



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Γ. ΚΑΝΕΛΛΑΪΔΗΣ

**« ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΚΟΜΒΩΝ »**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΛΕΞΑΚΗΣ ΧΑΡΙΛΑΟΣ

ΑΘΗΝΑ

Μάιος 2007

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Γ. ΚΑΝΕΛΛΑΪΔΗΣ

**« ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΚΟΜΒΩΝ »**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΛΕΞΑΚΗΣ ΧΑΡΙΛΑΟΣ

ΑΘΗΝΑ

ΜΑΙΟΣ 2007

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφιερώνεται στους γονείς μου Γιώργο και Άννα και την αδερφή μου Μαρία. Καθώς η ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί και την λήξη της περιόδου φοίτησης μου στο Ε.Μ.Π, θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για την υποστήριξη τη βοήθεια και την υπομονή που έδειξαν προκειμένου να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Ελπίζω το αποτέλεσμα να δικαιώνει τις προσδοκίες τους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατ' αρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου ιδιαίτερα τον καθηγητή κ. Γεώργιο Κανελλαΐδη για την δυνατότητα που μου έδωσαν να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Φώτη Μερτζάνη για την ιδιαίτερα σημαντική του βοήθεια και καθοδήγηση στο μεγαλύτερο τμήμα της εκπόνησης της εργασίας καθώς και την υπομονή που επέδειξε αυτό το διάστημα .

Γενικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω κύριο Κ. Κεπαπτσόγλου τον κύριο Γ. Γλαρό για την πολύτιμη βοήθεια τους. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω ιδιαίτερες ευχαριστίες στην δεσποινίς Α. Λαΐου για την πολύτιμη βοήθεια της, στην τελευταία φάση της παρούσας εργασίας.

Τελειώνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Μαρία, το Μιχάλη, τον Κώστα, την Τασία και όλους όσους ακόμα βοήθησαν έμμεσα ή άμεσα για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας .

Αθηνά Μάιος 2007

Αλεξάκης Χαρίλαος

Σύνοψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την ανάπτυξη προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή, με τη χρήση του οποίου θα μπορεί να αυτοματοποιηθεί ο σχεδιασμός της οριζοντιογραφίας κυκλικού κόμβου με μια λωρίδα κυκλοφορίας. Ο σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κυκλικού κόμβου στηρίζεται στις οδηγίες που υπαγορεύουν οι Αμερικανικοί και οι Αγγλικοί κανονισμοί. Η χάραξη των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κυκλικών κόμβων στηρίζεται στην ανάλυση των παραπάνω οδηγιών με την βοήθεια της αναλυτικής γεωμετρίας και της τριγωνομετρίας. Ο κώδικας του προγράμματος είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic και το περιβάλλον λειτουργίας του προγράμματος είναι το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation.

Λέξεις κλειδιά

Κυκλικός κόμβος , λογισμικό Η/Υ, γεωμετρικά χαρακτηριστικά , κεντρική νησίδα , κυκλοφοριακό οδόστρωμα, γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας, κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες, πλάτος εισόδου, πλάτος εξόδου, ακτίνα εισόδου, ακτίνα εξόδου, μήκος διαπλάτυνσης, Visual Basic, Microstasion.

Abstract

The present diplomatic thesis has as aim the development of computer software, with the use of which it might be automated the design of horizontal alignment of single lane roundabouts. The planning of geometric characteristics of roundabout is supported in the directives that dictate the American and English guidelines. The layout of geometric characteristics of roundabout is based in the analysis of the above directives with the help of analytical geometry and trigonometry. The code of program is written in Visual Basic and the environment of operation is the CAD program Microstation.

Key Words

Roundabout, computer software, geometric characteristic, central island, Circulatory roadway, yield line, Splitter island, entry width, exit width, entry radius, exit radius, flare length, Visual Basic, Microstation,

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη και ανάλυση λογισμικού ηλεκτρονικού υπολογιστή, με το οποίο θα αυτοματοποιείται ο σχεδιασμός της οριζοντιογραφίας κυκλικών κόμβων με μια λωρίδα κυκλοφορίας. Το λογισμικό αυτό θα αποτελείται από μια σειρά προγραμμάτων τα οποία θα υπολογίζουν και θα σχεδιάζουν τα επιμέρους γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά πάνω στα οποία θα αναπτυχθούν τα προγράμματα θα στηρίζονται στις βασικές αρχές σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων όπως αυτές παρουσιάζονται από την **FHWA** (Federal Highway Administration) στον οδηγό **"Roundabouts: An informational guide"** [4] και από τον Αγγλικό κανονισμό **TD 16/93 "The geometric design of roundabouts"**[5] .

Το περιβάλλον εργασίας είναι το σχεδιαστικό πακέτο λογισμικού (CAD) της Bentley, Microstation SE. Το συγκεκριμένο πακέτο δίνει τη δυνατότητα προγραμματισμού σε Visual Basic μέσω της ενσωματωμένης γλώσσας που ονομάζει Microstation Basic Extension. Η γλώσσα είναι βασισμένη στην αντίστοιχη της Microsoft προσθέτοντας εργαλεία και εντολές ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία και η κλήση των σχεδιαστικών εντολών του Microstation. Η δομή του κώδικα προσομοιάζει την εργασία που θα ακολουθούσε ο μηχανικός στον σχεδιασμό ενός κυκλικού κόμβου με μια λωρίδα κυκλοφορίας.

Οι κυκλικοί κόμβοι είναι μια μορφή ισόπεδου κόμβου που έχει αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες στην Ευρώπη με σημαντικά αποτελέσματα πάνω σε θέματα ασφάλειας και κυκλοφοριακής ικανότητας.

Το πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται μια συνοπτική εισαγωγή πάνω στο περιεχόμενο της εργασίας. Το δεύτερο κεφαλαίο της παρούσας διπλωματικής ασχολείται με την παρουσίαση των κυκλικών κόμβων, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, τις διαφορές με άλλα είδη κυκλοφοριακών κύκλων, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια ανασκόπηση του υπάρχοντος λογισμικού οδοποιίας που χρησιμοποιείται. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται σε προγράμματα που ασχολούνται αποκλειστικά με τον σχεδιασμό κόμβων και ειδικότερα σε αυτά που ασχολούνται με τον σχεδιασμό κυκλικών κόμβων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής γίνεται αναφορά στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων και τις βασικές αρχές που διέπουν τον σχεδιασμό τους σύμφωνα με τις υποδείξεις των Αμερικανικών και των Αγγλικών κανονισμών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναπτύσσονται οι αναλυτικές σχέσεις πάνω στις οποίες δημιουργήθηκαν τα επιμέρους προγράμματα για τον σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου. Οι αναλυτικές σχέσεις αυτές στηρίζονται στις οδηγίες που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση και η λειτουργία του προγράμματος για το σχεδιασμό κυκλικού κόμβου με μια λωρίδα κυκλοφορίας που ήταν και ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με την εξαγωγή συμπερασμάτων και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση .

Εν κατακλείδι τα προγράμματα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία αποτελούν μια προσπάθεια αυτοματοποίησης του σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων προς διευκόλυνση της εργασίας του μηχανικού με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή .

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενικά	1
1.1.1 Λογισμικά οδοποιίας.....	1
1.1.2 Κυκλικοί κόμβοι	2
1.2 Στόχος.....	3
1.3 Δομή.....	3
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	5
2.1 Γενικά	5
2.2 Θεμελιώδεις αρχές διαμόρφωσης κόμβων	5
2.3 Είδη κόμβων	6
2.3.1 Ισόπεδος κόμβος.....	6
2.3.2 Ανισόπεδος κόμβος.....	7
2.4 Κυκλικοί κόμβοι (Roundabout)	8
2.4.1 Ορισμός.....	8
2.4.2. Ιστορική αναδρομή	10
2.4.3. Διάκριση μεταξύ κυκλικών κόμβων και κυκλοφοριακών κύκλων	11
2.4.4. Είδη Κυκλικών κόμβων.....	15
2.4.4.1 Ισόπεδοι κόμβοι	15
2.4.4.2 Ανισόπεδοι κυκλικοί κόμβοι	17
2.4.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κυκλικών κόμβων	18
2.4.5.1. Ασφάλεια της κυκλοφορίας	18
2.4.5.2. Επαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα.....	21
2.4.5.3. Αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας.....	22
2.4.5.4. Ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο	23

3. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ ..	24
3.1 Γενικά	24
3.2 Προγράμματα οδοποιίας	25
3.2.1 Πρόγραμμα Η/Υ Anadelta tessera	25
3.2.1.1 Βασικά Χαρακτηριστικά.....	26
3.2.2 Πρόγραμμα ΟΔΟΣ 7	29
3.2.2.1 Ισόπεδοι κόμβοι	31
3.2.3 Πρόγραμμα Prost	33
3.2.3.1 Prost S	34
3.2.3.2 Prost X	36
3.2.4 Πρόγραμμα Autodesk Civil Desing	37
3.2.4.1 Αναλυτική περιγραφή προϊόντος.....	38
3.2.4.2 Βασικές λειτουργίες του προγράμματος.....	38
3.2.5 Πρόγραμμα Inroads.....	39
3.2.6 Πρόγραμμα MX-MOSS.....	41
3.2.6.1 MXROAD	41
3.3 Προγράμματα που σχετίζονται κυρίως με τους κυκλικούς κόμβους ..	43
3.3.1. Το πρόγραμμα RODEL	43
3.3.2 Το πρόγραμμα GIRABASE	44
3.3.3 Το πρόγραμμα SIDRA.....	45
3.4 Διπλωματικές εργασίες	46
3.4.1 «Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων.»	46
3.4.2 «Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου μορφής ρόμβου .»	47
3.4.3 «Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου .»	48
4. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΚΟΜΒΩΝ	50
4.1 Εισαγωγή	50
4.2 Στοιχεία γεωμετρίας κυκλικών κόμβων	51

4.3 Διαδικασία σχεδιασμού	54
4.3.1 Γενικά	54
4.3.2 Διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου	55
4.3.3 Πλάτος εισόδου	57
4.3.4 Πλάτος κυκλικού οδοστρώματος	61
4.3.4.1 Κυκλικός κόμβος με μια λωρίδα κυκλοφορίας.....	61
4.3.5 Κεντρική νησίδα.....	63
4.3.6 Καμπύλες εισόδου.....	65
4.3.6.1 Καμπύλες εισόδου στους κυκλικούς κόμβους με μια λωρίδα κυκλοφορίας	67
4.3.7 Καμπύλες εξόδου	68
4.3.7.1 Καμπύλες εξόδου στους κυκλικούς κόμβους με μια λωρίδα κυκλοφορίας	69
4.3.8 Κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες.....	70
 5. ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ	 74
5.1 Γενικά	74
5.2 Σχεδιασμός κυκλικής επιφάνειας και κλάδων που συμβάλλουν στον κόμβο	74
5.3 Κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες.....	81
5.3.1 Διαγραμμισμένη περιοχή κατευθυντήριας διαχωριστικής νησίδας.....	81
5.3.2 Υπερυψωμένη μη βαθιά περιοχή κατευθυντήριας διαχωριστικής νησίδας	88
5.4. Οριογραμμές εισόδου και εξόδου	93
5.4.1 Οριογραμμές εισόδου.....	93
5.4.2 Οριογραμμές εξόδου	99
 6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	 106
6.1 Προγραμματισμός	106
6.1.1 Γενικά	106

6.1.2 Αρχές προγραμματισμού.....	107
6.1.3 Τεχνικές προγραμματισμού	108
6.2 Χειρισμός του προγράμματος από τον χρήστη	109
6.2.1 Γενικά	109
6.2.2 Κλήση των προγραμμάτων	110
6.2.3 Περιβάλλον χειρισμού των προγραμμάτων	111
6.3 Λειτουργία του προγράμματος του προγράμματος «Κυκλικός κόμβος»	114
6.3.1 Έναρξη προγράμματος	114
6.3.2. Εισαγωγή δεδομένων	116
6.3.2.1 Κυκλικός κόμβος -κλάδοι	117
6.3.2.2 Κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες	120
6.3.2.3 Οριογραμμές Εισόδου – Εξόδου.....	121
6.3.3 Κυκλικός κόμβος	123
6.3.4 Σχεδιασμός.....	123
6.3.4.1 Κυκλικός κόμβους – Κλάδοι	124
6.3.4.2 Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα 1	127
6.3.4.3 Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα 2	128
6.3.4.4 Οριογραμμές εισόδου	129
6.3.4.5 Οριογραμμές εξόδου.....	130
6.3.4.6 Πλήρης κόμβος	131
6.3.5. Διαγραφή σχεδίων	132
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	134
7.1 Συμπεράσματα	134
7.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	135
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	136

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

1.1.1 Λογισμικά οδοποιίας

Ο μηχανικός ειδικά, από τη φύση των καθηκόντων του, υποχρεούται στην εξέταση και διεκπεραίωση πολλών διαδικασιών, τόσο με σημαντικό όγκο αριθμητικής επεξεργασίας αλλά και πολυπλοκότητα, είναι δε παράλληλα υποχρεωμένος στην τήρηση κανονισμών και προδιαγραφών. Η αλματώδης ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών αλλά και του λογισμικού που παρουσιάστηκε της τελευταίες δεκαετίες έδωσε την δυνατότητα της μέγιστης δυνατής αυτοματοποίησης εργασιών που ήταν ιδιαίτερα κοπιαστικές και χρονοβόρες στο παρελθόν. Ειδικότερα στο χώρο της οδοποιίας, όπου υφίσταται πολυπλοκότητα λύσεων, εντός των πλαισίων των κανονισμών σχεδιασμού οδών, η αυτοματοποίηση μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, αποτελεί σημαντικό εργαλείο σχεδιασμού. Έτσι λοιπόν στην οδοποιία υπάρχει συνεχής εξέλιξη νέου λογισμικού, με το οποίο πραγματοποιούνται όλο και περισσότερες εργασίες αλλά και διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων σε επίπεδο βελτιστοποίησης. Στη σημερινή εγχώρια και διεθνή αγορά διατίθεται μεγάλος αριθμός προγραμμάτων σχεδιασμού οδών. Στην ελληνική αγορά γνωστότερα είναι τα εγχώρια προγράμματα **ΟΔΟΣ** και **Ανάδελτα** Οδοποιία, τα οποία στηρίζονται στους Γερμανικούς και στους Ελληνικούς Κανονισμούς. Διεθνώς, γνωστότερα είναι τα προγράμματα σχεδιασμού οδών **Intergraph Inroads**, **Eaglepoint RoadCalc**, **RoadEng**, **MXRoad (MOSS)**. Σε ερευνά που πραγματοποιήθηκε παλαιότερα στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., το 85,5% των τεχνικών γραφείων που ασχολούνται με τον σχεδιασμό οδών στην Ελλάδα χρησιμοποιεί το **ΟΔΟΣ** το 8,1% το **MOSS_MXROAD** και το 6,4% το **INROADS** (την περίοδο που έγινε η διπλωματική δεν είχε βγει ακόμα στην αγορά το ελληνικό λογισμικό της

ANADELTA το **TESSERA**)[16]. Εδώ θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η άκριτη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή από το μηχανικό, χωρίς την ύπαρξη του απαιτούμενου υπόβαθρου και αίσθησης του αντικειμένου εργασίας, είναι επικίνδυνη.

1.1.2 Κυκλικοί κόμβοι

Οι κυκλοφοριακοί κόμβοι αποτελούν κρίσιμα στοιχεία ενός οδικού δικτύου ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές και δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι σε αυτούς παρατηρούνται τα περισσότερα ατυχήματα και δημιουργούνται τα μεγαλύτερα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης.[3]Γενικά δυο είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή του είδους του κόμβου (ισόπεδος ,ανισόπεδος ,με φωτεινή σηματοδότηση κ.τ.λ) που θα τοποθετηθεί σε μια διασταύρωση και αυτοί είναι η κυκλοφοριακή ικανότητα του κόμβου και η ασφάλεια των χρηστών της διασταύρωσης. Τις τελευταίες δεκαετίες η ραγδαία αύξηση του αριθμού των οχημάτων και των ταχυτήτων τους είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας των διασταυρώσεων και παράλληλα την αύξηση του αριθμού και της σοβαρότητας των ατυχημάτων. Μια λύση των παραπάνω προβλημάτων που αναπτύσσεται έντονα τα τελευταία χρόνια σε Ευρώπη και Αμερική είναι η χρήση των κυκλικών κόμβων. Ο λόγος της επιλογής αυτής αφορούσε κυρίως τον παράγοντα ασφάλεια μιας και στους κυκλικούς κόμβους δεν έχουμε καμία διασταύρωση μεταξύ των διαφορετικών ρευμάτων κυκλοφορίας με συνέπεια την μείωση του αριθμού των ατυχημάτων και την σημαντική μείωση της σοβαρότητας τους. Σκοπός των κυκλικών κόμβων είναι να υπάρχει συνεχόμενοι ροή της κυκλοφορίας των οχημάτων με χαμηλές ταχύτητες και αυτό επιτυγχάνεται μέσω της γεωμετρίας του κόμβου. Έτσι ο σωστός σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου έχει θετικές συνέπειες τόσο στην ασφάλεια όπως προαναφέραμε όσο και στην κυκλοφοριακή ικανότητα της διασταύρωσης λόγω της συνεχόμενης ροής. Σε αντίθετη περίπτωση όπου δεν γίνει σωστός σχεδιασμός οι συνέπειες κυρίως στην κυκλοφοριακή ικανότητα θα είναι σημαντικές. Στην Ελλάδα παρόλο που υπάρχουν πολλές κυκλικές διασταυρώσεις δεν λειτουργούν σαν κυκλικοί κομβοί με συνέπεια να δημιουργούν προβλήματα στην κυκλοφοριακή ικανότητα της διασταύρωσης. Η ανάπτυξη των κυκλικών κόμβων στην Ελλάδα ίσως είναι μια καλή επιλογή που θα

πρέπει να εξεταστεί για την μείωση των ατυχημάτων και τη βελτίωση των κυκλοφοριακών προβλημάτων που αντιμετωπίζουν πολλές περιοχές.

1.2 Στόχος

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη και ανάλυση λογισμικού για το σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων με μια λωρίδα κυκλοφορίας. Το λογισμικό αυτό θα πρέπει να είναι απλό στην λειτουργία του και σε ένα περιβάλλον φιλικό για τον χρήστη. Η δημιουργία αυτού του προγράμματος θα αυτοματοποιήσει τον σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων, έτσι θα δίνεται η δυνατότητα να μπορούν να εξεταστούν εύκολα και γρήγορα πολλές λύσεις για τον σχεδιασμό ενός κυκλικού κόμβου. Το λογισμικό αυτό θα αποτελείται από μια σειρά προγραμμάτων τα οποία θα υπολογίζουν και θα σχεδιάζουν τα επιμέρους γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων.

1.3 Δομή

Η δομή της παρούσας διπλωματικής θα είναι :

- Στο κεφάλαιο δυο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των κυκλικών κόμβων. Πως ορίζονται οι κυκλικοί κόμβοι, ποια τα χαρακτηριστικά τους, και πως διακρίνονται από άλλες μορφές κυκλικών διασταυρώσεων. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την καταγραφή των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των κυκλικών κόμβων.
- Στο κεφάλαιο τρία γίνεται μια ανασκόπηση πάνω στα κυριότερα λογισμικά οδοποιίας που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά, επίσης γίνεται ιδιαίτερη αναφορά σε λογισμικά που ασχολούνται κυρίως με τους κυκλικούς κόμβους. Τέλος περιγράφονται αντίστοιχες διπλωματικές εργασίες που έχουν εκπονηθεί, με αντικείμενο την ανάπτυξη λογισμικών οδοποιίας.

- Στο κεφάλαιο τέσσερα γίνεται αναφορά στα γεωμετρικά στοιχεία των κυκλικών κόμβων και τις βασικές αρχές που διέπουν τον σχεδιασμό τους σύμφωνα με τις υποδείξεις των Αμερικανικών και των Αγγλικών κανονισμών.
- Στο κεφάλαιο πέντε κεφάλαιο αναπτύσσονται οι αναλυτικές σχέσεις όλων των γεωμετρικών στοιχείων των κυκλικών κόμβων, σύμφωνα με τις υποδείξεις των κανονισμών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία του λογισμικού.
- Στο κεφάλαιο έξι γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της λειτουργίας του προγράμματος.
- Στο κεφαλαίο επτά αναπτύσσονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα διπλωματική εργασία και γίνονται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση πάνω στην ανάπτυξη λογισμικού σχεδίασης των κυκλικών κόμβων.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Γενικά

Για την κάλυψη των αναγκών μετακίνησης προσώπων και αγαθών απαιτείται η ύπαρξη κατάλληλου συστήματος Μεταφορών. Βασικό στοιχείο του συστήματος μεταφορών είναι το οδικό δίκτυο. Η ύπαρξη σωστά σχεδιασμένου οδικού δικτύου αποτελεί την αναγκαία προϋπόθεση για την ανάπτυξη, στην πλειονότητα τουλάχιστον των περιπτώσεων. Η ανάπτυξη του οδικού δικτύου συνδυάστηκε τα τελευταία χρόνια με την πολύ μεγάλη αύξηση της κυκλοφορίας των ιδιωτικής χρήσης οχημάτων [1].

Οι κυκλοφοριακοί κόμβοι αποτελούν κρίσιμα στοιχεία ενός οδικού δικτύου ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές και δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι σε αυτούς παρατηρούνται τα περισσότερα ατυχήματα και δημιουργούνται τα μεγαλύτερα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης.[3] Κόμβος καλείται η γενική περιοχή στην οποία συναντώνται ή διασταυρώνονται δυο ή περισσότεροι οδοί. Στην περιοχή αυτή περιλαμβάνεται το κατάστρωμα της οδού και οι υπηρεσίες εξυπηρέτησης της κυκλοφορίας της περιοχής (σηματοδότηση, νησίδες, κατανεμητήρια οδοστρώματα κ.τ.λ.).[5]

2.2 Θεμελιώδεις αρχές διαμόρφωσης κόμβων

Οι κόμβοι αποτελούν όπως αναφέρθηκε σημαντικά τμήματα ενός οδικού δικτύου αφού σε μεγάλο βαθμό η ταχύτητα, η ασφάλεια, η κυκλοφοριακή ικανότητα και το κόστος λειτουργίας στο οδικό δίκτυο εξαρτώνται από την ποιότητα λειτουργίας τους.[2]

Επομένως για τη διαμόρφωση των κόμβων πρέπει να εξασφαλίζονται τα εξής:

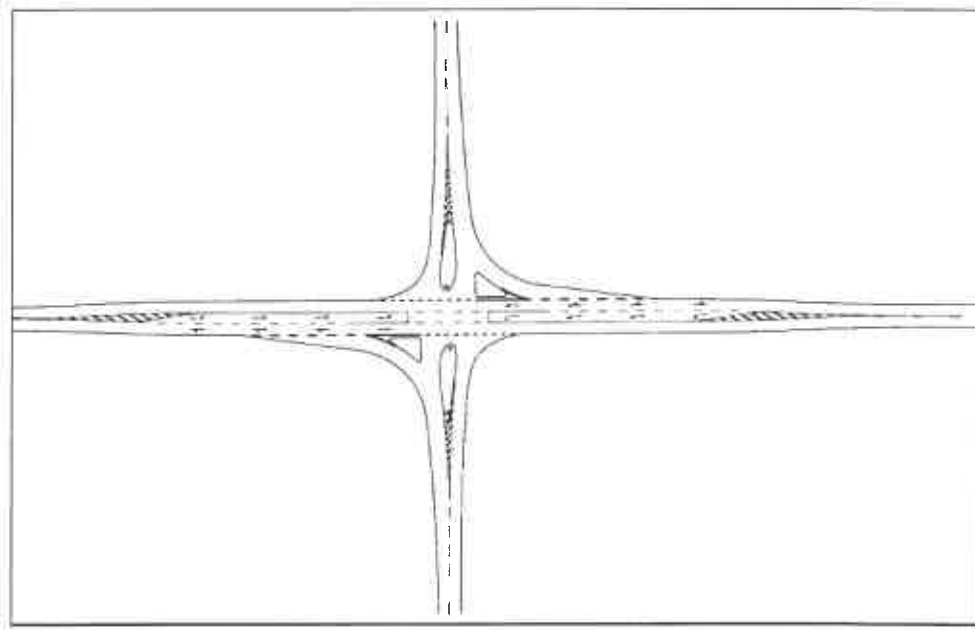
- **ασφάλεια της κυκλοφορίας**
- **επαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα**
- **αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας**
- **ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο**

2.3 Είδη κόμβων

Η διάκριση των κόμβων γίνεται σε δυο κατηγορίες σε *ισόπεδους* ή *ανισόπεδους* κόμβους.

2.3.1 Ισόπεδος κόμβος

Ισόπεδος κόμβος είναι η περιοχή όπου συνδέονται ισόπεδα δύο ή περισσότερες οδοί περιλαμβανομένων των διαμορφώσεων – εξοπλισμού των οδών και του παρόδιου χώρου για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας.[2]



Σχήμα 2.1: Τετρασκελής κόμβος με μεγάλες σταγόνες , τριγωνικές νησίδες και επιφάνειες αποκλεισμού.

2.3.2 Ανισόπεδος κόμβος

Ανισόπεδος κόμβος είναι η περιοχή όπου συνδέονται ανισόπεδα δύο ή περισσότερες οδοί περιλαμβανομένων των έργων υψομετρικού διαχωρισμού, των οδικών κλάδων σύνδεσης (ράμπες) και των διαμορφώσεων – εξοπλισμού των οδών και του παρόδιου χώρου για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας. Επισημαίνεται ότι η απλή ανισόπεδη διασταύρωση (π.χ. κάτω διάβαση) δεν είναι ανισόπεδος κόμβος. [2]

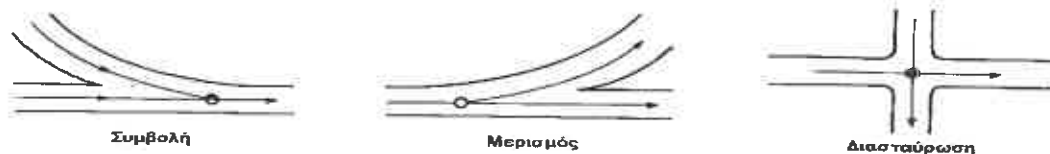


Σχήμα 2.2: Ανισόπεδος κόμβος μορφής πλήρους τετράφυλλου στο New Jersey των Η.Π.Α.[12]



Σχήμα 2.3: Ανισόπεδος κόμβος μορφής ρόμβου. [11]

Βασικό στοιχείο κάθε κόμβου αποτελούν οι χώροι ελιγμών στα σημεία συναντήσεως των κυκλοφοριακών ρευμάτων. Διακρίνονται τρεις μορφές ελιγμών: η διασταύρωση (Crossing), η συμβολή (Merging) και ο μερισμός (Diverging). Οι ελιγμοί ονομάζονται στοιχειώδεις όταν συναντώνται δύο μόνο ρεύματα μιας κατεύθυνσης (Σχήμα 2.4) ή πολλαπλοί όταν συναντώνται περισσότερα ρεύματα.[3]

**Σχήμα 2.4: Στοιχειώδεις ελιγμοί. [3]****2.4 Κυκλικοί κόμβοι (Roundabout)****2.4.1 Ορισμός**

Οι κυκλικές διασταυρώσεις, γενικά, αποτελούν μια ειδική μορφή ισόπεδων κόμβων κυρίως (υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η σύνδεση των οδών γίνεται και ανισόπεδα) όπου η κυκλοφορία των οχημάτων γίνεται περιμετρικά, γύρω από μια κυκλική κεντρική νησίδα.[3]

Ένας κυκλικός κόμβος είναι ένας τύπος κυκλικής διασταύρωσης, αλλά δεν μπορούν όλες οι κυκλικές διασταυρώσεις να ταξινομηθούν ως κυκλικοί κόμβοι. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν τουλάχιστον τρεις ευδιάκριτοι τύποι κυκλικών διασταυρώσεων:

- Οι "Rotaries" είναι παλιές κυκλικές διασταυρώσεις, κοινές στις Ηνωμένες Πολιτείες παλαιότερα στη δεκαετία του '60. Οι "Rotaries" χαρακτηρίζονταν από τη μεγάλη τους διάμετρο, συχνά παραπάνω από 100 μ. Αυτή η μεγάλη διάμετρος έχει σαν αποτέλεσμα οι ταχύτητες μέσα στη διασταύρωση να υπερβαίνουν τα

50 km/h. Παρέχουν ελάχιστη ή καμία οριζόντια εκτροπή της πορείας των οχημάτων που κινούνται μέσα στη διασταύρωση και δεν λειτουργεί σύμφωνα με τον παραδοσιακό “*yield-to-the-right*” δηλαδή την παραχώρηση προτεραιότητας σε αυτόν που κινείται μέσα στον κόμβο, αλλά προτεραιότητα έχει η εισερχόμενη στον κόμβο κυκλοφορία [4] (όπως ισχύει στην Ελλάδα).

- “*Neighborhood traffic circles* ” ή κύκλοι κυκλοφορίας γειτονιάς συνήθως κατασκευάζονται στις διασταυρώσεις των τοπικών οδών για λόγους κυκλοφοριακής ηρεμίας ή/και λογούς αισθητικής. Οι προσεγγίσεις στις διασταυρώσεις μπορεί να είναι χωρίς έλεγχο ή να ελέγχονται απλά με σήματα “stop”. Δεν περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά αυξημένη σήμανση πάνω στην οδό για να καθοδηγήσουν τον χρηστή που προσεγγίζει την διασταύρωση. Σε μερικούς κυκλοφοριακούς κύκλους, επιτρέπονται οι κινήσεις των αριστερά στρεφόντων οχημάτων.[4]

- *Roundabouts* ή κυκλικοί κόμβοι ονομάζονται οι κόμβοι με κυκλική κεντρική νησίδα των οποίων η λειτουργία και ο σχεδιασμός διέπονται από τις δύο παρακάτω βασικές αρχές :

- Παραχώρηση προτεραιότητας κατά την είσοδο στον κόμβο: οι οδηγοί που πρόκειται να εισέλθουν στον κυκλικό κόμβο υποχρεώνονται με σχετική σήμανση να παραχωρήσουν προτεραιότητα σε όσους κινούνται ήδη εντός αυτού αναμένοντας για κατάλληλο χρονικό διαχωρισμό στην κυκλοφορία ώστε να εισέλθουν στον κόμβο. Οι κυκλικοί κόμβοι κατασκευάζονται με μικρές σχετικά διαμέτρους ώστε να αποτρέπονται οι ελιγμοί πλέξης και η ταχύτητα κίνησης στην κυκλική πορεία να μην υπερβαίνει τα 50Km/h.
- Καθοδήγηση της εισερχόμενης κυκλοφορίας: στους κυκλικούς κόμβους απαγορεύεται η κατευθείαν κίνηση. Η κυκλοφορία γίνεται υποχρεωτικά περιμετρικά της κεντρικής νησίδας και μέσω των κατευθυντήριων διαχωριστικών νησίδων στις

εισόδους του κόμβου, καθοδηγείται προς συγκεκριμένες καμπύλες διαδρομές επί του κυκλικού οδοστρώματος [4][2].

Με βάση τα παραπάνω, οι κυκλικοί κόμβοι τύπου (roundabouts) διαφέρουν από τους (συνήθως κατασκευαζόμενους στην Ελλάδα) κόμβους μορφής κυκλοφοριακών κύκλων (traffic circles). Στη συνέχεια της παρούσας διπλωματικής με τον όρο ‘κυκλικός κόμβος’ θα θεωρούμε τις διασταυρώσεις που έχουν τα χαρακτηριστικά του “Roundabout” όπως αναφέρθηκαν παραπάνω και με τον όρο ‘κυκλοφοριακό κύκλο’ όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις, “Rotaries”, “Neighborhood traffic circles”, “traffic circles”.

2.4.2. Ιστορική αναδρομή

Οι κυκλοφοριακοί κύκλοι είναι μέρος του συστήματος μεταφορών από το 1905 όταν άνοιξε στην Νέα Υόρκη ο Columbus Circle που σχεδιάστηκε από τον William Phelps Eno. Στη συνέχεια μεγάλοι κυκλοφοριακοί κύκλοι κατασκευάστηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Ο σχεδιασμός των διασταυρώσεων αυτών επέτρεπε την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων και την κίνηση των οχημάτων με ελιγμούς. Προτεραιότητα δόθηκε στα εισερχόμενα οχήματα δίνοντας την δυνατότητα να εισέρχονται στη διασταύρωση με υψηλές ταχύτητες. Ο μεγάλος αριθμός των συγκρούσεων και η κυκλοφοριακή συμφόρηση οδήγησε τους κυκλοφοριακούς κύκλους σε μείωση της χρήσης τους στις ΗΠΑ στα μέσα της δεκαετίας του 50. Η χρήση των κυκλοφοριακών κύκλων και σε άλλες χώρες ήταν εξίσου αρνητική, με πολλές χώρες να τους χρησιμοποιούν χωρίς επιτυχία καθώς ο όγκος των οχημάτων αυξανόταν.

Ο σύγχρονος κυκλικός κόμβος αναπτύχθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο για να αποκαταστήσει τα προβλήματα που είχαν σχέση με τους κυκλοφοριακούς κύκλους. Το 1966 στο Ηνωμένο Βασίλειο καθιερώθηκε υποχρεωτικά σε όλες τις κυκλικές διασταυρώσεις η εισερχόμενη στη διασταύρωση κυκλοφορία να παραχωρεί τη

προτεραιότητα στα οχήματα που κινούνται μέσα στον κόμβο. Αυτός ο κανόνας εμπόδιζε τις κυκλικές διασταυρώσεις να αποτύχουν μη επιτρέποντας στα οχήματα να εισέρχονται στον κόμβο έως ότου υπάρχει ικανοποιητικό κενό μεταξύ των οχημάτων μέσα στη διασταύρωση. Αυτές οι αλλαγές βελτίωσαν τα χαρακτηριστικά ασφαλείας των κυκλικών διασταυρώσεων μειώνοντας τον αριθμό και ιδιαίτερα τη σοβαρότητα των συγκρούσεων. Κατά συνέπεια τα αποτελέσματα του κυκλικού κόμβου είναι διαφορετικά από αυτά του παλαιότερου κυκλοφοριακού κύκλου, στη λειτουργία του όσο και στον σχεδιασμό του.

Ο σύγχρονος κυκλικός κόμβος εμφανίζει μια ουσιαστική βελτίωση σε θέματα λειτουργίας και ασφάλειας όταν συγκρίνεται με παλαιότερους κυκλοφοριακούς κύκλους. Πολλές χώρες έχουν υιοθετήσει τον σύγχρονο κυκλικό κόμβο ως κοινή μορφή κόμβου, μερικές από αυτές έχουν αναπτύξει εκτενείς οδηγούς σχεδίασης και μεθόδους για τη βελτίωση της λειτουργίας των κυκλικών κόμβων. [4]

2.4.3. Διάκριση μεταξύ κυκλικών κόμβων και κυκλοφοριακών κύκλων

Είναι σημαντικό να μπορούν να διακριθούν οι διαφορές μεταξύ κυκλικών κόμβων και κυκλοφοριακών κύκλων. Συνήθως οι διαφορές αυτές δεν είναι προφανείς και οι κυκλοφοριακοί κύκλοι μπορούν να χαρακτηριστούν κατά λάθος ως κυκλικοί κόμβοι. Επομένως η ικανότητα να διακριθούν προσεκτικά οι κυκλικοί κόμβοι από τις υπόλοιπες κυκλικές διασταυρώσεις είναι σημαντική. Στην παράγραφο που ακολουθεί περιγράφονται μερικά από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων και συγκρίνονται με άλλους κυκλοφοριακούς κύκλους.

Κυκλοφοριακός κύκλος

Κυκλικός κόμβος

Έλεγχος της κυκλοφορίας

Παραχώρηση προτεραιότητας στην κυκλοφορία που κινείται μέσα στον κόμβο σε όλες τις εισόδους. Επί του κυκλικού οδοστρώματος δεν υπάρχει καμία σήμανση.



Σε μερικούς κυκλοφοριακούς κύκλους χρησιμοποιούνται σήματα "STOP" ή απαγορευτική σήμανση για τον έλεγχο της κυκλοφορίας σε μια ή σε όλες της εισόδους του κόμβου.



Διαβάσεις πεζών

Οι διαβάσεις πεζών επιτρέπονται μόνο κατά πλάτος των κλάδων των κυκλικών κόμβων και πίσω από την γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας.



Κυκλικός κόμβος*Προτεραιότητα οχημάτων*

Τα οχήματα που κινούνται μέσα στον κόμβο έχουν πάντα προτεραιότητα.

**Κυκλοφοριακός κύκλος**

Σε πολλούς κυκλοφοριακούς κύκλους απαιτείται από τα οχήματα που κινούνται μέσα στον κόμβο να παραχωρούν προτεραιότητα στην εισερχόμενη κυκλοφορία.

**Στάθμευση**

Δεν επιτρέπεται η στάθμευση των οχημάτων σε κανένα σημείο του κόμβου.



Σχήμα 2-5. Διάκριση κυκλικών κόμβων και κυκλοφοριακών κύκλων.[4]

Εκτός από τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται παραπάνω οι κυκλικοί κόμβοι περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερα προσθετά στοιχεία σχεδιασμού, με τα οποία επιδιώκεται η αύξηση της ασφάλειας ή/και της κυκλοφοριακής ικανότητας του κόμβου. Εντούτοις

η απουσία τους δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η διασταύρωση δεν λειτουργεί ως κυκλικός κόμβος. Τα πρόσθετα αυτά στοιχεία είναι :

- Επαρκής μείωση της ταχύτητας. Ο καλός σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου απαιτεί τα εισερχόμενα οχήματα να αναγκαστούν να κινηθούν κατά μήκος μιας μικρής ακτίνας με σκοπό να ελαττώσουν ταχύτητα, έτσι ώστε αυτή να μην υπερβαίνει τα 50 km/h.
- Όχημα σχεδιασμού. Ο σωστός σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μπορεί να εξυπηρετήσει το όχημα σχεδιασμού. Σε μικρούς κυκλικούς κόμβους μπορεί να απαιτείται η χρήση μιας βαθιάς περιοχής γύρω από την κεντρική νησίδα. Με τον όρο βαθύς εννοούνται νησίδες των οποίων ένα μικρό τμήμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα μεγάλα οχήματα που καλύπτουν μεγάλη επιφάνεια κατά την κίνησή τους σε καμπύλη τροχιά και όχι νησίδες πάνω από τις οποίες επιτρέπεται η διέλευση.
- Διαπλάτυνση της οδού . Διαπλάτυνση μιας εισόδου σε ένα κυκλικό κόμβο είναι η διεύρυνση της προσέγγισης στον κόμβο. Σε οδό με παραπάνω από μια λωρίδες κυκλοφορίας εξασφαλίζει προσθετή χωρητικότητα και χώρο αναμονής στη γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας.
- Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα. Όλοι οι κυκλικοί κόμβοι, εκτός από τους κυκλικούς κόμβους ελάχιστης ακτίνας (mini Roundabout), έχουν υπερυψωμένες μη βαθύς κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες. Οι νησίδες αυτές χρησιμεύουν για την εξυπηρέτηση των πεζών, τον έλεγχο των ταχυτήτων, την καθοδήγηση της κυκλοφορίας στον κόμβο, τον διαχωρισμό των ρευμάτων εισόδου και εξόδου, την αποτροπή της κίνησης σε λάθος κατεύθυνση καθώς και ως χώροι τοποθέτησης πινακίδων σήμανσης. Οι κυκλικοί κόμβοι ελάχιστης ακτίνας (mini Roundabout) μπορεί να έχουν διαχωριστικές νησίδες καθορισμένες μόνο από διαγράμμιση πάνω στο οδόστρωμα.

- Περιοχή διάβασης πεζών . Οι διαβάσεις πεζών θα πρέπει να είναι τοποθετημένες τουλάχιστον σε μήκος ενός οχήματος πίσω από τη γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας .[4][5]

2.4.4. Είδη Κυκλικών κόμβων

Όπως αναφέρθηκε οι κυκλικοί κόμβοι μπορεί να είναι ισόπεδοι και ανισόπεδοι .

2.4.4.1 Ισόπεδοι κόμβοι

Οι ισόπεδοι κόμβοι διακρίνονται σε δυο κύριες κατηγορίες:

Κανονικός κυκλικός κόμβος (Normal Roundabout): είναι η πιο συνηθισμένη μορφή κυκλικού κόμβου που μπορούμε να συναντήσουμε (Σχήμα 2.6).

