρία πρέπει να διασφαλίζει χαμηλή λειτουργική ταχύτητα. Κατά το σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, η απόσταση ορατότητας στάσης για τους οδηγούς, ενώ για τους πεζούς ο χρόνος που χρειάζονται να αποφασίσουν και να διασχίσουν το οδόστρωμα. Ο πεζός χρειάζεται να ερμηνεύει το σκοπό του κάθε οδηγού που βρίσκεται στο δακτύλιο (δηλαδή, αν θα εξέλθει του δακτυλίου ή θα συνεχίσει την κυκλική πορεία) και αντίστοιχα να εκτιμά το χρόνο που χρειάζεται ο ίδιος για να διασχίσει τον κλάδο εξόδου στην υπόψη πρόσβαση.

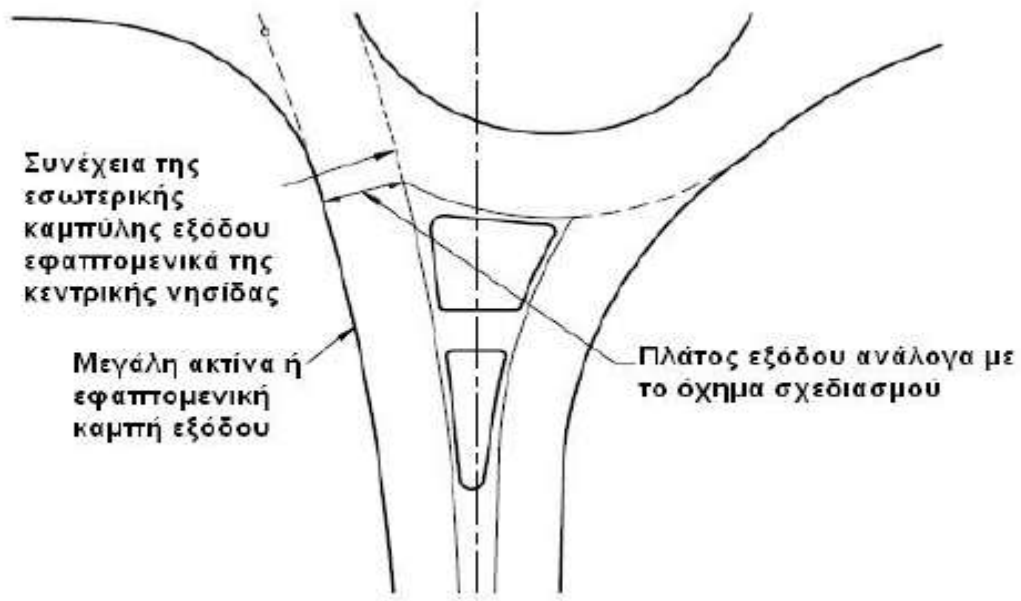


Με χαμηλές ταχύτητες εξόδου των οχημάτων, η πρόθεση των οδηγών γίνεται αντιληπτή στον πεζό νωρίτερα. Αντίστοιχα, η παρουσία πεζού ενώπιον της πεζοδιάβασης γίνεται από τους οδηγούς νωρίτερα. Εάν μειώνεται η ταχύτητα οχήματος πριν από την είσοδο στο δακτύλιο, ενώ η εξωτερική διάμετρος του δακτυλίου είναι μικρότερης ακτίνας, τα οχήματα τείνουν να κινούνται στο δακτύλιο βραδύτερα, ταυτόχρονα αν ο πεζός είναι καθαρά ορατός (όπως συμβαίνει σε μια ευθύγραμμη έξοδο), είναι εύλογο ότι οι οδηγοί δεν προτιμούν να επιταχύνουν με τον πεζό ενόψει, καθώς αρχίζουν την πορεία τους προς την έξοδο.

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



Σχήμα 2.8-1: Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο από το κέντρο του κόμβου

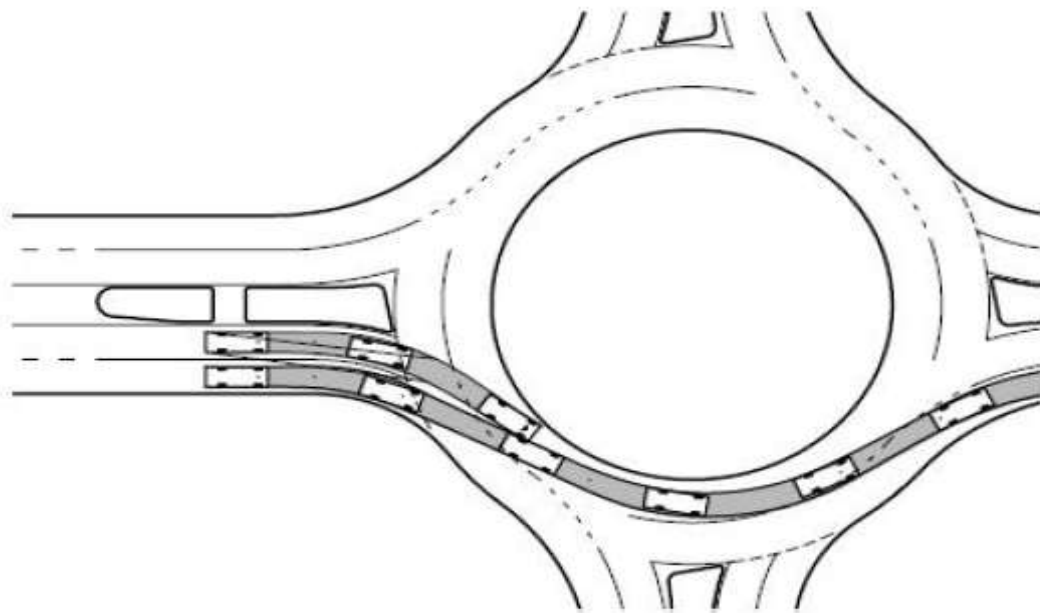


Σχήμα 2.8-2: Έξοδος με άξονα οδού διερχόμενο αριστερά του κέντρου το κόμβου

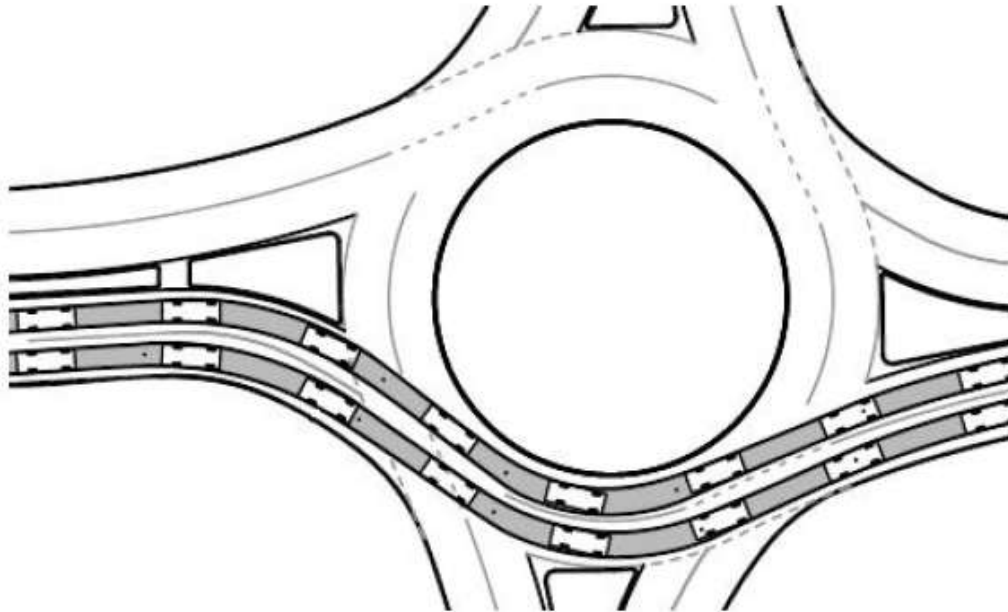
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

2.9 Έλεγχος Πορείας Οχημάτων

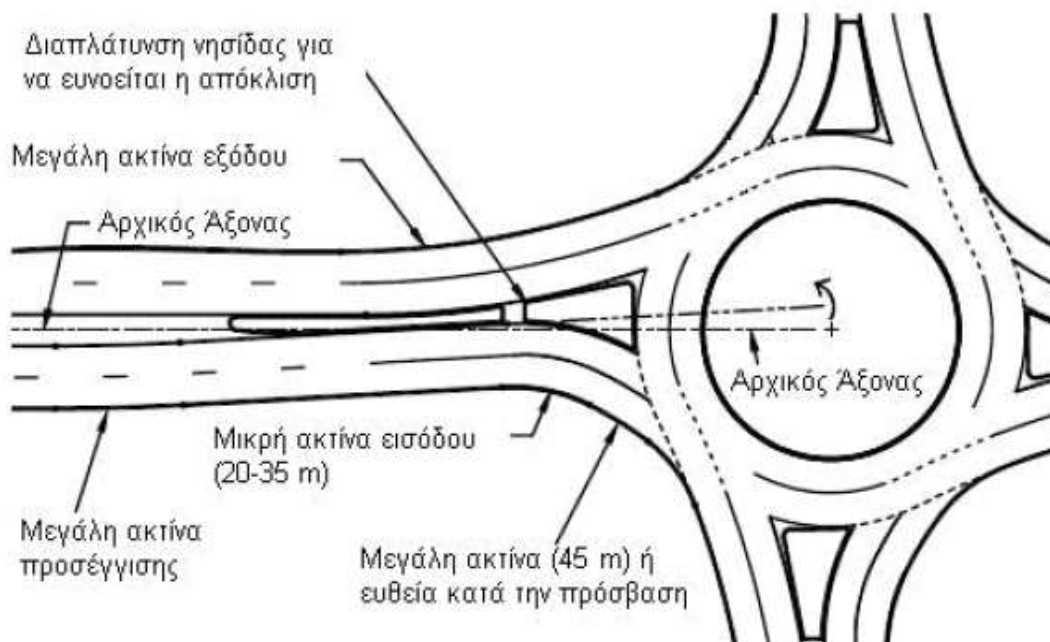
Η διάταξη της εισόδου, της εξόδου και των λωρίδων κυκλοφορίας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην καθοδήγηση των οχημάτων στις σωστές πορείες. Είναι επιθυμητό να μην υπάρχει επικάλυψη πορειών, ούτε κατά την παράλληλη κίνηση οχημάτων με ίδια προέλευση και προορισμό, ούτε κατά τη διασταύρωση οχημάτων με διαφορετικές πορείες (π.χ. ευθεία κίνηση με αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη). Μία προβληματική διάταξη φαίνεται στο επόμενο Σχήμα 2.9-1, ενώ τρόποι βελτίωσης της γεωμετρίας ώστε να υπάρχει σωστή καθοδήγηση των οχημάτων στις πορείες τους φαίνονται στα Σχήματα 2.9-2 και 2.9-3.



Σχήμα 2.9-1: Προβληματική διάταξη και επικάλυψη πορειών οχημάτων



Σχήμα 2.9-2: Βελτιωμένη διάταξη και παράλληλη πορεία οχημάτων



Σχήμα 2.9-3: Εκκεντρότητα και σύνθετα τόξα ρύθμισης πορειών οχημάτων

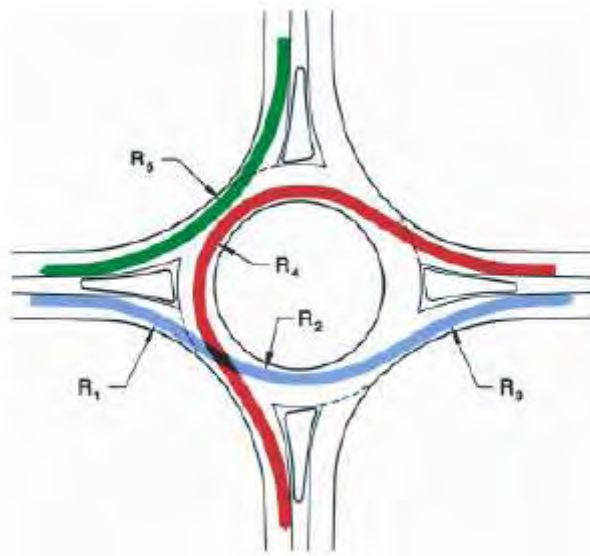
Κεφάλαιο 3

3. Ανάλυση Ταχυτήτων

Η ανάλυση των ταχυτήτων αποτελεί ένα από τα κρισιμότερα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των K^3 .

Τα οχήματα που κινούνται σε ένα κυκλικό κόμβο δεν ακολουθούν απαραίτητα τις πορείες που ορίζονται από τις οριογραμμές ή τον άξονα των λωρίδων πρόσβασης, του δακτυλίου και των εξόδων. Για την εκτίμηση των ταχυτήτων που αναπτύσσονται στον κόμβο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πάντα η διαδρομή η οποία αναμένεται να ενθαρρύνει τη συντομότερη πορεία κίνησης. Η ταχύτητα εξόδου μπορεί να υπολογίζεται με βάση την αναπτυσσόμενη ταχύτητα στο δακτύλιο και την τιμή επιτάχυνσης, ξεκινώντας από το σημείο όπου τα οχήματα βρίσκονται στην πορεία επί του δακτυλίου και αρχίζουν την πορεία προς την καμπύλη εξόδου. Στην περίπτωση δακτυλίου με περισσότερες από μία λωρίδες, κατά τις ώρες εκτός κυκλοφοριακής αιχμής, η ταχύτητα στην πορεία συντομότερης εξόδου δεν εξαρτάται από την ακτίνα της καμπύλης εξόδου αλλά από τα στοιχεία, που είναι:

- Η ακτίνα R_2 του κύκλου της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου
- Η απόσταση από το τέλος της καμπύλης με ακτίνα R_2 έως την πεζοδιάβαση που διασταυρώνει την έξοδο
- Η επιτάχυνση, η οποία μπορεί να αναπτύσσεται, από το τέλος της καμπύλης με ακτίνα R_2 έως την πεζοδιάβαση που διασχίζει την έξοδο



Σχήμα 3-1: Πορείες οχημάτων και ονομασία ακτινών συντομότερης διαδρομής

Γίνεται η παραδοχή ότι οι οδηγοί επιταχύνουν αμέσως μόλις φτάσουν στο τέλος της καμπύλης με ακτίνα R_2 . Αυτή η κίνηση είναι πολύ επιθετική και

συνήθως μεσολαβεί ένα κενό χρόνου. Η τιμή της επιτάχυνσης λαμβάνεται ίση με $3,5 \text{ m/s}^2$ (αυτή μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της ακτίνας R2).

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



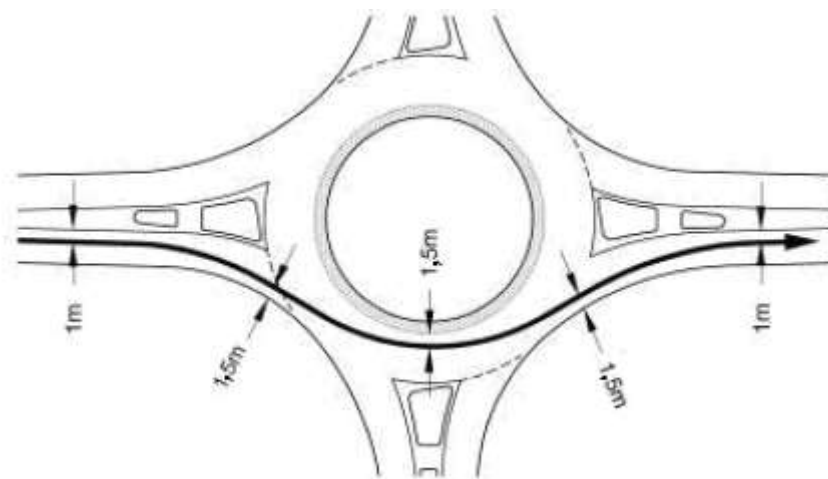
Εικόνα 3-1: Παράδειγμα μεγάλης ακτίνας στην έξοδο 3-σκελούς κόμβου

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

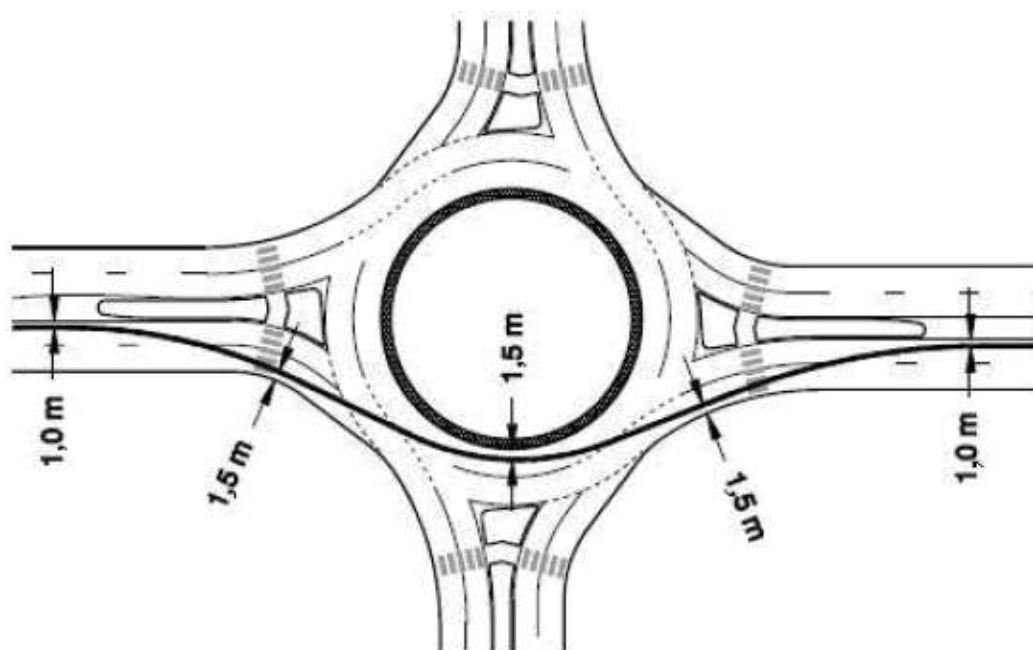
Εσωτερική Διάμετρος Δακτυλίου [m]	Προσέγγιση Ακτίνας R4		Μέγιστα για Ακτίνα R1	
	Ακτίνα [m]	Ταχύτητα [km/h]	Ακτίνα [m]	Ταχύτητα [km/h]
Δακτύλιος κυκλοφορίας 1 λωρίδας				
30	11	21	50	37
35	13	22	56	39
40	16	24	62	41
45	19	25	69	42
Δακτύλιος κυκλοφορίας 2 λωρίδων				
45	15	25	62	39
50	17	26	69	41
55	20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

Πίνακας 3-1: Προτεινόμενες ακτίνες για έλεγχο ταχύτητας εντός του Κ3

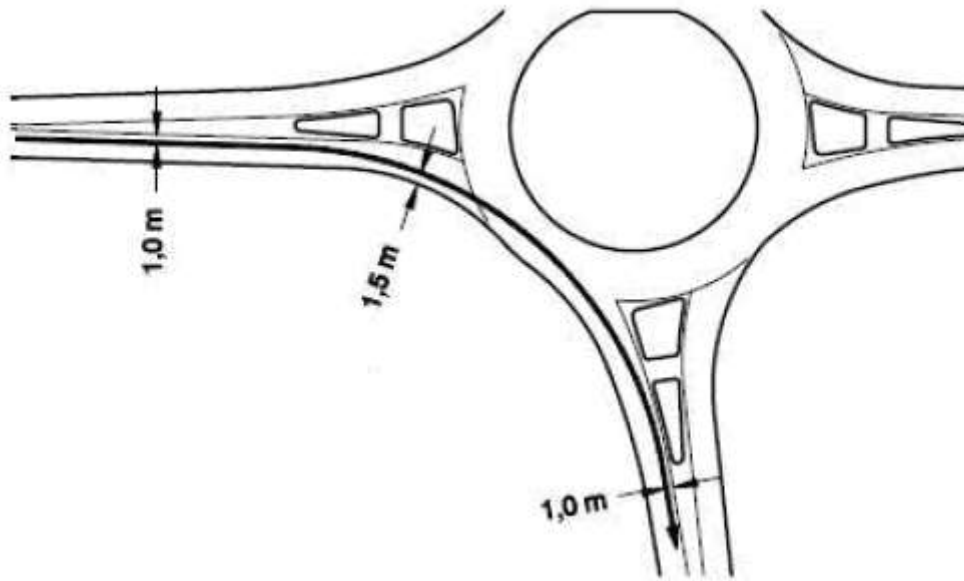
Πιο συγκεκριμένα, οι πορείες των οχημάτων σχεδιάζονται με αλληλουχίες καμπυλών που ξεκινούν και περνούν από συγκεκριμένα σημεία σε σχέση με χαρακτηριστικές οριογραμμές του κόμβου. Αυτά τα σημεία, οι αποστάσεις τους από χαρακτηριστικές οριογραμμές του κόμβου και η αλληλουχία καμπυλών που ορίζουν απεικονίζονται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



Σχήμα 3-2: Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε Κ3 με 1 λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας



Σχήμα 3-3: Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό ευθείας πορείας σε Κ3 με 2 λωρίδες στο δακτύλιο κυκλοφορίας



Σχήμα 3-3: Αποστάσεις από τις οριογραμμές για το σχεδιασμό δεξιόστροφης πορείας

Η πορεία ευθείας κίνησης σχεδιάζεται με καμπύλες έτσι ώστε στο σημείο αλλαγής διεύθυνσης εντός του δακτυλίου (στο σημείο που ορίζεται σε απόσταση 1,5 m από την εξωτερική οριογραμμή του δακτυλίου) να υπάρχει ευθύγραμμο τμήμα ίσο με το μήκος του οχήματος σχεδιασμού. Στους κόμβους κυκλικής κίνησης δεν αναμένεται να υπάρχουν μεγάλες επικλίσεις, αφού αυτές συνιστάται να μην υπερβαίνουν το 2%.

Κεφάλαιο 4

4. Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης μίας λωρίδας

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται διεξοδικά η διαδικασία που ακολουθείται έτσι ώστε να διαμορφωθεί ένας κόμβος 1 λωρίδας με ορθή και λειτουργική γεωμετρία, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίζουν οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων για τους Κυκλικούς Κόμβους Κίνησης (ΟΜΟΕ Κ3). Με τη βοήθεια και τη χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Anadelta Tessera, μορφοποιήθηκαν διάφορα παραδείγματα Κόμβων Κυκλικής Κίνησης, με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τόσο με 1 λωρίδα όσο και με 2 λωρίδες, όπως και θα αναλυθεί στο επόμενο Κεφάλαιο.

Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

4.1 Άξονες οδών πρόσβασης διερχόμενοι εκ του κέντρου κόμβου

Μία από τις κατηγορίες Κόμβων Κυκλικής Κίνησης που αναλύονται σε αυτό το Κεφάλαιο είναι οι κόμβοι αυτοί των οποίων οι άξονες των οδών που καταλήγουν στον κόμβο διέρχονται από το κέντρο του. Η συγκεκριμένη διάταξη είναι η πιο απλή από την άποψη της γεωμετρίας του κόμβου και η πιο αναμενόμενη από την πλευρά των οδηγών των οχημάτων που θα προσεγγίσουν τον κόμβο.

Στο Κεφάλαιο 2 αναλύθηκαν εκτενέστερα τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης διάταξης, ωστόσο σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται διεξοδικά η μέθοδος διαμόρφωσης της συγκεκριμένης κατηγορίας κόμβων.

4.1.1 Άξονες οδών πρόσβασης κάθετοι μεταξύ τους

Στη συγκεκριμένη ενότητα αναλύεται η διαδικασία με την οποία διαμορφώθηκαν Κ3 μίας λωρίδας με τους άξονες των οδών πρόσβασης στον κόμβο να διέρχονται από το κέντρο αυτού και να σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους ίση με 90° .

Παράδειγμα 1

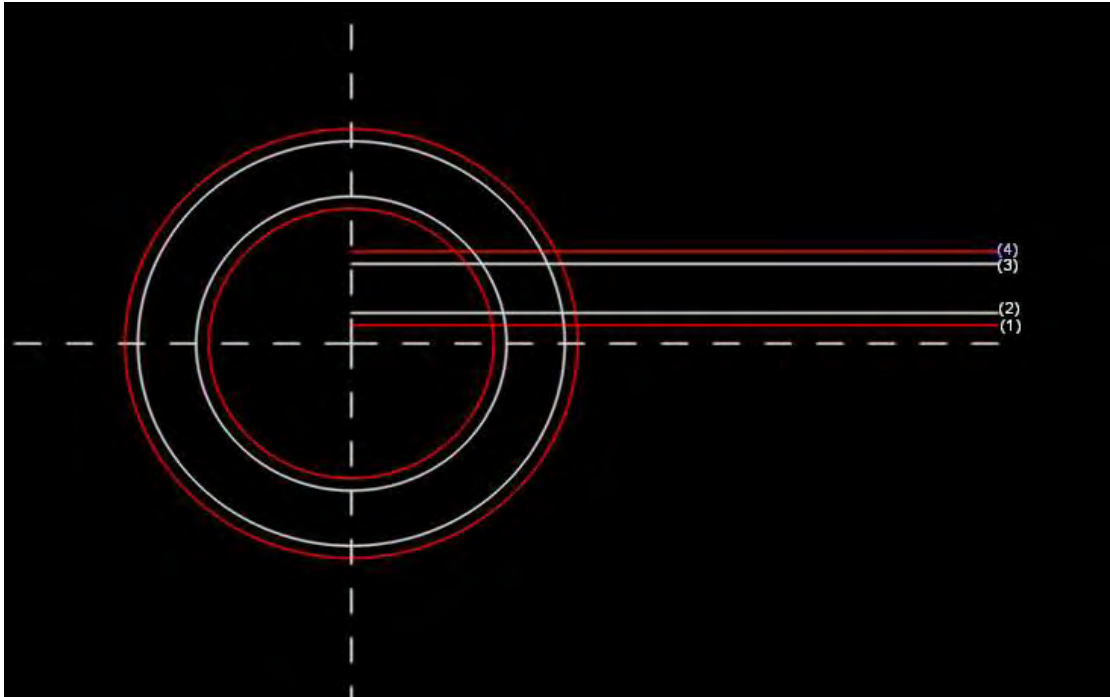
Στο παράδειγμα αυτό φαίνεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την διαμόρφωση ενός κυκλικού κόμβου με γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τα οποία έχουν ληφθεί από τον Πίνακα 2.2-2 και το Σχήμα 2.2-1, και είναι τα εξής:

- Διάμετρος Εξωτερικής Περιμέτρου (f): $f=35\text{m}$
- $R_{ε.π}=f/2=17,5\text{m}$
- Ελάχιστο Πλάτος ασφαλτικού Ερείσματος (e): $e=1\text{m}$
- $R1=9,5\text{m}$
- Υπερβατή ζώνη Κεντρικής Νησίδας (b): $b=1,5\text{m}$
- Πλάτος Οδοστρώματος εισερχόμενου κλάδου (c): $c=4\text{m}$
- Πλάτος Διαχωριστικής Νησίδας $=3\text{m}$
- Πλάτος Λωρίδας Διεύθυνσης $=1\text{m}$
- Ακτίνα Εισόδου (Ri): $Ri=17\text{m}$
- Ακτίνα Εξόδου (Ro): $Ro=18\text{m}$

$R_{ε.π}$: Ακτίνα εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου κυκλοφορίας

$R_{π.λ.κ}$: $R1+b$ +Πλάτος Λωρίδας Καθοδήγησης

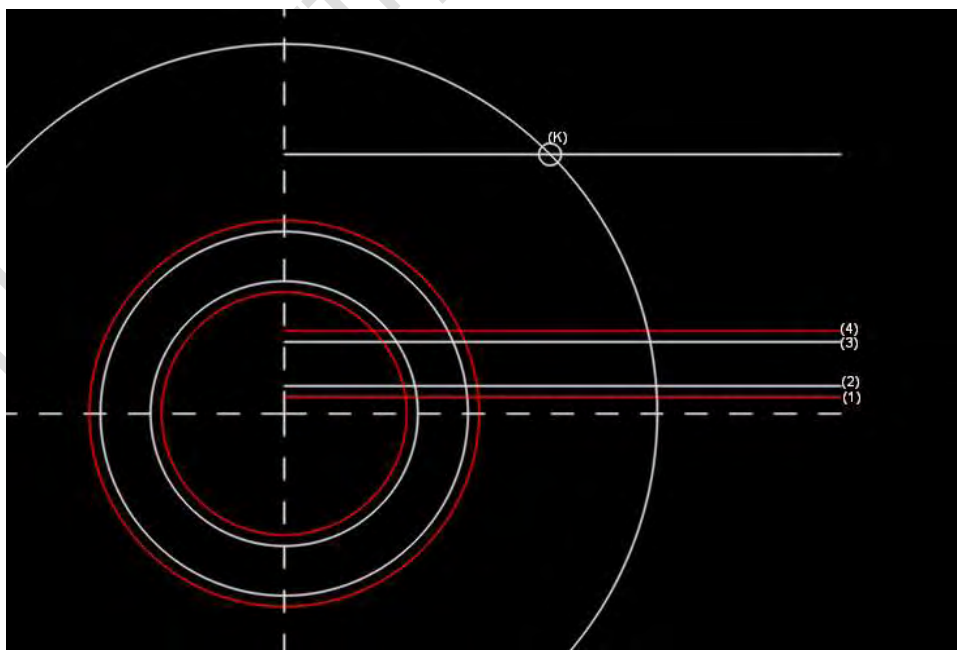
Με βάση αυτά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά σχεδιάστηκαν οι 4 κύκλοι της Εικόνας 4.1-1, με τον εξωτερικό κόκκινο να είναι ακτίνας $f/2$ και τον εσωτερικό κόκκινο ακτίνας $R1+b$. Οι εσωτερικοί λευκοί κύκλοι είναι ακτίνας $f/2-e$ και $R_{π.λ.κ}$. Όπως φαίνεται, ο άξονας της οδού πρόσβασης διέρχεται από τον κέντρο των προηγούμενων ομόκεντρων κύκλων και από το μέσο της διαχωριστικής νησίδας. Η ευθεία (1) είναι παράλληλη στον άξονα της οδού σε απόσταση $1,5\text{m}$ (το μισό πλάτος της διαχωριστικής νησίδας, η ευθεία (2) σε απόσταση 1m από την (1) (προστέθηκε το πλάτος λωρίδας καθοδήγησης), η ευθεία (3) σε 4m από την (2) (το πλάτος c του οδοστρώματος) και η ευθεία (4) σε απόσταση 1m από την (3), δηλαδή προστέθηκε το έρεισμα.



Εικόνα 4.1.1-1

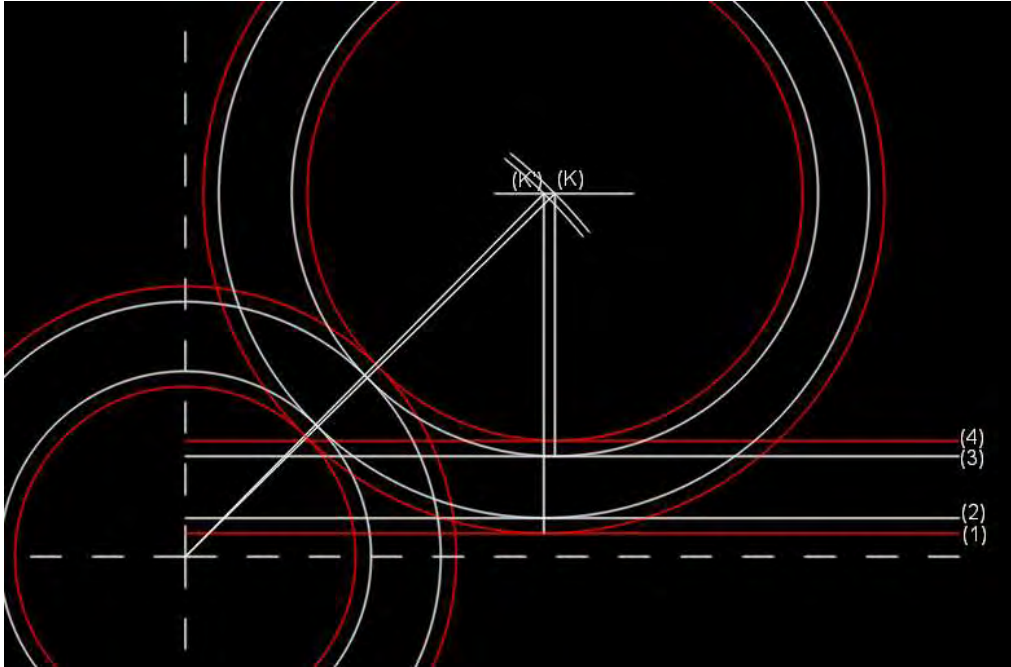
Ως ακτίνα εισόδου (R_i) ορίζεται ο κύκλος ο οποίος εφάπτεται στην ευθεία (3) και στον κύκλο με ακτίνα ($R_{ε.π}-e$).

Για να εφάπτεται ο κύκλος εισόδου με ακτίνα $R_i=17m$, αρκεί να σχεδιαστεί παράλληλη στην ευθεία (3) και σε απόσταση 17m από αυτή και να σχεδιασθεί κύκλος, με κέντρο το κέντρο του κόμβου, και ακτίνα ίση με ($R_{ε.π}-e+R_i$). Με τον τρόπο αυτό βρέθηκε το κέντρο του κύκλου εισόδου (βλ. *Εικόνα 4.1.1-2*).



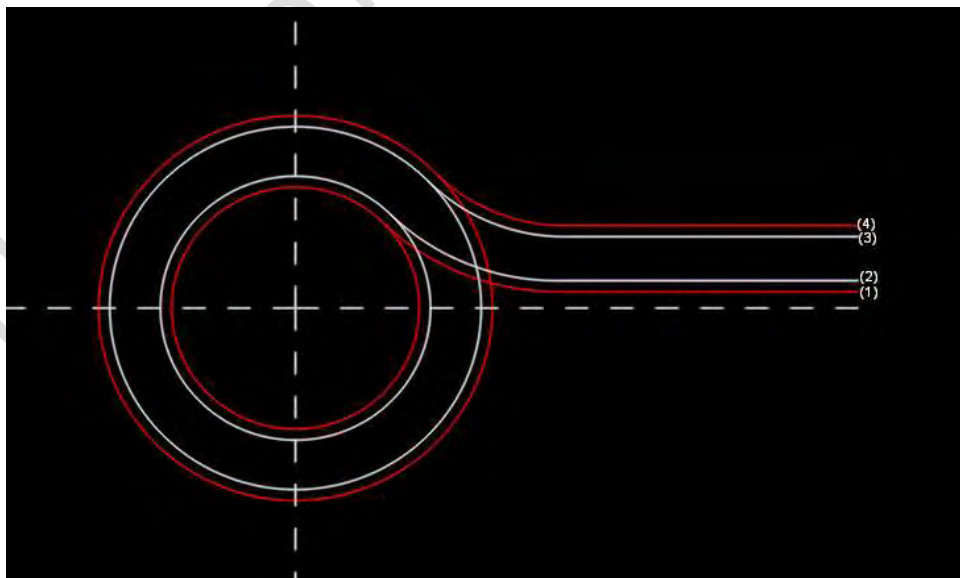
Εικόνα 4.1.1-2

Από το κέντρο που βρέθηκε με την προηγούμενη διαδικασία χαράσσονται κύκλοι με ακτίνες R_i και $R_i - e$. Με την ίδια διαδικασία βρέθηκε και το κέντρο (K') των κύκλων που εφάπτονται στις ευθείες (1), (2) και στους κύκλους με ακτίνα $(R_i + b)$ και $(R_{\pi,\lambda,\kappa})$ αντίστοιχα (βλ. *Εικόνα 4.1.1-3*).



Εικόνα 4.1.1-3

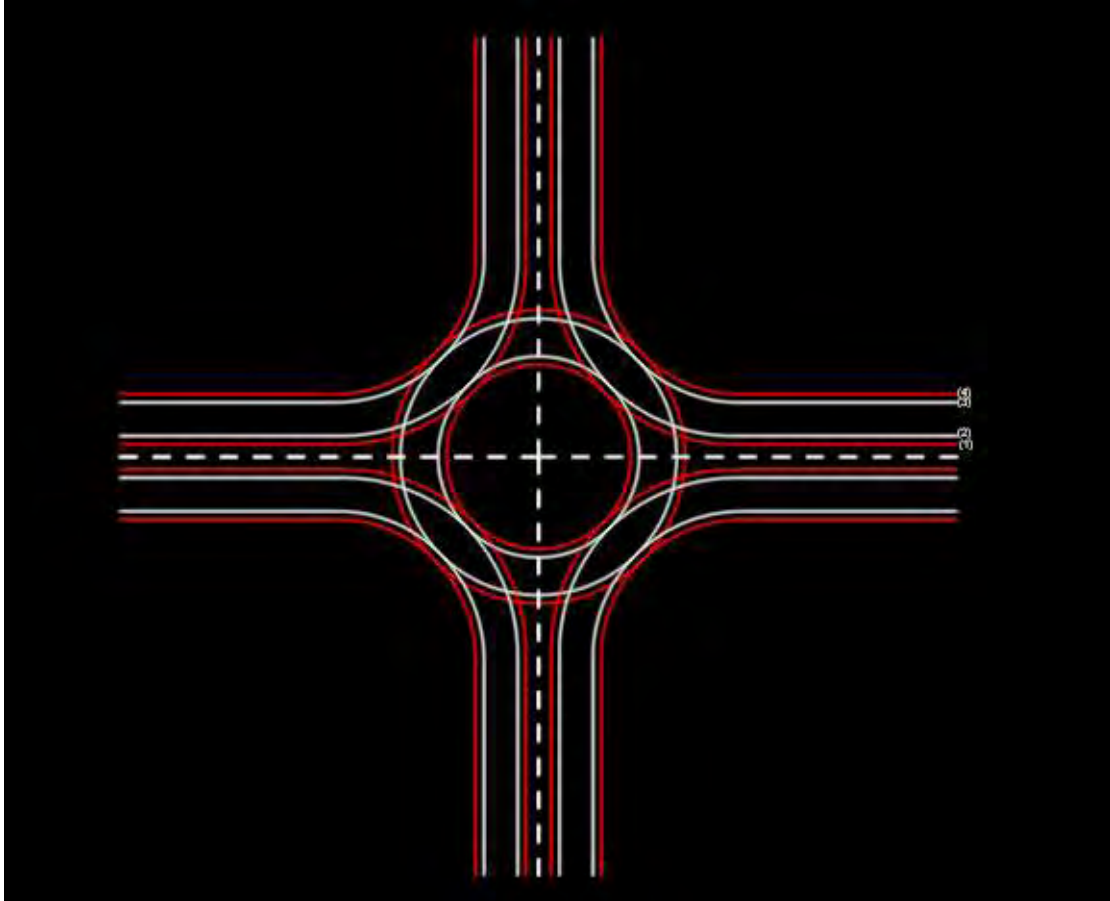
Με τον τρόπο αυτό διαμορφώθηκαν τα τόξα καμπυλότητας της κάθε οριογραμμής στην είσοδο του κόμβου που εφάπτονται στις οριογραμμές του εσωτερικού και εξωτερικού δαχτυλιδιού του κόμβου. Η τελική εικόνα της εισόδου φαίνεται και στην επόμενη *Εικόνα 4.1.1-4*.



Εικόνα 4.1.1-4

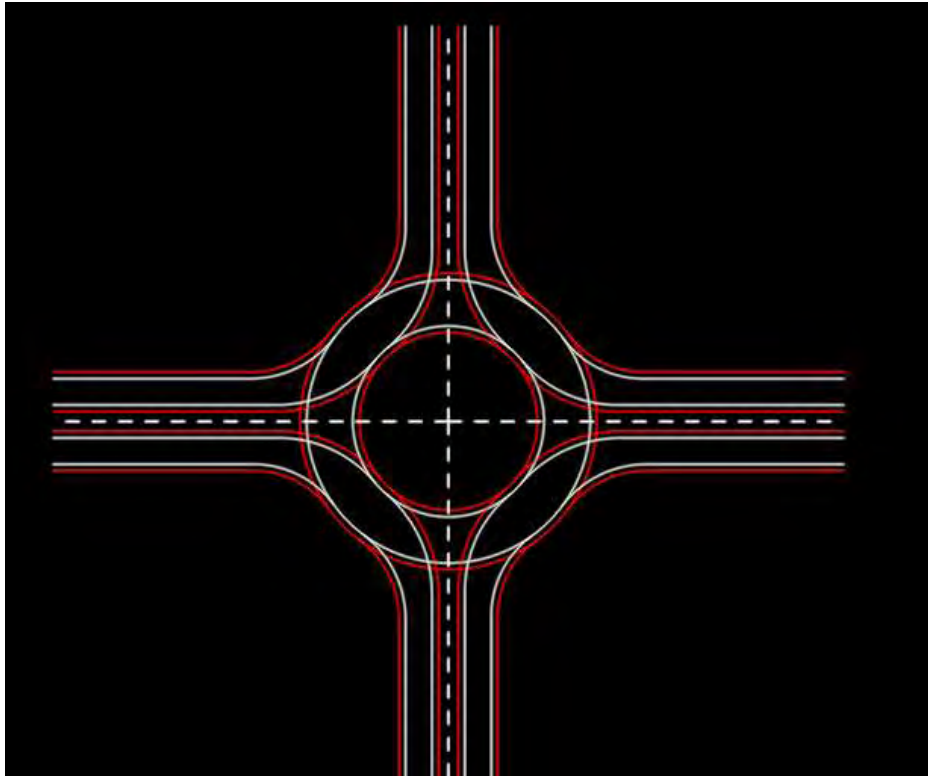
Για τον κλάδο εξόδου ακολουθήθηκε ακριβώς η ίδια διαδικασία με τη μόνη εμφανή διαφορά να είναι ότι η ακτίνα εξόδου $R_o = 18\text{m}$ (πάντα $R_o > R_i$). Από τη

στιγμή που έχουν σχεδιασθεί μία είσοδος και μία έξοδος, με την ίδια διαδικασία και τις ίδιες διαστάσεις προκύπτουν και όλες οι είσοδοι-έξοδοι σε όλους τους συμβάλλοντες κλάδους στον κόμβο. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην *Εικόνα 4.1.1-5*.



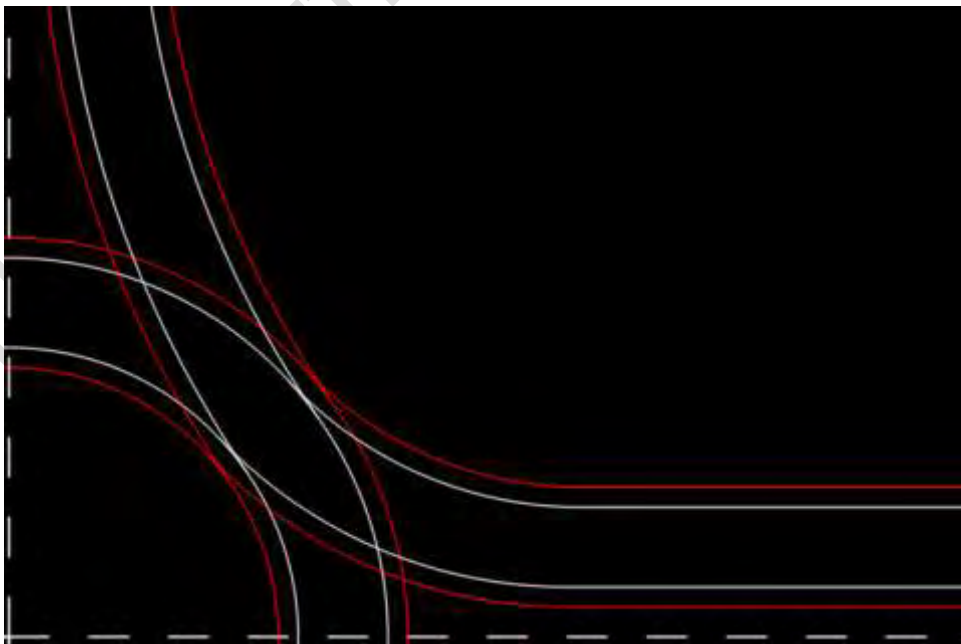
Εικόνα 4.1.1-5

Παρατήρηση: Στο συγκεκριμένο παράδειγμα και για τα συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, παρατηρούμε ότι το φαινόμενο του ύβου καμήλας δεν εμφανίζεται, ή για μεγαλύτερη ακρίβεια δεν είναι ιδιαίτερα εμφανές. Κατά το φαινόμενο του ύβου καμήλας, όπως αναφέρθηκε εκτενέστερα στην ενότητα 2.3, μεταξύ των τόξων εισόδου και εξόδου παρεμβάλλεται αντίθετο τόξο, αρκετά μεγάλου μήκους, κάτι που πρέπει να αποφεύγεται. Ένα πιο εμφανές παράδειγμα μίας λωρίδας που εμφανίζει ύβο καμήλας εμφανίζεται στην *Εικόνα 4.1.1-6*.