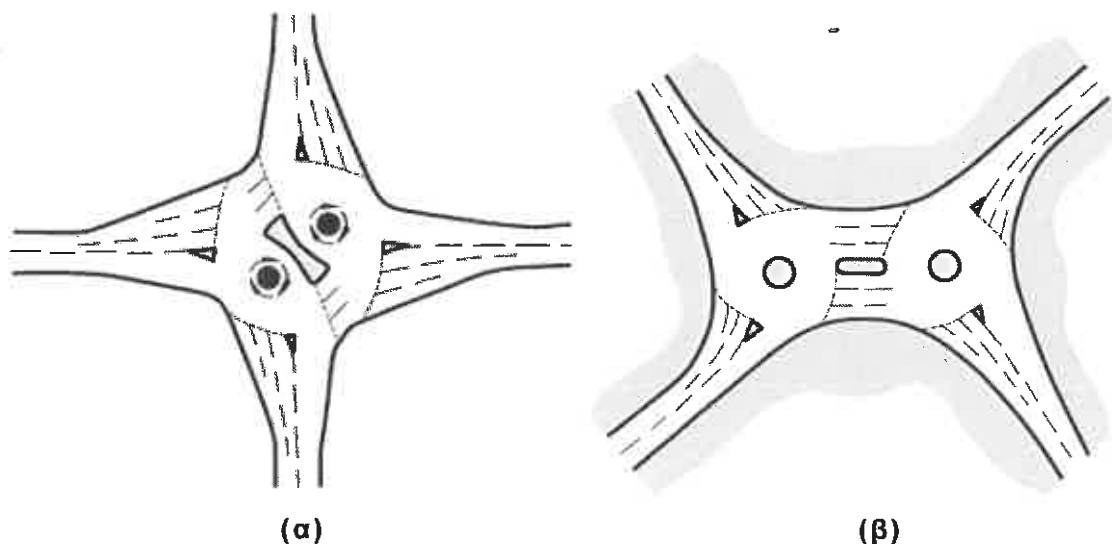


Σχήμα 1.6: Κανονικός κυκλικός κόμβος.[14]

Οι κυκλικοί κόμβοι αυτής της κατηγορίας μπορεί να χωριστούν σε περισσότερες υποκατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος της κεντρικής νησίδας, τον αριθμό των λωρίδων που εξυπηρετούν ανά κατεύθυνση και την περιοχή που εφαρμόζονται :

- Κυκλικοί κόμβοι ελάχιστης ακτίνας. (*mini roundabouts*)
- Αστικοί κυκλικοί κόμβοι μικρού μεγέθους (*Urban compact roundabouts*)
- Αστικοί κυκλικοί κόμβοι μιας λωρίδας κυκλοφορίας (*Urban single-lane roundabouts*)
- Αστικοί κυκλικοί κόμβοι δύο λωρίδων κυκλοφορίας. (*Urban double-lane roundabouts*)
- Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι μιας λωρίδας κυκλοφορίας. (*Rural single-lane roundabouts*)
- Υπεραστικοί κυκλικοί κόμβοι δύο λωρίδων κυκλοφορίας. (*Rural double-lane roundabouts*) [4]

Διπλός κυκλικός κόμβος (*Double Roundabout*) είναι χαρακτηριστικός τύπος διασταύρωση που αποτελείται από δυο κυκλικούς κόμβους συνδεδεμένους συνεχόμενα (Σχήμα 2.7(α)) ή με μια νησίδα (Σχήμα 2.7(β)). [5]



Σχήμα 2.7: α) Συνεχής διπλός κυκλικός κόμβος ,β) Διπλός κυκλικός κόμβος με σύντομη κεντρική οδό σύνδεσης. [5]

2.4.4.2 Ανισόπεδοι κυκλικοί κόμβοι

Οι πιο κοινές μορφές ανισόπεδων κυκλικών κόμβων είναι ο κυκλικός κόμβος δυο γεφυρών (Σχήμα 2.8) και ο κυκλικός κόμβος μορφής αλτήρα (Dumbell)(Σχήμα 2.9).[5]



Σχήμα 2.8: Κυκλικός κόμβος δυο γεφυρών. [5]



Σχήμα 2.9: Κυκλικός κόμβος μορφής «αλτήρα» (“Dumbell”).[5]

2.4.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κυκλικών κόμβων

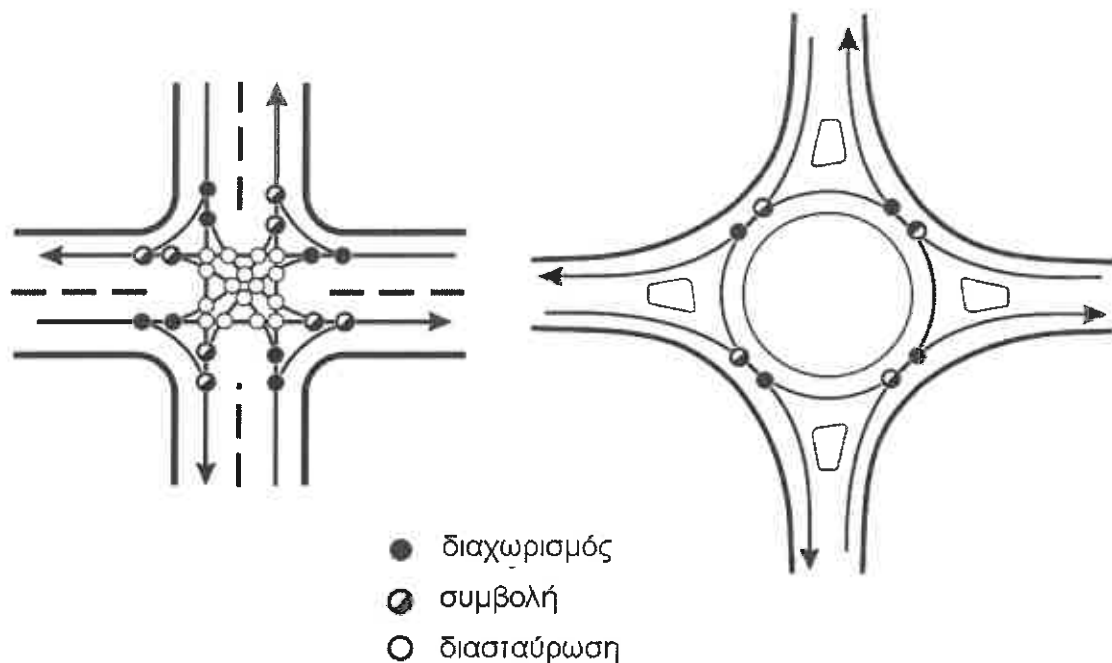
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω σε ένα κόμβο πρέπει να εξασφαλίζονται η ασφάλεια της κυκλοφορίας, η επαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα, αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας και ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο. Έγινε η επιλογή τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των κυκλικών κόμβων να ταξινομηθούν σύμφωνα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά ώστε να είναι πιο εύκολη η σύγκρισή τους με τα άλλα είδη κόμβων .

2.4.5.1. Ασφάλεια της κυκλοφορίας

Αν και οι ισόπεδοι κόμβοι αποτελούν πολύ μικρό μέρος του οδικού δικτύου συγκεντρώνουν περίπου το 50% των ατυχημάτων σε αστικές οδούς και το 25% των ατυχημάτων σε υπεραστικές οδούς .[7]

Πλεονεκτήματα

Οι κυκλικοί κόμβοι έχουν λιγότερα σημεία εμπλοκής σε σύγκριση με τις συμβατικές διασταυρώσεις. Η πιθανότητα για επικίνδυνες εμπλοκές, όπως οι μετωπικές συγκρούσεις μεταξύ αριστερά στρεφόμενων οχημάτων εξαλείφονται με τη χρήση κυκλικών κόμβων . Οι κυκλικοί κόμβοι με μια λωρίδα κυκλοφορίας παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια από τις διασταυρώσεις οδών πολλαπλών λωρίδων κυκλοφορίας, λόγω λιγότερων πιθανών εμπλοκών μεταξύ των ρευμάτων κυκλοφορίας. Επίσης η απόσταση που απαιτείται για τους πεζούς για να διασχίσουν τις οδούς είναι μικρότερη.[4] Στο σχήμα 2.10 παρουσιάζονται τα σημεία εμπλοκής σε μια παραδοσιακή διασταύρωση τεσσάρων-κλάδων και ένα κυκλικό κόμβο. Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2.10 ο αριθμός των σημείων εμπλοκής μειώνεται από 32 σε 8 για την περίπτωση του κυκλικού κόμβου σε σχέση με τη παραδοσιακή διασταύρωση τεσσάρων-κλάδων.



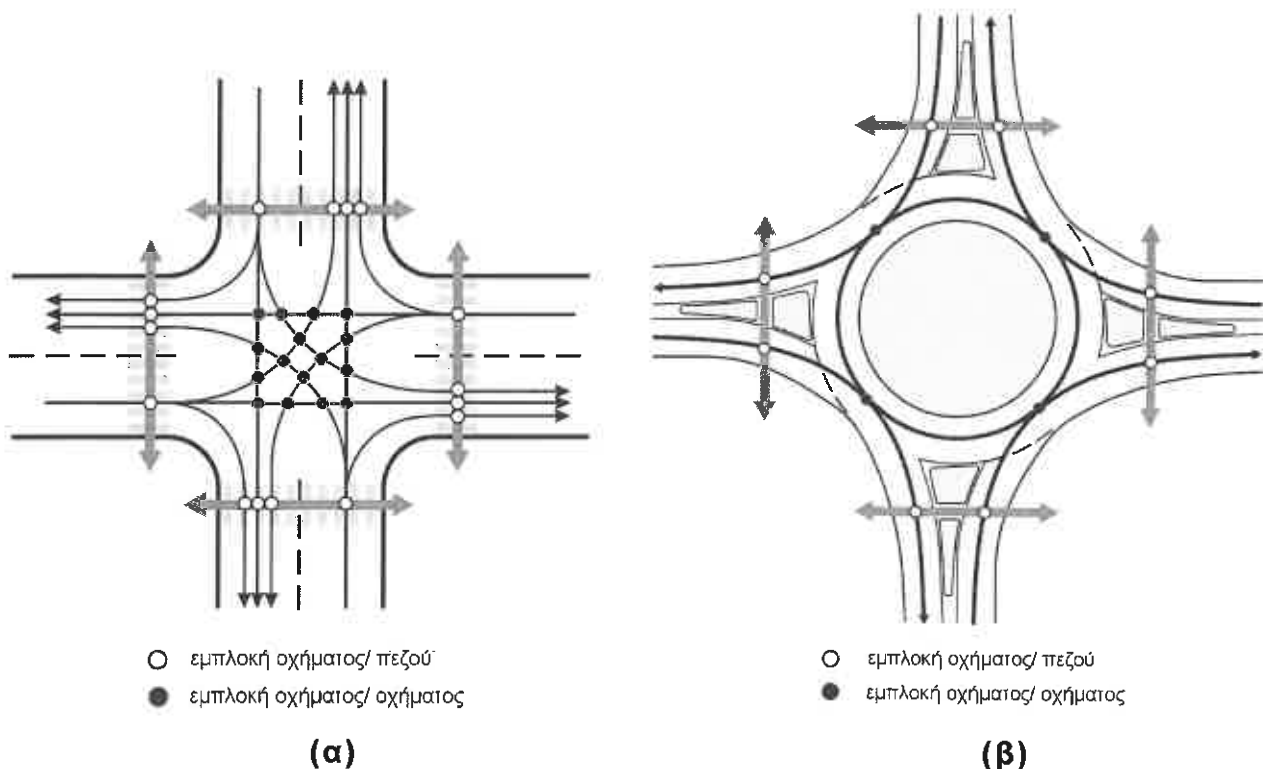
Σχήμα 2.10: Σημεία εμπλοκής οχημάτων σε μια διασταύρωση τεσσάρων-κλάδων και με μια λωρίδα ανά κατεύθυνση. [4]

Οι χαμηλές απόλυτες ταχύτητες που συνδέονται με τους κυκλικούς κόμβους επιτρέπουν στους οδηγούς περισσότερο χρόνο αντίδρασης στις πιθανές εμπλοκές, βοηθώντας να βελτιωθεί η ασφάλεια στον κόμβο.[4]

Δεδομένου ότι οι περισσότεροι χρήστες κινούνται με παρόμοιες ταχύτητες εντός του κυκλικού κόμβου, κατά συνέπεια οι σχετικές ταχύτητες είναι χαμηλές, με αποτέλεσμα η δριμύτητα των συγκρούσεων να είναι μειωμένη έναντι μερικών παραδοσιακά ελεγχόμενων διασταυρώσεων. [4]

Οι πεζοί απαιτείται να διασταυρώνουν μόνο μια κατεύθυνση της κυκλοφορίας την φορά καθώς διασχίζουν μια προσέγγιση του κυκλικού κόμβου αντίθετα με τις συνήθεις σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις. Τα σημεία εμπλοκής μεταξύ των οχημάτων και των πεζών μειώνονται με τη χρήση του κυκλικού κόμβου, σε έναν συνήθη σηματοδοτούμενο κόμβο ο πεζός αντιμετωπίζει τέσσερις πιθανές μορφές εμπλοκής με όχημα. Αντίθετα σε έναν κυκλικό κόμβο αντιμετωπίζει μόνο δύο όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.11. Επιπλέον,

οι ταχύτητες εισόδου και εξόδου των οχημάτων σε ένα κυκλικό κόμβο είναι μειωμένες, αν έχει γίνει σωστός σχεδιασμός.[4]



Σχήμα 2.11: Σύγκριση σημείων εμπλοκής πεζών και οχημάτων μεταξύ συνήθους τετρασκελούς (α) και κυκλικού(β) ισόπεδου κόμβου. [2]

Μειονεκτήματα

Στους κυκλικούς κόμβους σημειώνετε σημαντική μείωση στον αριθμό των συγκρούσεων, όμως το ποσοστό των ατυχημάτων με συμμετοχή μόνο ενός οχήματος είναι χαρακτηριστικά υψηλό. Επίσης, ποδηλάτες και πεζοί συμμετέχουν σε σχετικά μεγαλύτερο ποσοστό στα ατυχήματα με τραυματισμό σε σύγκριση με άλλα είδη διασταυρώσεων.[4]

2.4.5.2. Επαρκής κυκλοφοριακή ικανότητα

Οι ισόπεδοι κόμβοι ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές αποτελούν τον κύριο καθοριστικό παράγοντα των συνθηκών ροής και της κυκλοφοριακής ικανότητας μιας οδού. Οι ισόπεδοι κόμβοι σε ένα τμήμα μιας οδού ελέγχουν κατά κύριο λόγο τη δυνατότητα μιας οδικής αρτηρίας να εξυπηρετήσει τις ροές οχημάτων και πεζών.[3]

Πλεονεκτήματα

Μέσω της κυκλικής κυκλοφορίας μιας διευθύνσεως πραγματοποιείται μια τακτική και ομοιόμορφη ροή της κυκλοφορίας. Κατά κανόνα όλα τα οχήματα κινούνται συγχρόνως και συνεχώς με χαμηλή ταχύτητα. Εάν ο κυκλοφοριακός όγκος είναι χαμηλός, η καθυστέρηση λόγω μείωσης της ταχύτητας είναι μικρή ενώ δεν υπάρχει καθυστέρηση λόγω στάσεως.[6]

Όλοι οι ελιγμοί στροφής μπορούν να διεξαχθούν εύκολα αν και απαιτείται πρόσθετη απόσταση διαδρομής για όλους τους ελιγμούς εκτός των δεξιών στροφών.[6]

Ο κυκλικός κόμβος είναι ιδανικότερος σε διασταυρώσεις όπου συμβάλλουν πέντε ή παραπάνω κλάδοι .[6]

Μειονεκτήματα

Ο κυκλικός κόμβος δεν λειτουργεί ικανοποιητικά αν οι κυκλοφοριακοί όγκοι σε δυο ή περισσότερους κλάδους πλησιάζουν συγχρόνως την χωρητικότητά τους.[6]

Η απόσταση την οποία διανύουν τα οχήματα και ιδιαιτέρως τα στρέφοντα προς τα αριστερά αυξάνει σε ένα κυκλικό κόμβο, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου τα οχήματα κινούνται με μεγάλες ταχύτητες (ο σωστός σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου απαιτεί μεγάλες διαμέτρους της κεντρικής νησίδας, αυξάνοντας την απόσταση που διανύουν τα οχήματα). Αυτό όμως αντισταθμίζεται από την καθυστέρηση η οποία είναι πιθανή σε εναλλακτικούς διαρρυθμισμένους κόμβους λόγω στάσης.[6]

2.4.5.3. Αποδεκτό κόστος κατασκευής και λειτουργίας

Η κατασκευή ενός σύγχρονου οδικού έργου απαιτεί μεγάλες επενδύσεις και επομένως προσεκτική μελέτη που θα διερευνά όλες τις παραμέτρους για να καταλήξει στην προσφορότερη λύση για την πραγματοποίηση του οδικού έργου ή ακόμα και στην ιεράρχηση χρονικών προτεραιοτήτων για βελτιώσεις ή και για νέες κατασκευές.[1]

Πλεονεκτήματα

Το κόστος κατασκευής ενός κυκλικού κόμβου είναι κατά κανόνα μικρότερο από εκείνο του αντιστοίχου ανισόπεδου κόμβου με συνδετήριους κλάδους.[6]

Το συνολικό εκτιμώμενο κέρδος είναι συνήθως μεγαλύτερο σε ένα κυκλικό κόμβο σε σχέση με τους υπόλοιπους ισόπεδους κόμβους λόγω της μείωσης της σοβαρότητας των συγκρούσεων και του αριθμού των τραυματιών και των θυμάτων.[4]

Μειονεκτήματα

Ο κυκλικός κόμβος τις περισσότερες φορές απαιτεί μεγαλύτερη επιφάνεια από τις συνήθεις ισόπεδες διασταυρώσεις με αποτέλεσμα να έχει μεγαλύτερες επιφάνειες απαλλοτριώσεως με συνέπεια την αύξηση του κόστους του. Σε περιοχές όπου η επιφάνεια είναι περιορισμένη, η χρήση του κυκλικού κόμβου μπορεί να είναι αδύνατη.[6]

Στους κυκλικούς κόμβους συνιστάται ο φωτισμός του κόμβου και η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου με χαμηλή βλάστηση. Το κόστος αυτό είναι πιθανό να αντισταθμίσει το κόστος των εγκαταστάσεων του αντιστοίχου διαρρυθμισμένου κόμβου.[6]

Ο κυκλικός κόμβος δεν προσφέρεται για σταδιακή κατασκευή. Προσπάθειες επέκτασης ήταν αναγκαίες σε περιπτώσεις όπου οι κυκλοφοριακές απαιτήσεις ήταν άμεσες.[6]

2.4.5.4. Ικανοποιητική προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο

Η προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο ενός κόμβου θεωρείται ικανοποιητική όταν οι επιβαρύνσεις στο περιβάλλον της περιοχής του κόμβου (ηχορύπανση, ατμοσφαιρική ρύπανση, παρεμπόδιση της υπάρχουσας χρήσης γης, οπτική παρείσδυση, απορροή όμβριων) παραμένουν κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια.[2]

Πλεονεκτήματα

Οι κυκλικοί κόμβοι μπορεί να εξασφαλίσουν περιβαλλοντικά κέρδη. Η συνεχόμενη κίνηση των οχημάτων που επιτυγχάνεται στους κυκλικούς κόμβους έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του θορύβου, τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και της κατανάλωσης καυσίμου, μειώνοντας των αριθμό των κύκλων επιτάχυνσης/επιβράδυνσης.[4]

Μειονεκτήματα

Επειδή απαιτείται σχετικώς μεγάλη οριζόντια επιφάνεια η υπάρχουσα μορφή του εδάφους σε ορισμένες περιοχές μπορεί να καταστήσει ανεφάρμοστη τη λύση του κυκλικού κόμβου.[6]

Στους κυκλικούς κόμβους απαιτούνται πολυάριθμα συστήματα ρυθμίσεως της κυκλοφορίας την ημέρα και τη νύχτα με συνέπεια μερικοί οδηγοί, οι οποίοι δεν γνωρίζουν τον κόμβο να έχουν πρόβλημα σύγχυσης.[6]

Σε περιπτώσεις όπου οι κυκλοφοριακοί όγκοι είναι πολύ χαμηλοί σε παραδοσιακούς μη σηματοδοτούμενους κόμβους (η κίνηση των οχημάτων είναι συνεχόμενη χωρίς προβλήματα), έχει σαν αποτέλεσμα λιγότερες καθυστερήσεις, λιγότερη κατανάλωση καυσίμου και λιγότερη εκπομπή αερίων σε σχέση με τους κυκλικούς κόμβους. Αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη απόσταση που διανύουν τα οχήματα σε ένα κυκλικό κόμβο.[4]

3. Ανασκόπηση υπάρχοντος λογισμικού οδοποιίας

3.1 Γενικά

Η αλματώδης ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών αλλά και του λογισμικού αυτών τις τελευταίες δεκαετίες, έδωσε την δυνατότητα της μέγιστης δυνατής αυτοματοποίησης εργασιών που ήταν ιδιαίτερα κοπιαστικές και χρονοβόρες στο παρελθόν. Παράλληλα, πλήθος μικρότερων αλλά σημαντικών εφαρμογών άρχισαν να πραγματοποιούνται με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, απελευθερώνοντας τον εργαζόμενο από πλήθος διαδικασιών στις οποίες κατανάλωνε σημαντικό χρόνο. Ειδικότερα στο χώρο της οδοποιίας, όπου υφίσταται πολυπλοκότητα λύσεων, εντός των πλαισίων των κανονισμών σχεδιασμού οδών, η αυτοματοποίηση μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, αποτελεί σημαντικό εργαλείο σχεδιασμού. Έτσι λοιπόν στην οδοποιία υπάρχει συνεχής εξέλιξη νέου λογισμικού, με το οποίο πραγματοποιούνται όλο και περισσότερες εργασίες αλλά και διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων σε επίπεδο βελτιστοποίησης. [8] Στο παρόν κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας θα παρουσιαστούν συνοπτικά τα γνωστότερα προγράμματα σχεδιασμού οδών που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελληνική και διεθνή αγορά καθώς και λογισμικά που αφορούν στον σχεδιασμό οδικών κόμβων και ειδικότερα κυκλικών κόμβων

Στη σημερινή εγχώρια και διεθνή αγορά διατίθεται μεγάλος αριθμός προγραμμάτων σχεδιασμού οδών. Τα περισσότερα έχουν παραπλήσιες λειτουργίες και ακολουθούν την ίδια λογική πορεία εργασίας, είναι δε βασισμένα σε κάποιους κανονισμούς σχεδιασμού οδών (συνήθως των Η.Π.Α. ή τους Γερμανικούς), από τους οποίους λαμβάνουν στοιχεία παραμέτρων αναγκαίων για το σχεδιασμό. Στην ελληνική αγορά γνωστότερα είναι τα εγχώρια προγράμματα **ΟΔΟΣ 7** και **Anadelta tessera**, τα οποία στηρίζονται στους Γερμανικούς και στους Ελληνικούς Κανονισμούς. Διεθνώς, γνωστότερα προγράμματα σχεδιασμού οδών είναι τα αμερικανικά **Inroads**, **MXRoad**, **AutodesCivil Design** και το ιταλικό **Prost**. Κάποια

από τα παραπάνω λογισμικά έχουν ειδικά υποπρογράμματα για τον σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων. Υπάρχουν και ανεξάρτητα μικρότερα λογισμικά που ασχολούνται κυρίως με τους κυκλικούς κόμβους, όπως τα **ARCADY**, **RODEL**, **SIDRA**, **KREISEL**, και **GIRABASE**. Τέλος στα πλαίσια διπλωματικών εργασιών της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής υποδομής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου έχουν αναπτυχθεί τρία προγράμματα που ασχολούνται με τον σχεδιασμό ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων.

3.2 Προγράμματα οδοποιίας

3.2.1 Πρόγραμμα H/Y Anadelta tessera

Το **Tessera** είναι ένα ολοκληρωμένο λογισμικό σχεδιασμού και κατασκευής οδικών έργων από την **Anadelta Software**. Συνδυάζει λειτουργίες χάραξης και σχεδιασμού σε περιβάλλον σχεδιαστικού προγράμματος (CAD) δύο και τριών διαστάσεων. Δίνει τη δυνατότητα στον μελετητή να επινοήσει εύκολες εναλλακτικές τεχνικές σχεδιασμού χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει περιβάλλον.

Το **Tessera** προσαρμόζεται στους κανονισμούς του έργου και παραμετροποιείται στον μέγιστο βαθμό. Λαμβάνει υπόψη του το υπόβαθρο με ένα εξελεγμένο σύστημα υπολογισμού μοντέλου εδάφους.

Η γεωμετρία του δρόμου ορίζεται με ελάχιστες κινήσεις και στη συνέχεια μπορεί να παραμετροποιηθεί με λεπτομέρεια. Το **Tessera** προσφέρει πολλά είδη καμπυλών συναρμογής και σύνθετες καμπύλες με τη σύζευξη δύο διαδοχικών κορυφών. Η επιφάνεια του καταστρώματος είναι παρούσα στη φάση της χάραξης. Οι οριογραμμές έχουν τις δικές τους ιδιότητες και επανασχεδιάζονται σε πραγματικό χρόνο.

Με βάση το μοντέλο εδάφους το πρόγραμμα παράγει το φυσικό έδαφος της μηκοτομής και των διατομών. Ο ορισμός των κορυφών της κατακόρυφης χάραξης και των ακτίνων καμπυλότητας γίνεται και γραφικά με ταυτόχρονη παρουσίαση βοηθητικών στοιχείων όπως κλίσεις και υψομετρικές διαφορές. Η κατακόρυφη χάραξη συνδυάζεται αμφίδρομα με την οριζόντια. Οι διατομές ενημερώνονται για οποιαδήποτε μεταβολή στην οριζόντια ή στην κατακόρυφη χάραξη.

Η ακριβής γεωμετρία των διατομών ορίζεται με τη χρήση τυπικών διατομών που μπορούν να βρεθούν στη βιβλιοθήκη του προγράμματος, να τροποποιηθούν με

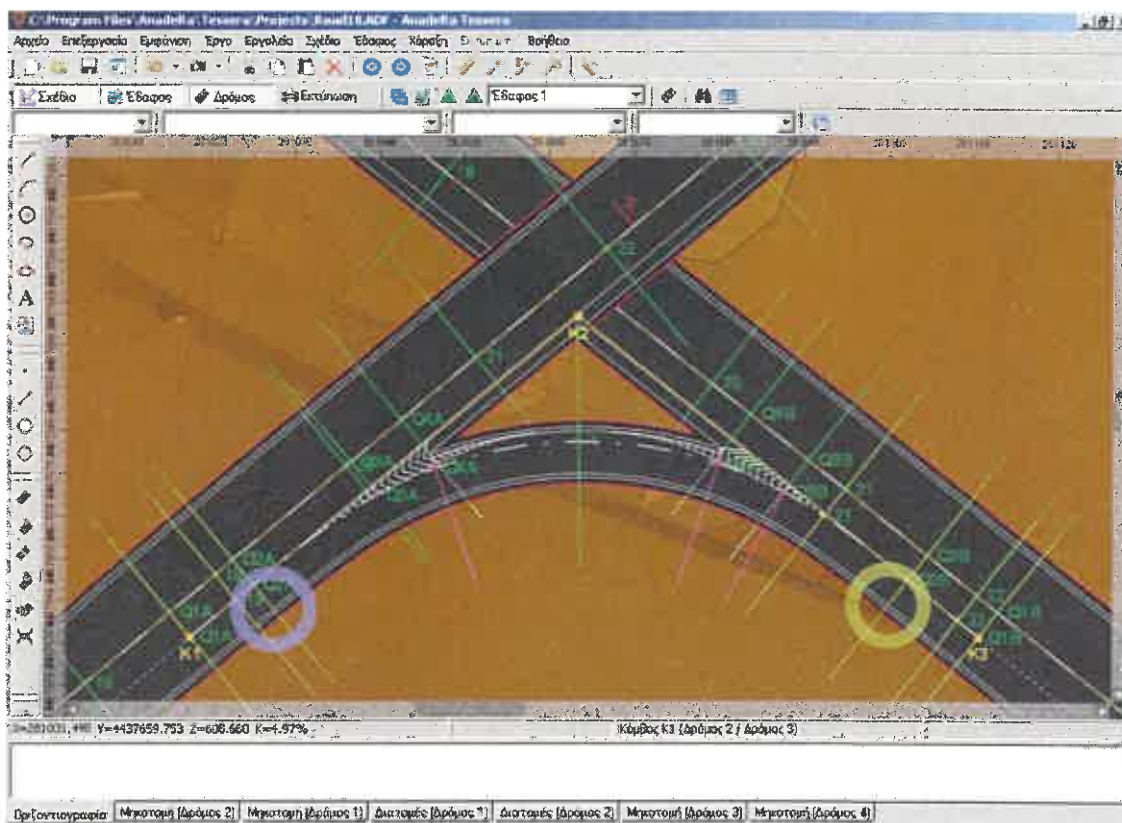
γραφικό τρόπο ή να σχεδιαστούν εξ αρχής. Μία τυπική διατομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρότυπο για να προκύψει μια άλλη με τροποποίηση, προσθήκη ή διαγραφή κάποιων στοιχείων της. Κάθε διατομή μπορεί να τροποποιηθεί ελεύθερα και μετά την εφαρμογή της τυπικής και να υπολογιστεί εκ νέου. Αυτόματα γίνεται ο υπολογισμός των ποσοτήτων σύμφωνα με τις οριζόμενες από το χρήστη τυπικές εργασίες.

3.2.1.1 Βασικά Χαρακτηριστικά

Χάραξη :

- Γραφική εισαγωγή του δρόμου ή εισαγωγή του από αρχεία κειμένου.
- Πλήθος καμπυλών συναρμογής (Κλωθοειδής, Ωοειδής, Κυβ. Παραβολή κ.α.) για στροφές κάθε τύπου (κανιστροειδείς, ανακάμπτοντες ελιγμούς, σύζευξη δύο κορυφών).
- Αμφίδρομα συνδεδεμένη οριζόντια και κατακόρυφη χάραξη καθώς και εποπτικός έλεγχος απορροής οδοστρώματος.
- Παραμετρικός υπολογισμός, γραφική επισκόπηση και ελεύθερη επεξεργασία διαγράμματος επικλίσεων.
- Αυτοματοποιημένη διαχείριση ανισόπεδων κόμβων.
- Συγχρονισμός διατομών παράπλευρων οδών με βάση τον άξονα της αρτηρίας.
- Πραγματικές οριογραμμές, νησίδες και άλλες γραμμές κατά μήκος του δρόμου.
- Υπολογισμός και ανάλυση ορατότητας.
- Εφαρμογή κριτηρίων ασφαλείας ΟΜΟΕ.
- Υπολογισμός και επεξεργασία διαγράμματος Bruckner.
- Εισαγωγή στοιχείων εδάφους από αρχεία κειμένου ή αρχεία εξαγωγής σχεδίων (DXF) .
- Αυτόματη δημιουργία οάσεων και περιμέτρων για απομόνωση περιοχών.
- Εποπτικός τρόπος εισαγωγής και διόρθωσης γραμμών αλλαγής κλίσης.
- Ταχύτατος υπολογισμός μοντέλου εδάφους και ισοϋψών (εκατοντάδες χιλιάδες σημεία σε δευτερόλεπτα).
- Χρωματική παράσταση υψομέτρων και φωτοσκίαση των τριγώνων.

- Χρωματισμός περιοχών με βάση τις κλίσεις και υπολογισμός των αντίστοιχων εμβαδών.
- Συνύπαρξη και αλληλεπίδραση πολλών μοντέλων εδάφους και υπολογισμός ογκομετρικών διαφορών μεταξύ τους.



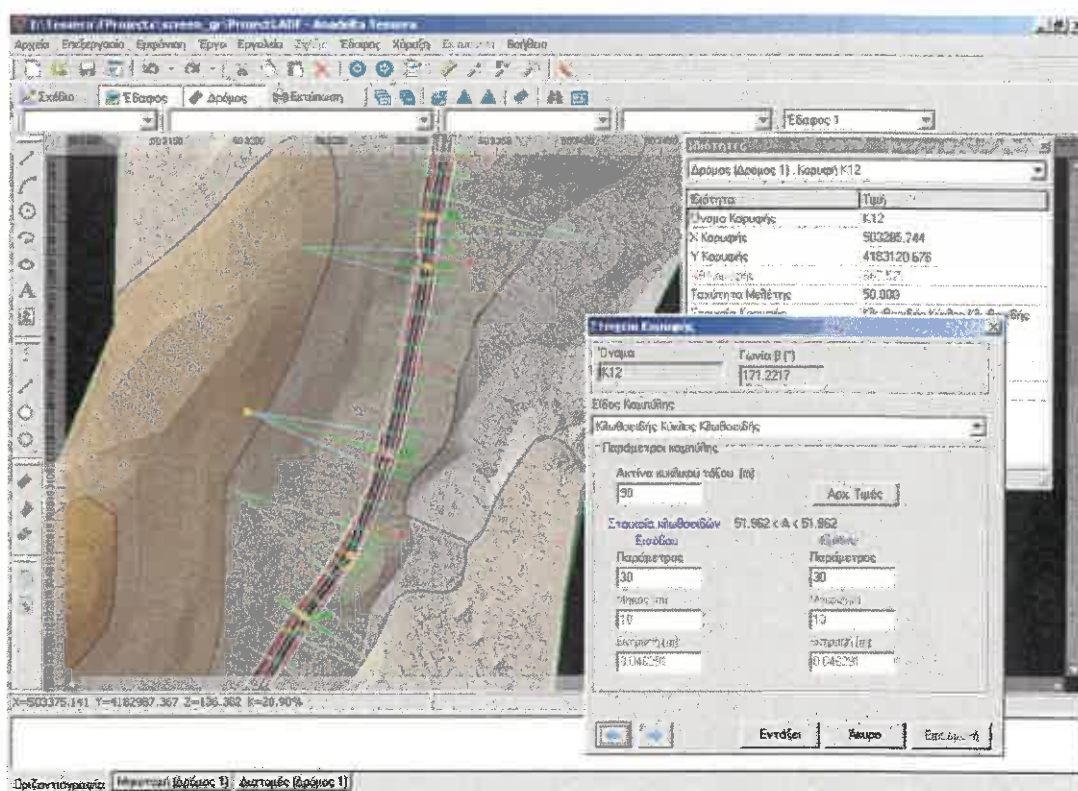
Σχημα 3.1: Σχεδιασμός ανισόπεδου κόμβου με το πρόγραμμα **Anadelta tessera** [21]

Διατομές :

- Γραφικός ορισμός τυπικών διατομών ή επιλογή από βιβλιοθήκη.
- Τυπική διατομή δρόμων δύο κλάδων.
- Σύνθεση διατομών πολλών δρόμων και ευέλικτη διαχείριση σύνθετων διατομών και διατομών κόμβων.
- Βελτίωση υπάρχοντος δρόμου.
- Μαζικός υπολογισμός διατομών αλλά και χειροκίνητη διόρθωση όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.
- Αυτόματη διεύρυνση πλευρικού χώρου με βάση τις περιβάλλουσες ορατότητας.
- Πλήρως παραμετρικός πίνακας χρωματισμών ενός ή πολλών δρόμων.

Τρισδιάστατη απεικόνιση (3D):

- Αποτελεί εγγενές μέρος του περιβάλλοντος σχεδιαστικού προγράμματος (CAD), προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα άμεσης απεικόνισης της μελέτης σε τρεις διαστάσεις ανά πάσα στιγμή.
- Δυνατότητες επισκόπησης αλλά και επέμβασης στο έργο σε περιβάλλον ανάλογο της Οριζοντιογραφίας.
- Λειτουργίες εδάφους όπως διόρθωση τριγώνων, εισαγωγή ή διαγραφή γραμμών αλλαγής κλίσης.
- Οπτικός καθώς και αυτόματος έλεγχος ορατότητας στη χάραξη.
- Απεικόνιση σε περιβάλλον σχεδιαστικού προγράμματος (CAD) ή φωτορεαλιστική.
- Εξαγωγή εικόνων υψηλής ανάλυσης κατάλληλων για εκτύπωση σε αποτυπωτή (plotter).
- Δημιουργία αρχείων video παρουσίασης του έργου.



Σχήμα 3.2 : Χάραξη οδού με το πρόγραμμα **Anadelta tessera** [21]

3.2.2 Πρόγραμμα **ΟΔΟΣ 7**

Το **ΟΔΟΣ 7**, είναι η τελευταία γενιάς έκδοση λογισμικού οδοποιίας της σειράς **ΟΔΟΣ**. Είναι κατ' εξοχήν πρόγραμμα σχεδιασμού οδικών έργων, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την υποβοήθηση του σχεδιασμού έργων "διαδρόμου" με την ευρύτερη έννοια (σιδηροδρομικών έργων, τροχοδρόμων αεροδρομίων, αρδευτικών δικτύων, φραγμάτων, υδραυλικών σκαμμάτων, κλπ.). Διαθέτει τη δυνατότητα ταυτόχρονης μελέτης απεριόριστου αριθμού οδών. Παρέχει στον μηχανικό εξειδικευμένα εργαλεία σχεδιασμού οριζοντιογραφίας, μηκοτομής, διαγραμμάτων επικλίσεων, διαπλατύνσεων και εφαρμογής στραγγιστικής στρώσης και διατομών. Ενσωματώνει σύστημα ελεύθερου, παραμετρικού και πολυκριτηριακού σχεδιασμού λεπτομερειών τυπικής διατομής οριογραμμών και νησίδας καθώς και στρώσεων οδοστρώματος και έδρασης, με ανοιχτή βάση υλικών.

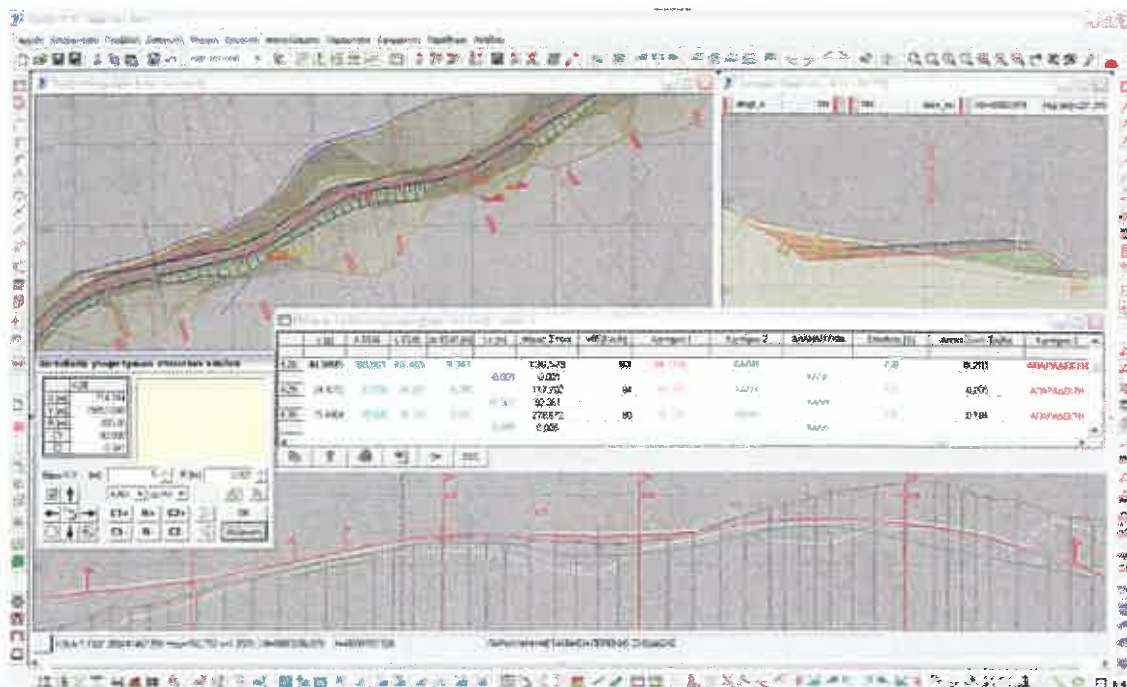
Ο σχεδιασμός με το **ΟΔΟΣ 7** είναι συγχρονισμένος στα τρία «επίπεδα» της μελέτης (οριζοντιογραφία - μηκοτομή - διατομές). Μετά

από κάθε ενέργεια σε οποιοδήποτε επίπεδο, το **ΟΔΟΣ** δημιουργεί αυτόματα την επίπτωσή της σε όλα τα υπόλοιπα επίπεδα μελέτης όλων των οδών του έργου, φροντίζοντας για την αυτόματη ενημέρωση όλων των απαραίτητων στοιχείων του έργου. Έχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης των νέων ελληνικών κανονισμών χαράξεων οδών, ΟΜΟΕ-Χ, που ενσωματώνει, προκειμένου να ελέγξει τον γεωμετρικό σχεδιασμό ή /και να παράξει αυτόματα στοιχεία της μελέτης που απορρέουν από τους κανονισμούς (π.χ. διαγράμματα επικλίσεων, διαπλατύνσεων εσωτερικού στρωφών, κλπ.). Πραγματοποιεί τρισδιάστατο έλεγχο διάθεσης των απαιτούμενων μηκών ορατότητας για στάση και παράγει περιβάλλουσες ορατότητας με ρυθμιζόμενες θέσεις παρατηρητή και εμποδίου. Η επεξεργασία των διατομών περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα εργαλεία διαμόρφωσής τους (απ'ευθείας αλλαγή οποιασδήποτε λεπτομέρειας τυπικής διατομής, οδηγίων σχεδιασμού πρανών, τοποθέτησης τοίχων, αναβαθμών ευστάθειας / αγκυρώσεων, διατήρησης υφισταμένου οδοστρώματος κλπ.). Οι πινάκες προμέτρησης/υπολογισμών, παράγονται αυτόματα, σε μορφή προκαθορισμένη κάθε φορά από τον χρήστη.

Η σημαντικότερη καινοτομία του ΟΔΟΣ 7 είναι η δυνατότητα αυτόματου, πλήρως παραμετρικού οριζοντιογραφικού και υψομετρικού σχεδιασμού ισόπεδων κόμβων κατά RAL-K-1.

Το **ΟΔΟΣ 7** παράγει πλέον αυτόνομα όλα τα σχέδια της μελέτης, με πλήρη παραμετροποίηση, σε αρχεία εξαγωγής σχεδίων τύπου DWG. Περιορίζει με τον τρόπο αυτό τις απαιτήσεις σχεδιαστικού προγράμματος CAD σε απλές σχεδιαστικές και εκτυπωτικές λειτουργίες και απαλλάσσει τον χρήστη από την υποχρέωση αγοράς πανάκριβων (για τις ανάγκες της μελέτης) σχεδιαστικών προγραμμάτων CAD. Με το **ΟΔΟΣ 7** είναι δυνατή η ολοκλήρωση της λεπτομερούς σχεδιαστικής επεξεργασίας των παραγόμενων από το **ΟΔΟΣ** αρχείων εξαγωγής σχεδίων τύπου DWG, με απλά και φτηνά CAD προγράμματα (π.χ. AutoCAD LT, IntelliCAD), ή και με CAD ασύμβατα έως πρόσφατα με το λογισμικό ΟΔΟΣ (με το **ΟΔΟΣ 6**), όπως π.χ. το Microstation, καθώς όλα τα περιβάλλοντα σχεδιαστικών προγραμμάτων CAD της αγοράς, διαβάζουν απ' ευθείας τα παραγόμενα από το **ΟΔΟΣ 7** αρχεία εξαγωγής

σχεδίων τύπου DWG. Τέλος, το πρόγραμμα παράγει αυτόματα και σε οποιαδήποτε φάση της μελέτης τρισδιάστατο μοντέλο του έργου και του περιβάλλοντος εδάφους και διαθέτει εξελιγμένο σύστημα φωτορεαλιστικής απεικόνισης του έργου με δυνατότητα κίνησης/οδήγησης.



Σχήμα 3.3 : Χάραξη οδού με το πρόγραμμα ΟΔΟΣ 7 [22]

3.2.2.1 Ισόπεδοι κόμβοι

Το **ΟΔΟΣ 7** επεκτείνει τις δυνατότητες σχεδιασμού οδικών έργων, πέραν των έργων «διαδρόμου», που σε γενικές γραμμές ορίζονται από άξονα και τυπική διατομή, στον τομέα του αυτόματου σχεδιασμού ισόπεδων κόμβων. Ο σχεδιασμός των ισόπεδων κόμβων με το **ΟΔΟΣ 7** είναι μιά εντελώς αυτόματη διαδικασία, που ολοκληρώνεται εξ ολοκλήρου από το πρόγραμμα. Ο απλός καθορισμός της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, καθώς και του τύπου του κόμβου, αρκεί για την άμεση ανταπόκριση του προγράμματος με τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό του κόμβου, τόσο οριζοντιογραφικά, όσο και υψομετρικά. Ο οριστικός καθορισμός του κόμβου γίνεται από τον χρήστη, μέσω της παραμετροποιημένης καθοδήγησης του

προγράμματος για τον επί μέρους σχεδιασμό κάθε στοιχείου του κόμβου (δεξιάς /αριστερής στροφής εισόδου / εξόδου, σταγόνας, τριγωνικής νησίδας, λωρίδων επιτάχυνσης / επιβράδυνσης, κλπ.). Η παραμετρική καθοδήγηση από τον χρήστη πραγματοποιείται με όρους μελέτης υψηλού επιπέδου, με τον απ' ευθείας καθορισμό φυσικών μεγεθών των στοιχείων του κόμβου (π.χ. πλάτος λωρίδας αριστερής στροφής, μήκος αναμονής, επιλογή τόξου / τριτόξου, κλπ.) .

Το **ΟΔΟΣ 7** “γνωρίζει” πώς σχεδιάζεται ένας ισόπεδος κόμβος, καθώς ενσωματώνει όλη την τεχνογνωσία, τις ιδιαίτερες γεωμετρικές πρακτικές και τους κανόνες γεωμετρικού καθορισμού του. Οι μορφές ισόπεδων κόμβων που υποστηρίζονται από το **ΟΔΟΣ 7**, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του γεωμετρικού καθορισμού τους, καθώς και οι έλεγχοι των κρίσιμων μεγεθών που πραγματοποιούνται, βασίζονται στους σχετικούς γερμανικούς κανονισμούς RAL-K-1, που εφαρμόζονται και στην Ελλάδα.