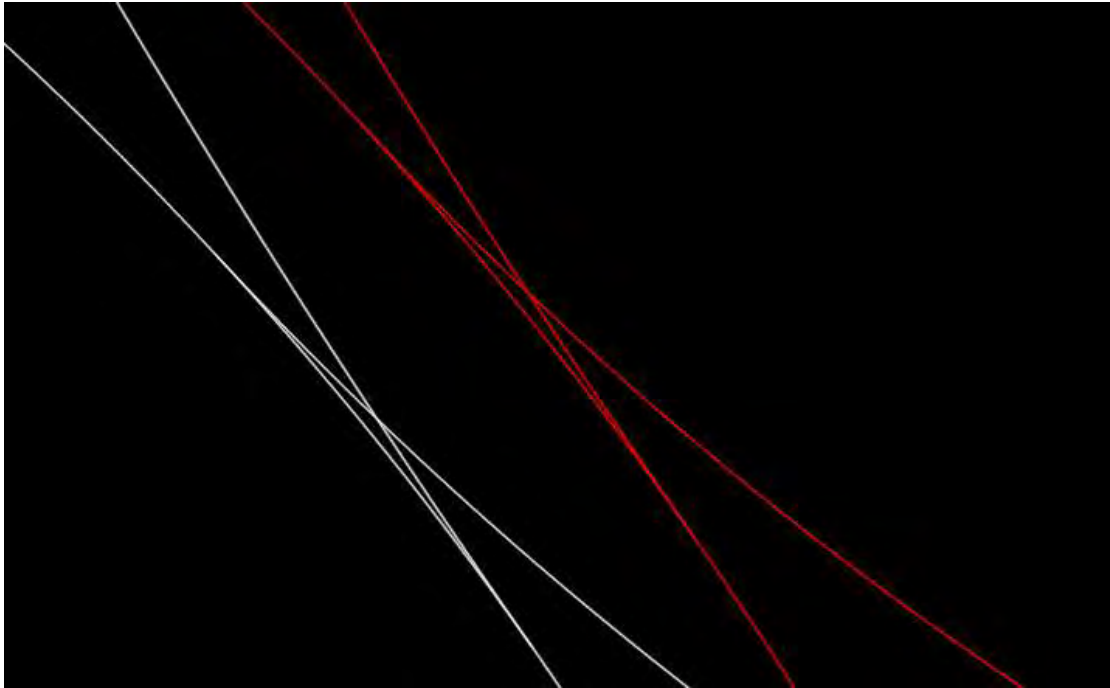
Σχήμα 4.1.1-6

Ένα άλλο φαινόμενο που μπορεί να παρουσιαστεί κατά την επιλογή ακτινών εισόδου και εξόδου, κατά τη διάρκεια διαμόρφωσης ενός κυκλικού κόμβου, είναι το φαινόμενο *Overlap* (βλ. *Εικόνα 4.1.1-7*) Κατά φαινόμενο αυτό, τα τόξα εισόδου και εξόδου τέμνονται πριν την ολοκλήρωσή τους, με αποτέλεσμα σε εκείνο το σημείο να δημιουργείται κατασκευαστικό πρόβλημα.



Εικόνα 4.1.1-7

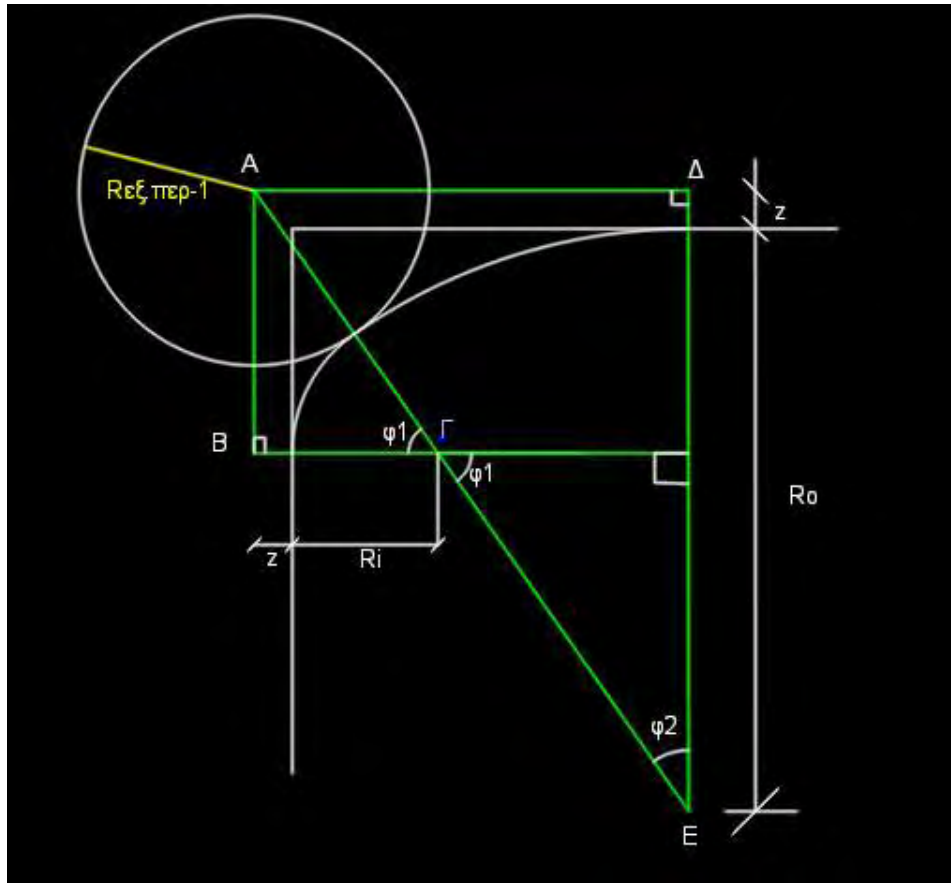
Και με zoom φαίνεται ακόμα καλύτερα στην επόμενη *Εικόνα 4.1.1-8*.



Εικόνα 4.1.1-8

Η ακτίνα εξόδου, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη της ακτίνας εισόδου. Ωστόσο, όπως φαίνεται και στο σχήμα, όσο αυξάνεται η ακτίνα εξόδου, τόσο πιο πιθανό είναι να εμφανιστεί το φαινόμενο του Overlap.

Για τους δυο λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, το φαινόμενο του ύβου καμήλας και το φαινόμενο του Overlap, κρίνεται αναγκαίο να βρεθεί μία μέθοδος, με την οποία ο μελετητής του κόμβου να επιλέγει τις ακτίνες εισόδου-εξόδου χωρίς να του εμφανιστεί στην πορεία ένα εκ των δυο προβλημάτων. Για την επίτευξη αυτής της μεθόδου, διαμορφώθηκε ένα ιδανικό παράδειγμα κόμβου, στο οποίο οι δυο κύκλοι εισόδου και εξόδου έχουν κοινή εφαπτομένη στο ίδιο σημείο, κατά την εφαρμογή τους στον κύκλο με ακτίνα $(R_{ε.π}-\theta)$. (βλ. Εικόνα 4.1.1-9)



Εικόνα 4.1.1-9: Εύρεση τύπου για αποφυγή Overlap και ύβου καμήλας

Αρχικά, υπολογίστηκε η γωνία φ_1 με τη βοήθεια της τριγωνομετρίας του τριγώνου ΑΒΓ.

$$\varphi_1 = \cos^{-1} \frac{Ri+z}{Ri+(R_{\varepsilon.\pi}-1)} \quad (4-1)$$

Με την εύρεση της γωνίας φ_1 δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού της γωνίας φ_2 από τη σχέση:

$$\varphi_2 = 90^\circ - \varphi_1 \quad (4-2)$$

Χρησιμοποιώντας την τριγωνομετρία του τριγώνου ΑΔΕ και με γνωστή πλέον τη γωνία φ_2 υπολογίστηκε η ακτίνα εξόδου R_o .

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_o+z}{R_o+(R_{\varepsilon.\pi}-1)} \quad (4-3)$$

$$R_o = \frac{[(R_{\varepsilon.\pi}-1) \times \cos \varphi_2] - z}{1 - \cos \varphi_2} \quad (4-4)$$

Όπου: $z = \frac{(\Pi.\Delta.N)}{2} + (\Pi.Λ.Κ) + c$

(Π.Δ.Ν): Πλάτος Διαχωριστικής Νησίδας

(Π.Λ.Κ): Πλάτος Λωρίδας Καθοδήγησης

C: Πλάτος Οδοστρώματος οδών πρόσβασης

Έτσι, με τη χρήση αυτού του τύπου, δίνεται η δυνατότητα να οριστεί από τον κατασκευαστή η ακτίνα εισόδου (R_i), καθώς και οι διαστάσεις τόσο της διαχωριστικής νησίδας όσο και του πλάτους του οδοστρώματος του εισερχόμενου κλάδου (c), και να γνωρίζει εξ' αρχής το μέγεθος της ακτίνας εξόδου που πρέπει να χρησιμοποιήσει. Ενδεικτικά, στον επόμενο Πίνακα 4.1.1-1 δίνονται οι προτεινόμενες ακτίνες εξόδου (R_o) για διάφορους συνδυασμούς ακτινών εξωτερικής περιμέτρου δακτυλίου ($R_{ε.π}$) και ακτινών εισόδου (R_i) σε κόμβο κυκλικής κίνησης μίας λωρίδας με τον άξονα της οδού πρόσβασης να διέρχεται από το κέντρο του κόμβου.

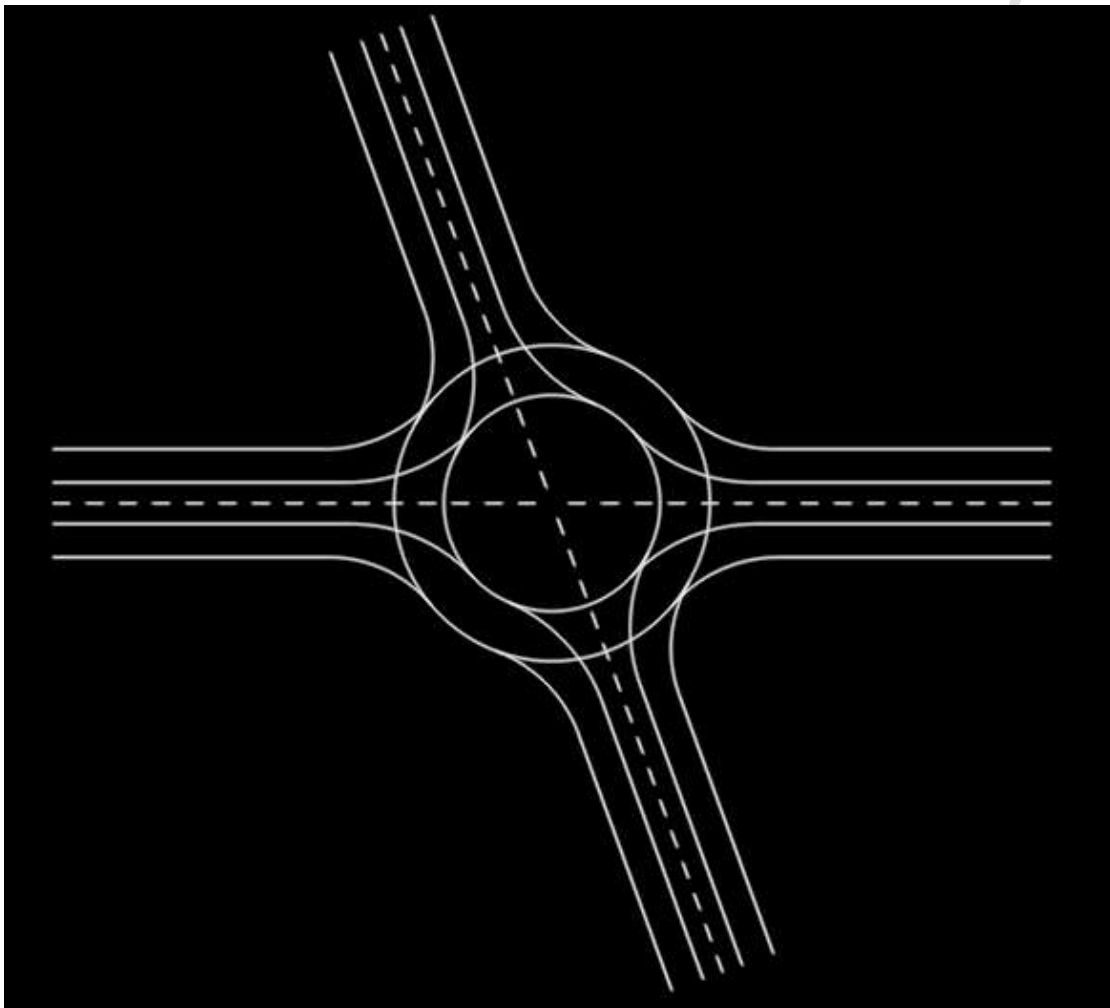
Πίνακα 4.1.1-1

Υπολογισμός ακτίνας εξόδου προς αποφυγήν Overlap και ύψους καμήλας									
$R_{ε.π}$	z	$R_{ε.π-1}$	R_i	$\cos\phi_1$	ϕ_1	ϕ_1°	ϕ_2	ϕ_2°	R_o
17,5	6,5	16,5	13	0,661	0,849	48,647	0,722	41,398	23,559
17,5	6,5	16,5	14	0,672	0,834	47,792	0,737	42,253	22,026
17,5	6,5	16,5	15	0,683	0,820	46,981	0,751	43,064	20,654
17,5	6,5	16,5	16	0,692	0,806	46,210	0,765	43,835	19,420
17,5	6,5	16,5	17	0,701	0,793	45,476	0,777	44,569	18,304
20	6,5	19	15	0,632	0,886	50,802	0,685	39,244	36,477
20	6,5	19	16	0,643	0,873	50,020	0,698	40,025	34,416
20	6,5	19	17	0,653	0,860	49,274	0,711	40,772	32,557
20	6,5	19	18	0,662	0,847	48,560	0,724	41,486	30,872
20	6,5	19	19	0,671	0,835	47,876	0,736	42,170	29,339
20	6,5	19	20	0,679	0,824	47,220	0,747	42,825	27,937
20	6,5	19	21	0,688	0,813	46,591	0,758	43,455	26,651
20	6,5	19	22	0,695	0,802	45,986	0,769	44,059	25,467
20	6,5	19	23	0,702	0,792	45,405	0,779	44,641	24,373
22,5	6,5	21,5	15	0,589	0,941	53,938	0,630	36,107	56,667
22,5	6,5	21,5	16	0,600	0,927	53,157	0,644	36,889	53,500
22,5	6,5	21,5	17	0,610	0,914	52,409	0,657	37,637	50,651
22,5	6,5	21,5	18	0,620	0,902	51,692	0,669	38,354	48,074
22,5	6,5	21,5	19	0,630	0,890	51,003	0,681	39,043	45,733
22,5	6,5	21,5	20	0,639	0,878	50,341	0,693	39,704	43,598
22,5	6,5	21,5	21	0,647	0,867	49,705	0,704	40,341	41,642
22,5	6,5	21,5	22	0,655	0,856	49,092	0,714	40,953	39,845
22,5	6,5	21,5	23	0,663	0,846	48,502	0,725	41,544	38,187
22,5	6,5	21,5	24	0,670	0,836	47,932	0,735	42,114	36,654
22,5	6,5	21,5	25	0,677	0,827	47,382	0,744	42,664	35,232
22,5	6,5	21,5	26	0,684	0,817	46,850	0,754	43,195	33,909
22,5	6,5	21,5	27	0,691	0,808	46,336	0,762	43,709	32,675
22,5	6,5	21,5	28	0,697	0,800	45,839	0,771	44,207	31,522
22,5	6,5	21,5	29	0,703	0,791	45,357	0,780	44,688	30,443

4.1.2 Άξονες οδών πρόσβασης με γωνία (<) ή (>) των 90°

Ένας διαφορετικός τρόπος διαμόρφωσης ενός κόμβου κυκλικής κίνησης είναι εκείνος κατά τον οποίο ο άξονας της οδού πρόσβασης διέρχεται από το κέντρο του Κ3, αλλά οι άξονες των οδών πρόσβασης δεν συναντώνται κάθετα (γωνία μεταξύ σκελών $\neq 90^\circ$).

Σε αυτήν την κατηγορία Κ3, η διαδικασία διαμόρφωσής τους, διατηρεί την ίδια φιλοσοφία με αυτή που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη *Ενότητα 4.1.1*. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στην επόμενη *Εικόνα 4.1.2-1*.



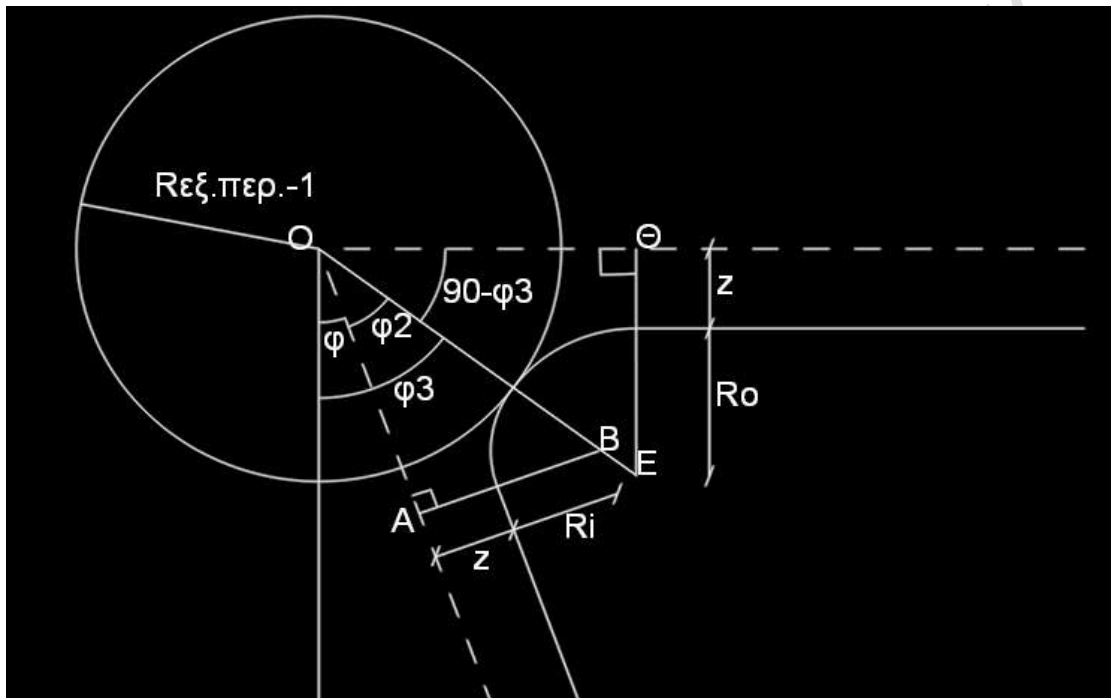
Εικόνα 4.1.2-1

*Στο σχήμα έχουν αφαιρεθεί τα ερείσματα και οι λωρίδες καθοδήγησης χάριν απλότητας και κατανόησης του σχήματος

Στην *Εικόνα 4.1.2-1* μπορεί να παρατηρηθεί, πως στο συνδυασμό των σκελών που οι άξονες τους σχηματίζουν οξεία γωνία (<90°), εμφανίζεται το προβληματικό φαινόμενο του Overlap, ενώ ταυτόχρονα στον συνδυασμό των σκελών που οι άξονες τους σχηματίζουν αμβλεία γωνία (>90°) εμφανίζεται το προβληματικό φαινόμενο του ύβου καμήλας.

Για αυτό το λόγο, όπως και στην προηγούμενη ενότητα 4.1.1, αναπτύχθηκε, με τη βοήθεια της γεωμετρίας ενός ιδανικού παραδείγματος Κ3, μία μέθοδος με την οποία ο μελετητής του κόμβου, με δεδομένη την τιμή της γωνίας φ που επιλέγεται για την περιστροφή του άξονα των οδών πρόσβασης και την τιμή της ακτίνας εισόδου R_i θα έχει τη δυνατότητα να γνωρίζει την τιμή της ακτίνας εξόδου R_o που απαιτείται, έτσι ώστε να αποφευχθούν τα δυσμενή φαινόμενα Overlap και ύβος καμήλας.

Σε πρώτη φάση υπολογίστηκε η απαιτούμενη ακτίνα εξόδου R_o για το συνδυασμό αξόνων σκελών που σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους $<90^\circ$. (βλ. Εικόνα 4.1.2-2).



Εικόνα 4.1.2-2: Εύρεση τύπου σε οξεία γωνία

*Στο σχήμα έχουν αφαιρεθεί τα ερείσματα και οι λωρίδες κατεύθυνσης χάριν απλότητας και κατανόησης του σχήματος

Αρχικά, υπολογίστηκε η γωνία φ_2 με τη βοήθεια της τριγωνομετρίας του τριγώνου AOB.

$$\varphi_2 = \sin^{-1} \frac{R_i + z}{R_i + (R_{\epsilon\pi} - 1)} \quad (4-5)$$

$$\varphi_3 = \varphi + \varphi_2 \quad (4-6)$$

Χρησιμοποιώντας την τριγωνομετρία του τριγώνου ΟΘΕ και με γνωστή πλέον τη γωνία φ_3 υπολογίστηκε η ακτίνα εξόδου R_o .

$$\sin(90 - \varphi_3) = \cos \varphi_3 = \frac{R_o+z}{R_o+(R_{\varepsilon,\pi}-1)} \quad (4-7)$$

$$R_o = \frac{[(R_{\varepsilon,\pi}-1) \times \cos \varphi_3] - z}{1 - \cos \varphi_3} \quad (4-8)$$

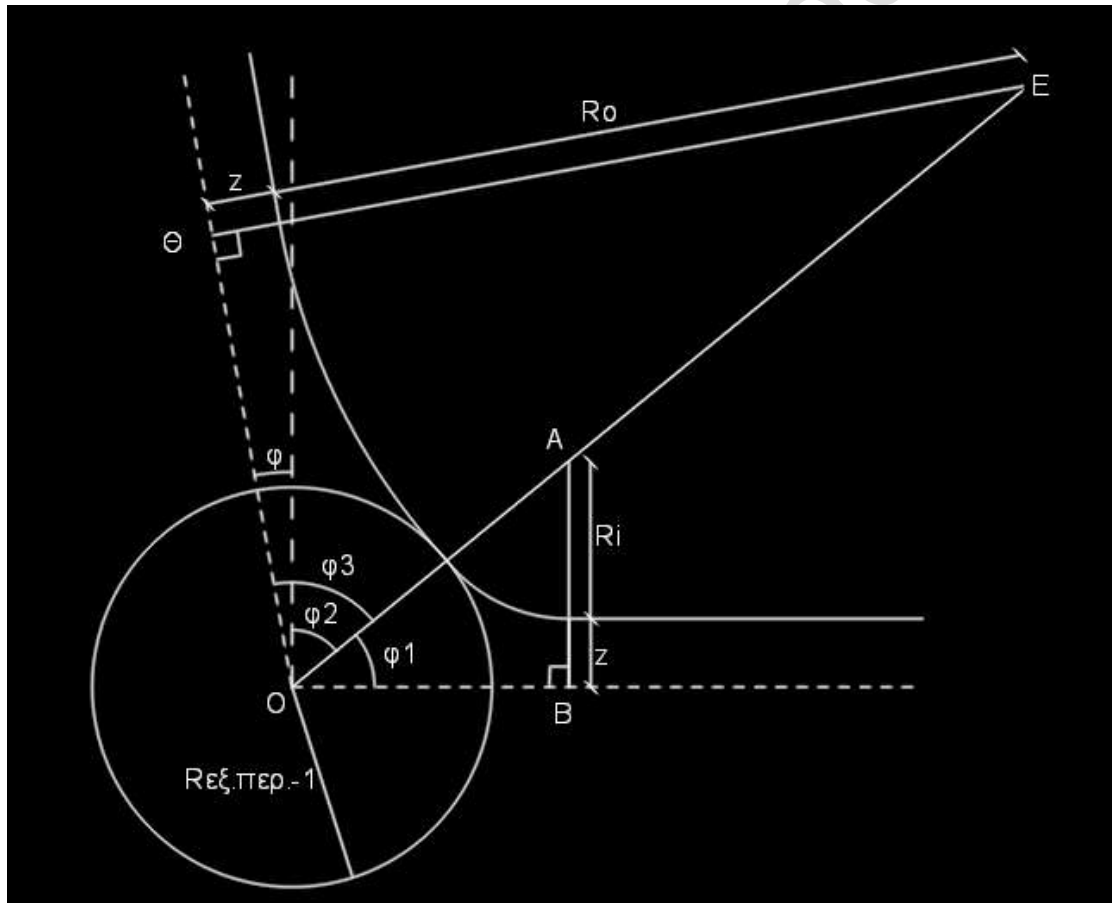
Όπου: $z = \frac{(\Pi.\Delta.N)}{2} + (\Pi.Λ.Κ) + c$

(Π.Δ.Ν): Πλάτος Διαχωριστικής Νησίδας

(Π.Λ.Κ): Πλάτος Λωρίδας Καθοδήγησης

C: Πλάτος Οδοστρώματος οδών πρόσβασης

Έπειτα, υπολογίζεται η απαιτούμενη ακτίνα εξόδου R_o για το συνδυασμό αξόνων σκελών που σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους $>90^\circ$ (Εικόνα 4.1.2-3).



Εικόνα 4.1.2-3: Εύρεση τύπου σε αμβλεία γωνία

Αρχικά, υπολογίστηκε η γωνία φ_1 με τη βοήθεια της τριγωνομετρίας του τριγώνου ΑΟΒ.

$$\varphi_1 = \sin^{-1} \frac{R_i+z}{R_i+(R_{\varepsilon,\pi}-1)} \quad (4-9)$$

$$\varphi_2 = 90 - \varphi_1 \quad (4-10)$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 + \varphi \quad (4-11)$$

Χρησιμοποιώντας την τριγωνομετρία του τριγώνου ΟΘΕ και με γνωστή πλέον τη γωνία φ_3 υπολογίστηκε η ακτίνα εξόδου R_o .

$$\sin \varphi_3 = \frac{R_o + z}{R_o + (R_{\varepsilon, \pi} - 1)} \quad (4-12)$$

$$R_o = \frac{[(R_{\varepsilon, \pi} - 1) \times \sin \varphi_3] - z}{1 - \sin \varphi_3} \quad (4-13)$$

$$\text{Όπου: } z = \frac{(\Pi. \Delta. N)}{2} + (\Pi. \Lambda. K) + c$$

(Π.Δ.Ν): Πλάτος Διαχωριστικής Νησίδας

(Π.Λ.Κ): Πλάτος Λωρίδας Καθοδήγησης

C: Πλάτος Οδοστρώματος οδών πρόσβασης

Στη συνέχεια παρατίθενται δύο πίνακες (βλ. Πίνακας 4.1.2-1, Πίνακας 4.1.2-2) με ενδεικτικές τιμές ακτινών εξόδου R_o για κυκλικό κόμβο μίας λωρίδας, με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τόσο για οξεία γωνία όσο και για αμβλεία.

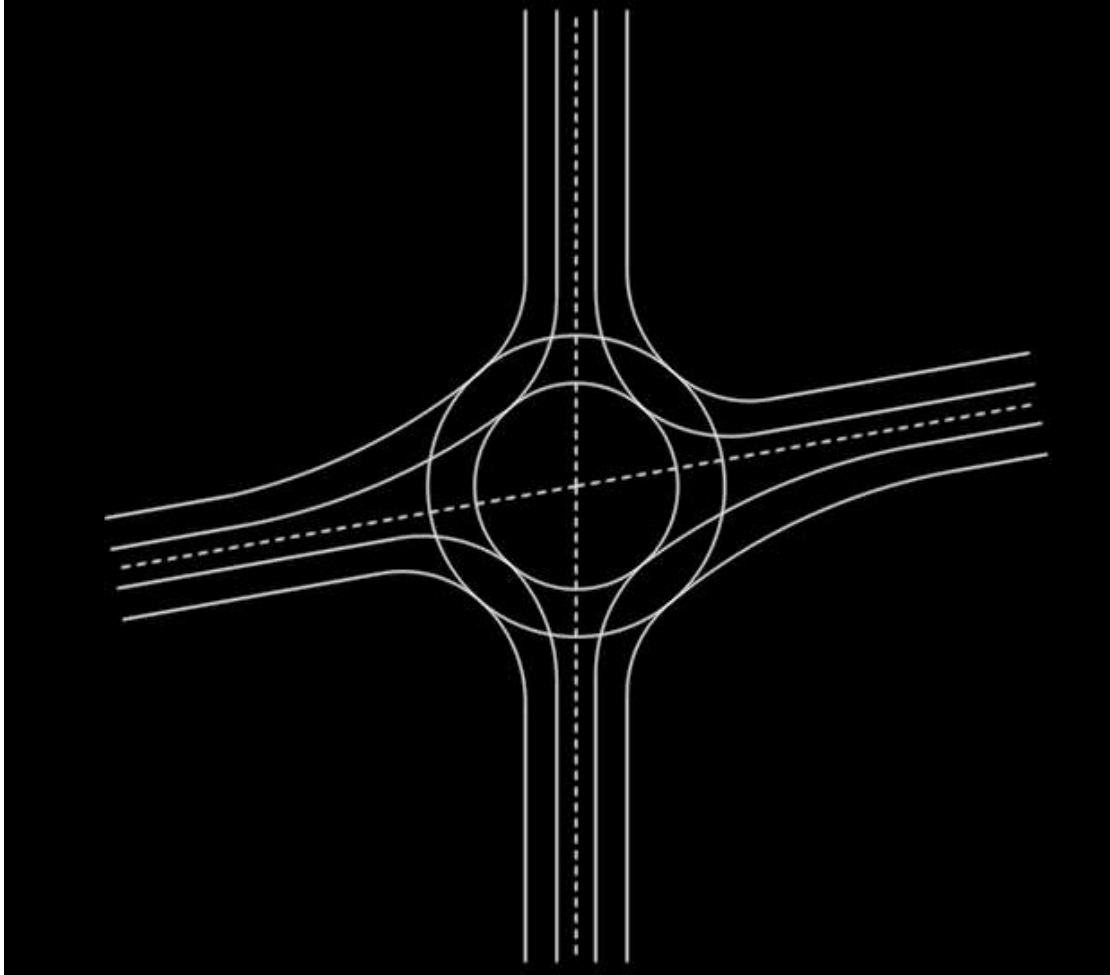
Πίνακας 4.1.2-1

Υπολογισμός ακτίνας εξόδου στην περίπτωση περιστροφής άξονα περί του κέντρου και οξεία γωνία											
$R_{ε.π}$	z	$R_{ε.π-1}$	R_i	φ	$\sin\varphi_2$	φ_2	φ_2°	φ_3°	φ_3	$\cos\varphi_3$	R_o
17,5	6,5	16,5	13	5	0,661	0,722	41,377	46,377	0,809	0,690	15,748
17,5	6,5	16,5	14	5	0,672	0,737	42,232	47,232	0,824	0,679	14,656
20	6,5	19	15	5	0,632	0,685	39,224	44,224	0,772	0,717	25,110
20	6,5	19	16	5	0,643	0,698	40,005	45,005	0,785	0,707	23,668
20	6,5	19	17	5	0,653	0,711	40,751	45,751	0,799	0,698	22,360
20	6,5	19	18	5	0,662	0,724	41,465	46,465	0,811	0,689	21,167
20	6,5	19	19	5	0,671	0,736	42,148	47,148	0,823	0,680	20,075
22,5	6,5	21,5	17	5	0,610	0,657	37,618	42,618	0,744	0,736	35,294
22,5	6,5	21,5	18	5	0,620	0,669	38,335	43,335	0,756	0,727	33,517
22,5	6,5	21,5	19	5	0,630	0,681	39,023	44,023	0,768	0,719	31,893
22,5	6,5	21,5	20	5	0,639	0,693	39,684	44,684	0,780	0,711	30,402
22,5	6,5	21,5	21	5	0,647	0,704	40,320	45,320	0,791	0,703	29,030
22,5	6,5	21,5	22	5	0,655	0,714	40,933	45,933	0,802	0,696	27,761
22,5	6,5	21,5	23	5	0,663	0,725	41,523	46,523	0,812	0,688	26,587
22,5	6,5	21,5	24	5	0,670	0,735	42,093	47,093	0,822	0,681	25,495

Πίνακας 4.1.2-2

<u>Υπολογισμός ακτίνας εξόδου στην περίπτωση περιστροφής άξονα περί του κέντρου και αμβλεία γωνία</u>												
$R_{ε.π}$	z	$R_{ε.π-1}$	Ri	ϕ	$\sin\phi_1$	ϕ_1	ϕ_1°	Φ_2°	ϕ_3°	ϕ_3	$\sin\phi_3$	Ro
17,5	6,5	16,5	13	5	0,661	0,722	41,377	48,623	53,623	0,936	0,805	34,815
17,5	6,5	16,5	14	5	0,672	0,737	42,232	47,768	52,768	0,921	0,796	32,566
20	6,5	19	15	5	0,632	0,685	39,224	50,776	55,776	0,973	0,827	53,190
20	6,5	19	16	5	0,643	0,698	40,005	49,995	54,995	0,960	0,819	50,099
20	6,5	19	17	5	0,653	0,711	40,751	49,249	54,249	0,947	0,812	47,334
20	6,5	19	18	5	0,662	0,724	41,465	48,535	53,535	0,934	0,804	44,847
20	6,5	19	19	5	0,671	0,736	42,148	47,852	52,852	0,922	0,797	42,599
22,5	6,5	21,5	17	5	0,610	0,657	37,618	52,382	57,382	1,002	0,842	73,609
22,5	6,5	21,5	18	5	0,620	0,669	38,335	51,665	56,665	0,989	0,835	69,672
22,5	6,5	21,5	19	5	0,630	0,681	39,023	50,977	55,977	0,977	0,829	66,124
22,5	6,5	21,5	20	5	0,639	0,693	39,684	50,316	55,316	0,965	0,822	62,913
22,5	6,5	21,5	21	5	0,647	0,704	40,320	49,680	54,680	0,954	0,816	59,992
22,5	6,5	21,5	22	5	0,655	0,714	40,933	49,067	54,067	0,944	0,810	57,326
22,5	6,5	21,5	23	5	0,663	0,725	41,523	48,477	53,477	0,933	0,804	54,882
22,5	6,5	21,5	24	5	0,670	0,735	42,093	47,907	52,907	0,923	0,798	52,634

Στην επόμενη εικόνα (βλ. *Εικόνα 4.1.2-4*) παρατίθεται ολοκληρωμένο παράδειγμα Κ3 με τη γωνία φ (γωνία που σχηματίζει ο αρχικά κάθετος άξονας με τον νέο στραμμένο) να είναι ίση με 10° , ακτίνα εισόδου R_i ίση με 15m και ακτίνα εξόδου R_o ίση με 79,21m, σύμφωνα πάντα με τη μεθοδολογία και του τύπους που αναπτύχθηκαν παραπάνω.



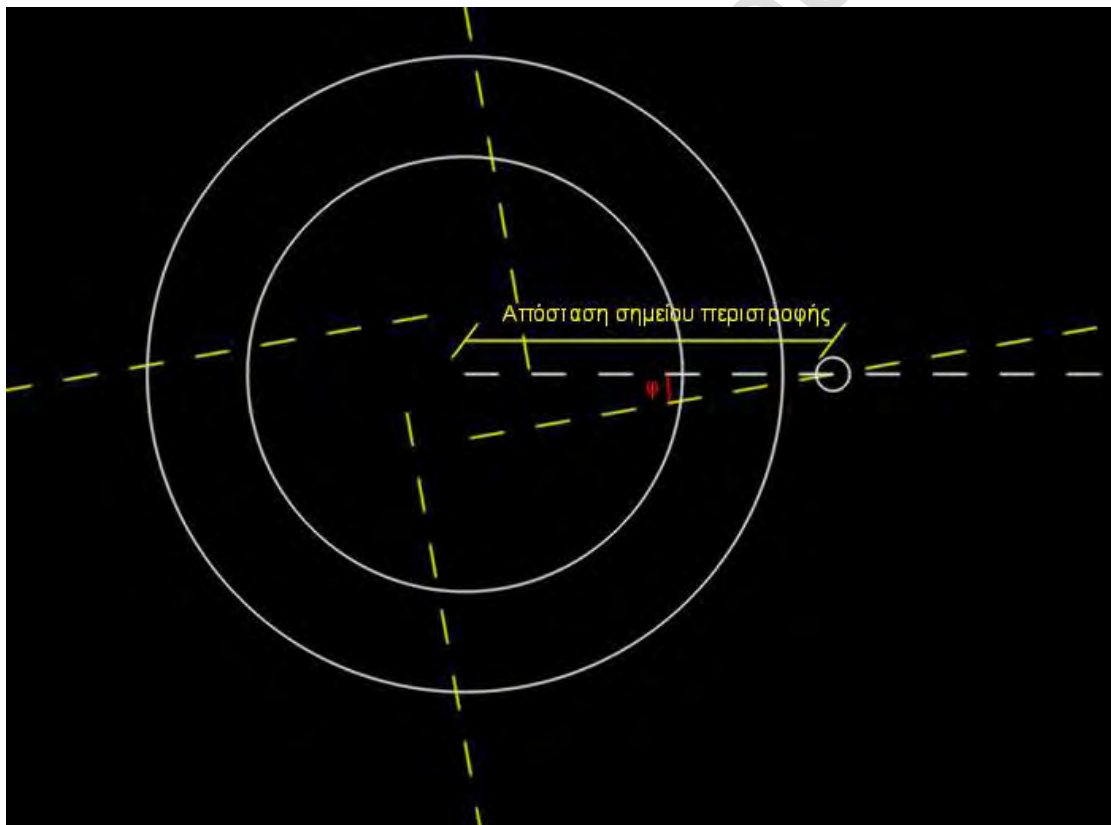
Εικόνα 4.1.2-4

*Στο σχήμα έχουν αφαιρεθεί τα ερείσματα και οι λωρίδες κατεύθυνσης χάριν απλότητας και κατανόησης του σχήματος

4.2 Εκκεντρότητα άξονα οδού πρόσβασης

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθεί ακόμα μία περίπτωση Κ3, κατά την οποία οι άξονες των οδών πρόσβασης δεν διέρχονται από το κέντρο του κόμβου, αλλά έχουν περιστραφεί γύρω από κάποιο σημείο διαφορετικό του κέντρου του κόμβου (εκκεντρότητα). Τέτοια παραδείγματα διατάξεων κλάδων πρόσβασης φαίνονται και στην *ενότητα 2.5* και συγκεκριμένα στα *Σχήματα 2.5-2* και *2.5-3*.

Όπως και στις δυο προηγούμενες περιπτώσεις κόμβων μίας λωρίδας, έτσι και σε αυτήν, η διαδικασία διαμόρφωσης του κόμβου παραμένει η ίδια, με τη διαφορά, όπως προαναφέρθηκε, ότι το σημείο γύρω από το οποίο θα περιστραφεί ο άξονας της οδού πρόσβασης δεν είναι το κέντρο του κύκλου, αλλά κάποιο σημείο που είναι πάνω στον άξονα και βρίσκεται εντός της διαχωριστικής νησίδας. Πιο συγκεκριμένα, στο επόμενο σχήμα, φαίνεται η επιλογή του σημείου αυτού στο πρώτο στάδιο της διαμόρφωσης του κόμβου.

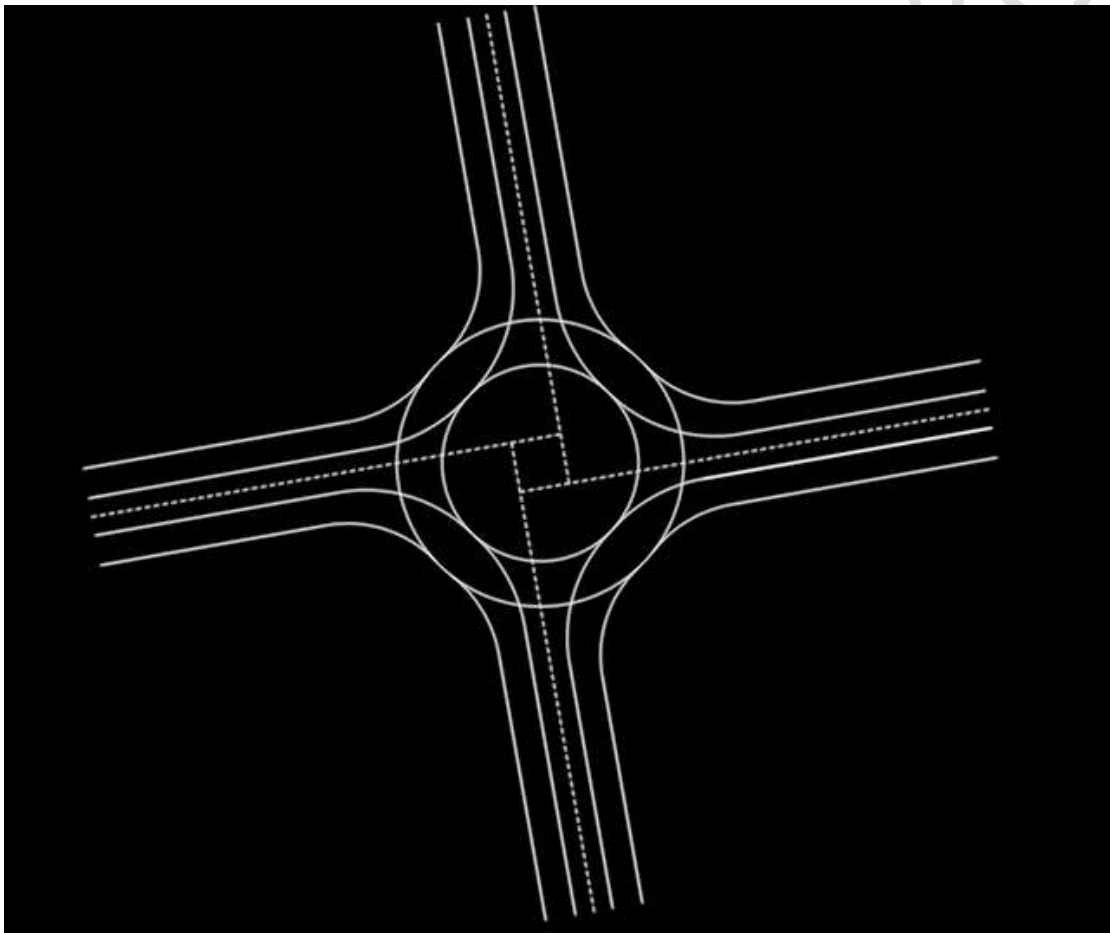


Εικόνα 4.2-1

Το σημείο που φαίνεται ως σημείο περιστροφής στην Εικόνα 4.2-1 βρίσκεται 3m εξωτερικά της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου, δηλαδή μέσα στη

διαχωριστική νησίδα της οδού πρόσβασης. Η επιλογή των 3m ήταν δεν καθίσταται υποχρεωτική για τον μελετητή, αλλά είναι μια ενδεικτική απόσταση. Το ίδιο, προφανώς, ισχύει και για τη γωνία φ με την οποία έχει περιστραφεί ο άξονας της οδού πρόσβασης.

Ο μελετητής έχει την ευχέρεια να επιλέξει τόσο την απόσταση του σημείου περιστροφής, όσο και τη γωνία αυτής. Στη συγκεκριμένη εικόνα η γωνία ορίστηκε 10° και η απόσταση του σημείου περιστροφής από το κέντρο του κόμβου 22m. Επειδή η διαδικασία διαμόρφωσης του κόμβου έχει την ίδια λογική με τα προηγούμενα παραδείγματα δε γίνεται περαιτέρω ανάλυση της διαδικασίας σταδιακά, αλλά παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα το αποτέλεσμα ενός τέτοιου παραδείγματος. (βλ. *Εικόνα 4.2-2*)



Εικόνα 4.2-2

Και σε αυτή την περίπτωση κόμβων κυκλικής κίνησης, τα δυσμενή και μη επιθυμητά φαινόμενα (ύβος καμήλας, Overlap) ενδέχεται να κάνουν την

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_0 + z + g}{R_0 + (R_{\varepsilon.\pi} - 1)} \quad (4-18)$$

$$R_0 = \frac{z + g - [(R_{\varepsilon.\pi} - 1) \times \cos \varphi_2]}{\cos \varphi_2 - 1} \quad (4-19)$$

Όπου x : η απόσταση του σημείου περιστροφής

$$\text{Όπου: } z = \frac{(\text{Π.Δ.Ν})}{2} + (\text{Π.Λ.Κ}) + c$$

(Π.Δ.Ν): Πλάτος Διαχωριστικής Νησίδας

(Π.Λ.Κ): Πλάτος Λωρίδας Καθοδήγησης

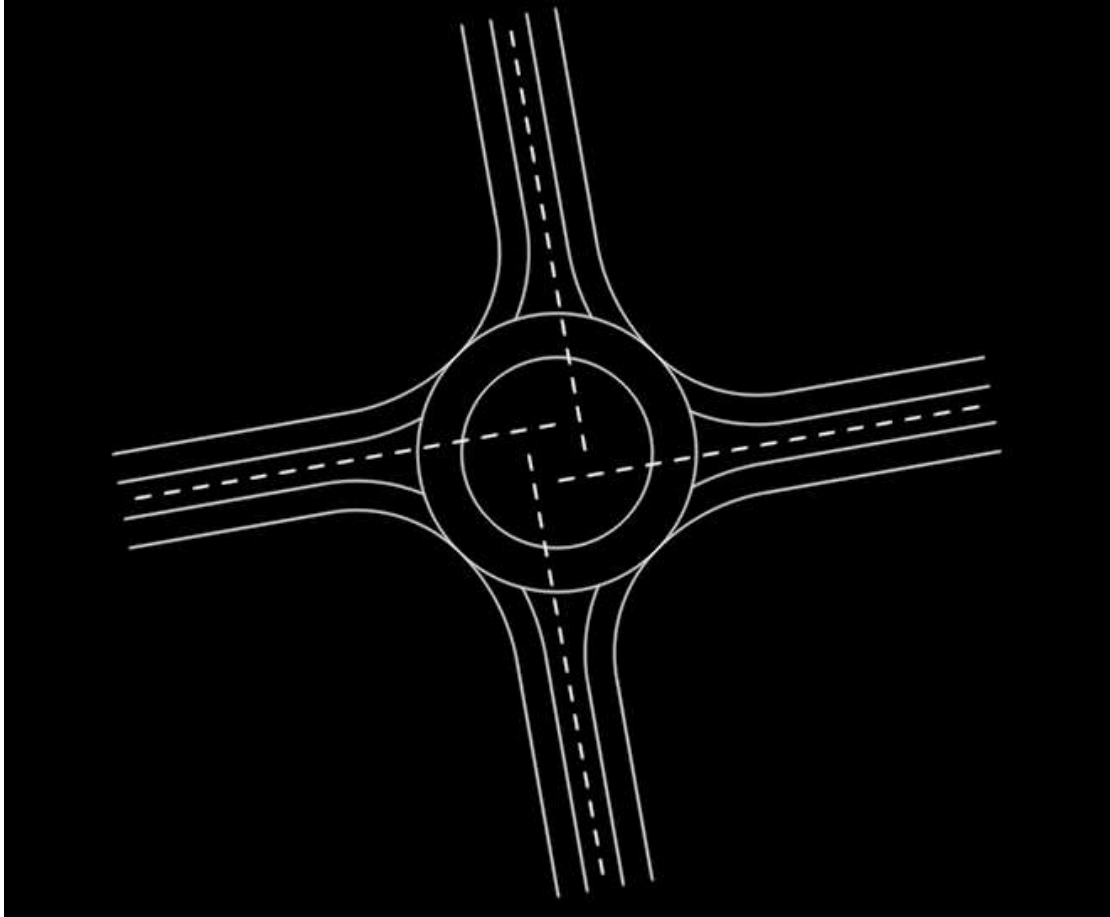
C: Πλάτος Οδοστρώματος οδών πρόσβασης

Στον Πίνακα 4.2-1 δίνονται ενδεικτικές τιμές ακτίνων εξόδου, για διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά ακτίνων εισόδου και δακτυλίου, για απόσταση σημείου περιστροφής από εξωτερική περίμετρο δακτυλίου ($R_{\varepsilon.\pi} - 1$) ίση με 3m (x) και γωνία περιστροφής ίση με 10° .

Πίνακα 4.2-1

Υπολογισμός ακτίνας εξόδου R_0 μίας λωρίδας με εκκεντρότητα												
$R_{\varepsilon.\pi}$	$R_{\varepsilon.\pi} - 1$	$R_{\varepsilon.\pi} - 1 + \chi$	R_i	ε°	ε	g	$\cos \varphi_1$	φ_1	φ_1°	φ_2°	φ_2	R_0
17,50	16,50	19,50	13,00	10,00	0,17	3,39	0,55	0,99	56,89	33,11	0,58	24,23
17,50	16,50	19,50	14,00	10,00	0,17	3,39	0,56	0,98	55,87	34,13	0,60	21,89
17,50	16,50	19,50	15,00	10,00	0,17	3,39	0,58	0,96	54,90	35,10	0,61	19,86
17,50	16,50	19,50	16,00	10,00	0,17	3,39	0,59	0,94	53,98	36,02	0,63	18,09
20,00	19,00	22,00	15,00	10,00	0,17	3,82	0,52	1,02	58,67	31,33	0,55	40,52
20,00	19,00	22,00	16,00	10,00	0,17	3,82	0,53	1,01	57,74	32,26	0,56	37,24
20,00	19,00	22,00	17,00	10,00	0,17	3,82	0,55	0,99	56,86	33,14	0,58	34,37
20,00	19,00	22,00	18,00	10,00	0,17	3,82	0,56	0,98	56,02	33,98	0,59	31,83
20,00	19,00	22,00	19,00	10,00	0,17	3,82	0,57	0,96	55,21	34,79	0,61	29,57
20,00	19,00	22,00	20,00	10,00	0,17	3,82	0,58	0,95	54,44	35,56	0,62	27,55
20,00	19,00	22,00	21,00	10,00	0,17	3,82	0,59	0,94	53,70	36,30	0,63	25,73
20,00	19,00	22,00	22,00	10,00	0,17	3,82	0,60	0,92	52,99	37,01	0,65	24,08
20,00	19,00	22,00	23,00	10,00	0,17	3,82	0,61	0,91	52,31	37,69	0,66	22,59
22,50	21,50	24,50	17,00	10,00	0,17	4,25	0,50	1,05	60,01	29,99	0,52	58,75
22,50	21,50	24,50	18,00	10,00	0,17	4,25	0,51	1,03	59,17	30,83	0,54	54,53
22,50	21,50	24,50	19,00	10,00	0,17	4,25	0,52	1,02	58,36	31,64	0,55	50,79
22,50	21,50	24,50	20,00	10,00	0,17	4,25	0,54	1,01	57,59	32,41	0,57	47,47
22,50	21,50	24,50	21,00	10,00	0,17	4,25	0,55	0,99	56,84	33,16	0,58	44,49
22,50	21,50	24,50	22,00	10,00	0,17	4,25	0,56	0,98	56,13	33,87	0,59	41,81
22,50	21,50	24,50	23,00	10,00	0,17	4,25	0,57	0,97	55,44	34,56	0,60	39,38
22,50	21,50	24,50	24,00	10,00	0,17	4,25	0,58	0,96	54,77	35,23	0,61	37,18
22,50	21,50	24,50	25,00	10,00	0,17	4,25	0,59	0,94	54,13	35,87	0,63	35,16

Στην επόμενη *Εικόνα 4.2-4* έχει διαμορφωθεί ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα, με βάση την παραπάνω μεθοδολογία για την κατασκευή Κ3 με άξονα πρόσβασης οδού με εκκεντρότητα και επιλογή ακτίνας εισόδου $R_i=20\text{m}$ και ακτίνα εξόδου $R_o=27,55\text{m}$.



Εικόνα 4.2-4

Κεφάλαιο 5

5. Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης 2 λωρίδων

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλυθεί διεξοδικά η διαδικασία που ακολουθείται, έτσι ώστε να διαμορφωθεί ένα κόμβος κυκλικής κίνησης 2 λωρίδων. Όπως και στο προηγούμενο Κεφάλαιο, έτσι και σε αυτό παρουσιάζονται τόσο η διαδικασία κατασκευής, όσο και οι προβληματισμοί με τις επιλύσεις τους, που προκύπτουν από τη γεωμετρική διερεύνηση αυτού του είδους των κόμβων και σύμφωνα πάντα με τις προδιαγραφές που ορίζουν οι Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ Κ3).

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

5.1 Κάθετοι άξονες οδών πρόσβασης διερχόμενοι εκ του κέντρου

Σε αυτή την κατηγορία Κ3, όπου τόσο οι εισερχόμενοι κλάδοι στον κόμβο, όσο και ο δακτύλιος κυκλοφορίας, έχουν 2 λωρίδες κυκλοφορίας, η διαδικασία που εφαρμόστηκε με επιτυχία στην προηγούμενη ενότητα δεν μπορεί να εφαρμοσθεί εδώ. Και αυτό γιατί στις 2 λωρίδες, το κυριότερο πρόβλημα, είναι το ενδεχόμενο επικάλυψης των πορειών (τροχιών) των οχημάτων που είτε εισέρχονται στο δακτύλιο κυκλοφορίας, είτε εξέρχονται από αυτόν, είτε κινούνται στο δακτύλιο κυκλοφορίας.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα προβληματικών διατάξεων αλλά και βελτιωμένες διατάξεις, παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.9. Στα Σχήματα 2.9-2 και 2.9-3 μπορεί να διακριθεί πως για να βελτιωθεί μία προβληματική διάταξη, αρκεί να εφαρμοσθεί μία διαπλάτυνση της οδού πρόσβασης στην δεξιά οριογραμμή της, προς ορθότερη καθοδήγηση των οχημάτων στην εκάστοτε πορεία τους και εφαρμογή της εκκεντρότητας των αξόνων των οδών πρόσβασης όπως εφαρμόστηκε και στην ενότητα 4.2.

Ο έλεγχος που χρειάζεται να γίνει, για να θεωρηθεί ένας Κ3 2 λωρίδων αποδεκτός και λειτουργικός, χωρίς πρόβλημα επικάλυψης πορειών, φαίνεται στο Σχήμα 2.2-2. Τα συμπεράσματα που συλλέγονται από αυτό το σχήμα είναι τα εξής:

- Ο κύκλος με ακτίνα $R_{\pi.\lambda.\kappa}+3,5$ του δακτυλίου κυκλοφορίας του σχήματος πρέπει να έχει κοινή εφαπτομένη με τον κύκλο εισόδου με ακτίνα $R_{i+(c/2)}$ (είναι ο κύκλος με κέντρο το κέντρο του κύκλου εισόδου που εφάπτεται στο μέσο του οδοστρώματος της οδού πρόσβασης 2 λωρίδων), και με τον κύκλο εξόδου με ακτίνα $R_{o+(c/2)}$ (είναι ο κύκλος με κέντρο το κέντρο του κύκλου εξόδου που εφάπτεται στο μέσο του οδοστρώματος της οδού πρόσβασης 2 λωρίδων).
- Το βέλτιστο σημείο επαφής επί της οριογραμμής στην είσοδο και στην έξοδο είναι το σημείο όπου ο άξονας του μέσου του οδοστρώματος τέμνεται με τον κύκλο ακτίνας $R_{\varepsilon.\pi}-e$, ($e=1m$).
- Το επιθυμητό μήκος εφαπτομένης στην πλευρά της εισόδου είναι 12-15m, ενώ το αντίστοιχο μήκος για την έξοδο είναι $\geq 12m$.
- Η επιθυμητή απόσταση του κύκλου που θα εφάπτεται στην αριστερή οριογραμμή του εισερχομένου κλάδου από τον κύκλο του κόμβου με ακτίνα $R_{\pi.\lambda.\kappa}$ είναι 1,5m.

Για να είναι ένας Κ3 2 λωρίδων αποδεκτός (αποφυγή φαινομένου επικάλυψης πορειών), πρέπει να πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις. Έπρεπε, λοιπόν, να βρεθεί μία μέθοδος διαμόρφωσης αυτού του είδους των κόμβων, η οποία να ικανοποιεί τα παραπάνω κριτήρια και να δίνει τη δυνατότητα στον

κατασκευαστή να μπορεί να επιλέξει αυτά τα κριτήρια, και με βάση αυτά να ξεκινήσει τη διαμόρφωση του κόμβου.

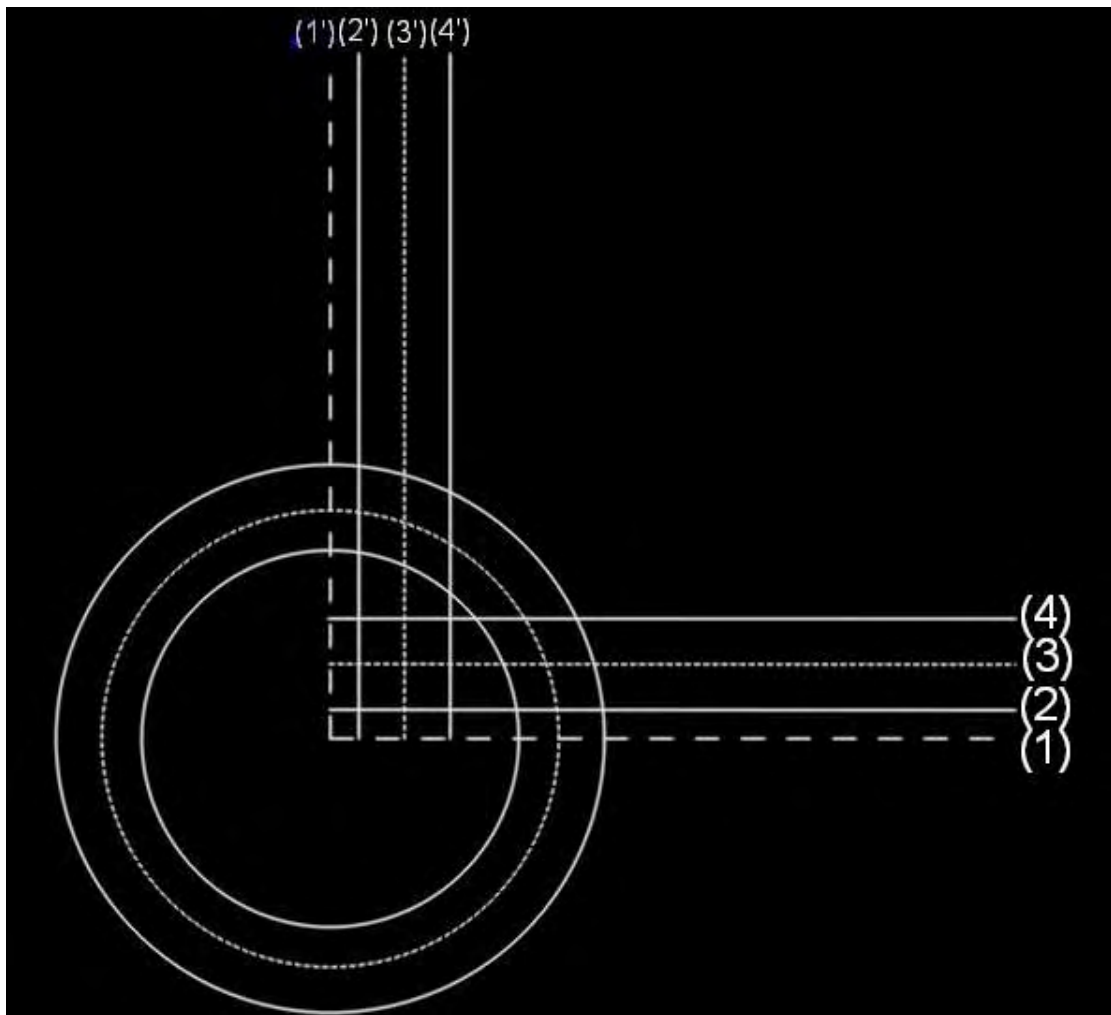
Παρατήρηση: Στις 2 λωρίδες η ακτίνα εισόδου που συνιστάται να επιλεγεί για να διαμορφωθεί ένας κόμβος πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση των 20m ($R \geq 20m$).

Η διαδικασία αυτή αναλύεται με βήματα παρακάτω:

Παράδειγμα 1^ο:

Βήμα 1^ο: Σχεδιάστηκαν οι κύκλοι του δακτυλίου κυκλοφορίας και οι οριογραμμές των εισερχομένων και εξερχομένων κλάδων (βλ. *Εικόνα 5.1-1*), με βάση πάντα τα όρια του *Πίνακα 2.2-3* και του *Σχήματος 2.2-1*. Χάριν απλότητας του σχήματος, αφαιρέθηκαν τα ερείσματα όπως και στα προηγούμενα σχήματα. Σχεδιάστηκε Κ3 με διάμετρο εξωτερικής περιμέτρου $f=50m$. Οπότε με βάση το *Σχήμα 2.2-1*, σχεδιάστηκε εξωτερικός κύκλος ακτίνας $R_{ε.π.-1}=24m$, και εσωτερικός κύκλος $R_{π.λ.κ}=16,5m$.

Επίσης, σύμφωνα με το *Σχήμα 2.2-2*, σχεδιάστηκε κύκλος με ακτίνα $R_{π.λ.κ}+3.5$ (στην *Εικόνα 5.1-1* η ακτίνα αυτή είναι ίση με 20m). Ταυτόχρονα σχεδιάστηκαν οι οριογραμμές του εισερχόμενου κλάδου. Αρχικά τον άξονα της οδού πρόσβασης (1), την αριστερή οριογραμμή του οδοστρώματος (2) σε απόσταση από την (1) ίση με το (μισό πλάτος της διαχωριστικής νησίδας (1,5m))+το πλάτος λωρίδας προσανατολισμού) (1m), το μέσο του οδοστρώματος του εισερχόμενου κλάδου(3)(άξονας διαχωρισμού λωρίδων) σε απόσταση 4m ($c/2$) από την (2) και τη δεξιά οριογραμμή του εισερχόμενου κλάδου (4) σε απόσταση 4m ($c/2$) από την (3). Η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε και για τον εξερχόμενο κλάδο με αποτέλεσμα τις ευθείες (1'), (2'), (3'), (4').



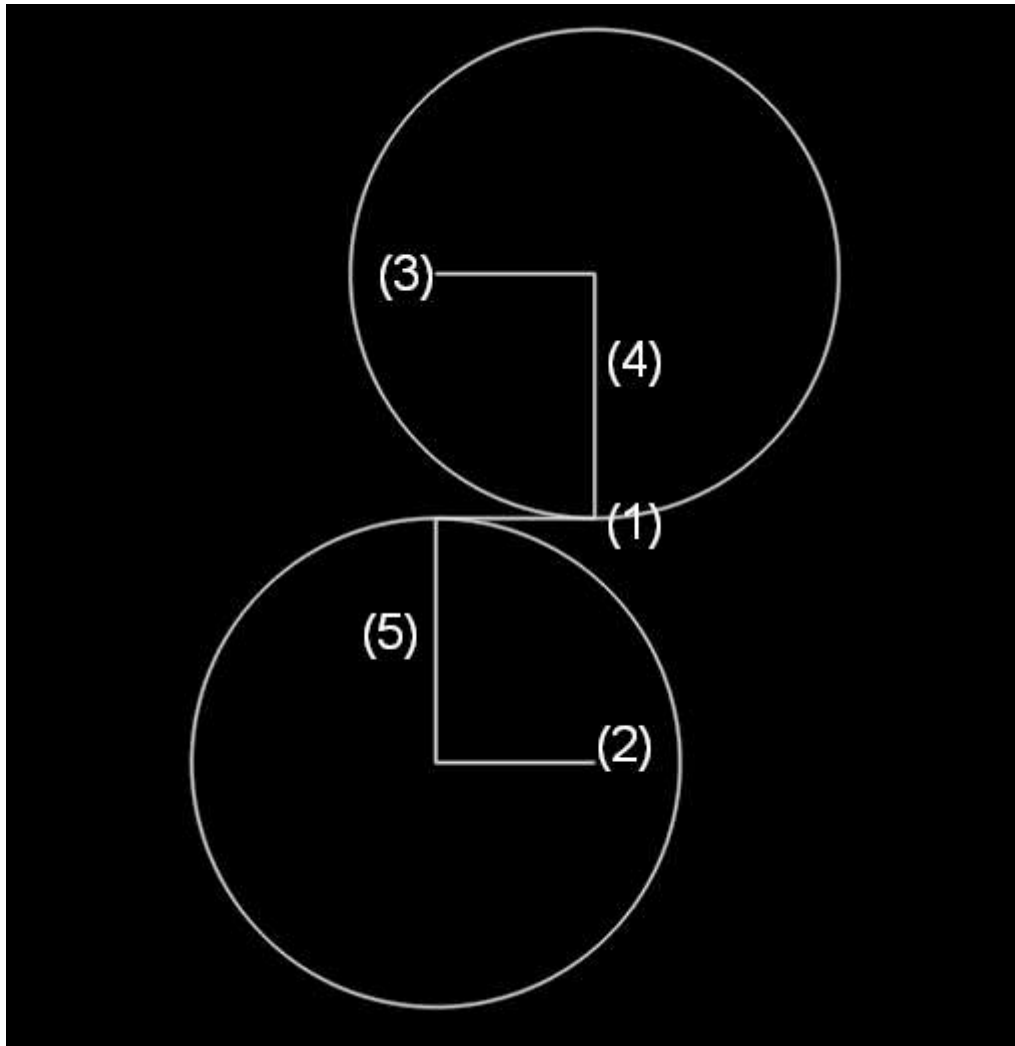
Εικόνα 5.1-1

Βήμα 2^ο: Στο βήμα αυτό διαμορφώθηκε ένα καινούριο σχήμα (βλ. *Εικόνα 5.1-2*) που συνέβαλλε στην κατασκευή του κόμβου με σωστές προδιαγραφές εξ' αρχής, σύμφωνα με το *Σχήμα 2.2-2*.

Από τα συμπεράσματα του *Σχήματος 2.2-2*, διαπιστώθηκε ότι το μήκος της κοινής επαπτομένης πρέπει να είναι από 12-15m. Οπότε, σχεδιάστηκε μία ευθεία (1) με μήκος μέσα σε αυτά τα όρια (στην *Εικόνα 5.1-2* επιλέχθηκε μήκος της τάξης των 13m). Σχεδιάστηκε παράλληλη ευθεία (2), με το ίδιο μήκος, προς αυτήν την ευθεία γραμμή και σε απόσταση από την (1) ίση με την ακτίνα του κύκλου των 3,5m εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας (στην *Εικόνα 5.1-2* η απόσταση αυτή είναι $R_{\pi.\lambda.\kappa}+3.5=20\text{m}$).

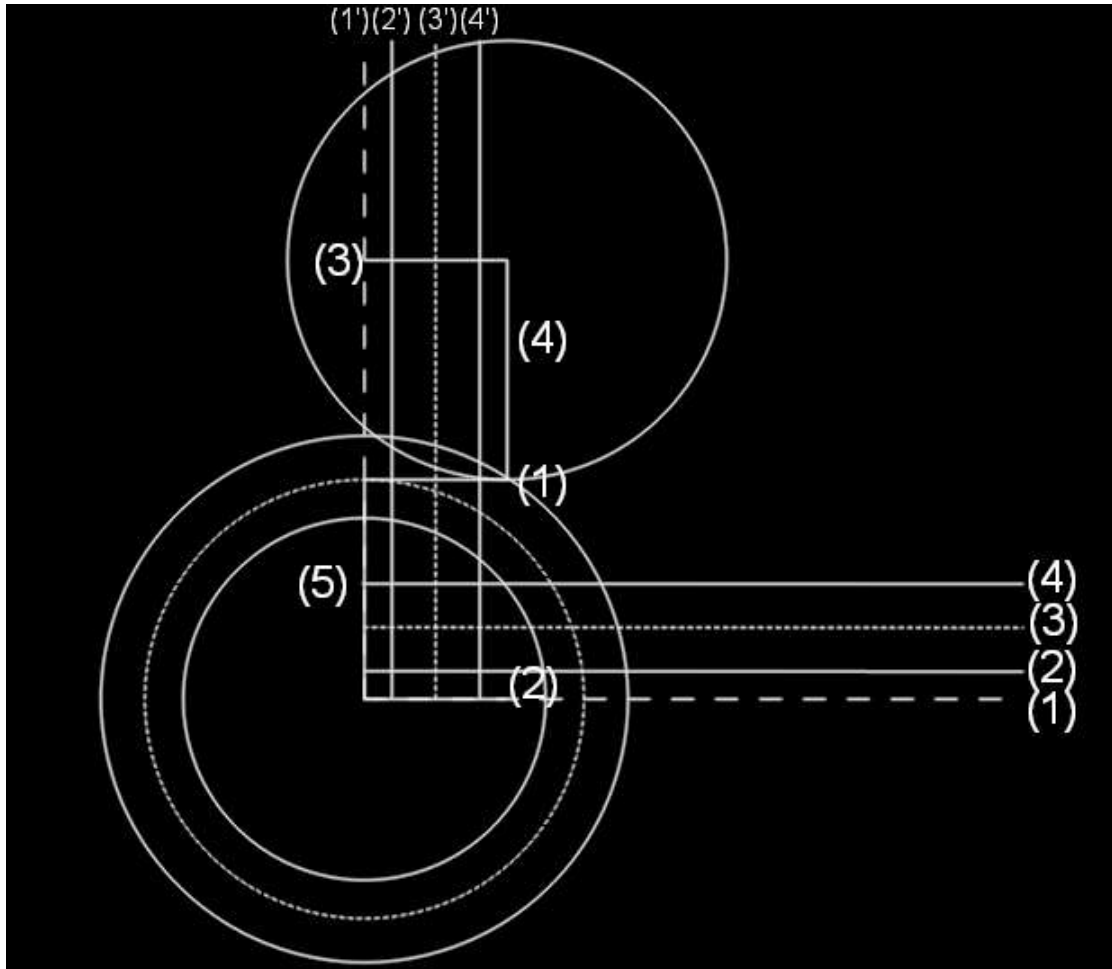
Έτσι με κέντρο το αριστερό άκρο της ευθείας (2) σχηματίστηκε κύκλος με ακτίνα $R_{\pi.\lambda.\kappa}+3.5$. Έπειτα σχεδιάστηκε ακόμα μία παράλληλη ευθεία (3) στην (1), με το ίδιο μήκος πάντα, και σε απόσταση από την (1) ίση με R_i , όπου R_i είναι η ακτίνα εισόδου που επιλέχθηκε για να σχεδιαστεί ο κόμβος, προσθέτοντας το μισό πλάτος του οδοστρώματος του εισερχόμενου κλάδου (στην *Εικόνα 5.1-2*, η απόσταση είναι 20m, δηλαδή ακτίνα εισόδου $R_i=16\text{m}$). Με κέντρο το δεξί άκρο της ευθείας (3) σχεδιάστηκε κύκλος με ακτίνα την

ακτίνα εισόδου $R+c/2$. Τέλος, ενώθηκαν τα κέντρα των κύκλων με τα σημεία που η ευθεία (1) εφάπτεται σε αυτούς (ευθείες (4), (5)).



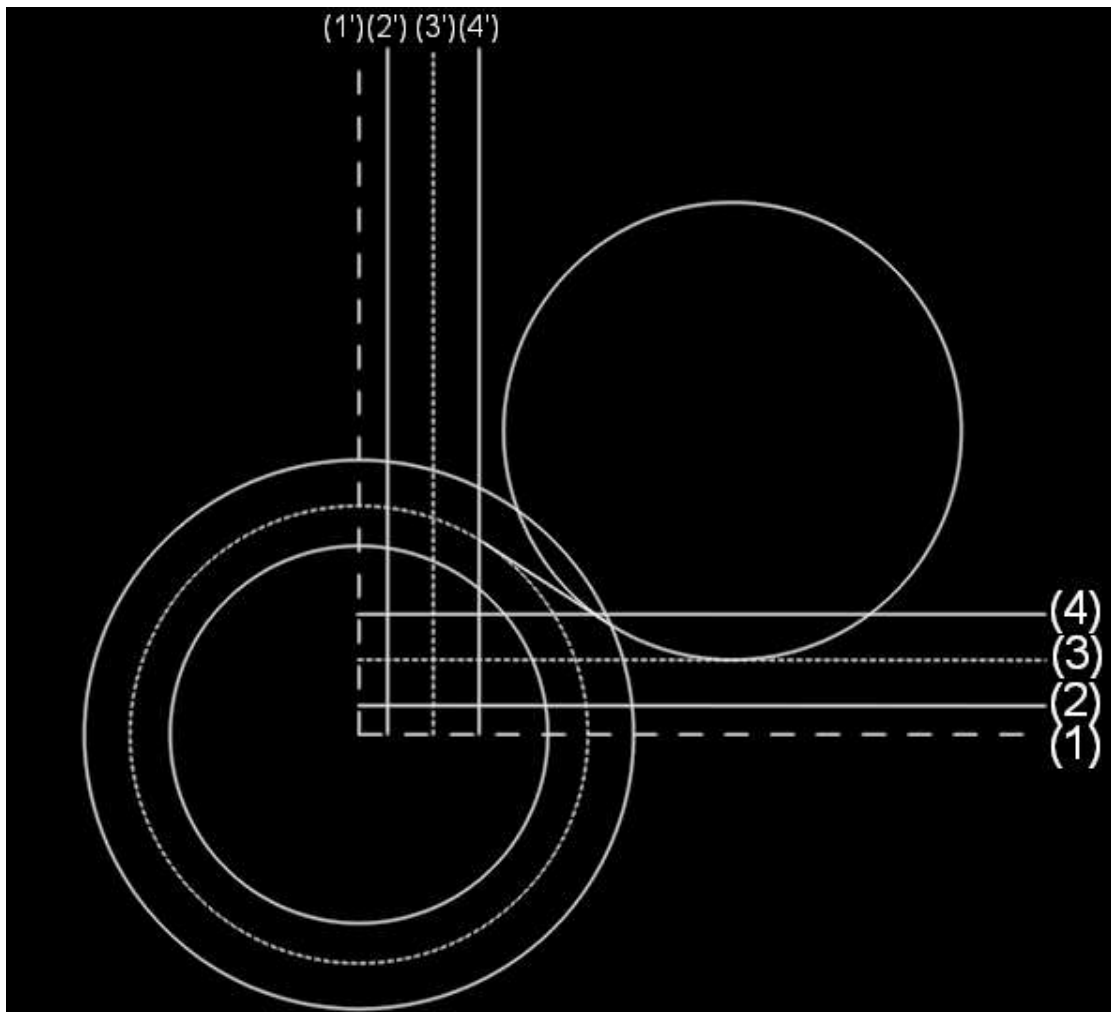
Εικόνα 5.1-2

Βήμα 3^ο: Επιλέχθηκε ολόκληρο το σχήμα της Εικόνας 5.1-2 και με αντιγραφική-επικόλληση μεταφέρθηκε στο σχήμα του κόμβου της Εικόνας 5.1-1 και μετακινήθηκε έτσι ώστε το κέντρο του κύκλου με ακτίνα $R_{π.λ.κ}+3.5$ της Εικόνας 5.1-2 να ταυτιστεί με το κέντρο του κόμβου της Εικόνας 5.1-1 (βλ. Εικόνα 5.1-3).



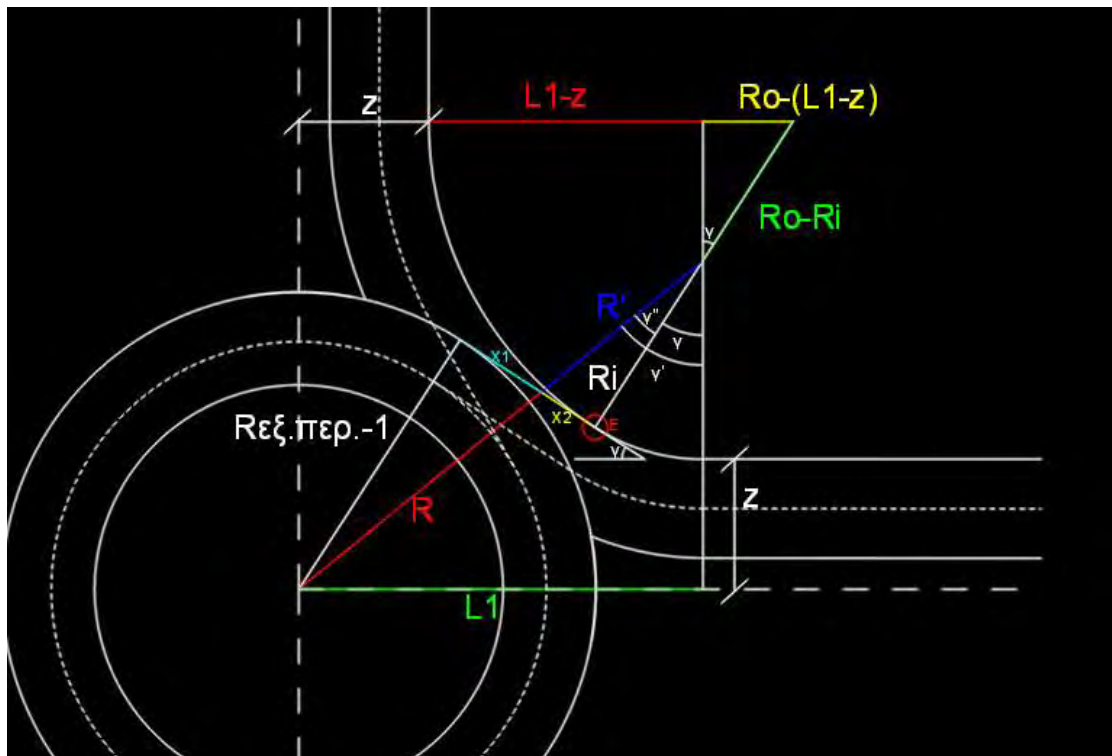
Εικόνα 5.1-3

Βήμα 4^ο: Περιστράφηκε δεξιόστροφα το σχήμα της Εικόνας 5.1-2 που εφάρμοσα στον κόμβο, έως ότου ο κύκλος με ακτίνα την ακτίνα $R_i+c/2$ να εφάπτεται της ευθείας (3) (βλ. Εικόνα 5.1-4).



Εικόνα 5.1-4

- **Βήμα 5^ο**: Με τον τρόπο αυτό, βρέθηκε το κέντρο του κύκλου εισόδου σύμφωνα με το οποίο σχεδιάστηκαν οι κύκλοι και τελικά τα τόξα που θα εφάπτονται στις οριογραμμές του εισερχομένου κλάδου. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην *Εικόνα 5.1-5*. Παρατηρήθηκε επίσης ότι, με τη μέθοδο αυτή, το σημείο επαφής επί της οριογραμμής στην είσοδο ταυτίζεται η σχεδόν ταυτίζεται με το βέλτιστο, όπως ορίζεται από το *Σχήμα 2.2-2*, ενώ η απόσταση του κύκλου που εφάπτεται στην αριστερή οριογραμμή του εισερχομένου κλάδου από τον κύκλο του κόμβου με ακτίνα $R_{\pi.\lambda.\kappa}$ είναι περίπου 1,5m. Από το κέντρο του κύκλου εξόδου φέρνω ευθεία κάθετη στις ευθείες (2), (3), (4), έτσι ώστε να επιτευχθεί η σχεδίαση των τόξων της κάθε οριογραμμής.



Εικόνα 5.1-6

Αρχικά, με τον υπολογισμό των ευθυγράμμων τμημάτων x_1 και x_2 προσδιορίστηκαν τα μήκη των πλευρών R , R' και $L1$, που χρησιμοποιήθηκαν για προσδιορισμό των απαραίτητων γωνιών και τελικά της ακτίνας εξόδου Ro .

$$x_1 + x_2 = y \quad (5-1)$$

y : Μήκος εφαπτομένης

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{R_{\varepsilon.\pi}-1}{Ri} \quad (5-2)$$

Από (5-1) και (5-2):

$$x_1 = \frac{[(M.E) \times (R_{\varepsilon.\pi}-1)]}{(R_{\varepsilon.\pi}-1) + Ri} \quad (5-3)$$

$$x_2 = \frac{x_1 \times Ri}{R_{\varepsilon.\pi}-1} \quad (5-4)$$

$$R = \sqrt{(R_{\varepsilon.\pi}-1)^2 + x_1^2} \quad (5-5)$$

$$R' = \sqrt{Ri^2 + x_2^2} \quad (5-6)$$

$$L_1^2 = (R + R')^2 - (Ri + z)^2 \quad (5-7)$$

$$L1 = \sqrt{(R + R')^2 - (Ri + z)^2} \quad (5-8)$$

$$\gamma'' = \cos^{-1} \frac{Ri}{R'} \quad (5-9)$$

$$\gamma' = \sin^{-1} \frac{L1}{R+R'} \quad (5-10)$$

$$\gamma = \gamma' - \gamma'' \quad (5.11)$$

$$\sin \gamma = \frac{[Ro-(L1-z)]}{Ro-Ri} \quad (5.12)$$

$$Ro = \frac{[(Ri \times \sin \gamma) - (L1-z)]}{\sin \gamma - 1} \quad (5.13)$$

Όπου: $z = \frac{(\Pi.Δ.N)}{2} + (\Pi.Λ.Κ) + c$

(Π.Δ.Ν): Πλάτος Διαχωριστικής Νησίδας

(Π.Λ.Κ): Πλάτος Λωρίδας Καθοδήγησης

C: Πλάτος Οδοστρώματος οδών πρόσβασης

Από τον τύπο αυτό, λοιπόν, δίνεται η τιμή της ακτίνας εξόδου R_o για την οποία οι κύκλοι εισόδου και εξόδου θα έχουν κοινή εφαπτομένη στο ίδιο σημείο (σημείο Ε). Στον επόμενο Πίνακα 5.1-1, δίνονται οι ανώτατες τιμές εξόδου R_o για κόμβο κυκλικής κίνησης 2 λωρίδων με τον άξονα της οδού να διέρχεται από το κέντρο του κόμβου, για διαφορετικές ακτίνες εξωτερικής περιμέτρου $R_{ε.π}$.

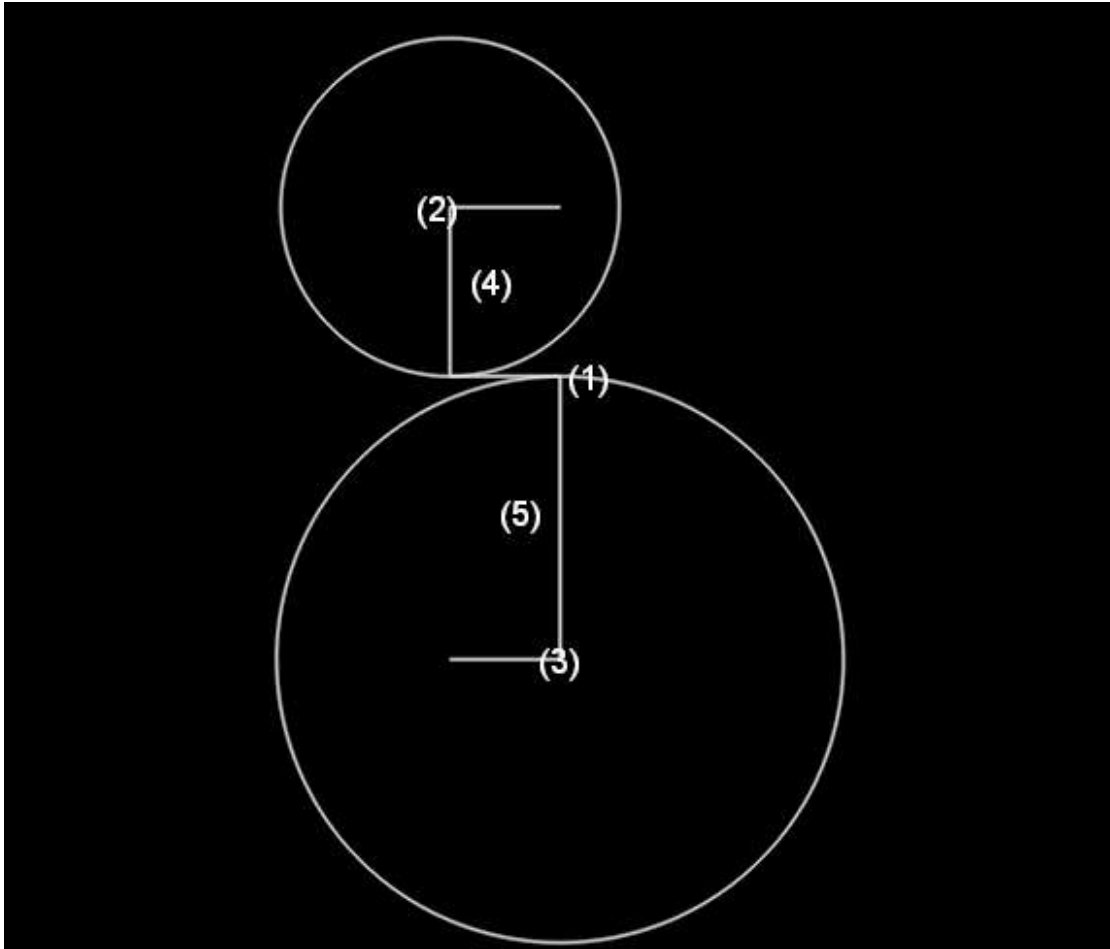
Πίνακας 5.1-1

<u>Υπολογισμός μέγιστης ακτίνας εξόδου R_o σε κόμβο 2 λωρίδων(αξονικό)</u>											
$R_{ε.π}$	z	$M.E$	R_i	χ_1	χ_2	R	R'	γ'°	γ''°	γ°	R_o
25	10,50	13,00	16,00	7,80	5,20	25,24	16,82	50,95	18,00	32,94	29,50
25	10,50	13,00	17,00	7,61	5,39	25,18	17,83	50,26	17,59	32,66	29,10
25	10,50	13,00	18,00	7,43	5,57	25,12	18,84	49,59	17,20	32,39	28,72
25	10,50	13,00	19,00	7,26	5,74	25,07	19,85	48,95	16,82	32,13	28,35
25	10,50	13,00	20,00	7,09	5,91	25,03	20,85	48,34	16,46	31,88	28,00
25	10,50	13,00	21,00	6,93	6,07	24,98	21,86	47,74	16,11	31,63	27,66
25	10,50	13,00	22,00	6,78	6,22	24,94	22,86	47,16	15,78	31,38	27,33
25	10,50	13,00	23,00	6,64	6,36	24,90	23,86	46,61	15,46	31,15	27,01
25	10,50	13,00	24,00	6,50	6,50	24,86	24,86	46,07	15,15	30,92	26,71
25	10,50	13,00	25,00	6,37	6,63	24,83	25,86	45,55	14,86	30,69	26,41
25	10,50	13,00	26,00	6,24	6,76	24,80	26,86	45,05	14,57	30,47	26,12
30	10,50	13,00	20,00	7,69	5,31	30,00	20,69	53,01	14,86	38,15	46,15
30	10,50	13,00	21,00	7,54	5,46	29,96	21,70	52,43	14,57	37,86	45,46
30	10,50	13,00	22,00	7,39	5,61	29,93	22,70	51,87	14,30	37,57	44,79
30	10,50	13,00	23,00	7,25	5,75	29,89	23,71	51,32	14,04	37,28	44,16
30	10,50	13,00	24,00	7,11	5,89	29,86	24,71	50,79	13,78	37,01	43,55
30	10,50	13,00	25,00	6,98	6,02	29,83	25,71	50,27	13,54	36,74	42,96
30	10,50	13,00	26,00	6,85	6,15	29,80	26,72	49,77	13,30	36,47	42,39
30	10,50	13,00	27,00	6,73	6,27	29,77	27,72	49,28	13,07	36,22	41,85
30	10,50	13,00	28,00	6,61	6,39	29,74	28,72	48,81	12,85	35,96	41,32
30	10,50	13,00	29,00	6,50	6,50	29,72	29,72	48,35	12,63	35,72	40,81
30	10,50	13,00	30,00	6,39	6,61	29,70	30,72	47,91	12,43	35,48	40,32
32,5	10,50	13,00	20,00	7,95	5,05	32,49	20,63	54,95	14,17	40,79	57,45
32,5	10,50	13,00	21,00	7,80	5,20	32,45	21,63	54,38	13,91	40,47	56,52
32,5	10,50	13,00	22,00	7,65	5,35	32,42	22,64	53,82	13,66	40,16	55,63
32,5	10,50	13,00	23,00	7,51	5,49	32,38	23,65	53,28	13,42	39,86	54,78
32,5	10,50	13,00	24,00	7,38	5,62	32,35	24,65	52,75	13,18	39,57	53,96
32,5	10,50	13,00	25,00	7,25	5,75	32,32	25,65	52,24	12,96	39,29	53,18
32,5	10,50	13,00	26,00	7,12	5,88	32,30	26,66	51,75	12,74	39,01	52,42

Βήμα 7^ο: Αφού είναι γνωστός πλέον ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να υπολογιστεί η ακτίνα εξόδου που συνίσταται να χρησιμοποιηθεί, μπορεί να προχωρήσει η διαμόρφωση. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της *Εικόνας 5.1-2* για να σχεδιαστεί η κοινή εφαπτομένη με την ακτίνα εξόδου R_0 και τον κύκλο με ακτίνα $R_{\pi.\lambda.\kappa}+3,5$.