Ο σχεδιασμός ενός ισόπεδου κόμβου, δεν εξαντλείται με τον οριζοντιογραφικό σχεδιασμό του. Η υψομετρική του διαμόρφωση, είναι καθοριστικής σημασίας, τόσο για τις συνθήκες κυκλοφορίας στην επιφάνεια του κόμβου, όσο και για την αποχέτευση των ομβρίων. Το **ΟΔΟΣ 7** καθορίζει πλήρως την υψομετρική διαμόρφωση της επιφάνειας του κόμβου, παρέχοντας στο χρήστη πλήρη έλεγχο τόσο των μηκοτομών των οριογραμμών, όσο και των εγκάρσιων κλίσεων όλων των λωρίδων της περιοχής του κόμβου, σε όλες τις απαραίτητες θέσεις. Η υψομετρία του κόμβου απεικονίζεται υπό μορφήν ισοϋψών καμπυλών της επιφάνειας του καταστρώματός του. Σε κάθε επέμβαση σε οποιοδήποτε στοιχείο της υψομετρικής διαμόρφωσης του κόμβου, το πρόγραμμα σε πραγματικό χρόνο επαναυπολογίζει νέες ισοϋψείς καταστρώματος. Οι διατομές της περιοχής του κόμβου λαμβάνουν υπόψιν την υψομετρική διαμόρφωση του κόμβου και έχουν ανάλογη, μεταβλητή κατά πλάτος κλίση. Το **ΟΔΟΣ 7** ελέγχει όλα τα μεγέθη που υπόκεινται σε έλεγχο βάσει των κανονισμών RAL-K-1 (απόσταση κεφαλής σταγόνας, διαστάσεις τριγωνικής νησίδας, κλπ.) και δίνει πλήρη αναφορά για τα αίτια των όποιων πιθανών παραβάσεων, εφόσον αυτές προκύψουν. Υπολογίζει αυτόματα τις απαιτούμενες ελεύθερες εμποδίων επιφάνειες

προκειμένου να εξασφαλίζεται ορατότητα για στάση, εκκίνηση και προσέγγιση. Παράγει λεπτομερή αρχεία εξαγωγής σχεδίων τύπου DWG της οριζοντιογραφίας του ισόπεδου κόμβου, των μηκοτομών των οριογραμμών, των ισοϋψών καμπυλών του καταστρώματος και των επιφανειών ορατότητας. Τέλος, υπολογίζει αναλυτικά όλες τις ποσότητες της περιοχής επιρροής του κόμβου, χωρίς την απαίτηση εισαγωγής πασσάλων και με σαφή όρια προμέτρησης σε σχέση με τις συμβαλλόμενες / διασταυρούμενες οδούς.



Σχήμα 3.4 : Σχεδιασμός ισόπεδου κόμβου με το πρόγραμμα **ΟΔΟΣ 7** [22]

3.2.3 Πρόγραμμα Prost

Το **Prost** είναι ένα πρόγραμμα Ιταλικής προέλευσης, για τη μελέτη των έργων οδοποιίας, σιδηροδρόμων και υδραυλικών έργων σε ενιαίο γραφικό περιβάλλον με το τοπογραφικό υπόβαθρο. Το **Prost** προσφέρει Ελληνικό περιβάλλον εργασίας με κυλιόμενους καταλόγους και εικονίδια εργασίας. Διαθέτει αυτόνομο σχεδιαστικό περιβάλλον και χωρίζεται σε τρεις επιμέρους εφαρμογές [17]:

Prost S : Επιτρέπει τη μελέτη του έργου σε γραφικό περιβάλλον με ταυτόχρονη εισαγωγή του τοπογραφικού υπόβαθρου. Περιλαμβάνει εργαλεία διαχείρισης μηκοτομών, υδραυλικών μηκοτομών και ογκομετρήσεων.

Prost X : Τα διαθέσιμα εργαλεία επιτρέπουν την εύκολη και ακριβή επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με τον σχεδιασμό απλών και σύνθετων διασταυρώσεων και κυκλικών κόμβων .

Prost Z : Το πρόγραμμα ικανοποιεί ένα μεγάλο εύρος αναγκών στον τομέα των προμετρήσεων. Το πρόγραμμα προσαρμόζεται στις εκάστοτε ανάγκες και απαιτήσεις του μηχανικού (πίνακες τιμών, υπολογισμοί) και την εκτύπωση των αποτελεσμάτων.

3.2.3.1 Prost S

- **Οριζοντιογραφία**

Στο γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής είναι δυνατή η σχεδίαση οριζοντιογραφιών δρόμων, σιδηροδρομικών γραμμών, ανοικτών και κλειστών δρόμων, χρησιμοποιώντας όλες τις διαθέσιμες λειτουργίες του CAD. Όσον αφορά τον καθορισμό της χάραξης ο χρήστης έχει την ευχέρεια να εργαστεί με όλα τα γνωστά οριζοντιογραφικά στοιχεία ευθεία, κλωθοειδής καμπύλη, ωοειδής καμπύλη, κύκλος, παραβολή. Υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας της χάραξης στο γραφικό περιβάλλον είτε μετακινώντας τις κορυφές της πολυγωνικής είτε τροποποιώντας τις καμπύλες μεταξύ των ευθυγραμμιών. Η εισαγωγή διατομών μπορεί να γίνει στο παράθυρο εργασίας της οριζοντιογραφίας. Η ολοκλήρωση του σχεδίου της οριζοντιογραφίας, μπορεί να γίνει αυτόματα από τις διατομές, εμπεριέχοντας όλα τα στοιχεία που υπάρχουν σε αυτές (πεζοδρόμια, πρανή, τοίχοι αντιστήριξης, ορύγματα).

- **Μηκοτομή**

Η κατασκευή της μηκοτομής απαιτεί την εισαγωγή αποστάσεων και υψομέτρων του εδάφους και του έργου. Ο ορισμός υψομέτρων ερυθράς γίνεται χειροκίνητα ή με ορισμό ευθυγράμμων τμημάτων και καμπυλών. Η επεξεργασία της μηκοτομής μπορεί να γίνει άμεσα με τη μετακίνηση των κορυφών των ευθυγραμμιών ή με τροποποίηση των καμπυλών. Η μετακίνηση των κορυφών μπορεί να είναι ελεύθερη ή να εξαρτάται από την κλίση της πρώτης ή της δεύτερης ευθυγραμμίας ή να περιορίζεται

από το υψόμετρο ή την απόσταση. Τα στοιχεία του εδάφους και του έργου μπορούν να εισαχθούν χειροκίνητα ή να προκύψουν αυτόματα με παρεμβολή στο μοντέλο του εδάφους ή σε τοπογραφικά σημεία εντός συγκεκριμένης ζώνης. Η μηκοτομή μπορεί να υπολογιστεί και από διατομές.

- **Διατομές**

Ο ορισμός της θέσης των σημείων του εδάφους και έργου μπορεί να γίνει χειροκίνητα ή αυτόματα, με χρήση του ψηφιακού προτύπου. Η εισαγωγή τυπικής διατομής μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτόματα (στο σύνολο του έργου ή σε μέρος αυτού) ημιαυτόματα (σε μια διατομή) ή χειροκίνητα (συνδέοντας τα στοιχεία ένα προς ένα). Είναι δυνατό να οριστούν οι τιμές των παραμέτρων μιας τυπικής διατομής για την αρχική και τελική διατομή, οπότε το πρόγραμμα υπολογίζει τις τιμές για τις ενδιάμεσες διατομές με παρεμβολή.

- **Τυπικές διατομές**

Οι τυπικές διατομές κατασκευάζονται σε ξεχωριστό παράθυρο, όπου επιλέγονται οι παράμετροι που τις αποτελούν και ορίζονται οι ρυθμίσεις τους. Κάθε αντικείμενο μπορεί να συνδέεται σε σημεία άλλου αντικειμένου ή σε κάποια πολυγραμμή της οριζοντιογραφίας ή της μηκοτομής. Με τον τρόπο αυτό μπορεί ο χρήστης να ορίσει στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή τη θέση και το μέγεθος των αντικειμένων. Το πρόγραμμα διαθέτει βιβλιοθήκη αντικειμένων σχεδιασμού (κατάστρωμα, τάφροι, ρείθρα, τοίχοι) επιτρέποντας την κατασκευή ακόμα και σύνθετων τυπικών διατομών.

- **Ογκομετρήσεις**

Οι ογκομετρήσεις πραγματοποιούνται ανά διατομή ή συνολικά και επαναληπτικά. Επιπλέον εργαλεία του προγράμματος δίνουν την δυνατότητα της εξαίρεσης τμημάτων της οριζοντιογραφίας από τους υπολογισμούς.

3.2.3.2 Prost X

Οι βασικές λειτουργίες του προγράμματος είναι οι εξής :

- **Πολλαπλές διατομές**

Μέσα από το **Prost X** είναι δυνατή η διαχείριση πολλαπλών διατομών, δηλαδή η δυνατότητα εμφάνισης σε κάθε διατομή των διατομών δεξιά και αριστερά της. Οι πλευρικές διατομές λειτουργούν ως αναφορά για την μελέτη πιθανής διακοπής των στοιχείων του κύριου άξονα. Βάσει του σχήματος και της θέσης της πλευρικής διατομής μπορεί να οριστεί η θέση της γραμμής διακοπής των στοιχείων της κύριας διατομής.

- **Προβολή αξόνων σε μηκοτομή**

Με την προβολή πολυγραμμών ή αξόνων στη μηκοτομή δημιουργείται η μηκοτομή κάποιου άλλου άξονα ή μιας τεθλασμένης γραμμής. Με τον τρόπο αυτό εμφανίζονται στη μηκοτομή τα υψομετρικά στοιχεία άλλων αξόνων ή των πλευρών άλλων αξόνων, ώστε να ολοκληρωθεί σωστά η υψομετρική σχεδίαση του ενεργού άξονα.

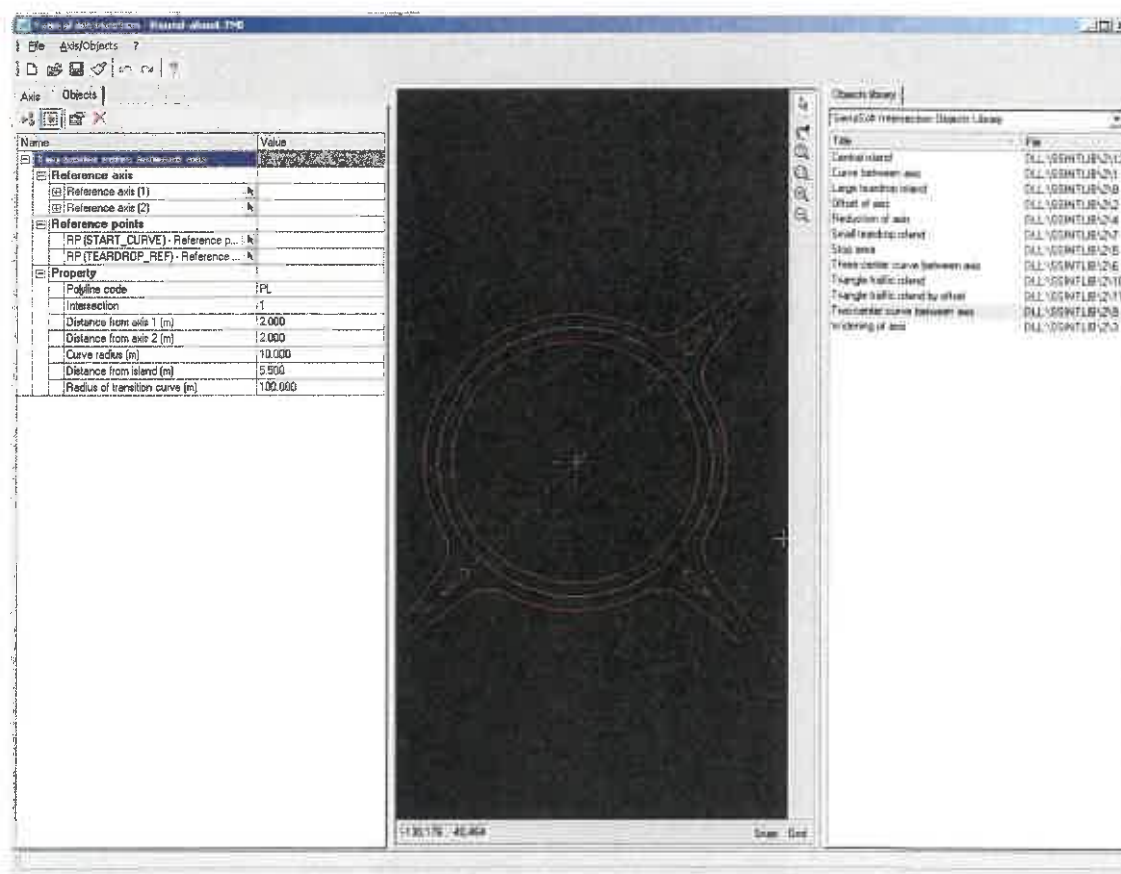
- **Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου κόμβου**

Με το πρόγραμμα μπορεί να κατασκευαστεί το τρισδιάστατο πρότυπο κάποιου κόμβου. Το πρότυπο αυτό μπορεί να συμπληρωθεί με την αυτόματη δημιουργία και των υπολοίπων στοιχείων, όπως πεζοδρόμια, νησίδες κ.α.

- **Τυπικοί κόμβοι**

Με το **Prost X** παρέχεται ένα περιβάλλον ορισμού τυπικών κόμβων που περιέχουν ακμές, διαπλάτυνσεις και νησίδες. Οι τυπικοί κόμβοι μπορούν να αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά έργα, αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό τη συνεχή δημιουργία κόμβων, αφού γίνεται αυτόματη εισαγωγή τους στο τρέχον έργο. Κατά την δημιουργία τυπικών κόμβων, πρέπει να εισαχθούν αρχικά οι άξονες που αποτελούν τον κόμβο και έπειτα να εισαχθούν οι παράμετροι που προσφέρονται από το πρόγραμμα.

- Παράλληλα άξονα
- Διαπλάτυνση και μείωση πλάτους
- Παράπλευρες οδοί
- Πλευρικές καμπύλες (απλή, δύο κέντρα, τρία κέντρα)
- Σταγόνες (μικρή, μεγάλη)
- Τριγωνικές νησίδες
- Κεντρικές νησίδες
- Κυκλικό κόμβο



Σχήμα 3.5 : Χάραξη κυκλικού κόμβου με το πρόγραμμα Prost X [23]

3.2.4 Πρόγραμμα Autodesk Civil Design

Το **Autodesk Civil Design** είναι ένα πρόγραμμα Αμερικάνικης προέλευσης και περιέχει ολοκληρωμένες, εξειδικευμένες, λύσεις για την μελέτη έργων οδοποιίας και υδραυλικών έργων. [14]

3.2.4.1 Αναλυτική περιγραφή προϊόντος

Το πρόγραμμα **Autodesk Civil Design R 2004** παρέχει δυνατότητες για τη μελέτη έργων πολιτικού μηχανικού. Μέσω αυτού απλοποιούνται οι διαδικασίες δημιουργίας σχεδίων και μελετών, τόσο στον τομέα μεταφορών, για κάθε τύπο και εύρος έργων οδοποιίας, σιδηροδρομικών, κατασκευής αεροδρομίων και σχεδιασμού σηράγγων, όσο και στην προετοιμασία χώρου εγκατάστασης και την τελική διαμόρφωση έργων εμπορικής, βιομηχανικής, συλλογικής και στεγαστικής χρήσης, αλλά και στην υδρολογία και τα υδραυλικά συστήματα για διάφορα έργα, από οδοποιία έως κατασκευή χώρων στάθμευσης. Στο λογισμικό **Autodesk Civil Design** συνδυάζονται το λογισμικό σχεδιασμού Autocad με εξειδικευμένες εντολές σχεδιασμού στο ίδιο περιβάλλον, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη λύση.

3.2.4.2 Βασικές λειτουργίες του προγράμματος

- Μελέτη και σχεδίαση οριζοντιογραφίας δρόμου
- Σχεδίαση καμπυλών, κλωθοειδών και συναρμογών με δυνατότητα δυναμικής διαστασιολόγησης.
- Σχεδίαση και επεξεργασία μηκοτομής δρόμων με ταυτόχρονη χάραξη ερυθράς.
- Σύνθετος έλεγχος και υπολογισμός επικλίσεων.
- Υπολογισμός και σχεδίαση διατομών με χρήση τυπικής διστομής.
- Υπάρχει αλληλεπίδραση, κατά της μεταβολής μεταξύ οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διατομών.
- Υπολογισμός στοιχείων χάραξης
- Υπολογισμός όγκων χωματουργικών
- Αυτοματοποιημένη εκτύπωση πινακίδων.
- Τρισδιάστατη απεικόνιση δρόμου
- Επιτρέπεται η χρήση των οριζοντιογραφιών οδών, ή σιδηροδρόμων από πολλούς χρήστες, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παράλληλη χρήση τους και από άλλα μέλη μελετητικής ομάδας.
- Συνδυάζονται μετατροπές, πρότυπα εργασίας και κανόνες οδοποιίας στα προς μελέτη τμήματα των δρόμων.
- Υπολογισμός και σχεδίαση πρηνών εδάφους.

- Υπολογισμός και ανάλυση υδραυλικών δικτύων.
- Μελέτη και ανάλυση λεκάνης απορροής και απορρεόντων υδάτων.
- Υπολογισμός και σχεδίαση αγωγών.[14]

3.2.5 Πρόγραμμα Inroads

Το πρόγραμμα **Inroads** κατασκευάζεται από την εταιρεία Intergraph στις Η.Π.Α και σύμφωνα με την εταιρεία αποτελεί το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα σχεδιασμού παγκοσμίως. Λειτουργεί στο περιβάλλον των σχεδιαστικών προγραμμάτων Microstation της Bentley και Autocad, έχει δε δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad. Το πρόγραμμα «Inroads» είναι μέρος ενός συνόλου προγραμμάτων σε θέματα οδοποιίας, αστικής ανάπτυξης, γεωδαισίας κ.α.[25]

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του προγράμματος είναι η απουσία ενσωματωμένων ορίων διαφόρων κανονισμών που έχουν επιλεγεί. Έτσι ο χρήστης καλείται μόνος του να εισάγει τα όρια που επιθυμεί. Τα όρια αυτά μπορεί να είναι ταχύτητα μελέτης, μήκη ορατότητας, ακτίνες κ.α. Το βασικό μειονέκτημα του προγράμματος είναι ότι αυξάνει τις αρμοδιότητες και τις επεμβάσεις του χρήστη προκειμένου να εισάγει κάποια όρια που ο ίδιος επιθυμεί. Από την άλλη μεριά το πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει το πρόγραμμα σε οποιουδήποτε κανονισμούς χάραξης. Για τον λόγο αυτό το **Inroads** συνεργάζεται με άλλα προγράμματα που εξάγουν αρχεία με κανονισμούς και χρησιμοποιούνται αυτόματα.

Στο **Inroads**, τα πρότυπα των εδαφών δημιουργούνται με τριγωνισμό και σε περίπτωση που η μέθοδος τριγωνισμού δώσει λανθασμένα αποτελέσματα τότε ο χρήστης μπορεί να επέμβει σε αυτά τα τμήματα. Η απεικόνιση του εδάφους γίνεται με τρίγωνα, ισοϋψείς, περίγραμμα εδάφους κ.α.[14]

- Οριζοντιογραφία

Υπάρχουν δύο τρόποι σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας :

- Ο χρήστης χρησιμοποιεί ευθύγραμμο ή καμπύλο στοιχεία με κανένα, ένα ή δύο βαθμούς ελευθερίας, τα οποία τοποθετεί χαράσσοντας με ακρίβεια την οριζοντιογραφία της οδού, όταν υπάρχει περιορισμός χώρου κ.τ.λ

- Ο χρήστης τοποθετεί την πολυγωνική γραφικά στο πρότυπο εδάφους που έχει δημιουργηθεί και στη συνέχεια τοποθετεί τα διάφορα στοιχεία χάραξης (τόξα, κλωθοειδείς κ.α) στη θέση που επιθυμεί. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο χρήστης να έχει πραγματοποιήσει τους υπολογισμούς και να έχει εισάγει τις απαραίτητες παραμέτρους.

- Μηκοτομή

Η μηκοτομή του εδάφους προκύπτει από τον συνδυασμό οριζοντιογραφίας και προτύπου εδάφους. Συγκεκριμένα τοποθετείται η πολυγωνική της μηκοτομής της οδού, η οποία μπορεί να τροποποιηθεί πολλές φορές μέχρι να βρεθεί η βέλτιστη λύση καθώς και να τοποθετηθούν και να τροποποιηθούν κυκλικά τόξα και άλλα στοιχεία της χάραξης της μηκοτομής.

- Τρισδιάστατο πρότυπο

Το **Inroads** έχει τη δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης της οδού με τη βοήθεια εργαλείων που διαθέτει το σχεδιαστικό πρόγραμμα. Ακόμη ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει το τρισδιάστατο σχέδιο από την οπτική γωνία ενός οδηγού οπότε μπορεί να οδηγήσει τον δρόμο εικονικά.

- Διατομές

Με το πρόγραμμα **Inroads** μπορούν να σχεδιαστούν τυπικές διατομές της οδού, τυπικές διατομές σε τμήμα αυτής και συνθετότερες διατομές (με εισαγωγή πεζοδρομίων, ερεισμάτων κ.α.)

Άλλες δυνατότητες του προγράμματος :

- Κλίσεις των πρανών και επικλίσεις των διατομών
- Έλεγχος κατάστασης υφιστάμενου οδοστρώματος
- Εργαλεία ογκομέτρησης
- Εξέταση υδρολογικών στοιχείων του μοντέλου εδάφους
- Δυνατότητα εμφάνισης της διατομής σε οποιοδήποτε θέση της οδού

Σε ό,τι αφορά τη σχεδίαση οδικών κόμβων αυτή πραγματοποιείται έμμεσα αφού σχεδιάζονται επιμέρους στοιχεία και στο τέλος διαμορφώνεται συνολικά ο κόμβος [13].

3.2.6 Πρόγραμμα MX-MOSS

Το πρόγραμμα **MX** της **Intrasoft** αποτελεί τη μετεξέλιξη ενός από τα πρώτα προγράμματα οδοποιίας που αναπτύχθηκαν του **MOSS**. Το **MOSS** αρχικά λειτουργούσε σε κεντρικά συστήματα υπολογιστών υψηλής απόδοσης, όμως η ανάπτυξη της τεχνολογίας επέτρεψε την εφαρμογή του σε προσωπικούς υπολογιστές με αποτέλεσμα την αύξηση των χρηστών του προγράμματος.[13] Στις αρχές αυτής της δεκαετίας το πρόγραμμα **MX** εξαγοράστηκε από την **BENTLEY** την εταιρία του λογισμικού **Inroads**.

Το **MX**, χωρίζεται σε 4 υποπρογράμματα :

- Το **MXROAD** που σχετίζεται με τη χάραξη οδών , κόμβων κτλ
- Το **MXRENEW** που σχετίζεται με την ανακατασκευή, ανανέωση του υπάρχοντος οδοστρώματος
- Το **MXRSITE** που αφορά την κατασκευή γεφυρών , καναλιών κ.α
- Το **MXRAIL** που αφορά τη χάραξη σιδηροδρομικών αξόνων

3.2.6.1 MXROAD

Το πρόγραμμα **MXROAD** χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό μιας οδού από την εισαγωγή των δεδομένων εδάφους μέχρι την παραγωγή σχεδίων και αναφορών. Οι λειτουργίες του προγράμματος είναι :

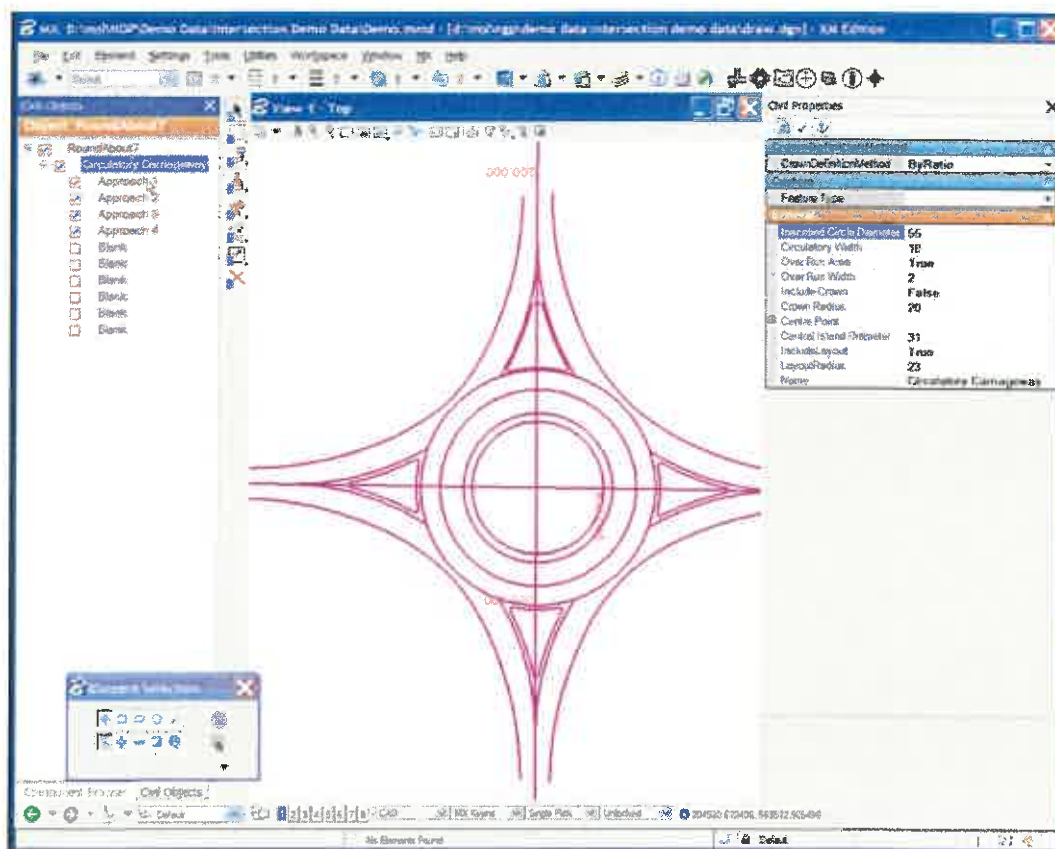
- Εισαγωγή εδάφους (δημιουργείται ψηφιακό πρότυπο εδάφους με την εισαγωγή συντεταγμένων από αρχεία δεδομένων και από ψηφιοποίηση χαρτών)
- Χάραξη (υπάρχουν δύο τρόποι χάραξης της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής)
- Σχεδιασμός οδού

Αφού γίνει η χάραξη της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής πραγματοποιούνται τα παρακάτω βήματα για τον σχεδιασμό της οδού

- Κατασκευή τυπικής διατομής
- Επικλίσεις με βάση κανονισμούς
- Διευρύνσεις
- Σχεδιασμός ερεισμάτων

- Σχεδιασμός ισόπεδων κόμβων
- Χωματοουργικά
- Σχεδιασμός πεζοδρομίων, κρασπέδων
- Ανάλυση του σχεδιασμού της οδού
- Επεξεργασία διατομών
- Σχεδιασμός οδοστρωμάτων και εδαφικής στρώσης

Το MXROAD παρουσιάζει σημαντικό πλεονέκτημα καθώς όλα τα στοιχεία του δημιουργούνται σε τρεις διαστάσεις. Έτσι είναι ευκολότερη η κατασκευή του ανισόπεδου κόμβου αφού τα στοιχεία τοποθετούνται αμέσως στη φυσική τους θέση στο χώρο. Όσο αφορά στον τρόπο σχεδίασης είναι ο ίδιος με αυτό της χάραξης του άξονα οδού, δηλαδή ο μηχανικός σχεδιάζει με τα στοιχεία που επιθυμεί κάθε επιμέρους τμήμα του ανισόπεδου κόμβου ώστε τελικά να προκύψει ο επιθυμητός ανισόπεδος κόμβος.[13] Το πρόγραμμα MX δίνει την δυνατότητα για τον σχεδιασμό κυκλικών κόμβων. Το πρόγραμμα στηρίζεται στους Αυστραλιανούς κανονισμούς και



Σχήμα 3.6 : Σχεδιασμός κυκλικού κόμβου με το πρόγραμμα MX [25]

3.3 Προγράμματα που σχετίζονται κυρίως με τους κυκλικούς κόμβους

Τα προγράμματα που παρουσιάστηκαν στην παραπάνω παράγραφο είναι τα κυριότερα λογισμικά οδοποιίας που κυκλοφορούν στην ελληνική και διεθνή αγορά. Όπως είδαμε κάποια από τα λογισμικά αυτά παρέχουν στον χρήστη ειδικά υποπρογράμματα για τον σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων όπως το **MX** και **PROST X**. Υπάρχουν όμως και άλλα προγράμματα Υ/Η που ασχολούνται με τους κυκλικούς κόμβους όμως κανένα από αυτά δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως αμιγώς σχεδιαστικό πρόγραμμα κυκλικών κόμβων. Τα περισσότερα από αυτά τα προγράμματα λειτουργούν ως εργαλεία κυκλοφοριακής τεχνικής υπολογίζουν κυκλοφοριακούς φόρτους ουρές αναμονής, καθυστερήσεις, ατμοσφαιρική ρύπανση κ.τ.λ. Τα πιο γνωστά προγράμματα που ασχολούνται κυρίως με κυκλικούς κόμβους είναι τα **RODEL**, **GIRABASE**, **SIDRA**, **ARCADY**, και **KREISEL**. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν συνοπτικά κάποια από αυτά κυρίως αυτά που έχουν την δυνατότητα να σχεδιάσουν ένα κυκλικό κόμβο.

3.3.1. Το πρόγραμμα RODEL

Το **RODEL** είναι ένα αμφίδρομο πρόγραμμα προοριζόμενο για την αξιολόγηση και το σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων. Αυτό το πρόγραμμα αναπτύχθηκε από το τμήμα Οδοποιίας του συμβουλίου της κομητείας του Staffordshire (Highways Department of Staffordshire County Council) στην Αγγλία.

Ο σκοπός του προγράμματος **RODEL** είναι:

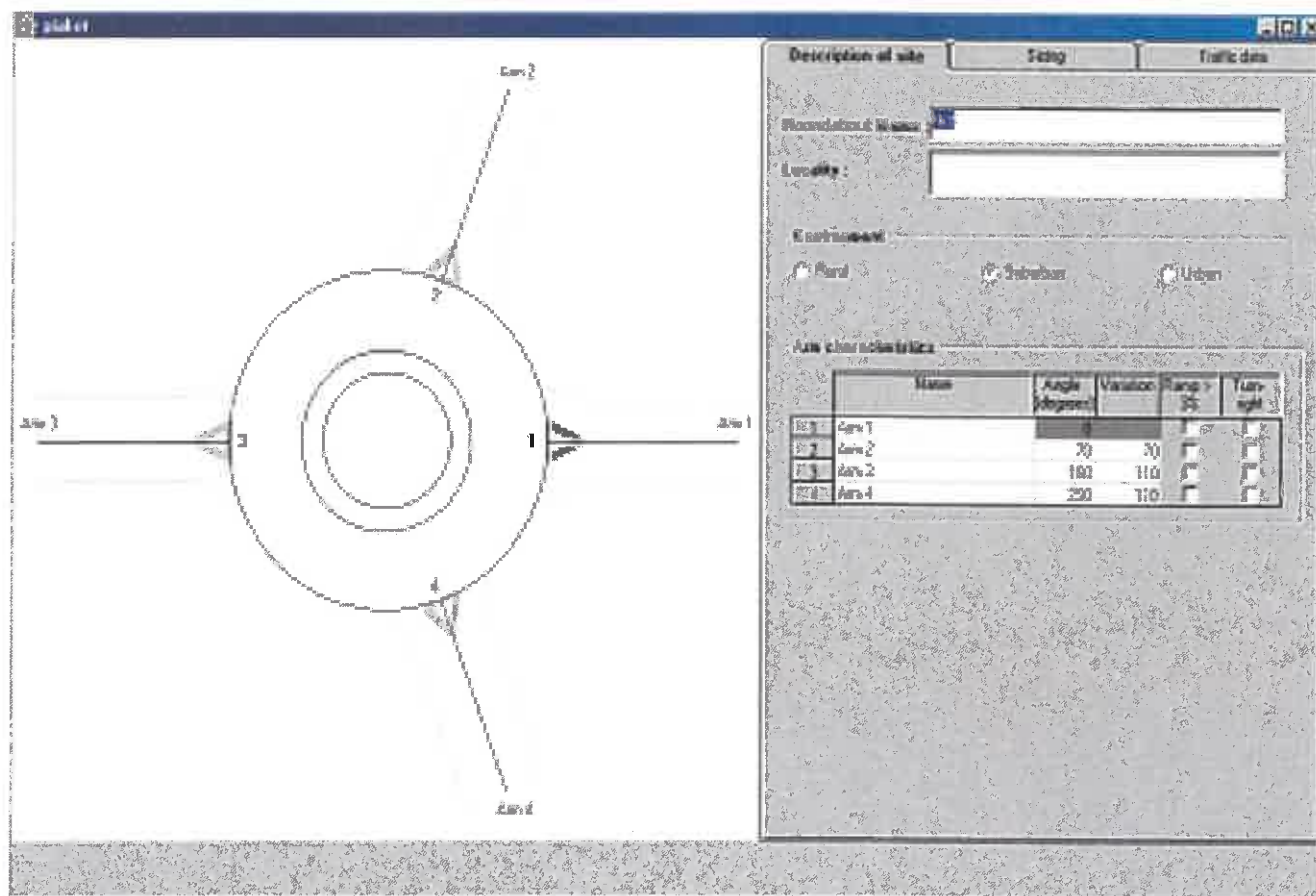
- Να βελτιώσει την ποιότητα του σχεδιασμού.
- Να μειώσει δραστικά το χρόνο σχεδιασμού.
- Να μειώσει το κόστος της έκτασης γης και των υπηρεσιών που απαιτούνται για τον σχεδιασμό ενός κυκλικού κόμβου.
- Να επιτρέψει τη γρήγορη εξέταση πολλών επιλογών ειδικά όσον αφορά την ασφάλεια.
- Να εξάγει την βέλτιστη χάραξη εξετάζοντας τις παραμέτρους κυκλοφοριακής ικανότητας και ασφάλειας.

Υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι λειτουργίας του προγράμματος:

- Στην πρώτη περίπτωση ο χρήστης διευκρινίζει τους στόχους για τη μέση καθυστέρηση, μέγιστη καθυστέρηση και μέγιστη ουρά αναμονής. Το λογισμικό RODEL παράγει άμεσα διάφορους συνδυασμούς της γεωμετρίας εισόδου για κάθε προσέγγιση βασισμένη στα δεδομένα που εισήχθησαν. Ανάλογα με τις λεπτομέρειες περιοχών και τους περιορισμούς, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου .
- Στην δεύτερη περίπτωση ακολουθείται η ανάποδη διαδικασία, ο χρήστης επιλέγει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εισόδου κάθε προσέγγισης καθώς και δεδομένα που αφορούν την κυκλοφοριακή ικανότητα του κόμβου. Το πρόγραμμα με τις δεδομένες τιμές κάθε προσέγγισης εξάγει τα αποτελέσματα για τις ουρές αναμονής που θα προκύψουν καθώς και τις καθυστερήσεις σε κάθε προσέγγισης. Έτσι το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη εάν προκύπτουν μεγάλες καθυστερήσεις να αλλάξει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των εισόδων ώστε να βρει την βέλτιστη λύση.

3.3.2 Το πρόγραμμα GIRABASE

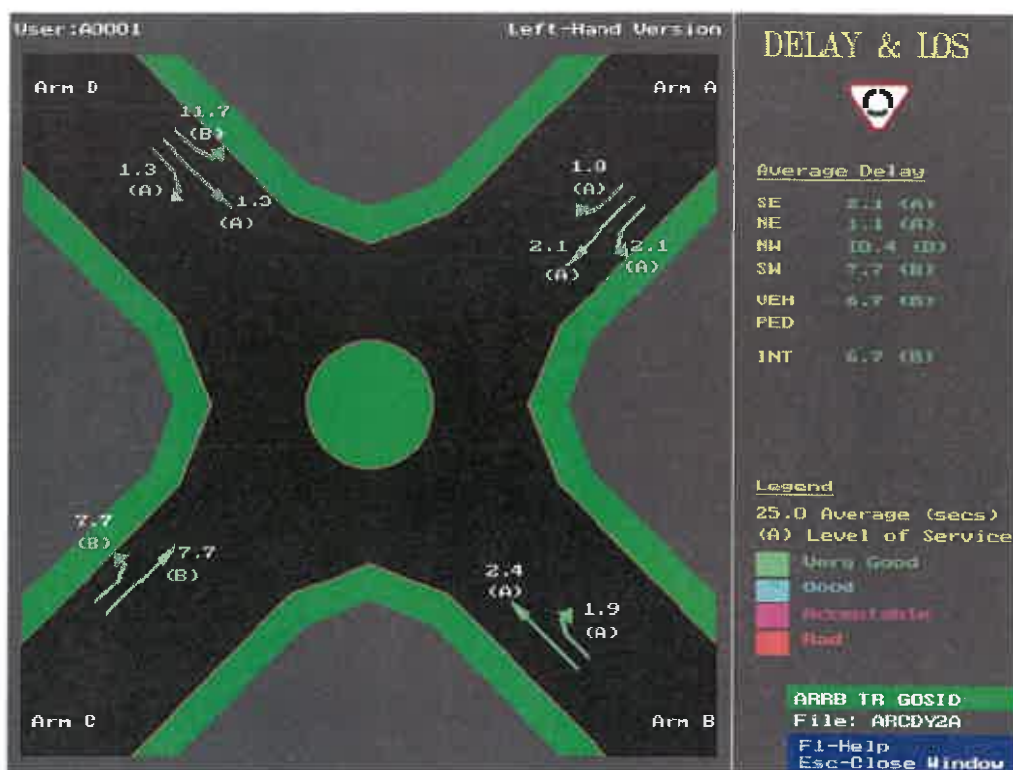
Το GIRABASE πρόκειται για Γαλλικό λογισμικό αποτελεί και αυτό λογισμικό κυκλοφοριακής τεχνικής, εξετάζει την κυκλοφοριακή ικανότητα τις ουρές αναμονής ,και είναι ευαίσθητο στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά [4]. Το πρόγραμμα αυτό δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να σχεδιάσει τον κυκλικό κόμβο δίνοντας κάποια γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κόμβου όπως αριθμός λωρίδων , γωνία που σχηματίζουν μεταξύ τους, πλάτος εισόδου κάθε κλάδου , το πλάτος του κυκλοφοριακού οδοστρώματος , το πλάτος της κατευθυντήριας διαχωριστικής νησίδας . [26]



Σχήμα 3.7 : Σχεδιασμός σκαριφήματος κυκλικού κόμβου με το πρόγραμμα GIRABASE [26]

3.3.3 Το πρόγραμμα SIDRA

Το πρόγραμμα SIDRA (Signalized & unsignalized Intersection Design and Research Aid) είναι το πιο διαδεδομένο λογισμικό κυκλοφοριακής τεχνικής για τους κυκλικούς κόμβους. Έχει αναπτυχθεί από την ARRB Transport Research στην Αυστραλία[10]. Αποτελεί λογισμικό κυκλοφοριακής τεχνικής όπως αναφέρθηκε όμως παρέχει την δυνατότητα σχεδιασμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κυκλικού κόμβου [13].



Σχήμα 3.8 : Επιφάνεια εργασίας του προγράμματος SIDRA για κυκλικούς κόμβους

3.4 Διπλωματικές εργασίες

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου αυτού έχουν αναπτυχθεί τρία προγράμματα αποκλειστικά για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων στα πλαίσια διπλωματικών εργασιών του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Παρακάτω γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των διπλωματικών εργασιών αυτών.

3.4.1 «Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων.»

Ήταν η πρώτη διπλωματική που ασχολήθηκε με την ανάπτυξη λογισμικού οδοποιίας και ποιο συγκεκριμένα με οδικούς κόμβους. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ασχολήθηκε με την ανάπτυξη και ανάλυση προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή με την βοήθεια των οποίων σχεδιάζεται η οριζοντιογραφία ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων. η δημιουργία λογισμικού με το οποίο αυτοματοποιείτε η διαδικασία υπολογισμών και χάραξης οδικών κόμβων η λειτουργία του οποίου στηρίζετε σε συγκεκριμένους κανονισμούς

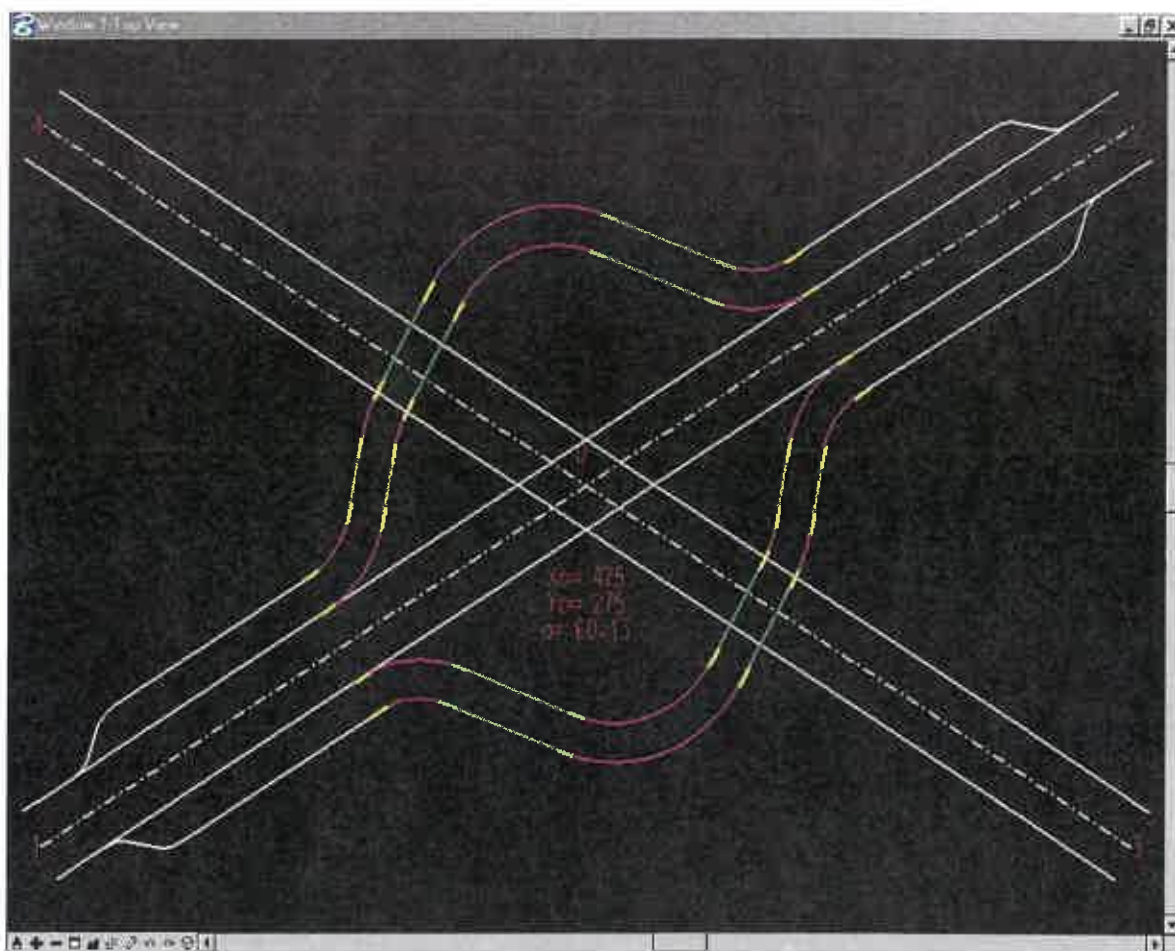
Τα προγράμματα έχουν ως βάση εφαρμογής κυρίως τους Γερμανικούς κανονισμούς σχεδιασμού οδικών κόμβων RAS-K-1 (ισόπεδοι κόμβοι) και RAL-K-2 (ανισόπεδοι κόμβοι) σε ορισμένα σημεία χρησιμοποιούνται επικουρικά οι κανονισμοί των Η.Π.Α. Σύμφωνα με του παραπάνω κανονισμούς σχεδιάζονται τρισκελείς και τετρασκελείς ισόπεδοι κόμβοι των βασικών μορφών I,II (μικρή και μεγάλη σταγόνα αντίστοιχα) και ανισόπεδοι κόμβοι των μορφών «ρόμβου» και «πλήρους τετράφυλλου»

Το περιβάλλον λειτουργίας των προγραμμάτων είναι το σχεδιαστικά πρόγραμμα Microstation 95 ενώ ο κωδικός αυτών είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματίσμου Visual Basic .Η δομή του κώδικα προσομοιάζει στην εργασία που θα ακολουθούσε ο μηχανικός στο σχεδιασμό ενός οδικού κόμβου.[13]

3.4.2 «Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβο μορφής ρόμβου .»

Η διπλωματική εργασία με τίτλο «Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβο μορφής ρόμβου» αποτελεί μια εξέλιξη της προηγούμενης διπλωματικής και ασχολείται με τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβο μορφής ρόμβου. Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αναπτύσσεται λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή, με τη βοήθεια του οποίου θα σχεδιάζεται η οριζοντιογραφία ανισόπεδου κόμβο μορφής ρόμβου καθώς και οι μηκοτομές των συνδετήριων κλάδων. Η ανάπτυξη και η λειτουργία του προγράμματος στηρίζεται σε συγκεκριμένους κανονισμούς σχεδιασμού ανισόπεδων κόμβων. Οι κανονισμοί που εφαρμόστηκαν είναι οι Γερμανικοί κανονισμοί RAL-K-2.

Ο κώδικας του προγράμματος είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic και το περιβάλλον λειτουργίας του προγράμματος είναι το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation.[14]



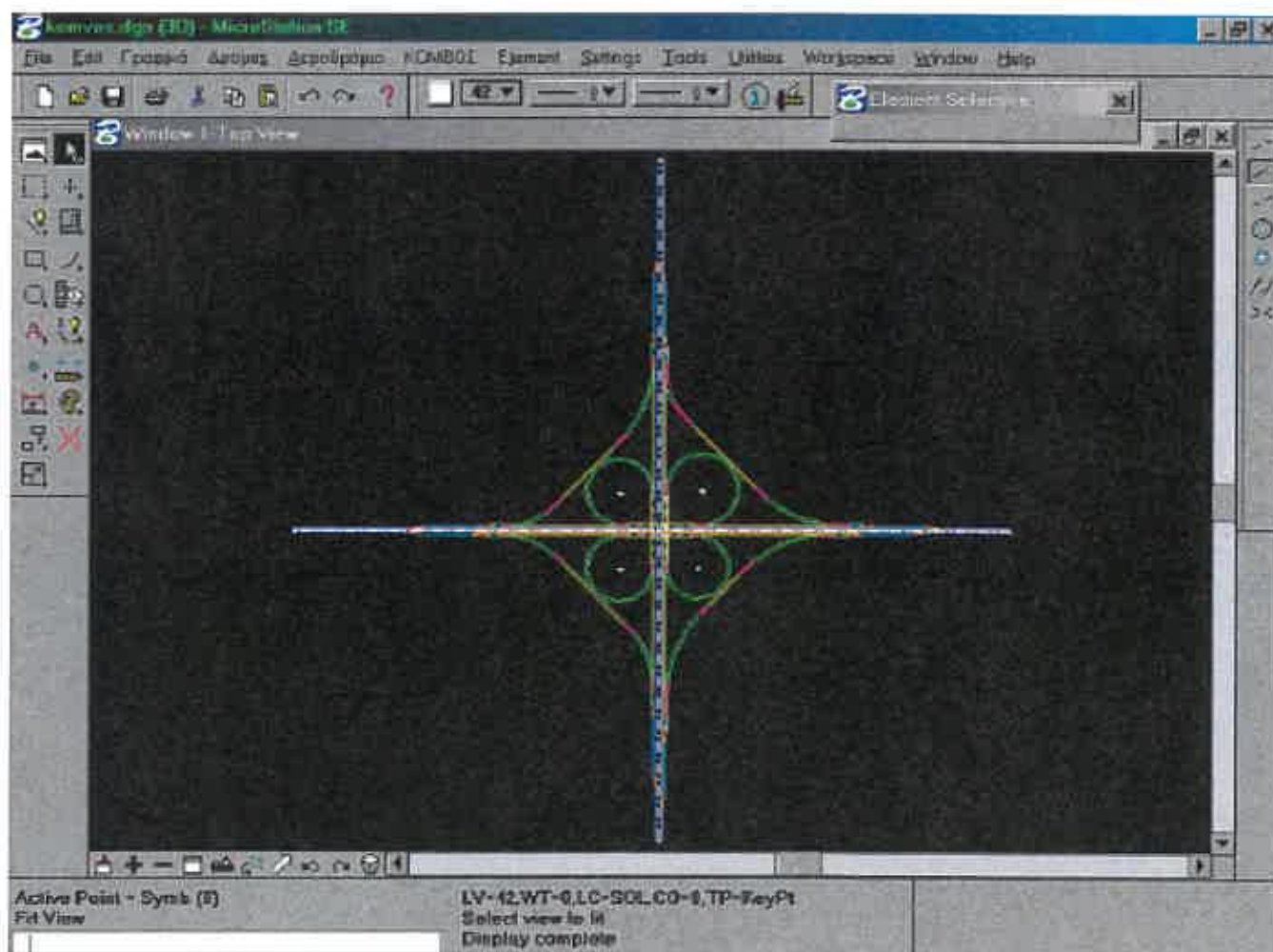
Σχήμα 3.9 : Σχέδιο οριζοντιογραφίας συνδετήριων κλάδων κομβού μορφής ρομβού [14]

3.4.3 «Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου .»

Η διπλωματική εργασία με τίτλο «Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου σε περιβάλλον CAD» εκπονήθηκε την ίδια χρονική περίοδο με την διπλωματική με τίτλο «Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου μορφής ρόμβου» αποτελεί και αυτή εξέλιξη της διπλωματικής «Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων» . Δημιουργείται μια σειρά προγραμμάτων με σκοπό την αυτοματοποίηση της σχεδίασης της οριζοντιογραφίας του κόμβου και των μηκοτομών των κλάδων του. Στη συνέχεια αναπτύσσεται η δομή και η λειτουργία του λογισμικού με το οποίο επιχειρείται να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία σχεδιασμού. Ο σχεδιασμός με χρήση του λογισμικού βρίσκεται σε πλήρη αντιστοιχία με τα βήματα

που θα ακολουθούσε ο μελετητής για την παραγωγή των σχεδίων οριζοντιογραφίας, μηκοτομής, διαγραμμάτων επικλίσεων και των απαραίτητων υπολογισμών.

Ο κώδικας του προγράμματος είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic και το περιβάλλον λειτουργίας του προγράμματος είναι το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation .[15]



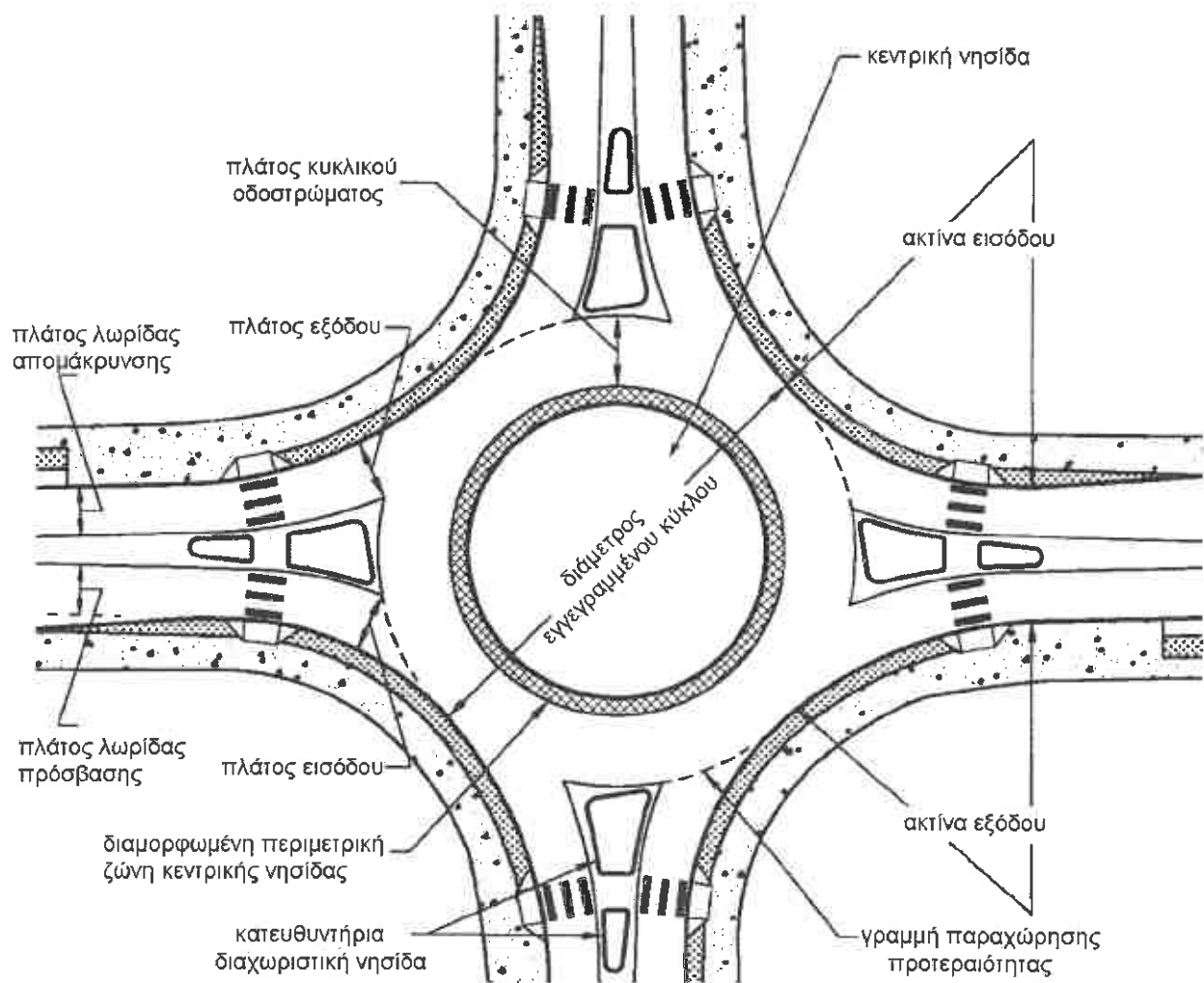
Σχήμα 3.9 : Σχέδιο Οριζοντιογραφίας κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου [15]

4. Γεωμετρικά στοιχεία κυκλικών κόμβων

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθούν τα βασικά χαρακτηριστικά και οι αρχές που διέπουν τον γεωμετρικό σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων, όπως παρουσιάζονται από την FHWA (Federal Highway Administration) στον οδηγό *"Roundabouts: An informational guide"* [4] και από τον Αγγλικό κανονισμό *TD 16/93 "The geometric design of roundabouts"* [5]. Συμπληρωματικά γίνεται αναφορά σε κανονισμούς και οδηγίες άλλων χωρών και οργανισμών. Τα παραπάνω στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των αναλυτικών σχέσεων πάνω στις οποίες δομήθηκε το λογισμικό που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τα γεωμετρικά αυτά χαρακτηριστικά αφορούν αποκλειστικά την οριζοντιογραφία των κυκλικών κόμβων με μια λωρίδα κυκλοφορίας. Ο σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου περιλαμβάνει την επιλογή προτεραιοτήτων πάνω σε θέματα ασφάλειας και κυκλοφοριακής ικανότητας. Όπως αναφέρθηκε και στο δεύτερο κεφαλαίο στους κυκλικούς κόμβους επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ασφάλεια όταν η γεωμετρία τους, αναγκάζει τα οχήματα που εισέρχονται και αυτά που κυκλοφορούν μέσα στον κυκλικό κόμβο να κινούνται με αργές ταχύτητες.

4.2 Στοιχεία γεωμετρίας κυκλικών κόμβων



Σχήμα 4.1: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κυκλικού κόμβου. [4]

- **Διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου (Inscribed circle diameter).**
Αποτελεί βασικό στοιχείο του γεωμετρικού σχεδιασμού ενός κυκλικού κόμβου και είναι ίση με τη διάμετρο της κεντρικής κυκλικής νησίδας (συμπεριλαμβανομένου του πλάτους του βατού τμήματός της, εάν υπάρχει) συν το διπλάσιο του πλάτους του κυκλικού οδοστρώματος.
- **Πλάτος κυκλικού οδοστρώματος (Circulatory roadway width).**
Καθορίζει το πλάτος του οδοστρώματος για την κίνηση των οχημάτων γύρω από την κεντρική νησίδα. Περιγράφεται από την

απόσταση μεταξύ του εξωτερικού άκρου του κυκλοφοριακού οδοστρώματος και της κεντρικής νησίδας . Δεν περιλαμβάνει το πλάτος του βατού τμήματος που θεωρείται μέρος της κεντρικής νησίδας .

- **Κεντρική κυκλική νησίδα (Central island).** Είναι η υπερυψωμένη μη προσβάσιμη περιοχή στο κέντρο ενός κυκλικού κόμβου, γύρω από την οποία γίνεται η κυκλοφορία των οχημάτων, καθορίζεται από τη διάμετρο του εγγεγραμμένου κύκλου και το πλάτος του κυκλικού οδοστρώματος. Είναι δυνατόν μια περιμετρική ζώνη της κεντρικής νησίδας να κατασκευαστεί ως μη κρασπεδωμένη, αλλά βατή από τα οχήματα (π.χ. διαγραμμισμένη επιφάνεια αποκλεισμού ή υλικό με διαφορετικό χρώμα και υφή από τη συνήθη ασφαλτο). Σημειώνεται ότι με τον όρο «βατές» εννοούνται νησίδες των οποίων ένα μικρό τμήμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα μεγάλα οχήματα που καλύπτουν μεγάλη επιφάνεια κατά την κίνησή τους σε καμπύλη.
- **Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα (Splitter island).** Οι κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες είναι οι υπερυψωμένες βατές ή μη βατές (όπως περιγράφηκαν παραπάνω) περιοχές που είναι απαραίτητες σε όλους τους κυκλικούς κόμβους, εκτός από όσους σχεδιάζονται με πολύ μικρές ακτίνες στους οποίους δυσχεραίνουν την αναγνωρισιμότητα του κυκλικού κόμβου όπου εκεί εμφανίζονται ως μια απλή διαγράμμιση πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Οι διαχωριστικές νησίδες χρησιμεύουν για την εξυπηρέτηση των πεζών, τον έλεγχο των ταχυτήτων, την καθοδήγηση της κυκλοφορίας στον κόμβο, τον διαχωρισμό των ρευμάτων εισόδου και εξόδου, την αποτροπή της κίνησης σε λάθος κατεύθυνση καθώς και ως χώροι τοποθέτησης πινακίδων σήμανσης.

- **Γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας (Yield line).** Η γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας είναι η διαγράμμιση πάνω στο κυκλοφοριακό οδόστρωμα με την οποία επισημαίνεται το σημείο εισόδου από μια πρόσβαση του κόμβου μέσα στην κυκλοφοριακή επιφάνεια και γενικά είναι κατά μήκος του εγγεγραμμένου κύκλου της διασταύρωσης. Τα εισερχόμενα οχήματα πρέπει να παραχωρήσουν προτεραιότητα σε οποιαδήποτε κυκλοφορία έρχεται από αριστερά πριν διασχίσουν αυτή τη γραμμή (μέσα στη κυκλοφοριακή επιφάνεια).
- **Διαβάσεις πεζών (Accessible pedestrian crossings).** Σε κάθε κυκλικό κόμβο θα πρέπει να υπάρχουν προσβάσιμες διαβάσεις πεζών. Η τοποθέτηση της διάβασης θα πρέπει να είναι πίσω από τη γραμμή παραχώρησης προτεραιότητας και της κατευθυντήριας νησίδας, η οποία θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να μπορούν να τη διασχίσουν άνετα πεζοί, ποδήλατα και αναπηρικά καροτσάκια.
- **Πλάτος λωρίδας πρόσβασης (Approach width).** Είναι το πλάτος του οδοστρώματος που χρησιμοποιείται από την κυκλοφορία που κινείται προς τον κόμβο. Το πλάτος πρόσβασης τυπικά δεν είναι μεγαλύτερο από το μισό του συνολικού πλάτους της κυκλοφοριακής επιφάνειας.
- **Πλάτος λωρίδας απομάκρυνσης (Departure width).** Είναι το πλάτος του οδοστρώματος που χρησιμοποιείται από την κυκλοφορία που κινείται προς ένα κλάδο εξερχόμενη από τον κυκλικό κόμβο. Το πλάτος απομάκρυνσης τυπικά δεν είναι μεγαλύτερο από το μισό του συνολικού πλάτους της κυκλοφοριακής επιφάνειας.

- **Πλάτος εισόδου (Entry width).** Ορίζεται το πλάτος του οδοστρώματος της εισόδου στον κυκλικό κόμβο στο σημείο επαφής με τον εγγεγραμμένο κύκλο. Μετριέται κάθετα από το δεξί άκρο της εισόδου και τον εγγεγραμμένο κύκλο.
- **Πλάτος εξόδου (Exit width).** Ορίζεται το πλάτος του οδοστρώματος της εξόδου στον κυκλικό κόμβο στο σημείο επαφής με τον εγγεγραμμένο κύκλο. Μετριέται κάθετα από το δεξί άκρο της εξόδου και τον εγγεγραμμένο κύκλο
- **Ακτίνα εισόδου (Entry radius).** Η ακτίνα εισόδου είναι η ελάχιστη ακτίνα της καμπυλότητας της εξωτερικής οριογραμμής της εισόδου.
- **Ακτίνα εξόδου (Exit radius).** Η ακτίνα εξόδου είναι η ελάχιστη ακτίνα της καμπυλότητας της εξωτερικής οριογραμμής της εξόδου

4.3 Διαδικασία σχεδιασμού

4.3.1 Γενικά

Η διαδικασία σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων, πιο πολύ από άλλες μορφές διασταυρώσεων, απαιτεί συνεχείς διορθώσεις στον γεωμετρικό σχεδιασμό ανάλογα με τα αποτελέσματα της λειτουργικής ανάλυσης και της αξιολόγησης της ασφάλειας. Ελάχιστες διαφοροποιήσεις στη γεωμετρία μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές αλλαγές στην ασφάλεια ή/και στη λειτουργική απόδοση του κόμβου. Κατά συνέπεια, ο μελετητής θα πρέπει συχνά να αναθεωρεί και να βελτιώνει τον αρχικό σχεδιασμό για να ενισχύσει την κυκλοφοριακή ικανότητα και την ασφάλεια της διασταύρωσης. Επειδή ο σχεδιασμός των κυκλικών κόμβων είναι μια επαναληπτική διαδικασία, στην οποία μικρές αλλαγές στη γεωμετρία μπορεί να οδηγήσουν σε ουσιαστικές

αλλαγές στη λειτουργική απόδοση και στην απόδοση ασφάλειας, μπορεί να είναι σκόπιμο να προετοιμαστούν τα αρχικά σχέδια της μελέτης σε επίπεδο σκαριφημάτων. Πριν οριστούν οι λεπτομέρειες της γεωμετρίας, τρία θεμελιώδη στοιχεία πρέπει να καθοριστούν στο προκαταρκτικό στάδιο σχεδιασμού:

- *Το βέλτιστο μέγεθος διασταυρώσεων κυκλικής κυκλοφορίας*
- *Η βέλτιστη θέση και*
- *Η βέλτιστη ευθυγράμμιση και ρύθμιση των κλάδων προσέγγισης.*

4.3.2 Διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου

Η διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου καθορίζεται από έναν αριθμό παραμέτρων σχεδιασμού. Ο σχεδιαστής πρέπει συχνά να πειραματιστεί με διάφορες τιμές της διαμέτρου πριν καθορίσει το βέλτιστο μέγεθος σε μια δεδομένη θέση.

Στους κυκλικούς κόμβους με μια λωρίδα κυκλοφορίας, το μέγεθος του εγγεγραμμένου κύκλου είναι κατά ένα μεγάλο μέρος εξαρτώμενο από τις απαιτήσεις στρέψης του οχήματος σχεδιασμού. Η διάμετρος πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να εξυπηρετεί το όχημα σχεδιασμού διατηρώντας επαρκή καμπυλότητα εκτροπής για να εξασφαλίσει ασφαλείς ταχύτητες διαδρομής για τα μικρότερα οχήματα. Εντούτοις, το πλάτος του κυκλοφοριακού οδοστρώματος, τα πλάτη εισόδων και εξόδων, οι ακτίνες εισόδων και εξόδων, και οι γωνίες εισόδου και εξόδου διαδραματίζουν επίσης ένα σημαντικό ρόλο στην εξυπηρέτηση του οχήματος σχεδιασμού και τη δημιουργία της απαιτούμενης εκτροπής στην κίνηση των οχημάτων.

Η προσεκτική επιλογή αυτών των γεωμετρικών στοιχείων μπορεί να επιτρέψει τη χρήση μιας μικρότερης εγγεγραμμένης κυκλικής

διαμέτρου στις θέσεις όπου έχουμε περιορισμούς χώρου. Γενικά, η διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου πρέπει να είναι κατ'ελάχιστο 30μ για να προσαρμόσει το όχημα σχεδιασμού(σαν όχημα σχεδιασμού θεωρούμε το ρυμουλκούμενο φορτηγό WB-15 (WB-50)). Κυκλικοί κομβοί με μικρότερη διάμετρο εγγεγραμμένου κύκλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μερικές τοπικές διασταυρώσεις οδών ή συλλεκτήριων οδών, όπου το όχημα σχεδιασμού μπορεί να είναι ένα λεωφορείο ή ένα φορτηγό (μη ρυμουλκούμενο).

Γενικά, οι μικρότερες διάμετροι είναι καλύτερες για τη συνολική ασφάλεια επειδή βοηθούν στη διατήρηση των ταχυτήτων σε χαμηλά επίπεδα. Σε περιβάλλον υψηλών ταχυτήτων, εντούτοις ο σχεδιασμός της γεωμετρίας της προσέγγισης είναι κρίσιμότερος απ'ό,τι σε περιβάλλον μικρών ταχυτήτων. Μεγαλύτερες διάμετροι εγγεγραμμένων κύκλων επιτρέπουν γενικά την παροχή καλύτερης γεωμετρίας της προσέγγισης, το οποίο οδηγεί σε μια μείωση της ταχύτητας των οχημάτων που πλησιάζουν στον κόμβο, επίσης, μειώνουν τη γωνία που διαμορφώνεται μεταξύ της πορείας εισόδου και της πορείας των οχημάτων που κινούνται μέσα στο κυκλικό οδόστρωμα. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η σχετική ταχύτητα μεταξύ αυτών των οχημάτων με αποτέλεσμα τη μείωση των ποσοστών των συγκρούσεων μεταξύ εισερχόμενων στον κόμβο οχημάτων και αυτών που κινούνται επί του κυκλικού οδοστρώματος. Επομένως, οι κυκλικοί κόμβοι σε περιβάλλον υψηλών ταχυτήτων μπορεί να απαιτούν διαμέτρους που να είναι κάπως μεγαλύτερες από εκείνες που συστήνονται για χαμηλών ταχυτήτων περιβάλλον. Πολύ μεγάλες διάμετροι (μεγαλύτερες από 60μ), εντούτοις, δεν πρέπει γενικά να χρησιμοποιούνται επειδή θα επιτρέπονται υψηλότερες ταχύτητες κυκλοφορίας και θα προκαλούνται περισσότερα ατυχήματα με μεγαλύτερη δριμύτητα. Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τυπικές τιμές διαμέτρου εγγεγραμμένου κύκλου για τις διάφορες κατηγορίες κυκλικών κόμβων.

τύπος κυκλικού κόμβου	διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου* (m)
κυκλικός κόμβος ελάχιστης ακτίνας	13 – 25
αστικός κυκλικός κόμβος μικρού μεγέθους	25 – 30
αστικός κυκλικός κόμβος μιας λωρίδας κυκλοφορίας	30 – 40
αστικός κυκλικός κόμβος δύο λωρίδων κυκλοφορίας	45 – 55
υπεραστικός κυκλικός κόμβος μιας λωρίδας κυκλοφορίας	35 – 40
υπεραστικός κυκλικός κόμβος δύο λωρίδων κυκλοφορίας	55 – 60

* Οι τιμές ισχύουν για κόμβους με γωνίες 90° μεταξύ των εισόδων και όχι περισσότερα από τέσσερα σκέλη.

Πίνακας 4.1: Τυπικές τιμές διαμέτρου εγγεγραμμένου κύκλου. [4]

4.3.3 Πλάτος εισόδου

Το πλάτος εισόδου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την κυκλοφοριακή ικανότητα του κυκλικού κόμβου. Η κυκλοφοριακή ικανότητα μιας προσέγγισης δεν εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των λωρίδων εισόδου, αλλά και από το συνολικό πλάτος της εισόδου. Με άλλα λόγια, η χωρητικότητα της εισόδου αυξάνεται σταθερά με την αύξηση του πλάτους εισόδου. Επομένως, τα βασικά μεγέθη των εισόδων και του κυκλικού οδοστρώματος περιγράφονται γενικά με βάση το πλάτος, και όχι τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας.

Είσοδοι ικανοποιητικού πλάτους για να εξυπηρετήσουν πολλαπλά ρεύματα κυκλοφορίας (τουλάχιστον 6,0 μ) χρησιμοποιούν διαγράμμιση για να υποδείξουν τις χωριστές λωρίδες κυκλοφορίας. Εντούτοις, το κυκλικό οδόστρωμα δεν είναι συνήθως διαγραμματισμένο, ακόμα και όταν υπάρχουν περισσότερες από μια λωρίδες κυκλοφορίας που αναμένεται να χρησιμοποιηθούν .

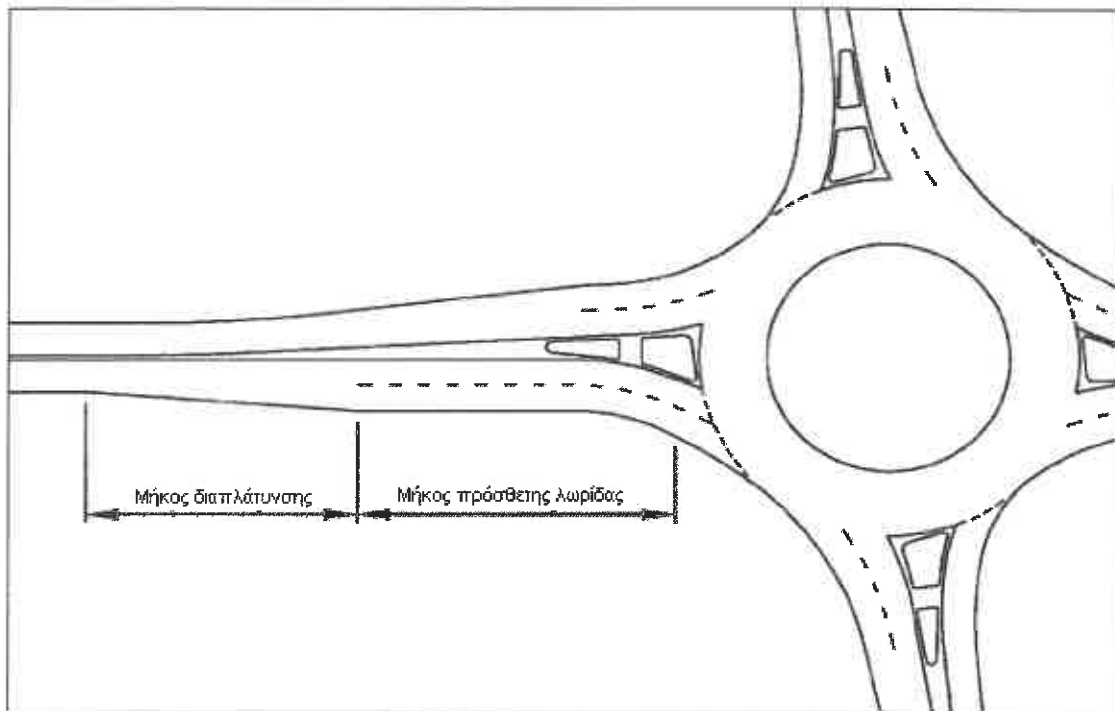
Το πλάτος κάθε εισόδου υπαγορεύεται από τις ανάγκες του εισερχόμενου ρεύματος κυκλοφορίας. Το πλάτος του κυκλικού οδοστρώματος πρέπει να είναι τουλάχιστον τόσο ευρύ όσο η είσοδος με το μεγαλύτερο πλάτος και πρέπει το πλάτος αυτό να διατηρηθεί σταθερό.

Για να μεγιστοποιηθεί η ασφάλεια του κυκλικού κόμβου τα πλάτη εισόδων πρέπει να περιοριστούν στο ελάχιστο. Οι απαιτήσεις της κυκλοφοριακής ικανότητας και τα στοιχεία απόδοσης της διασταύρωσης υπαγορεύουν ότι κάθε είσοδος θα πρέπει να έχει ένα ορισμένο πλάτος, με ένα αριθμό λωρίδων εισόδου. Επιπλέον, για να επιτυγχάνεται η στρέψη του οχήματος σχεδιασμού μπορεί να απαιτείται το πλάτος εισόδου να είναι ακόμα ευρύτερο. Εντούτοις, το μεγαλύτερο πλάτος εισόδου και κυκλικού οδοστρώματος αυξάνει τη συχνότητα των συγκρούσεων. Επομένως ο καθορισμός του πλάτους εισόδου και του πλάτους κυκλικού οδοστρώματος περιλαμβάνουν την εξασφάλιση μιας ισορροπίας μεταξύ κυκλοφορικής ικανότητας και ασφαλείας. Ο σχεδιασμός πρέπει να παρέχει το ελάχιστο απαραίτητο πλάτος για την κυκλοφοριακή ικανότητα και εξυπηρέτηση του οχήματος σχεδιασμού προκειμένου να διατηρηθεί ένα υψηλό επίπεδο ασφαλείας. Χαρακτηριστικά πλάτη εισόδων για την περίπτωση μιας λωρίδας κυκλοφορίας κυμαίνονται από 4,3m έως 4,9m εντούτοις, τιμές υψηλότερες ή χαμηλότερες από τις παραπάνω μπορεί να εφαρμοστούν για συγκεκριμένες απαιτήσεις οχημάτων και ταχύτητας για τις κρίσιμες πορείες των οχημάτων. Στην περίπτωση που το πλάτος εισόδου είναι μεγαλύτερο από 6,00m η είσοδος θα πρέπει να διαμορφώνεται με δύο λωρίδες κυκλοφορίας.

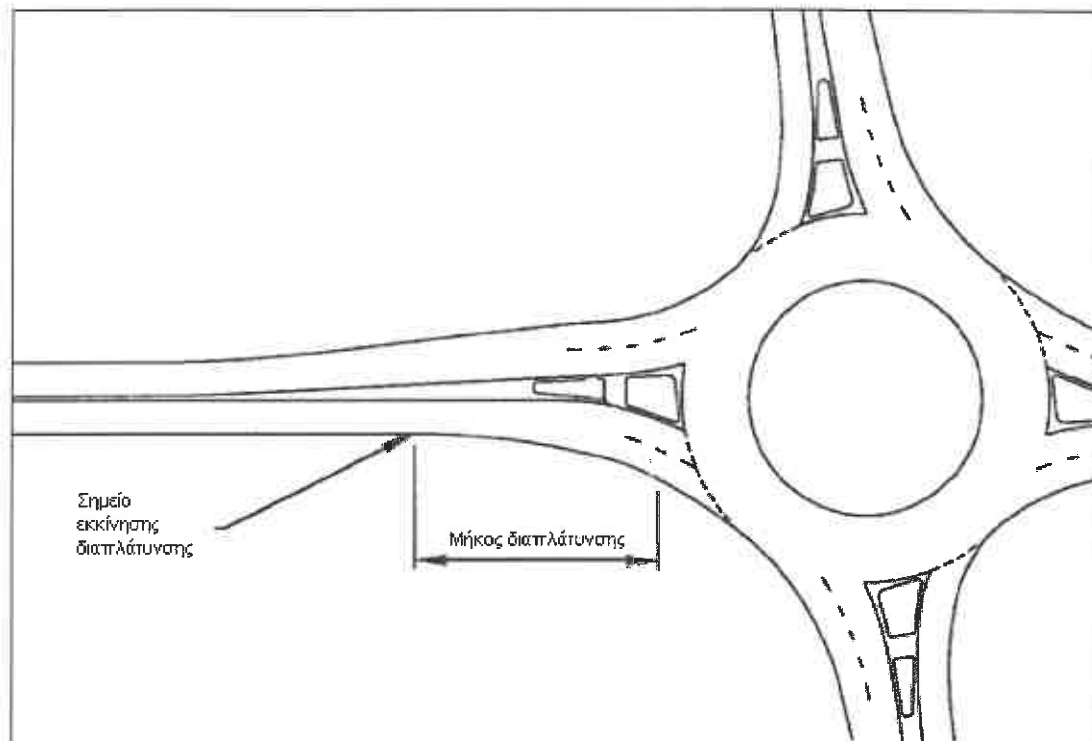
Όταν οι απαιτήσεις της κυκλοφοριακής ικανότητας μπορούν να ικανοποιηθούν μόνο με την αύξηση του πλάτους εισόδου, αυτή μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- Με την προσθήκη επιπλέον λωρίδας κυκλοφορίας και τη διατήρηση της παράλληλης λωρίδας μέσω της γεωμετρίας της εισόδου
- Με την βαθμιαία διεύρυνση (διαπλάτυνση) της υφιστάμενης λωρίδας

Στο σχήμα 4.2 και στο σχήμα 4.3 φαίνονται αυτές οι δύο επιλογές.



Σχήμα 4.2 : Διαμόρφωση της εισόδου με την προσθήκη μιας πλήρους λωρίδας κυκλοφορίας.[4]



Σχήμα 4.3 : Διαμόρφωση της εισόδου με την βαθμιαία διεύρυνση της προσέγγισης. [4]

Η διαπλάτυνση είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος αύξησης της κυκλοφοριακής ικανότητας. Καθώς αυξάνεται το μήκος της διαπλάτυνσης αυξάνεται η κυκλοφοριακή ικανότητα και δεν αυξάνεται η συχνότητα των συγκρούσεων. Η συχνότητα συγκρούσεων για δύο προσεγγίσεις με το ίδιο πλάτος εισόδων θα είναι ουσιαστικά η ίδια, άσχετα εάν η χάραξή τους έχει παράλληλες λωρίδες εισόδου ή διαπλατυσμένες εισόδους.

Τα πλάτη εισόδων πρέπει επομένως να ελαχιστοποιηθούν και τα μήκη των διαπλατυνσεων να αυξηθούν ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή κυκλοφοριακή ικανότητα με την ελάχιστη επίδραση στην ασφάλεια του κόμβου. Γενικά, τα μήκη διαπλατυνσεων πρέπει να είναι κατ'ελάχιστο 25μ στις αστικές περιοχές και 40μ στις υπεραστικές περιοχές. Εντούτοις, εάν η προτεραιότητα περιορίζεται, πιο σύντομα μήκη διαπλάτυνσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αξιοπρόσεχτα αποτελέσματα στην ικανότητα.

Σε μερικές περιπτώσεις, ο κυκλικός κόμβος σχεδιάζεται με σκοπό να εξυπηρετήσει τους κυκλοφοριακούς όγκους του έτους σχεδιασμού, συνήθως σχεδιάζεται για 20 έτη από το παρόν. Αυτό μπορεί να οδηγήσει ουσιαστικά σε πιο μεγάλο πλάτος εισόδου και κυκλικού οδοστρώματος από το απαιτούμενο για τα πρώτα έτη λειτουργίας του. Επειδή η ασφάλεια θα μειωθεί σημαντικά από την αύξηση του πλάτους εισόδου, ο σχεδιαστής πρέπει να εξετάσει μια λύση για τον σχεδιασμό της διασταύρωσης σε δυο φάσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, στην πρώτη φάση του σχεδιασμού θα ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του πλάτους εισόδου για τους βραχυπρόθεσμους όγκους κυκλοφορίας με δυνατότητα να επεκταθούν εύκολα οι είσοδοι και το κυκλικό οδόστρωμα όπου θα προσαρμοστούν οι μελλοντικοί όγκοι κυκλοφορίας. Η προσωρινή λύση πρέπει να ολοκληρωθεί πρώτα σχεδιάζοντας το τελικό σχέδιο, έπειτα να σχεδιαστεί η πρώτη φάση με τις τελικές γραμμές του κράσπεδου. Ο προσωρινός κυκλικός κόμβος κατασκευάζεται συχνά με την τελική του διάμετρο εγγεγραμμένου κύκλου, αλλά με μια μεγαλύτερη κεντρική νησίδα και μεγαλύτερες διαχωριστικές νησίδες. Τη χρονική στιγμή που

θα απαιτηθεί η πρόσθετη ικανότητα, οι διαχωριστικές και κεντρικές νησίδες μπορούν να μειωθούν στο μέγεθος για να παρέχουν τα πρόσθετα πλάτη στις εισόδους, τις εξόδους, και στο κυκλικό οδόστρωμα.

4.3.4 Πλάτος κυκλικού οδοστρώματος

Το απαραίτητο πλάτος του κυκλοφοριακού οδοστρώματος καθορίζεται από το πλάτος εισόδου και τις απαιτήσεις στρέψης του οχήματος σχεδιασμού. Γενικά, πρέπει πάντα να είναι τουλάχιστον τόσο ευρύ όσο το μέγιστο πλάτος των εισόδων (μέχρι 120 τοις εκατό του μέγιστου πλάτους εισόδων) και πρέπει να παραμείνει σταθερό σε όλο τον κυκλικό κόμβο.[3]

4.3.4.1 Κυκλικός κόμβος με μια λωρίδα κυκλοφορίας

Στους κυκλικούς κόμβους με μια λωρίδα κυκλοφορίας το κυκλικό οδόστρωμα πρέπει να έχει προσαρμοστεί στο όχημα σχεδιασμού. Κατάλληλα πρότυπα στροφής των οχημάτων ή ένα πρόγραμμα υπολογιστή βασισμένο σε περιβάλλον σχεδιαστικού προγράμματος CAD πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να καθοριστεί η διαγραφόμενη καμπύλη πορείας του οχήματος σχεδιασμού για κάθε μια από τις στρέφουσες κινήσεις. Συνήθως η αριστερή στροφή είναι η κρίσιμη διαδρομή για τον καθορισμό του πλάτους του κυκλικού οδοστρώματος. Σύμφωνα με την πολιτική της AASHTO, ένας ελάχιστος ελεύθερος χώρος μήκους 0,6 μ θα πρέπει να παρασχεθεί μεταξύ της εξωτερικής άκρης του ίχνους των τροχών του οχήματος σχεδιασμού και της εξωτερικής οριογραμμής του κυκλικού οδοστρώματος.

Σε μερικές περιπτώσεις (ιδιαίτερα όπου η διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου είναι μικρή ή το όχημα σχεδιασμού είναι μεγάλο) οι απαιτήσεις στρέψης του οχήματος σχεδιασμού μπορεί να υπαγορεύσουν ότι το κυκλικό οδόστρωμα είναι τόσο ευρύ που το μέγεθος της εκτροπής που απαιτείται για να επιβραδύνουν τα επιβατικά οχήματα διακυβεύεται. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το πλάτος του κυκλοφοριακού οδοστρώματος μπορεί να μειωθεί με μια βαθή περιοχή, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα μεγαλύτερα οχήματα.

Εντούτοις, οι βαθές περιοχές γενικά παρέχουν ένα χαμηλότερο επίπεδο λειτουργίας από τις τυποποιημένες μη βαθές νησίδες. Η βαθή αυτή περιοχή πολλές φορές χρησιμοποιείται και από αυτοκίνητα (υπερυψωμένα, τετράτροχης κίνησης κ.τ.λ.), μπορεί να μην γίνει αντιληπτή από απρόσεκτους μοτοσικλετιστές, και μπορεί να προκαλέσει μετατόπιση του φορτίου στα φορτηγά. Πρέπει, επομένως, να χρησιμοποιείται μόνο όταν δεν υπάρχει κανένας άλλος τρόπος για την επαρκή εκτροπή και την εξυπηρέτηση του οχήματος σχεδιασμού. Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται ενδεικτικές ελάχιστες τιμές του πλάτους του κυκλικού οδοστρώματος ανάλογα με τη διάμετρο εγγεγραμμένου κύκλου και της διαμέτρου της κυκλικής νησίδας.

Διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου	Ελάχιστο πλάτος κυκλικού οδοστρώματος*	Διάμετρος κυκλικής νησίδας
45	9,8	25,4
50	9,3	31,4
55	9,1	36,8
60	9,1	41,8
65	8,7	47,6
70	8,7	52,6

*Βασισμένο στο 1994 AASHTO πίνακας III-20 περίπτωση III(A). Θεωρώντας σπάνια χρήση από ημιρυμουλκούμενα οχήματα (τυπικά λιγότερο από πέντε τοις εκατό της συνολικής κυκλοφορίας)

Πίνακας 4.2 : Ενδεικτικές ελάχιστες τιμές πλάτους κυκλικού οδοστρώματος.[4]

4.3.5 Κεντρική νησίδα

Η κεντρική νησίδα ενός κυκλικού κόμβου είναι η υπερυψωμένη, μη προσβάσιμη περιοχή που καλύπτεται από το κυκλικό οδόστρωμα, αυτή η περιοχή μπορεί επίσης να περιλάβει και μια βαθτή περιοχή που θα χρησιμοποιηθεί από τα φορτηγά. Η νησίδα είναι συνήθως εξωραϊσμένη για αισθητικούς λόγους και για να δώσει τη δυνατότητα στους οδηγούς να αναγνωρίσουν τον κόμβο κατά την προσέγγισή της. Οι κεντρικές νησίδες πρέπει πάντα να είναι υπερυψωμένες, γιατί είναι δύσκολο για τους χρήστες που προσεγγίζουν τον κόμβο να τις αναγνωρίσουν.