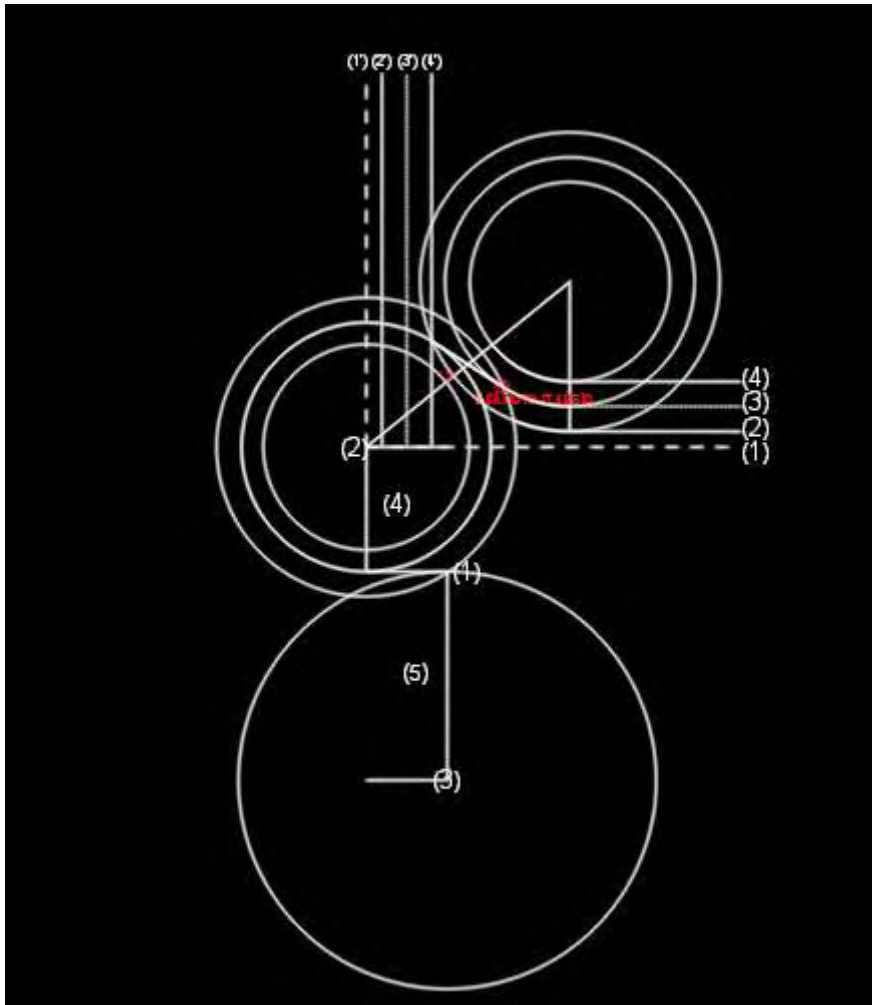
Σε αντίθεση με το Βήμα 2^ο και την *Εικόνα 5.1-2*, ο κύκλος με ακτίνα $R_{\pi.\lambda.\kappa}+3,5$ σχεδιάσθηκε άνωθεν της εφαπτομένης και ο κύκλος εξόδου κάτωθεν αυτής. Πιο συγκεκριμένα, σχεδιάστηκε ευθεία (1) με μήκος εφαπτομένης, όπως ορίζεται από το *Σχήμα 2.2-2*, δηλαδή $y \geq 12\text{m}$. Είναι αποδεκτό, ωστόσο, το μήκος της εφαπτομένης να είναι ίσο με αυτό που λήφθηκε και στη διαδικασία εισόδου (στο παράδειγμα της *Εικόνας 5.1-7* έχει ληφθεί ίσο με 13m όπως και στην *Εικόνα 5.1-2*).

Σχεδιάσθηκε ευθεία (2) παράλληλη και προς τα πάνω σε απόσταση ίση με $R_{\pi.\lambda.\kappa}+3,5$. Με κέντρο το αριστερό άκρο αυτής της ευθείας σχεδιάστηκε κύκλος με ακτίνα ίση με την απόσταση που ορίστηκε προηγουμένως. Έπειτα, σχεδιάστηκε ευθεία (3) παράλληλη στην ευθεία (1) και προς τα κάτω σε απόσταση ίση με $R_0+c/2$ (στην *Εικόνα 5.1-7* έχει ληφθεί σύμφωνα με τον *Πίνακα 5.1-1* ίση με $29,5+4=33,5\text{m}$). Με κέντρο το δεξί άκρο αυτής τη ευθείας σχεδιάστηκε κύκλος με ακτίνα ίση με $R_0+c/2$. Τέλος, ενώθηκαν τα κέντρα των κύκλων με τα σημεία που η ευθεία (1) εφάπτεται σε αυτούς (ευθείες (4), (5)).



Εικόνα 5.1-7

Βήμα 8^ο: Επιλέγω ολόκληρο το σχήμα της *Εικόνας 5.1-7* και με αντιγραφή-επικόλληση το μεταφέρω στο σχήμα του κόμβου της *Εικόνας 5.1-4* και το μετακινώ έτσι ώστε το κέντρο του κύκλου με ακτίνα $R_{\pi.\lambda.\kappa}+3.5$ της *Εικόνας 5.1-7* να ταυτιστεί με το κέντρο του κόμβου της *Εικόνας 5.1-1* (βλ. *Εικόνα 5.1-8*).



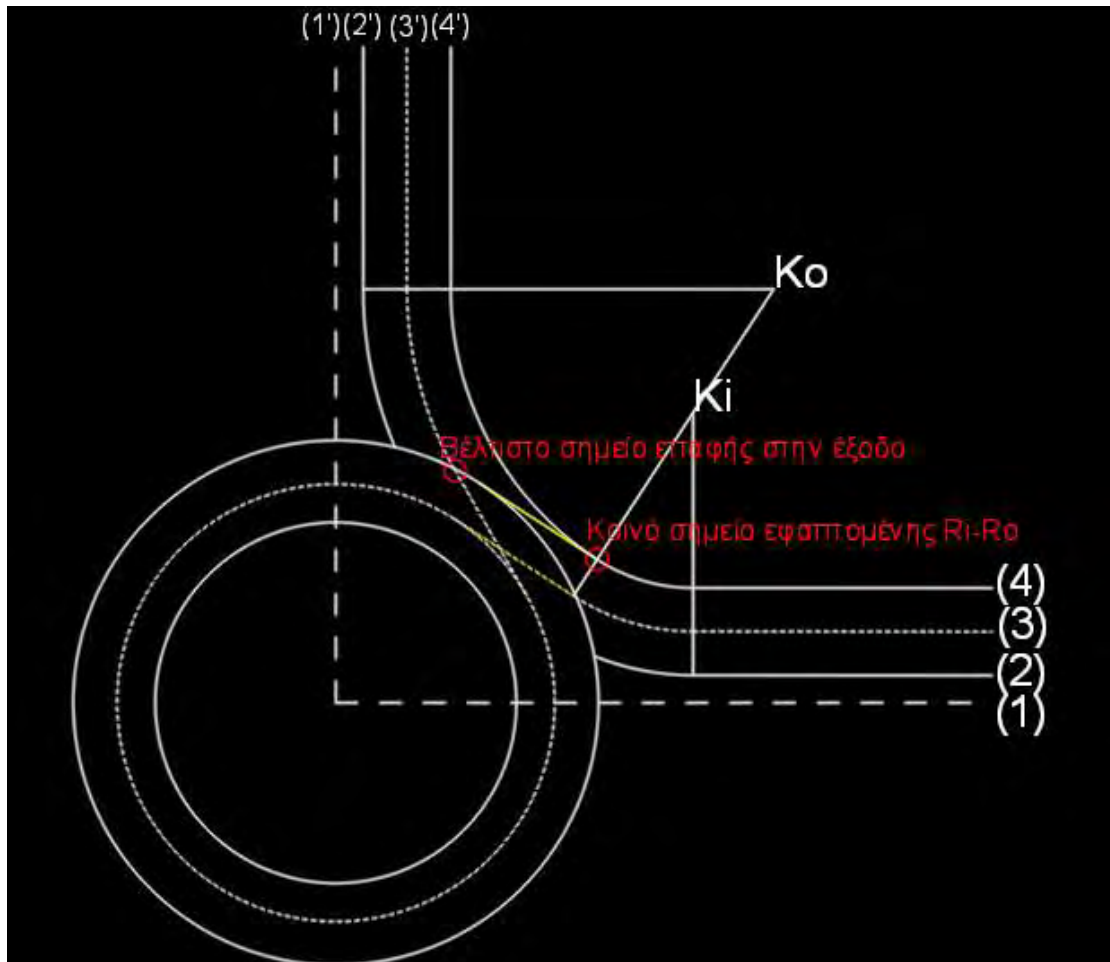
Εικόνα 5.1-8

Βήμα 9^ο: Περιστράφηκε δεξιόστροφα το σχήμα της *Εικόνας 5.1-8* που εφάρμοσα στον κόμβο που κατασκευάζω, έως ότου ο κύκλος με ακτίνα την ακτίνα $R_0+c/2$ να εφάπτεται της ευθείας (3') (βλ. *Εικόνα 5.1-9*). Με τον τρόπο αυτό, βρέθηκε το κέντρο του κύκλου εξόδου σύμφωνα με το οποίο θα σχεδιάσω τους κύκλους και τελικά τα τόξα που θα εφάπτονται στις οριογραμμές του εξερχομένου κλάδου (R_0+c για την ευθεία 2', $R_0+c/2$ για την ευθεία 3' και R_0 για την ευθεία 4'). Το αποτέλεσμα φαίνεται στην *Εικόνα 5.1-9*.

Παρατηρήθηκε επίσης ότι, με τη μέθοδο αυτή, το σημείο επαφής επί της οριογραμμής στην έξοδο ταυτίζεται η σχεδόν ταυτίζεται με το βέλτιστο, όπως ορίζεται από το *Σχήμα 2.2-2*. Από το κέντρο του κύκλου εξόδου σχεδιάσθηκε ευθεία κάθετη στις ευθείες (2'), (3'), (4'), έτσι ώστε να επιτευχθεί ο σχεδιασμός των τόξων της κάθε οριογραμμής.

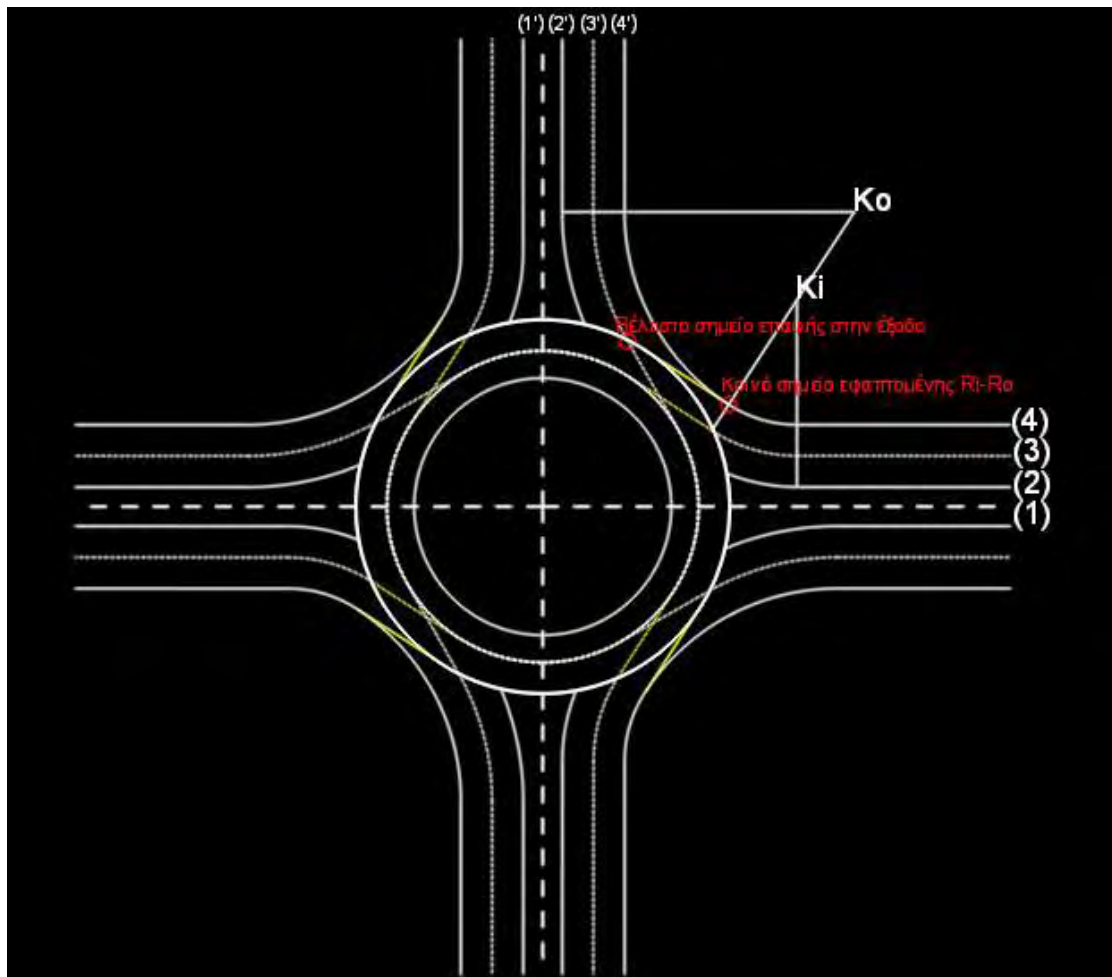
Επίσης παρατηρήθηκε πως η εφαιπτομένη με την οποία ξεκίνησε η διαδικασία σχεδιασμού, προς αποφυγή επικάλυψης πορειών των οχημάτων, είναι παράλληλη με την εφαιπτομένη του κοινού σημείου των κύκλων εισόδου και εξόδου (κίτρινες γραμμές). Το κέντρο εισόδου K_i , το κέντρο εξόδου K_o και το βέλτιστο σημείο επί της οριογραμμής στην είσοδο είναι συνευθειακά, και είναι

λογικό αφού σχεδιάσθηκε ο κόμβος με στόχο τα σημεία αυτά να βρίσκονται στην ευθεία, σε σημείο της οποίας θα βρίσκεται το κοινό σημείο εφαπτομένης των κύκλων εισόδου και εξόδου. Επίσης πάνω σε αυτήν την ευθεία διακόπηκαν τα τόξα των οριογραμμών 3,3',4,4' τόσο για την έξοδο, όσο και για την είσοδο. Τα τόξα των 2 και 2' διακόπηκαν στην περίμετρο του κύκλου $R_{ε.π}-1$ έτσι ώστε να διαμορφωθεί η διαχωριστική νησίδα.



Εικόνα 5.1-9

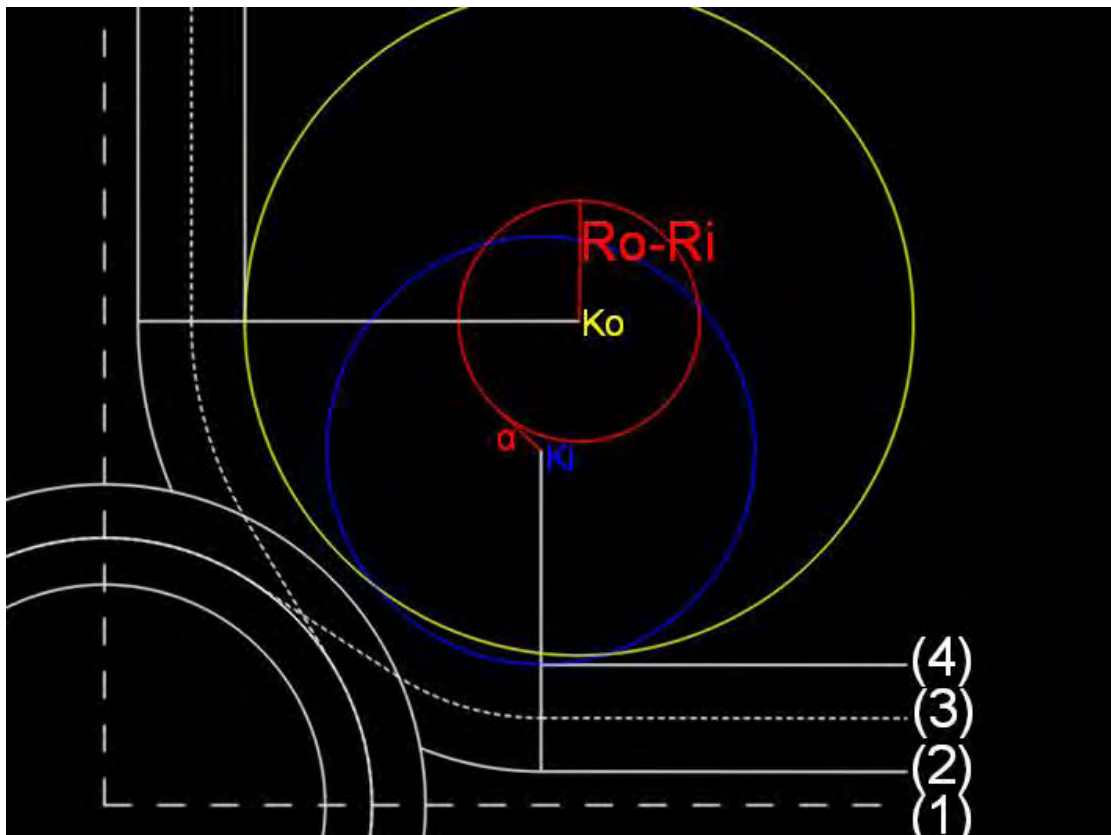
Δια της υλοποίησης αυτών των βημάτων, επιτυγχάνεται η αξιόπιστη και λειτουργική διαμόρφωση ενός Κόμβου Κυκλικής Κίνησης 2 λωρίδων, με άξονα που διέρχεται από το κέντρο του κόμβου, με εξασφάλιση της αποφυγής του φαινομένου της επικάλυψης των πορειών των οχημάτων. Ολοκληρωμένο παράδειγμα σύμφωνα με τα βήματα που αναλύθηκαν παραπάνω παρουσιάζεται στην επόμενη *Εικόνα 5.1-10*.



Εικόνα 5.1-10

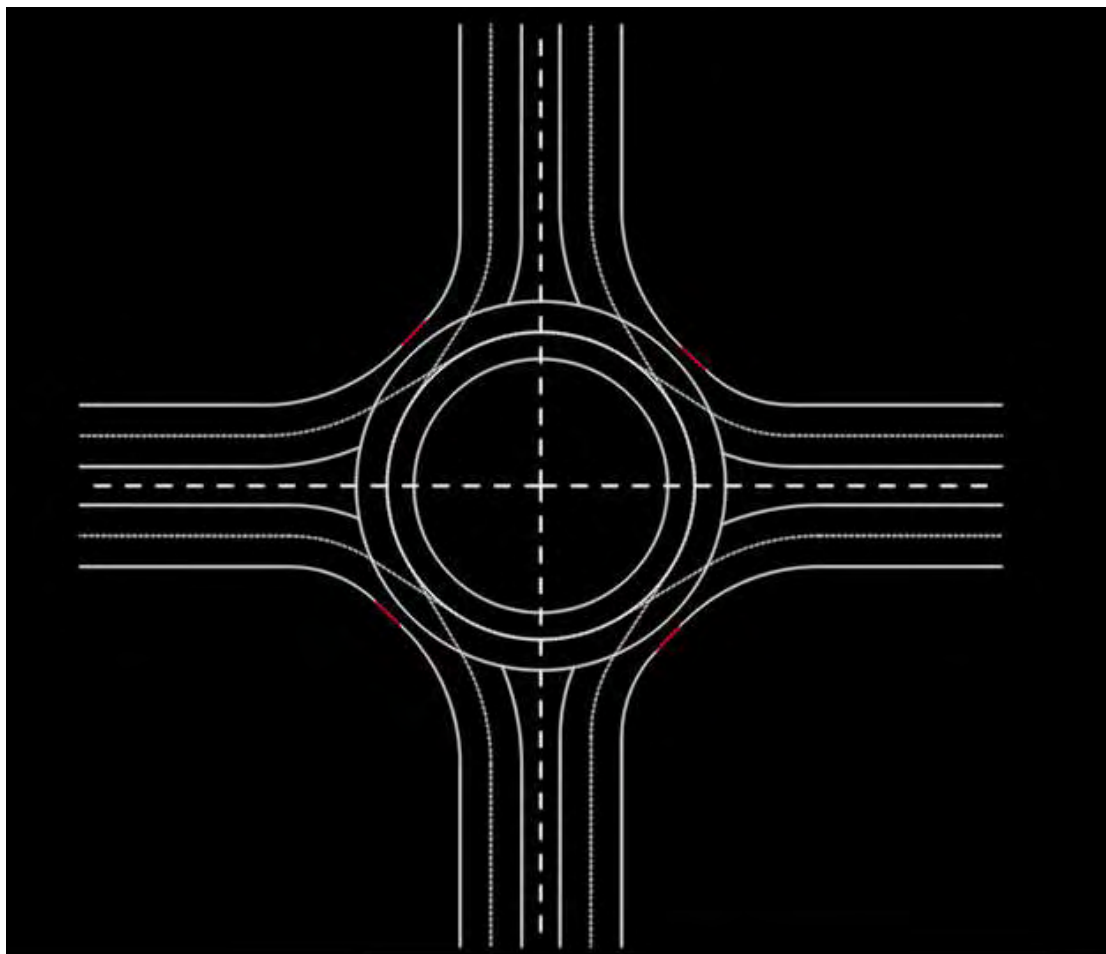
δημιουργηθεί το επιθυμητό ευθύγραμμο τμήμα ώστε να κατευθύνονται σωστά τα οχήματα που θέλουν να εξέλθουν του κόμβου.

Για να υπολογιστεί η κλίση της εφαπτομένης των 2 κύκλων σχεδιάστηκε κύκλος με κέντρο το κέντρο του κύκλου εξόδου K_0 και ακτίνα ίση με $R_0 - R_i$ (κόκκινος κύκλος). Στη συνέχεια σχεδιάστηκε ευθεία (α) από το κέντρο του κύκλου R_i (K_i) και να είναι εφαπτόμενη στον κύκλο με ακτίνα $R_i - R_0$ (βλ. *Εικόνα 5.1.1-2*).



Εικόνα 5.1.1-2

Με αυτόν τον τρόπο γίνεται γνωστή η κατεύθυνση της ευθείας (α) και δύναται να μετακινηθεί και να εφαρμοστεί στους κύκλους εισόδου και εξόδου (βλ. *Εικόνα 5.1.1-3*). Έτσι, κατασκευάστηκε ένα ολοκληρωμένο και επίσης λειτουργικό Κ3 2 λωρίδων με άξονα διερχόμενο εκ του κέντρου, με ευθύγραμμο τμήμα, και χρησιμοποιήθηκε η ίδια διαδικασία με την *Ενότητα 5.1*, έτσι ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο επικάλυψης πορειών οχημάτων.



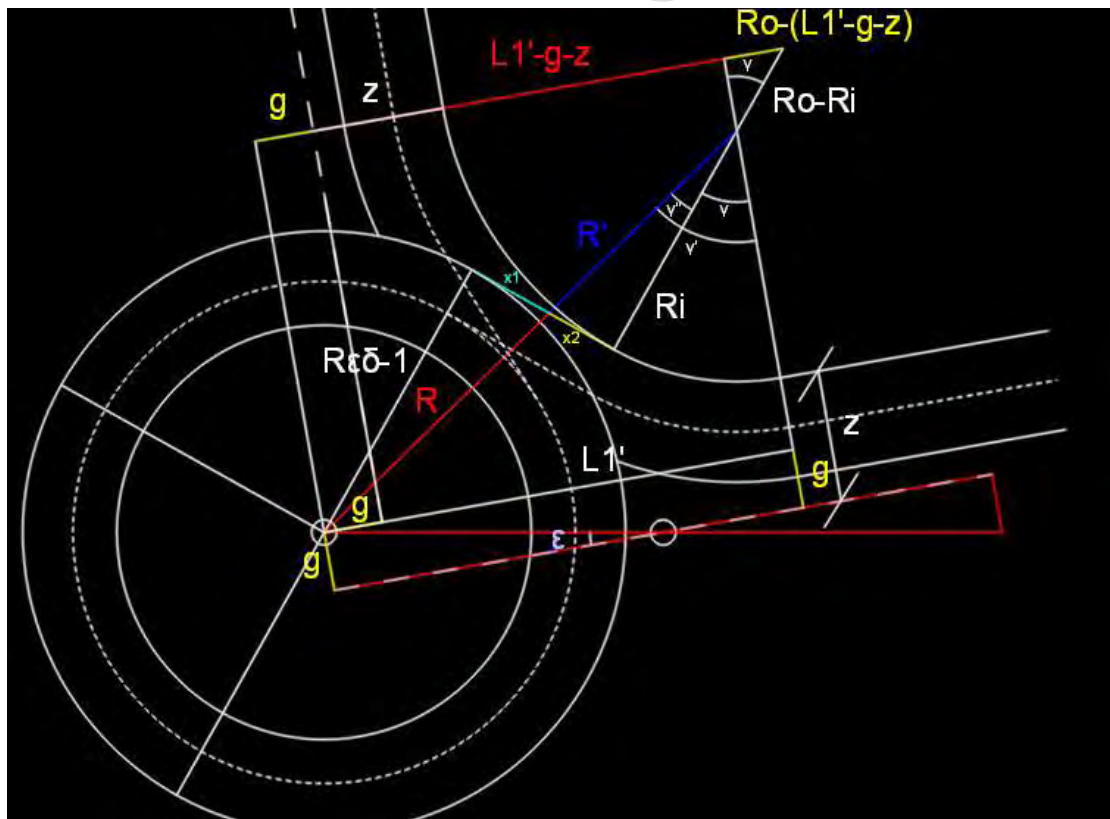
Εικόνα 5.1.1-3

5.2 Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης 2 λωρίδων με εκκεντρότητα

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της *Ενότητας 5.1*, η εφαρμογή εκκεντρότητας άξονα στον κόμβο, εξασφαλίζει στον μελετητή μεγαλύτερη ασφάλεια στον Κ3 2 λωρίδων που επιθυμεί να κατασκευάσει, καθώς επιλύεται το πρόβλημα της επικάλυψης των πορειών των οχημάτων, μέσω της μεγαλύτερης διαπλάτυνσης που προσφέρεται.

Πιο συγκεκριμένα, η διαμόρφωση αυτής της κατηγορίας κόμβων σε πρώτο στάδιο γίνεται με την περιστροφή του άξονα της οδού πρόσβασης με μία γωνία φ και γύρω από ένα σημείο εντός της διαχωριστικής νησίδας της οδού πρόσβασης (βλ. *Εικόνα 4.2-1*).

Από τη στιγμή που επιλέχθηκε το σημείο περιστροφής και η γωνία αυτής, με την ίδια μέθοδο που αναπτύχθηκε στην *Ενότητα 5.1*, συνεχίζεται η διαμόρφωση του κόμβου (Βήμα 1^ο με την περιστροφή των αξόνων, Βήμα 2^ο, Βήμα 3^ο, Βήμα 4^ο, Βήμα 5^ο, Βήμα 6^ο, Βήμα 7^ο, Βήμα 8^ο, Βήμα 9^ο). Λόγω όμως της εκκεντρότητας των αξόνων των οδών πρόσβασης στο Βήμα 6^ο, η διαδικασία υπολογισμού της μέγιστης ακτίνας εξόδου R_o , έτσι ώστε οι κύκλοι εισόδου και εξόδου να έχουν κοινή εφαπτομένη στο ίδιο σημείο, είναι διαφορετική (βλ. *Εικόνα 5.2-1*).



Εικόνα 5.2-1

Αρχικά, με τον υπολογισμό των ευθυγράμμων τμημάτων x_1 και x_2 προσδιορίστηκαν τα μήκη των πλευρών R , R' και $L1$, που χρησιμοποιήθηκαν για προσδιορισμό των απαραίτητων γωνιών και τελικά της ακτίνας εξόδου Ro .

$$x_1 + x_2 = y \quad (5-14)$$

y : Μήκος εφαπτομένης

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{R_{\varepsilon.\pi}-1}{Ri} \quad (5-15)$$

Από (5-14) και (5-15):

$$x_1 = \frac{y \times (R_{\varepsilon.\pi}-1)}{(R_{\varepsilon.\pi}-1)+Ri} \quad (5-16)$$

$$x_2 = \frac{x_1 \times Ri}{R_{\varepsilon.\pi}-1} \quad (5-17)$$

$$R = \sqrt{(R_{\varepsilon.\pi}-1)^2 + x_1^2} \quad (5-18)$$

$$R' = \sqrt{Ri^2 + x_2^2} \quad (5-19)$$

$$\sin \varepsilon = \frac{g}{(R_{\varepsilon.\pi}-1)+x} \quad (5-20)$$

$$g = [(R_{\varepsilon.\pi}-1) + x] \times \sin \varepsilon \quad (5-21)$$

$$L1'^2 = (R + R')^2 - (Ri + z - g)^2 \quad (5-22)$$

$$L1' = \sqrt{(R + R')^2 - (Ri + z - g)^2} \quad (5-23)$$

$$\gamma'' = \cos^{-1} \frac{Ri}{R'} \quad (5-24)$$

$$\gamma' = \sin^{-1} \frac{L1}{R+R'} \quad (5-25)$$

$$\gamma = \gamma' - \gamma'' \quad (5-26)$$

$$g = g' \quad (5-27)$$

$$\sin \gamma = \frac{[Ro - (L1' - g' - z)]}{Ro - Ri} \quad (5-28)$$

$$Ro = \frac{[(Ri \times \sin \gamma) - (L1' - g' - z)]}{\sin \gamma - 1} \quad (5-29)$$

$$\text{Όπου: } z = \frac{(\Pi.\Delta.N)}{2} + (\Pi.Λ.K) + c$$

($\Pi.\Delta.N$): Πλάτος Διαχωριστικής Νησίδας

($\Pi.Λ.K$): Πλάτος Λωρίδας Καθοδήγησης

C : Πλάτος Οδοστρώματος οδών πρόσβασης

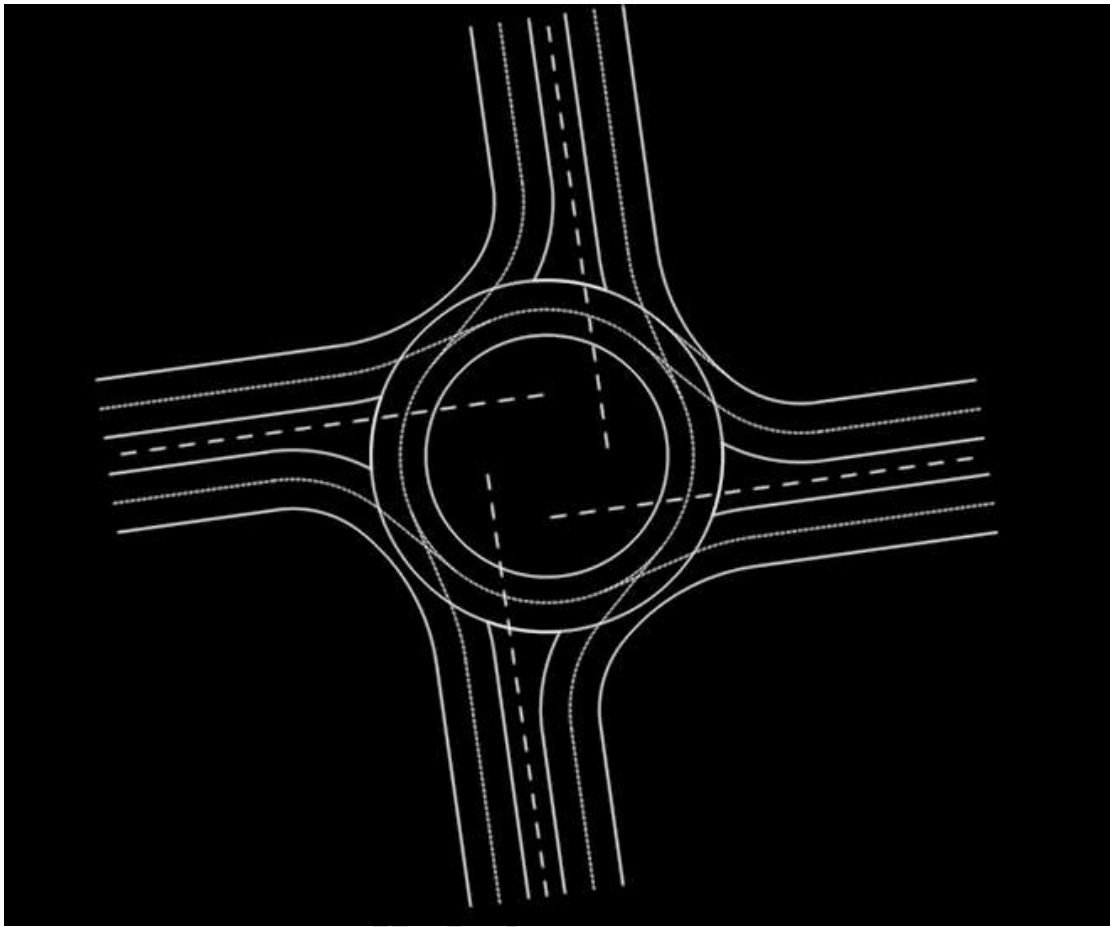
Όπου x : η απόσταση του σημείου περιστροφής

Διά της χρήσης αυτού του τύπου έχω υπολογίσει τη μέγιστη ακτίνα εξόδου R_o που μπορώ να χρησιμοποιήσω και την ακτίνα αυτή που θα οδηγήσει τους κύκλους εισόδου και εξόδου στο να έχουν κοινή εφαπτομένη στο ίδιο σημείο (κατασκευαστική διευκόλυνση). Ενδεικτικές τιμές για διαφορετικές ακτίνες εξωτερικής περιμέτρου σε Κ3 2 λωρίδων με εκκεντρότητα, δίνονται στον επόμενο Πίνακα 5.2-1.

Πίνακα 5.2-1

<u>Υπολογισμός ακτίνας εξόδου R_o 2 λωρίδων με εκκεντρότητα</u>											
$R_{ε.π.}$	ϵ°	g	$M.E$	R_i	$X1$	$X2$	R	R'	$L1'$	γ°	R_o
25	10	4,69	13,00	20	7,09	5,91	25,03	20,85	37,93	39,31	27,48
25	10	4,69	13,00	21	6,93	6,07	24,98	21,86	38,41	38,97	26,98
25	10	4,69	13,00	22	6,78	6,22	24,94	22,86	38,88	38,64	26,50
25	10	4,69	13,00	23	6,64	6,36	24,90	23,86	39,34	38,32	26,04
25	10	4,69	13,00	24	6,50	6,50	24,86	24,86	39,80	38,01	25,60
25	10	4,69	13,00	25	6,37	6,63	24,83	25,86	40,26	37,71	25,18
30	10	5,56	13,00	20	7,69	5,31	30,00	20,69	44,13	45,67	48,37
30	10	5,56	13,00	21	7,54	5,46	29,96	21,70	44,68	45,28	47,33
30	10	5,56	13,00	22	7,39	5,61	29,93	22,70	45,21	44,91	46,33
30	10	5,56	13,00	23	7,25	5,75	29,89	23,71	45,74	44,54	45,39
30	10	5,56	13,00	24	7,11	5,89	29,86	24,71	46,26	44,19	44,48
30	10	5,56	13,00	25	6,98	6,02	29,83	25,71	46,78	43,84	43,62
30	10	5,56	13,00	26	6,85	6,15	29,80	26,72	47,29	43,50	42,80
30	10	5,56	13,00	27	6,73	6,27	29,77	27,72	47,80	43,18	42,01
30	10	5,56	13,00	28	6,61	6,39	29,74	28,72	48,30	42,86	41,26
30	10	5,56	13,00	29	6,50	6,50	29,72	29,72	48,79	42,54	40,54
30	10	5,56	13,00	30	6,39	6,61	29,70	30,72	49,28	42,24	39,85
32,5	10	5,99	13,00	22	7,65	5,35	32,42	22,64	48,25	47,56	59,26
32,5	10	5,99	13,00	23	7,51	5,49	32,38	23,65	48,81	47,18	57,97
32,5	10	5,99	13,00	24	7,38	5,62	32,35	24,65	49,36	46,81	56,74
32,5	10	5,99	13,00	25	7,25	5,75	32,32	25,65	49,90	46,45	55,56
32,5	10	5,99	13,00	26	7,12	5,88	32,30	26,66	50,44	46,09	54,45
32,5	10	5,99	13,00	27	7,00	6,00	32,27	27,66	50,97	45,75	53,38
32,5	10	5,99	13,00	28	6,88	6,12	32,24	28,66	51,50	45,41	52,36
32,5	10	5,99	13,00	29	6,77	6,23	32,22	29,66	52,02	45,09	51,38
32,5	10	5,99	13,00	30	6,66	6,34	32,20	30,66	52,54	44,77	50,45

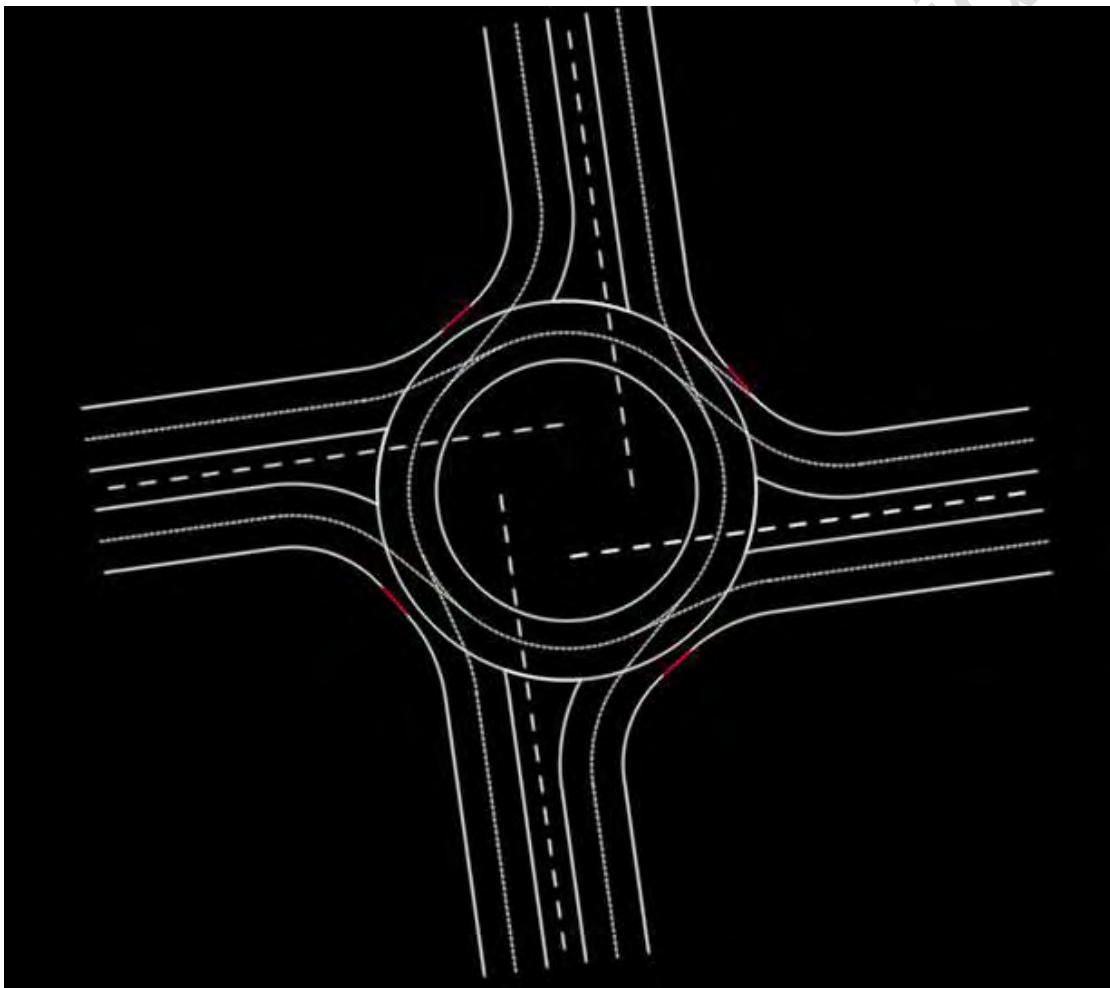
Στη συνέχεια δίνεται ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα κόμβου κυκλικής κίνησης 2 λωρίδων με εκκεντρότητα άξονα με εφαρμογή της μέγιστης ακτίνας (βλ. *Εικόνα 5.2-2*).



Εικόνα 5.2-2

5.2.1 Έκκεντρος άξονας και ακτίνα εξόδου R_0 μικρότερη της μεγίστης

Όπως και *Ενότητα 5.1.1*, έτσι και εδώ θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα κόμβου κυκλικής κίνησης με έκκεντρο άξονα και με ευθύγραμμο τμήμα σε διαδοχικές εισόδους-εξόδους, με στόχο την καθοδήγηση των οχημάτων στην σωστή κίνηση τους προς την έξοδο. Όπως και στην *Ενότητα 5.1.1* και με τη χρήση της μεθόδου της *Ενότητας 5.2*, η διαδικασία έχει την ίδια λογική με επιπρόσθετη προϋπόθεση να βρεθεί η κλίση της εφαπτομένης εισόδου-εξόδου και να εφαρμοσθεί. Ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα τέτοιας κατηγορίας K3 φαίνεται στην *Εικόνα 5.2.1-1*.



Εικόνα 5.2.1-1

Κεφάλαιο 6

6.1 Ταχύτητες και Συντομότερη Διαδρομή

Η ανάλυση των ταχυτήτων όπως προαναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3 αποτελεί ένα από τα κρίσιμότερα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό των K^3 .

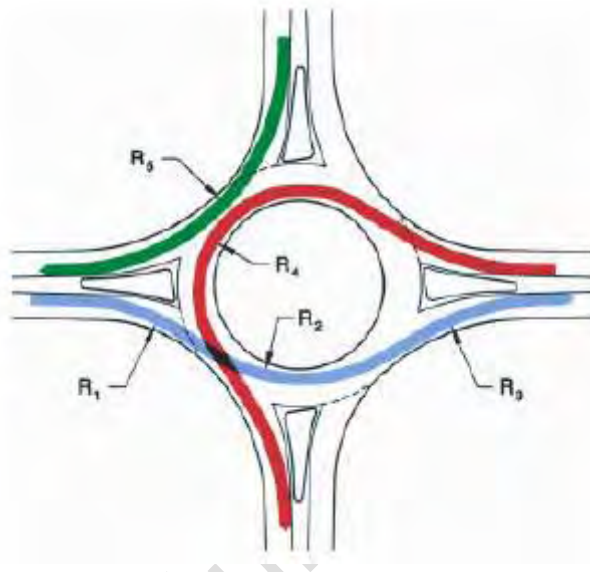
Επειδή τα οχήματα που κινούνται σε ένα κυκλικό κόμβο δεν ακολουθούν απαραίτητα τις πορείες που ορίζονται από τις οριογραμμές ή τον άξονα των λωρίδων πρόσβασης του δακτυλίου και των εξόδων, κρίνεται αναγκαία η μοντελοποίηση των πορειών αυτών, με στόχο την εύρεση της συντομότερης διαδρομής και τον υπολογισμό των ταχυτήτων σχεδιασμού. Για την εκτίμηση των ταχυτήτων που αναπτύσσονται στον κόμβο λαμβάνεται υπόψη πάντα η διαδρομή η οποία αναμένεται να ενθαρρύνει τη συντομότερη πορεία κίνησης.