Γενικά, η κεντρική νησίδα πρέπει να έχει κυκλική μορφή. Μια κυκλικά διαμορφωμένη κεντρική νησίδα με κυκλικό οδόστρωμα σταθερής ακτίνας βοηθάει ώστε να διατηρούνται σταθερές οι ταχύτητες γύρω από την κεντρική νησίδα. Οι ωοειδείς ή ανώμαλες μορφές, από την άλλη μεριά, διασχίζονται πιο δύσκολα και ευνοείται η κίνηση με υψηλότερες ταχύτητες στα ευθύγραμμα τμήματα και με μειωμένες ταχύτητες στα τόξα. Αυτή η διαφορά ταχύτητας μπορεί να κάνει δυσκολότερη την κρίση των εισερχόμενων οδηγών για την επιλογή ταχύτητας και της προσβασιμότητας των κενών διαστημάτων μέσα στο κυκλικό οδόστρωμα. Μπορεί επίσης να είναι παραπλανητική για τους οδηγούς, με αποτέλεσμα την πιθανή αύξηση των συγκρούσεων λόγω απώλειας ελέγχου. Οι μη κυκλικές κεντρικές νησίδες έχουν τα ανωτέρω μειονεκτήματα τα οποία αυξάνονται σε μεγάλο βαθμό καθώς αυξάνεται το μέγεθος των διασταυρώσεων, επειδή οι ταχύτητες κυκλοφορίας γίνονται υψηλότερες. Οι νησίδες μορφής σταγόνας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις περιοχές όπου ορισμένες μετακινήσεις δεν υπάρχουν, όπως στις διασταυρώσεις κυρίων οδών ή στις θέσεις όπου ορισμένες μετακινήσεις στροφής δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν ακίνδυνα, όπως οι κυκλικοί κόμβοι με μια προσέγγιση με σχετικά απότομη κλίση.

Όπως περιγράφεται παραπάνω, το μέγεθος της κεντρικής νησίδας διαδραματίζει έναν βασικό ρόλο στον καθορισμό του ποσού της εκτροπής που επιβάλλεται στην κατευθείαν πορεία των οχημάτων. Εντούτοις, η διάμετρός της εξαρτάται εξ ολοκλήρου από τη διάμετρο του εγγεγραμμένου κύκλου και το απαραίτητο πλάτος του κυκλικού οδοστρώματος. Επομένως, αφού η εγγεγραμμένη διάμετρος, το κυκλικό οδόστρωμα, και η αρχική γεωμετρία της εισόδου έχουν οριστεί, η ταχύτερη διαδρομή των οχημάτων πρέπει να σχεδιαστεί στο προκαταρκτικό σχέδιο, για να καθορίσει εάν το μέγεθος της κεντρικής νησίδας είναι επαρκές. Εάν η ταχύτερη πορεία υπερβαίνει την ταχύτητα μελέτης, το μέγεθος της κεντρικής νησίδας πρέπει κατ'ανάγκη να αυξηθεί, αυξάνοντας κατά συνέπεια τη διάμετρο εγγεγραμμένου κύκλου. Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι για την εκτροπή της κυκλοφορίας χωρίς την αύξηση της διαμέτρου, όπως να μετατοπιστεί ο άξονας της προσέγγισης προς τα αριστερά, να μειωθεί το πλάτος εισόδου ή να μειωθεί η ακτίνα εισόδου. Αυτές οι μέθοδοι, εντούτοις, μπορεί να αποκλείσουν τη δυνατότητα να εξυπηρετηθεί το όχημα σχεδιασμού.

Σε περιπτώσεις όπου η προτεραιότητα, η τοπογραφία, ή άλλοι περιορισμοί αποκλείουν τη δυνατότητα επέκτασης της διαμέτρου του εγγεγραμμένου κύκλου, μια βαθιά περιοχή μπορεί να προστεθεί στην εξωτερική περίμετρο της κεντρικής νησίδας. Αυτή παρέχει πρόσθετο κυκλικό οδόστρωμα προσπελάσιμο από μεγάλα ημιρυμουλκούμενα οχήματα χωρίς να εμποδίζεται η εκτροπή για τα μικρότερα οχήματα. Όπου χρησιμοποιούνται οι βαθτές αυτές περιοχές, θα πρέπει να σχεδιαστούν έτσι ώστε να είναι προσπελάσιμες από τα φορτηγά, αλλά να αποθαρρύνουν τα επιβατικά οχήματα από τη χρησιμοποίησή τους. Πρέπει γενικά να είναι από 1m έως 4m πλάτος και να έχουν μια επίκληση της τάξεως 3 έως 4 τοις εκατό με κλίση προς την εξωτερική πλευρά της κεντρικής νησίδας. Η εξωτερική άκρη τους θα πρέπει να έχει υπερυψωθεί τουλάχιστον κατά 30χιλ. επάνω από το κυκλικό οδόστρωμα. Θα πρέπει να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο (έντονη διαγράμμιση, διαφορετικό υλικό κατασκευής κ.τ.λ.) ώστε να το

διαφοροποιούνται από το υπόλοιπο κυκλικό οδόστρωμα. Θα πρέπει να εξασφαλιστεί ότι στα οχήματα που μεταφέρουν μεγάλα φορτία δεν θα γίνεται μετατόπιση του φορτίου τους, καθώς το οπίσθιο ρυμουλκό τους θα διασχίζει το τμήμα αυτό της νησίδας.

Γενικά, οι κυκλικοί κόμβοι στις υπεραστικές περιοχές χρειάζονται χαρακτηριστικά μεγαλύτερες κεντρικές νησίδες από τους αστικούς κυκλικούς κόμβους προκειμένου να είναι καλύτερα ορατοί και για να επιτυγχάνεται την καλύτερη γεωμετρία προσέγγισης.

4.3.6 Καμπύλες εισόδου

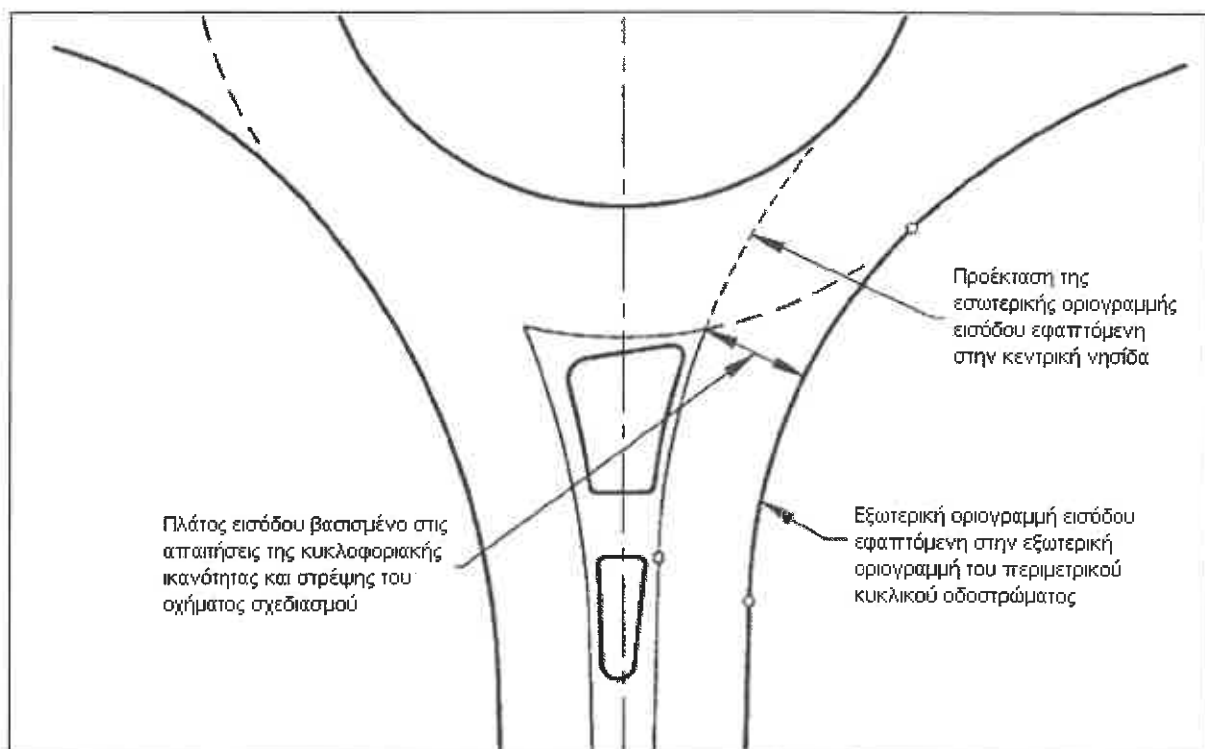
Η ακτίνα εισόδου είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό της λειτουργίας ενός κυκλικού κόμβου δεδομένου ότι ασκεί σημαντικές επιδράσεις και στην κυκλοφοριακή ικανότητα και στην ασφάλεια. Η ακτίνα εισόδου, σε συνδυασμό με το πλάτος εισόδου, το πλάτος του κυκλικού οδοστρώματος και τη γεωμετρία της κεντρικής νησίδας, ελέγχει το ποσό εκτροπής που επιβάλλεται κατά την πορεία εισόδου ενός οχήματος. Οι μεγαλύτερες ακτίνες εισόδου εξασφαλίζουν γρηγορότερες ταχύτητες εισόδου και γενικά έχουν σαν αποτέλεσμα υψηλά ποσοστά συγκρούσεων μεταξύ της εισερχόμενης και της κυκλικά κινούμενης κυκλοφορίας των οχημάτων.

Σε αντίθεση, η λειτουργική απόδοση στους κυκλικούς κόμβους βελτιώνεται με την αύξηση της ακτίνας εισόδου. Σε Βρετανική έρευνα διαπιστώθηκε ότι η κυκλοφοριακή ικανότητα μιας εισόδου αυξάνεται καθώς αυξάνει η ακτίνα εισόδου μέχρι τα 20μ, πέρα από την οποία η ακτίνα εισόδου έχει μικρή επίδραση στην κυκλοφοριακή ικανότητα του κόμβου.

Η καμπύλη εισόδου σχεδιάζεται εφαπτόμενη στην εξωτερική άκρη του κυκλικού οδοστρώματος. Επιπλέον, η προέκταση της εσωτερικής οριογραμμής της εισόδου του οδοστρώματος πρέπει να είναι

εφαπτόμενη στην κεντρική νησίδα. Στο σχήμα 4.4 παρουσιάζεται ένα χαρακτηριστικό σχέδιο εισόδου ενός κυκλικού κόμβου .

Ο αρχικός στόχος στην επιλογή μιας ακτίνας για την καμπύλη εισόδου είναι να επιτευχθούν οι επιθυμητές ταχύτητες. Η ακτίνα εισόδου πρέπει πρώτα να δημιουργεί μια κατάλληλη ταχύτητα σχεδιασμού στη ταχύτερη πορεία. Δεύτερον, πρέπει κατά προτίμηση να οδηγήσει σε μια ακτίνα διαδρομής εισόδου ίση ή μικρότερη από την ακτίνα διαδρομής της κινούμενης στον κυκλικό κόμβο κυκλοφορίας.



Σχήμα 4-4 : Σχέδιο εισόδου σε ένα κυκλικό κόμβο με μια λωρίδα κυκλοφορίας[4]

4.3.6.1 Καμπύλες εισόδου στους κυκλικούς κόμβους με μια λωρίδα κυκλοφορίας

Στους κυκλικούς κόμβους με μια λωρίδα κυκλοφορίας, είναι σχετικά απλό να επιτευχθεί η επιθυμητή ταχύτητα εισόδου. Με ένα ενιαίο ρεύμα κυκλοφορίας δεν υπάρχει καμία εμπλοκή μεταξύ της κίνησης των οχημάτων σε παρακείμενες λωρίδες. Κατά συνέπεια, η ακτίνα εισόδου μπορεί να μειωθεί ή να αυξηθεί ανάλογα με τις ανάγκες δημιουργίας της επιθυμητής πορείας εισόδου. Διασφαλίζοντας ικανοποιητικό ελεύθερο χώρο για το όχημα σχεδιασμού, τα οχήματα που προσεγγίζουν τη διασταύρωση θα ρυθμίζουν την πορεία τους αναλόγως και θα κινούνται μέσω της γεωμετρίας εισόδου προς το κυκλικό οδόστρωμα.

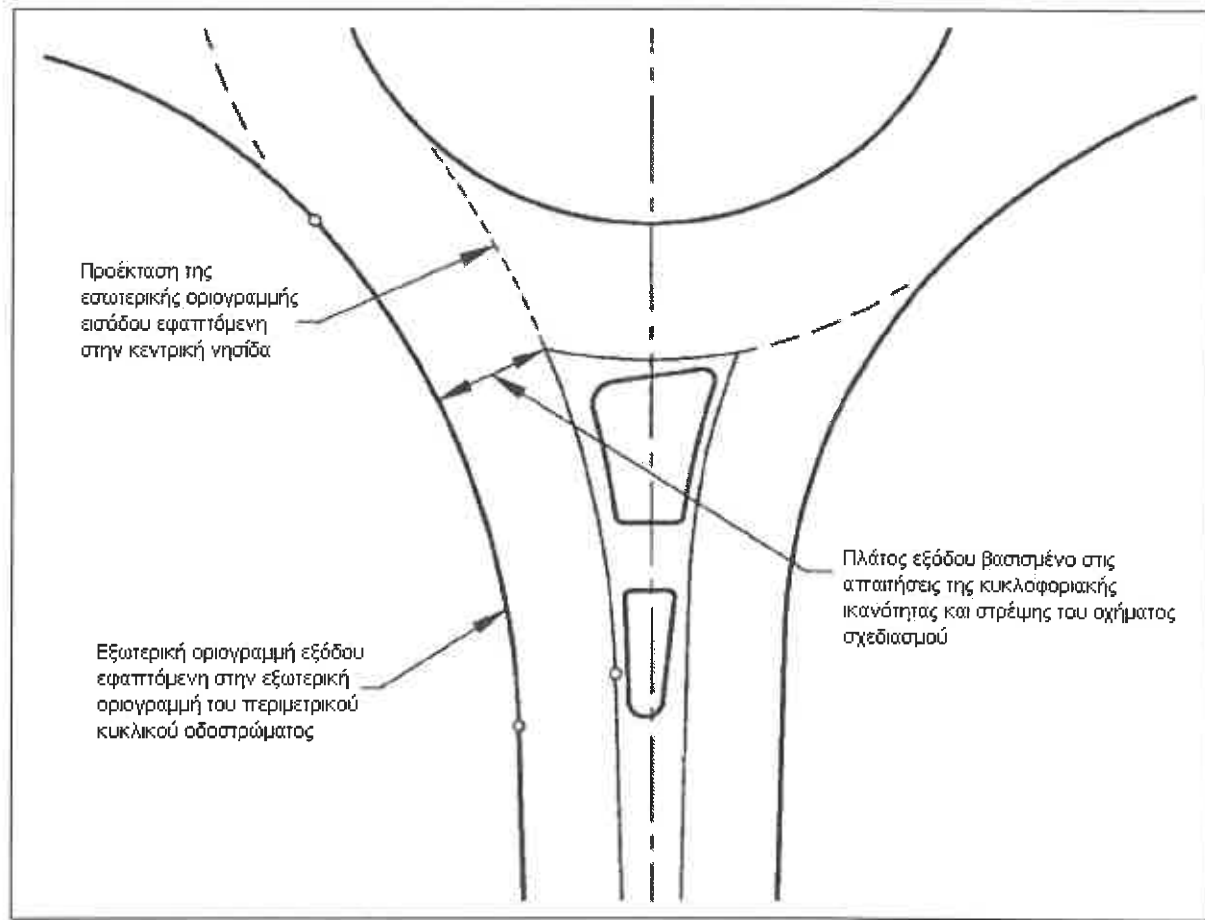
Οι ακτίνες εισόδου στους αστικούς κυκλικούς κόμβους κυμαίνονται χαρακτηριστικά από 10 έως 30 μ. Οι μεγαλύτερες ακτίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αλλά είναι σημαντικό οι ακτίνες να μην είναι τόσο μεγάλες ώστε να οδηγούν σε υπερβολικές ταχύτητες εισόδου. Στις διασταυρώσεις κυκλικής κυκλοφορίας τοπικών οδών, οι ακτίνες εισόδου μπορούν να είναι κάτω από 10 μ εάν το όχημα σχεδιασμού είναι μικρό.

Στις υπεραστικές και προαστιακές θέσεις, προσοχή πρέπει να δοθεί στη διαφορά ταχύτητας μεταξύ των προσεγγίσεων και των εισόδων. Εάν η διαφορά είναι μεγαλύτερη από 20 km/h, είναι επιθυμητό να εισαχθούν καμπύλες προσέγγισης ή κάποια άλλα μέτρα μείωσης της ταχύτητας της προσεγγίζουσας κυκλοφορίας πριν από την καμπύλη εισόδου.

4.3.7 Καμπύλες εξόδου

Οι καμπύλες εξόδου έχουν συνήθως μεγαλύτερες ακτίνες από τις καμπύλες εισόδου για να ελαχιστοποιήσουν την πιθανότητα συμφόρησης στις εξόδους. Η καμπύλη εξόδου πρέπει να εξασφαλίζει μια ακτίνα για την πορεία εξόδου όχι μικρότερη από την ακτίνα της πορείας επί του κυκλικού οδοστρώματος. Εάν η ακτίνα της πορείας εξόδου είναι μικρότερη από την ακτίνα της κυκλικής κυκλοφορίας, τα οχήματα θα κινούνται με πολύ μεγάλη ταχύτητα για να εξέλθουν από τον κόμβο και μπορεί να συγκρουστούν στην κατευθυντήρια νησίδα ή με την επερχόμενη κυκλοφορία στην παρακείμενη λωρίδα προσέγγισης της διασταύρωσης. Επιπλέον, η ακτίνα της πορείας εξόδου πρέπει να μην είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την ακτίνα της πορείας κυκλικής κυκλοφορίας για να εξασφαλίσει χαμηλές ταχύτητες μπροστά από τις διαβάσεις των πεζών.

Η καμπύλη εξόδου σχεδιάζεται για να είναι εφαπτόμενη στην εξωτερική άκρη του κυκλοφοριακού οδοστρώματος. Επιπλέον, η προέκταση της εσωτερικής οριογραμμής της εξόδου θα πρέπει να είναι εφαπτόμενη στην κεντρική νησίδα. Το σχήμα 4.5 παρουσιάζει ένα χαρακτηριστικό σχέδιο εξόδων για ένα κυκλικό κόμβο με μια λωρίδα κυκλοφορίας.



Σχήμα 4.5 : Σχέδιο εξόδου σε ένα κυκλικό κόμβο με μια λωρίδα κυκλοφορίας [4]

4.3.7.1 Καμπύλες εξόδου στους κυκλικούς κόμβους με μια λωρίδα κυκλοφορίας

Στους κυκλικούς κόμβους με μια λωρίδα κυκλοφορίας σε αστικές περιοχές, οι έξοδοι θα πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να επιβάλουν μια καμπύλη πορεία εξόδου με μια ταχύτητα μελέτης κάτω από 40 km/h για να μεγιστοποιήσουν την ασφάλεια των διαβάσεων των πεζών από το εξερχόμενο ρεύμα κυκλοφορίας. Γενικά, οι ακτίνες εξόδου πρέπει να είναι τουλάχιστον 15 μ.

Εντούτοις, στις θέσεις όπου υπάρχει έντονη κινητικότητα πεζών και χωρίς μεγάλη κυκλοφορία ημιρυμουλκούμενων οχημάτων, οι ακτίνες εξόδου μπορούν να είναι πιο μικρές από 10 έως 12μ. Αυτό εξασφαλίζει μια πολύ μικρή ταχύτητα σχεδιασμού για να μεγιστοποιήσει την ασφάλεια και την άνεση για τους πεζούς. Μικρές ακτίνες εξόδου πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο από κοινού με παρόμοιες ή μικρότερες ακτίνες εισόδου στις αστικές διασταυρώσεις κυκλικής κυκλοφορίας με εγγραμμένη κυκλική διάμετρο κάτω από 35 μ.

Στις υπεραστικές περιοχές όπου υπάρχουν λίγοι πεζοί, η καμπυλότητα των εξόδων μπορεί να σχεδιαστεί με μεγάλες ακτίνες, που επιτρέπουν στα οχήματα να εξέλθουν γρήγορα και να επιταχύνουν ώστε να αναπτύξουν πάλι την ταχύτητα κίνησής τους. Αυτό, εντούτοις, δεν πρέπει να οδηγήσει σε μια ευθεία πορεία εφαπτόμενη στην κεντρική νησίδα επειδή πολλές περιοχές που είναι υπεραστικές σήμερα γίνονται αστικές στο μέλλον. Επομένως, συνιστάται η κίνηση των πεζών να εξετάζεται για όλες τις εξόδους εκτός από όπου υπάρχουν χωριστές εγκαταστάσεις για τους πεζούς ή άλλοι περιορισμοί που αποκλείουν την πιθανότητα της δραστηριότητας πεζών στο εγγύς μέλλον.

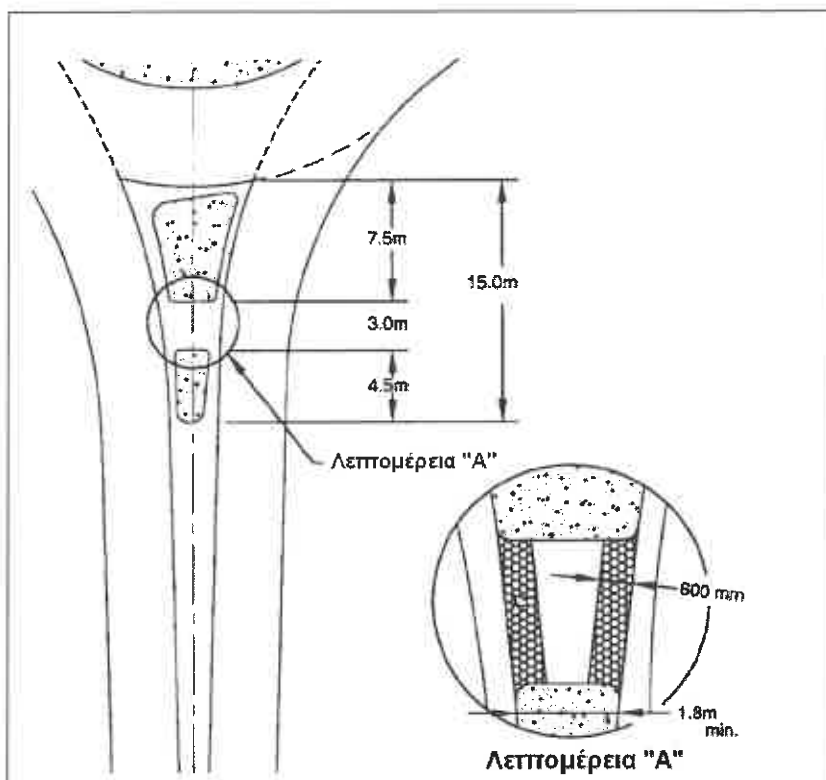
4.3.8 Κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες

Οι κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες (επίσης αποκαλούμενες ρυθμιστικές νησίδες) πρέπει να παρασχεθούν σε όλους τους κυκλικούς κόμβους, εκτός από εκείνους με πολύ μικρές διαμέτρους στις οποίες η κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα θα εμποδίζει την ορατότητα της κεντρικής νησίδας. Ο σκοπός τους είναι να παρέχουν προστασία για τους πεζούς (συμπεριλαμβανομένων των αναπηρικών οχημάτων, των ποδηλάτων, και τα καροτσάκια των μωρών), να βοηθούν στον έλεγχο των ταχυτήτων, να οδηγούν την κυκλοφορία στον κυκλικό κόμβο, να διαχωρίζουν τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα κυκλοφορίας, και να αποτρέπουν τις λανθασμένες κινήσεις των οχημάτων. Επιπλέον, οι

κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θέσεις για να τοποθετηθούν τα σήματα ελέγχου της κυκλοφορίας.

Ο σχεδιασμός των κατευθυντήριων νησίδων διαμορφώνεται από τις καμπύλες εισόδου και εξόδου σε ένα κλάδο, όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως. Το συνολικό μήκος της νησίδας πρέπει γενικά να είναι τουλάχιστον 15μ για να παρέχει ικανοποιητική προστασία για τους πεζούς και για να προειδοποιεί τους οδηγούς που πλησιάζουν στον κυκλικό κόμβο. Επιπλέον, η κατευθυντήρια νησίδα πρέπει να επεκταθεί πέρα από το τέλος της καμπύλης εξόδου να αποτρέψει τη εξερχόμενη κυκλοφορία από τυχαία διασταύρωση στην πορεία της προσεγγίζουσας κυκλοφορίας.

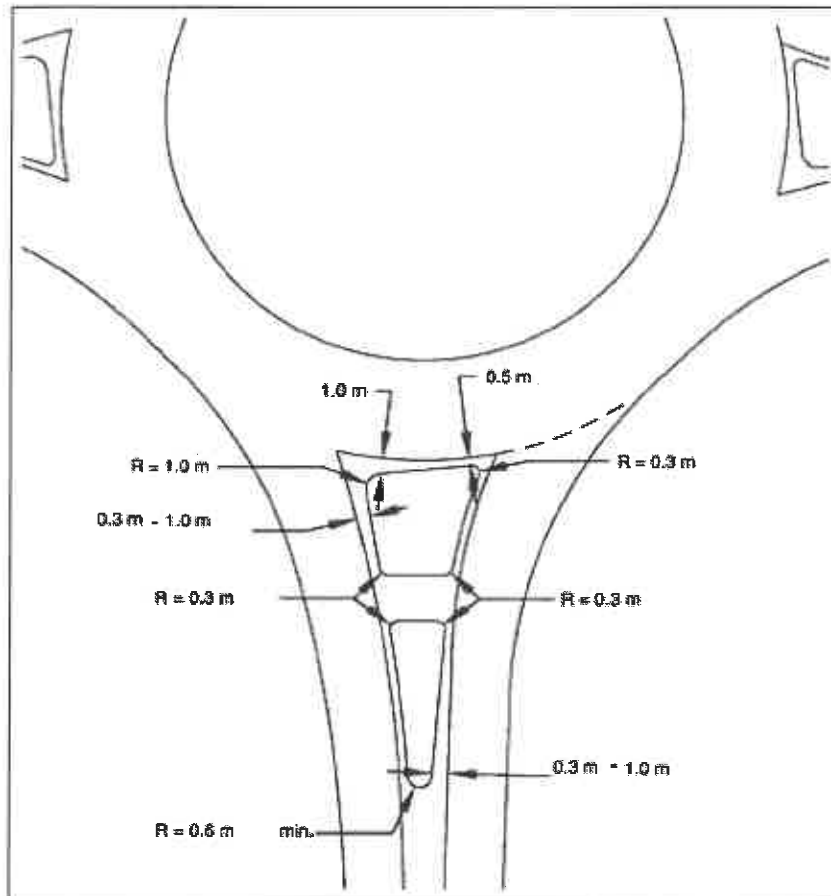
Το σχήμα 4.6 παρουσιάζει τις ελάχιστες διαστάσεις για μια κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα σε ένα κυκλικό κόμβο με μια λωρίδα κυκλοφορίας, συμπεριλαμβανομένης της θέσης για την διάβαση των πεζών.



Σχήμα 4.6 : Ελάχιστες διαστάσεις κατευθυντήριων διαχωριστικών νησίδων.[4]

Υπάρχουν οφέλη στη δημιουργία μεγαλύτερων νησίδων. Αυξάνοντας το πλάτος των κατευθυντήριων νησίδων επιτυγχάνεται καλύτερος διαχωρισμός μεταξύ των εισερχόμενων και εξερχόμενων ρευμάτων κυκλοφορίας του ίδιου κλάδου και αυξάνεται ο χρόνος για τους οδηγούς που πλησιάζουν στον κόμβο να διακρίνουν την κυκλοφορία των εξερχόμενων και των κινουμένων στον κόμβο οχημάτων. Κατ' αυτό τον τρόπο, οι μεγαλύτερες κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες μπορούν να διευκολύνουν την είσοδο των οδηγών στον κόμβο. Μια πρόσφατη μελέτη από το τμήμα του Queensland Department of MainRoads διαπιστώνει ότι η μεγιστοποίηση του πλάτους των διαχωριστικών νησίδων έχει μια σημαντική επίδραση στην ελαχιστοποίηση των ποσοστών των συγκρούσεων των οχημάτων εισόδου και κυκλοφορίας στο κυκλικό οδόστρωμα. Εντούτοις, αυξάνοντας το πλάτος της κατευθυντήριας νησίδας απαιτείται γενικά αύξηση της διαμέτρου του εγγεγραμμένου κύκλου. Κατά συνέπεια, αυτά τα οφέλη ασφάλειας μπορούν να αντισταθμιστούν από το υψηλότερο κόστος κατασκευής και μεγαλύτερων απαιτήσεων σε έκταση γης.

Οι οδηγίες της AASHTO για τον σχεδιασμό των κατευθυντήριων διαχωριστικών νησίδων περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση καμπύλων τμημάτων στις αιχμές των γωνιών τις νησίδας, για να μεγιστοποιήσει την ορατότητα της νησίδας. Ο σχεδιασμός αυτός βοηθά επίσης στη μείωση των ταχυτήτων καθώς τα οχήματα πλησιάζουν τον κυκλικό κόμβο. Το σχήμα 4.7 παρουσιάζει τις ελάχιστες τιμές για τις ακτίνες στρογγυλευσης των αιχμών των κατευθυντήριων νησίδων.



Σχήμα 3-7 :Ελάχιστες ακτίνες αιχμής των κατευθυντήριων διαχωριστικών νησίδων και των αποστάσεων από την εισερχόμενη και την εξερχόμενη πλευρά κίνησης των οχημάτων. [4]

5. Αναλυτικές σχέσεις για τον σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου

5.1 Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο της διπλωματικής περιγράφονται οι αναλυτικές σχέσεις που δημιουργήθηκαν με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και τις αρχές σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας των κυκλικών κόμβων και πιο συγκεκριμένα των κυκλικών κόμβων με μια λωρίδα κυκλοφορίας όπως παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η ανάπτυξη των αναλυτικών σχέσεων ακολουθεί τη σειρά που εκτελούνται από το πρόγραμμα. Έτσι έχουν χωριστεί σε τρία τμήματα:

- Στον σχεδιασμό κυκλικής επιφάνειας και κλάδων που συμβάλλουν στον κόμβο
- Στις νησίδες
- Στις οριογραμμές εισόδου-εξόδου

5.2 Σχεδιασμός κυκλικής επιφάνειας και κλάδων που συμβάλλουν στον κόμβο

Πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε διαδικασία θα πρέπει να γίνει μια σημαντική παραδοχή .

Οι άξονες όλων των κλάδων διέρχονται από ένα κοινό σημείο. Αυτό το σημείο τομής όλων των αξόνων θα θεωρείται ως αρχή ενός συστήματος συντεταγμένων x,y (δηλαδή το σημείο $(0,0)$) . Το σημείο αυτό θα αποτελεί και το κέντρο του κυκλικού κόμβου (δηλαδή το κέντρο χάραξης της κεντρικής νησίδας και του

κυκλικού οδοστρώματος). Το σύστημα αυτό αναφοράς θα είναι δεξιόστροφο $(+)\rightarrow, (+) \uparrow$

Πρώτο βήμα είναι ο σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου. Για τον σχεδιασμό του μπορούν να επιλέγουν δυο τρόποι, είτε σχεδιάζοντας πρώτα την κεντρική νησίδα και στη συνέχεια το κυκλοφοριακό οδόστρωμα (δηλαδή ο σχεδιασμός ξεκινάει από τον μικρότερο σε ακτίνα κύκλο και προχωράει προς τον μεγαλύτερο) είτε χαράσσοντας πρώτα την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος και στη συνέχεια τις λωρίδες κυκλοφορίας (δηλαδή από τον κύκλο με την μεγαλύτερη ακτίνα προς αυτόν με την μικρότερη). Η επιλογή της διαδικασίας που θα ακολουθηθεί είναι στην κρίση του μελετητή ανάλογα με τα δεδομένα, τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που επιβάλλονται σε κάθε διασταύρωση. Παρακάτω θα εξεταστεί η πρώτη περίπτωση αφού είναι και αυτή που αναπτύχθηκε και στο πρόγραμμα. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι επιλέχθηκε στις παρακάτω αναλυτικές σχέσεις να χρησιμοποιηθούν ακτίνες αντί για διαμέτροι για λόγους απλοποίησης των σχέσεων.

1. Σχεδιάζεται η κεντρική νησίδα με κέντρο την αρχή των αξόνων (δηλαδή το σημείο 0,0) και ακτίνα R_1 η οποία επιλέγεται ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε κόμβου.

Η εξίσωση της κεντρικής νησίδας τότε θα είναι:

$$x^2 + y^2 = R_1^2 \quad \text{κύκλος (c1)}$$

2. Σχεδιάζεται κύκλος με ακτίνα $R_2 = R_1 + w_k$ και κέντρο το σημείο (0,0) που θα αποτελεί την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος

Το πλάτος του κυκλικού οδοστρώματος θα είναι w_k το οποίο επιλέγεται από τον μελετητή ανάλογα με τις απαιτήσεις του κόμβου

Επομένως η εξίσωση του κύκλου θα είναι :

$$x^2 + y^2 = R_2^2 \quad \text{κύκλος (c2)}$$

3. Χαράσσεται ο άξονας κάθε κλάδου που συμβάλει στον κυκλικό κόμβο .

Σύμφωνα με την παραδοχή που κάναμε στην αρχή όλοι οι άξονες διέρχονται από το σημείο τομής των αξόνων (δηλαδή το σημείο (0,0)) αρκεί να γνωρίζουμε ένα ακόμα σημείο πάνω στον άξονα για να μπορέσουμε να ορίσουμε την εξίσωση του (άξονα).

Για την περίπτωση ενός κόμβου όπου καταλήγουν σε αυτόν i κλάδοι δίνοντας τις συντεταγμένες ενός σημείου του άξονα του κλάδου ορίζεται η εξίσωση της ευθείας του άξονα .Δίνοντας τις συντεταγμένες των σημείων (x_i, y_i) ο συντελεστής διεύθυνσης που προκύπτει εάν ενωθεί το κέντρο με κάθε ένα από τα σημεία των αξόνων θα είναι :

$$\lambda_i = \frac{y_i}{x_i}$$

όπου : λ_i είναι ο συντελεστής διεύθυνσης της ευθείας που συνδέει το κέντρο του κύκλου με το σημείο i

x_i, y_i είναι οι συντεταγμένες του σημείου i

4. Υπολογίζεται η γωνία που σχηματίζει ο κάθε άξονας του κλάδου με τον άξονα x με την βοήθεια του συντελεστή διεύθυνσης.

$$\text{Arctan}(\lambda_i) = \alpha_i$$

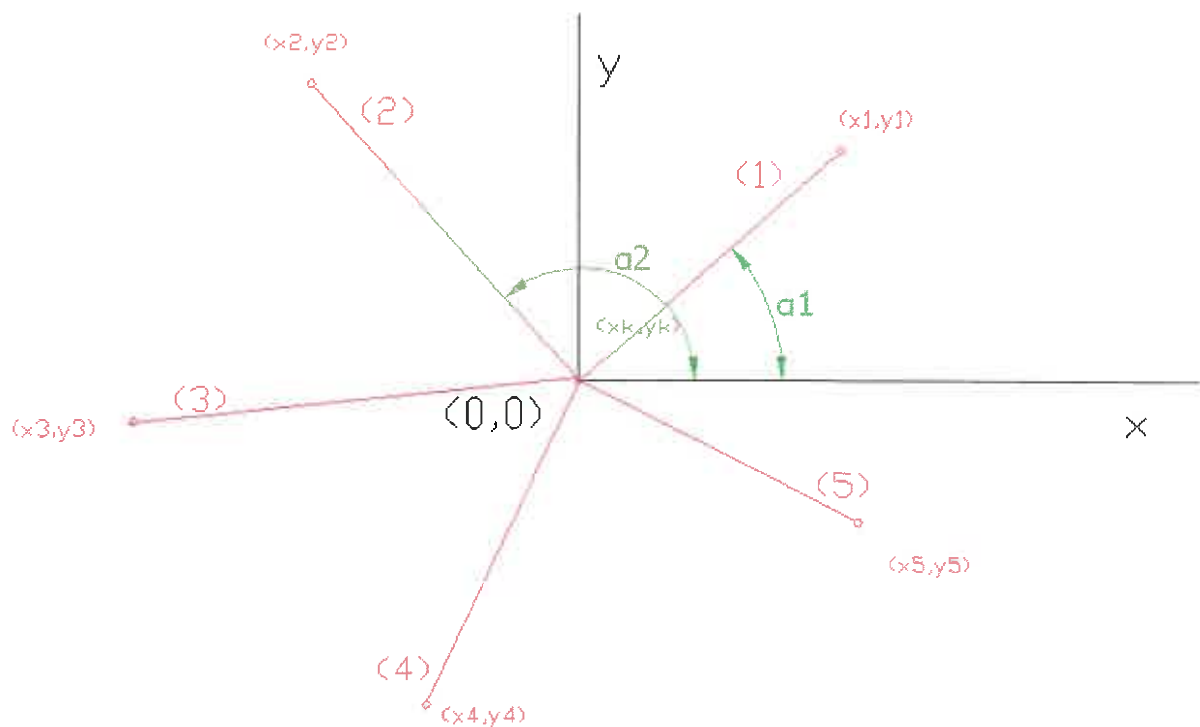
Οι εξισώσεις του κάθε άξονα μπορούν να γραφτούν με 2 τρόπους είτε με καρτεσιανές συντεταγμένες είτε με πολικές :

Καρτεσιανές :

$$y = \lambda_i x$$

Πολικές:

$$y = \tan(\alpha_i) x$$



Σχήμα 5.1 : Παράδειγμα όπου στον κυκλικό κόμβο συμβάλουν πέντε κλάδοι . Το σημείο (0,0) θα είναι το κέντρο του κυκλικού κόμβου

5. Χαράσσονται δυο παράλληλες ευθείες προς τον άξονα της οδού που αντιστοιχούν στις οριογραμμές κάθε κλάδου .

Για να σχεδιαστούν πρέπει να είναι γνωστό το πλάτος κάθε λωρίδας ανά κατεύθυνση. Το πλάτος της δεξιάς και αριστερής λωρίδας για κάθε κλάδο είναι $W_{iδξ}$, $W_{iαρ}$ αντίστοιχα. Για κάθε κλάδο προκύπτουν δυο εξισώσεις, μια για κάθε οριογραμμή :

Για τις δεξιές οριογραμμές κάθε κλάδου θα έχουμε

$$y_{iδξ} = \tan(a_i)x + \frac{W_{iδξ}}{\cos(a_i)}$$

Για τις αριστερές οριογραμμές κάθε κλάδου θα έχουμε

$$y_{iαρ} = \tan(a_i)x - \frac{W_{iαρ}}{\cos(a_i)}$$

6. Υπολογίζονται τα σημεία x_{0i}, y_{0i} . Είναι τα σημεία όπου η εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος τέμνει τον άξονα κάθε κλάδου.

Λύνοντας το σύστημα των δυο παρακάτω εξισώσεων :

$$x^2 + y^2 = R_2^2$$

$$y = \tan(a_i)x$$

ή

$$x^2 + y^2 = R_2^2$$

$$y = \lambda_i x$$

Προκύπτει ότι τα σημεία θα δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις;

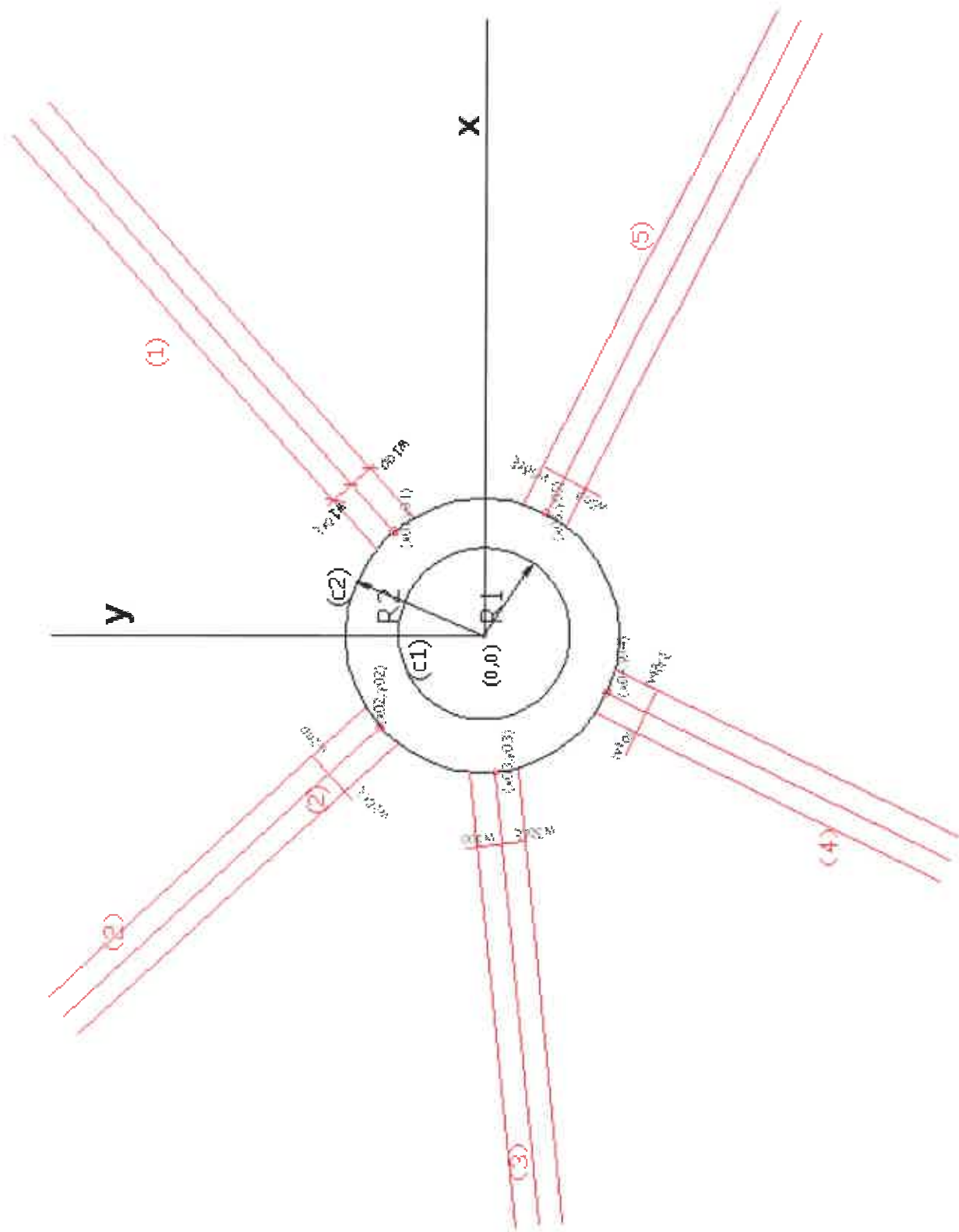
$$x_{0i} = \sqrt{\frac{R_2^2}{1 + \tan(a_i)^2}}$$

$$y_{0i} = \tan(a_i) \sqrt{\frac{R_2^2}{1 + \tan(a_i)^2}}$$

ή

$$x_{0i} = \sqrt{\frac{R_2^2}{1 + \lambda_i^2}}$$

$$y_{0i} = \lambda_i \sqrt{\frac{R_2^2}{1 + \lambda_i^2}}$$



Σχήμα 5.2 : Παράδειγμα κυκλικού κόμβου με πέντε κλάδους να συμβάλουν σε αυτόν.

5.3 Κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες

Αφού σχεδιαστούν ο κυκλικός κόμβος και οι κλάδοι που συμβάλλουν σε αυτόν στην συνέχεια σχεδιάζονται οι κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες. Για τις κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες έγινε η επιλογή από τον γράφοντα να αναπτυχθούν αναλυτικές σχέσεις εκτός από το τμήμα της νησίδας που είναι υπερυψωμένο και μη προσπελάσιμο από τα οχήματα αλλά και για τη διαγραμμισμένη περιοχή περιμετρικά από την νησίδα που είναι βατή και προσπελάσιμη από τα οχήματα που όμως, πάντα κατά την άποψη του γράφοντα, παίζει και αυτή σημαντικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία του κυκλικού κόμβου.

5.3.1 Διαγραμμισμένη περιοχή κατευθυντήριας διαχωριστικής νησίδας

Πρώτα θα αναπτυχθούν οι σχέσεις για τη διαγραμμισμένη περιοχή της κατευθυντήριας νησίδας :

1. Χαράσσεται ένας κύκλος με ακτίνα με $\pi_i/2$ και κέντρο το σημείο (x_{oi}, y_{oi}) δηλαδή το σημείο τομής του άξονα κάθε κλάδου με την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού κόμβου όπως υπολογίστηκε σε προηγούμενο βήμα. Όπου π_i είναι το πλάτος της νησίδας.

Ο κύκλος αυτός θα έχει εξίσωση :

$$(x - x_{oi})^2 + (y - y_{oi})^2 = \left(\frac{\pi_i}{2}\right)^2 \quad \text{κύκλος } (c_{\pi i})$$

2. Υπολογίζονται τα σημεία τομής του παραπάνω κύκλου με τον κύκλο της εξωτερικής οριογραμμής του κυκλικού οδοστρώματος. Τα σημεία αυτά είναι τα (x_{k1}, y_{k1}) , (x_{k2}, y_{k2}) .

Λύνοντας το παρακάτω σύστημα των δυο εξισώσεων προκύπτουν τα σημεία (x_{k1}, y_{k1}) , (x_{k2}, y_{k2}) :

$$(x - x_{oi})^2 + (y - y_{oi})^2 = \left(\frac{\pi_i}{2}\right)^2$$

$$x^2 + y^2 = R_2^2$$

Οι λύσεις της εξίσωσης θα είναι:

$$y_{k1,k2} = \frac{-\beta \pm \sqrt{\Delta}}{2\alpha}$$

$$x_{k1,k2} = A - By_{k1,k2}$$

Όπου :

$$A = \frac{R_2^2 - \Gamma}{2x_{oi}}$$

$$B = \frac{y_{oi}}{x_{oi}}$$

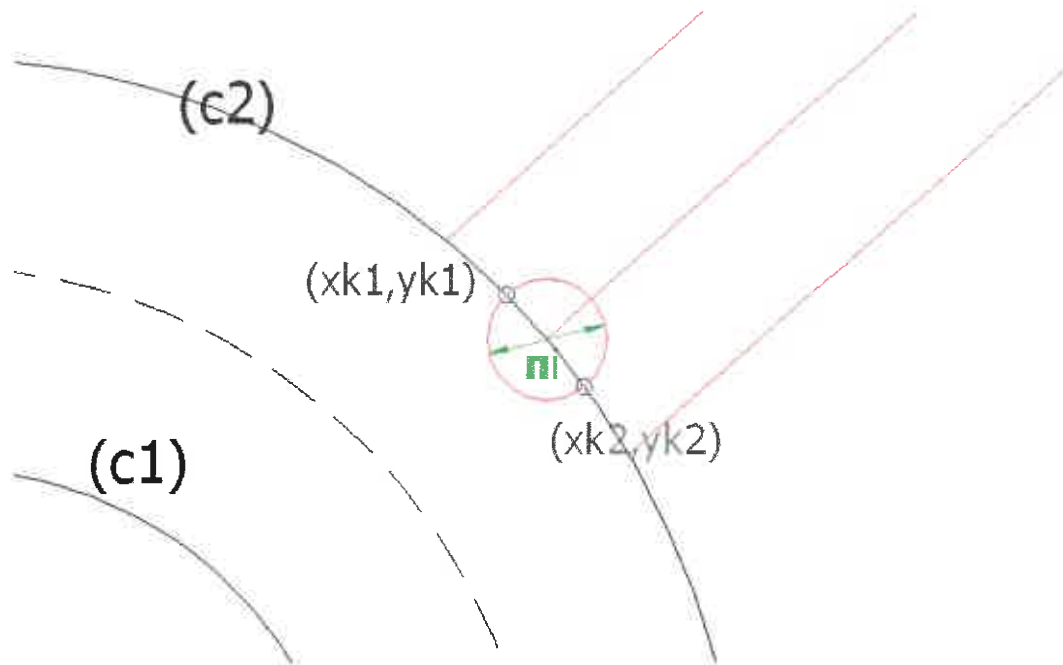
$$\Gamma = \left(\frac{\pi_i}{2}\right)^2 - x_{oi}^2 - y_{oi}^2$$

$$\alpha = B^2 + 1$$

$$\beta = -2AB$$

$$\gamma = (A^2 - \Gamma)$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma$$



Σχήμα 5.3 : Σημείο τομής του κύκλου $(c_{\pi i})$ με την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος

3. Σχεδιάζεται ένας κύκλος με ακτίνα $R_3 = R_2 + L_{\delta i}$ και κέντρο την αρχή των αξόνων. Όπου $L_{\delta i}$ είναι το μήκος διαπλάτυνσης.

Η εξίσωση του κύκλου θα είναι

$$x^2 + y^2 = R_3^2 \quad \text{κύκλος } (c3)$$

4. Υπολογίζονται τα σημεία τομής του κύκλου $(c3)$ με τον άξονα του κλάδου. Το σημείο (x_{k3}, y_{k3})

$$x_{k3} = \sqrt{\frac{R_3^2}{1 + \lambda_i^2}}$$

$$y_{k3} = \lambda_i \sqrt{\frac{R_3^2}{1 + \lambda_i^2}}$$

5. Χαράσσονται οι ευθείες που συνδέουν τα σημεία (x_{k1}, y_{k1}) με (x_{k3}, y_{k3}) και (x_{k2}, y_{k2}) με (x_{k3}, y_{k3}) .

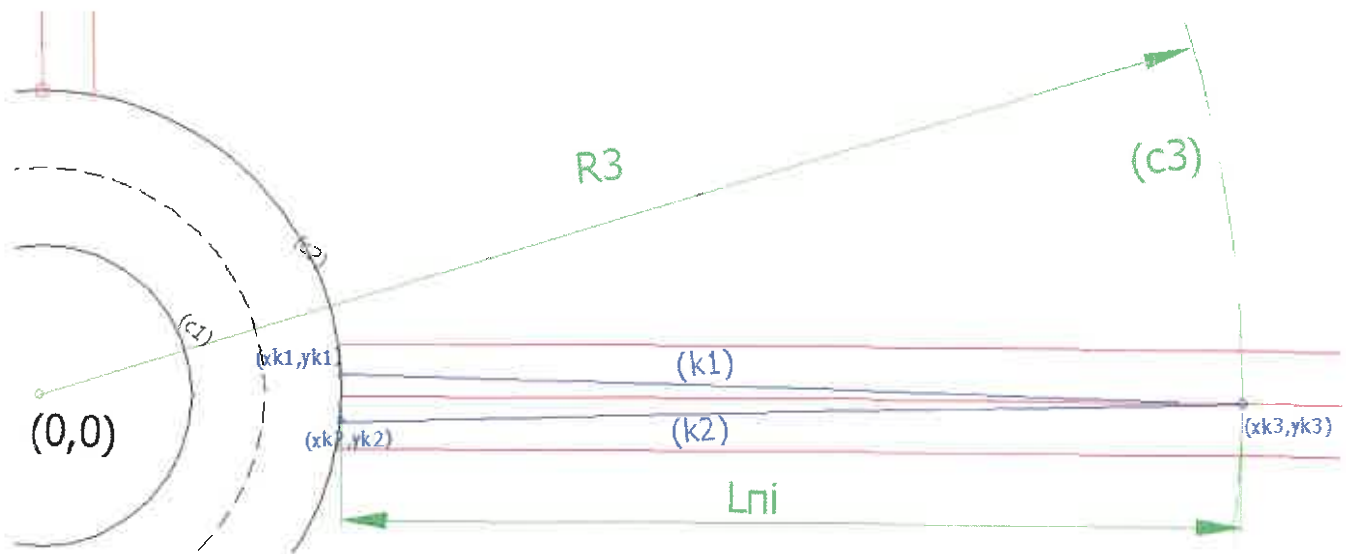
Οι συντελεστές διεύθυνσης των παραπάνω ευθειών προκύπτουν από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\lambda_{k1} = \frac{y_{k3} - y_{k1}}{x_{k3} - x_{k1}} \quad \lambda_{k2} = \frac{y_{k3} - y_{k2}}{x_{k3} - x_{k2}}$$

Οι εξισώσεις των παραπάνω ευθειών θα είναι

$$y = \lambda_{k1}x + (y_{k3} - \lambda_{k1}x_{k3}) \quad \text{ευθεία (k1)}$$

$$y = \lambda_{k2}x + (y_{k3} - \lambda_{k2}x_{k3}) \quad \text{ευθεία (k2)}$$



Σχήμα 5.4 : Διαγραμμισμένο τμήμα της νησίδας

Πρέπει σε αυτό το σημείο του κεφαλαίου να γίνει μια σημαντική παρατήρηση. Σύμφωνα με τις αρχές σχεδιασμού των κυκλικών κόμβων για να είναι ολοκληρωμένος ο σχεδιασμός μιας νησίδας θα πρέπει να περιλαμβάνει και ένα καμπύλο τμήμα. Το τμήμα αυτό θα είναι κομμάτι της διαγραμματισμένης περιοχής της νησίδας και ταυτόχρονα θα αποτελεί την εσωτερική οριογραμμή της εισόδου ή της εξόδου ανάλογα με ποιο τμήμα εξετάζουμε. Η προέκταση του καμπύλου τμήματος αυτού της νησίδας θα πρέπει σύμφωνα με τις οδηγίες να εφάπτεται στην κεντρική νησίδα. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον σχεδιασμό της καμπύλης είναι η σωστή προσαρμογή της με τα υπόλοιπα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κόμβου όπως το πλάτος εισόδου /εξόδου και η ακτίνα εισόδου/ εξόδου, επομένως είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε αυτά τα μεγέθη. Με βάση τα παραπάνω ο σχεδιασμός του κόμβου με το πρόγραμμα γίνεται σε δυο στάδια. Το πρώτο στάδιο σταματάει εδώ, και το δεύτερο συνεχίζεται μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού των οριογραμμών εισόδου και εξόδου όπου γνωρίζουμε τα παραπάνω μεγέθη. Οι αναλυτικές σχέσεις θα αναπτυχθούν παρακάτω ώστε να ολοκληρωθεί το τμήμα που αφορά τις κατευθυντήριες νησίδες.

Εδώ γίνεται μια παραδοχή ότι το καμπύλο τμήμα της νησίδας είναι τόξο κύκλου που εφάπτεται στην ευθεία (**κ1**) ή (**κ2**) ανάλογα εάν είναι είσοδος ή έξοδος και η προέκταση του τόξου εφάπτεται στην κεντρική νησίδα. Η ακτίνα του είναι ίση με μιάμιση φορά την ακτίνα εισόδου ή εξόδου ανάλογα με την περίπτωση. Πρόκειται για μία ικανοποιητική προσέγγιση της ακτίνας του καμπύλου τμήματος της νησίδας που προέκυψε μετά από δοκιμές που έγιναν με διάφορες τιμές γεωμετρικών χαρακτηριστικών.

Σχεδιάζεται πρώτα το καμπύλο τμήμα της νησίδας κατά την είσοδο στον κόμβο (δηλαδή ουσιαστικά την εσωτερική οριογραμμή της εισόδου)

6. Πρώτο βήμα είναι να υπολογιστεί το κέντρο του κύκλου που θα εφάπτεται στην ευθεία (κ1) και την κεντρική νησίδα. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάζεται πρώτα ένας κύκλος με ακτίνα $R_{11}=R_1+ 1,5 \cdot R_{\text{εισι}}$ όπου $R_{\text{εισι}}$ είναι η ακτίνα εισόδου.

Ο κύκλος αυτός θα έχει την εξίσωση :

$$x^2 + y^2 = R_{11}^2 \quad \text{κύκλος (c11)}$$

7. Χαράσσεται μια ευθεία παράλληλη στην ευθεία (κ1) σε απόσταση $1,5 \cdot R_{\text{εισι}}$

Η οποία θα έχει εξίσωση

$$y = \lambda_{\kappa 1} x + (y_{\kappa 3} - \lambda_{\kappa 1} x_{\kappa 3}) + \frac{1,5 R_{\text{εισι}}}{\cos \alpha_i} \quad \text{ευθεία (κ1')}$$

8. Υπολογίζεται το σημείο τομής της ευθείας (κ1') και του κύκλου (c11).

$$x_{\kappa 10} = \frac{-\beta \pm \sqrt{\Delta}}{2\alpha}$$

$$y_{\kappa 10} = \lambda_{\kappa 1} x_{\kappa 10} + (y_{\kappa 3} - \lambda_{\kappa 1} x_{\kappa 3}) + \frac{1,5 R_{\text{εισι}}}{\cos \alpha_i}$$

όπου $\alpha = 1 + \lambda_{\kappa 1}^2$

$$\beta = 2\lambda_{\kappa 1} (y_{\kappa 3} - \lambda_{\kappa 1} x_{\kappa 3}) + \frac{1,5 R_{\text{εισι}}}{\cos \alpha_i}$$

$$\gamma = (y_{\kappa 3} - \lambda_{\kappa 1} x_{\kappa 3} + \frac{1,5 R_{\text{εισι}}}{\cos \alpha_i})^2 - R_{11}^2$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma$$

9. Με κέντρο το σημείο $(x_{κ10}, y_{κ10})$ και ακτίνα $1,5 \cdot R_{εισι}$ χαράσσεται ένας κύκλος. Ο κύκλος αυτός θα εφάπτεται στην ευθεία (κ1) και στην κεντρική νησίδα

Η εξίσωση του κύκλου αυτού θα είναι :

$$(x - x_{κ10})^2 + (y - y_{κ10})^2 = (1,5 R_{εισι})^2 \text{ κύκλος (c12)}$$

10. Υπολογίζεται το σημείο τομής του κύκλου(c12) με την ευθεία (κ1) (ο κύκλος θα είναι εφαπτόμενος στη δεξιά οριογραμμή άρα $\Delta=0$)

$$x_{κ13} = \frac{-\beta}{2\alpha}$$

$$y_{κ13} = \lambda_{κ1} x_{κ13} + (y_{κ3} - \lambda_{κ1} x_{κ3})$$

όπου $\alpha = 1 + \lambda_{ε1}^2$

$$\beta = 2\lambda_{ε1}(y_{ε2} - \lambda_{ε1}x_{ε2})$$

5.3.2 Υπερυψωμένη μη βατή περιοχή κατευθυντήριας διαχωριστικής νησίδας

1. Χαράσσεται κύκλος με ακτίνα $\pi_i/2-0,4$ και κέντρο το σημείο τομής του άξονα με την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος όπου θα αποτελεί το υπερυψωμένο τμήμα της νησίδας μας .

Η εξίσωση του κύκλου αυτού θα είναι :

$$(x - x_{oi})^2 + (y - y_{oi})^2 = \left(\frac{\pi_i}{2} - 0,4\right)^2$$

2. Υπολογίζονται τα σημεία τομής (x_{k4}, y_{k4}) , (x_{k5}, y_{k5}) του παραπάνω κύκλου με την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος .

$$y_{k4,k5} = \frac{-\beta \pm \sqrt{\Delta}}{2\alpha}$$

$$x_{k4,k5} = A - By_{k4,k5}$$

Όπου :

$$A = \frac{R_2^2 - \Gamma}{2x_{oi}}$$

$$B = \frac{y_{oi}}{x_{oi}}$$

$$\Gamma = \left(\frac{\pi_i}{2} - 0,4\right)^2 - x_{oi}^2 - y_{oi}^2$$

$$a = B^2 + 1$$

$$\beta = -2AB$$

$$\gamma = (A^2 - \Gamma)$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma$$

3. Χαράσσεται στη συνέχεια κύκλος με ακτίνα $R_4 = R_2 + \mu$ όπου το μ θα προκύπτει από τη σχέση

$$\mu = \frac{(\pi_i - 0,4)(l_i - r_i)}{\pi_i - 0,4 - 2r_i}$$

όπου π_i είναι το πλάτος της νησίδας που έχουμε επιλέξει

l_i είναι το μήκος που θέλουμε να έχει η νησίδα μας το οποίο επιλέγουμε εμείς

r_i είναι η ακτίνα του τόξου στρογγύλευσης μεταξύ των δυο ευθειών της νησίδας.

Η εξίσωση του κύκλου θα είναι :

$$x^2 + y^2 = R_4^2 \quad \text{κύκλος (c4)}$$

4. Βρίσκεται το σημείο τομής (x_{k6}, y_{k6}) του παραπάνω κύκλου με τον άξονα του κλάδου .Το σημείο θα είναι:

$$x_{k6} = \sqrt{\frac{R_4^2}{1 + \lambda_i^2}}$$

$$y_{k6} = \lambda_i \sqrt{\frac{R_4^2}{1 + \lambda_i^2}}$$

5. Ενώνονται τα σημεία (x_{k4}, y_{k4}) , (x_{k6}, y_{k6}) και (x_{k5}, y_{k5}) , (x_{k6}, y_{k6}) και χαράσσονται δυο ευθείες.

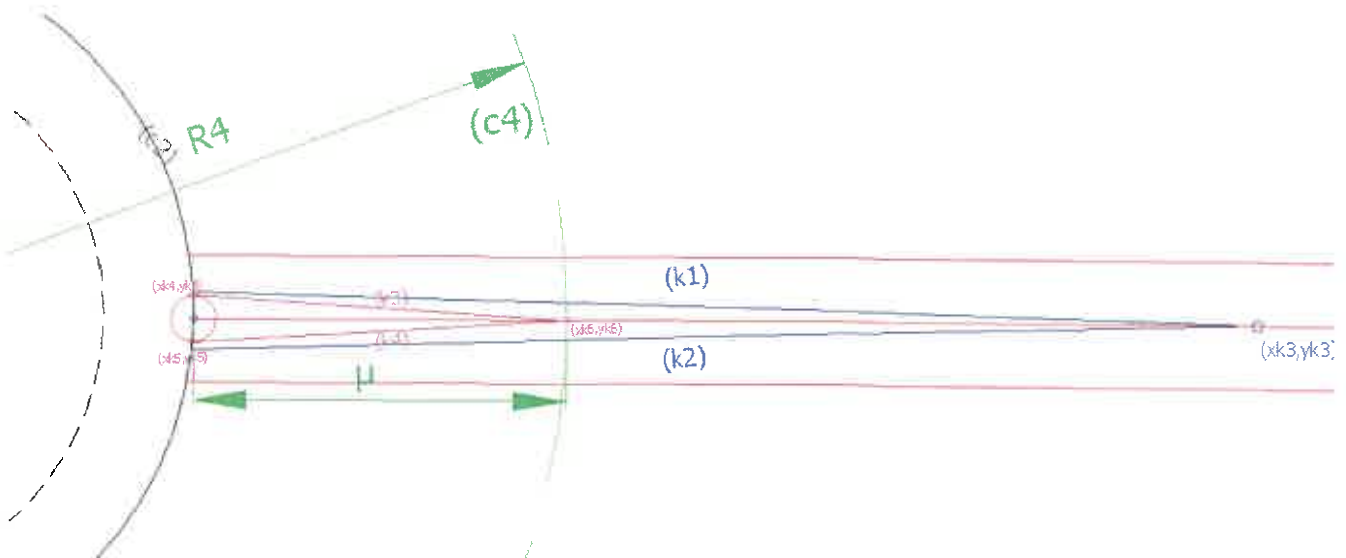
Οι συντελεστές διεύθυνσης των παραπάνω ευθειών προκύπτουν από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\lambda_{k3} = \frac{y_{k6} - y_{k4}}{x_{k6} - x_{k4}} \quad \lambda_{k4} = \frac{y_{k6} - y_{k5}}{x_{k6} - x_{k5}}$$

Οι εξισώσεις των δυο ευθειών θα είναι :

$$y = \lambda_{k3}x + (y_{k6} - \lambda_{k3}x_{k6}) \quad \text{ευθεία (k3)}$$

$$y = \lambda_{k4}x + (y_{k6} - \lambda_{k4}x_{k6}) \quad \text{ευθεία (k4)}$$



Σχήμα 5.6 : Διαμόρφωση υπερυψωμένου μη βατού τμήματος νησίδας

6. Χαράσσεται κύκλος με ακτίνα $R_5 = R_2 + (l_i - r_i)$ και κέντρο την αρχή των αξόνων.

Η εξίσωση του κύκλου θα είναι :

$$x^2 + y^2 = R_5^2 \quad \text{κύκλος (c5)}$$

7. Υπολογίζουμε το σημείο τομής (x_{k7}, y_{k7}) του παραπάνω κύκλου με τον άξονα του κλάδου.

$$x_{k7} = \sqrt{\frac{R_5^2}{1 + \lambda_i^2}}$$

$$y_{k7} = \lambda_i \sqrt{\frac{R_5^2}{1 + \lambda_i^2}}$$

8. Σχεδιάζεται κύκλος με κέντρο το σημείο (x_{k7}, y_{k7}) και ακτίνα r_i που θα αποτελεί το τόξο στρογγύλευσης στην αιχμή της κατευθυντήριας διαχωριστικής νησίδας. Ο κύκλος αυτός θα είναι εφαπτόμενος στις ευθείες (k3) και (k4)

Η εξίσωση του κύκλου θα είναι :

$$(x - x_{k7})^2 + (y - y_{k7})^2 = (r_i)^2$$

9. Στη συνέχεια βρίσκουμε τα σημεία τομής του παραπάνω κύκλου με τις ευθείες (k3) και (k4). Θα έχουμε ένα σημείο τομής με κάθε ευθεία αφού ο κύκλος είναι εφαπτόμενος στις δυο ευθείες.

Σημείο τομής ευθείας (k3) με κύκλο

$$x_{k8} = \frac{-\beta}{2\alpha}$$

$$y_{k8} = \lambda_{k3} \left(\frac{-\beta}{2\alpha} \right) + (y_{k6} - \lambda_{k3} x_{k6})$$

Όπου $\alpha = 1 + \lambda_{k3}^2$

$$\beta = 2\lambda_{k3}(y_{k6} - \lambda_{k3}x_{k6}) - 2x_{k7} - 2y_{k7}$$

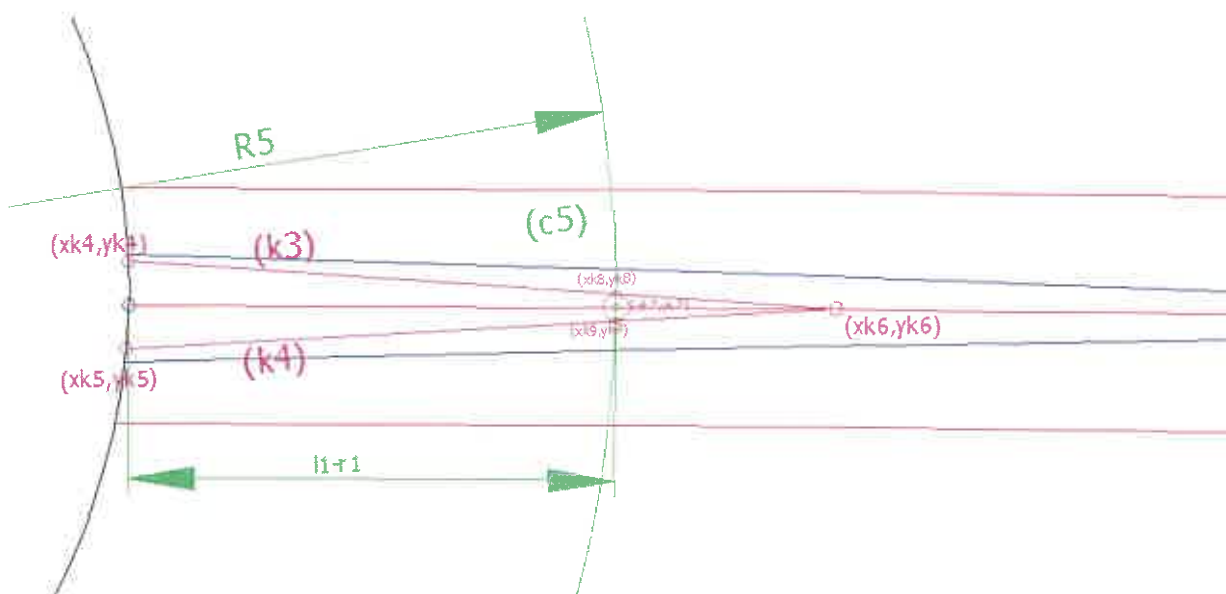
Σημείο τομής ευθείας (k4) με κύκλο

$$x_{k9} = \frac{-\beta}{2\alpha}$$

$$y_{k9} = \lambda_{k4} \left(\frac{-\beta}{2\alpha} \right) + (y_{k6} - \lambda_{k4}x_{k6})$$

Όπου $\alpha = 1 + \lambda_{k4}^2$

$$\beta = 2\lambda_{k4}(y_{k6} - \lambda_{k4}x_{k6}) - 2x_{k7} - 2y_{k7}$$



Σχήμα 5.7 : Διαμόρφωση υπερυψωμένου μη βατού τμήματος της νησίδα

5.4. Οριογραμμές εισόδου και εξόδου

5.4.1 Οριογραμμές εισόδου

Επόμενο βήμα είναι ο σχεδιασμός των εισόδων στον κόμβο. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η περίπτωση της διαπλάτυνσης της οδού και για αυτήν αναπτύχθηκαν οι παρακάτω αναλυτικές σχέσεις.

1. Επιλέγεται το πλάτος εισόδου $W_{\text{εισι}}$ και χαράσσεται κύκλος με ακτίνα $R_6 = \frac{\pi_i}{2} + W_{\text{εισι}}$ και κέντρο το σημείο τομής του άξονα του κλάδου με την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος

Η εξίσωση του κύκλου αυτού θα είναι:

$$(x - x_{oi})^2 + (y - y_{oi})^2 = R_6^2 \quad \text{κύκλος (c6)}$$

2. Υπολογίζουμε τα σημεία τομής του κύκλου με τον εξωτερικό κύκλο του κυκλικού οδοστρώματος. Οι λύσεις του συστήματος θα είναι :

$$y_{\varepsilon 1} = \frac{-\beta + \sqrt{\Delta}}{2\alpha}$$

$$x_{\varepsilon 1} = A - By_{\varepsilon 1}$$

Όπου :

$$A = \frac{R_2^2 - \Gamma}{2x_{oi}}$$

$$B = \frac{y_{oi}}{x_{oi}}$$

$$\Gamma = R_6^2 - x_{oi}^2 - y_{oi}^2$$

$$\alpha = B^2 + 1$$

$$\beta = -2AB$$

$$\gamma = (A^2 - \Gamma)$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma$$

3. Χαράσσεται κύκλος με ακτίνα R_3 και κέντρο την αρχή των αξόνων με εξίσωση

$$x^2 + y^2 = R_3^2 \quad \text{κύκλος (c3)}$$

4. Υπολογίζονται τα σημεία τομής του παραπάνω κύκλου με τη δεξιά οριογραμμή του κλάδου.

Λύνουμε το σύστημα των δυο εξισώσεων :

$$x^2 + y^2 = R_3^2$$

$$y = \lambda_i x + \frac{w_{ιδεξ}}{\cos a_i}$$

Η λύση του συστήματος θα είναι :

$$x_{\varepsilon 2} = \frac{-\beta \pm \sqrt{\Delta}}{2\alpha}$$

$$y_{\varepsilon 2} = \lambda_i x + \frac{w_{i\delta\varepsilon\xi}}{\cos a_i}$$

όπου $\alpha = 1 + \lambda_i^2$

$$\beta = 2\lambda_i \frac{w_{i\delta\varepsilon\xi}}{\cos a_i}$$

$$\gamma = \left(\frac{w_{i\delta\varepsilon\xi}}{\cos a_i} \right)^2 - R_3^2$$

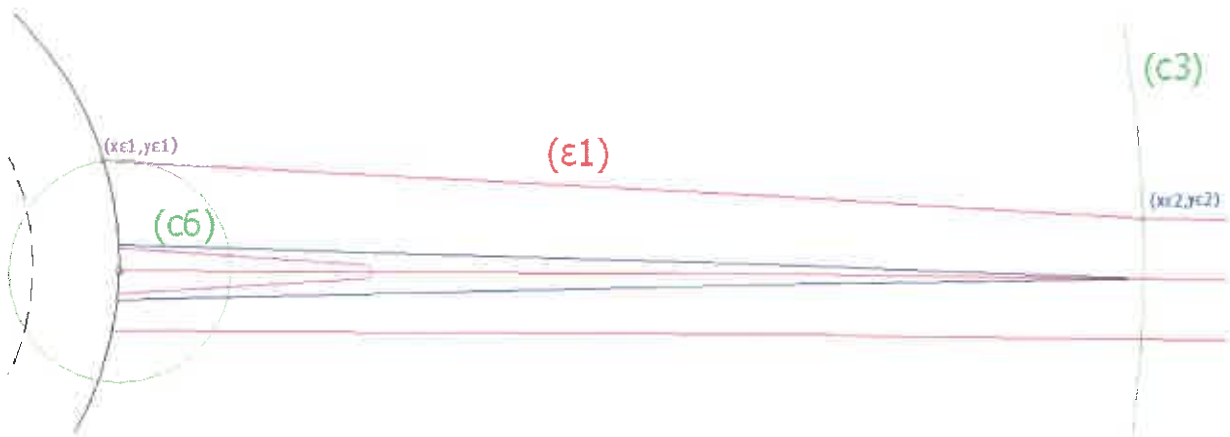
$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma$$

5. Ενώνοντας τα σημεία $(x_{\varepsilon 1}, y_{\varepsilon 1})$ και $(x_{\varepsilon 2}, y_{\varepsilon 2})$ προκύπτει η εξίσωση της ευθείας

$$\lambda_{\varepsilon 1} = \frac{y_{\varepsilon 2} - y_{\varepsilon 1}}{x_{\varepsilon 2} - x_{\varepsilon 1}}$$

$$y = \lambda_{\varepsilon 1} x + (y_{\varepsilon 2} - \lambda_{\varepsilon 1} x_{\varepsilon 2}) \quad \text{ευθεία } (\varepsilon 1)$$

Η ευθεία (ε1) θα αποτελεί τώρα την εξωτερική οριογραμμή του κλάδου



Σχήμα 4-8 :Εξωτερική οριογραμμή εισόδου

6. Επόμενο βήμα είναι η σύνδεση της δεξιάς οριογραμμής με τον κυκλικό κόμβο. Επιλέγεται η ακτίνα εισόδου $R_{εισi}$. Χαράσσεται πρώτα ένας κύκλος με ακτίνα $R_7 = R_2 + R_{εισi}$.

Ο κύκλος αυτός θα έχει εξίσωση :

$$x^2 + y^2 = R_7^2 \quad \text{κύκλος (c7)}$$

7. Χαράσσεται μια ευθεία παράλληλη στην ευθεία (ε1) σε απόσταση $R_{εισi}$ η οποία θα έχει εξίσωση.

$$y = \lambda_{\varepsilon 1} x + (y_{\varepsilon 2} - \lambda_{\varepsilon 1} x_{\varepsilon 2}) + \frac{R_{\varepsilon \text{ισ}i}}{\cos \alpha i} \quad \text{ευθεία (ε1')}$$

8. Υπολογίζεται το σημείο τομής της ευθείας (ε1') και του κύκλου (c7).

$$x_{\varepsilon 3} = \frac{-\beta \pm \sqrt{\Delta}}{2\alpha}$$

$$y_{\varepsilon 3} = \lambda_{\varepsilon 1} x_{\varepsilon 3} + (y_{\varepsilon 2} - \lambda_{\varepsilon 1} x_{\varepsilon 2}) + \frac{R_{\varepsilon i \sigma i}}{\cos a_i}$$

όπου $\alpha = 1 + \lambda_{\varepsilon 1}^2$

$$\beta = 2\lambda_{\varepsilon 1} \left(y_{\varepsilon 2} - \lambda_{\varepsilon 1} x_{\varepsilon 2} + \frac{R_{\varepsilon i \sigma i}}{\cos a_i} \right)$$

$$\gamma = \left(y_{\varepsilon 2} - \lambda_{\varepsilon 1} x_{\varepsilon 2} + \frac{R_{\varepsilon i \sigma i}}{\cos a_i} \right)^2 - R_7^2$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma$$

9. Με κέντρο το σημείο $(x_{\varepsilon 3}, y_{\varepsilon 3})$ και ακτίνα $R_{\varepsilon i \sigma i}$ χαράσσουμε ένα κύκλο που θα εφάπτεται στη δεξιά οριογραμμή του κλάδου και στην εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος.

Η εξίσωση του κύκλου αυτού θα είναι :

$$(x - x_{\varepsilon 3})^2 + (y - y_{\varepsilon 3})^2 = R_{\varepsilon i \sigma i}^2$$

10. Υπολογίζεται το σημείο τομής του παραπάνω κύκλου με την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος (ο κύκλος θα είναι εφαπτόμενος άρα $\Delta=0$)

$$y_{\varepsilon 4} = \frac{-\beta}{2\alpha}$$

$$x_{\varepsilon 4} = A - B y_{\varepsilon 4}$$

$$\text{Όπου : } A = \frac{R_2^2 - \Gamma}{2 x_{\varepsilon 3}}$$

$$B = \frac{y_{\varepsilon 3}}{x_{\varepsilon 3}}$$

$$\Gamma = R_{\varepsilon 1 \sigma i}^2 - x_{\varepsilon 3}^2 - y_{\varepsilon 3}^2$$

$$a = B^2 + 1$$

$$\beta = -2AB$$

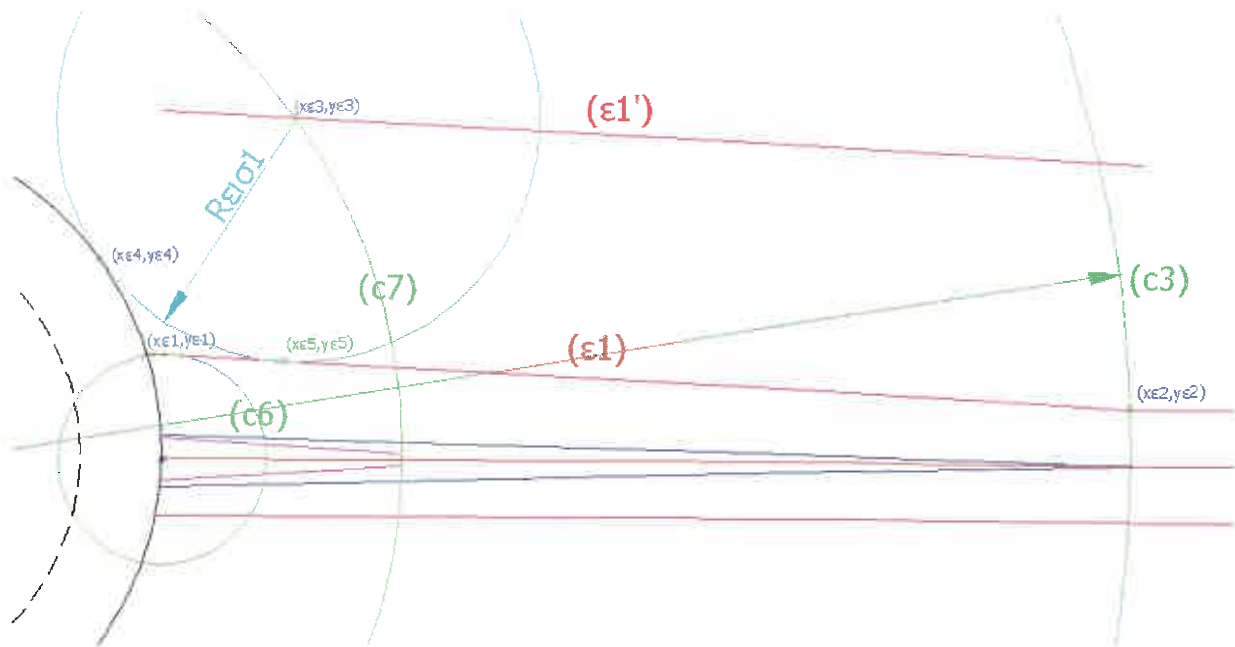
11. Υπολογίζεται το σημείο τομής του παραπάνω κύκλου με τη δεξιά οριογραμμή του κλάδου (ο κύκλος θα είναι εφαπτόμενος στη δεξιά οριογραμμή άρα $\Delta=0$)

$$x_{\varepsilon 5} = \frac{-\beta}{2\alpha}$$

$$y_{\varepsilon 5} = \lambda_{\varepsilon 1} x_{\varepsilon 5} + (y_{\varepsilon 2} - \lambda_{\varepsilon 1} x_{\varepsilon 2})$$

$$\text{όπου } \alpha = 1 + \lambda_{\varepsilon 1}^2$$

$$\beta = 2\lambda_{\varepsilon 1}(y_{\varepsilon 2} - \lambda_{\varepsilon 1}x_{\varepsilon 2})$$



Σχήμα 5.9 : Εξωτερική οριογραμμή εισόδου σημεία επαφής καμπύλου τμήματος

5.4.2 Οριογραμμές εξόδου

Το τελευταίο στάδιο του σχεδιασμού του κόμβου θα είναι η διαμόρφωση της εξόδου από τον κυκλικό κόμβο .

1. Για τον σχεδιασμό της αριστερής οριογραμμής ενός κλάδου που θα αποτελεί την έξοδο από τον κυκλικό κόμβο θα πρέπει να επιλέξουμε το πλάτος εξόδου $w_{\epsilon \xi i}$ και την ακτίνα εξόδου $R_{\epsilon \xi i}$. Σχεδιάζεται ένας

κύκλος με ακτίνα $R_8 = \frac{\pi_i}{2} + w_{\epsilon \xi i}$ και κέντρο το σημείο τομής του άξονα του κλάδου με την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος .

Εξίσωση του κύκλου αυτού θα είναι:

$$(x - x_{oi})^2 + (y - y_{oi})^2 = R_8^2 \quad \text{κύκλος (c8)}$$

2. Υπολογίζονται τα σημεία τομής του κύκλου (c8) με τον εξωτερικό κύκλο του κυκλικού οδοστρώματος. Οι λύσεις του συστήματος θα είναι :

$$y_{z1} = \frac{-\beta - \sqrt{\Delta}}{2\alpha}$$

$$x_{z1} = A - By_{z1}$$

Όπου :

$$A = \frac{R_2^2 - \Gamma}{2x_{oi}}$$

$$B = \frac{y_{oi}}{x_{oi}}$$

$$\Gamma = R_8^2 - x_{oi}^2 - y_{oi}^2$$

$$\alpha = B^2 + 1$$

$$\beta = -2AB$$

$$\gamma = (A^2 - \Gamma)$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma$$

3. Χαράσσεται κύκλος με ακτίνα $R_9=R_2+L_{\delta i}$ και κέντρο την αρχή των αξόνων με εξίσωση. Όπου $L_{\delta i}$ είναι το μήκος διαπλάτυνσης

$$x^2 + y^2 = R_9^2 \quad \text{κύκλος (c9)}$$

4. Υπολογίζονται τα σημεία τομής του παραπάνω κύκλου με τη δεξιά οριογραμμή του κλάδου .

Λύνεται το σύστημα των δυο εξισώσεων :

$$x^2 + y^2 = R_9^2$$

$$y_{i\alpha\rho} = \lambda_i x - \frac{w_{i\alpha\rho}}{\cos(a_i)}$$

Η λύση του συστήματος θα είναι :

$$x_{z2} = \frac{-\beta - \sqrt{\Delta}}{2\alpha}$$

$$y_{z2} = \lambda_i x_{z2} - \frac{w_{i\alpha\rho}}{\cos a_i}$$

όπου $\alpha = 1 + \lambda_i^2$

$$\beta = 2\lambda_i \frac{w_{i\alpha\rho}}{\cos a_i}$$

$$\gamma = \left(\frac{w_{i\alpha\rho}}{\cos a_i} \right)^2 - R_9^2$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma$$

5. Συνδέοντας τα σημεία (x_{z1}, y_{z1}) και (x_{z2}, y_{z2}) και προκύπτει μια ευθεία.

Η ευθεία αυτή θα έχει συντελεστή διεύθυνσης

$$\lambda_{z1} = \frac{y_{z2} - y_{z1}}{x_{z2} - x_{z1}}$$

και η εξίσωση της θα είναι

$$y = \lambda_{z1}x + (y_{z2} - \lambda_{z1}x_{z2}) \quad \text{ευθεία (z1)}$$

Η ευθεία (z1) θα αποτελεί τώρα την εξωτερική οριογραμμή του κλάδου

6. Επόμενο μας βήμα είναι η σύνδεση της δεξιάς οριογραμμής με τον κυκλικό κόμβο. Επιλέγεται η ακτίνα εξόδου $R_{\xi i}$ και χαράσσεται ένας κύκλος με ακτίνα $R_{10} = R_2 + R_{\xi i}$.