Σε κάθε περίπτωση, η αλληλουχία των καμπών στον κλάδο εισόδου και μέχρι την είσοδο στο δακτύλιο δεν πρέπει να οδηγεί σε διαφορές ταχυτήτων, από τμήμα σε τμήμα, μεγαλύτερες των 20 km/h.

6.2 Υπολογισμός συντομότερης διαδρομής

Στο Κεφάλαιο αυτό αναλύεται διεξοδικά η διαδικασία με την οποία επιτεύχθηκε η μοντελοποίηση και ο σχεδιασμός της συντομότερης διαδρομής σε κόμβους κυκλικής κίνησης με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

Πιο συγκεκριμένα διαμορφώθηκε μία διαδικασία με τα βήματα που ακολουθούνται, προκειμένου να υπολογιστούν οι ακτίνες και οι επιμέρους ταχύτητες που θα προκύψουν από το Σχήμα 6.2-1.



Σχήμα 6.2-1: Πορείες οχημάτων και ονομασία ακτινών συντομότερης διαδρομής

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 2 ο τύπος, σύμφωνα με τους ΟΜΟΕ, που υπολογίζει τις τιμές των ταχυτήτων για τις ακτίνες R_1 , R_2 , R_3 , R_4 και R_5 είναι:

- $V = 8,7602 \times R^{0,3861}$, (1) για τις ακτίνες R_1 , R_3 και R_5
- $V = 8,6164 \times R^{0,3673}$, (2) για τις ακτίνες R_2 και R_4

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

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

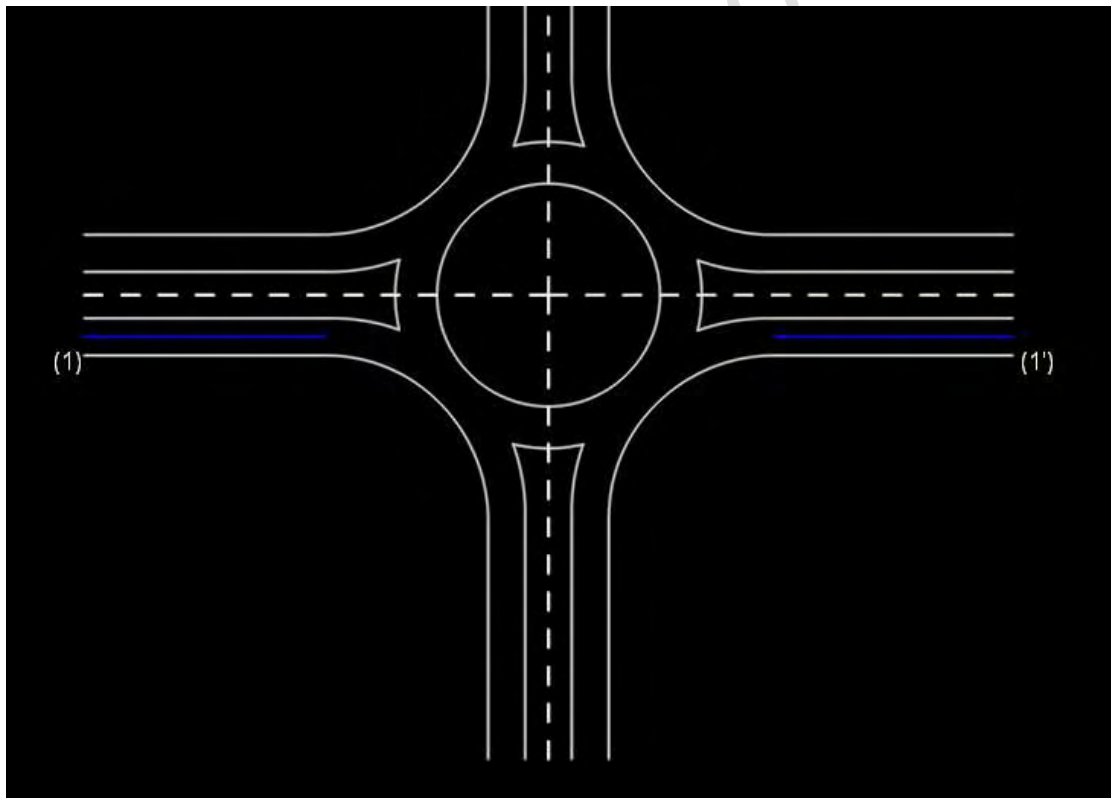
Σύμφωνα πάντα με τους ΟΜΟΕ οι ταχύτητες V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , V_5 δε θα πρέπει να έχουν διαφορά μεταξύ τους μεγαλύτερη των 20km/h.

Με τη μοντελοποίηση που θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο αυτό για τον υπολογισμό των ακτινών R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 εξασφαλίζεται αυτή η προϋπόθεση.

6.2.1 Υπολογισμός R_1, R_2, R_3

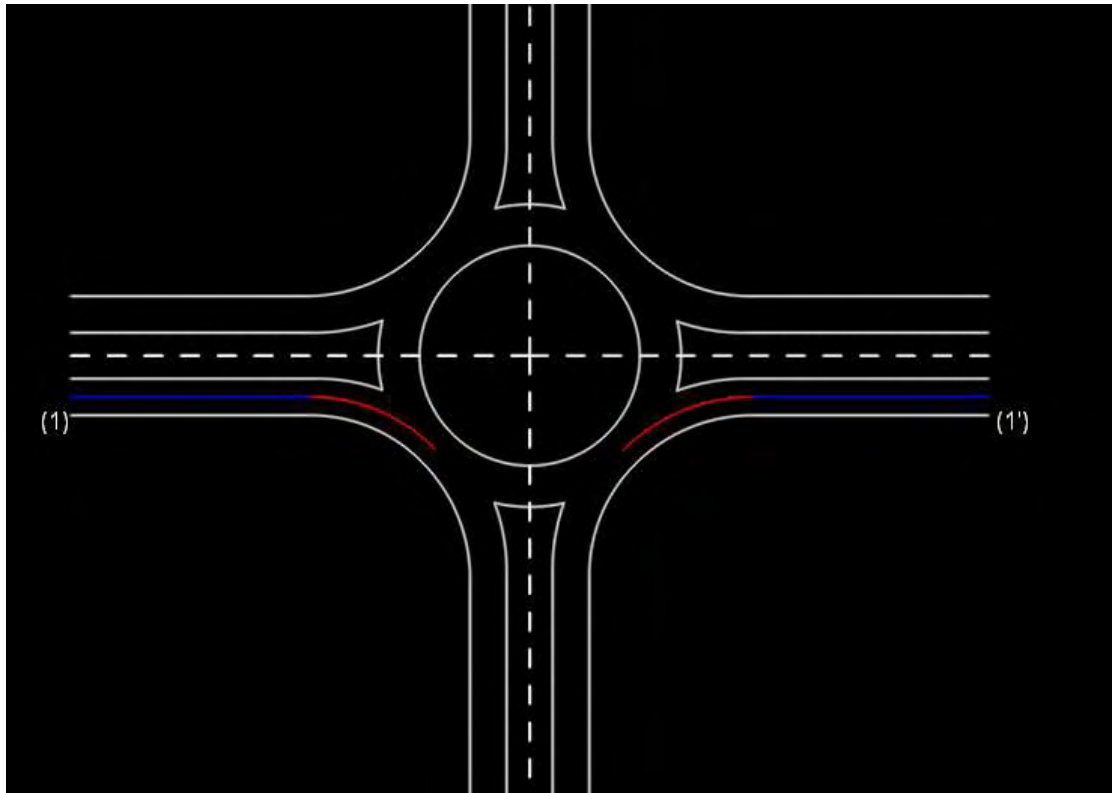
Για τον υπολογισμό και τη μοντελοποίηση των ακτινών R_1, R_2, R_3 χρησιμοποιήθηκε ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα κυκλικού κόμβου κίνησης 1 λωρίδας με άξονα διερχόμενο εκ του κέντρου το κόμβου και γωνία μεταξύ των σκελών του ίση με 90° , με τη δημιουργία 5 Δρόμων, όπως θα φαίνεται και παρακάτω. Σε επόμενα παραδείγματα αναλύεται και η διαδικασία σε άλλες περιπτώσεις κόμβων, μίας ή και 2 λωρίδων, με εκκεντρότητα η χωρίς.

Βήμα 1^ο: Σχεδιάσθηκε η μέση διαδρομή, δηλαδή η διαδρομή την οποία ακολουθεί ένα όχημα περνώντας από το μέσο των εισερχομένων-εξερχομένων κλάδων και του δακτυλίου κυκλοφορίας. Σχεδιάσθηκε ευθεία παράλληλη στην (1) και την (1') που να διέρχεται από το μέσο του οδοστρώματος του εισερχόμενου και εξερχόμενου κλάδου, δηλαδή σε απόσταση από την (1) και (1') και προς τα πάνω ίση με $c/2$ (στο παράδειγμα της *Εικόνας 6.2.1-1* το πλάτος c είναι ίσο με 4m, άρα η απόσταση του μέσου από την (1) και (1') είναι 2m).



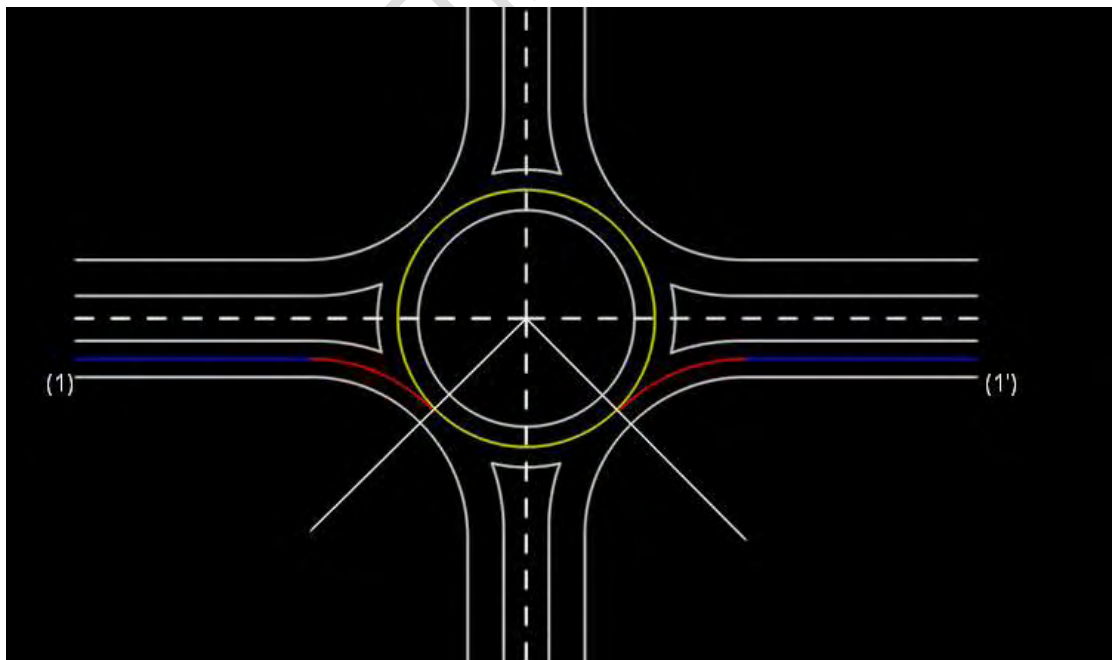
Εικόνα:6.2.1-1

Έπειτα, σχεδιάσθηκαν κύκλοι με ακτίνες ίσες με $R_1+c/2$ και $R_2+c/2$, για να προσομοιαστεί η συνέχεια της μέσης διαδρομής, στα σημεία όπου αρχίζει η καμπύλωση της πορείας (κόκκινα τόξα σε στην *Εικόνα 6.2.1-2*).



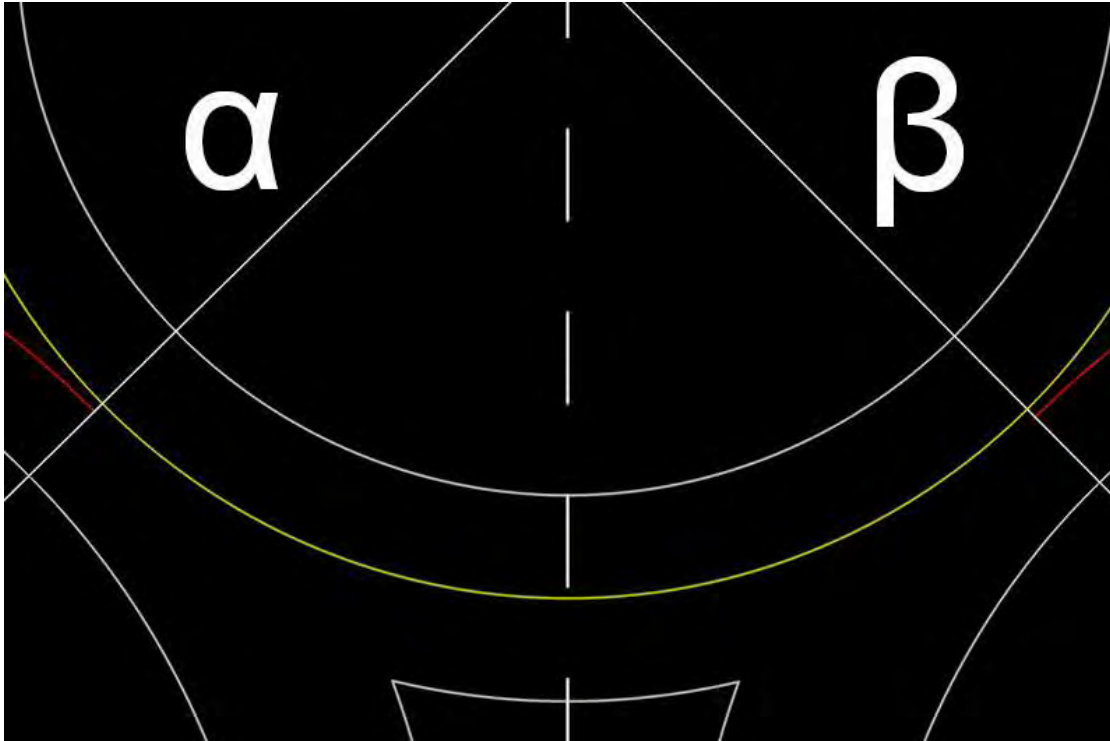
Εικόνα 6.2.1-2

Σχεδιάσθηκε κύκλος με ακτίνα ίση με την ακτίνα του εσωτερικού κύκλου στο δακτύλιο κυκλοφορίας, προσθέτοντας το μισό του πλάτους του δακτυλίου κυκλοφορίας και ενώθηκαν με ευθεία γραμμή το κέντρο του κόμβου με τα κέντρα των τόξων εισόδου και εξόδου (βλ. *Εικόνα 6.2.1-3*).



Εικόνα 6.2.1-3

Κάνοντας zoom (βλ. *Εικόνα 6.2.1-4*) στην *Εικόνα 6.2.1-3*, παρατηρείται πως ο κίτρινος κύκλος δεν ακουμπάει στα κόκκινα τόξα. Σε άλλα παραδείγματα, όπως κόμβοι 2 λωρίδων ή μεγαλύτερες διαμέτρους εξωτερικών περιμέτρων στο δακτύλιο, η διαφορά αυτή είναι εμφανέστερη.

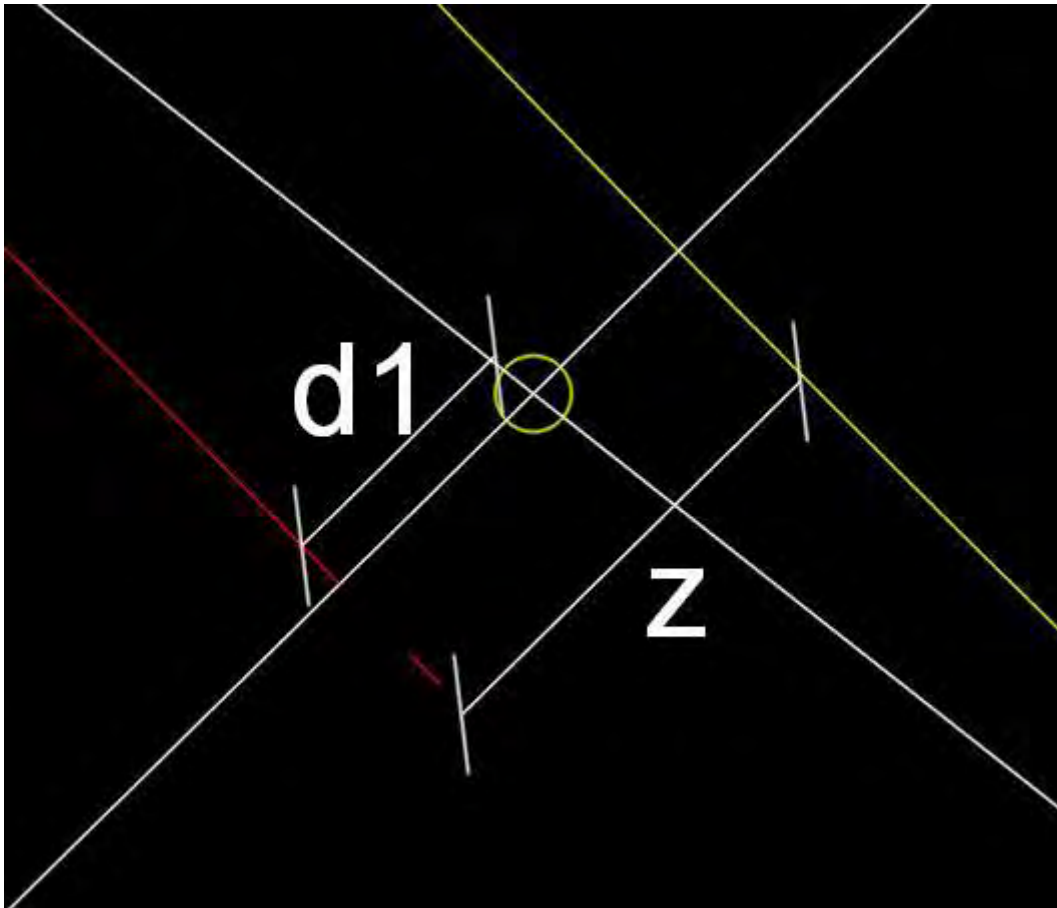


Εικόνα 6.2.1-4

Επειδή ακριβώς τα τόξα εισόδου και εξόδου δεν εφάπτονται του κύκλου που περνά από το μέσο του δακτυλίου κυκλοφορίας, πρέπει να βρεθεί η κοινή τους εφαπτομένη.

Διαδικασία εύρεσης κοινής εφαπτομένης για την είσοδο και την έξοδο:

Το σημείο γύρω από το οποίο περιστρέφονται οι ευθείες (α) και (β) βρίσκεται με βάση την *Εικόνα 6.2.1-5* και τον τύπο που δίνεται παρακάτω.



Εικόνα 6.2.1-5

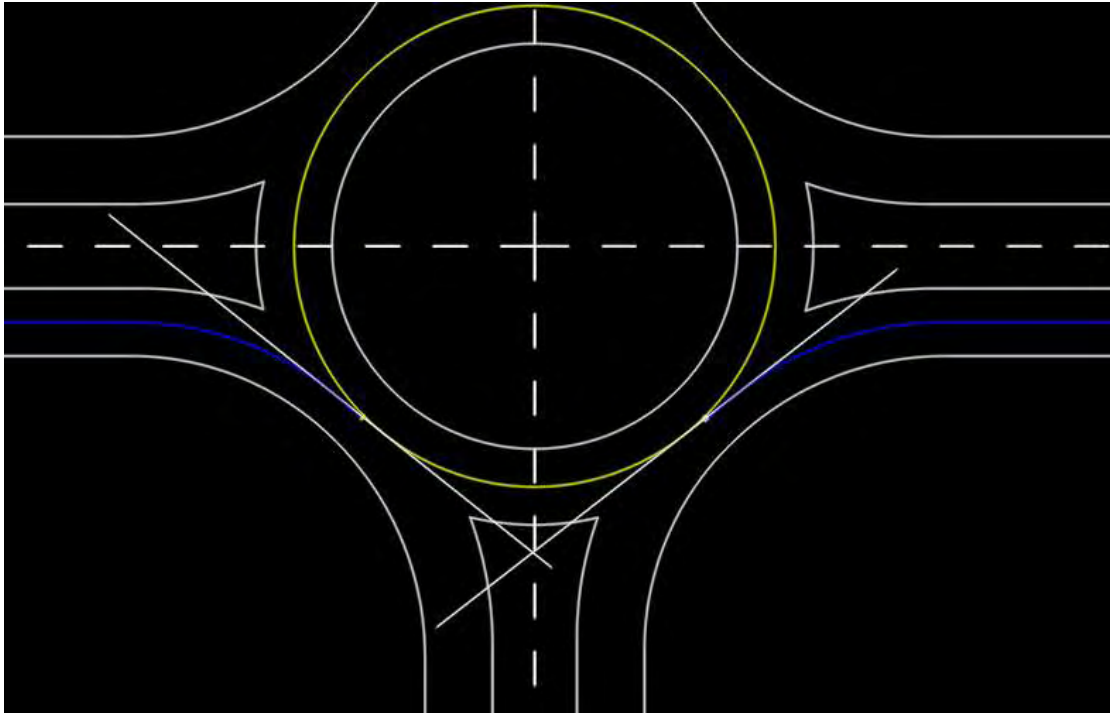
$$d_1 = \frac{z \times \left(Ri + \frac{c}{2}\right)}{\left(Ri + \frac{c}{2}\right) + (R2)} \quad (6-1)$$

Όπου $R2$, η ακτίνα του κύκλου που περνά από το μέσο του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Το ίδιο ισχύει και για την απόσταση στο σημείο της εξόδου με τον τύπο να

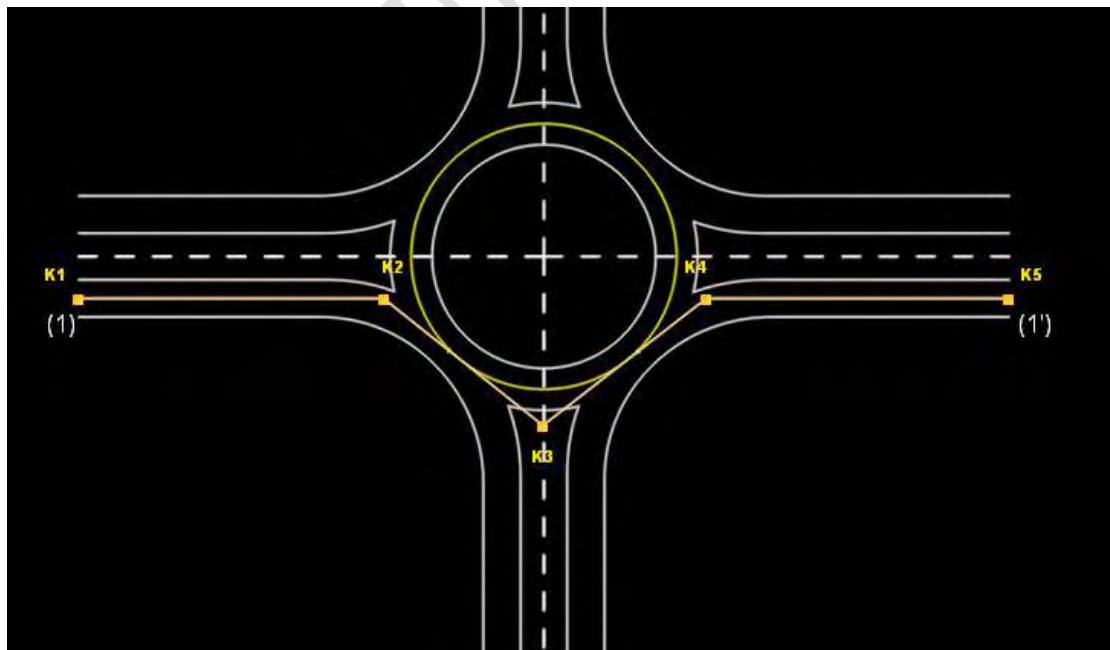
$$\text{γίνεται: } d_1' = \frac{z \times \left(Ro + \frac{c}{2}\right)}{\left(Ro + \frac{c}{2}\right) + (R2)} \quad (6-2)$$

Με βάση αυτόν τον τύπο βρέθηκε το σημείο σύμφωνα με το οποίο περιστράφηκαν οι ευθείες (α) και (β) έτσι ώστε να εφάπτονται στους δυο κύκλους (βλ. Εικόνα 6.2.1-6).



Εικόνα 6.2.1-6

Προεκτάθηκαν οι ευθείες των μέσων των οδοστρωμάτων στον εισερχόμενο και εξερχόμενο κλάδο έως ότου τμήσουν τις ευθείες (α) και (β) που έχουν περιστραφεί και δημιουργήθηκε (με εντολή του προγράμματος Anadelta Tessera) η πολυγωνική του **Δρόμου 1**, ο οποίος αναπαριστά την πορεία που θα ακολουθήσει το όχημα αν κινείται στο μέσο της οδών πρόσβασης και του δακτυλίου κυκλοφορίας, με Κορυφές Κ1, Κ2, Κ3, Κ4, Κ5 (βλ. Εικόνα 6.2.1-7).

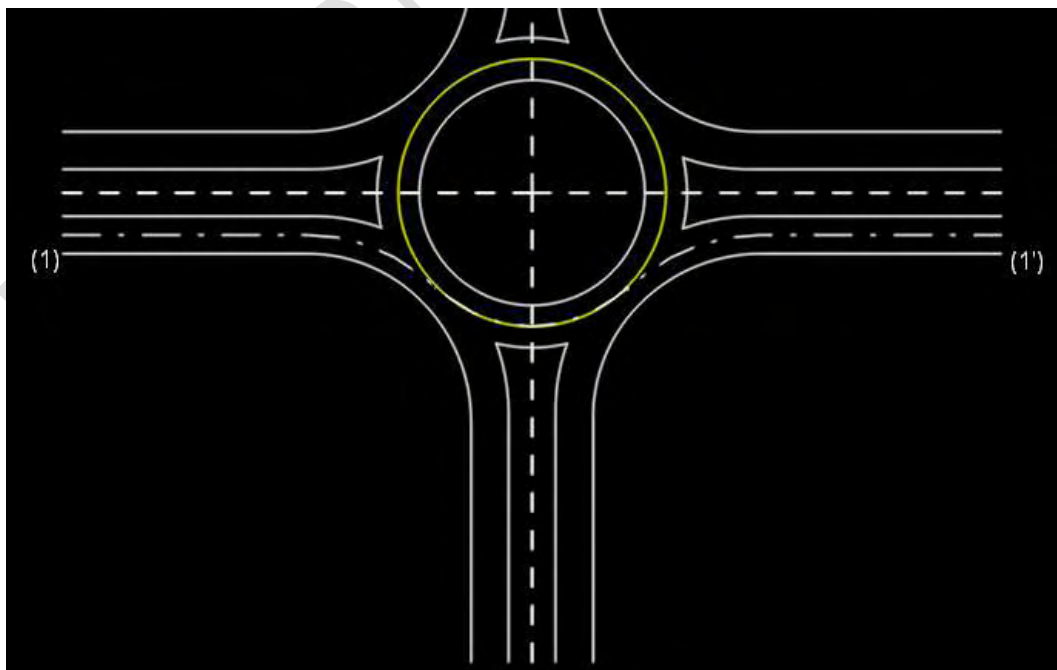


Εικόνα 6.2.1-7

Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα, αφού έχει διαμορφωθεί η πολυγωνική ενός δρόμου, υπάρχει η δυνατότητα να εισαχθούν οι τιμές των ακτίνων στις κορυφές K2, K3, K4 με στόχο να εμφανιστεί ο άξονας του **Δρόμου 1** που σχεδιάστηκε. Στην κορυφή K2 εισάχθηκε σαν ακτίνα η τιμή $Ri+c/2$, στην κορυφή K3 η τιμή της ακτίνας του κύκλου που διέρχεται από το μέσο του δακτυλίου κυκλοφορίας, και στην κορυφή K4 η τιμή $Ro+c/2$. Βάσει του συγκεκριμένου προγράμματος, έχω τη δυνατότητα να εισάγω και παράμετρο A (κλωθοειδή) στις κορυφές K2, K3, K4, αλλά στο **Δρόμο 1** τη θεωρώ μηδενική. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας που ακολουθήθηκε και τελικά ο **Δρόμος 1** φαίνεται στην *Εικόνα 6.2.1-8*.



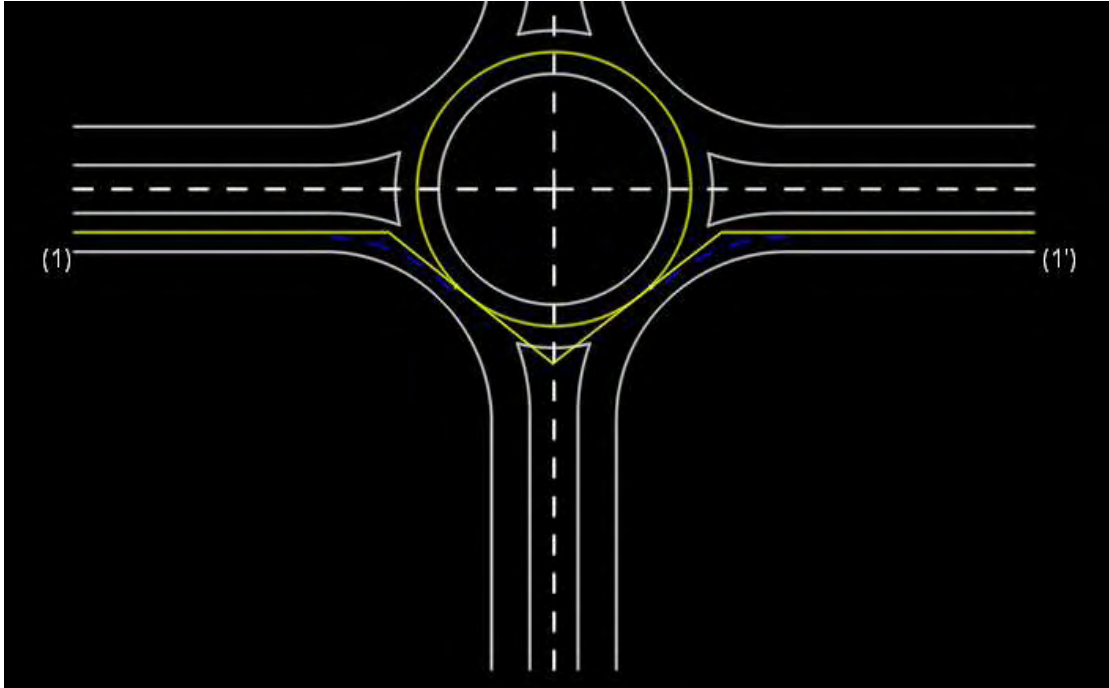
Εικόνα 6.2.1-8: Δρόμος 1 με άξονα και πολυγωνική



6.2.1-9: Δρόμος 1 με άξονα

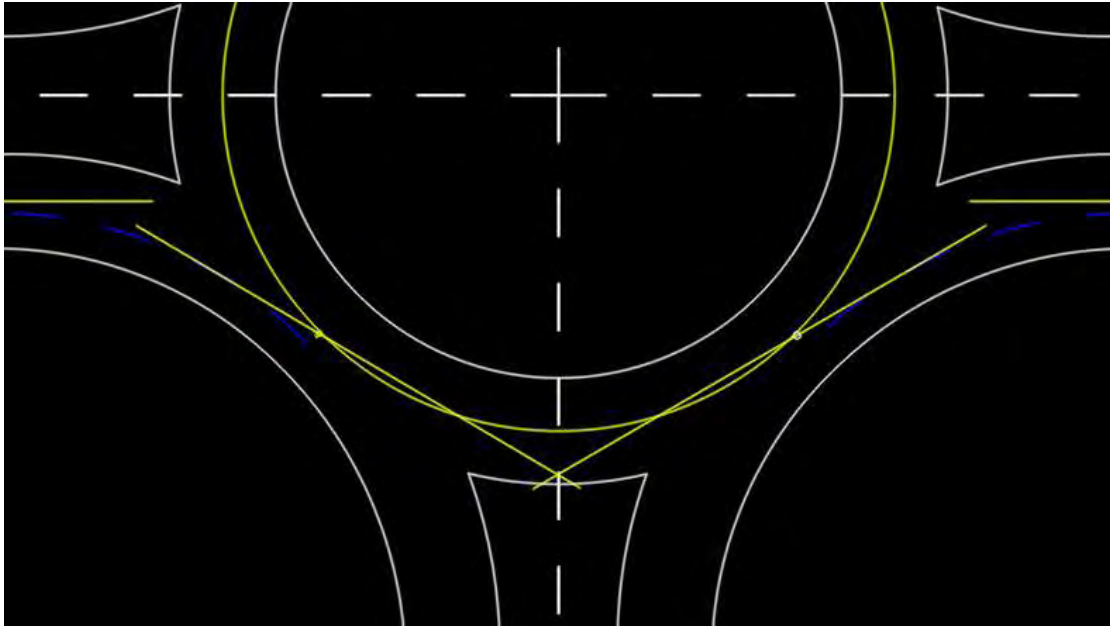
Βήμα 2^ο: Σύμφωνα με το Σχήμα 3.2 συμπεραίνεται ότι ένα όχημα για να διαγράψει τη συντομότερη διαδρομή θα πρέπει η καμπύλη της συντομότερης διαδρομής στα σημεία εισόδου και εξόδου να διέρχεται σε απόσταση 1,5m από τα τόξα εισόδου και εξόδου στην δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος.

Με βάση αυτήν την πληροφορία, σχεδιάσθηκε τόξο στην είσοδο με κέντρο το κέντρο του κύκλου εισόδου και ακτίνα ίση με $R_i+1,5m$, ενώ για την έξοδο τόξο με κέντρο το κέντρο του κύκλου εισόδου και ακτίνα $R_o+1,5m$ (βλ. *Εικόνα 6.2.1-10*, μπλε τόξα).



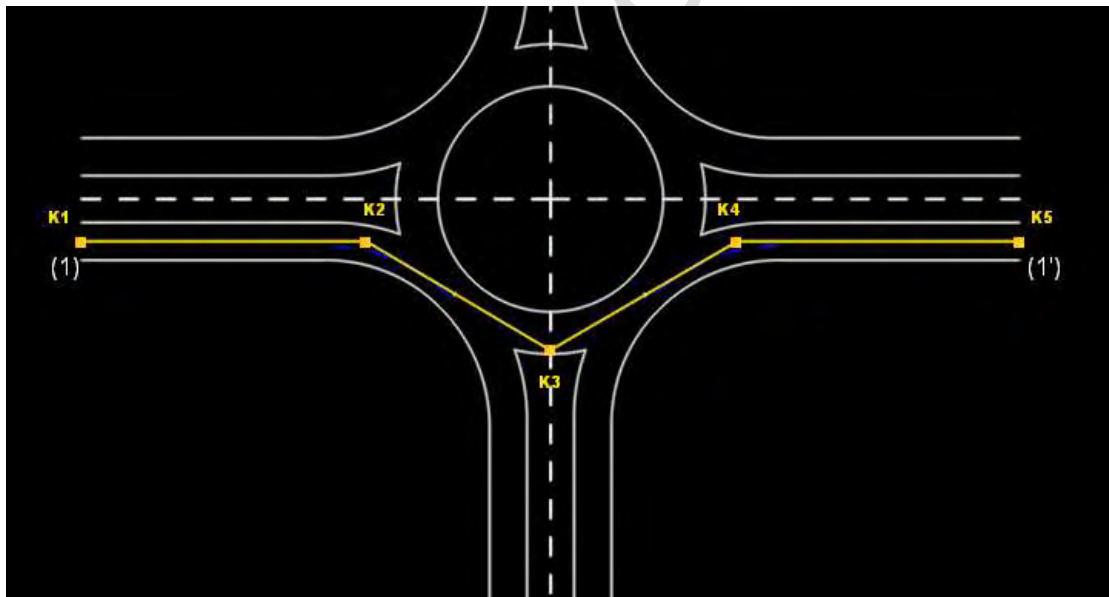
Εικόνα 6.2.1-10

Στη συνέχεια, με βάση το σημείο περιστροφής που υπολογίστηκε στο βήμα 1^ο, περιστράφηκαν τα σκέλη που περιστράφηκαν και στο βήμα 1^ο, λίγο ακόμα, έως ότου γίνουν εφαπτόμενα των τόξων με ακτίνες $R_i+1,5m$ και $R_o+1,5m$ αντίστοιχα (βλ. *Εικόνα 6.2.1-11*).



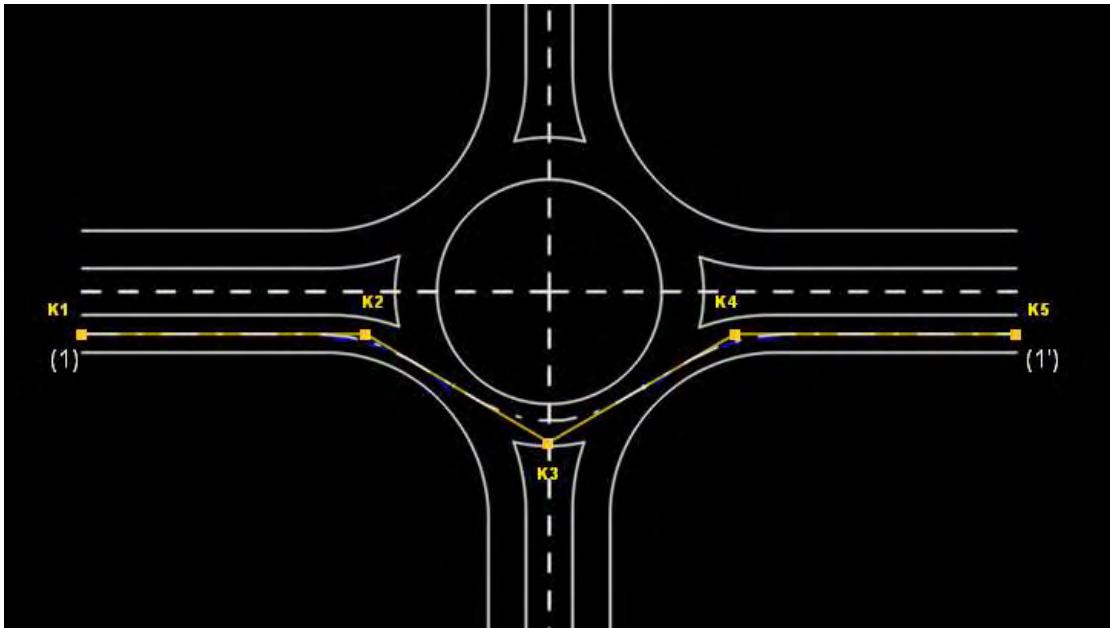
Εικόνα 6.2.1-11

Στη συνέχεια, προεκτάθηκαν οι ευθείες και ενώθηκαν στα σημεία τομής τους, με στόχο τη δημιουργία ευθυγράμμων τμημάτων, έτσι ώστε να δημιουργηθεί η πολυγωνική του **Δρόμου 2** (βλ. *Εικόνα 6.2.1-12*).

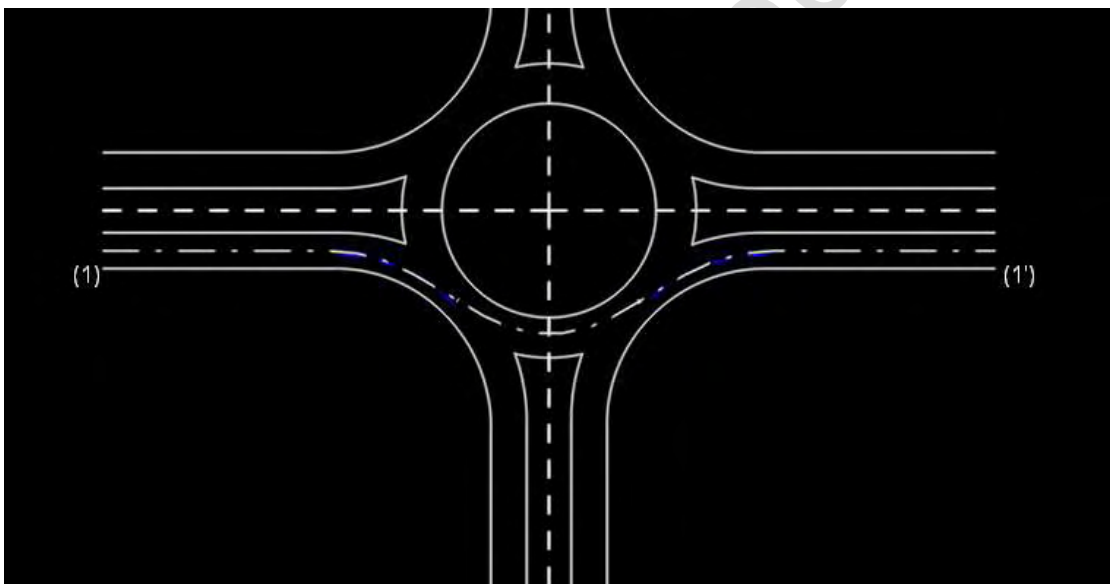


Εικόνα 6.2.1-12

Όπως και στο βήμα 1^ο έτσι και εδώ, εισήχθηκαν στις κορυφές K2, K3, K4 οι ίδιες τιμές ακτινών που εισήχθηκαν και προηγουμένως. Με αυτό τον τρόπο διαμορφώθηκε ο **Δρόμος 2** (βλ. *Εικόνα 6.2.1-13*).

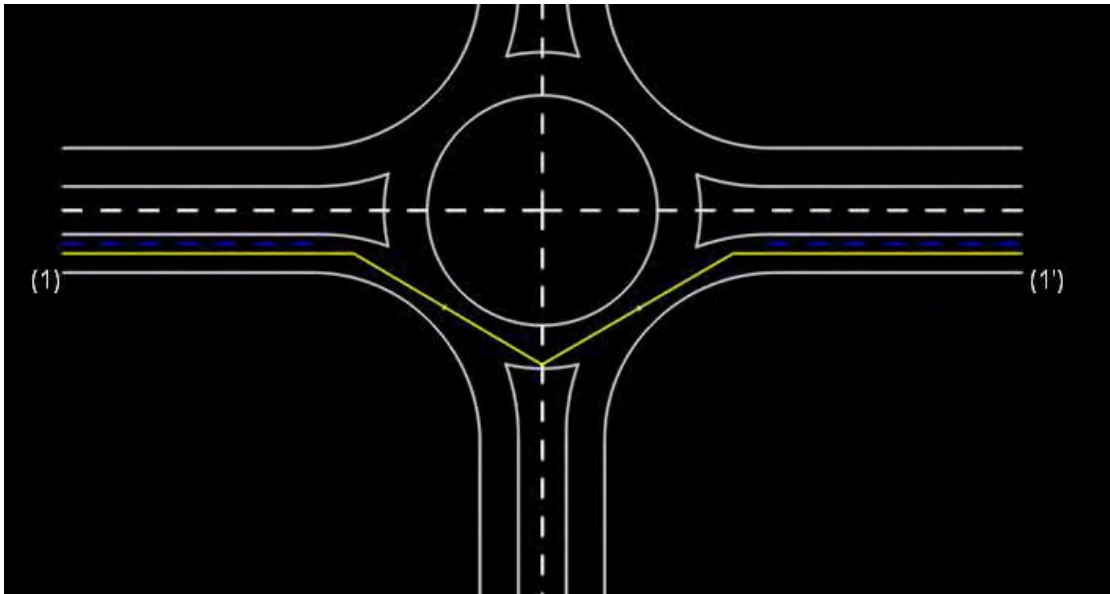


Εικόνα 6.2.1-13: Δρόμος 2 με πολυγωνική και άξονα



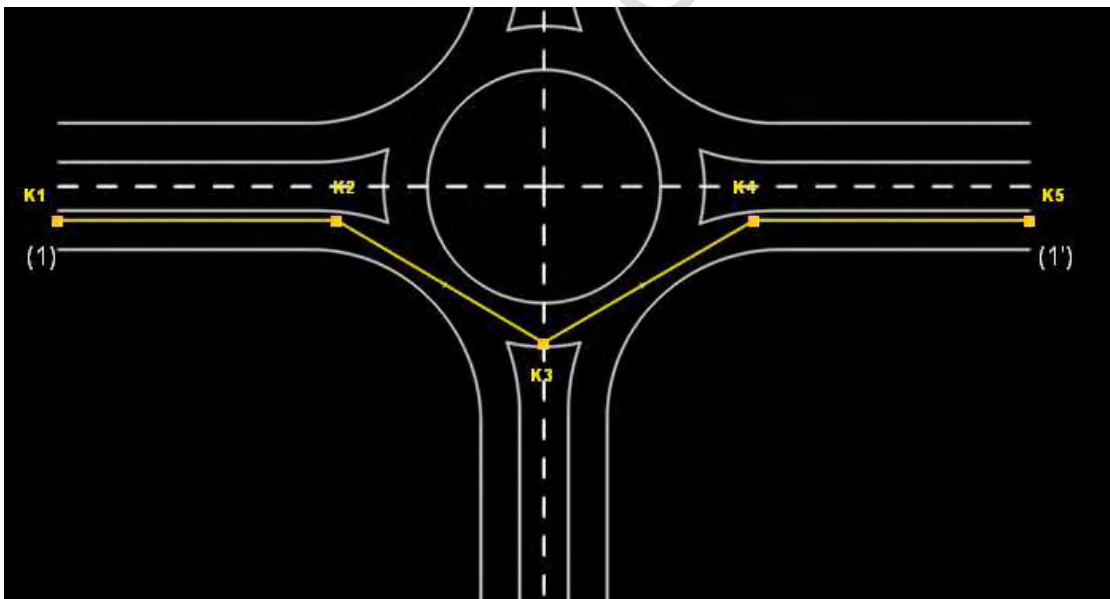
Εικόνα 6.2.1-14: Δρόμος 2 με άξονα

Βήμα 3^ο: Σύμφωνα με το Σχήμα 3.2, η συντομότερη διαδρομή στον εισερχόμενο και τον εξερχόμενο κλάδο διέρχεται σε απόσταση 1m από την αριστερή οριογραμμή των κλάδων αυτών. Με βάση λοιπόν αυτή την πληροφορία σχεδιάσθηκε ευθεία παράλληλη στην αριστερή οριογραμμή και σε απόσταση 1m από αυτή (βλ. Εικόνα 6.2.1-15, μπλε διακεκομμένες γραμμές).



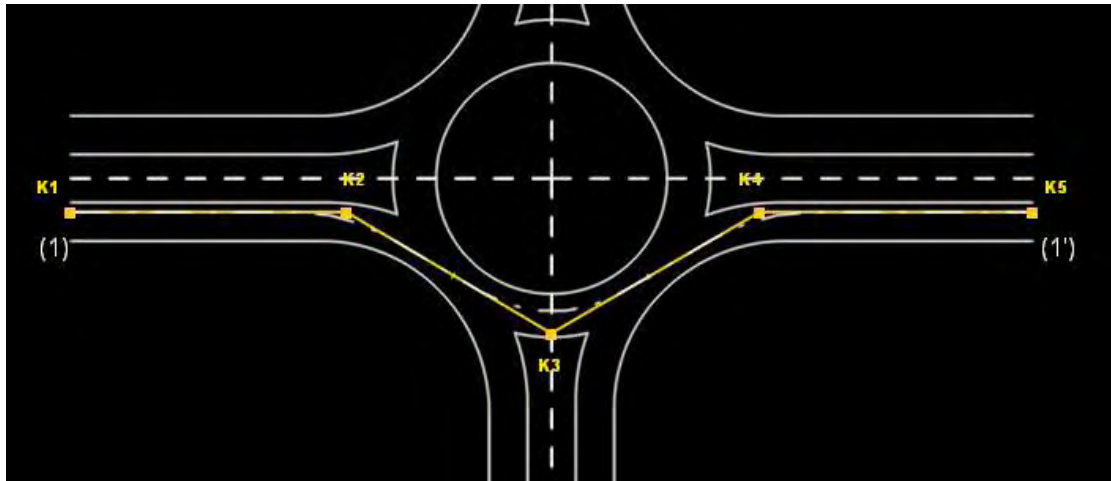
Εικόνα 6.2.1-15

Έτσι η πολυγωνική του **Δρόμου 3**, θα αλλάξει σε σχέση με αυτή του **Δρόμου 2** καθώς η πορεία του οχήματος από το μέσο του οδοστρώματος στον εισερχόμενο και εξερχόμενο κλάδο θα μετατοπιστεί στις ευθείες των 1m από τις αριστερές οριογραμμές που σχεδίασα (βλ. Εικόνα 6.2.1-16).

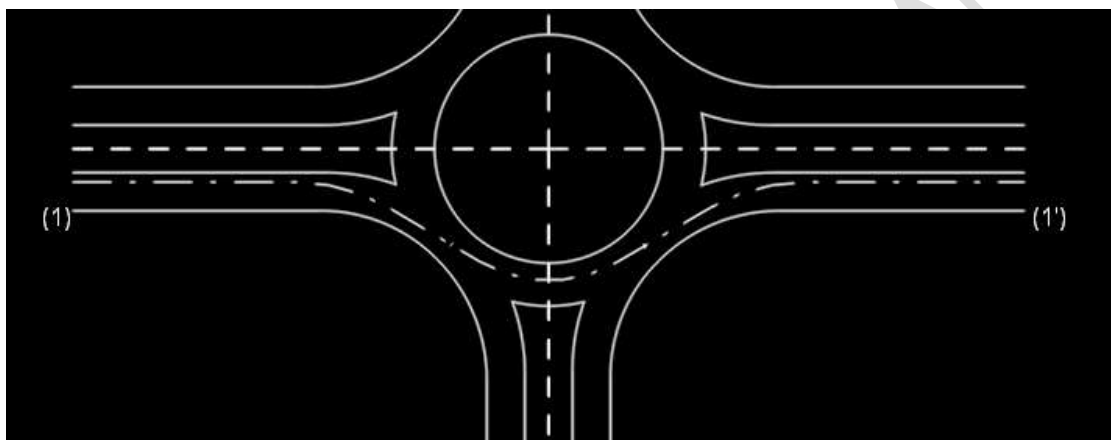


Εικόνα 6.2.1-16

Εισήχθησαν στις κορυφές K2, K3, K4 οι ίδιες ακτίνες με αυτές των προηγούμενων βημάτων και έτσι διαμορφώθηκε η πολυγωνική του **Δρόμου 3** (βλ. Εικόνα 6.2.1-17).



Εικόνα 6.2.1-17: Δρόμος 3 με πολυγωνική και άξονα



Εικόνα 6.2.1-18: Δρόμος 3 με άξονα

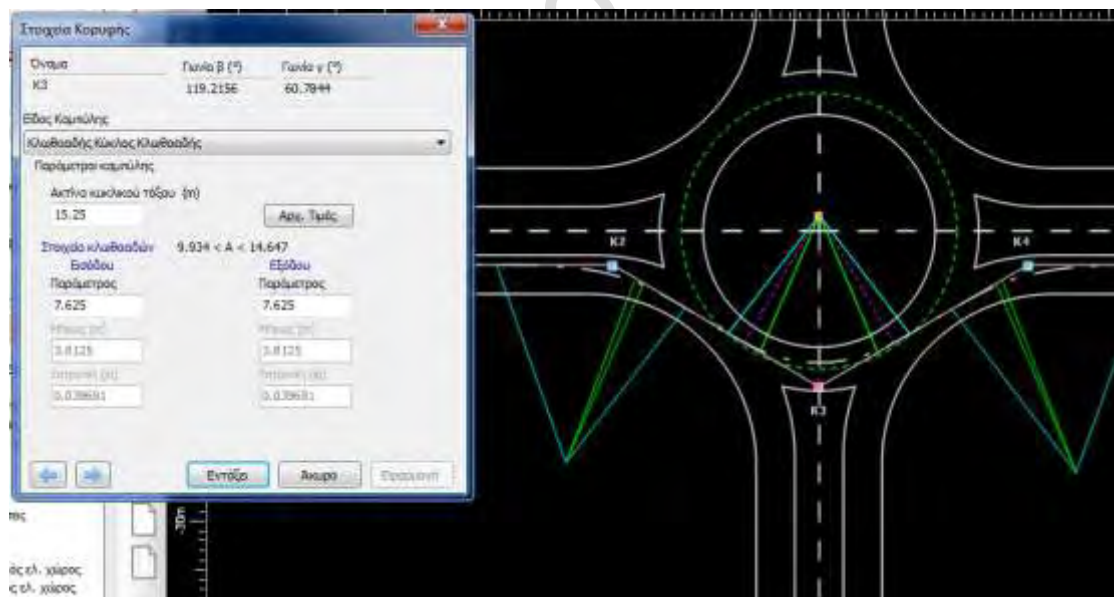
Βήμα 4^ο: Στο **Δρόμο 4** ο οποίος και θα διαμορφωθεί σε αυτό το βήμα, η πολυγωνική είναι η ίδια με αυτή του **Δρόμου 3**. Οι αλλαγές που θα σημειωθούν είναι στις ακτίνες που θα εισαχθούν στις κορυφές K2, K3, K4.

Πιο συγκεκριμένα, η πολυγωνική του **Δρόμου 3** μετατοπίστηκε προς τα πάνω στον εισερχόμενο και εξερχόμενο κλάδο, λόγω των προδιαγραφών των ΟΜΟΕ για τη συντομότερη διαδρομή, κατά $(c/2)-1$. Για αυτό το λόγο, στις κορυφές K2, K3 και K4 προστέθηκε στην υπάρχουσα ακτίνα την τιμή $(c/2)-1$. Ενώ στα προηγούμενα βήματα δεν εφαρμόστηκε παράμετρος A (κλωθοειδή), στο **Δρόμο 4** εφαρμόζω τα εξής:

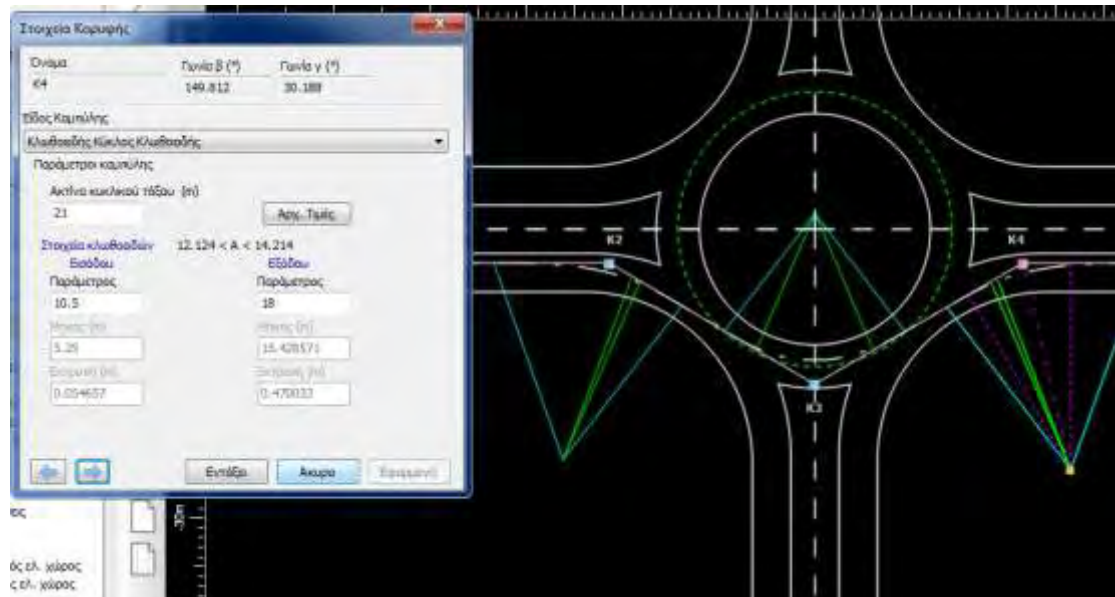
- Στην κορυφή Κ2: $A_1 = R_1 - 3$, $A_2 = R_1/2$



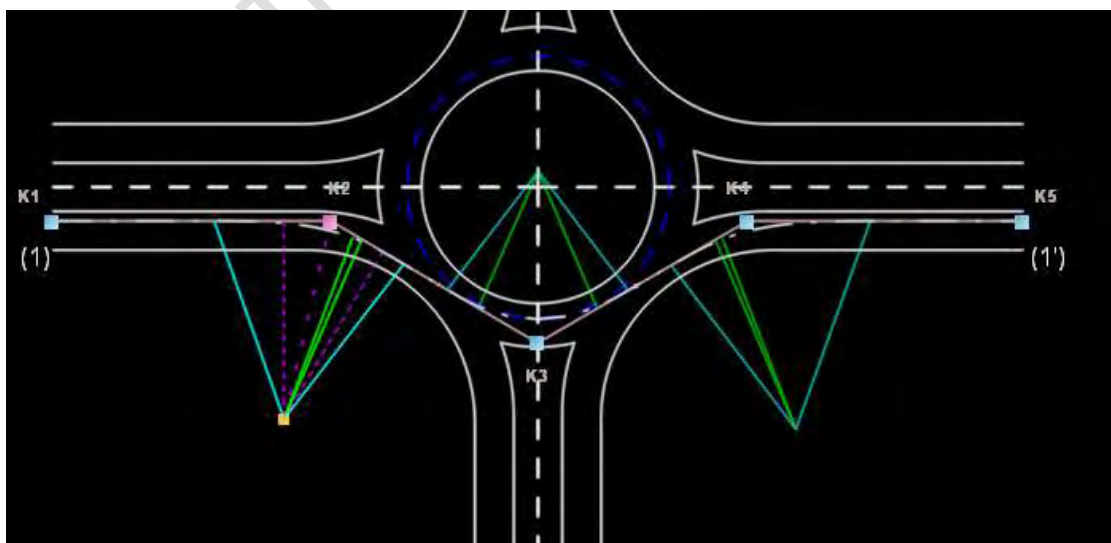
- Στην κορυφή Κ3: $A_1 = A_2 = R_2/2$



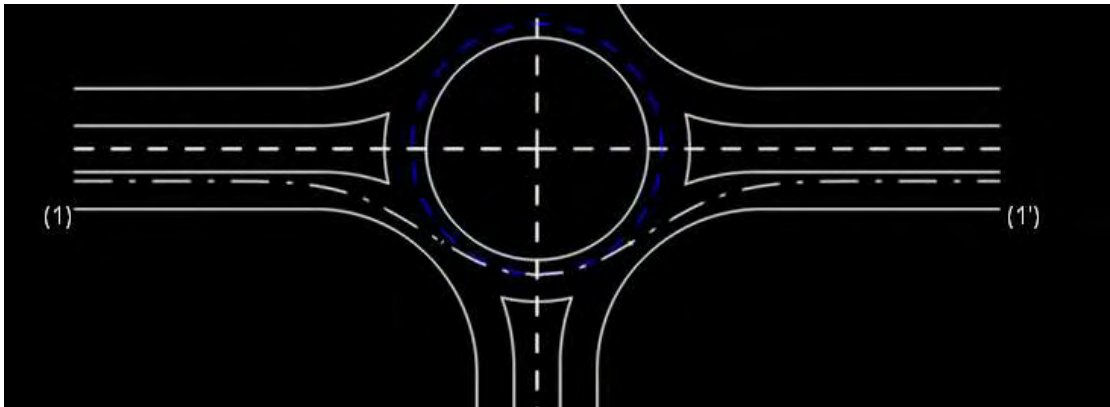
- Στην κορυφή Κ4: $A_1 = R_3/2$, $A_2 = R_3 - 3$



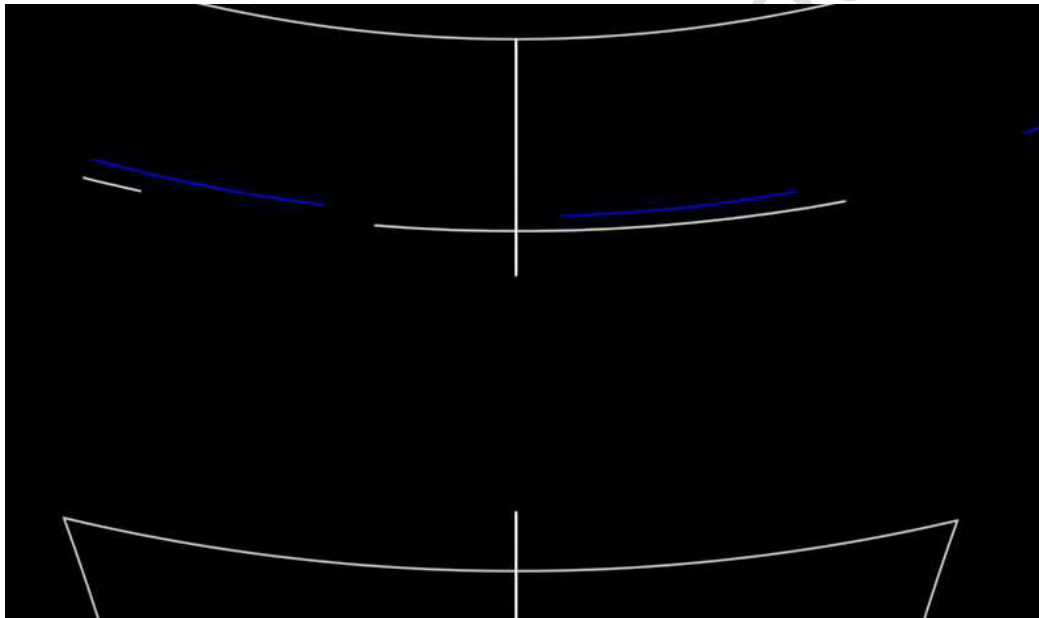
Σύμφωνα με το Σχήμα 3.2 η πορεία της συντομότερης διαδρομής εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας απέχει από την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου 1,5m. Με τη διαδικασία που ακολουθείται στα προηγούμενα βήματα έχουμε επιτύχει την προσέγγιση αυτής της επιθυμητής απόστασης όσο το δυνατόν καλύτερα (βλ. Εικόνα 6.1.1-19). Στην Εικόνα 6.2.1-19 μπορεί επίσης να παρατηρηθεί πως το κυκλικό τόξο των κορυφών Κ2 και Κ4 (οι πράσινες γραμμές της πολυγωνικής σε κάθε κορυφή) στην είσοδο και την έξοδο αντίστοιχα έχει ελαχιστοποιηθεί, το οποίο κάνει τη διαδρομή συντομότερη.



Εικόνα 6.2.1-19: Δρόμος 4 με πολυγωνική και άξονα



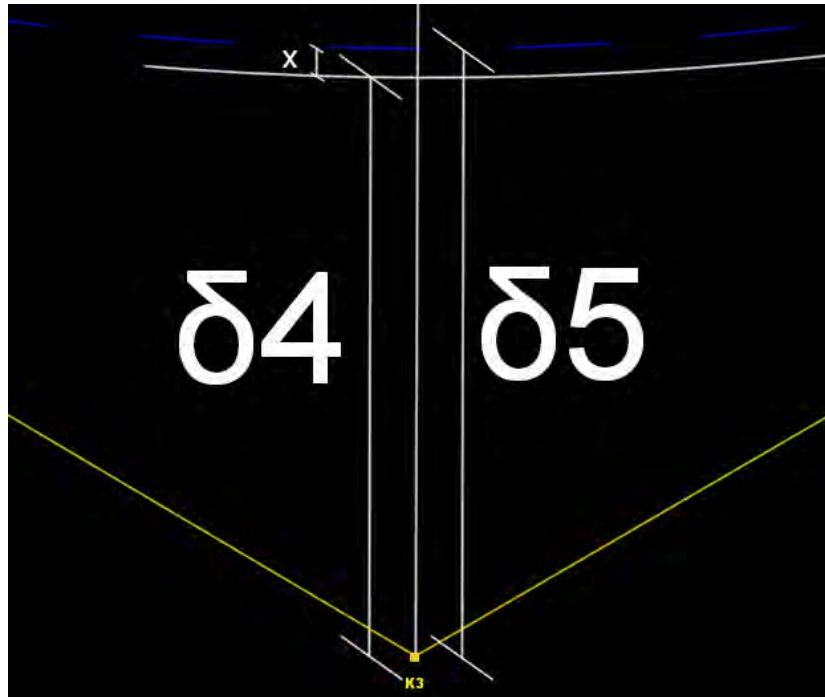
Εικόνα 6.2.1-20: Δρόμος 4 με άξονα



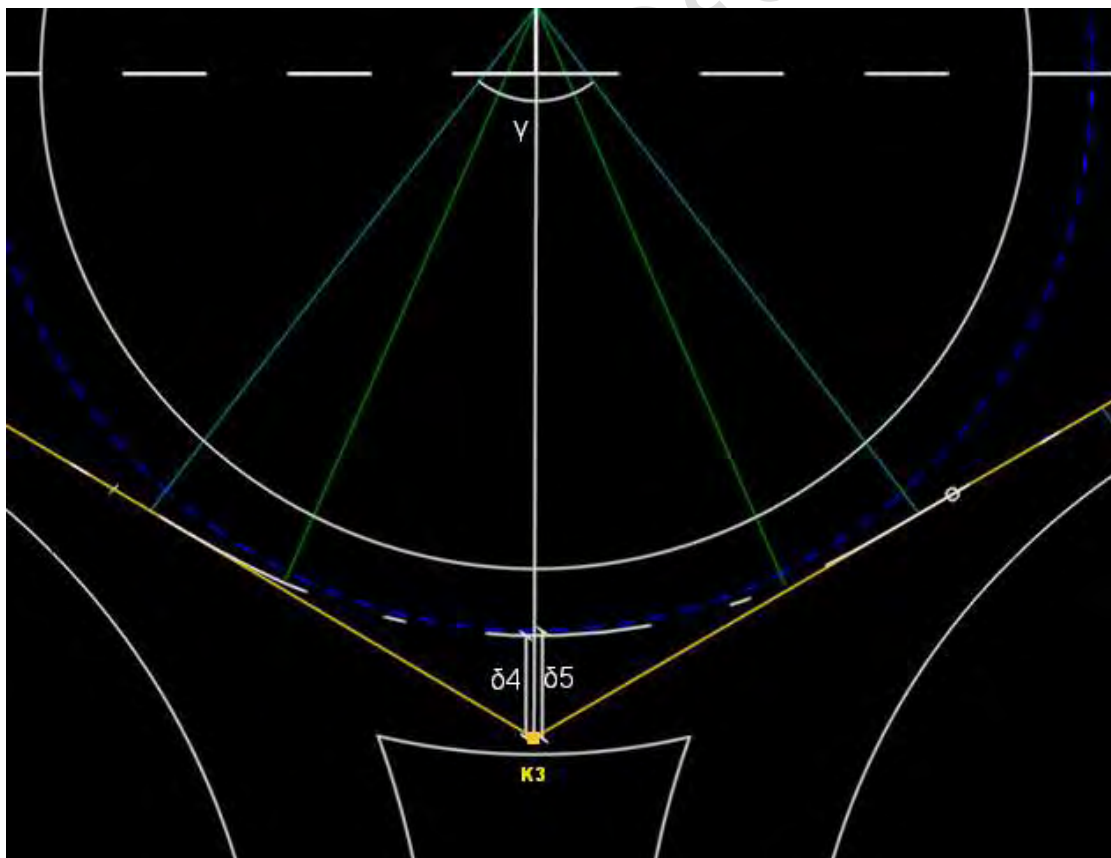
Εικόνα 6.2.1-21: Δρόμος 4 με zoom στην απόσταση του άξονα από την επιθυμητή βάσει ΟΜΟΕ

Βήμα 5^ο: Στο βήμα αυτό διαμορφώθηκε μία μέθοδος, σύμφωνα με την οποία καλύφθηκε η απόσταση της Εικόνας 6.2.1-21 και επιδιώχθηκε η ακριβέστερη προσέγγιση του άξονα του **Δρόμου 5** στην επιθυμητή απόσταση του 1,5m από την εσωτερική περίμετρο του κόμβου. Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι ο ακριβής υπολογισμός της ακτίνας που θα πρέπει να εφαρμοσθεί στην κορυφή Κ3.

Η πολυγωνική του **Δρόμου 5** θα παραμείνει ίδια με αυτή του **Δρόμου 4**.



Εικόνα 6.2.1-22



Εικόνα 6.2.1-23

Στην *Εικόνα 6.2.1-22* δίνονται οι αποστάσεις της κορυφής της πολυγωνικής του **Δρόμου 4**, K3, από τον άξονα του **Δρόμου 4** ($\delta 4$) και από την επιθυμητή απόσταση του 1,5m από την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου

κυκλοφορίας (δ_5). Ο υπολογισμός την ακτίνας R_5 του **Δρόμου 5** που διαμορφώνεται γίνεται ως εξής:

$$\delta_5 = x + \delta_4 \quad (6-3)$$

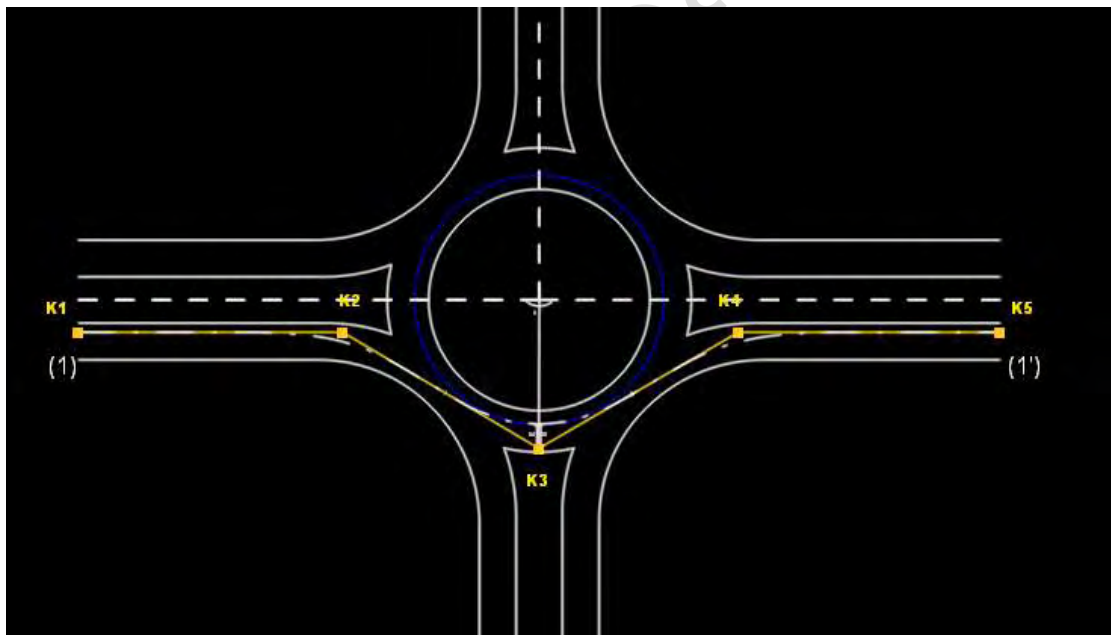
$$\delta_4 = \frac{R_{\delta\rho\mu\omicron\nu 4} + \varepsilon_4}{\cos\frac{\gamma}{2}} - R_{\delta\rho\mu\omicron\nu 4} \quad (6-4)$$

*Η απόσταση x είναι μετρήσιμη και ε είναι η εκτροπή

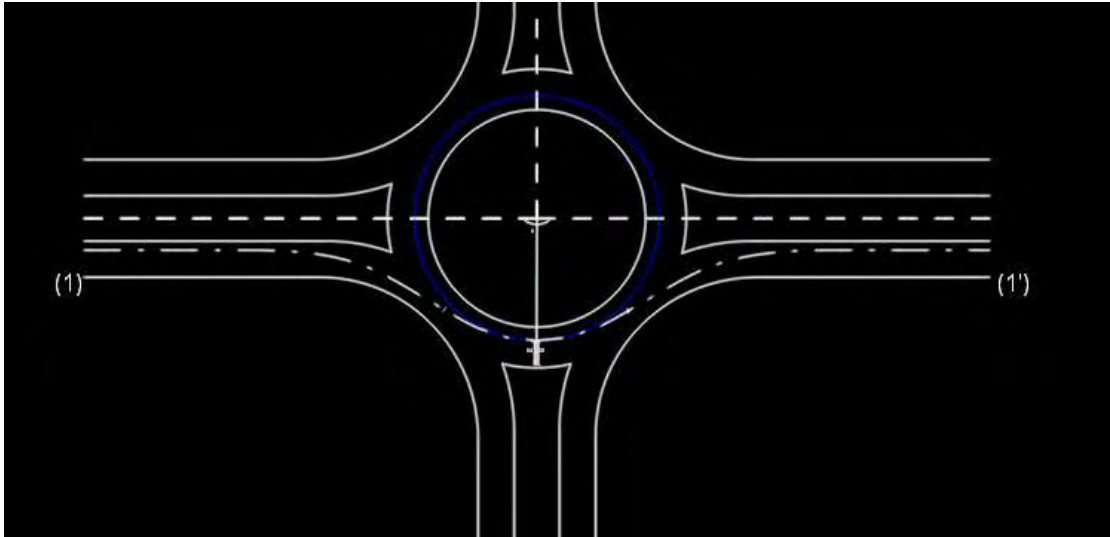
$$\delta_5 = \frac{R_{\delta\rho\mu\omicron\nu 5} + \varepsilon_5}{\cos\frac{\gamma}{2}} - R_5 \quad (6-5)$$

$$R_5 = \frac{(\delta_5 \times \cos\frac{\gamma}{2}) - \varepsilon_5}{1 - \cos\frac{\gamma}{2}} \quad (6-6)$$

Με τον τύπο αυτό υπολογίστηκε η ακτίνα της κορυφής K_3 για τον **Δρόμο 5**. Οι παράμετροι A στις κορυφές K_2 και K_4 παρέμειναν ίδιες με αυτές του **Δρόμου 4**, ενώ στην κορυφή K_3 αυξήθηκε η παράμετρος A τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο, έτσι ώστε η εκτροπή ε του **Δρόμου 5** να γίνει ίση με την εκτροπή του **Δρόμου 4** (βλ. Εικόνα 6.2.1-24).



Εικόνα 6.2.1-24: Δρόμος 5 με πολυγωνική και άξονα



Εικόνα 6.2.1-25: Δρόμος 5 με άξονα

Έτσι, με τον τρόπο που αναλύθηκε παραπάνω, μοντελοποιήθηκε η συντομότερη διαδρομή σε οποιονδήποτε κόμβο κυκλικής κίνησης ανεξαρτήτως γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Οι τελικές ακτίνες του Δρόμου 5 στις κορυφές $K2$, $K3$, $K4$ είναι και οι ακτίνες $R1$, $R2$, $R3$ του Σχήματος 6.2-1.

Στον Πίνακα 6.2.1-1 παρατίθενται αποτελέσματα ολοκληρωμένων παραδειγμάτων κόμβων κυκλικής κίνησης μίας λωρίδας, με άξονα οδών πρόσβασης διερχόμενο εκ του κέντρου.

Πίνακας 6.2.1-1

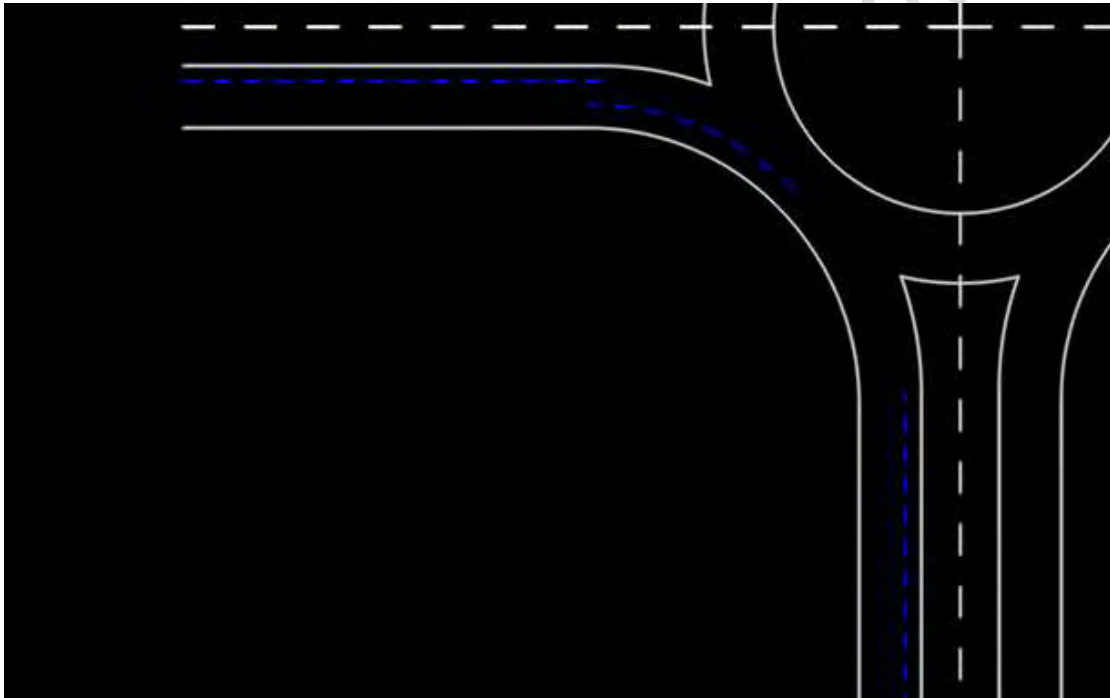
Ενδεικτικές τιμές $R1-R5$ και $V1-V5$ σε $K3$ μίας λωρίδας									
$R_{ε.π.}$	$R_{ε.π.}$	R_i	R_o	$R2$	$R1$	$R3$	$V1$	$V2$	$V3$
17,50	11,00	14,00	15,00	19,00	17,00	18,00	26,16	25,41	26,74
17,50	11,00	15,00	16,00	19,48	18,00	19,00	26,74	25,65	27,30
17,50	11,00	16,00	17,00	19,77	19,00	20,00	27,30	25,78	27,85
20,00	13,00	16,00	18,00	21,96	19,00	21,00	27,30	26,80	28,38
20,00	13,00	17,00	19,00	22,35	20,00	22,00	27,85	26,97	28,90
20,00	13,00	18,00	20,00	22,61	21,00	23,00	28,38	27,09	29,40
22,50	14,50	19,00	21,00	26,95	22,00	24,00	28,90	28,89	29,88
22,50	14,50	20,00	22,00	27,34	23,00	25,00	29,40	29,05	30,36
22,50	14,50	21,00	23,00	27,72	24,00	26,00	29,88	29,19	30,82

6.2.2 Υπολογισμός ακτίνων R4 και R5

Στην ενότητα αυτή αναλύεται με βήματα η διαδικασία με την οποία μοντελοποιούνται σε οποιονδήποτε Κόμβο Κυκλικής Κίνησης οι ακτίνες R4 και R5.

Πιο συγκεκριμένα, για την ακτίνα R4:

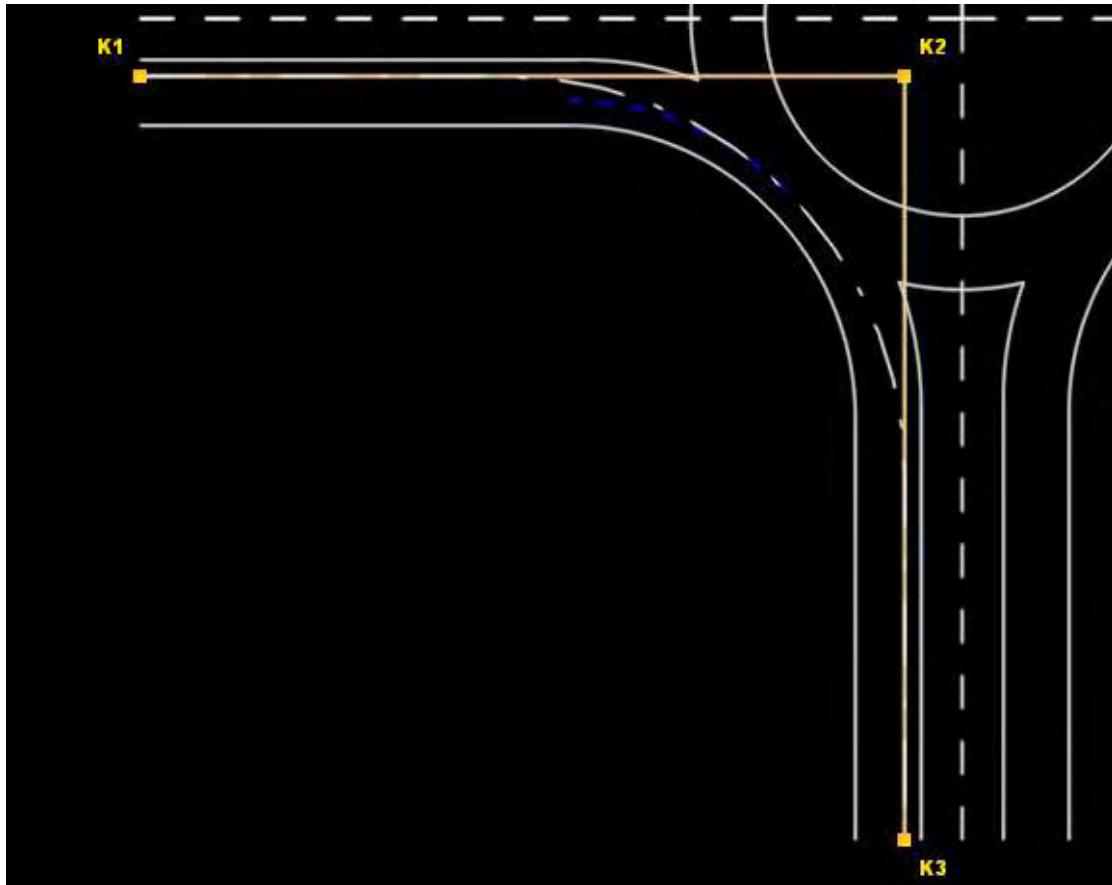
Στο σχήμα της *Εικόνας 6.2.2-1*, και σύμφωνα με το *Σχήμα 3.3*, σχεδιάστηκε ευθεία παράλληλη στην αριστερή οριογραμμή του εισερχόμενου και του εξερχόμενου κλάδου και σε απόσταση από αυτή ίση με $1m$, ενώ το μπλε διακεκομμένο τόξο στην είσοδο είναι η επιθυμητή απόσταση του $1,5m$ που θα πρέπει να απέχει η πορεία της συντομότερης διαδρομής από την δεξιά οριογραμμή στο σημείο της καμπύλωσης στην είσοδο.



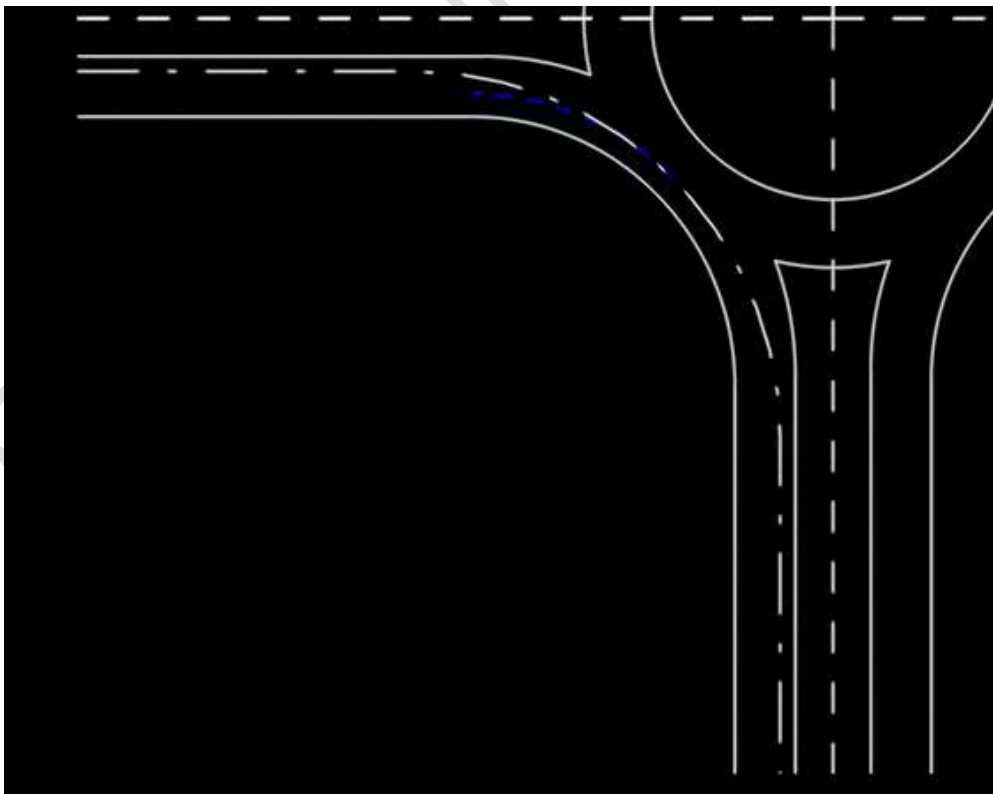
Εικόνα 6.2.2-1

Με προέκταση και ένωση των παραλλήλων ευθειών στον εισερχόμενο και εξερχόμενο κλάδο, διαμορφώθηκε η πολυγωνική του **Δρόμου 1**, στην κορυφή του οποίου εισάγω ακτίνα τέτοια, ώστε ο άξονας του **Δρόμου 1** να διέρχεται από την επιθυμητή απόσταση (βλ. *Εικόνα 6.2.2-2*)

*Στην *Εικόνα 6.2.2-1* ακτίνα της κορυφής K2 που εισήχθη είναι $24,25m$.



Εικόνα 6.2.2-2: Δρόμος 1 με πολυγωνική και άξονα



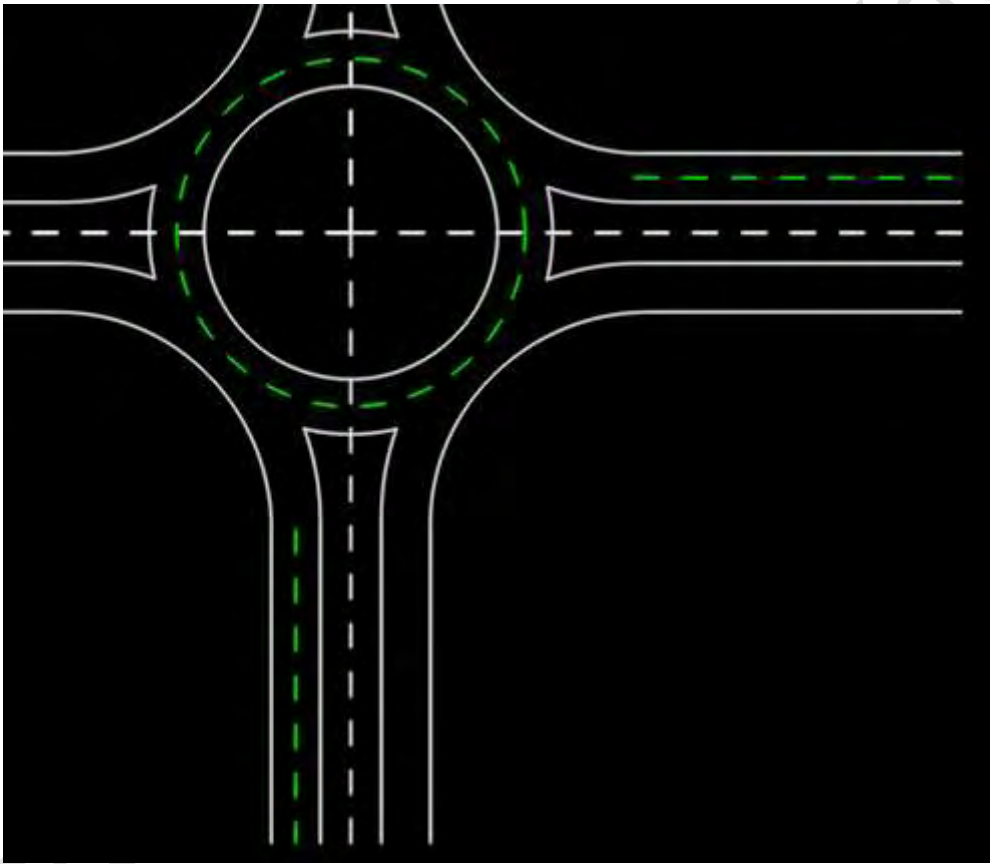
Εικόνα 6.2.2-3: Δρόμος 1 με άξονα

Έτσι η ακτίνα που θα πρέπει να εισαχθεί τελικά στην κορυφή K_2 θα είναι και η ακτίνα R_4 που ορίζουν οι ΟΜΟΕ.