Ο κύκλος αυτός θα έχει την εξίσωση :

$$x^2 + y^2 = R_{10}^2 \quad \text{κύκλος (c10)}$$

7. Σχεδιάζεται μια ευθεία παράλληλη στην ευθεία (z1) σε απόσταση $R_{\xi i}$ η οποία θα έχει εξίσωση

$$y = \lambda_{z1}x + (y_{z2} - \lambda_{z1}x_{z2}) + \frac{R_{\xi i}}{\cos a_i} \quad \text{ευθεία (z1')}$$

8. Υπολογίζεται το σημείο τομής της ευθείας ($z1'$) και του κύκλου ($c10$).

$$x_{z3} = \frac{-\beta + \sqrt{\Delta}}{2\alpha}$$

$$y_{z3} = \lambda_{z1}x_{z3} + (y_{z2} - \lambda_{z1}x_{z2}) + \frac{R_{\varepsilon\zeta i}}{\cos a_i}$$

όπου $\alpha = 1 + \lambda_{z1}^2$

$$\beta = 2\lambda_{z1}(y_{z2} - \lambda_{z1}x_{z2} + \frac{R_{\varepsilon\zeta i}}{\cos a_i})$$

$$\gamma = (y_{z2} - \lambda_{z1}x_{z2} + \frac{R_{\varepsilon\zeta i}}{\cos a_i})^2 - R_{10}^2$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma$$

9. Με κέντρο το σημείο (x_{z3}, y_{z3}) και ακτίνα $R_{\varepsilon\zeta i}$ σχεδιάζεται ένας κύκλος που θα εφάπτεται στη δεξιά οριογραμμή του κλάδου και στην εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος .Η εξίσωση του κύκλου αυτού θα είναι :

$$(x - x_{z3})^2 + (y - y_{z3})^2 = R_{\varepsilon\zeta i}^2$$

10. Υπολογίζεται το σημείο τομής του παραπάνω κύκλου με την εξωτερική οριογραμμή του κυκλικού οδοστρώματος (ο κύκλος θα είναι εφαπτόμενος άρα $\Delta=0$)

$$y_{z4} = \frac{-\beta}{2\alpha}$$

$$x_{z4} = A - By_{z4}$$

Όπου :

$$A = \frac{R_2^2 - \Gamma}{2x_{z3}}$$

$$B = \frac{y_{z3}}{x_{z3}}$$

$$\Gamma = R_{\xi 1}^2 - x_{z3}^2 - y_{z3}^2$$

$$a = B^2 + 1$$

$$\beta = -2AB$$

11. Υπολογίζεται το σημείο τομής του παραπάνω κύκλου με τη δεξιά οριογραμμή του κλάδου (ο κύκλος θα είναι εφαπτόμενος στη δεξιά οριογραμμή άρα $\Delta=0$)

$$x_{z5} = \frac{-\beta}{2\alpha}$$

$$y_{z5} = \lambda_{z1}x_{z5} + (y_{z2} - \lambda_{z1}x_{z2})$$

6. Περιγραφή προγράμματος

6.1 Προγραμματισμός

6.1.1 Γενικά

Η γενική δομή της σειράς των προγραμμάτων είναι κοινή για καθένα από αυτά και στηρίζεται στην ανάλυση που προηγήθηκε της διαδοχικής χάραξης στοιχείων του κόμβου .

Ο κώδικας ενός προγράμματος σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic ακολουθεί τη λογική του "δομημένου προγραμματισμού". Ο κώδικας χωρίζεται σε διαδικασίες, οι οποίες πραγματοποιούνται ανεξάρτητα η μία με την άλλη ή η μία μέσα από την άλλη, και κάποιες υπό ορισμένες συνθήκες. Ο έλεγχος, η κλήση και η διαχείριση αυτών των διαδικασιών γίνεται από μία κεντρική διαδικασία. Επομένως η δομή του προγράμματος αποτελεί ένα "δένδρο" του οποίου οι διάφορες διαδικασίες πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις επιλογές του χρήστη.

Οι παραπάνω διαδικασίες μπορεί να είναι αριθμητικές πράξεις ή διάφορες εντολές προς τον υπολογιστή.

Η λογική της παραπάνω δόμησης πλεονεκτεί σε σχέση με τη λογική μιας δόμησης στην οποία οι διάφορες διαδικασίες θα γίνονταν μόνο διαδοχικά. Συγκεκριμένα ο εντοπισμός λαθών είναι ευκολότερος, ο κώδικας είναι ευκολότερα αναγνώσιμος και οι διάφορες τροποποιήσεις και επεμβάσεις του χρήστη πραγματοποιούνται ευκολότερα.

Η βασική αρχή του προγράμματος στη γενική δομή είναι ότι κάθε ανεξάρτητο στοιχείο σχεδιασμού αποτελεί μία ανεξάρτητη διαδικασία. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε πρόγραμμα διαφέρει ως προς τη δομή του .[13]

6.1.2 Αρχές προγραμματισμού

Προκειμένου ο κώδικας του προγράμματος να γίνεται αντιληπτός και αναγνώσιμος από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή υπάρχουν κάποιες βασικές αρχές:

- Γενικά

Η κάθε διαδικασία είναι αυτόνομη και ανεξάρτητη μέχρι τον βαθμό που απαιτεί δεδομένα από μία προηγούμενη.

- Μεταβλητές

Στη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic καλό είναι να δηλώνονται οι μεταβλητές, που χρησιμοποιούνται από τα προγράμματα. Οι μεταβλητές εντός των προγραμμάτων αποθηκεύουν τα δεδομένα υπό την μορφή πραγματικών αριθμών απλής ακρίβειας (single), ακέραιων αριθμών (integer), αλφαριθμητικών (strings) και δεκαδικών αριθμών μεγάλης ακρίβειας (double).

- Χάραξη

Η χάραξη πραγματοποιείται αφού ολοκληρωθούν όλοι οι υπολογισμοί κάθε διαδικασίας. Τότε από το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation χρησιμοποιώντας αυτούς τους υπολογισμούς μπορεί να προκύψει η χάραξη.

- Ανάγνωση του κώδικα

Σε πολλά σημεία του κώδικα υπάρχουν σχόλια τα οποία περιγράφουν τι ακριβώς πραγματοποιεί το πρόγραμμα βήμα προς βήμα.

6.1.3 Τεχνικές προγραμματισμού

Ο κώδικας χωρίζεται σε δύο τμήματα, αυτό της χάραξης που θα αναπτυχθεί σε αυτό το κεφάλαιο και αυτό της μαθηματικής ανάλυσης.

♦ Αριθμητικές πράξεις

Στον κώδικα των προγραμμάτων χρησιμοποιούνται σχέσεις και εξισώσεις από τις οποίες προκύπτουν παράμετροι της χάραξης. Τα μόνα θέματα μαθηματικής φύσεως, που εμφανίζονται στα προγράμματα, είναι ο χειρισμός των συστημάτων αναφοράς και ο χειρισμός των γωνιών από τη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic.

Όλες οι γωνίες που χρησιμοποιούνται στον κώδικα πρέπει να είναι σε ακτίνια. Επομένως όλες οι γωνίες που εισάγονται μετατρέπονται σε ακτίνια προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στις διάφορες μαθηματικές σχέσεις. Επειδή στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation χρησιμοποιούνται οι γωνίες σε μοίρες η μετατροπή τους σε ακτίνια γίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$\frac{\text{ακτίνια}}{\pi} = \frac{\text{βαθμοί}}{200} = \frac{\text{μοίρες}}{180}$$

♦ Χάραξη

Η χάραξη στοιχείων καθώς και ο καθορισμός των παραμέτρων (χρώμα γραμμής, πάχος γραμμής κ. α) γίνονται με την κλήση εντολών του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation. Οι κυριότερες εντολές επικοινωνίας των προγραμμάτων με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation είναι οι εξής :

- "MbeSendCommand" οδηγία για κλήση κάποιας εντολής
- "MbeSendDataPoint" εισαγωγή συντεταγμένων σημείων
- "MbeSendKeyIn" εισαγωγή παραμέτρων
- "MbeSendReset" ετοιμάζει το πρόγραμμα να δεχτεί οποιαδήποτε εντολή

Για τη χάραξη και τροποποίηση στοιχείων οι κυριότερες εντολές είναι οι εξής :

- “Place line” χάραξη γραμμής
- “Place Arc” χάραξη τόξου
- “Place Block” εισαγωγή ορθογωνίου
- “Place Text” εισαγωγή κειμένου
- “Place Dimension” εισαγωγή διαστάσεων
- “Place Circle” χάραξη κύκλου
- “Place Fence” εισαγωγή ορίων
- “Co=n” καθορισμός του χρώματος με έναν αριθμό n
- “Wt=m” καθορισμός του πάχους της γραμμής με έναν αριθμό m
- “Lv=t” καθορισμός του επιπέδου εργασίας με έναν αριθμό t

6.2 Χειρισμός του προγράμματος από τον χρήστη

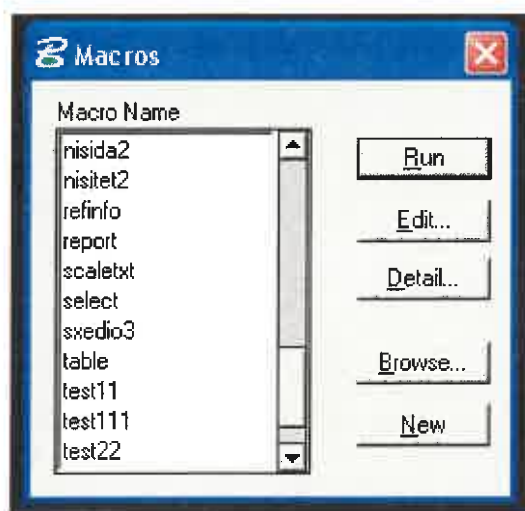
6.2.1 Γενικά

Τα προγράμματα Η/Υ που περιγράφονται στο παρόν κεφάλαιο αποτελούν μακροεντολές του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation. Οι μακροεντολές είναι μικρά αυτόνομα υποπρογράμματα τα οποία καλούνται αυτόματα από τον χρήστη μέσα στο περιβάλλον του Microstation. Τα υποπρογράμματα αυτά εκτελούν αυτοματοποιημένα μια σύνθετη εργασία και επίσης επικοινωνούν μεταξύ τους και δημιουργούν αρχεία κειμένου τα οποία περιέχουν αριθμητικά και αλφαριθμητικά δεδομένα. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης της εκάστοτε εργασίας με τη μορφή αρχείων που περιέχουν τα δεδομένα που έχουν δοθεί στο πρόγραμμα.

6.2.2 Κλήση των προγραμμάτων

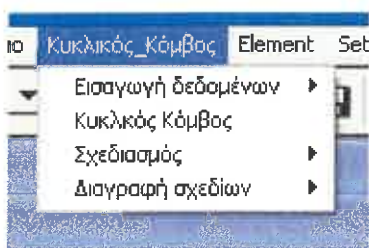
Υπάρχουν δύο τρόποι προκειμένου να κληθεί ένα από τα προγράμματα :

- Από τον κατάλογο επιλογής μακροεντολών του *Microstation* .



Σχήμα 5.1 : Πλαίσιο , Κατάλογος μακροεντολών του *Microstation*

Μέσω της μακροεντολής “ Κυκλικός_κόμβος ” που καλείται από τον κυλιόμενο κατάλογο (menu bar).



Σχήμα 5.2 : Κυλιόμενος κατάλογος (menu bar)

Ο δεύτερος τρόπος κλήσης πλεονεκτεί του πρώτου διότι είναι πιο φιλικός στον χρήστη, οι μακροεντολές είναι ταξινομημένες σύμφωνα με τη σειρά που εκτελούνται. Επίσης ο κυλιόμενος κατάλογος παρέχει στον χρήστη παραπάνω πληροφορίες για τη μακροεντολή που χρησιμοποιεί (π.χ. η εντολή Σχεδιασμός αναφέρεται στον σχεδιασμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κόμβου) και δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζει την ονομασία της όπως απαιτεί η πρώτη περίπτωση (π.χ. design-eis είναι ονομασία της μακροεντολής που χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό της οριογραμμής εισόδου).

6.2.3 Περιβάλλον χειρισμού των προγραμμάτων

Η διαδικασία χειρισμού του προγράμματος γίνεται από τον χρήστη μέσω πλαισίων επικοινωνίας ή διαλόγου (dialog boxes) :

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ- ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ

Ακτίνα κεντρικής νισήδας 16.000000

Πλάτος λωρίδας κυκλοφοριακού οδοστρώματος 6.000000

Αριθμός οδών που συμβάλλουν στον κόμβο 6 ▼

OK

ΕΞΟΔΟΣ

Σχήμα 6.3 : Πλαίσιο διάλογου για εισαγωγή δεδομένων του κυκλικού κόμβου και αριθμού των λωρίδων

- Τίτλος προγράμματος

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΚΟΜΒΟΥ- ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ

Σχήμα 6.4 : Τίτλος προγράμματος

Σε κάθε πλαίσιο διάλογου στην κορυφή του μέσα σε μπλε φόντο εμφανίζεται ο τίτλος του προγράμματος. Ο τίτλος του κάθε προγράμματος περιγράφει τις εργασίες που ενεργοποιεί το συγκεκριμένο πλαίσιο διάλογου (π.χ. στο σχήμα 6.5 εισάγονται τα δεδομένα του κυκλικού κόμβου και ο αριθμός των κλάδων που συμβάλλουν σε αυτόν).

- *Θυρίδες εισαγωγής δεδομένων*

ΚΛΑΔΟΣ 1	ΚΛΑΔΟΣ 2	ΚΛΑΔΟΣ 3
Ακτίνα εισόδου 1.000000	Ακτίνα εισόδου 14.000000	Ακτίνα εισόδου 8.000000
Πλάτος εισόδου 6.000000	Πλάτος εισόδου 5.000000	Πλάτος εισόδου 5.000000
Ακτίνα εξόδου 23.000000	Ακτίνα εξόδου 16.000000	Ακτίνα εξόδου 12.000000
Πλάτος εισόδου 6.000000	Πλάτος εισόδου 7.000000	Πλάτος εισόδου 7.000000

Σχήμα 6.5 : Θυρίδες εισαγωγής δεδομένων

Στις θυρίδες αυτές εισάγονται τα απαραίτητα δεδομένα τα οποία αντιστοιχούν σε μεταβλητές οι οποίες είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του προγράμματος. Κάθε θυρίδα έχει μια ετικέτα που αντιστοιχεί στη μεταβλητή που αντιπροσωπεύει. Σε περίπτωση εισαγωγής λανθασμένων δεδομένων εμφανίζεται μήνυμα λάθους και το πρόγραμμα τερματίζει τη διαδικασία στο σημείο όπου εντοπίστηκε το λάθος. Οι θυρίδες εισαγωγής δεδομένων μπορούν να ταξινομηθούν σε ομάδες (group boxes) έτσι ώστε να είναι πιο φιλικές και κατανοητές προς τον χρήστη :

- *Πλήκτρα αποδοχής-απόρριψης*



Σχήμα 6.6 : Πλήκτρα αποδοχής-απόρριψης

Με το πλήκτρο "OK" ο χρήστης αποδέχεται τα δεδομένα που έχει εισάγει και ξεκινά η λειτουργία του συγκεκριμένου προγράμματος.

Με το πλήκτρο "Cancel" ο χρήστης ακυρώνει τη λειτουργία του προγράμματος χωρίς την πραγματοποίηση εργασιών

- Πλήκτρα επιλογών

	40
Όνομα Εργου	50
	60
	70
Ταχύτητα / νω	80
	90
	100
Κατηγορία Δρόμου	120

Μορφολογία Εσάφους Πεδινό

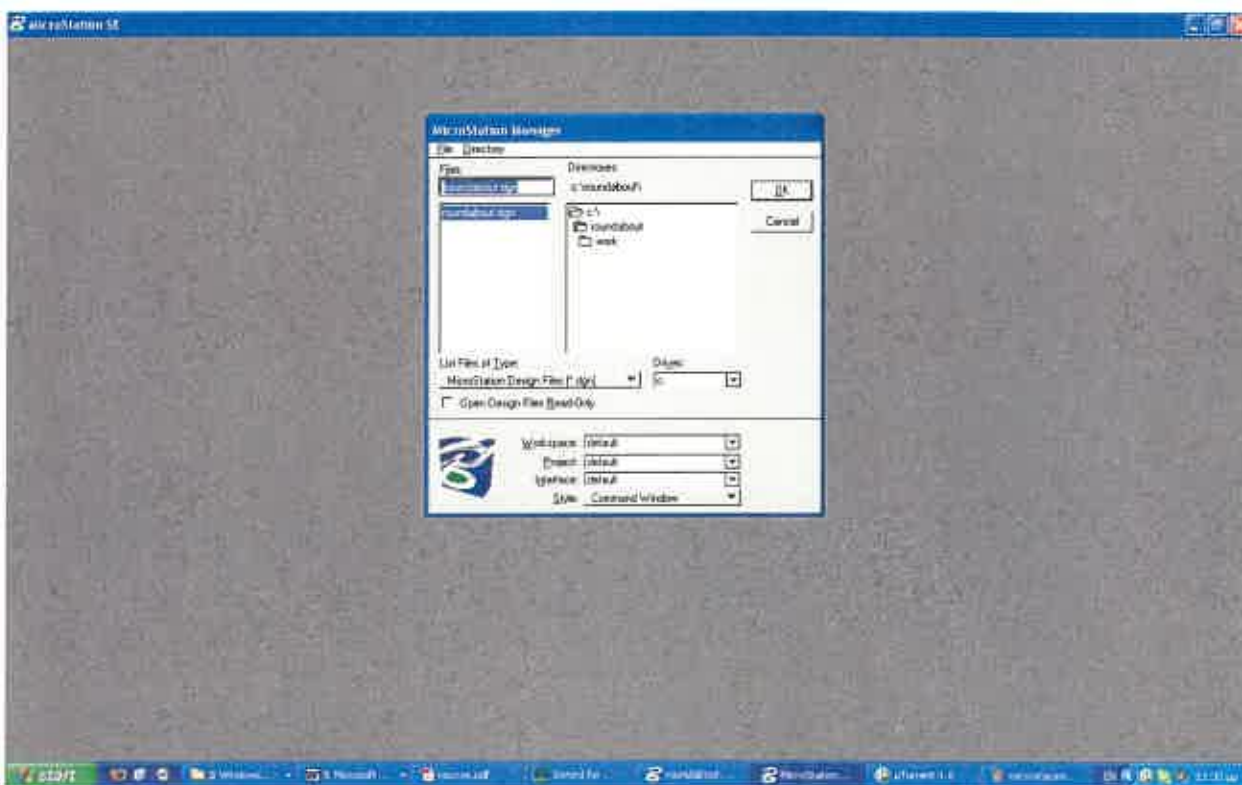
Σχήμα 6.7 : Πλήκτρα επιλογών

Επιλέγοντας ένα από τα «πλήκτρα επιλογών» εμφανίζεται μια σειρά επιλογών που είναι αποθηκευμένες στο πρόγραμμα ή εκτελούν αυτόματα κάποιες ενέργειες βοηθώντας στην ταχύτερη και απλούστερη λειτουργία του προγράμματος.

6.3 Λειτουργία του προγράμματος του προγράμματος «Κυκλικός κόμβος»

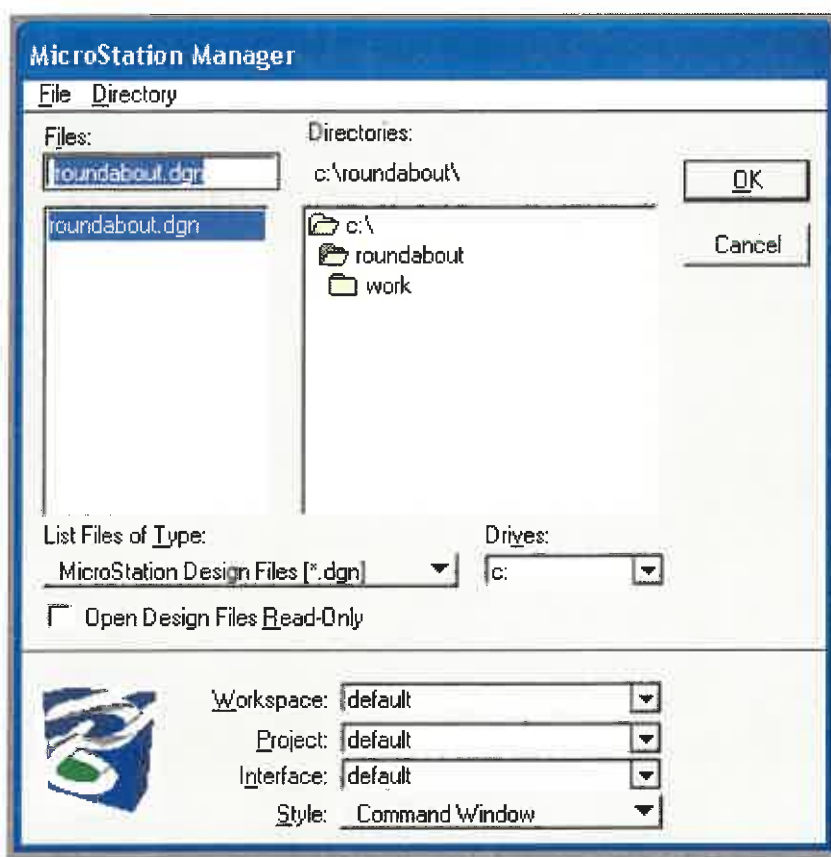
6.3.1 Έναρξη προγράμματος

Θεωρείται ότι τα προγράμματα Microstation και «Κυκλικός κόμβος » έχουν ήδη εγκατασταθεί στον υπολογιστή. Καλείται το πρόγραμμα Microstation από το μενού «Έναρξη» (“Start”) και εμφανίζεται η οθόνη του Σχήματος 6.8:



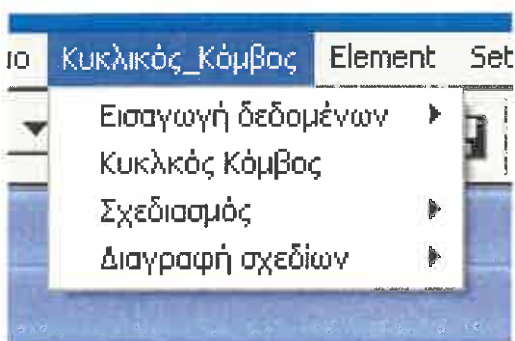
Σχήμα 6.8 : Αρχική οθόνη Microstation

Ο τρέχων υποφάκελος του Microstation θα πρέπει να είναι ο c:\roundabout. Αν δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο, ο χρήστης μπορεί να τον επιλέξει από τον κατάλογο επιλογής υποφακέλων. Ο χρήστης επιλέγει το υπάρχον ή δημιουργεί νέο αρχείο εργασίας του σχεδιαστικού προγράμματος, xxxxxxxx.DGN (όπως φαίνεται στο σχήμα 6.8 το όνομα του αρχείο εργασίας μας είναι το roundabout.dgn), στο οποίο πρόκειται να εργαστεί.



Σχήμα 6.9 : Αρχικό παράθυρο επιλογών Microstation

Όλες οι ενέργειες που απαιτούνται από τον χρήστη θα γίνονται μέσω του κυλιόμενου κατάλογου «Κυκλικός_κόμβος» όπως φαίνεται στο *σχήμα 6.10*.



Σχήμα 6.10 : Κυλιόμενος κατάλογος (menu bar) «Κυκλικός_Κόμβος»

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα οι λειτουργίες του προγράμματος είναι ταξινομημένες σε τέσσερις κατηγορίες . Οι κατηγορίες αυτές είναι :

- Εισαγωγή δεδομένων
- Κυκλικός κόμβος
- Σχεδιασμός
- Διαγραφή σχεδίων

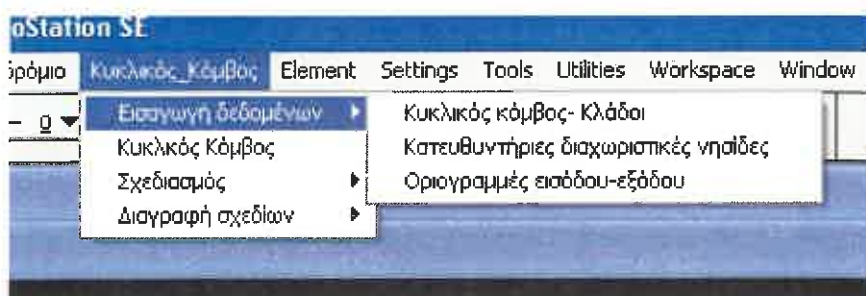
Η κάθε κατηγορία αποτελείται από υποπρογράμματα τα οποία θα παρουσιαστούν παρακάτω. Η ταξινόμηση έγινε σύμφωνα με τις ενέργειες που θα ακολουθούσε ο μηχανικός στον σχεδιασμό ενός κυκλικού κόμβου με μια λωρίδα κυκλοφορίας.

6.3.2. Εισαγωγή δεδομένων

Η πρώτη επιλογή που εμφανίζεται στον κυλιόμενο κατάλογο είναι η επιλογή «Εισαγωγή δεδομένων» . Η εντολή αυτή αφορά την εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα από τον χρήστη. Επιλέγοντας με τον κέρσορα την επιλογή αυτή εμφανίζεται ένας πίνακας με τρεις επιλογές . (σχήμα 6.11)

- *Κυκλικός κόμβος –Κλάδοι*
- *Κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες*
- *Οριογραμμές εισόδου-εξόδου*

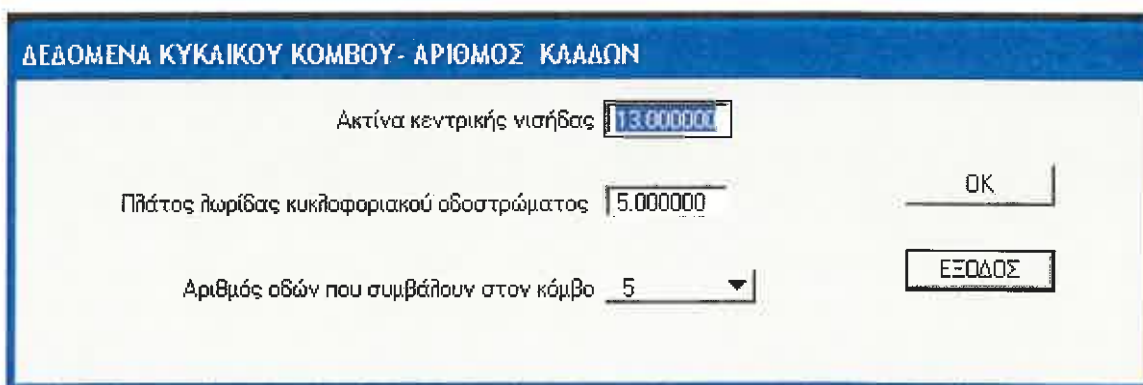
Ο σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου έχει χωριστεί στα τρία παραπάνω στάδια, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 5 της παρούσας διπλωματικής. Η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται ξεχωριστά για κάθε γεωμετρικό στοιχείο, έτσι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα αλλαγής κάποιων δεδομένων μεμονωμένα σε κάποιο γεωμετρικό στοιχείο χωρίς να επηρεάζει τον σχεδιασμό ολοκλήρου του κόμβου .



Σχήμα 6.11 : Επιλογή εμφάνισης του πλαισίου διαλόγου «Εισαγωγή δεδομένων»

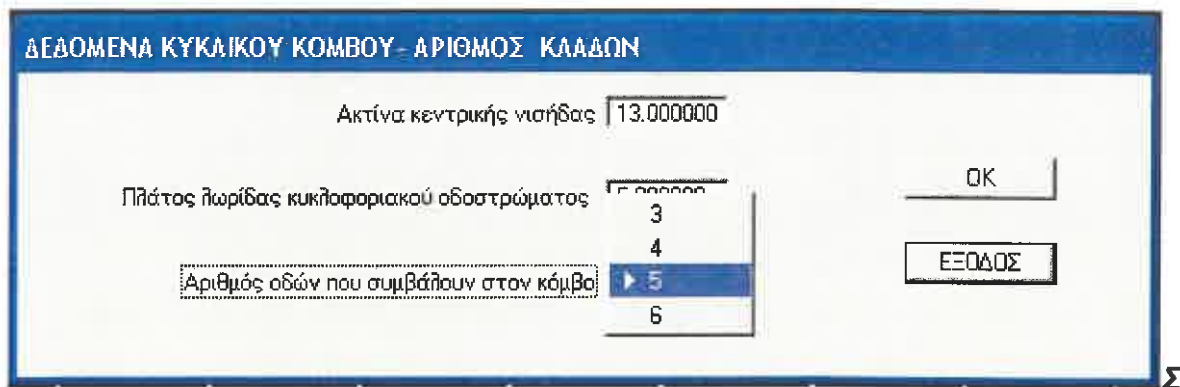
6.3.2.1 Κυκλικός κόμβος -κλάδοι

Επιλέγοντας «Κυκλικός κόμβος-κλάδοι» εμφανίζεται το παρακάτω πλαίσιο διαλόγου(σχήμα 6.12). Οι τιμές που εισάγονται -τροποποιούνται στη φάση αυτή περιλαμβάνονται στο αρχείο data-kyk.



Σχήμα 6.12 : Πλαίσιο διαλόγου για την εισαγωγή των δεδομένων Κυκλικού κόμβου και των κλάδων .

Σε αυτό το πλαίσιο διαλόγου εισάγονται τα δεδομένα που αφορούν στις κυκλικές επιφάνειες του κόμβου μας. Εισάγεται η ακτίνα της κεντρικής νησίδας και το πλάτος του κυκλικού οδοστρώματος. Υπάρχει επίσης και ένα «πλήκτρο επιλογών» που αφορά στον αριθμό των οδών που συμβάλλουν στον κόμβο. Επιλέγοντάς το εμφανίζεται μια στήλη από τιμές (3-6) (Σχήμα 6.13) και ο χρήστης πρέπει να επιλέξει μια από αυτές .



χήμα 6.13 : Πλήκτρο επιλογών για τον αριθμό των οδών που συμβάλλουν στον κόμβο.

Αφού έχει επιλέξει τις τιμές που επιθυμεί ο χρήστης έχει δυο επιλογές είτε να δεχθεί τις τιμές που επέλεξε και να συνεχίσει πατώντας το πλήκτρο αποδοχής «OK», είτε να βγει από το πρόγραμμα επιλέγοντας το πλήκτρο απόρριψης «ΕΞΟΔΟΣ». Επιλέγοντας το «OK» εμφανίζεται ένα νέο πλαίσιο διαλόγου που αφορά στην θέση και στο πλάτος των οδών που συμβάλλουν στον κόμβο.

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΗ ΛΩΡΙΔΩΝ ΓΙΑ ΚΟΜΒΟ 5 ΚΛΑΔΩΝ

ΚΛΑΔΟΣ 1	ΚΛΑΔΟΣ 2	ΚΛΑΔΟΣ 3
X_	X_	X_
0.000000	-5.000000	-50.000000
Y_	Y_	Y_
1000.0000	13.000000	-110.0000
Wd_	Wd_	Wd_
4.000000	4.000000	3.000000
War_	War_	War_
4.000000	3.000000	3.000000

ΚΛΑΔΟΣ 4	ΚΛΑΔΟΣ 5
X_	X_
83.000000	-100.0000
Y_	Y_
-120.0000	10.000000
Wd_	Wd_
3.000000	4.000000
War_	War_
3.000000	6.000000

ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ

OK

ΕΞΟΔΟΣ

Σχήμα 6.14 : Πλαίσιο διαλόγου εισαγωγής δεδομένων των οδών που συμβάλλουν στον κόμβο .

Υπάρχουν για κάθε κλάδο τέσσερις θυρίδες εισαγωγής δεδομένων . Τα $X_$, $Y_$ αντιστοιχούν στις συντεταγμένες (x,y) ενός σημείου πάνω στον άξονα κάθε κλάδου , το μέγεθος $Wd_$ αντιστοιχεί στο πλάτος της δεξιάς λωρίδας (είναι η παράλληλη απόσταση της δεξιάς οριογραμμής από τον άξονα της οδού) και το $War_$ αντιστοιχεί στο πλάτος της αριστερής λωρίδας (είναι η παράλληλη απόσταση της αριστερής οριογραμμής από τον άξονα της οδού). Η δεξιά και αριστερή λωρίδα ταυτίζονται με τη λωρίδα εισόδου και τη λωρίδα εξόδου αντίστοιχα.

Αφού ο χρήστης τοποθετήσει τις τιμές που επιθυμεί, επιλέγοντας «OK» αποθηκεύονται όλες οι παραπάνω τιμές, επιλέγοντας «ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ» εμφανίζεται το προηγούμενο πλαίσιο διαλόγου και με το «ΕΞΟΔΟΣ» βγαίνουμε από το πλαίσιο διαλόγου.

6.3.2.2 Κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες

Επιλέγοντας το «Κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες » εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου που αφορά στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό των νησίδων (σχήμα 6.15). Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο πρέπει να γνωρίζουμε κάποια γεωμετρικά χαρακτηριστικά των εισόδων/εξόδων ώστε να είναι πλήρης ο σχεδιασμός των νησίδων. Τα δεδομένα που θα εισάγουμε τώρα είναι τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για να γίνουν τα βήματα 1-5 που περιγράφονται στην παράγραφο 5.3.1. και στα βήματα 1-9 της παραγράφου 5.3.2 της παρούσας διπλωματικής . Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να εξάγει σχέδια και για τους δυο τύπους νησίδων (δηλαδή α) χωρίς καμπύλα τμήματα β) με καμπύλα τμήματα όπως θα παρουσιαστεί στην παράγραφο που αφορά τον σχεδιασμό . Οι τιμές που εισάγονται -τροποποιούνται στην φάση αυτή περιλαμβάνονται στο αρχείο data-nis.

ΚΛΑΔΟΣ1	ΚΛΑΔΟΣ2	ΚΛΑΔΟΣ3	ΚΛΑΔΟΣ4	ΚΛΑΔΟΣ5
Πλάτος νησίδας 3.000000	Πλάτος νησίδας 2.000000	Πλάτος νησίδας 3.000000	Πλάτος νησίδας 4.000000	Πλάτος νησίδας 3.000000
Μήκος νησίδας 14.000000	Μήκος νησίδας 15.000000	Μήκος νησίδας 14.000000	Μήκος νησίδας 15.000000	Μήκος νησίδας 18.000000
Μήκος διαλάτυνσης 45.000000	Μήκος διαλάτυνσης 100.000000	Μήκος διαλάτυνσης 30.000000	Μήκος διαλάτυνσης 45.000000	Μήκος διαλάτυνσης 30.000000

OK
ΕΞΟΔΟΣ

Σχήμα 6.15: Πλαίσιο διαλόγου εισαγωγή δεδομένων Κατευθυντηρίων διαχωριστικών νησίδων.

Στο πλαίσιο αυτό είναι ταξινομημένες ανά κλάδο τρεις θυρίδες εισαγωγής δεδομένων. Το **πλάτος της νησίδας**, το **μήκος της νησίδας** και το **μήκος της διαπλάτυνσης**. Το μήκος της διαπλάτυνσης εισάγεται σε αυτό το πλαίσιο διαλόγου γιατί θεωρούμε ότι είναι απαραίτητο για τον σχεδιασμό της νησίδας. Το διαγραμμισμένο τμήμα της νησίδας (που περιλαμβάνεται στον σχεδιασμό) ταυτίζεται με την εσωτερική οριογραμμή της εισόδου ή της εξόδου επομένως επηρεάζεται από τη διαπλάτυνση του οδοστρώματος. Το τμήμα αυτό της νησίδας επίσης βοηθά στην ομαλή εκτροπή των οχημάτων που απαιτεί ο σχεδιασμός του κυκλικού κόμβου. Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω επιλέχτηκε η εκτροπή της κίνησης να ξεκινάει μαζί με τη διαπλάτυνση του οδοστρώματος ώστε να είναι πιο ομαλή η προσαρμογή τους (εκτροπής και διαπλάτυνσης) και αυτό γίνεται με τη βοήθεια της κατευθυντήριας διαχωριστικής νησίδας (του διαγραμμισμένου βατού τμήματος της).

Αφού ο χρήστης ορίσει τις τιμές που επιθυμεί, επιλέγοντας «ΟΚ» αποθηκεύονται όλες οι παραπάνω τιμές, και με το «ΕΞΟΔΟΣ» βγαίνουμε από το πλαίσιο διαλόγου.

6.3.2.3 Οριογραμμές Εισόδου – Εξόδου

Είναι το τελευταίο πλαίσιο διαλόγου για την εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα. Περιλαμβάνει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που απομένουν για τον σχεδιασμό των εισόδων και των εξόδων του κόμβου (το μήκος διαπλάτυνσης έχει εισαχθεί παραπάνω). Στο αρχείο data-eis-ex περιλαμβάνονται όλα τα στοιχεία που εισάγονται στο πλαίσιο αυτό. Το πλαίσιο διαλόγου «Οριογραμμές εισόδου-εξόδου» φαίνεται στο *Σχήμα 6.16*

ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΕΞΟΔΟΥ

ΚΛΑΔΟΣ 1	ΚΛΑΔΟΣ 2	ΚΛΑΔΟΣ 3
Ακτίνα εισόδου 1.000000	Ακτίνα εισόδου 14.00000	Ακτίνα εισόδου 8.000000
Πλάτος εισόδου 5.000000	Πλάτος εισόδου 4.000000	Πλάτος εισόδου 4.000000
Ακτίνα εξόδου 15.00000	Ακτίνα εξόδου 16.00000	Ακτίνα εξόδου 12.000000
Πλάτος εξόδου 5.000000	Πλάτος εξόδου 5.000000	Πλάτος εξόδου 5.000000

ΚΛΑΔΟΣ 4	ΚΛΑΔΟΣ 5
Ακτίνα εισόδου 22.00000	Ακτίνα εισόδου 18.00000
Πλάτος εισόδου 5.000000	Πλάτος εισόδου 7.000000
Ακτίνα εξόδου 24.00000	Ακτίνα εξόδου 24.00000
Πλάτος εξόδου 5.000000	Πλάτος εξόδου 7.000000

OK

ΕΞΟΔΟΣ

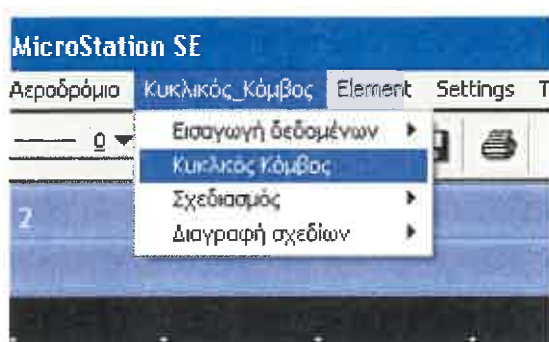
Σχήμα 6.16 : Πλαίσιο διαλόγου εισαγωγής δεδομένων Οριογραμμών εισόδου-εξόδου

Στο πλαίσιο αυτό εισάγονται η **ακτίνα εισόδου**, το **πλάτος εισόδου**, η **ακτίνα εξόδου** και το **πλάτος εξόδου**. Όπως και στα προηγούμενα πλαίσια διαλόγου επιλέγοντας «OK» αποθηκεύονται όλες οι παραπάνω τιμές, και με το «ΕΞΟΔΟΣ» βγαίνουμε από αυτό.

Αφού συμπληρωθεί και αυτό το πλαίσιο διαλόγου ο χρήστης έχει εισάγει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τον σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου. Στα παραπάνω αρχεία που έχουν αναπτυχθεί για την εισαγωγή των δεδομένων (data-kyk, data-nis, data-eis-ex) γίνονται κάποιοι απλοί υπολογισμοί και προκύπτουν κάποια σημεία του τελικού σχεδίου. Ο κυρίως υπολογισμός γίνεται στο επόμενο βήμα.

6.3.3 Κυκλικός κόμβος

Επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός των υπόλοιπων σημείων του κυκλικού κόμβου. Αφού έχουμε ολοκληρώσει την εισαγωγή των δεδομένων, επιστρέφουμε στον κυλιόμενο κατάλογο «Κυκλικός_Κόμβος» (Σχήμα 6.17) και επιλεγούμε το "Κυκλικός κόμβος". Αυτόματα γίνονται όλες οι εναπομένουσες πράξεις και προκύπτουν όλα τα τελικά σημεία του κυκλικού κόμβου. Το αρχείο που λαμβάνει τα δεδομένα από τα προηγούμενα βήματα(data-kyk, data-nis, data-eis-ex) και εκτελεί τους υπολοίπους υπολογισμούς είναι το calc-eis-ex. Αφού έχουν υπολογιστεί τα σημεία το επόμενο βήμα είναι ο σχεδιασμός τους .



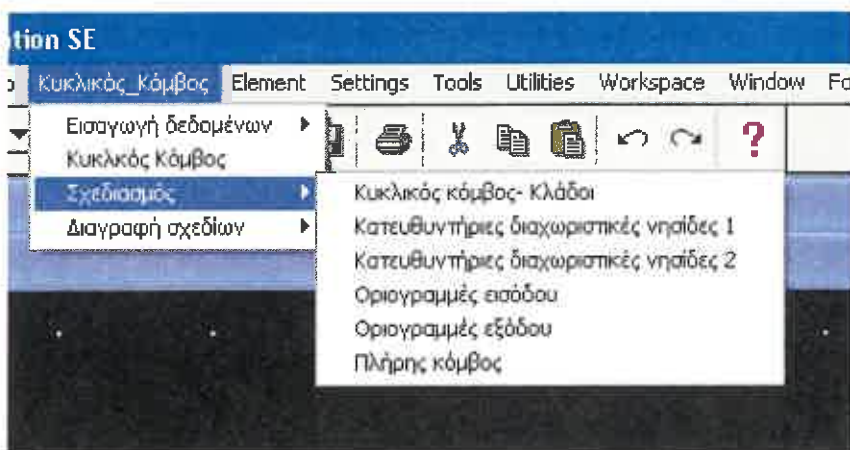
Σχήμα 6.17 : Η επιλογή «Κυκλικός κόμβος» από τον κυλιόμενο κατάλογο

6.3.4 Σχεδιασμός

Η αυτοματοποίηση στον σχεδιασμό κυκλικών κόμβων ήταν ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και είναι η επόμενη διαδικασία που εκτελεί το πρόγραμμα. Αφού υπολογίστηκαν τα σημεία του κυκλικού κόμβου με απλές διαδικασίες στη συνέχεια σχεδιάζονται τα γεωμετρικά στοιχεία του κόμβου.

Επιλέγεται ο κυλιόμενος κατάλογος «Κυκλικός κόμβος» και τοποθετούμε τον κέρσορα στην επιλογή «Σχεδιασμός» αυτόματα εμφανίζονται οι παρακάτω επιλογές(Σχήμα 6.18) :

- Κυκλικός κόμβος – Κλάδοι
- Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα 1
- Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα 2
- Οριογραμμές εισόδου
- Οριογραμμές εξόδου
- Πλήρης κόμβος

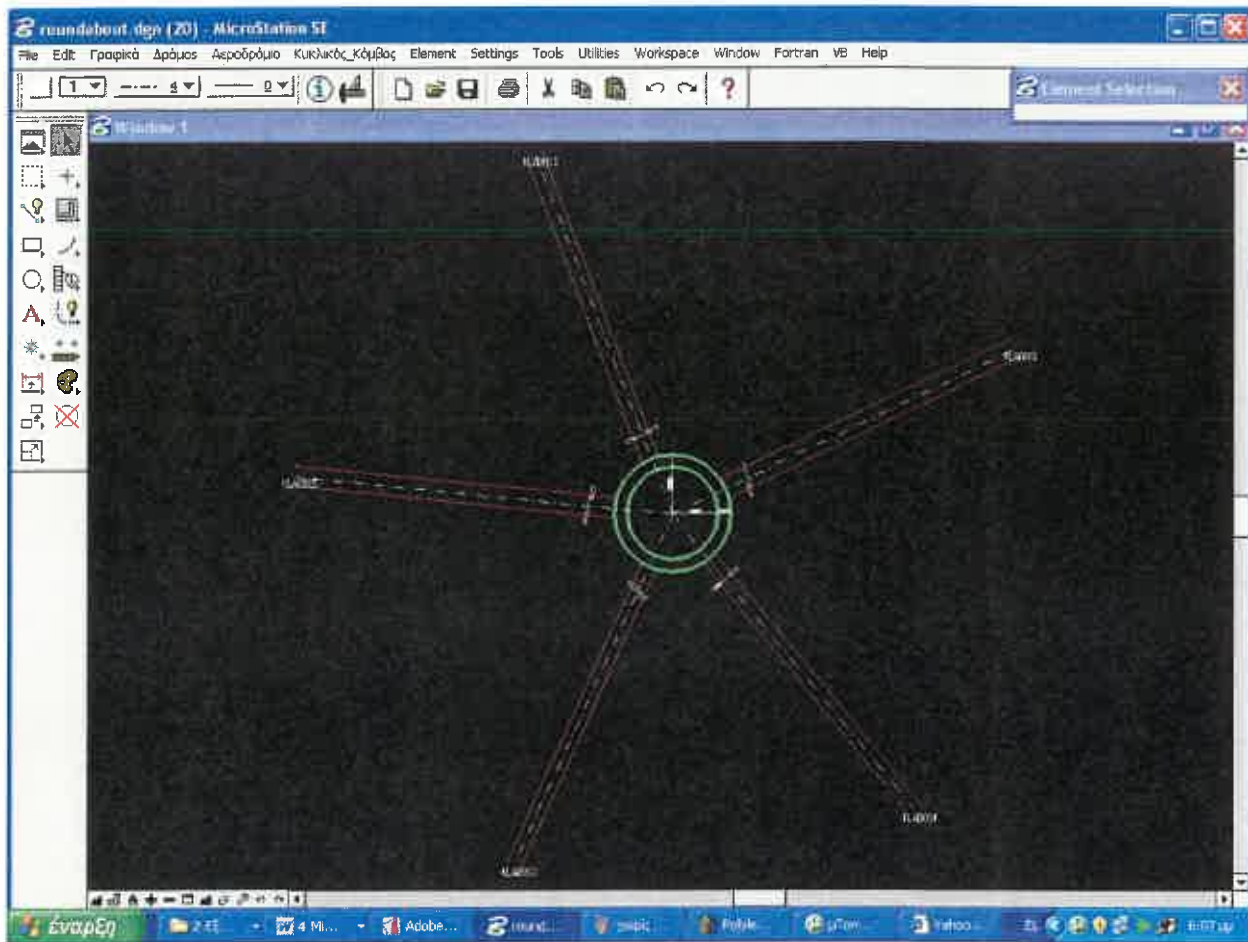


Σχήμα 6.18 : Επιλογή εμφάνισης του πλαισίου διαλόγου «Σχεδιασμός»

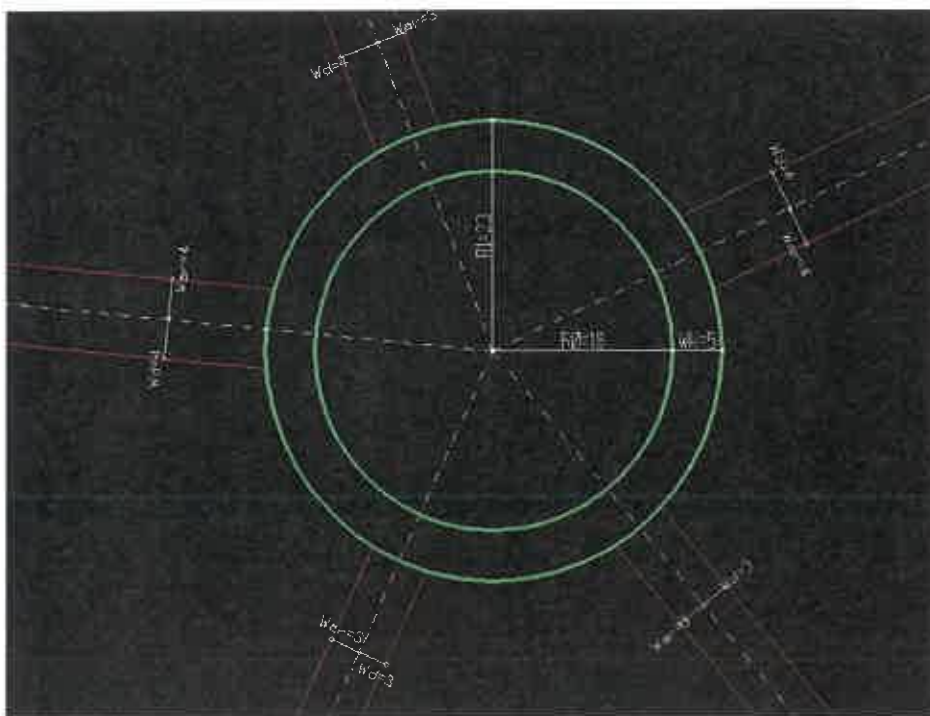
Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη είτε να σχεδιάσει μεμονωμένα γεωμετρικά στοιχεία του κόμβου είτε τον πλήρη κόμβο.

6.3.4.1 Κυκλικός κόμβους – Κλάδοι

Επιλέγοντας από τον κυλιόμενο κατάλογο την επιλογή «Σχεδιασμός» και στην συνέχεια «Κυκλικός κόμβος-κλάδοι» εμφανίζεται το σχέδιο του κυκλικού κόμβου (κεντρική νησίδα και κυκλικό οδόστρωμα) μαζί με τις οδούς που συμβάλλουν σε αυτόν (Σχήμα 6.19) όπως παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 5.2. Το αρχείο που εκτελεί τον σχεδιασμό είναι το design-kyk.

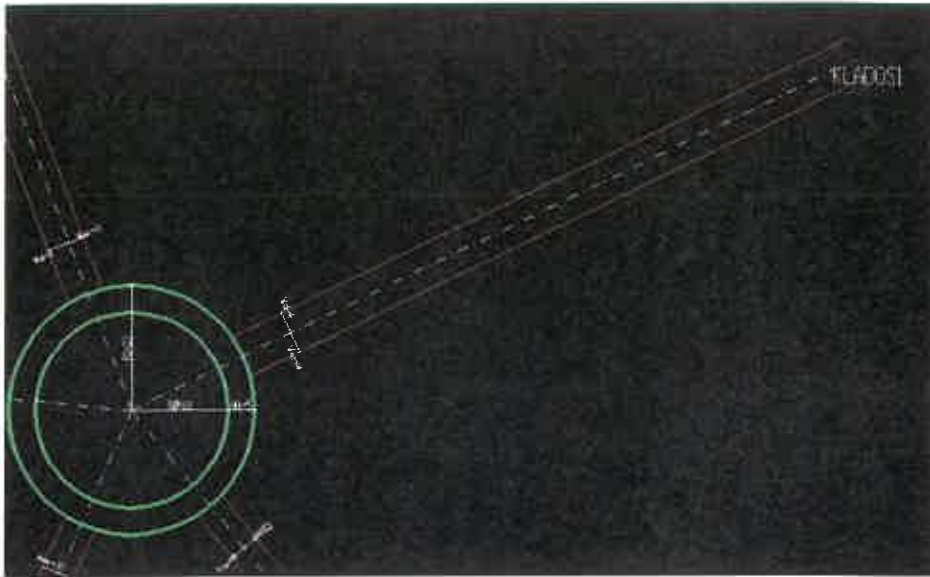


Σχήμα 6.19 : Σχέδιο Κυκλικού κόμβου και κλάδων που συμβάλλουν σε αυτόν



Σχήμα 6.20 :Λεπτομέρεια (α)του σχεδίου του κυκλικού κόμβου

Όπως φαίνεται και στη λεπτομέρεια (α) (Σχήμα 6.20) στον σχεδιασμό εμφανίζονταν και οι τιμές που έχουμε εισάγει για τα διάφορα στοιχεία του κόμβου (κεντρική νησίδα, κυκλικό οδόστρωμα, πλάτη οδών).

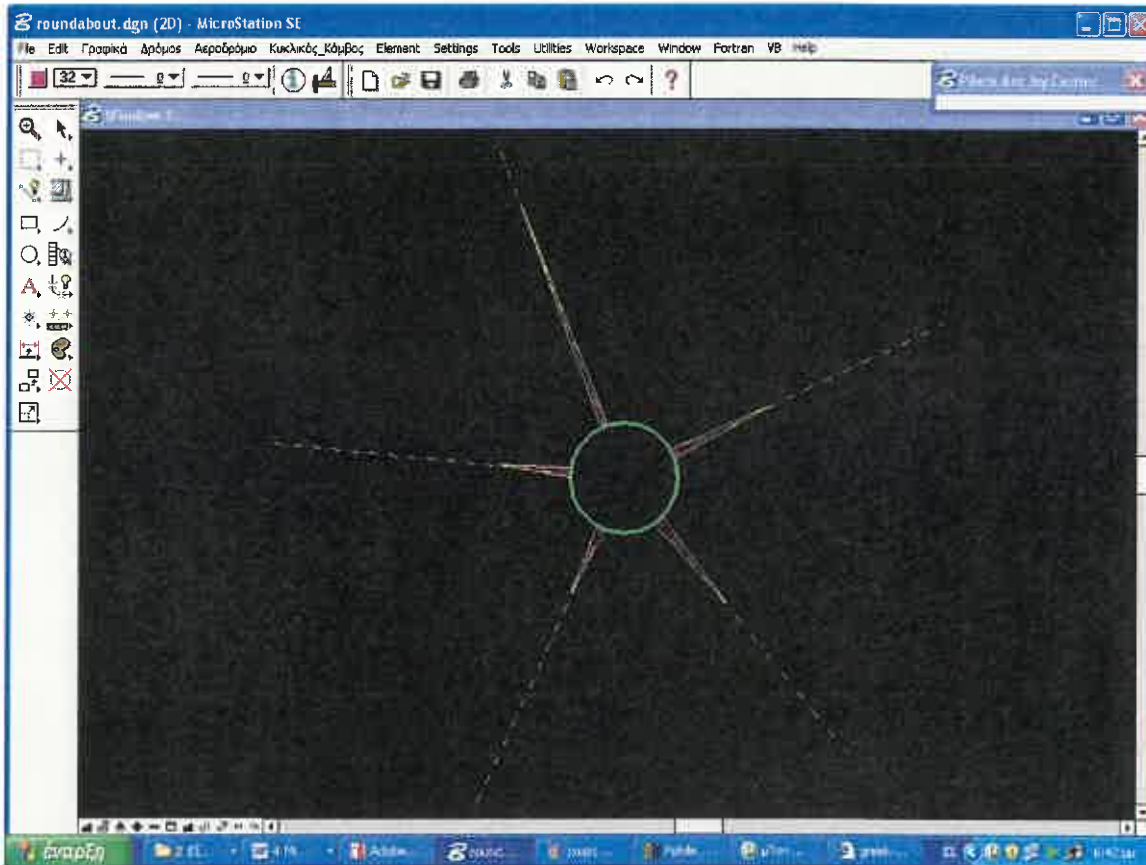


Σχήμα 6.21 :Λεπτομέρεια (β) του σχεδίου του κυκλικού κόμβου

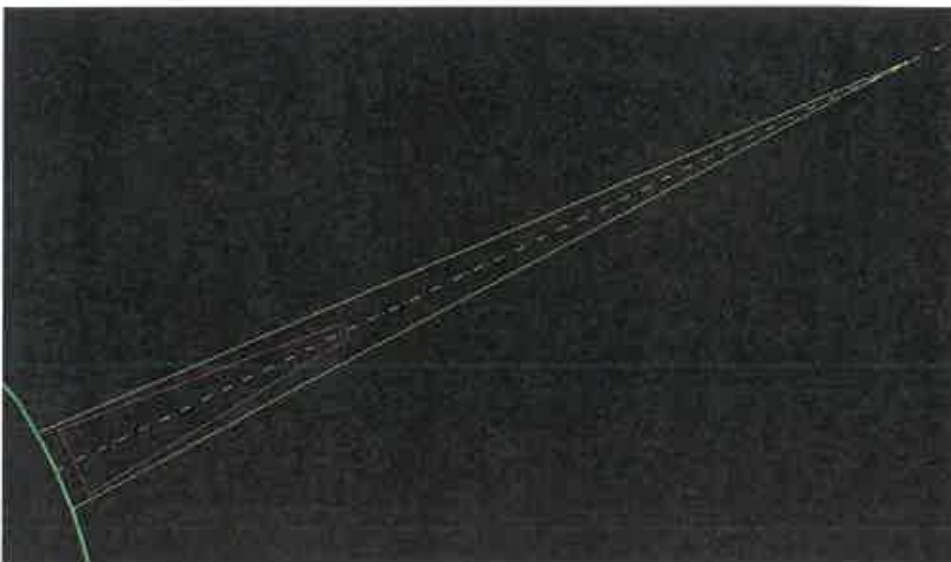
Σε κάθε κλάδο αναγράφεται και η αρίθμηση που του έχει δοθεί από τα δεδομένα όπως φαίνεται στη λεπτομέρεια (β) (Σχήμα 6.21).

6.3.4.2 Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα 1

Στη φάση αυτή σχεδιάζονται οι νησίδες χωρίς τα καμπύλα τμήματά τους όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Στο Σχήμα 6.22 εμφανίζονται μόνο οι νησίδες κάθε κλάδου. Το αρχείο που εκτελεί τον σχεδιασμό είναι το design-nis1.



Σχήμα 6.22: Σχέδιο κατευθυντηρίων διαχωριστικών νησίδων 1

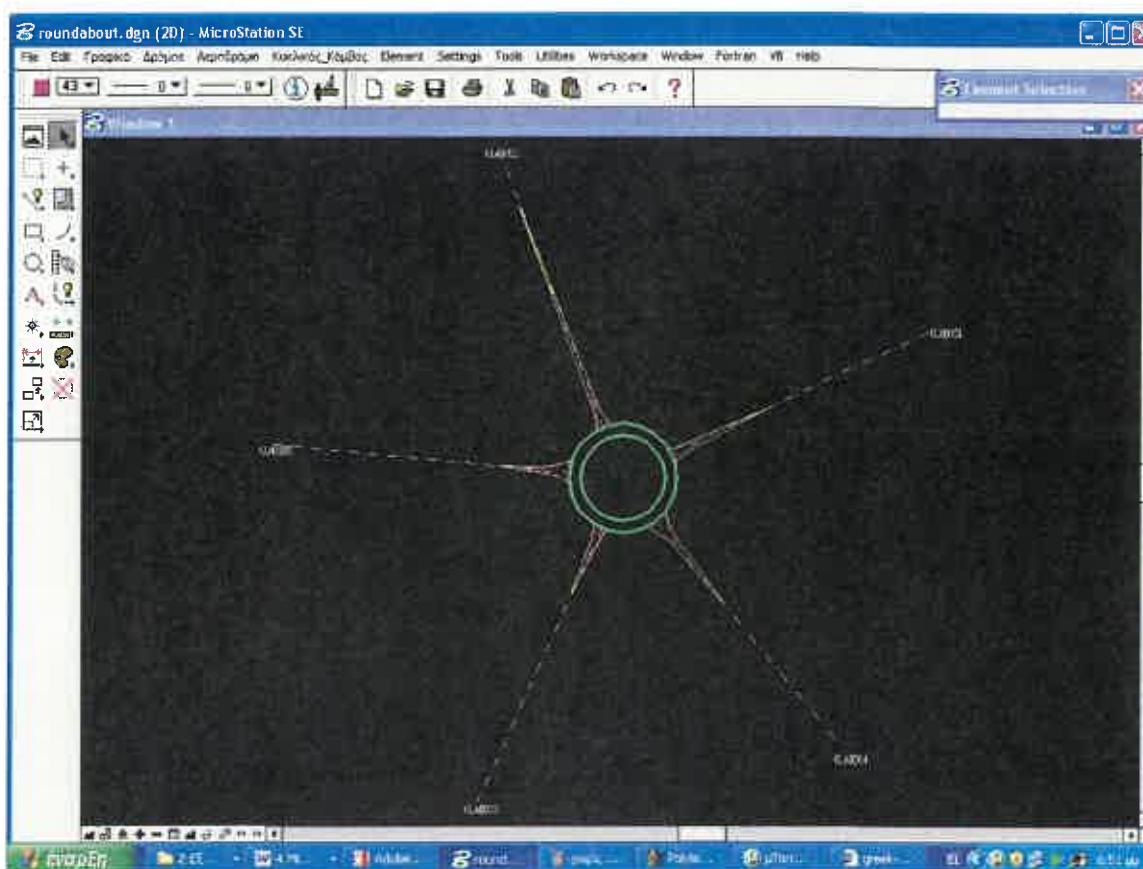


Σχήμα 6.23 Λεπτομέρεια σχεδίου κατευθυντηρίων διαχωριστικών νησίδων

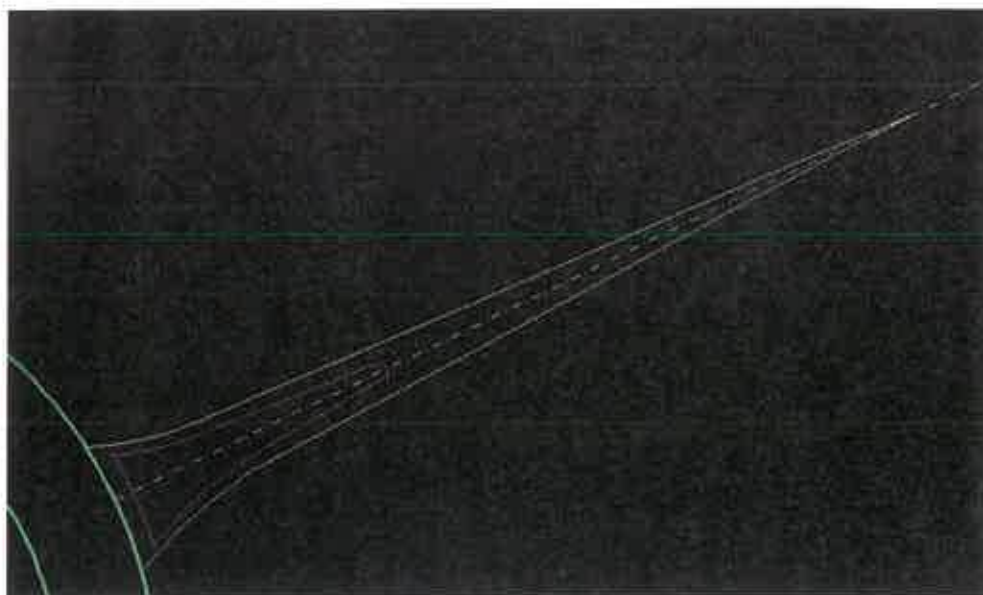
Στη λεπτομέρεια της νησίδας με κίτρινο χρώμα εμφανίζεται η διαγραμμισμένη βατή περιοχή ενώ με μωβ η υπερυψωμένη μη βατή περιοχή (Σχήμα 6.23)

6.3.4.3 Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα 2

Είναι το τελικό σχέδιο των νησίδων με τα καμπύλα τμήματά τους. Όπως έχει επισημανθεί για να γίνει ο σχεδιασμός τους πρέπει να έχουν δοθεί και να έχουν υπολογιστεί στοιχεία των οριογραμμών εισόδου και εξόδου (Σχήμα 6.24). Το αρχείο design-nis2 λαμβάνει τα δεδομένα και σχεδιάζει τις νησίδες.



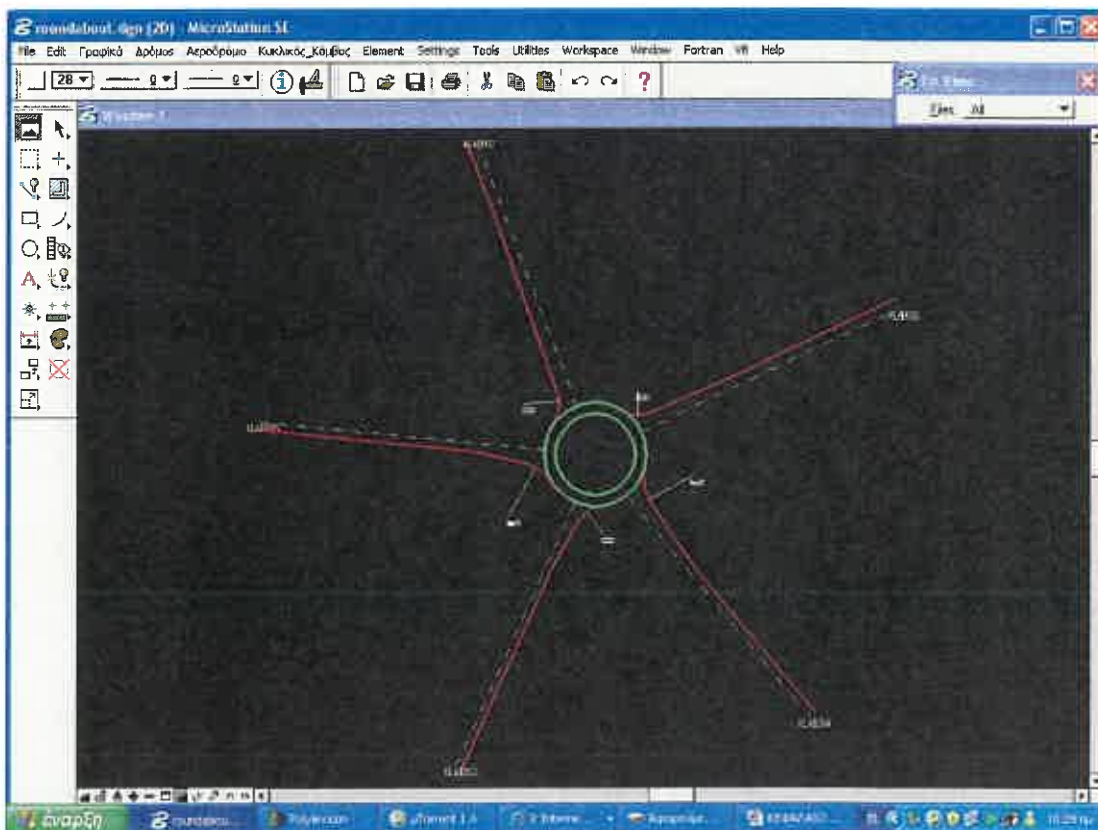
Σχήμα 6.24: Σχέδιο κατευθυντηρίων διαχωριστικών νησίδων 2



6.25 Λεπτομέρεια σχεδίου κατευθυντηρίων διαχωριστικών νησίδων 2

6.3.4.4 Οριογραμμές εισόδου

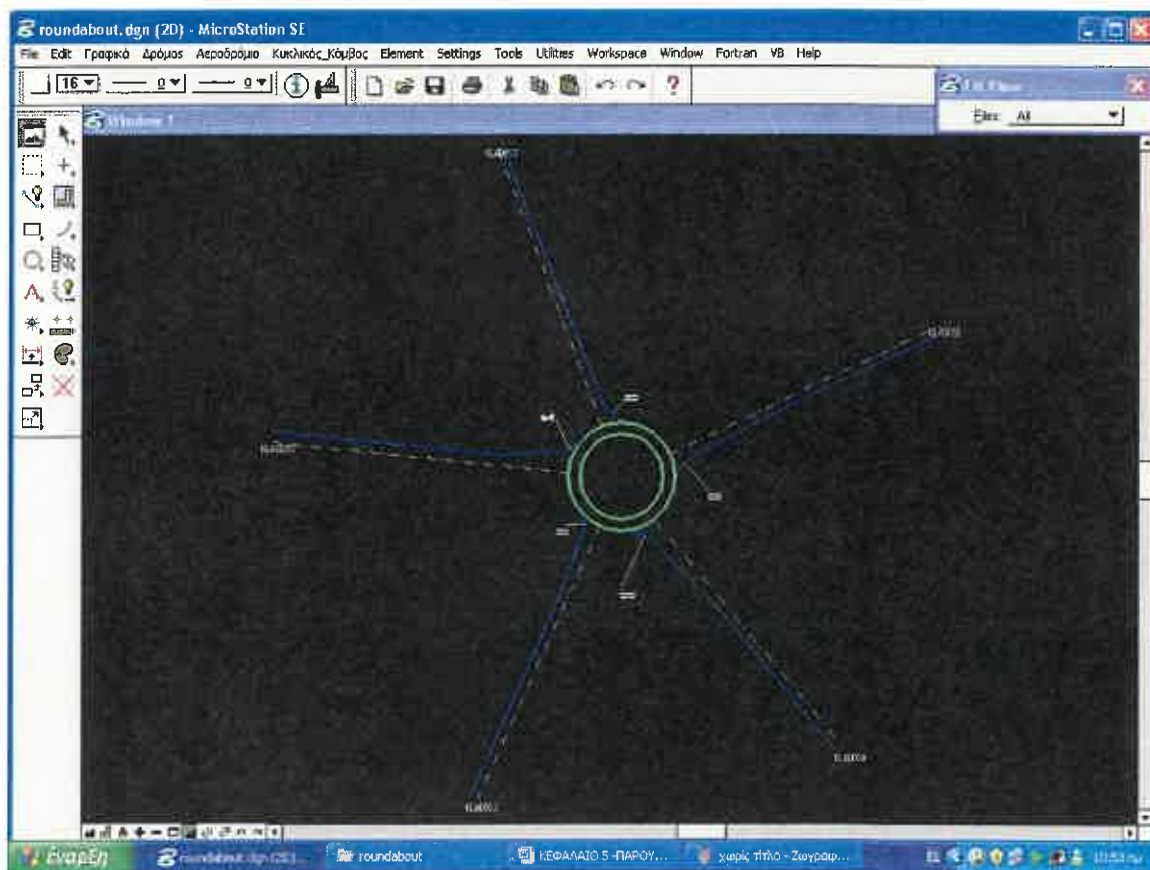
Επιλέγοντας το «Οριογραμμές εισόδου» σχεδιάζονται όλες οι εξωτερικές οριογραμμές των εισόδων του κόμβου. Το αρχείο που εκτελεί τον σχεδιασμό είναι το design-eis (Σχήμα 6.26).



Σχήμα 6.26: Σχέδιο οριογραμμών εισόδου

6.3.4.5 Οριογραμμές εξόδου

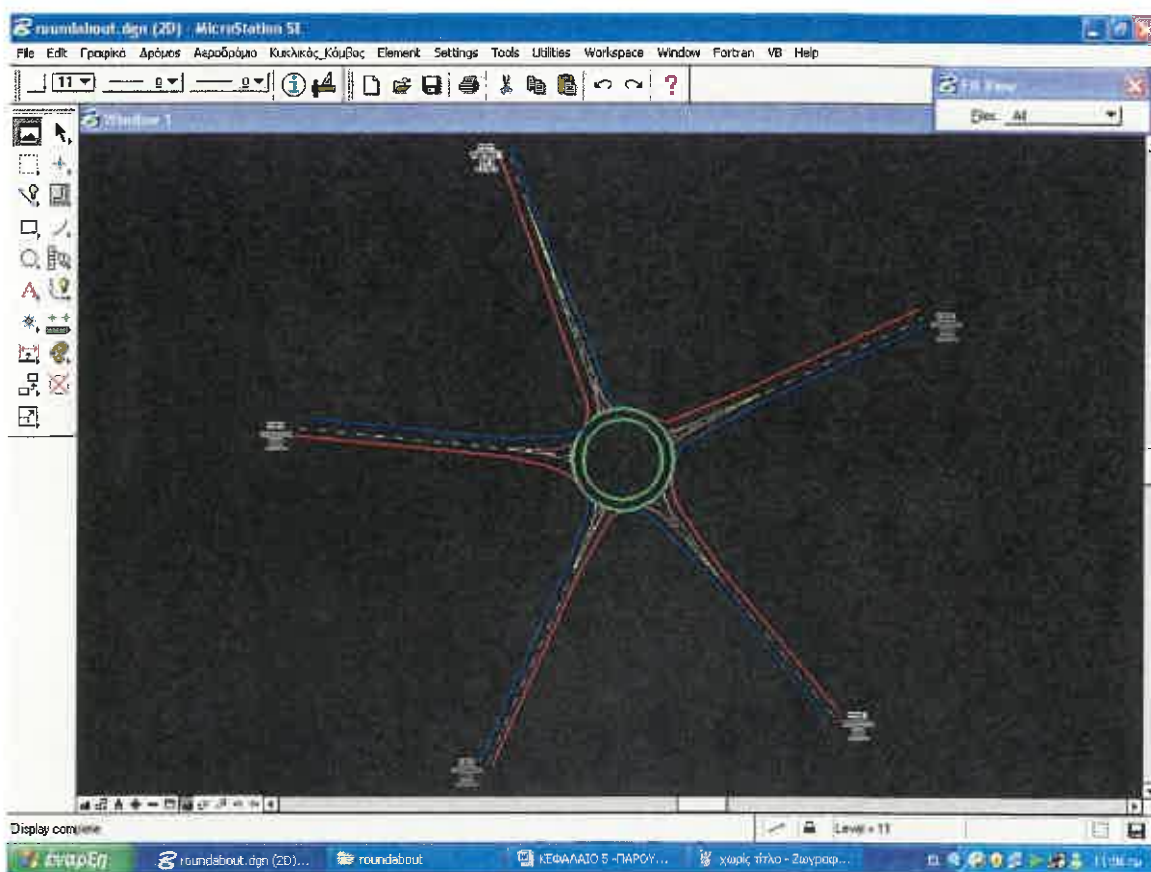
Επιλέγοντας το «Οριογραμμές εξόδου» σχεδιάζονται αυτόματα όλες οι εξωτερικές οριογραμμές των εξόδων του κόμβου. Το αρχείο που εκτελεί τον σχεδιασμό είναι το design-ex (Σχήμα 6.27).



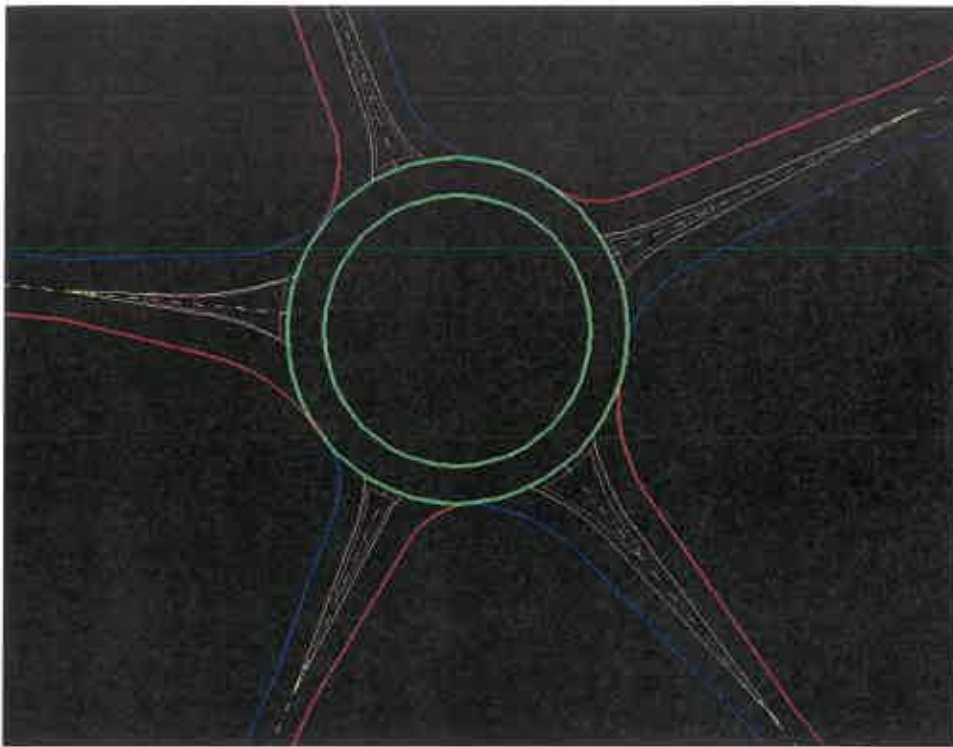
Σχήμα 6.27: Σχέδιο οριογραμμών εξόδου

6.3.4.6 Πλήρης κόμβος

Επιλέγοντας από τον κυλιόμενο κατάλογο την επιλογή «Σχεδιασμός» και στη συνέχεια «Πλήρης Κόμβος» αυτόματα σχεδιάζεται ολοκληρωμένος ο κυκλικός κόμβος με όλα τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά (Σχήμα 6.28). Οι νησίδες που σχεδιάζονται είναι με καμπύλα τμήματα (δηλαδή οι κατευθυντήριες διαχωριστικές νησίδες 2). Το αρχείο που εκτελεί τον σχεδιασμό του πλήρη κόμβου είναι το design-all .



Σχήμα 6.28: Σχέδιο πλήρους κόμβου



Σχήμα 6.29: Λεπτομέρεια (α) κυκλικού κόμβου

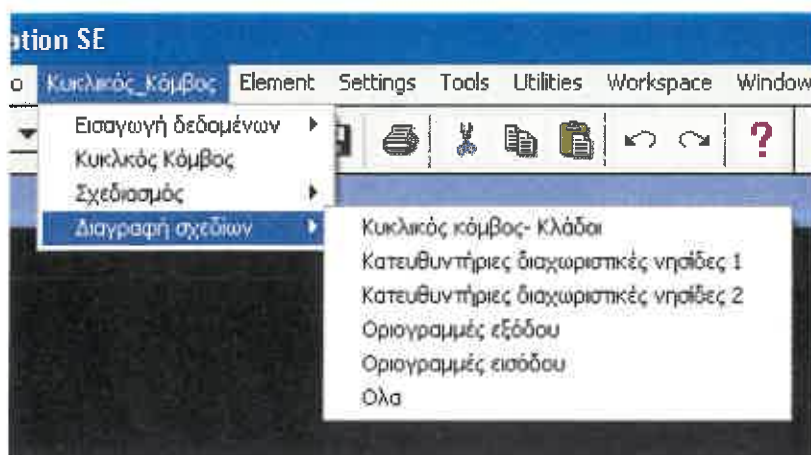
6.3.5. Διαγραφή σχεδίων

Είναι η τελευταία επιλογή στον κυλιόμενο κατάλογο «Κυκλικός Κόμβος». Επιλέγοντας «Διαγραφή σχεδίων» εμφανίζεται ένας κατάλογος με έξι επιλογές (Σχήμα 6.30):

- Κυκλικός κόμβους – Κλάδοι
- Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα 1
- Κατευθυντήρια διαχωριστική νησίδα 2
- Οριογραμμές εισόδου
- Οριογραμμές εξόδου
- Όλα

Με την επιλογή διαγραφή δίνεται η δυνατότητα στον χρηστή να διαγράψει κάποιο από τα σχέδια που είχε δημιουργήσει με το πρόγραμμα, όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω. Για κάθε στοιχείο που επιλέγεται από αυτήν την κατηγορία διαγράφεται το αντίστοιχο σχέδιο (π.χ. με επιλογή οριογραμμές εισόδου διαγράφεται το σχέδιο με τις οριογραμμές εισόδου). Υπάρχει και η επιλογή «Όλα»

με την οποία διαγράφονται όλα τα σχέδια που βρίσκονται στην επιφάνεια εργασίας του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation.



Σχήμα 6.30 : Επιλογή εμφάνισης του πλαισίου διαλόγου «Διαγραφή σχεδίων »

7. Συμπεράσματα - Προτάσεις

7.1 Συμπεράσματα

Ο σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου απαιτεί ένα σημαντικό αριθμό επαναλήψεων στις επιλογές των γεωμετρικών στοιχείων του κόμβου ώστε να επιτευχθεί ο βέλτιστος συνδυασμός ασφάλειας και κυκλοφοριακής ικανότητας. Επομένως η δημιουργία του λογισμικού της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα αυτοματοποιούσε τον σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου θα βοηθούσε τον μηχανικό ώστε να εξετάσει περισσότερες λύσεις και να βρει τη βέλτιστη χάραξη για ένα κόμβο. Οι κυκλικοί κόμβοι δεν είναι τυποποιημένοι όπως άλλες μορφές ισόπεδων κόμβων επομένως η διαμόρφωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών είναι πιο ελεύθερη σε σύγκριση με άλλους κόμβους.

Το συγκεκριμένο λογισμικό ακολουθώντας τις υποδείξεις των κανονισμών, και μέσα από απλές μαθηματικές σχέσεις, παρέχει την ευελιξία στον μηχανικό να μεταβάλλει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κόμβου σύμφωνα με τις ανάγκες του. Έτσι ο χρήστης καλείται μόνος του να εισάγει τα όρια που επιθυμεί. Όμως εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ευθύνη των αποφάσεων του μηχανικού σε αυτή την περίπτωση είναι μεγαλύτερη (σε σύγκριση με τους τυποποιημένους κόμβους) αφού θα πρέπει να γνωρίζει τις συνέπειες των επιλογών του.

Επίσης όπως παρουσιάστηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο τα προγράμματα που ασχολούνται με τη σχεδίαση των κυκλικών κόμβων είναι ελάχιστα και με περιορισμένες δυνατότητες κατά συνέπεια ένα λογισμικό με τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα ήταν ένα χρήσιμο εργαλείο για τον μηχανικό.

Η επιλογή του προγράμματος Microstation σαν περιβάλλον σχεδιασμού δίνει την δυνατότητα στο λογισμικό να συνεργαστεί με πολλά από τα υπάρχοντα προγράμματα οδοποιίας όπως το **MXROAD**, **INROADS**, το **ΟΔΟΣ** κ.α.

Η χρήση των κυκλικών κόμβων επίσης ως μέτρο διαχείρισης της κυκλοφορίας δεν είναι πολύ διαδεδομένο στην Ελλάδα σε σύγκριση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Επομένως το φιλικό περιβάλλον του προγράμματος

Microstation σε συνδυασμό με την χρήση Ελληνικού λεξιλογίου για την λειτουργία των προγραμμάτων δίνει μια ακόμα επιλογή για των σχεδιασμό οδικών κόμβων.

7.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας είναι πολύ δύσκολο να αναπτυχθεί ένα λογισμικό το οποίο να μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες αντίστοιχες με αυτές που παρέχουν τα προγράμματα που κυκλοφορούν στην αγορά δίνεται όμως η δυνατότητα για περαιτέρω ερευνά ώστε να γίνει πιο ολοκληρωμένο και να μπορεί να βοηθήσει στην εξέλιξη των λογισμικών οδοποιίας. Οι προτάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη του συγκεκριμένου θέματος μπορούν να εστιάσουν στην συμπλήρωση και βελτίωση της λειτουργίας του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα θα μπορούσαν να γίνουν προσθήκες στο πρόγραμμα ώστε να μπορούν να σχεδιαστούν οι μηκοτομές του κόμβου (οριογραμμές, άξονα της οδού) εκτός από την οριζοντιογραφία. Επίσης ο σχεδιασμός διατομών της οδού στις προσεγγίσεις και στο κυκλικό οδόστρωμα θα ήταν μια σημαντική προσθήκη. Θα μπορούσε να συμπληρωθεί και ο σχεδιασμός της οριζοντιογραφίας όπως στο σχεδιασμό των εισόδων να εξεταστεί η περίπτωση η πρόσθεσης μιας επιπλέον λωρίδας κυκλοφορίας. Σημαντική εξέλιξη του λογισμικού θα ήταν ο σχεδιασμός κυκλικών κόμβων με δυο λωρίδες κυκλοφορίας. Για την περαιτέρω αυτοματοποίηση του προγράμματος θα μπορούσε να ερευνηθεί η δυνατότητα ενσωμάτωσης στο πρόγραμμα, οχήματος σχεδιασμού και ταχύτητα μελέτης. Ο τρισδιάστατος σχεδιασμός, ο φωτορεαλισμός, και η δυνατότητα κίνησης οδήγησης είναι δυνατότητες που προσφέρουν τα σύγχρονα προγράμματα οδοποιός δίνοντας μια άλλη προοπτική στον σχεδιασμό τις οδού, κάτι αντίστοιχο θα μπορούσε να ερευνηθεί και για τους κυκλικούς κόμβους. Τέλος πως παρουσιάστηκε στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής στην αγορά κυκλοφορούν πολλά προγράμματα κυκλοφοριακής τεχνικής για τους κυκλικούς κόμβους. Θα ήταν ενδιαφέρον να εξεταστεί η συνεργασία του συγκεκριμένου προγράμματος με κάποιο από τα προγράμματα αυτά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Γιώτης Απ, Κανελλαδης Γ, Μαλέρδος Γ, (1999), **Σημειώσεις για τον γεωμετρικό σχεδιασμό των οδών** , Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , Αθήνα
- [2]. Κανελλαΐδης Γ, Ταιγανίδης Ι, Γλαρός Γ, (2002), **Σημειώσεις Ειδικών Κεφαλαίων Οδοποιίας (Στοιχεία ισόπεδων και ανισόπεδων κόμβων)**, Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , Αθήνα
- [3]. Φραντζεσκάκης Ι. Μ, Γιαννόπουλος Γ .Α, (1977), **Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφοριακή τεχνική** , Αθήνα
- [4]. U.S. Department of transportation , Federal highway administration (2000) **ROUNDABOUTS : AN INFORMATIONAL GUIDE**
- [5]. The Highways Agency, The Scottish Office Development Department , The Department of the Environment for Northern Ireland, (1993) **Departmental Standard TD 16/93 "The geometric design of roundabouts"**
- [6]. Γεωργακόπουλος Κ. Γ, (1970), **Οδοποιΐα, (τόμος β) Υπουργείο Δημοσιων Έργων Η.Π.Α (Α.Α.Σ.Η.Ο)**, Εκδόσεις Γκιούρδα
- [7] Φραντζεσκακης Ι.Μ. , Γκολιας Ι.Κ. (1994)**Οδική ασφάλεια** Δεύτερη έκδοση , Εκδόσεις Παπασωτηριου
- [8]. Κανελλαδης Γ, Μερτζάνης Φ, Κεπαπτσόγλου.κ, (2003), **Σημειώσεις ειδικών θεμάτων σχεδιασμού οδών** , Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα

- [9]. Bentley, (1998), *Εγχειρίδιο χρήσης Microstation Basic*,
- [10]. Bentley, (1995) *Εγχειρίδιο χρήσης Microstation 95*,
- [11]. Dr. Mohamed A. Aty, (2001) **ROUNDABOUTS DESIGN, MODELING AND SIMULATION** Department of Civil & Environmental Engineering
University of Central Florida
- [12]. Staffordshire County Council(2002) **RODEL 1 INTERACTIVE ROUNDABOUT DESIGN** Rodel Software Ltd and
- [13]. Κ. Κεπαπτσόγλου, (1999), **«Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό οδικών κόμβων»**, διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα
- [14]. Βαρούνης Α (2004) **«Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου μορφής ρόμβου»**, διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα
- [15]. Γεωργουλάκος Η. (2004) **«Ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό ανισόπεδου κόμβου μορφής πλήρους τετράφυλλου»**, διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα
- [16]. Χατζηδάκης Α. (1997) **«Προγράμματα Η/Υ οδοποιίας και διερεύνησης των απόψεων των χρηστών τους»** διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα

- [17]. Τράκου (1994) «Προοπτική απεικόνιση της χάραξης οδών με τη χρήση Η/Υ» διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα
- [18]. Ανδρεαδάκη Σ, Κουσερά Ν, Μέτη Σ, Παπασταυρίδης Σ, Πολύζος Γ, Σβέρκου Α, (2000), **Μαθηματικά Γ' Λυκείου (άλγεβρα – αναλυτική γεωμετρία – πιθανότητες)**, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων , Αθήνα
- [19]. Κυριακόπουλος Ν. **Αναλυτική γεωμετρία Γ 'Λυκείου 1^η Δέσμη** (1993)εκδόσεις Παπαδημητρώπουλου
- [20]. Αλιμπινίσης Α., Δημάκος Γ., Εξαρχάκος Θ., Κοντογιάννης Δ., Τασσόπουλος Γ. (1993) **«Θεωρητική γεωμετρία Α' Λυκείου»** Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων , Αθήνα
- [21]. www.anadelta.com , επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 25/4/2007
- [22]. www.odos.gr, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 25/4/2007
- [23]. www.roundaboutsusa.com/, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 25/4/2007
- [24]. www.autodesk.com, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 25/4/2007
- [25]. www.Bentley.com, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 25/4/2007
- [26]. www.certu.fr, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 25/4/2007