Για την ακτίνα R_5 :

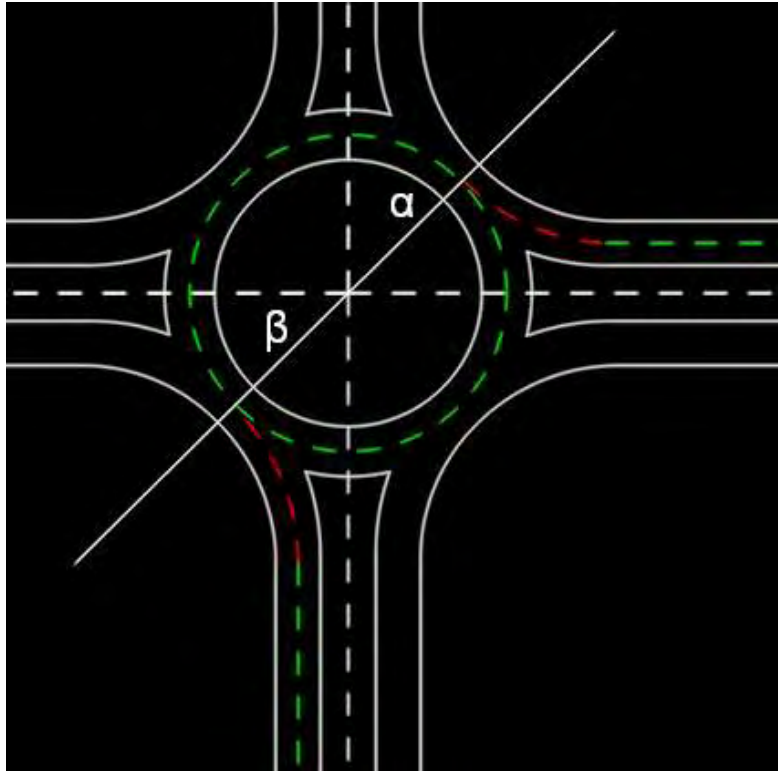
Βήμα 1^ο: Στο σχήμα της *Εικόνας 6.2.2-4* σχεδιάστηκαν ευθείες παράλληλες στην αριστερή οριογραμμή του εισερχομένου κλάδου και του εξερχομένου κλάδου (η έξοδος εδώ πραγματοποιείται στον κλάδο που σχηματίζει με τον εισερχόμενο γωνία 270°), και σε απόσταση από τις οριογραμμές αυτές ίση με $c/2$, δηλαδή το μισό πλάτος του οδοστρώματος των κλάδων πρόσβασης.

Έπειτα σχεδιάστηκε ο κύκλος που αντιστοιχεί στο μέσο του δακτυλίου κυκλοφορίας.



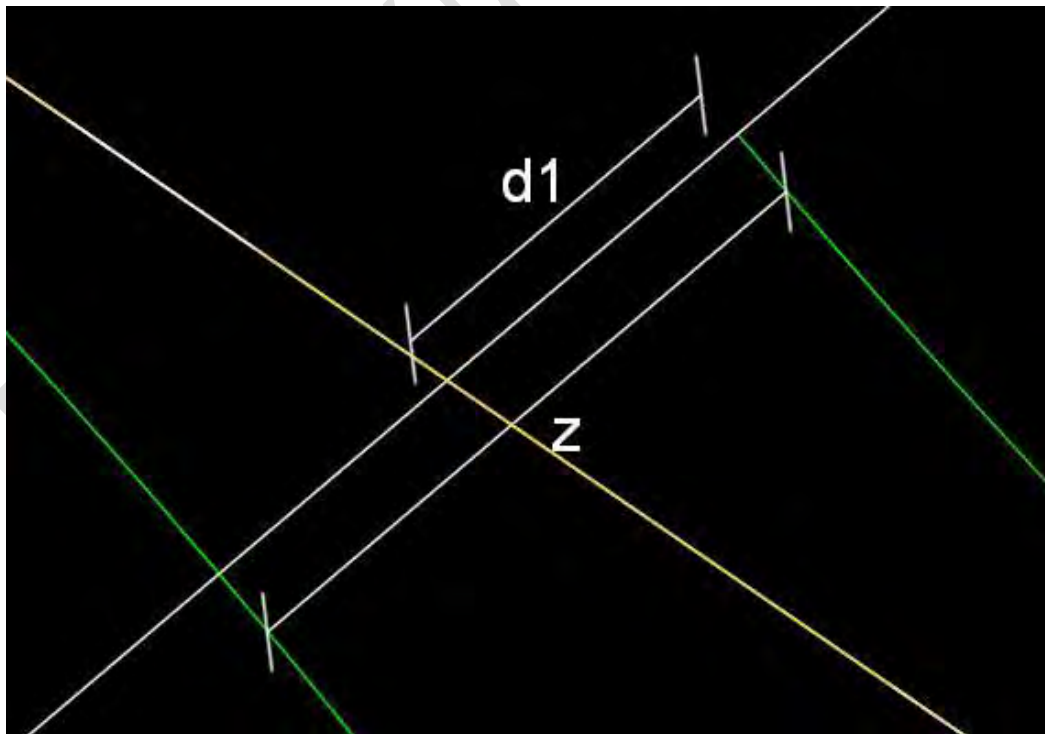
Εικόνα 6.2.2-4

Στη συνέχεια, ενώθηκε με ευθεία το κέντρο του κόμβου με το κέντρο του κύκλου εισόδου και εξόδου (ευθείες (α) και (β)) και σχεδιάστηκαν τα τόξα στην είσοδο και την έξοδο σε απόσταση από την δεξιά οριογραμμή ίση με $c/2$ (βλ. *Εικόνα 6.2.2-5*).



Εικόνα 6.2.2-5

Όπως και στο 1^ο Βήμα του υπολογισμού των ακτινών R_1 , R_2 , R_3 , έτσι και εδώ, τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο, βρέθηκε η κοινή εφαπτομένη των κύκλων στην είσοδο και στην έξοδο με την ίδια διαδικασία (Εικόνα 6.2.2-6).



Εικόνα 6.2.2-6

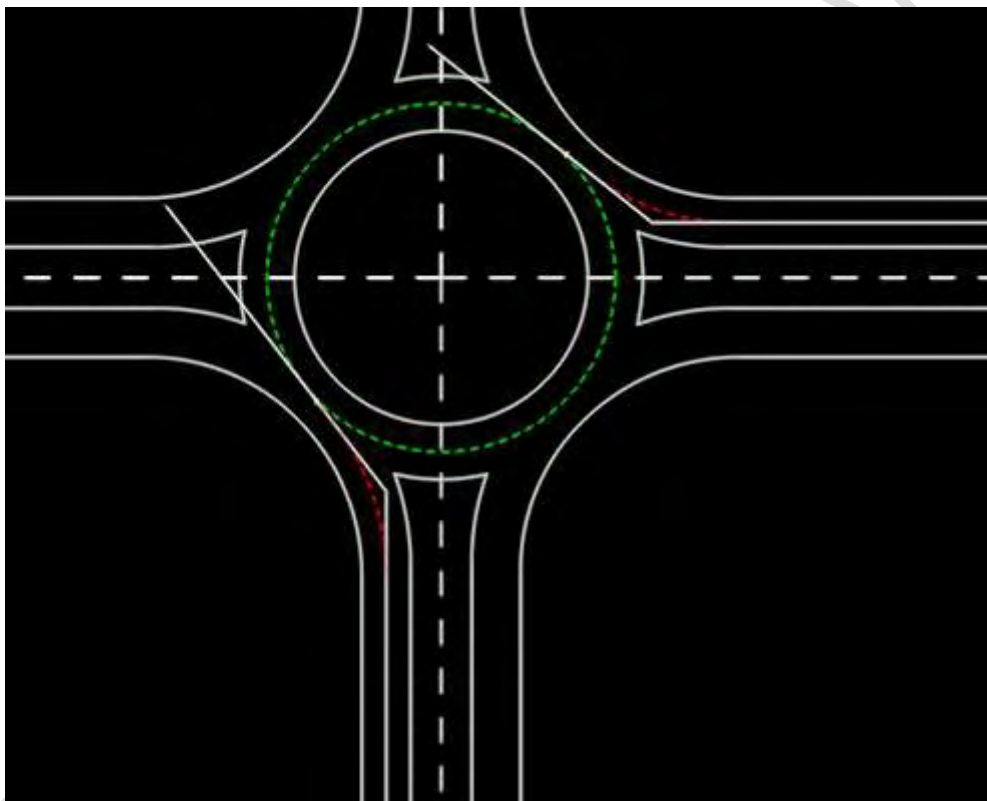
$$d_1 = \frac{z \times \left(Ri + \frac{c}{2}\right)}{\left(Ri + \frac{c}{2}\right) + (R2)} \quad (6-7)$$

Όπου $R2$, η ακτίνα του κύκλου που περνά από το μέσο του δακτυλίου κυκλοφορίας.

Το ίδιο ισχύει και για την απόσταση στο σημείο της εξόδου

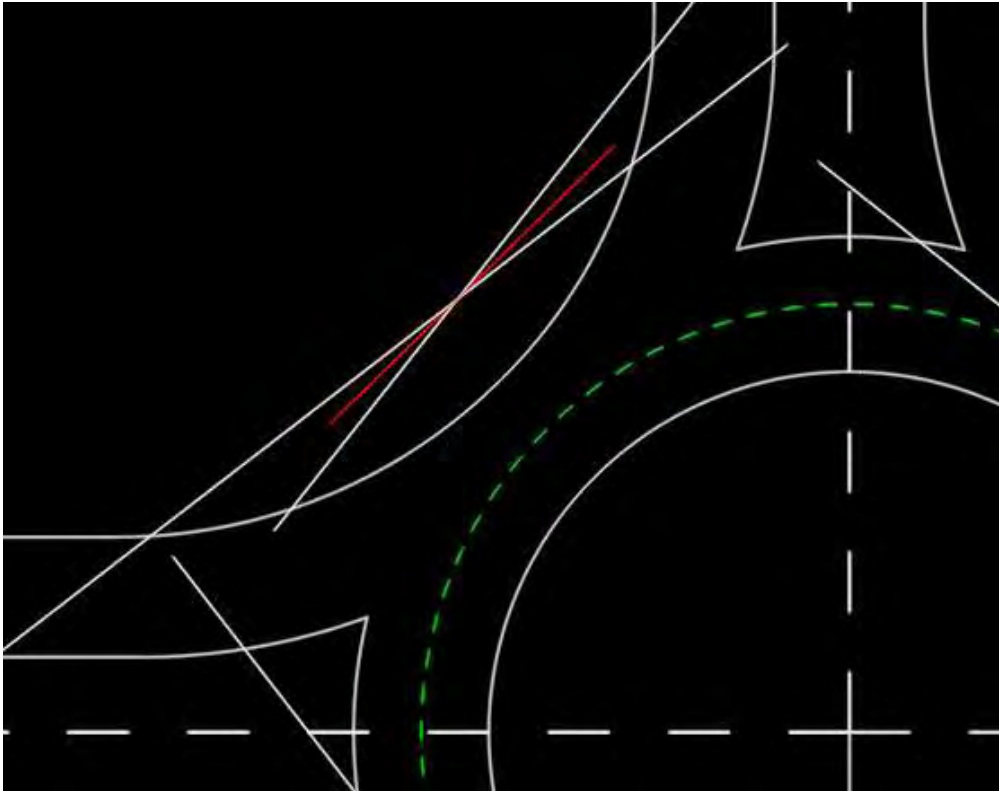
$$d_1' = \frac{z' \times \left(Ro + \frac{c}{2}\right)}{\left(Ro + \frac{c}{2}\right) + (R2)} \quad (6-8)$$

Με βάση αυτόν τον τύπο βρέθηκε το σημείο σύμφωνα με το οποίο περιστράφηκαν οι ευθείες (α) και (β) έτσι ώστε να γίνουν εφαπτόμενες στους δυο κύκλους (βλ. *Εικόνα 6.2.2-7*).



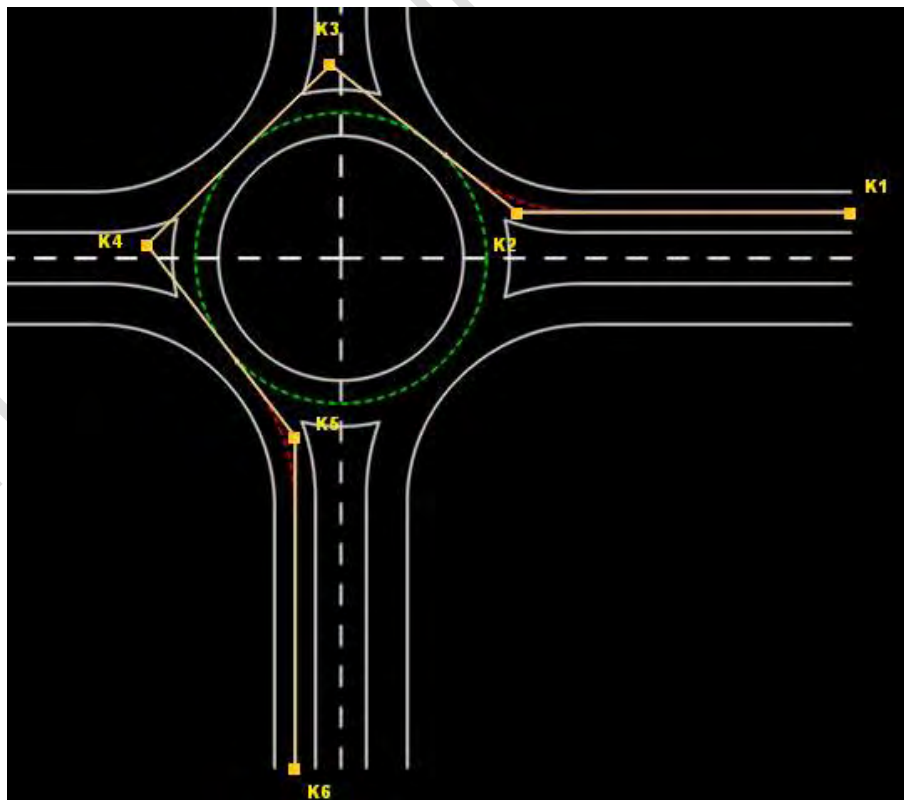
Εικόνα 6.2.2-7

Στη συνέχεια, σχεδιάσθηκαν ευθείες κάθετες στις (α) και (β) και η διχοτόμος αυτών με στόχο την ολοκλήρωση της πολυγωνικής του **Δρόμου 1** (βλ. *Εικόνα 6.2.2-8* και *6.2.2-9*).



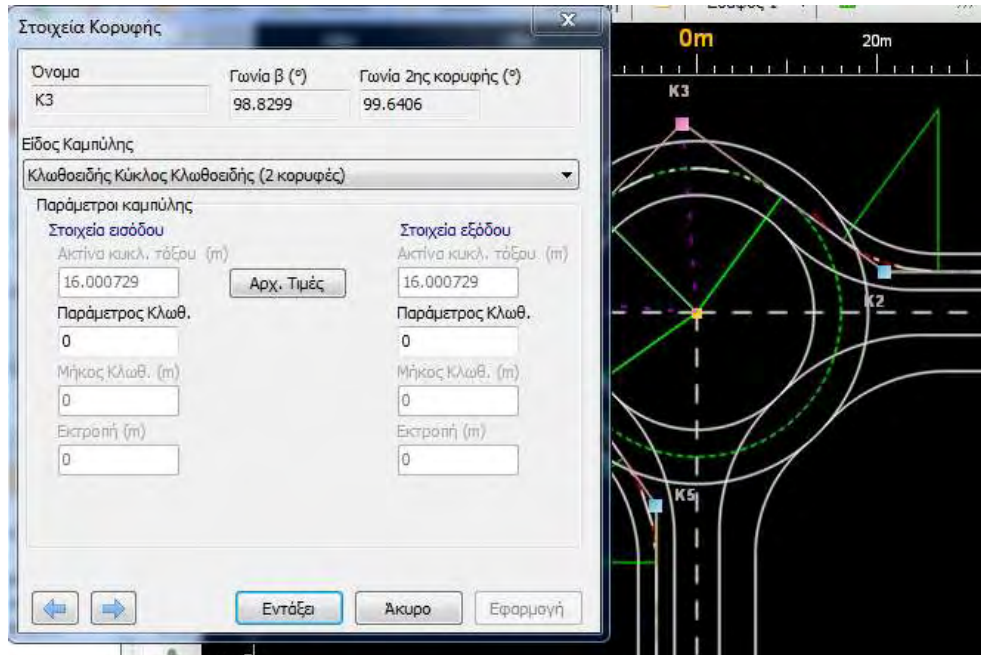
Εικόνα 6.2.2-8

Μετακινήθηκε η διχοτόμος (κόκκινη ευθεία) έτσι ώστε να γίνει εφαπτόμενη στον κύκλο του μέσου του δακτυλίου κυκλοφορίας.



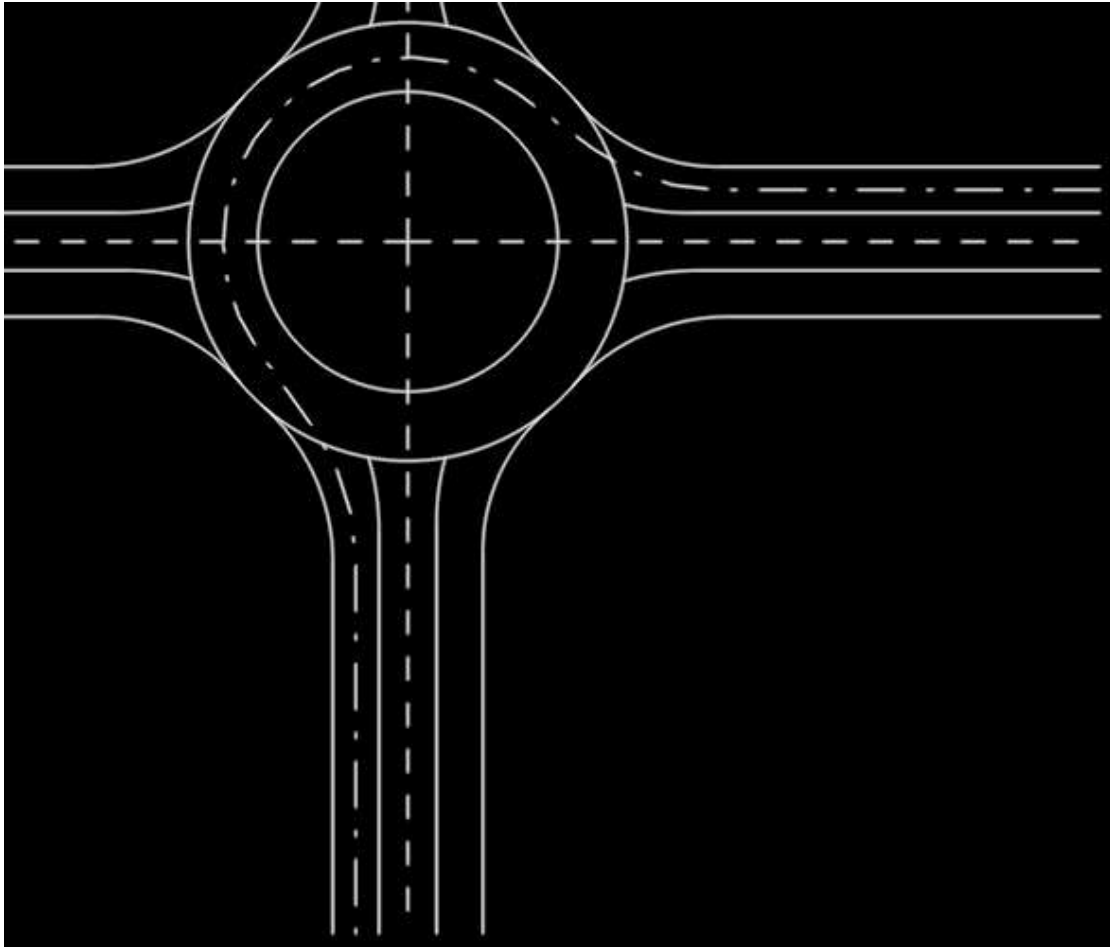
Εικόνα 6.2.2-9

- Στην κορυφή Κ2 εισήχθη ακτίνα ίση με $Ri+c/2$
- Στις κορυφές Κ3 και Κ4, μέσω εντολής του προγράμματος μετατράπηκε το είδος της καμπύλης από Κλωθοειδής Κύκλος Κλωθοειδής σε Κλωθοειδής Κύκλος Κλωθοειδής (2 κορυφές) και ορίζοντας τις αρχικές τιμές προέκυψε η ακτίνα (όμοια) στις 2 κορυφές (βλ. *Εικόνα 6.2.2-10*).
- Στην κορυφή Κ5 εισήχθη ακτίνα με τιμή ίση με $Ro+c/2$.



Εικόνα 6.2.2-10

Μέσω αυτής της διαδικασίας ολοκληρώθηκε η διαμόρφωση του **Δρόμου 1** (βλ. *Εικόνα 6.2.2-11*).

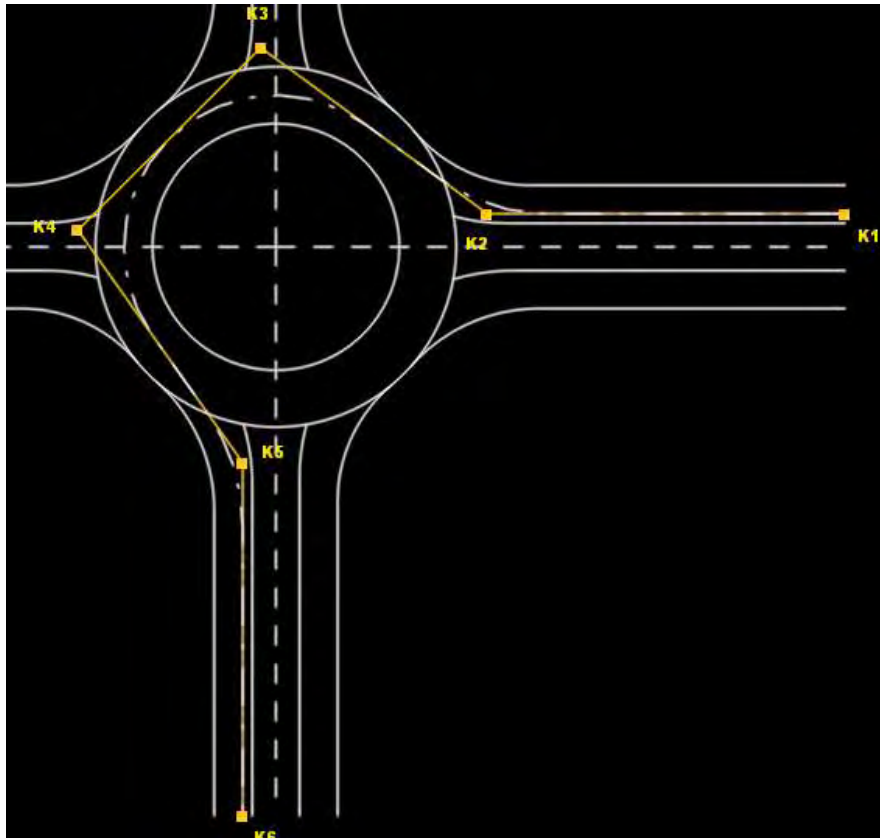


Εικόνα 6.2.2-11

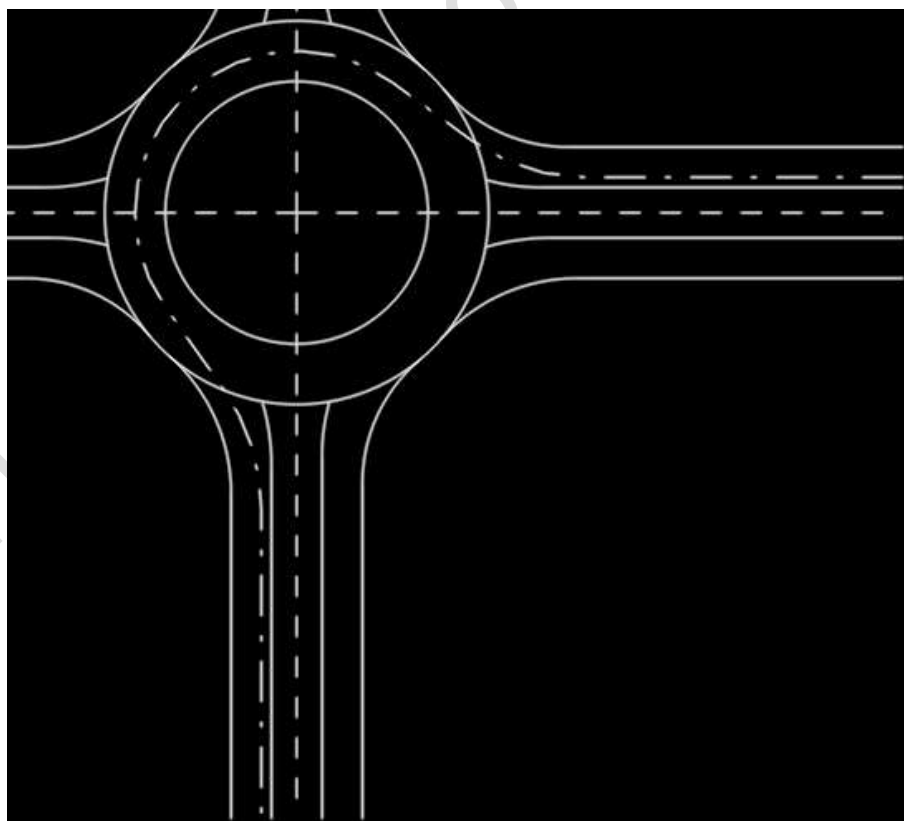
Βήμα 2^ο: Στο βήμα αυτό διαμορφώθηκε ο **Δρόμος 2** αλλάζοντας την πολυγωνική ως εξής:

- Προεκτάθηκαν τα σκέλη των κορυφών K2-K3 και K4-K5 έως ότου να τμήσουν τις ευθείες των επιθυμητών αποστάσεων βάσει ΟΜΟΕ (1m από αριστερή οριογραμμή).
- Ενώθηκαν τα καινούρια τμήματα και διαμορφώνω την πολυγωνική του **Δρόμου 2**.
- Στις κορυφές K2 και K5 προστέθηκαν στις τιμές των ακτινών του 1^{ου} βήματος η τιμή $c/2-1$

Έτσι διαμορφώνεται η πολυγωνική και ο άξονας του **Δρόμου 2**.



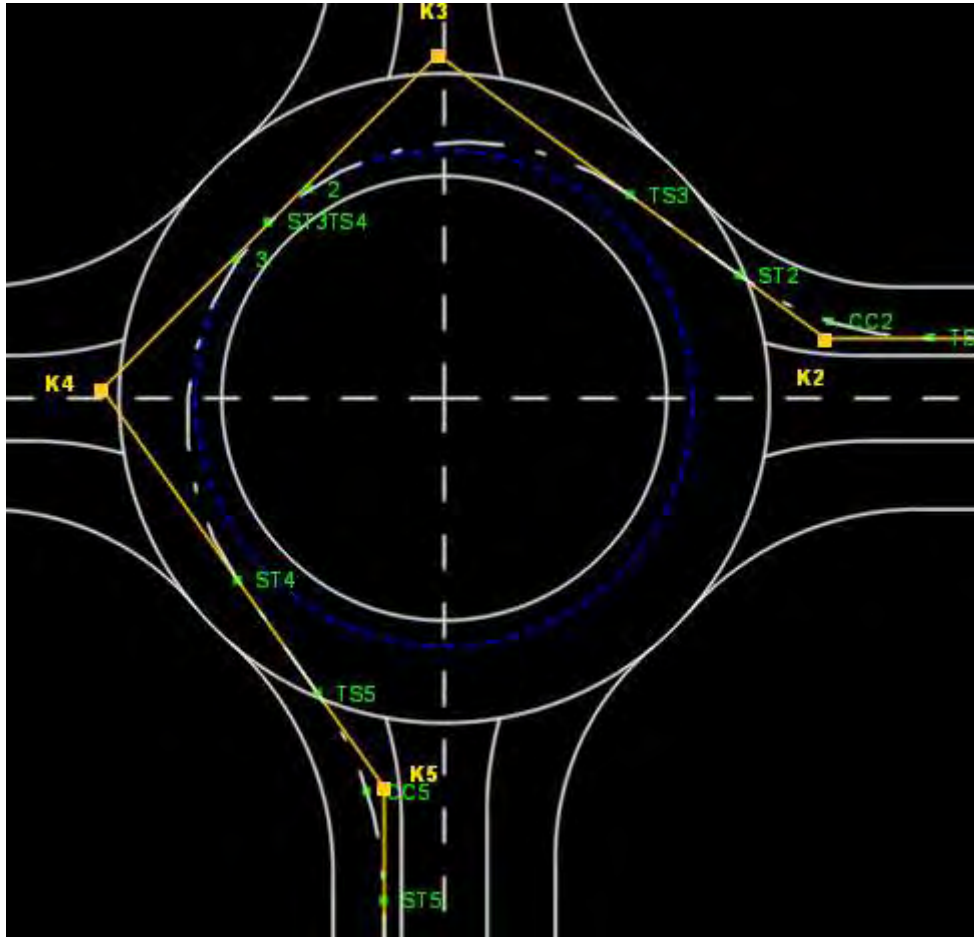
Εικόνα 6.2.2-12: Δρόμος 2 με πολυγωνική και άξονα



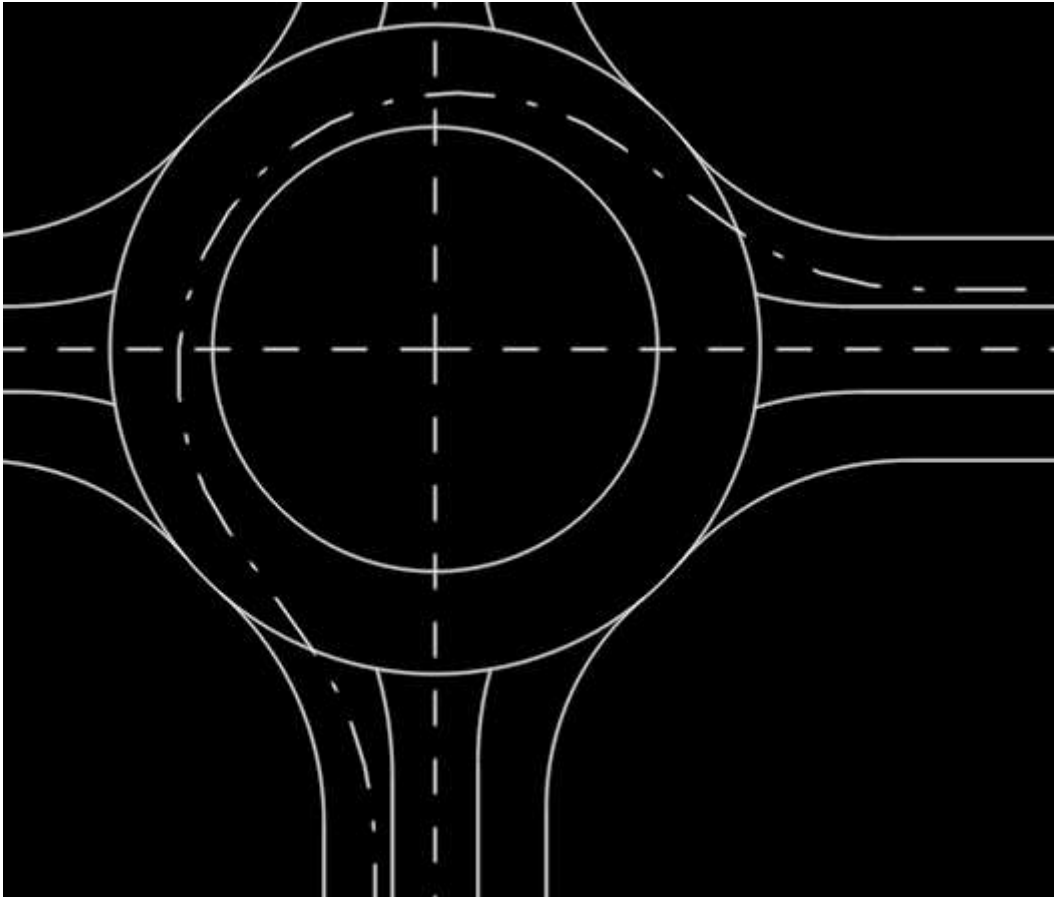
Εικόνα 6.2.2-13: Δρόμος 2 με άξονα

Βήμα 3^ο: Στο βήμα αυτό ο κλάδος ανάμεσα στις κορυφές Κ3 και Κ4 μεταφέρεται χωρίς να αλλάξει η κατεύθυνση του έτσι ώστε να γίνει εφαπτόμενος στον κύκλο που απέχει από την εσωτερική περίμετρο του δακτυλίου κυκλοφορίας απόσταση ίση με 1,5m, σύμφωνα με τους ΟΜΟΕ (βλ. Εικόνα 6.2.2-14).

Έτσι διαμορφώθηκε ο **Δρόμος 3**.



Εικόνα 6.2.2-14: Δρόμος 3 με πολυγωνική και άξονα



Εικόνα 6.2.2-15: Δρόμος 3 με άξονα

Με τη διαδικασία αυτή των 3 βημάτων και των 3 Δρόμων μοντελοποιήθηκε και διαμορφώθηκε η ακτίνα $R5$.

Η ακτίνα λοιπόν $R5$ είναι η ακτίνα που προκύπτει από τον Δρόμο 3 στις κορυφές $K3$ και $K4$ (όμοια λόγω διαδικασίας που ακολουθήθηκε).

Στον επόμενο Πίνακα 6.2.2-1 δίνονται οι αντίστοιχες τιμές των ακτινών $R4, R5$ και $V4, V5$ για τα παραδείγματα του Πίνακα 6.2.1-1.

Πίνακας 6.2.2-1

Ενδεικτικές τιμές $R4, R5$ και $V4, V5$ σε $K3$ μίας λωρίδας							
Ρεξ.περ.	Ρεσ.περ.	R_i	R_o	$R4$	$R5$	$V4$	$V5$
17,50	11,00	14,00	15,00	23,90	14,02	27,64	24,28
17,50	11,00	15,00	16,00	24,10	14,04	27,73	24,29
17,50	11,00	16,00	17,00	24,20	14,06	27,77	24,31
20,00	13,00	16,00	18,00	29,00	16,29	29,68	25,73
20,00	13,00	17,00	19,00	29,20	16,31	29,76	25,74
20,00	13,00	18,00	20,00	29,50	16,32	29,87	25,75
22,50	14,50	19,00	21,00	34,20	18,42	31,53	26,98
22,50	14,50	20,00	22,00	34,50	18,46	31,63	27,00
22,50	14,50	21,00	23,00	34,80	18,48	31,74	27,01

Κεφάλαιο 7

7. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική με τίτλο "Γεωμετρική Διερεύνηση Κόμβων Κυκλικής Κίνησης", επιτελέστηκε μία προσπάθεια εμβάθυνσης στη φιλοσοφία με την οποία μπορεί να διαμορφωθεί ένας λειτουργικός Κ3 με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όπως ακτίνα εξωτερικής και εσωτερικής περιμέτρου Κ3, ακτίνα εισόδου και εξόδου του κόμβου, άξονα οδών πρόσβασης κ.α.

Αναφέρθηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των Κ3 έναντι των συμβατικών ισόπεδων κόμβων, τα χαρακτηριστικά στοιχεία ενός Κ3 και τα όρια για τις κρίσιμες τιμές των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους σύμφωνα πάντα με τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων για τους Κ3 (ΟΜΟΕ Κ3).

Μοντελοποιήθηκαν με συγκεκριμένη διαδικασία και με αναλυτικά βήματα, τόσο η διαμόρφωση των Κ3 όσο και η συντομότερη διαδρομή των οχημάτων που κινούνται εντός των Κ3. Μέσω αυτής της διαδικασίας προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα για τα προβλήματα που ενδέχεται να αντιμετωπιστούν κατά τη διαμόρφωση τους και δόθηκαν απαντήσεις και λύσεις σε αυτά.

Οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη διαμόρφωση Κ3 διαφορετικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών και τη μοντελοποίηση της συντομότερης διαδρομής αυτών οδηγούν στη λήψη πολύτιμων συμπερασμάτων:

Για τους κόμβους κυκλικής κίνησης μίας λωρίδας:

- Διαμόρφωση με στόχο την αποφυγή του φαινομένου Overlap
- Διαμόρφωση με στόχο την αποφυγή του φαινομένου ύβου καμήλας

Για τους κόμβους κυκλικής κίνησης δυο λωρίδων:

- Διαμόρφωση με κριτήριο την εξασφάλιση του αποδεκτού σύμφωνα με ΟΜΟΕ μήκους της κοινής επαπτομένης των κύκλων εισόδου-εξόδου με τον κύκλο της εξωτερικής περιμέτρου του δακτυλίου κυκλοφορίας με στόχο την αποφυγή της επικάλυψης των πορειών των οχημάτων
- Διαμόρφωση με στόχο την αποφυγή του φαινομένου ύβου καμήλας, αλλά αποδεκτή η χρήση ευθυγράμμου τμήματος στην περίπτωση Overlap, με στόχο την καθοδήγηση των οδηγών στην έξοδο

Παρατήρηση: Σε οποιαδήποτε περίπτωση το πλάτος του δακτυλίου κυκλοφορίας να είναι 1-1,2 φορές μεγαλύτερο του πλάτους εισόδου

Για τη συντομότερη διαδρομή:

- Στόχος της μοντελοποίησης είναι η διαφορά των ταχυτήτων στον κόμβο να μην υπερβαίνει τα 20km/h
- Στους κόμβους κυκλικής κίνησης 2 λωρίδων προτείνεται η ακτίνα εισόδου R_i να είναι μεγαλύτερη ή ίση των 20m ($R_i \geq 20m$)

Νέα πεδία για πιθανή μελλοντική έρευνα, που δεν αναπτύχθηκαν στην παρούσα διπλωματική, είναι τα εξής:

- Διαμόρφωση Διαχωριστικών Νησίδων σε Κ3
- Διαμόρφωση Κόμβων Κυκλικής Κίνησης σε Ανισόπεδους Κόμβους
- Έλεγχος Ορατότητας σε Κ3
- Διαμόρφωση Πεζοδιαβάσεων και Πεζοδρομίων σε Κ3
- Οδική Ασφάλεια σε Κ3
- Οδοφωτισμός σε Κ3
- Κυκλοφοριακή Σήμανση σε Κ3

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Βιβλιογραφία

- ΟΜΟΕ Κ3
- Roundabouts: an Informational Guide, US Department of Transportation
- Florida Roundabout Guide, Florida Department of Transportation
- Geometric Design of Roundabouts, The Highways Agency-The Scottish Office Development Department-The Welsh Office-The Department of the Environment for Northern Ireland

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

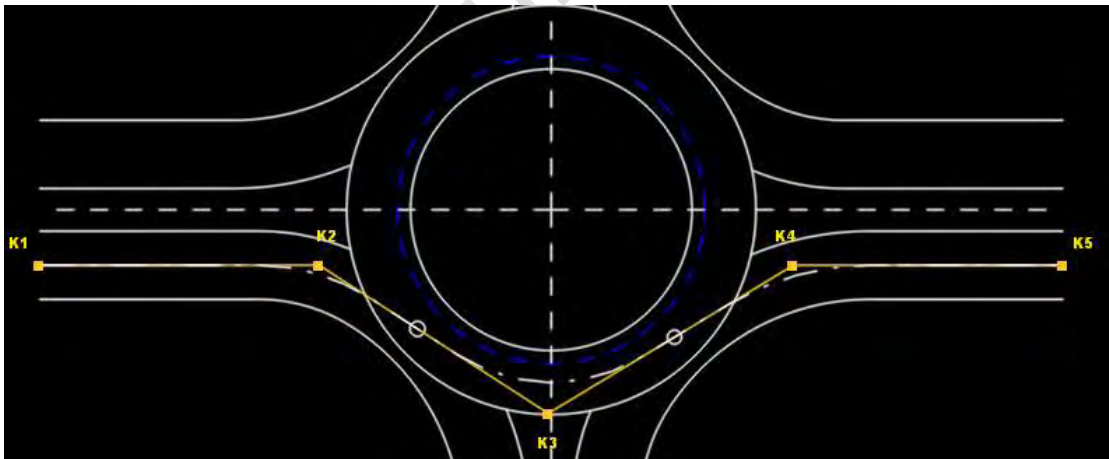
Παράρτημα Α

Στο Κεφάλαιο 6 αναλύθηκε διεξοδικά η διαδικασία με βάση την οποία μοντελοποιήθηκε η συντομότερη διαδρομή σε κόμβους κυκλικής κίνησης μίας λωρίδας, μέσω της δημιουργίας πέντε Δρόμων και μέσω αυτών, τον υπολογισμό των ακτινών R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 και των ταχυτήτων V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 .

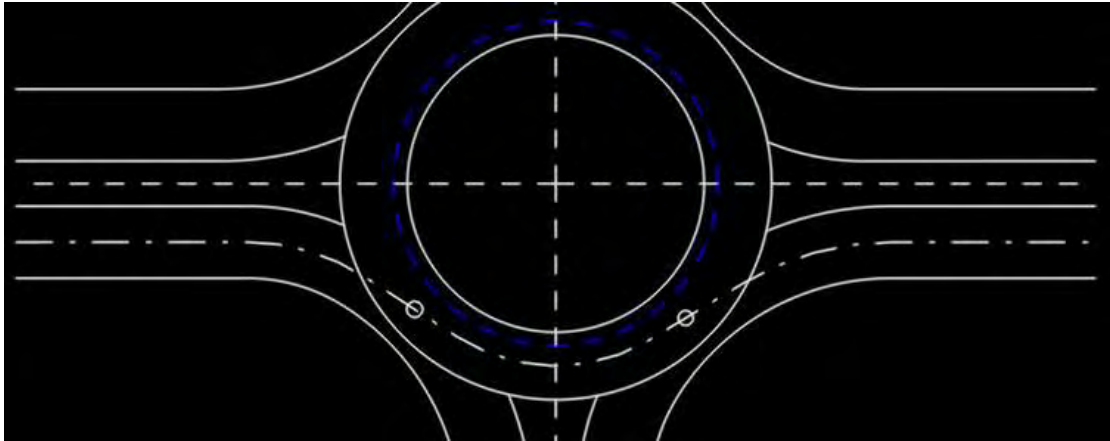
Στο Παράρτημα 1 αναλύεται η διαδικασία με την οποία θα μοντελοποιηθεί η συντομότερη διαδρομή σε κόμβους κυκλικής κίνησης 2 λωρίδων. Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι η διαδικασία διαμόρφωσης της συντομότερης διαδρομής στους Κ3 των 2 λωρίδων είναι ίδια με τη διαδικασία που ακολουθήθηκε για τους Κ3 1 λωρίδας και οι αποστάσεις της συντομότερης διαδρομής από τις οριογραμμές των οδών πρόσβασης, σύμφωνα με το Σχήμα 3-3, είναι ίδιες με αυτές της συντομότερης διαδρομής στους Κ3 2 λωρίδων.

Πιο συγκεκριμένα:

- Δημιουργία του Δρόμου 1, της πορείας που θα ακολουθήσει το όχημα αν μείνει στο μέσο τόσο των κλάδων πρόσβασης όσο και στο μέσο του δακτυλίου κυκλοφορίας. Στην κορυφή Κ2 εισήγαγα ακτίνα ίση με $R_i+c/2$, στην κορυφή Κ4 $R_o+c/2$ και στην κορυφή Κ3 την ακτίνα του μέσου του δακτυλίου κυκλοφορίας (βλ. Εικόνα Παράρτημα 1-1).

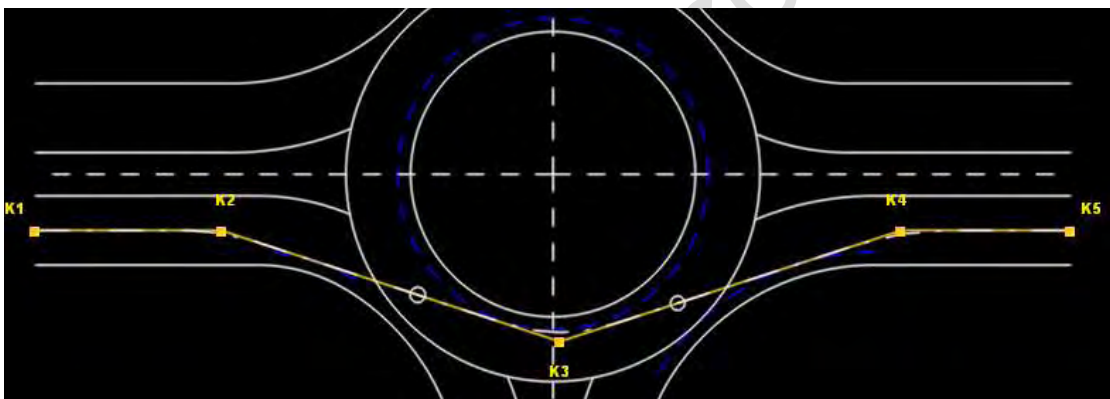


Εικόνα Παράρτημα 1-1: Πολυγωνική Δρόμου 1

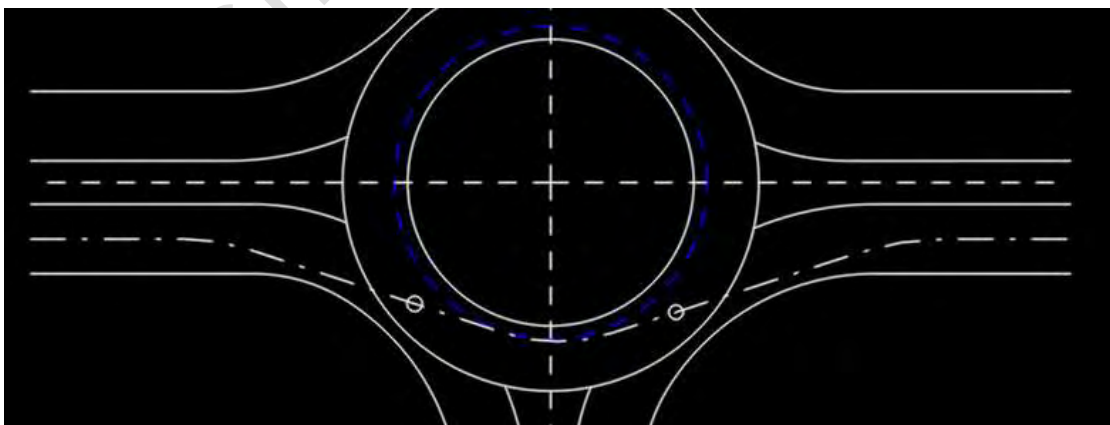


Εικόνα Παράρτημα 1-2: Άξονας Δρόμου 1

- Δημιουργία του Δρόμου 2, στροφή των υπό γωνία σκελών της πολυγωνικής του Δρόμου 1 μέχρις ότου γίνουν εφαπτόμενα της απόστασης του 1,5m από τα τόξα εισόδου-εξόδου στη δεξιά οριογραμμή. Οι ακτίνες στις κορυφές παραμένουν ίδιες με το Δρόμο 1 (βλ. Εικόνα Παράρτημα 1-3).



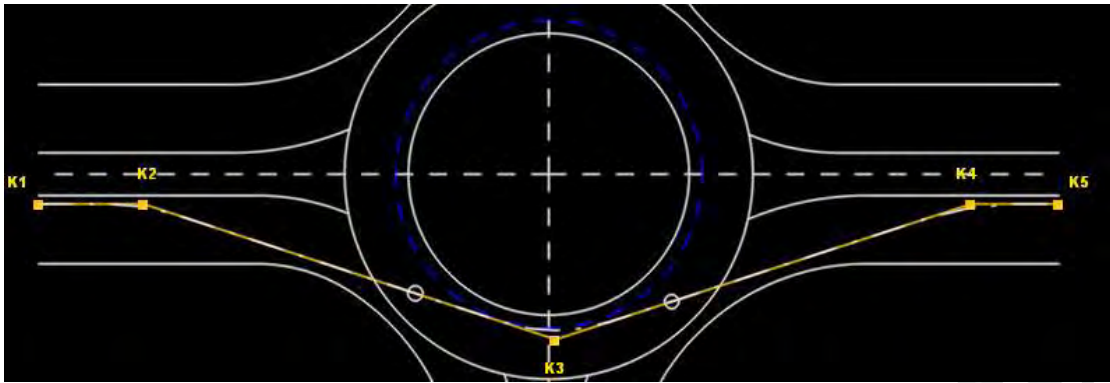
Εικόνα Παράρτημα 1-3: Πολυγωνική Δρόμου 2



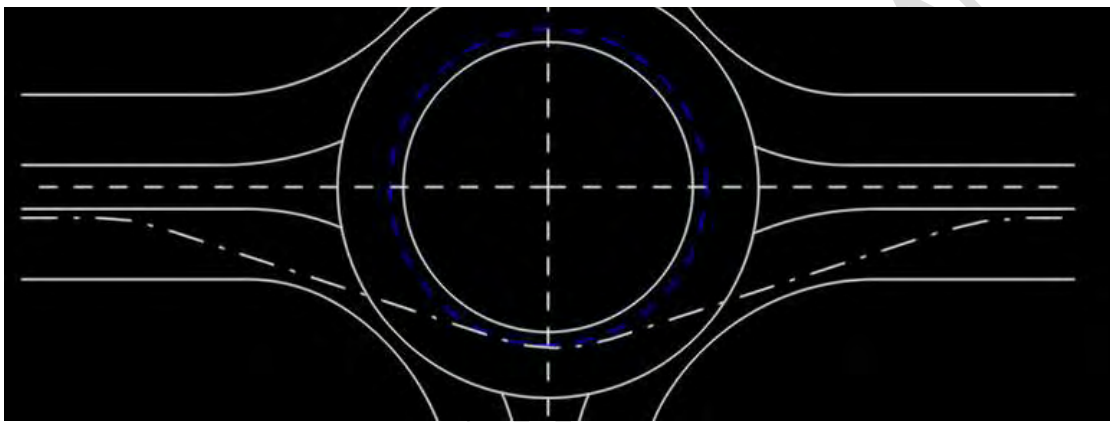
Εικόνα Παράρτημα 1-4: Άξονας Δρόμου 2

- Δημιουργία του Δρόμου 3, προεκτείνω τα μέλη των κορυφών K2-K3 και K3-K4 έως ότου να τμήσουν τις ευθείες που απέχουν από τις αριστερές οριογραμμές των οδών πρόσβασης 1m. Οι ακτίνες στις κορυφές

παραμένουν ίδιες με αυτές των προηγούμενων Δρόμων (βλ. *Εικόνα Παράρτημα 1-5*).



Εικόνα Παράρτημα 1-5: Πολυγωνική Δρόμου 3

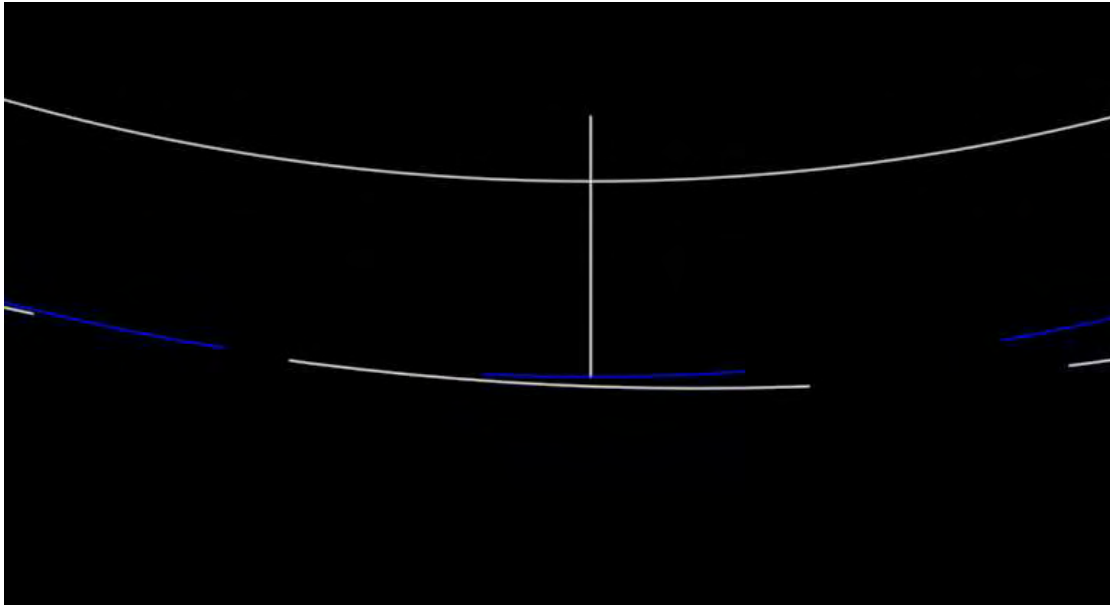


Εικόνα Παράρτημα 1-6: Αξονας Δρόμου 5

- Δημιουργία Δρόμου 4, έχει την ίδια πολυγωνική με το Δρόμο 3. Στην κορυφή K2 εισήχθηκε η ακτίνα του Δρόμου 3 προσθέτοντας την τιμή $c/2-1$. Την ίδια τιμή προσθέτουμε και στις υπόλοιπες ακτίνες και χρησιμοποιήθηκαν παράμετροι A (κλωθοειδής) όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 6 (βλ. *Εικόνα Παράρτημα 1-7*).

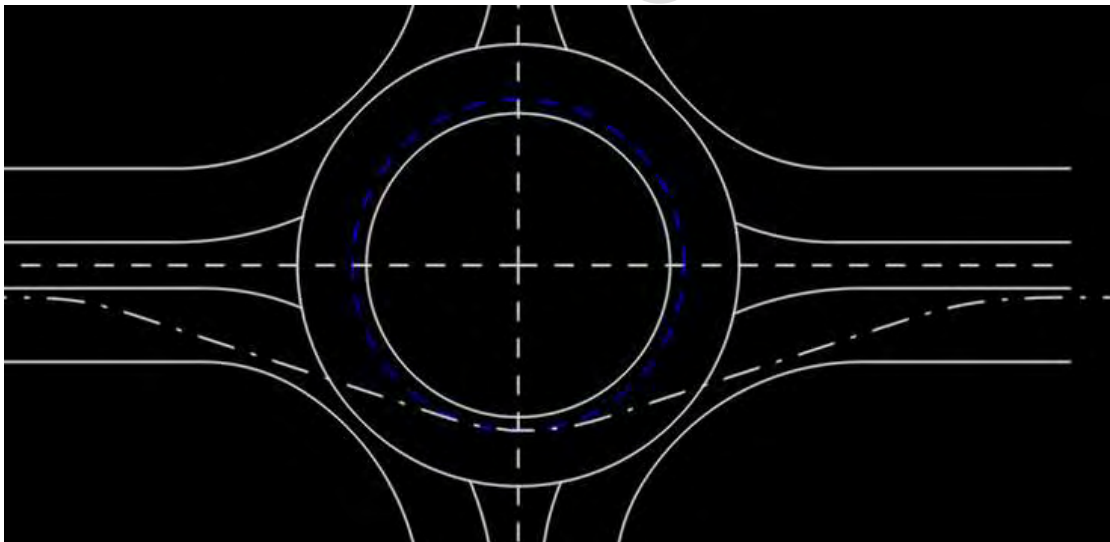


. Εικόνα Παράρτημα 1-7

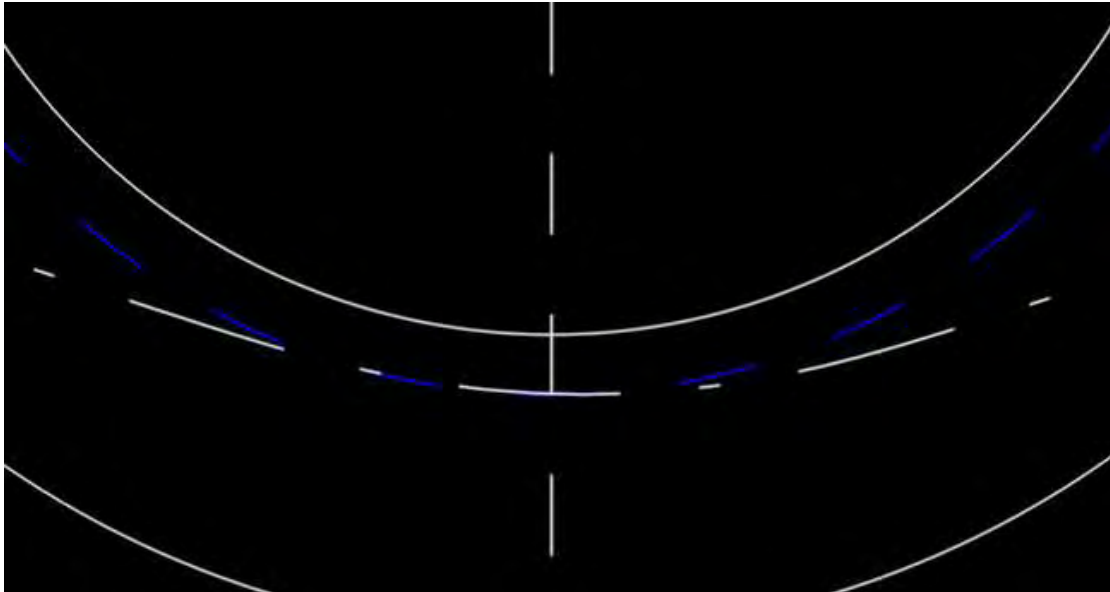


Εικόνα Παράρτημα 1-8: zoom στην απόσταση του Δρόμου 4 από την επιθυμητή στο δακτύλιο κυκλοφορίας

- Στο Δρόμο 5 χρησιμοποιήθηκε η ίδια μέθοδος με αυτή της Ενότητας 6.2.1 για να γίνει ο άξονας του Δρόμου 5 εφαπτόμενος με την επιθυμητή απόσταση (βλ. *Εικόνα Παράρτημα 1-9*).



Εικόνα Παράρτημα 1-9: Άξονας Δρόμου 5 (συντομότερη διαδρομή)



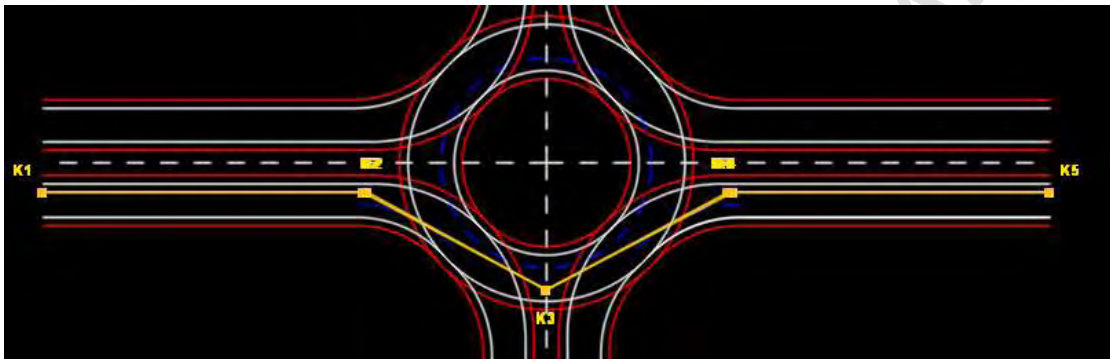
Εικόνα Παράρτημα 1-10: zoom στην εξασφάλιση της επιθυμητής απόστασης του Δρόμου 5

Παρατήρηση: Στις 2 λωρίδες η ακτίνα εισόδου που συνίσταται να επιλεγεί για να διαμορφωθεί ένας κόμβος πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση των 20m. Αυτό προτείνεται διότι στην αντίθετη περίπτωση, κατά τη διαμόρφωση του Δρόμου 2, το σκέλος ανάμεσα στις κορυφές K2-K3 (εισόδου) περιστρέφεται για να γίνει εφαπτόμενο της απόστασης του 1,5m από τη δεξιά οριογραμμή αλλά ταυτόχρονα τέμνει την επιθυμητή απόσταση στο δακτύλιο κυκλοφορίας της Εικόνας 1-10 του παραρτήματος.

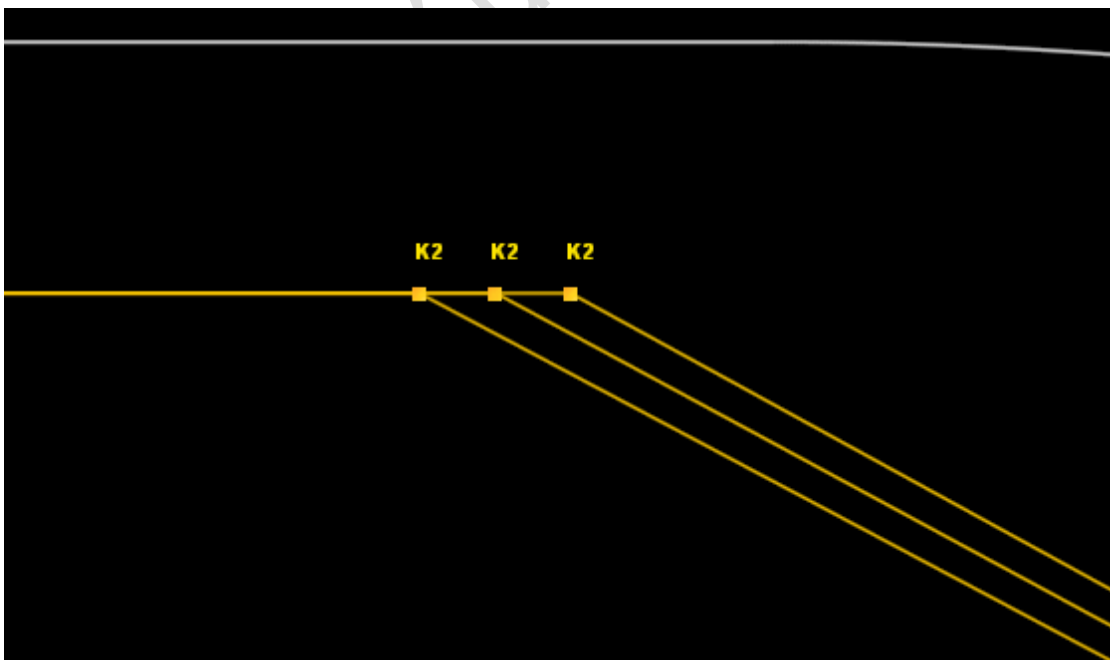
Παράρτημα Β

Στο Παράρτημα Β δίνονται εικόνες με τις πολυγωνικές των Δρόμων 5 που διαμορφώθηκαν στο Κεφάλαιο 6 για τον υπολογισμό των ακτινών $R1$, $R2$, $R3$ και με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που αναρτήθηκαν στους Πίνακες του ίδιου Κεφαλαίου. Σκοπός του Παραρτήματος είναι να παρουσιάσει τις διαφορές των θέσεων των κορυφών των πολυγωνικών και να τις συγκρίνει με στόχο την εξασφάλιση σημαντικών συμπερασμάτων.

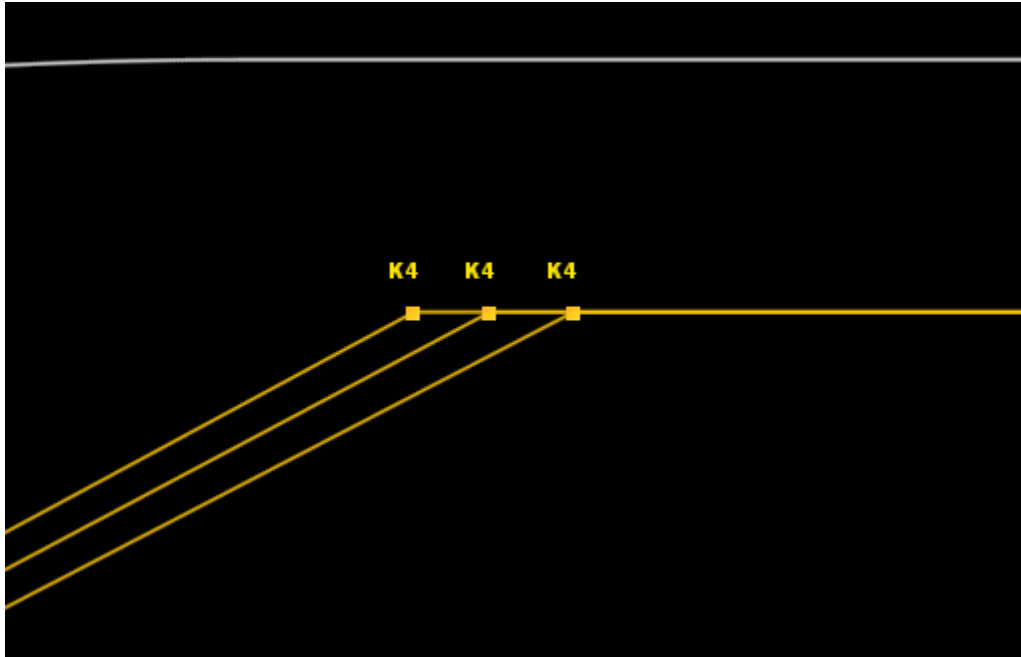
Για ακτίνα εξωτερικής περιμέτρου ίση με 17,5m διαμορφώθηκαν 3 παραδείγματα με ακτίνες εισόδου και εξόδου αντίστοιχα ίσες με 14-15, 15-16, 16-17. Οι πολυγωνικές των Δρόμων 5 των τριών αυτών παραδειγμάτων δίνονται στις επόμενες Εικόνες Παράρτημα Β-1,2,3,4.



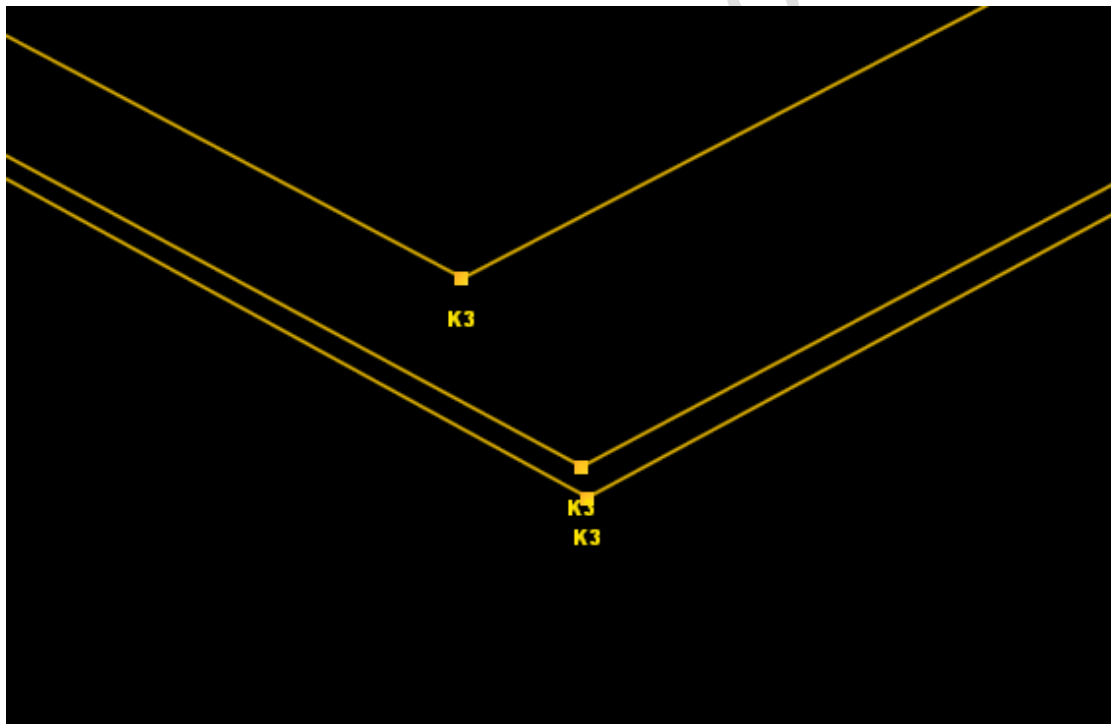
Εικόνα Παράρτημα Β-1



Εικόνα Παράρτημα Β-2: Κορυφές εισόδου

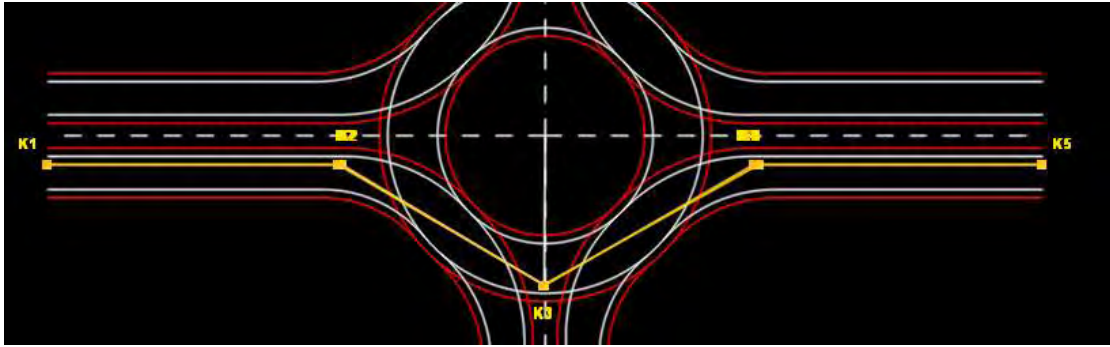


Εικόνα Παράρτημα Β-3: Κορυφές εξόδου

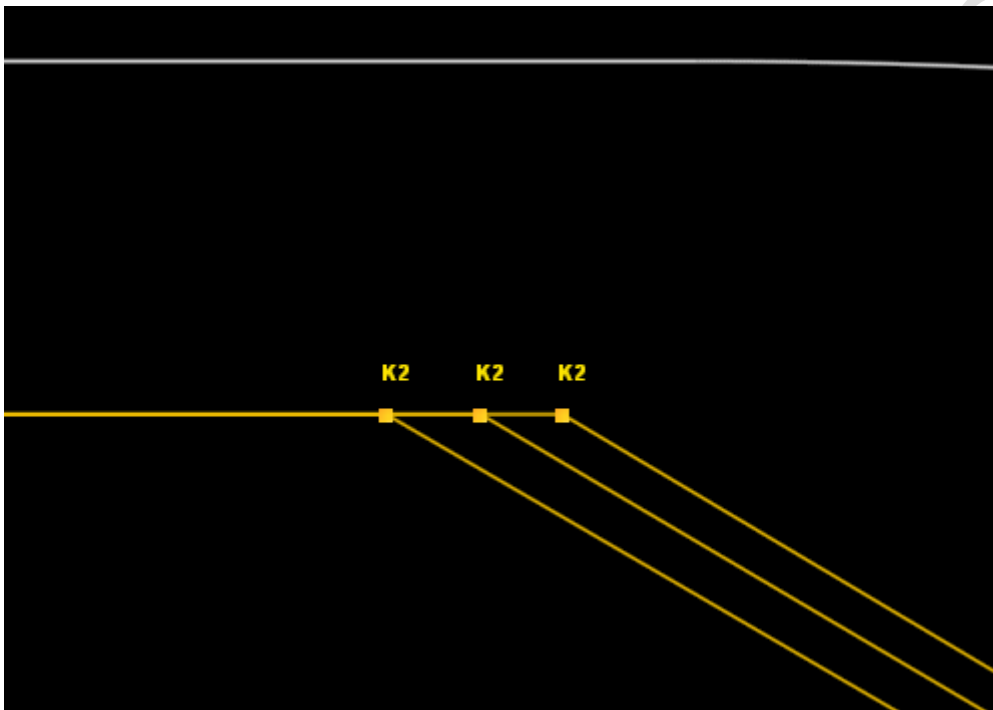


Εικόνα Παράρτημα Β-4: Κορυφές εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας

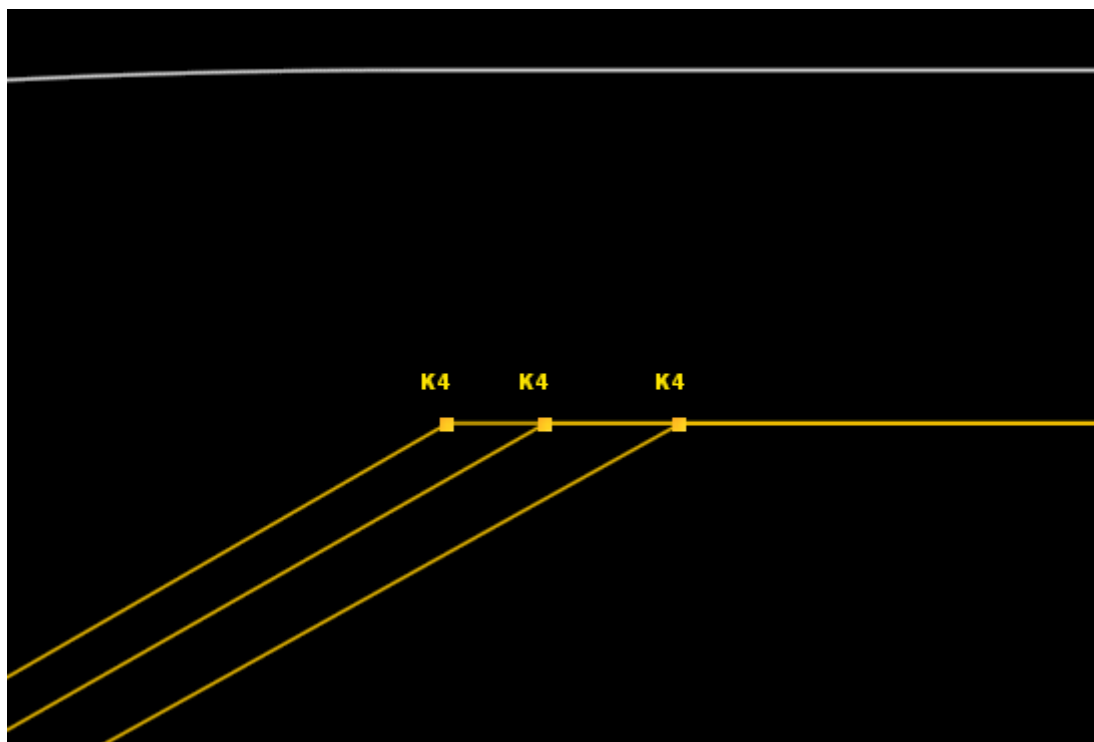
Για ακτίνα εξωτερικής περιμέτρου ίση με 20m διαμορφώθηκαν 3 παραδείγματα με ακτίνες εισόδου και εξόδου αντίστοιχα ίσες με 16-18, 17-19, 18-20. Οι πολυγωνικές των Δρόμων 5 των τριών αυτών παραδειγμάτων δίνονται στις επόμενες *Εικόνες Παράρτημα Β-5,6,7,8*.



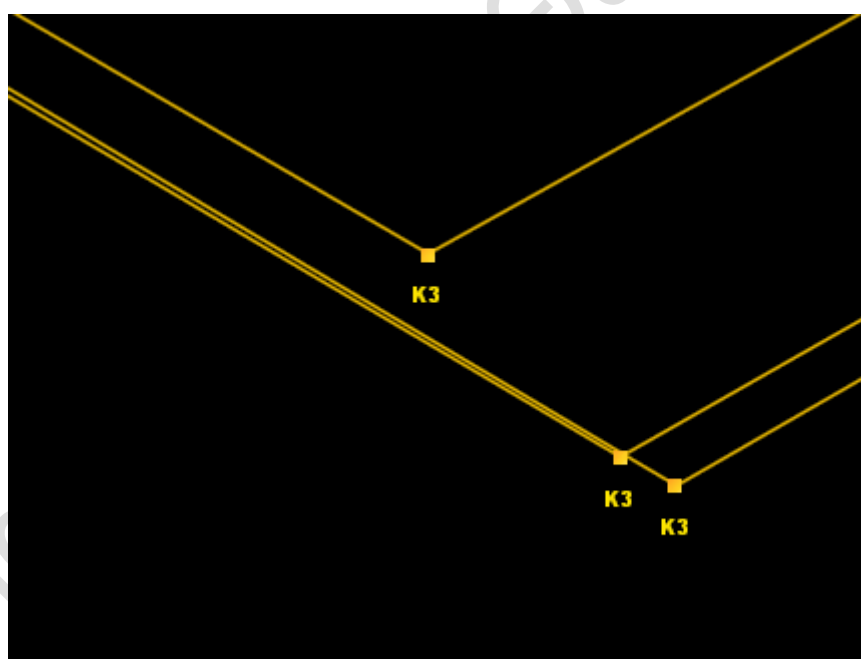
Εικόνα Παράρτημα Β-5



Εικόνα Παράρτημα Β-6: Κορυφές εισόδου

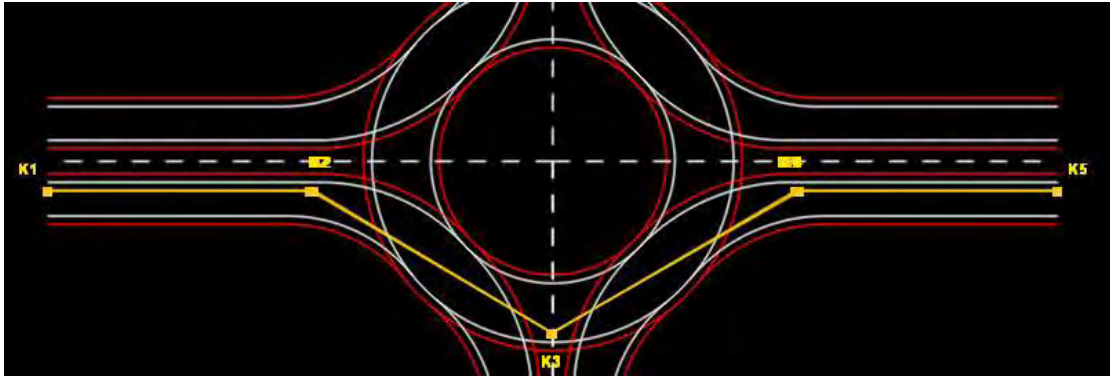


Εικόνα Παράρτημα Β-7: Κορυφές εξόδου

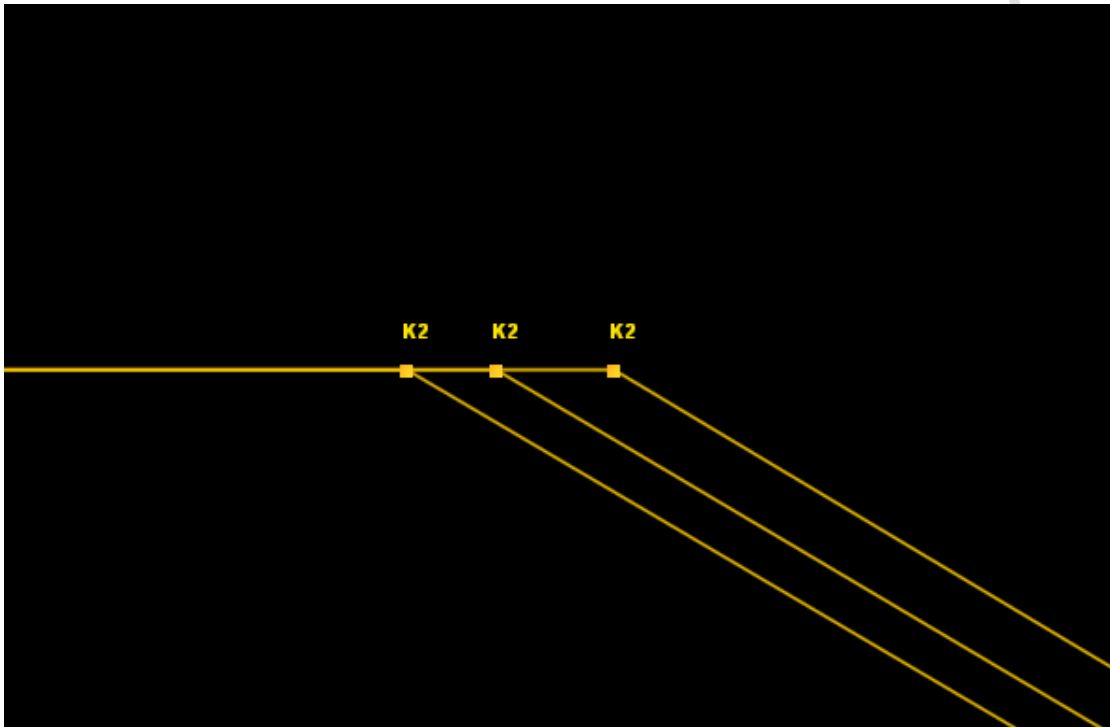


Εικόνα Παράρτημα Β-8: Κορυφές εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας

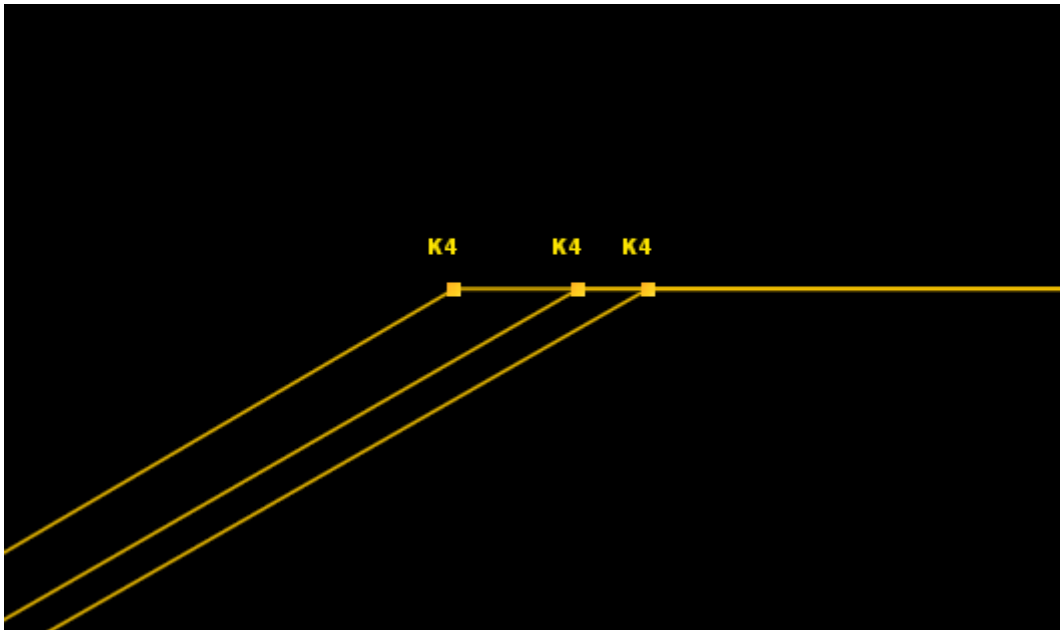
Για ακτίνα εξωτερικής περιμέτρου ίση με 22,5m διαμορφώθηκαν 3 παραδείγματα με ακτίνες εισόδου και εξόδου αντίστοιχα ίσες με 19-21, 20-22, 21-23. Οι πολυγωνικές των Δρόμων 5 των τριών αυτών παραδειγμάτων δίνονται στις επόμενες Εικόνες Παράρτημα Β-9,10,11,12.



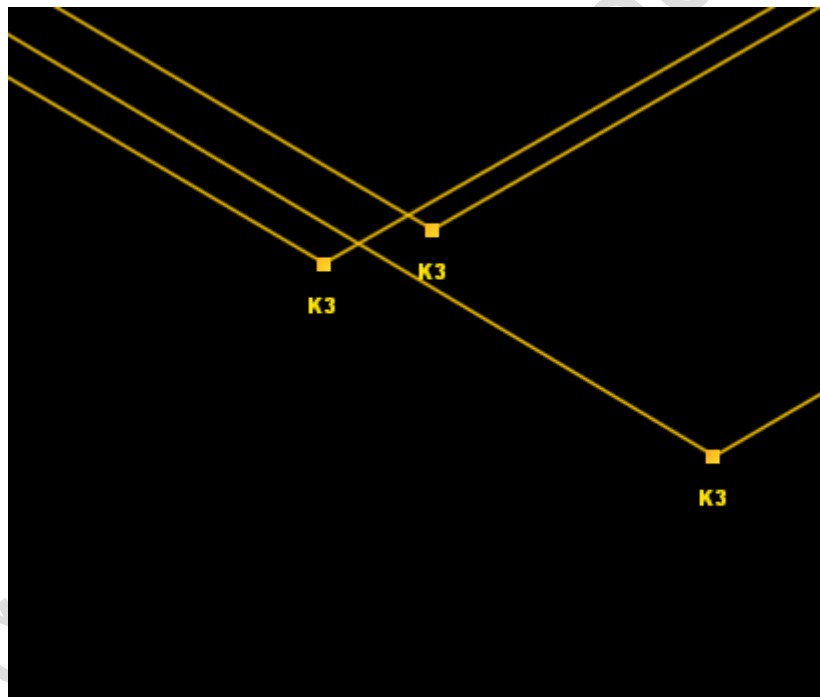
Εικόνα Παράρτημα Β-9



Εικόνα Παράρτημα Β-10: Κορυφές εισόδου



Εικόνα Παράρτημα Β-11: Κορυφές εξόδου



Εικόνα Παράρτημα Β-12: Κορυφές εντός του δακτυλίου κυκλοφορίας

Με βάση τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη μοντελοποίηση των πέντε Δρόμων και τελικά τον υπολογισμό των κρίσιμων ακτινών $R1-R3$ μπορεί να καταλήξει κανείς στο εξής συμπέρασμα:

- Η κορυφή $K3$ των πολυγωνικών των Δρόμων 2,3,4,5 δε μετακινείται αλλά παραμένει σταθερή στο ίδιο σημείο

Με βάση λοιπόν αυτό το συμπέρασμα δύναται να δοθούν σχέσεις με τις οποίες ο κατασκευαστής έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει προσεγγιστικά το σημείο στο οποίο θα βρίσκονται οι κορυφές εισόδου και εξόδου της

συντομότερης διαδρομής, K2 και K3 αντίστοιχα, χωρίς να ακολουθήσει την πιο ακριβή αλλά ταυτόχρονα και πιο χρονοβόρα διαδικασία διαμόρφωσης των 5 Δρόμων.

Πιο συγκεκριμένα, με τη διαμόρφωση του Δρόμου 2 η απόσταση του κέντρου του κόμβου O από την Κορυφή K3 είναι μετρήσιμη και σταθερή σε όλη τη διαδικασία. Με βάση, λοιπόν, αυτή την απόσταση και με τη χρήση των γραμμικών εξισώσεων που θα δοθούν παρακάτω μπορεί να υπολογιστούν τα σημεία των Κορυφών K2 και K4 του Δρόμου 5 προσεγγιστικά.

Για κόμβους μίας λωρίδας:

- Για ακτίνα εξωτερικής περιμέτρου ίση με 17,5m:

$$(K2K3) = -6,6285(OK3) + 124,9$$

K2K3: η απόσταση των κορυφών K2 και K3 για τον τελικό Δρόμο (Δρόμο 5)

OK3: η απόσταση του κέντρου του κόμβου O και της κορυφής της πολυγωνικής K3

$$(K3K4) = -8,1366(OK3) + 148,06$$

K3K4: η απόσταση των κορυφών K3 και K4 για τον τελικό Δρόμο (Δρόμο 5)

OK3: η απόσταση του κέντρου του κόμβου O και της κορυφής της πολυγωνικής K3

- Για ακτίνα εξωτερικής περιμέτρου ίση με 20m:

$$(K2K3) = -2,8269(OK3) + 79,51$$

K2K3: η απόσταση των κορυφών K2 και K3 για τον τελικό Δρόμο (Δρόμο 5)

OK3: η απόσταση του κέντρου του κόμβου O και της κορυφής της πολυγωνικής K3

$$(K3K4) = -6(OK3) + 137,54$$

K3K4: η απόσταση των κορυφών K3 και K4 για τον τελικό Δρόμο (Δρόμο 5)

OK3: η απόσταση του κέντρου του κόμβου O και της κορυφής της πολυγωνικής K3

- Για ακτίνα εξωτερικής περιμέτρου ίση με 22,5m:

$$(K2K3) = -5,015(OK3) + 135,42$$

K2K3: η απόσταση των κορυφών K2 και K3 για τον τελικό Δρόμο (Δρόμο 5)

OK3: η απόσταση του κέντρου του κόμβου O και της κορυφής της πολυγωνικής K3

$$(K3K4) = -9,277(OK3) + 222,97$$

K3K4: η απόσταση των κορυφών K3 και K4 για τον τελικό Δρόμο (Δρόμο 5)

OK3: η απόσταση του κέντρου του κόμβου O και της κορυφής της πολυγωνικής K3

Μέσω των παραπάνω γραμμικών τύπων υπολογίζεται η απόσταση των κορυφών εισόδου και εξόδου με την κορυφή K3, άρα δύναται να βρεθούν προσεγγιστικά τα σημεία των Κορυφών K2 και K3 του Δρόμου 5, σε K3 μίας λωρίδας.

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας