

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

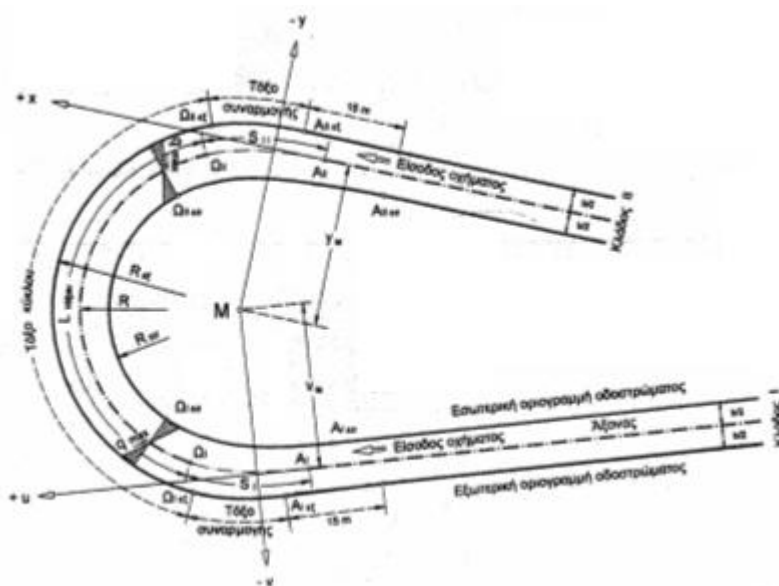
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Γ. ΚΑΝΕΛΛΑΪΔΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.



**« ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Η/Υ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΑΝΑΚΑΜΠΤΟΝΤΟΣ ΕΛΙΓΜΟΥ »**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΡΥΣΑΝΘΟΣ ΜΠΟΥΚΟΥΡΑΣ

AΘHNA

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2004

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**Σελίδα**

➔ Πρόλογος.....	4
➔ Abstract.....	5
➔ Ευχαριστίες.....	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο**ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΑΝΑΚΑΜΠΤΟΝΤΕΣ ΕΛΙΓΜΟΙ**

1.1 Ορισμός-Χαρακτηριστικά μεγέθη.....	7
1.2 Θεμελιώδεις αρχές εφαρμογής.....	8
1.3 Μορφολογία του ελιγμού.....	9
1.4 Τύποι ανακαμπτόνων ελιγμών.....	11
1.5 Οριζοντιογραφία του ελιγμού.....	13
1.6 Μηκοτομή του ελιγμού.....	15
1.7 Επικλίσεις στον ελιγμό.....	16
1.8 Σκοπός της εργασίας.....	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο**ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Η/Υ ΟΔΟΠΟΙΑΣ**

2.1 Γενικά.....	20
2.2 Πρόγραμμα «ΟΔΟΣ 6».....	21
2.3 Πρόγραμμα « AutoDesk Civil Design ».....	24
2.4 Πρόγραμμα « Prost».....	26
2.5 Πρόγραμμα « ΟΔΟΠΟΪΑ TESSERA ».....	31
2.6 Πρόγραμμα « Inroads ».....	32
2.7 Πρόγραμμα MX-ROAD.....	34
2.8 Συμπεράσματα.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο**ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ – ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΙΓΜΟΥ**

3.1 Τομή δύο ευθειών.....	38
3.2 Γεωμετρία της κλωθοειδούς.....	40
3.3 Υπολογισμός τόξου στρογγύλευσης μηκοτομής.....	42
3.4 Επικλίσεις.....	44
3.5 Βασικές σχέσεις υπολογισμού στοιχείων του ελιγμού.....	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ,
ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΠΙΚΛΙΣΕΩΝ
ΑΝΑΚΑΜΠΤΟΝΤΟΣ ΕΛΙΓΜΟΥ**

4.1 Προγραμματισμός.....	49
4.1.1. Γενική δομή.....	49
4.1.2. Αρχές προγραμματισμού.....	51
4.1.3. Τεχνικές προγραμματισμού.....	53
4.1.4. Πρόγραμμα κα περιβάλλον εργασίας.....	56
4.1.5. «Ελιγμός».....	57
4.2 Χειρισμός του προγράμματος από το χρήστη.....	65
4.2.1. Οριζοντιογραφία.....	65
4.2.2. Μηκοτομή.....	79
4.2.3. Διάγραμμα επικλίσεων.....	88
4.2.4. Εμφάνιση.....	94
4.2.5. Διαγραφή.....	95
4.2.6. Άνοιγμα εργασίας από δισκέτα.....	97
4.2.7. Αποθήκευση εργασίας σε δισκέτα.....	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

5.1 Σχεδίαση οριζοντιογραφίας.....	101
5.2 Σχεδίαση μηκοτομής.....	107
5.3 Σχεδίαση διαγράμματος επικλίσεων.....	111

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Συμπεράσματα.....	114
6.2 Προτάσεις.....	115

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

7.1 Βιβλιογραφία σχετική με την οδοποιία.....	117
7.2 Βιβλιογραφία σχετική με προγράμματα H/Y.....	118
7.3 Βιβλιογραφία σχετική με αναλυτική γεωμετρία.....	119
7.4 Διπλωματικές εργασίες που χρησιμοποιήθηκαν ως βιβλιογραφία.....	119
7.5 Χρήσιμες διευθύνσεις στο διαδίκτυο.....	120

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π1. Κώδικας.....	122
Π2. Γενικές πληροφορίες για το πρόγραμμα.....	124
Π3. Πίνακες ελιγμών.....	130

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Ανάπτυξη λογισμικού Η/Υ για τον σχεδιασμό ανακάμπτοντος ελιγμού σε περιβάλλον CAD» επιχειρείται η διερεύνηση του σχεδιασμού των ανακαμπτόντων ελιγμών με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στόχος είναι να τηρηθούν όλοι οι κανονισμοί που διέπουν τη χάραξη ενός ανακάμπτοντος ελιγμού και να αναλυθούν οι αρχές που ακολουθούνται κατά τη μελέτη σχεδιασμού του. Δημιουργείται μια σειρά προγραμμάτων με σκοπό την αυτοματοποίηση της σχεδίασης της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και του διαγράμματος των επικλίσεων ενός ελιγμού. Η λογική που ακολουθήθηκε ήταν εκείνη του σχεδιασμού με χρήση του λογισμικού σε πλήρη αντιστοιχία με τα βήματα που θα ακολουθούσε ο μελετητής για την παραγωγή των σχεδίων οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διαγράμματος επικλίσεων.

ABSTRACT

The scope of the present thesis is the development of a software package for the designing of the “button hook” highway alignments. The overall objectives are to be followed all the rules, which are related to the designing of such an alignment, and to be analyzed all the principles, which are needed for this procedure. A series of computer programs are developed, aiming at the automatically designing of the “button hook” elements. The logic for the developing of these programs is similar to that followed by a civil engineer for the designing of a “button hook” alignment.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και 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 πολύτιμη και σημαντική του βοήθεια, καθώς και για την καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, όπως και τον κ. Κώστα Κεπαπτσόγλου για τη βοήθειά του στη φάση ολοκλήρωσής της. Γενικότερα, οφείλω να ευχαριστήσω όλους όσους άμεσα ή έμμεσα με βοήθησαν κατά τη διάρκεια της ενασχόλησης μου με αυτήν τη διπλωματική εργασία, και ιδιαίτερα την αδερφή μου για την πολύτιμη βοήθειά της.

Καθώς η ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί και την λήξη των σπουδών μου στο Ε.Μ.Π., θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για τη συνεχή υποστήριξη και βοήθειά τους προκειμένου να ολοκληρώσω τις σπουδές μου.

1. Εισαγωγή – Ανακάμπτοντες Ελιγμοί

1.1 Ορισμός-Χαρακτηριστικά μεγέθη

Το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία ενός προγράμματος με το οποίο θα μπορεί ο μηχανικός να σχεδιάζει με ευκολία έναν ανακάμπτοντα ελιγμό. Με τον όρο «ανακάμπτοντες ελιγμοί» εννοούνται οι οριζόντιες καμπύλες πολύ μικρής ακτίνας (μικρότερης των τριάντα μέτρων) των οποίων η αλλαγή διευθύνσεως υπερβαίνει κατά πολύ τους εκατό βαθμούς [2].

Ο σχεδιασμός σε επίπεδο μελέτης ενός ανακάμπτοντος ελιγμού αποτελεί ένα συνδυασμό αρκετών γεωμετρικών κατασκευών, δηλαδή μια διαδικασία ιδιαίτερα χρονοβόρα. Έτσι, στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας, πέρα από την αναφορά στα κυριότερα χαρακτηριστικά των ανακαμπτόντων ελιγμών, είναι η δημιουργία και η παρουσίαση ενός λογισμικού σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και του διαγράμματος των επικλίσεων του, ώστε η διαδικασία να απλοποιηθεί. Ο χρήστης του προγράμματος θα έχει τη δυνατότητα να παράγει τα παραπάνω σχέδια δίνοντας στο πρόγραμμα ως δεδομένα ορισμένα γεωμετρικά στοιχεία της οδού στην οποία θα κατασκευαστεί ο ελιγμός. Έτσι, ο μηχανικός θα μπορεί να ελέγχει και να κρίνει ταχύτερα την επιλογή ενός ελιγμού ως λύση σε περιπτώσεις με δυσμενείς τοπογραφικές συνθήκες.

Βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη ενός ανακάμπτοντος ελιγμού είναι το πλάτος του οδοστρώματος σε ευθυγραμμία, καθώς και η ακτίνα του κυκλικού τόξου της εσωτερικής οριογραμμής του οδοστρώματος. Άλλωστε αυτά είναι και τα δύο στοιχεία που χαρακτηρίζουν έναν

ανακάμπτοντα ελιγμό, αφού αυτά ορίζουν και τον τύπο του ελιγμού. Σημαντικό χαρακτηριστικό των ελιγμών είναι και ο διαχωρισμός του σε δύο κλάδους. Έτσι ο πρώτος κλάδος – ονομάζεται και κλάδος εισόδου – είναι αυτός στον οποίο το όχημα που εισέρχεται στον ελιγμό* κινείται στην εσωτερική λωρίδα κυκλοφορίας του οδοστρώματος, ενώ ο δεύτερος κλάδος – που λέγεται και κλάδος εξόδου – είναι αυτός στον οποίον το όχημα που εισέρχεται στην περιοχή του ελιγμού κινείται στην εξωτερική λωρίδα κυκλοφορίας του οδοστρώματος.

1.2 Θεμελιώδεις αρχές εφαρμογής

Στην περίπτωση ανάβασης ή κατάβασης, κατά τη χάραξη μιας οδού, για να αμβλυνθεί η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων που πρόκειται να συνδεθούν, χρησιμοποιείται ο λόγος της υψομετρικής διαφοράς προς την επιθυμητή κατά μήκος κλίση της οδού, ώστε να προκύψει το απαιτούμενο μήκος της χάραξης. Στις περιπτώσεις, όμως, που η χάραξη περιορίζεται μέσα σε ένα ορισμένο τμήμα μιας πλαγιάς, επειδή συνήθως υπάρχουν δεξιά και αριστερά εμπόδια – όπως χαράδρες, βράχοι κ.λ.π – δεν είναι δυνατό να διατίθεται το απαιτούμενο οριζόντιο μήκος για την ομαλή εξουδετέρωση της υψομετρικής διαφοράς και την ομαλή μετάβαση ανάμεσα στα δύο σημεία. Σε αυτές τις περιπτώσεις και για να

* Στο σημείο αυτό γίνεται η παραδοχή πως στη συνέχεια αυτής της διπλωματικής εργασίας αντί του όρου «ανακάμπτον ελιγμός», θα χρησιμοποιείται απλώς η λέξη «ελιγμός».

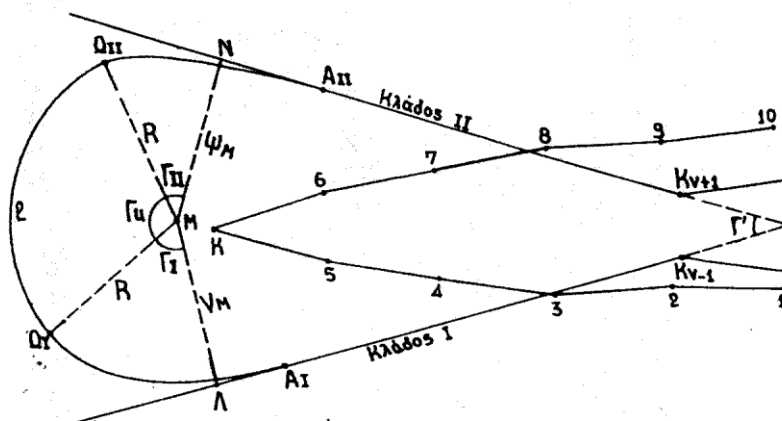
αυξηθεί αυτό το μήκος της χάραξης χαράσσεται ένας ή περισσότεροι ανακάμπτοντες ελιγμοί.

Γενικά, η κατασκευή των ανακαμπτόντων ελιγμών δεν έχει ευρεία χρήση και πρέπει να αποφεύγονται, καθώς συνιστούν σοβαρό εμπόδιο στην κυκλοφορία [4]. Άλλωστε, με τη σημερινή τεχνογνωσία είναι αρκετά ευκολότερη η διάνοιξη μιας σήραγγας ή η κατασκευή ενός τεχνικού έργου αντί του ανακάμπτοντος ελιγμού. Όμως, ορισμένες φορές τόσο οι τοπογραφικές συνθήκες όσο και το μεγάλο κόστος μιας βέλτιστης χάραξης επιβάλλουν τη δημιουργία ανακαμπτόντων ελιγμών. Ιδιαίτερα σε ορεινές χώρες, όπως είναι και η Ελλάδα, και σε χαράξεις επαρχιακών δικτύων όπου οι δαπάνες δεν μπορούν να είναι ιδιαίτερα υψηλές, η εφαρμογή των ανακαμπτόντων ελιγμών είναι επιβεβλημένη. Σε αυτές τις περιπτώσεις βασική αρχή κατά τη διαμόρφωση ενός ελιγμού είναι να επιλέγονται όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ακτίνες. Επίσης, ιδιαίτερα σημαντικό είναι να επιλέγεται η καταλληλότερη περιοχή όπου θα αναπτυχθεί ο ελιγμός και ύστερα από λεπτομερή μελέτη του τοπογραφικού διαγράμματος, έτσι ώστε να μειώνονται κατά το δυνατόν οι δαπάνες κατασκευής του.

1.3 Μορφολογία του ελιγμού

Για τη γεωμετρική διαμόρφωση των ελιγμών χρησιμοποιείται στην Ελλάδα το τεύχος 104/1 Ε.1964, που συντάχτηκε με βάση τους αντίστοιχους ελβετικούς κανονισμούς SNV 40267 και SNV 640198, που στηρίζονται σε έρευνες για διάφορους τύπους οχημάτων [2].

Σε κάθε ελιγμό διακρίνεται ο άξονάς του, οι δύο οριογραμμές (εσωτερική και εξωτερική), το κέντρο ανάκαμψης M και η γωνία Γ . Επίσης, διακρίνεται ο κλάδος εισόδου I και ο κλάδος εξόδου II (Σχήμα 1.1). Γενικά το γεωμετρικό σχήμα του ελιγμού δεν είναι συμμετρικό ως προς τη διχοτόμο της γωνίας των δύο ευθυγραμμίων του άξονά του. Ο άξονας του ελιγμού, ως διαχωριστική γραμμή των δύο λωρίδων κυκλοφορίας με αντίθετη κατεύθυνση, δεν απέχει ίδια απόσταση από τις δύο οριογραμμές, αλλά βρίσκεται πλησιέστερα στην εξωτερική οριογραμμή.



Σχήμα 1.1 Γεωμετρική απεικόνιση του ελιγμού

Ο άξονας αυτός αποτελείται από το κεντρικό κυκλικό τόξο $\Omega_I\Omega_{II}$ και από τα δύο εκατέρωθεν τμήματα συναρμογής $A_I\Omega_I = S_I$ και $A_{II}\Omega_{II} = S_{II}$. Το ίδιο συμβαίνει και για τις δύο οριογραμμές του οδοστρώματος. Οι καμπύλες συναρμογής ευθυγραμμίων και τόξων κύκλου του ελιγμού δεν προσδιορίζονται μέσω ενός απλού μαθηματικού τύπου, γι' αυτό και ο άξονας του ελιγμού καθώς και οι οριογραμμές – εσωτερική και εξωτερική – του οδοστρώματος προσδιορίζονται τόσο στο σχέδιο όσο

και στο έδαφος με ορθογώνιες συντεταγμένες που δίνονται σε ειδικούς πίνακες (βλ. Παράρτημα εργασίας) [2]. Τα κεντρικά, τέλος, τόξα κύκλου του άξονα του ελιγμού και των οριογραμμών του οδοστρώματος έχουν το ίδιο κέντρο M και αντίστοιχες ακτίνες R , $R_{εσ}$ και $R_{εξ}$. Όταν οι καμπύλες συναρμογής σχεδιαστούν σύμφωνα με τους πίνακες συντεταγμένων κάθε τύπου ελιγμού, τότε το τόξο του κύκλου θα είναι περισσότερο ή λιγότερο επιμήκες ανάλογα με το μέγεθος της αλλαγής διεύθυνσεως, δηλαδή ανάλογα με το μέγεθος της γωνίας που σχηματίζουν οι ευθυγραμμίες των αξόνων των δύο κλάδων του ελιγμού.

1.4 Τύποι ανακαμπτόνων ελιγμών

Ο τύπος του ελιγμού χαρακτηρίζεται από ένα κλάσμα, του οποίου ο αριθμητής εκφράζει το πλάτος του οδοστρώματος σε ευθυγραμμία και ο παρανομαστής την ακτίνα του τόξου της εσωτερικής οριογραμμής του οδοστρώματος. Έτσι, για παράδειγμα ο τύπος του ελιγμού $7/15$ αντιστοιχεί σε οδό συνολικού πλάτους οδοστρώματος επτά μέτρων και ακτίνα τόξου της εσωτερικής οριογραμμής του οδοστρώματος δεκαπέντε μέτρων. Για κάθε τύπο ελιγμού υπάρχει ο αντίστοιχος πίνακας που δίνει τα στοιχεία για τη χάραξη αυτού. Όλοι οι πίνακες υπάρχουν στο τέλος της διπλωματικής εργασίας, στο Παράρτημά της.

Στη συνέχεια δίνεται ο πίνακας όπου παρουσιάζονται οι τύποι των ελιγμών που έχουν καθιερωθεί και εφαρμόζονται.

Πλάτος οδοστρώματος σε ευθυγραμμία (m)	Ακτίνα R_{es} της εσωτερικής οριογραμμής			
	8	10	15	20
6.00	6/8	6/10	6/15	6/20
6.50		6.5/10	6.5/15	6.5/20
7.00	—	7/10	7/15	7/20

**Πίνακας 1 : Τύποι ελιγμών ανάλογα με την ακτίνα και το πλάτος του
οδοστρώματος (Πηγή: Σημειώσεις Ειδικών Κεφαλαίων
Οδοποιίας)**

Για οδούς με πλάτος οδοστρώματος 5.50 m εφαρμόζονται οι τύποι για πλάτος ίσο με 6.00 m μέτρα. Γενικότερα σε δυσχερείς οδούς με πλάτος 5.50 m, 6.00 m και 7.00 m η εσωτερική ακτίνα R_{es} δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 10.00 m. Ο τύπος ελιγμού 6/8 εφαρμόζεται μόνο για τοπικές οδούς με πολύ δύσκολη μορφολογία εδάφους. Γι' αυτό και στους ελιγμούς αυτούς απαγορεύεται η κυκλοφορία φορτηγών και λεωφορείων, για τα οποία η διαγραφή εντός του ελιγμού είναι επικίνδυνη. Τέλος, σε περίπτωση που σχεδιάζεται ελιγμός του οποίου η ακτίνα του τόξου της εσωτερικής οριογραμμής του οδοστρώματος δεν περιλαμβάνεται στους κανονικούς τύπους ελιγμών, υπολογίζονται τα απαραίτητα στοιχεία με παρεμβολή.

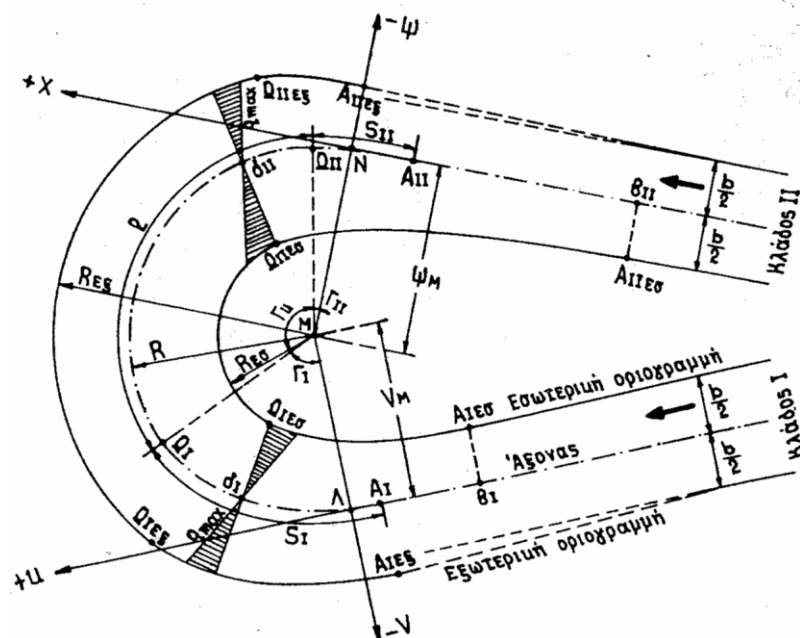
1.5 Οριζοντιογραφία του ελιγμού

Κατά τη χάραξη της οριζοντιογραφίας ενός ελιγμού διακρίνονται τρία βασικά οδικά τμήματα. Αυτά είναι ο ελιγμός και τα δύο οδικά τμήματα, ένα που προηγείται του κλάδου εισόδου I και ένα που ακολουθεί μετά τον κλάδο εξόδου II*. Η βασική δυσκολία χάραξης της οριζοντιογραφίας έγκειται στον εντοπισμό της σωστής θέσης κατασκευής του ελιγμού. Η θέση αυτή πρέπει να πλεονεκτεί συγκρινόμενη με άλλες θέσεις ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής μεγαλύτερης ακτίνας R με τη μικρότερη δαπάνη κατασκευής. Επομένως το έδαφος πρέπει να έχει τη μικρότερη εγκάρσια κλίση και να είναι κατά προτίμηση γαιώδες.

Η διαδικασία χάραξης δε διαφέρει σε τίποτα με τη χάραξη μιας άλλης οδού. Χαράσσονται οι κατάλληλες ισοκλινείς γραμμές με κατεύθυνση τη θέση του ελιγμού και με βάση αυτές οι κλάδοι I και II ως επέκταση της πολυγωνικής γραμμής που ορίζεται. Στη συνέχεια, επιλέγεται ο τύπος του ελιγμού και χαράσσονται κανονικά και σύμφωνα με τους κανονισμούς τα δύο οδικά τμήματα που προηγούνται και ακολουθούν τον ελιγμό. Κατά τη χάραξη του ελιγμού ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην ύπαρξη αρκετού μήκους οδού, ώστε να επιτρέπεται η πλήρης απόσβεση των επικλίσεων. Τέλος, καθορίζονται οι θέσεις του κυκλικού τόξου του ελιγμού και των καμπύλων συναρμογής των δύο κλάδων. Οι ορθογώνιες συντεταγμένες που δίνονται από τους πίνακες για κάθε τύπο ελιγμού, περιλαμβάνουν και τις αντίστοιχες διαπλατύνσεις, οι οποίες εξυπηρετούν την ασφαλή κίνηση των οχημάτων μέσα στον ελιγμό. Έτσι ορίζεται και το πλάτος του οδοστρώματος του ελιγμού, που

* Στη συνέχεια αυτής της διπλωματικής εργασίας αντί των όρων κλάδος εισόδου I και κλάδος εξόδου II θα χρησιμοποιούνται χάριν συντομίας απλώς κλάδος I και κλάδος II.

είναι σταθερό κατά μήκος του κυκλικού τόξου, ενώ στις περιοχές των τόξων συναρμογής είναι μεταβλητό.



Σχήμα 1.2 Οριζοντιογραφία του ελιγμού

Κατά τη δημιουργία του προγράμματος σχεδίασης της οριζοντιογραφίας του ελιγμού κρίθηκε απαραίτητο να δημιουργηθούν κάποιοι έλεγχοι οι οποίοι θα εξασφαλίζουν μια λογική και ταυτόχρονα σωστή σχεδίαση και χάραξη. Έτσι, έπρεπε να ληφθούν κάποιες οριακές τιμές για διάφορα μεγέθη που αφορούν στην οριζοντιογραφία οι οποίες λήφθηκαν για ταχύτητα μελέτης $v_e = 50 \text{ km/h}$ σύμφωνα με το Ελληνικό Σχέδιο 103/1.E [1]. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται από το πρόγραμμα είναι η ύπαρξη λογικών τιμών για την επιλογή των ακτίνων των κυκλικών τόξων (δηλαδή τιμές από 80m έως 160m), έτσι ώστε να ισχύουν οι οριακές τιμές για $v_e = 50 \text{ km/h}$ του Ελληνικού Σχεδίου, ο έλεγχος της κίνησης του οχήματος για χρόνο μικρότερο των δύο

δευτερολέπτων μέσα στο κυκλικό τόξο, η ύπαρξη λογικών τιμών για την παράμετρο της κλωθοειδούς γραμμής ($R/3 < A < R$) με βάση την κατώτατη και ανώτατη οριακή τιμή της σε συνάρτηση με την ακτίνα R και τέλος την εξασφάλιση ύπαρξης αρκετού μήκους ευθυγραμμίας, ώστε να υπάρχει η πλήρης απόσβεση των επικλίσεων.

1.6 Μηκοτομή του ελιγμού

Στην περιοχή του ελιγμού και για αρκετό μήκος εκατέρωθεν αυτού, η κατά μήκος κλίση πρέπει να είναι μειωμένη στα τμήματα του άξονα, ακόμη και αν πριν και μετά τον ελιγμό υπάρχουν μεγάλες κατά μήκος κλίσεις. Έτσι, η μέγιστη κατά μήκος κλίση στον άξονα του ελιγμού είναι ίση με $\max s = 3\%$. Οι συναρμογές των κλάδων της μηκοτομής στην περιοχή του ελιγμού πρέπει να πραγματοποιούνται με τόξα στρογγύλευσης, όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ακτίνας, ώστε να αποφεύγονται οι δυσμενείς επιπτώσεις στην κυκλοφορία λόγω απότομης αλλαγής της κλίσης και επίσης ο κίνδυνος πρόσκρουσης του κάτω μέρους του οχήματος στην επιφάνεια του οδοστρώματος στις κλειστές στροφές [3].

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται από τον μηχανικό, ώστε τα τόξα στρογγύλευσης της μηκοτομής να τοποθετούνται έξω από τις αντίστοιχες οριζοντιογραφικές συναρμογές του ελιγμού και γενικότερα της οδού. Ακόμα, η μηκοτομή της εσωτερικής ή εξωτερικής οριογραμμής δεν πρέπει να έχει κλίση μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη κατά μήκος κλίση στην οδό σε ευθυγραμμία – για την περίπτωση της εξωτερικής οριογραμμής - και να μην έχει κλίση μικρότερη του 0.5% -

για την περίπτωση της εσωτερικής οριογραμμής – ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή απορροή των όμβριων υδάτων.

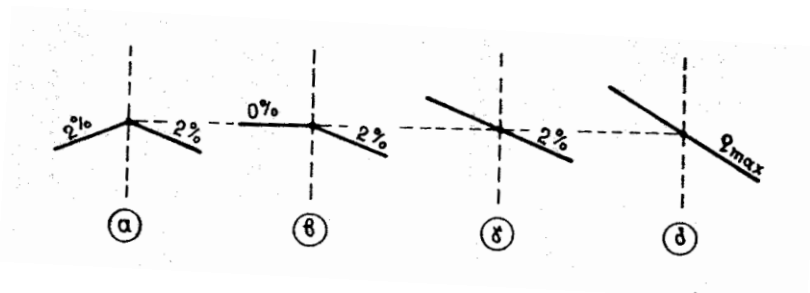
Κατά τη δημιουργία του προγράμματος σχεδίασης της μηκοτομής λήφθηκαν υπόψιν οι οριακές τιμές που ορίζονται από το Ελληνικό Σχέδιο 103/1.Ε για $v_e = 50 \text{ km/h}$, όπως έχει αναφερθεί και στην οριζοντιογραφία. Έτσι, εκτός από τον έλεγχο της $\max s = 3\%$ για την περιοχή του ελιγμού και την τοποθέτηση των τόξων στρογγύλευσης εκτός των οριζοντιογραφικών συναρμογών, ελέγχονται οι επιλογές του χρήστη ως προς τις ελάχιστες κοίλες και κυρτές ακτίνες των τόξων στρογγύλευσης, τις μέγιστες και ελάχιστες κατά μήκος κλίσεις, καθώς και τον έλεγχο των μηκών T , ώστε να μην υπάρχει επικάλυψή τους.

1.7 Επικλίσεις στον ελιγμό

Η βασική διαφορά των επικλίσεων στον ελιγμό από τις επικλίσεις μιας τυπικής χάραξης έγκειται στο γεγονός ότι το εσωτερικό κυκλικό τόξο είναι μικρότερο από το εξωτερικό κυκλικό τόξο. Γι' αυτό το λόγο στις επικλίσεις στον ελιγμό η μέγιστη επίκλιση πρέπει να είναι σταθερή μόνο κατά μήκος του αναπτύγματος του εσωτερικού κυκλικού τόξου. Ως μέγιστη και προτεινόμενη τιμή επίκλισης στους ελιγμούς είναι η $q = 10\%$. Αυτή η τιμή έχει υπολογιστεί έτσι ώστε να μην προκύπτει κατά μήκος κλίση των οριογραμμών του οδοστρώματος, αφενός μεν μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση στην οδό σε ευθυγραμμία, αφετέρου δε μικρότερη της ελάχιστης κλίσης και ίση με 0.5% . Βέβαια, είναι δυνατόν να μειωθεί αυτή η τιμή της επίκλισης στον ελιγμό κατά την κρίση του

μελετητή, ανάλογα με την κατά μήκος κλίση του άξονα του ελιγμού, με το πλάτος του οδοστρώματος ή και με το μήκος των καμπύλων συναρμογής της εσωτερικής και εξωτερικής οριογραμμής, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μη γίνεται υπέρβαση των ορίων των κλίσεων της μηκοτομής.

Επειδή στις επικλίσεις στον ελιγμό υπάρχει αυτή η διαφορά σε σύγκριση με τις επικλίσεις σε μια άλλη οδό, ορίζονται στον άξονα του ελιγμού τα χαρακτηριστικά σημεία α, β, γ, δ σε κάθε κλάδο. Τα σημεία β και δ είναι τα αντίστοιχα σημεία των $A_{εσ}$ και $\Omega_{εσ}$ πάνω στον άξονα του ελιγμού. Στο σημείο γ η διατομή είναι μονοκλινής και έχει επίκλιση 2%. Τέλος, στο σημείο α είναι η διατομή εκείνη όπου έχουμε αμφικλινής και ίση με 2% επίκλιση, ενώ ταυτόχρονα είναι και το σημείο εκείνο από το οποίο αρχίζει το τμήμα εξισορρόπησης των επικλίσεων πριν από το τμήμα της καμπύλης συναρμογής



Σχήμα 1.3 Μεταβολή της επίκλισης στον ελιγμό

Κατά τη δημιουργία του προγράμματος σχεδίασης του διαγράμματος των επικλίσεων εκτός από τις τιμές των επικλίσεων σε ευθυγραμμία, σε κυκλικό τόξο και σε κυκλικό τόξο ελιγμού που λήφθησαν σύμφωνα με το Ελληνικό Σχέδιο, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή και στον έλεγχο της λοξής κλίσης.

1.8 Σκοπός της εργασίας

Στη σύγχρονη εποχή η τεχνολογία και η τεχνογνωσία επιτρέπουν στον Πολιτικό Μηχανικό την κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων, καθώς και τη διάνοιξη σηραγγών με ιδιαίτερη ευκολία σε σύγκριση με τα παλιότερα χρόνια. Παρόλα αυτά η δαπάνη τέτοιων κατασκευών είναι πολύ μεγάλη και δεν είναι δυνατή για όλες τις περιπτώσεις. Σε μικρές χώρες, σε ορεινές περιοχές, σε επαρχιακά δίκτυα δεν είναι ούτε λογική αλλά ούτε και επιθυμητή – κυρίως από οικονομικής άποψης - η επιλογή τέτοιων λύσεων σε χαράξεις που εξυπηρετούν μικρό τμήμα του πληθυσμού και όχι μαζικές μετακινήσεις. Τέτοιοι λόγοι, καθώς και τοπογραφικές δυσκολίες – όπως απότομες πλαγιές – πολλές φορές επιβάλλουν τη χρήση των ελιγμών στις χαράξεις.

Η χάραξη ενός ελιγμού, και ιδιαίτερα στη φάση της προμελέτης όπου οι δοκιμές είναι πολλές και αναπόφευκτες, δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη. Είναι μια διαδικασία χρονοβόρα, καθώς πρέπει να ληφθούν αρκετοί παράμετροι υπόψιν και να γίνουν αρκετές γεωμετρικές κατασκευές. Η εναλλαγή μεταξύ των λύσεων απαιτεί εκ νέου χάραξη, καθώς είτε ο τύπος του ελιγμού, είτε η θέση του στη γενικότερη τοπογραφία της περιοχής μεταβληθούν, αλλάζουν όλα τα δεδομένα.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία βασικός στόχος είναι η δημιουργία ενός προγράμματος, το οποίο θα επιτρέπει στον μηχανικό να χρησιμοποιήσει τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και για τη χάραξη του ελιγμού. Για τη δημιουργία αυτού του προγράμματος τηρήθηκαν όλοι οι κανονισμοί της χάραξης του ελιγμού με στόχο να βοηθηθεί η εργασία του μηχανικού. Σε καμία περίπτωση δεν αφαιρείται η κριτική σκέψη του μηχανικού, αφού αυτός δίνει τα δεδομένα, αυτός βλέπει τα παραγόμενα

σχέδια και αυτός κρίνει εάν η λύση που σχεδίασε είναι επιθυμητή ή όχι. Το πρόγραμμα και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής σε γενικότερη έννοια, απλώς συντομεύει τη διαδικασία. Επιτρέπει στον χρήστη να ελιχθεί μεταξύ των πιθανών λύσεων, να αναλώσει το χρόνο του σε κρίση των λύσεων και όχι στον χρονοβόρο σχεδιασμό του ελιγμού. Ταυτόχρονα δεν απαιτείται από τον χρήστη να κάνει εκ νέου υπολογισμούς για τον έλεγχο της δουλειάς του. Αυτά μπορεί και τα κάνει σε σύντομο χρονικό διάστημα ο υπολογιστής για τον μηχανικό. Η δημιουργία αυτού του προγράμματος έχει ως στόχο την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του υπολογιστή και την ικανότητα και κριτική σκέψη του μηχανικού, ώστε να βγει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα σε όσο το δυνατόν πιο σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτό που προσφέρει είναι μια τυποποίηση και μια αυτοματοποίηση των διαδικασιών, ώστε να διευκολύνει το έργο του πολιτικού μηχανικού που καλείται να ελέγξει εάν η λύση της χάραξης ενός ελιγμού είναι λογική, επιθυμητή ή σωστή.

2. Ανασκόπηση λογισμικού Η/Υ οδοποιίας

2.1 Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια παρουσίασης των γνωστότερων προγραμμάτων σχεδιασμού οδικών δικτύων που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα και διατίθενται στο εμπόριο. Τα προγράμματα αυτά είναι το Ελληνικό πρόγραμμα “ΟΔΟΣ”, το αμερικάνικο πρόγραμμα “AutoCAD Civil Design”, το Ιταλικό πρόγραμμα “Prost”, το πρόγραμμα “ΟΔΟΠΟΙΑ” της ΑΝΑΔΕΛΤΑ, και τα άλλα αμερικάνικα προγράμματα, το “Inroads” της Intergraph και το “MXROAD” (MOSS).

Ειδικότερα όμως για την μελέτη των ανακαμπτόντων ελιγμών δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο πρόγραμμα που να πραγματοποιεί την απ’ ευθείας χάραξη των σχεδίων της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής, του διαγράμματος των επικλίσεων ή των διατομών.

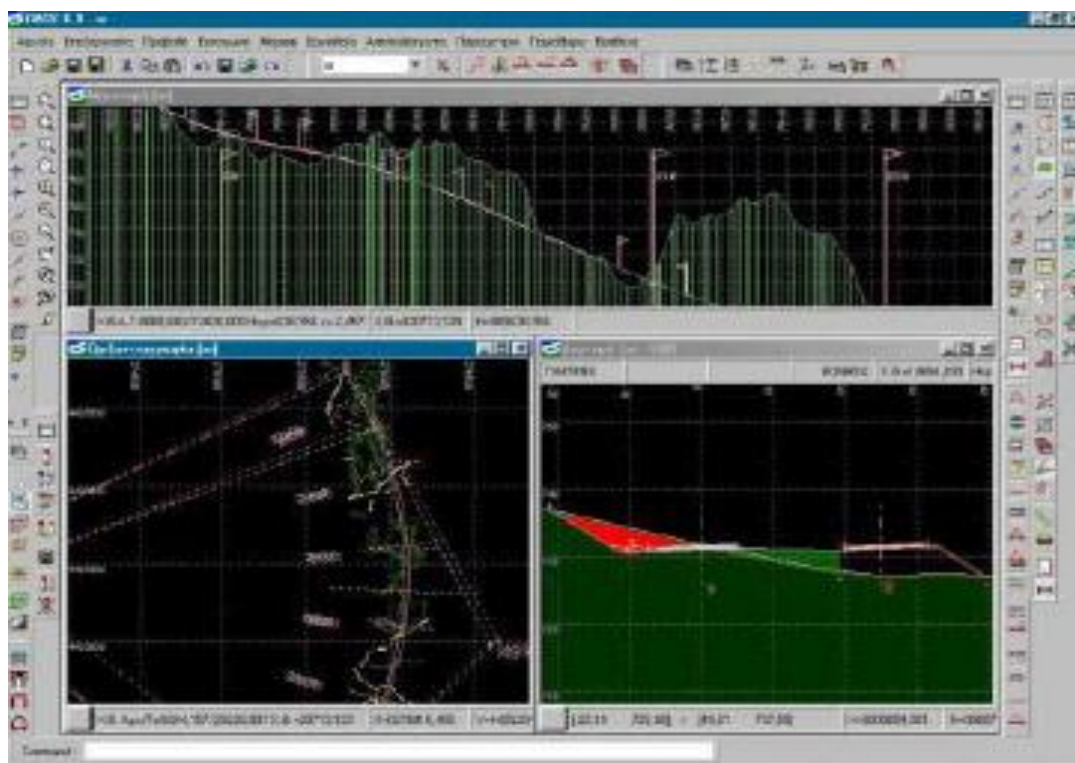
Στο κεφάλαιο αυτό ο στόχος είναι να επιτευχθεί μια συνοπτική παρουσίαση των γνωστών προγραμμάτων σχεδιασμού των οδών στον Ελλαδικό χώρο, ώστε να φανεί η εξέλιξη αυτών στον τομέα της οδοποιίας και γενικότερα τη βοήθεια που προσφέρουν ως εργαλεία στο έργο του πολιτικού μηχανικού.

2.2 Πρόγραμμα «ΟΔΟΣ 6»

Το πρόγραμμα «ΟΔΟΣ 6» αποτελεί τη νέα έκδοση λογισμικού οδοποιίας της σειράς ΟΔΟΣ. Είναι σχεδιασμένο από την αρχή ως εφαρμογή των Windows και στηρίζεται στους νέους ελληνικούς κανονισμούς Ο.Μ.Ο.Ε* [16].

Το πλεονέκτημα αυτού του προγράμματος είναι πως ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει και να συμπεριλάβει απεριόριστο αριθμό οδών, είτε ανεξαρτήτων στο έργο – σαν εναλλακτικές λύσεις χάραξης οδών του έργου ή ακόμα σαν κάθετες οδοί σε αυτό - είτε αλληλοεξαρτώμενων – όπως υπηρεσιακές οδοί, κλάδοι σε ανισοσταθμία, ράμπες κ.λ.π. Όλα τα επίπεδα μελέτης (οριζοντιογραφία – μηκοτομή - διάγραμμα επικλίσεων - τυπική διατομή - διατομές), απεικονίζονται στην ίδια οθόνη εργασίας, σε ανεξάρτητα παράθυρα, με προκαθορισμένη από τον χρήστη μορφή. Σε κάθε παράθυρο προβάλλεται αυτόματα το έργο στο σύνολό του, δηλαδή σχέδια οριζοντιογραφιών μιας ή πολλών οδών, πολλαπλές σύνθετες διατομές, σύνθετη μηκοτομή κ.λ.π. Το πρόγραμμα διαθέτει διαχειριστή μελέτης όπου απεικονίζονται με λογική δένδρου, τα δεδομένα όλων των επιπέδων μελέτης κάθε οδού του έργου [20]. Η δόμηση του δένδρου έχει σχεδιαστεί με την λογική των λογικών ενοτήτων μιας μελέτης οδοποιίας. Με το νέο αυτό εργαλείο, ο χρήστης έχει συνολική εποπτεία τόσο των δεδομένων που έχουν ήδη εισαχθεί στη μελέτη, όσο και αυτών των οποίων εκκρεμεί η εισαγωγή τους. Παράλληλα με την επεξεργασία της μελέτης, μέσω του διαχειριστή, πραγματοποιείται αυτόματα αποθήκευση όλων των εισαχθέντων και παραγομένων δεδομένων κάθε σταδίου της μελέτης.

* Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων

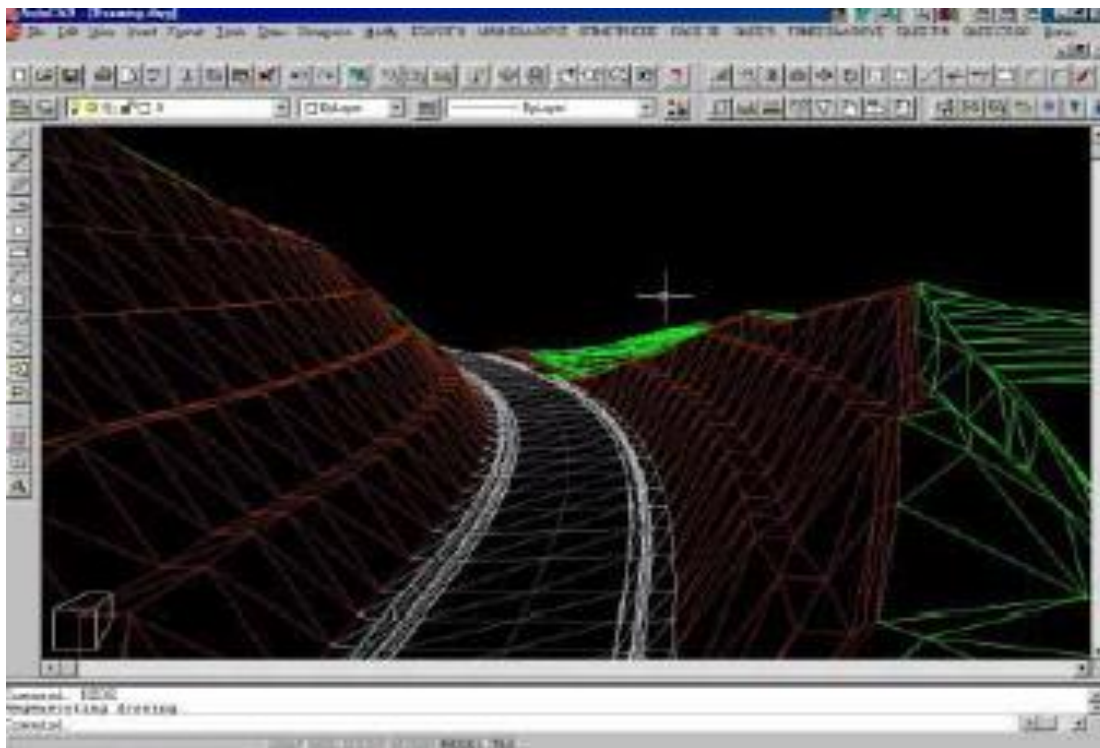


Σχήμα 2.1 : Συγχρονισμένα παράθυρα οριζοντιογραφίας – μηκοτομής – διατομής
(Πρόγραμμα Οδός)

Κατά τη χάραξη παρέχεται η δυνατότητα μελέτης σε τρεις διαστάσεις, δηλαδή σε επίπεδο οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διατομών. Κάθε ενέργεια σε κάθε επίπεδο της μελέτης έχει άμεση επίπτωση σε όλα τα υπόλοιπα, τόσο της επεξεργαζόμενης οδού, όσο και κάθε πιθανόν επηρεαζόμενης οδού του έργου. Έτσι για παράδειγμα μια συνεχής οριζοντιογραφική μεταβολή ενός κλάδου ενός σύνθετου έργου προκαλεί αυτόματα αντίστοιχη συνεχή μεταβολή της μηκοτομής, του διαγράμματος των επικλίσεων και της σύνθετης διατομής όλων των κλάδων του σύνθετου έργου. Παράλληλα από το πρόγραμμα παράγεται αυτόματα και σε οποιαδήποτε φάση της μελέτης τρισδιάστατο πρότυπο του έργου και του περιβάλλοντος εδάφους και διατίθεται εξελεγμένο

σύστημα φωτορεαλιστικής απεικόνισης του έργου με δυνατότητα κίνησης – οδήγησης.

Ένα από τα σημαντικά στοιχεία του προγράμματος είναι ότι υποστηρίζονται οι νέες Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (Ο.Μ.Ο.Ε.) και ενσωματώνονται τα πρότυπα ταχυτήτων (V85) του Ελληνικού χώρου καθώς και τα πρότυπα συντελεστών τριβής των ΟΜΟΕ-Χ. Διενεργούνται όλοι οι ελέγχοι που προβλέπονται από τις ΟΜΟΕ-Χ, σε όλα τα επίπεδα της μελέτης (οριζοντιογραφία – μηκοτομή – διάγραμμα επικλίσεων – διατομές), καθώς και όλοι οι συνδυασμένοι έλεγχοι των τριών κριτηρίων ασφαλείας που προβλέπονται από τις οδηγίες.



Σχήμα 2.2 : Τρισδιάστατη απεικόνιση της οδού
(Πρόγραμμα Οδός)

Το πρόγραμμα θεωρείται απλό στη χρήση του, καθώς η διαχείριση των αρχείων, τα εικονίδια και η ομαδοποίηση των εντολών του έχουν δομηθεί στα πρότυπα του περιβάλλοντος χρήσης των δημοφιλέστερων

προγραμμάτων της αγοράς, ώστε να φαίνεται οικείο σε όλους τους χρήστες. Τέλος, όλα τα σχέδια της μελέτης παράγονται αυτόματα από το πρόγραμμα στο σχεδιαστικό περιβάλλον του AutoCAD ή Intellicad.

2.3 Πρόγραμμα « AutoDesk Civil Design »

Το AutoDesk Civil Design περιέχει ολοκληρωμένες και εξειδικευμένες λύσεις για την μελέτη έργων οδοποιίας, αλλά και υδραυλικών έργων.

Το πρόγραμμα AutoDesk Civil Design R 2004 παρέχει στον χρήστη δυνατότητες για την μελέτη έργων πολιτικού μηχανικού. Μέσω αυτού του προγράμματος απλοποιούνται οι διαδικασίες δημιουργίας σχεδίων και μελετών, τόσο στον τομέα των μεταφορών - για κάθε τύπο και εύρος έργων οδοποιίας, σιδηροδρομικών έργων, έργων κατασκευής αεροδρομίων και σχεδιασμού σηράγγων - όσο και στην προετοιμασία χώρων εγκατάστασης και την τελική διαμόρφωση έργων εμπορικής, βιομηχανικής, συλλογικής και στεγαστικής χρήσης. Ακόμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη έργων που σχετίζονται με την υδρολογία και τα υδραυλικά συστήματα, που αφορούν από έργα οδοποιίας έως την κατασκευή χώρων στάθμευσης. Στο λογισμικό AutoDesk Civil Design συνδυάζονται το λογισμικό σχεδιασμού AutoCAD με εξειδικευμένες εντολές σχεδιασμού στο ίδιο περιβάλλον, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη λύση και ταυτόχρονα φιλική, εξαιτίας κυρίως λόγω της ευρείας διάδοσης του προγράμματος του AutoCAD.

Η βασική λειτουργία του προγράμματος είναι η σχεδίαση και παραγωγή των σχεδίων μιας μελέτης οδού. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να έχει ταχύτατη μελέτη και σχεδίαση οριζοντιογραφίας ενός δρόμου με λεπτομερέστατη σχεδίαση των καμπυλών, των κλωθοειδών και των συναρμογών με δυνατότητα δυναμικής διαστασιολόγησης. Ακόμα στον χρήστη επιτρέπεται ο σχεδιασμός και η επεξεργασία της μηκοτομής με ταυτόχρονη χάραξη της ερυθράς γραμμής. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα του υπολογισμού των επικλίσεων με ταυτόχρονο σύνθετο έλεγχο με τη μηκοτομή. Ο υπολογισμός και η σχεδίαση των διατομών γίνεται με χρήση της τυπικής διστομής, ενώ και σε αυτό το πρόγραμμα υπάρχει αλληλεπίδραση των σχεδίων κατά τη μεταβολή ενός εκ των σχεδίων ή των στοιχείων της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και των διατομών.

Το πρόγραμμα παρέχει στον χρήστη δυνατότητες υπολογισμού των στοιχείων της χάραξης, των όγκων των χωματουργικών, ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν και δυνατότητες της αυτοματοποιημένης εκτύπωσης των πινακίδων και της τρισδιάστατης απεικόνισης της οδού.

Ένα από τα επιπλέον εργαλεία του προγράμματος είναι πως επιτρέπεται η χρήση των οριζοντιογραφιών των οδών, ή των σιδηροδρόμων από πολλούς χρήστες, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παράλληλη χρήση τους και από άλλα μέλη της μελετητικής ομάδας. Συνδυάζονται μετατροπές, πρότυπα εργασίας και κανόνες οδοποιίας στα προς μελέτη τμήματα των δρόμων και γίνεται και ο υπολογισμός και η σχεδίαση των πρανών του εδάφους.

Τέλος, υπάρχουν και δυνατότητες για υδραυλικά έργα και μελέτες, όπως ο υπολογισμός και η ανάλυση υδραυλικών δικτύων, η μελέτη και η

ανάλυση μιας λεκάνης απορροής και απορρεόντων υδάτων και ακόμα ο υπολογισμός και η σχεδίαση αγωγών.

2.4 Πρόγραμμα «Prost»

Το Prost είναι ένα πρόγραμμα Ιταλικής προέλευσης, για τη μελέτη των έργων οδοποιίας, σιδηροδρομικών μελετών και υδραυλικών έργων σε ενιαίο γραφικό περιβάλλον με το τοπογραφικό υπόβαθρο. Το Prost προσφέρει Ελληνικό περιβάλλον εργασίας με κυλιόμενους καταλόγους και εικονίδια εργασίας, όπως και οι περισσότερες εφαρμογές των Windows. Διαθέτει αυτόνομο σχεδιαστικό περιβάλλον και χωρίζεται σε τρεις επιμέρους εφαρμογές :

- 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 αξονοδιασταυρώσεων, κυκλικών κόμβων και άλλων.
- 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.

Οι βασικές λειτουργίες της εφαρμογής Prost S είναι ο σχεσιασμός της οριζοντιογραφίας, του σχεδίου της μηκοτομής, των τυπικών διατομών και ο υπολογισμός των ογκομετρήσεων.

Στο γραφικό περιβάλλον λειτουργίας του προγράμματος είναι δυνατή η σχεδίαση οριζοντιογραφιών οδών, σιδηροδρομικών γραμμών, ανοικτών και κλειστών δρόμων, χρησιμοποιώντας όλες τις διαθέσιμες λειτουργίες του CAD. Όσον αφορά στον καθορισμό της χάραξης ο χρήστης έχει την ευχέρεια και τη δυνατότητα να εργαστεί με όλα τα γνωστά οριζο-ντιογραφικά στοιχεία όπως είναι η ευθεία, η κλωθοειδής καμπύλη, η ωοειδής καμπύλη, ο κύκλος, η παραβολή. Υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας της χάραξης στο γραφικό περιβάλλον είτε μετακινώντας τις κορυφές της πολυγωνικής, είτε τροποποιώντας τις καμπύλες μεταξύ των ευθυγραμμίων. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι 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, όπως είναι τα πεζοδρόμια, τα πρανή, οι τοίχοι αντιστήριξης και τα ορύγματα.

Η κατασκευή της μηκοτομής απαιτεί την εισαγωγή αποστάσεων και υψομέτρων του εδάφους και του έργου. Δυστυχώς το πρόγραμμα δεν έχει τη δυνατότητα να διαβάζει αυτόματα τα υψόμετρα του εδάφους και να κατασκευάζει την κατά μήκος τομή. Ο ορισμός των υψομέτρων ερυθράς γίνεται χειροκίνητα ή με ορισμό ευθύγραμμων τμημάτων και καμπυλών. Η επεξεργασία της μηκοτομής μπορεί να γίνει άμεσα με την μετακίνηση

των κορυφών των ευθυγραμμιών ή με τροποποίηση των καμπυλών και των ακτίνων τους. Η μετακίνηση των κορυφών μπορεί να είναι ελεύθερη ή να εξαρτάται από την κλίση της πρώτης ή της δεύτερης ευθυγραμμίας ή ακόμα, να περιορίζεται από το υψόμετρο ή την απόσταση. Τα στοιχεία του εδάφους και του έργου μπορούν τόσο να εισαχθούν χειροκίνητα όσο και να προκύψουν αυτόματα με παρεμβολή στο μοντέλο του εδάφους ή σε τοπογραφικά σημεία εντός συγκεκριμένης ζώνης. Το ευνοϊκό σημείο του προγράμματος ως προς τη σχεδίαση της μηκοτομής είναι ότι τα στοιχεία της και το διάγραμμά της μπορούν να υπολογιστούν και από τις διατομές.

Ο ορισμός της θέσης των διατομών του εδάφους και του οδικού έργου μπορεί να γίνει χειροκίνητα ή αυτόματα, με χρήση του ψηφιακού προτύπου. Η εισαγωγή της 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 την τελική διατομή, οπότε το πρόγραμμα υπολογίζει τις τιμές για τις ενδιάμεσες διατομές με παρεμβολή. Οι τυπικές διατομές κατασκευάζονται σε ξεχωριστό παράθυρο, όπου εκεί 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 μια βιβλιοθήκη αντικειμένων σχεδιασμού, όπως είναι το κατάστρωμα της οδού, οι τάφροι, τα ρείθρα και οι τοίχοι επιτρέποντας την κατασκευή ακόμα και σύνθετων τυπικών διατομών.

Οι ογκομετρήσεις, τέλος, πραγματοποιούνται ανά διατομή ή συνολικά και επαναληπτικά. Επιπλέον εργαλεία του προγράμματος δίνουν την δυνατότητα της εξαίρεσης τμημάτων της οριζοντιογραφίας από τους υπολογισμούς, μία επιλογή που παρέχει μεγάλη ευκολία στον χρήστη για τον υπολογισμό των ογκομετρήσεων μόνο στα επιθυμητά τμήματα της οδού.

Οι βασικές λειτουργίες της εφαρμογής Prost X είναι η διαχείριση πολλαπλών διατομών, η προβολή αξόνων σε μηκοτομή, και η δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου κόμβου.

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.

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

Ακόμα, με το πρόγραμμα αυτό μπορεί ο χρήστης να κατασκευάσει το τρισδιάστατο πρότυπο κάποιου κόμβου. Το πρότυπο αυτό μπορεί να συμπληρωθεί με την αυτόματη δημιουργία και των υπολοίπων στοιχείων, όπως πεζοδρόμια, νησίδες κ.α. Με το Prost X παρέχεται ένα περιβάλλον ορισμού των τυπικών κόμβων που περιέχουν ακμές, διαπλατύνσεις και νησίδες. Οι τυπικοί κόμβοι μπορούν να αποθηκευτούν και να χρησιμο-

ποιηθούν 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, όπως είναι οι παράπλευρες οδοί, οι σταγόνες (μικρή και μεγάλη), οι τριγωνικές νησίδες και οι κεντρικές νησίδες.

Επιπρόσθετα, το πρόγραμμα Prost Z ικανοποιεί κυρίως ανάγκες προμετρήσεων. Το Prost Z ως συμπληρωματικό πρόγραμμα του Prost S, προσφέρει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον διαχείρισης διατομών και χωματουργικών υπολογισμών για κάθε είδος τοπογραφικής, σιδηροδρομικής και υδραυλικής διατομής. Όλα τα δεδομένα που εισάγονται, οι υπολογισμοί που πραγματοποιούνται, η μεθοδολογία που ακολουθείται και τα αποτελέσματα εμφανίζονται στο σχέδιο και στις αναφορές του προγράμματος. Η βασική λειτουργία του προγράμματος είναι η σχεδίαση του διαγράμματος Bruckner, το οποίο διαμορφώνεται από τον χρήστη και μπορεί να εκτυπωθεί ή να εισαχθεί σε πίνακα.

2.5 Πρόγραμμα «ΟΔΟΠΟΙΪΑ TESSERA»

Το πρόγραμμα «ΟΔΟΠΟΙΪΑ TESSERA» αποτελεί λογισμικό μελέτης και προμέτρησης έργων οδοποιίας από την εταιρεία “Anadelta Software”. Είναι ιδιαίτερα εύκολο και απλό στον χειρισμό και έχει μεγάλη ταχύτητα. Αποτελείται από τις τέσσερις βασικές ενότητες, αυτή του σχεδίου της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής, των διατομών και του τρισδιάστατου προτύπου.

Η οριζοντιογραφία περιέχει το ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συνδυάζει πολλά ψηφιακά πρότυπα – επίπεδα, και παρόλα αυτά να λαμβάνει ταχύτατους υπολογισμούς. Ως προς τη χάραξη της οριζο-ντιογραφίας παρέχεται η δυνατότητα εργασίας με πολλούς οδικούς άξονες ταυτόχρονα, καθώς και η χρήση της κλωθοειδούς γραμμής, της κυβικής παραβολής και της ωοειδούς καμπύλης. Όσον αφορά στη μηκοτομή στο πρόγραμμα υποστηρίζεται η δημιουργία πολλαπλών μηκοτομών – λύσεων για το ίδιο έργο. Παρέχεται η δυνατότητα της γραφικής εισαγωγής των κορυφών και ιδιαίτερη ευκολία στη δημιουργία καταρράκτη. Και οι τυπικές διατομές μπορούν να οριστούν γραφικά, να δεχθούν μαζική επεξεργασία έχοντας μια αντιμετώπιση ενός συνόλου και όχι ως κάτι μεμονωμένο, και βέβαια υπάρχει μια πλήρης παραμε-τροποίηση και τυποποίηση των εργασιών.

2.6 Πρόγραμμα «Inroads»

Το πρόγραμμα «Inroads» αναπτύσσεται από την εταιρεία Intergraph στις Η.Π.Α και σύμφωνα με την εταιρεία αποτελεί το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα σχεδιασμού παγκοσμίως [18]. 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.

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 οποιουσδήποτε κανονισμούς χάραξης. Για το λόγο αυτό το «Inroads» συνεργάζεται με άλλα προγράμματα που εξάγουν αρχεία με κανονισμούς και χρησιμοποιούνται αυτόματα. Έτσι, καλύπτει αυτήν την αδυναμία και ταυτόχρονα τη μεταφράζει σε πλεονέκτημα, προσφέροντας στον χρήστη περισσότερες ελευθερίες.

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

γραμμές, περίγραμμα εδάφους κ.α. Υπάρχουν δύο τρόποι σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει ευθύγραμμο ή καμπύλο στοιχεία με κανένα, ένα ή δύο βαθμούς ελευθερίας, τα οποία τοποθετεί χαράσσοντας με ακρίβεια την οριζοντιογραφία της οδού, κάτι που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν υπάρχει περιορισμός χώρου κ.τ.λ. Ο άλλος τρόπος είναι ο χρήστης να τοποθετήσει την πολυγωνική γραμμή γραφικά στο πρότυπο εδάφους που έχει δημιουργηθεί και στη συνέχεια να τοποθετήσει τα διάφορα στοιχεία της χάραξης, δηλαδή τα τόξα, τις κλωθοειδείς γραμμές κ.ά. στη θέση που αυτός επιθυμεί. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο χρήστης να έχει πραγματοποιήσει τους υπολογισμούς και να έχει εισάγει τις απαραίτητες παραμέτρους, κάτι που μπορεί να χαρακτηριστεί και ως μειονέκτημα, αφού είναι ιδιαίτερα χρονοβόρο. Η μηκοτομή του εδάφους προκύπτει από τον συνδυασμό της οριζοντιογραφίας και του προτύπου του 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 τα κυκλικά τόξα και τα άλλα στοιχεία της χάραξης της μηκοτομής.

Ακόμα το «Inroads» έχει τη δυνατότητα της τρισδιάστατης απεικόνισης της οδού με την βοήθεια εργαλείων που διαθέτει το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει το τρισδιάστατο σχέδιο από την οπτική γωνία ενός οδηγού οπότε μπορεί να οδηγήσει τον δρόμο εικονικά. Με το πρόγραμμα «Inroads» μπορούν να σχεδιαστούν τυπικές διατομές της οδού, τυπικές διατομές σε τμήμα αυτής και συνθετότερες διατομές με εισαγωγή πεζοδρομίων, ερεισμάτων, τάφρων και άλλων στοιχείων. Τέλος ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει και να σχεδιάσει τις κλίσεις των πρανών και τις

επικλίσεις των διατομών, να ασκηθεί ένας έλεγχος της κατάστασης ενός υφιστάμενου οδοστρώματος και ακόμα παρέχονται εργαλεία ογκομέτρησης και εξέτασης των υδρολογικών στοιχείων του μοντέλου εδάφους.

2.7 Πρόγραμμα MX-ROAD

Το πρόγραμμα MX της Intrasoftware 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 τη δυνατότητα εφαρμογής του σε προσωπικούς υπολογιστές με αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των χρηστών του προγράμματος. Το MOSS, γνωστό πλέον ως MX, χωρίζεται σε 4 υποπρογράμματα :

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

Το πρόγραμμα MXROAD χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό μιας οδού, από τη διαδικασία της εισαγωγής των δεδομένων εδάφους μέχρι την παραγωγή σχεδίων και αναφορών. Αρχικά δημιουργείται το ψηφιακό πρότυπο του εδάφους με την εισαγωγή συντεταγμένων από αρχεία δεδομένων και από ψηφιοποίηση χαρτών. Στη συνέχεια ακολουθεί η χάραξη της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής και η γενικότερη

σχεδίαση της οδού. Αφού γίνει η χάραξη της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής πραγματοποιούνται η κατασκευή της τυπικής διατομής, το διάγραμμα των επικλίσεων με βάση κανονισμούς, οι απαιτούμενες διαπλατύνσεις και ο σχεδιασμός των ερεισμάτων. Ακόμα παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη για τον σχεδιασμό ισόπεδων κόμβων, τον σχεδιασμό πεζοδρομίων και κρασπέδων, για την ανάλυση του σχεδιασμού της οδού και την επεξεργασία των διατομών, καθώς και τον σχεδιασμό των οδοστρωμάτων και της εδαφικής στρώσης.

Το MXROAD παρουσιάζει ένα σημαντικό πλεονέκτημα καθώς όλα τα στοιχεία του δημιουργούνται σε τρεις διαστάσεις. Έτσι είναι ευκολότερη για τον χρήστη ο σχεδιασμός μιας οδού, αφού τα στοιχεία τοποθετούνται αμέσως στη φυσική τους θέση στο χώρο. Όσο αφορά στον τρόπο σχεδίασης είναι ο ίδιος με αυτόν της χάραξης του άξονα οδού, δηλαδή ο μηχανικός σχεδιάζει με τα στοιχεία που επιθυμεί κάθε επιμέρους τμήμα της οδού, ώστε να προκύψει το οδικό δίκτυο στο σύνολό του, με την κύρια και τις δευτερεύουσες οδούς, ακόμα και τους παράδρομους.

2.8 Συμπεράσματα

Τα περισσότερα προγράμματα που υπάρχουν στην αγορά είναι προγράμματα που βοηθούν τη σχεδίαση επιμέρους στοιχείων χάραξης. Οι μελέτες οδοποιίας σε όλα τους τα στάδια, εκπονούνται κατά κανόνα με τη βοήθεια πακέτων λογισμικού μέσω σχεδιαστικών προγραμμάτων σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Με την εξέλιξη της πληροφορικής και

την ευχρηστία που χαρακτηρίζει τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα σε επίπεδο λογισμικού, δίνεται η δυνατότητα μεγάλου ποσοστού αυτοματοποίησης της διαδικασίας υπολογισμού και σχεδίασης κατά τη μελέτη ενός ή περισσότερων οδικών τμημάτων. Η χρήση των λογισμικών πακέτων προσφέρει πιο ακριβή αποτελέσματα και σχέδια σε μικρότερο χρόνο και κατά συνέπεια η αποδοχή τους είναι ευρύτερη.

Οι δυνατότητες των παραπάνω προγραμμάτων είναι παρόμοιες. Η λογική που ακολουθείται κατά τη διαδικασία της μελέτης μίας οδού με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι κοινή για όλα τα προγράμματα. Πέρα από τη μελέτη οδικών τμημάτων τα περισσότερα από αυτά τα προγράμματα παρέχουν τη δυνατότητα μελέτης υδραυλικών έργων, σιδηροδρομικών χαράξεων και μελετών αεροδρομίων. Όσον αφορά στη μελέτη οδικών κόμβων, ξεχωριστές δυνατότητες που αφορούν μόνο ισόπεδους κόμβους προσφέρουν το «Inroads» και το «MX-MOSS» με τα προγράμματα “Rids” και “MXROAD” αντίστοιχα.

Σε γενικές γραμμές μπορεί να ειπωθεί ότι οι περισσότερες σχεδιαστικές εργασίες ενός Πολιτικού Μηχανικού τείνουν προς την αυτοματοποίηση. Οι προσπάθειες επικεντρώνονται κυρίως σε γενικές περιπτώσεις και όχι σε εξειδικευμένες κατασκευές οδικών τμημάτων, όπως είναι οι ισόπεδοι και οι ανισόπεδοι κόμβοι ή οι ανακάμπτοντες ελιγμοί. Η αυτοματοποίηση ακόμα και αυτών, θα εξυπηρετούσε τον πολιτικό μηχανικό, κυρίως ως προς την αντιμετώπιση της χρονικής διάρκειας της μελέτης ενός έργου.

Συγκεκριμένα σε ό,τι αφορά τη χάραξη των ανακαμπτόντων ελιγμών δεν υπάρχει κάποιο λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή που να επιτρέπει την άμεση σχεδίασή του. Ο μόνος τρόπος σχεδίασής του με τη βοήθεια ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι μέσω κάποιου

σχεδιαστικού προγράμματος και με τη χρήση γεωμετρικών κατασκευών, ακολουθώντας βήμα προς βήμα τη διαδικασία που ακολουθείται και στη σχεδίαση στο χαρτί, κάτι που δεν εξοικονομεί χρόνο. Για το λόγο αυτό κρίνεται χρήσιμη η ανάπτυξη ενός λογισμικού με το οποίο θα επιτυγχάνεται όσο το δυνατότερο αυτοματοποιημένος σχεδιασμός των ανακαμπτόνων ελιγμών.

3. Μαθηματική – Γεωμετρική ανάλυση ελιγμού

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται μαθηματικές και γεωμετρικές σχέσεις που εφαρμόστηκαν στην ανάπτυξη του προγράμματος σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας του ελιγμού και της μηκοτομής του.

3.1 Τομή δύο ευθειών

Το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation χρησιμοποιεί ορθοκανονικό σύστημα συντεταγμένων με αρχή το σημείο (0,0). Με βάση αυτό το σύστημα λειτουργούν όλα τα προγράμματα και γίνονται όλοι οι υπολογισμοί. Όλα τα σημεία που υπολογίζονται και όλα τα γεωμετρικά στοιχεία του ελιγμού, τα οποία σχεδιάζονται με βάση αυτά τα σημεία, βρίσκονται με σχετικές συντεταγμένες.

Οι οριζοντιογραφικές κλίσεις δίνονται από τη σχέση:

$$S_{12} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (3.1)$$

$$S_{23} = \frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2}, \quad (3.2)$$

όπου A (x₁,y₁) , B (x₂,y₂) τα δύο άκρα του ενός ευθύγραμμου τμήματος και B (x₂,y₂) , Γ (x₃,y₃) τα δύο άκρα του άλλου ευθύγραμμου τμήματος.

Οι συντεταγμένες (X₀,Y₀) του σημείου τομής δύο ευθειών δίνονται από τις σχέσεις:

$$X_0 = \frac{Y_3 + Y_2 - s_{23} * (X_3 + X_2) - (Y_2 + Y_1) + s_{12} * (X_2 + X_1)}{2 * (s_{12} - s_{23})} \quad (3.3)$$

$$Y_0 = s_{34} * X_0 + \frac{Y_3 + Y_2 - s_{34} * (X_3 + X_2)}{2} \quad (3.4)$$

Η γωνία α που σχηματίζουν οι δύο άξονες δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha = \frac{\arctan(s_{12}) - \arctan(s_{23})}{\pi} \quad (3.5)$$

Είναι προφανές ότι οι παραπάνω σχέσεις δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση που ο ένας από τους δύο άξονες ταυτίζεται με τον κατακόρυφο άξονα y (δηλαδή αν $x_1 = x_2$ ή $x_2 = x_3$). Στην περίπτωση αυτή λαμβάνεται από το πρόγραμμα η αντίστοιχη κλίση του άξονα ως μια μεγάλη τιμή που μπορεί να θεωρηθεί άπειρη και οι υπολογισμοί συνεχίζονται με τη γωνία που σχηματίζει η κατακόρυφη ευθεία και θεωρείται ελάχιστα μικρότερη των 90° . Όλες οι συντεταγμένες των σημείων που υπολογίζονται για τη λειτουργία του προγράμματος προκύπτουν ως προς καρτεσιανό σύστημα αναφοράς. Επειδή τα τμήματα της κλωθοειδούς γραμμής του ελιγμού δίνονται από πίνακες με συντεταγμένες που έχουν ως αρχή το σημείο M του ελιγμού και το πρόγραμμα Microstation έχει αυτόνομο σύστημα συντεταγμένων, έπρεπε οι συντεταγμένες όλων των σημείων να τροποποιηθούν με βάση αυτό το σύστημα. Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις μετατροπής των απόλυτων συντεταγμένων ενός σημείου σε σχετικές συντεταγμένες:

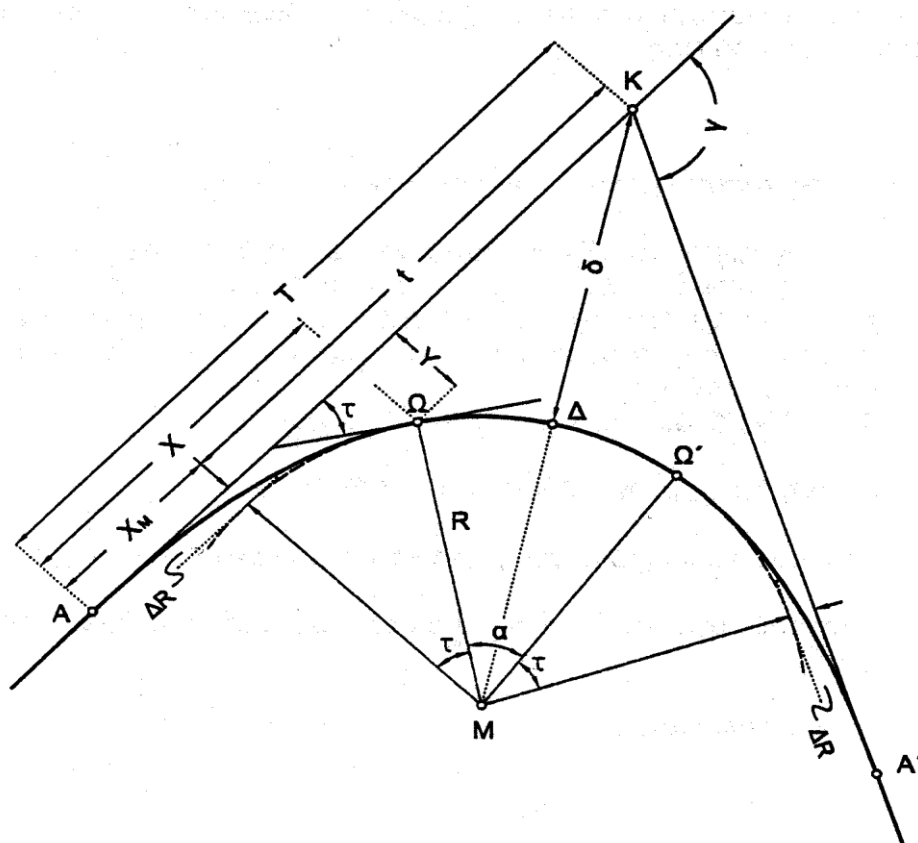
$$X = X_0 + X' * \cos(\alpha) - Y' * \sin(\alpha) \quad (3.6)$$

$$Y = Y_0 + X' * \sin(\alpha) + Y' * \cos(\alpha) \quad (3.7)$$

όπου X, Y οι συντεταγμένες στο σύστημα του προγράμματος του τυχαίου σημείου με συντεταγμένες X', Y' ως προς σύστημα Oxy με αρχή το σημείο X_0, Y_0 και α η γωνία στροφής του συστήματος Oxy - που είναι το ορθοκανονικό σύστημα του Microstation.

3.2 Γεωμετρία της κλωθοειδούς

Όλες οι κλωθοειδείς καμπύλες είναι γεωμετρικώς όμοιες. Η γεωμετρία της κλωθοειδούς φαίνεται στο σχήμα 3.1 και ισχύουν οι παρακάτω γεωμετρικές σχέσεις.



Σχήμα 3.1 Γεωμετρία της κλωθοειδούς

Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των στοιχείων των κλωθοειδών γραμμών που σχεδιάζονται στην οριζοντιογραφία παρουσιάζονται παρακάτω. Οι παράμετροι των κλωθοειδών είναι Α, οι ακτίνες R και οι γωνίες γ [1].

$$\blacksquare \text{ Μήκος κλωθοειδούς } L = \frac{A^2}{R} \quad (3.8)$$

$$\blacksquare \tau = \frac{L}{2 * R} \quad (3.9)$$

$$\blacksquare X = L - \frac{L^3}{40 * R^2} + \frac{L^5}{3456 * R^4} \quad (3.10)$$

$$\blacksquare Y = \frac{L^2}{R} * \left(\frac{1}{6} - \frac{L^2}{336 * R^2} + \frac{L^4}{42240 * R^4} \right) \quad (3.11)$$

$$\blacksquare X_M = X - R * \sin(\tau) \quad (3.12)$$

$$\blacksquare \Delta R = Y - R * (1 - \cos(\tau)) \quad (3.13)$$

$$\blacksquare d_1 = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_1}{\sin(\gamma \mp)} \quad (3.14)$$

$$\blacksquare d_2 = \frac{\Delta R_1 - \Delta R_2}{\sin(\gamma \mp)} \quad (3.15)$$

$$\blacksquare t_1 = (R + \Delta R_1) * \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \quad (3.16)$$

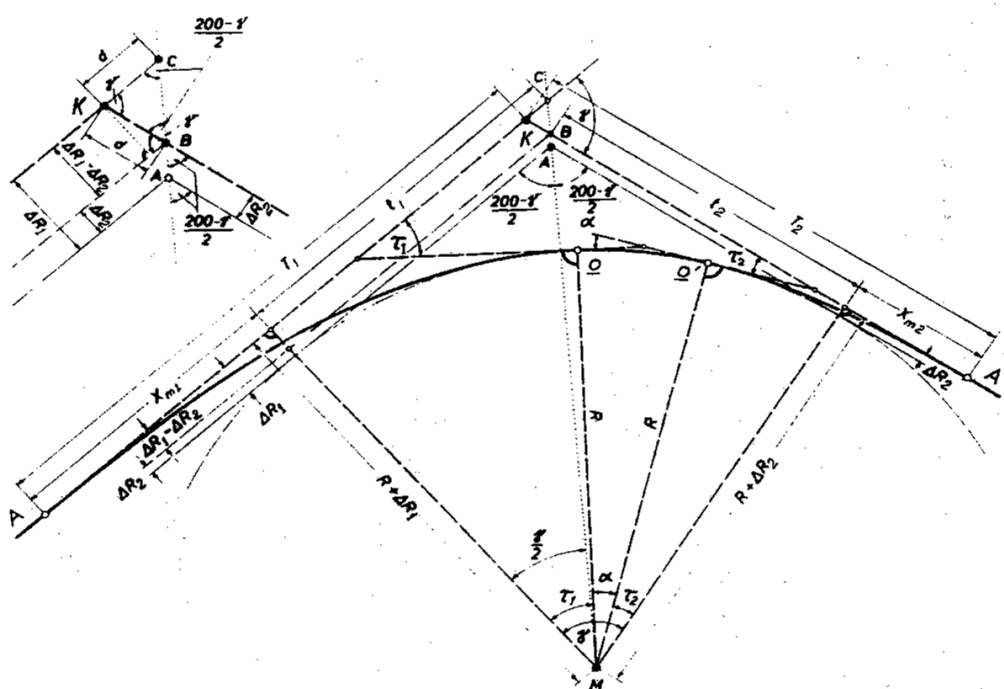
$$\blacksquare t_2 = (R + \Delta R_2) * \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \quad (3.17)$$

$$\blacksquare T_1 = t_1 + d_1 - X_{M1} \quad (3.18)$$

$$\blacksquare T_2 = t_2 + d_2 - X_{M2} \quad (3.19)$$

$$\blacksquare \text{ Μήκος κυκλικού τόξου } \Omega_1 \Omega_2 = R * (\gamma - \tau_1 - \tau_2) \quad (3.20)$$

$$\blacksquare \text{ Μήκος καμπύλης } A_1 \Omega_1 \Omega_2 A_2 = L_1 + L_2 + \Omega_1 \Omega_2 \quad (3.21)$$



Σχήμα 3.2 Χάραξη με μη συμμετρικά τόξα συναρμογής

3.3 Υπολογισμός τόξου στρογγύλευσης μηκοτομής

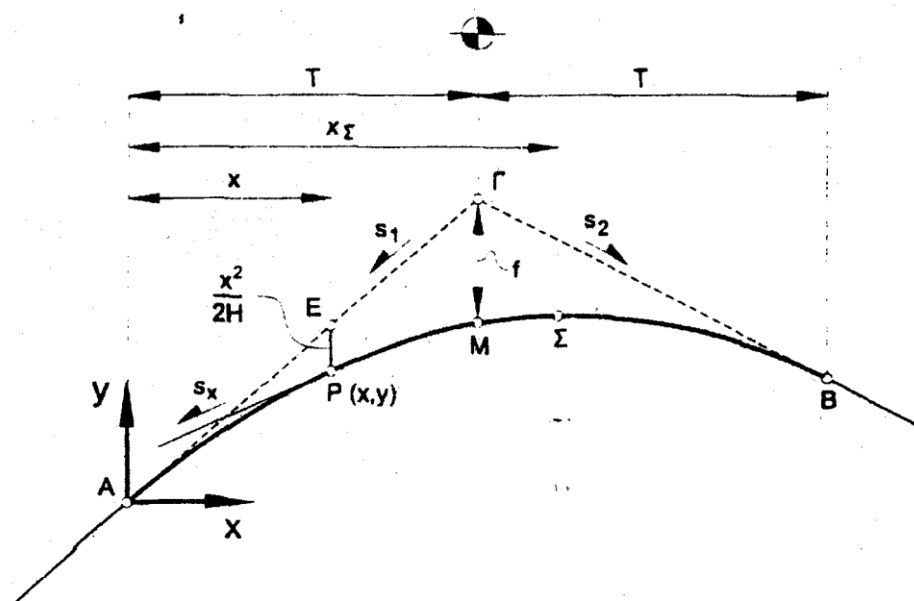
Οι σχέσεις ως προς το σύστημα συντεταγμένων, το οποίο φαίνεται στο σχήμα, που χρησιμοποιούνται για τα τόξα τετραγωνικής παραβολής είναι οι εξής:

$$\blacksquare \quad y = s_1 * x - \frac{x^2}{2 * H} \quad (3.22)$$

εξίσωση τετραγωνικής παραβολής

όπου : s_1 = η κατά μήκος κλίση της εφαπτομένης που λαμβάνεται
θετική για την ανωφέρεια και αρνητική για την
κατωφέρεια.

H = η ακτίνα καμπυλότητας στην κορυφή της παραβολής



Σχήμα 3.3 Χάραξη τόξου στρογγύλευσης με χρήση τετραγωνικής παραβολής

$$\blacksquare \quad s_x = s_1 - \frac{x}{H} \quad (3.23)$$

κλίση της εφαπτομένης της καμπύλης σε τυχαίο σημείο P(x,y)

$$\blacksquare \quad x_\Sigma = s_1 * H \quad (3.24)$$

οριζόντια απόσταση της κορυφής της τετραγωνικής παραβολής από την αρχή της.

$$\blacksquare \quad T = \frac{H}{2} * \Delta s \quad (3.25)$$

$$\blacksquare \quad f = \frac{T^2}{2 * H} \quad (3.26)$$

$$\blacksquare \quad \Delta s = |s_1 - s_2| \quad (3.27)$$

Ανωφέρεια: θετικά (+s₁, +s₂)

Κατωφέρεια: αρνητικά (-s₁, -s₂)

s₁, s₂ [%] : κατά μήκος κλίσεις των εφαπτομένων

- s_x [%] : κατά μήκος κλίση της μηκοτομής (ερυθράς γραμμής) σε τυχαίο σημείο του τόξου στρογγύλευσης
- y (m) : τεταγμένη σε τυχαίο σημείο του τόξου στρογγύλευσης
- f (m) : απόσταση από το σημείο τομής εφαπτομένων μέχρι το τόξο στρογγύλευσης

3.4 Επικλίσεις

Κατά το Ελληνικό Σχέδιο 103/1.Ε λαμβάνονται τιμές $q_0 = 2.0$ % για την επίκλιση επί της ευθυγραμμίας και $q_k = 8.0$ % για την επίκλιση επί του κυκλικού τόξου. Χρησιμοποιούνται, επίσης, οι παρακάτω σχέσεις υπολογισμού των αποστάσεων των διατομών και των κλίσεων των οριογραμμών.

$$z = \frac{b * q_0}{\max K} \quad (3.28)$$

ελάχιστο μήκος επί της ευθυγραμμίας όπου έχουμε δικλινή διατομή

q_0 (%) = 2.0 επίκλιση στην ευθυγραμμία

b (m) = η απόσταση των οριογραμμών (πλάτος διατομής)

$\max K$ = μέγιστη κλίση K της οριογραμμής και δίνεται από πίνακες για κάθε v_e .

Το ελάχιστο απαιτούμενο ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ δύο αντίρροπων καμπυλών δίνεται από τη σχέση:

$$z = \frac{b * q_0}{\max K_1} + \frac{b * q_0}{\max K_2} \quad (3.29)$$

Για το μήκος επί της κλωθοειδούς γραμμής που απαιτείται για την εξίσωση της επίκλισης σε 2% μονοκλινή είναι:

$$(A_1b_1) = \frac{L * 2\%}{8\%} \quad (3.30)$$

Τέλος για να υπάρχει εξασφάλιση της επαρκούς απορροής των ομβρίων υδάτων από το οδόστρωμα, θα πρέπει να υπάρχει διαφορά της κατά μήκος κλίσης της οδού s (%) και της κλίσης υπερύψωσης Δs (%) της οριογραμμής του οδοστρώματος ως προς τον άξονα. Έτσι,

$$\Delta s = \frac{q_e - q_a}{L_r} * \alpha \quad (3.31)$$

όπου Δs (%) = η κλίση της υπερύψωσης

q_e (%) = η επίκλιση του οδοστρώματος στο τέλος του τόξου συναρμογής

q_a (%) = η επίκλιση του οδοστρώματος στην αρχή του τόξου συναρμογής (τίθεται με αρνητικό πρόσημο όταν έχει αντίθετη κατεύθυνση προς την q_e)

L_r (m) = το μήκος συναρμογής της επίκλισης

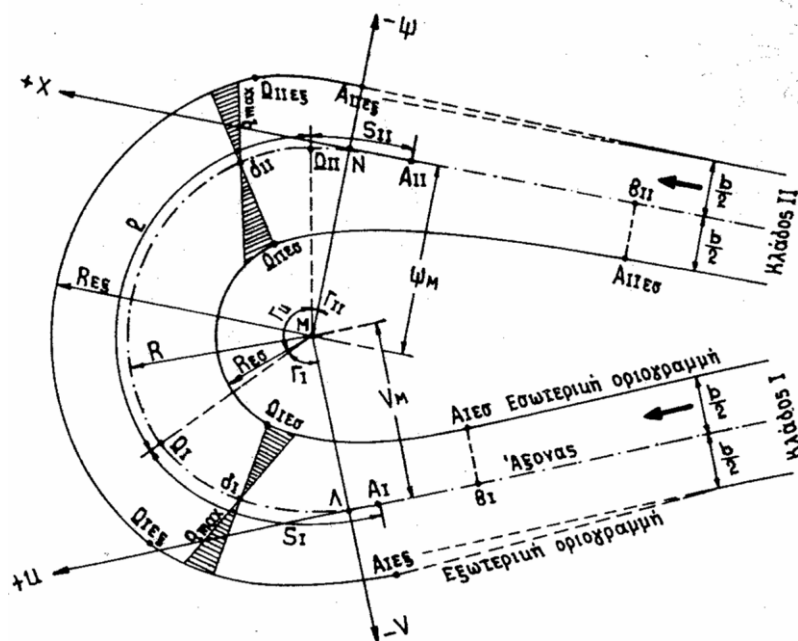
α (m) = η απόσταση της οριογραμμής του οδοστρώματος από τον άξονα περιστροφής

και ακόμα ο έλεγχος της σύνθετης κλίσης, που δίνεται από τη σχέση :

$$s - \Delta s > 0.5 \% \quad (3.32)$$

3.5 Βασικές σχέσεις υπολογισμού στοιχείων ελιγμού

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σχέσεις υπολογισμού των βασικών στοιχείων που απαιτούνται για τη χάραξη της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και των επικλίσεων. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε πως τα στοιχεία τα οποία λαμβάνονται από τους πίνακες για κάθε τύπο ελιγμού και θεωρούνται ως δεδομένα είναι οι ακτίνες των κυκλικών τόξων R , $R_{\varepsilon\sigma}$, $R_{\varepsilon\xi}$, οι αποστάσεις του σημείου M από τους δύο άξονες των δύο κλάδων V_M , y_M , τα μήκη των τμημάτων των κλωθοειδών γραμμών S_I και S_{II} καθώς και οι συντεταγμένες των σημείων A , $A_{\varepsilon\sigma}$, Ω και $\Omega_{\varepsilon\sigma}$ και για τους δύο κλάδους.



Σχήμα 3.4 Χαρακτηριστικά σημεία του ελιγμού

➔ Υπολογισμός γωνιών Γ_I και Γ_{II}

$$\eta\mu(\Gamma_I) = U_{\Omega I} / R \quad (3.33)$$

$$\eta\mu(\Gamma_{II}) = X_{\Omega II} / R \quad (3.34)$$

$$\Gamma_K = 200g + \Gamma' - \Gamma_I - \Gamma_{II} \quad (\text{σε grad}) \quad (3.35)$$

➔ Υπολογισμός μήκους κυκλικού τόξου του ελιγμού

$$(\Omega_I \Omega_{II}) = R * \Gamma_K \quad (\text{σε m}) \quad (3.36)$$

$$(A_I \Omega_I \Omega_{II} A_{II}) = S_I + S_{II} + (\Omega_I \Omega_{II}) \quad (\text{σε m}) \quad (3.37)$$

➔ Υπολογισμός γωνιών ω_I και ω_{II}

$$\eta\mu(\omega_{\delta I}) = U_{\Omega I \varepsilon \sigma} / R_{\varepsilon \sigma} \quad (3.38)$$

$$\eta\mu(\omega_{\delta II}) = X_{\Omega II \varepsilon \sigma} / R_{\varepsilon \sigma} \quad (3.39)$$

$$\omega_I = \omega_{\delta I} - \Gamma_I \quad (\text{σε rad}) \quad (3.40)$$

$$\omega_{II} = \omega_{\delta II} - \Gamma_{II} \quad (\text{σε rad}) \quad (3.41)$$

➔ Υπολογισμός αποστάσεων $\delta_I \Omega_I$, $\delta_{II} \Omega_{II}$ και $\delta_I \delta_{II}$

$$(\delta_I \Omega_I) = \omega_I * R \quad (\text{σε m}) \quad (3.42)$$

$$(\delta_{II} \Omega_{II}) = \omega_{II} * R \quad (\text{σε m}) \quad (3.43)$$

$$(\delta_I \delta_{II}) = -(\delta_I \Omega_I) + (\Omega_I \Omega_{II}) - (\delta_{II} \Omega_{II}) \quad (\text{σε m}) \quad (3.44)$$

Τα μήκη $\delta_I \Omega_I$ και $\delta_{II} \Omega_{II}$ μπορούν να υπολογιστούν και γραφικά από την οριζοντιογραφία του ελιγμού εφόσον αυτή είναι σχεδιασμένη σε κατάλληλη κλίμακα.

➔ Υπολογισμός αποστάσεων $\beta_I A_I$ και $\beta_{II} A_{II}$

Είναι β_I , β_{II} αντίστοιχα των $A_{I \varepsilon \sigma}$ και $A_{II \varepsilon \sigma}$ στον άξονα του ελιγμού.

$$(\beta_I A_I) = U_{A I \varepsilon \sigma} - U_{A I} \quad (\text{σε m}) \quad (3.45)$$

$$(\beta_{II} A_{II}) = X_{A II \varepsilon \sigma} - X_{A II} \quad (\text{σε m}) \quad (3.46)$$

➔ Υπολογισμός αποστάσεων μεταξύ χαρακτηριστικών σημείων
διαγράμματος επικλίσεων

$$\beta_I \delta_I = A_I \Omega_I + \delta_I \Omega_I + \beta_I A_I \quad (\text{σε m}) \quad (3.47)$$

$$\beta_{II} \delta_{II} = A_{II} \Omega_{II} + \delta_{II} \Omega_{II} + \beta_{II} A_{II} \quad (\text{σε m}) \quad (3.48)$$

$$\alpha_I \beta_I = 2 * (\beta_I \delta_I) * 2\%/10\% \quad (\text{σε m}) \quad (3.49)$$

$$\alpha_{II} \beta_{II} = 2 * (\beta_{II} \delta_{II}) * 2\%/10\% \quad (\text{σε m}) \quad (3.50)$$

$$\beta_I \gamma_I = (\beta_I \delta_I) * 2\%/10\% \quad (\text{σε m}) \quad (3.51)$$

$$\beta_{II} \gamma_{II} = (\beta_{II} \delta_{II}) * 2\%/10\% \quad (\text{σε m}) \quad (3.52)$$

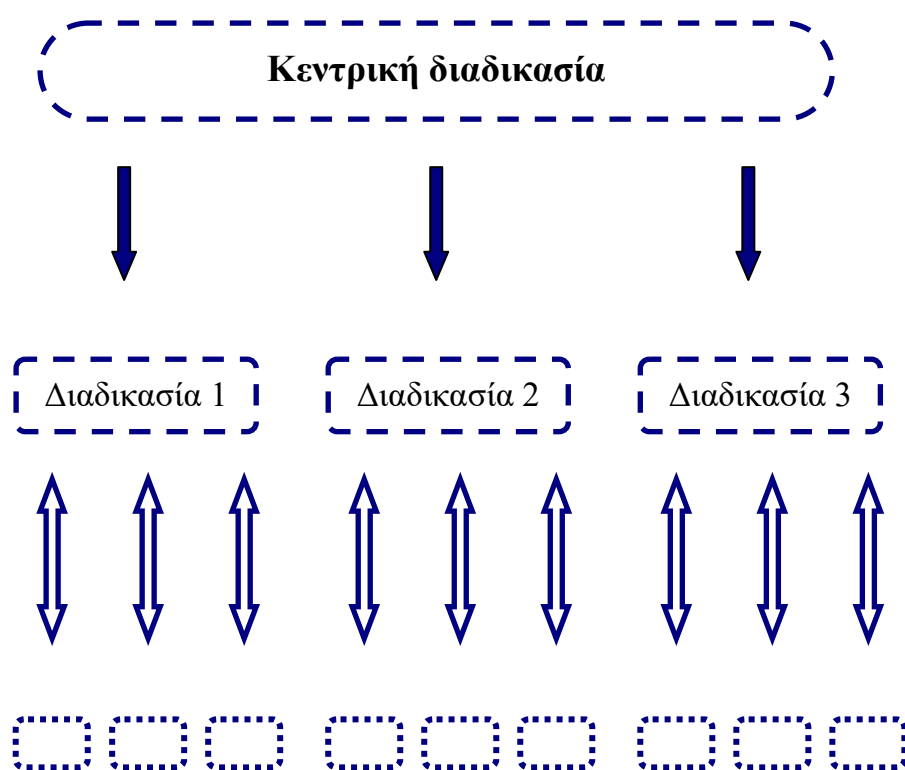
4. Πρόγραμμα σχεδίασης οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διαγράμματος επικλίσεων ανακάμπτουτος ελιγμού

4.1 Προγραμματισμός

4.1.1. Γενική δομή

Η γενική δομή κάθε υποπρογράμματος του λογισμικού σχεδίασης οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και διαγράμματος επικλίσεων είναι κοινή σε όλα και στηρίζεται βασικά στη διαδοχική χάραξη των στοιχείων του ανακάμπτουτος ελιγμού. Πριν αναπτυχθεί η δομή των υποπρογραμμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας θεωρείται αναγκαίο να περιγραφεί η λογική της δόμησης του προγράμματος.

Ο κώδικας ενός προγράμματος σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic ακολουθεί τη λογική του «δομημένου προγραμματισμού», όπως αυτός ορίζεται από τα εγχειρίδια δημιουργίας προγραμμάτων [12]. Ο κώδικας χωρίζεται σε διαδικασίες, οι οποίες πραγματοποιούνται ανεξάρτητα η μία με την άλλη, η μία μέσα από την άλλη και κάποιες υπό ορισμένες συνθήκες. Ο έλεγχος, η κλίση, η εκτέλεση και η διαχείριση αυτών των διαδικασιών γίνεται από μία κεντρική διαδικασία. Επομένως, η δομή του προγράμματος έχει δένδροειδή μορφή και οι διάφορες διαδικασίες πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις επιλογές του χρήστη, οι οποίες προέρχονται πάντα από αυτήν την κεντρική διαδικασία. Ένα τυπικό σχήμα της δομής ενός προγράμματος είναι το παρακάτω :



Σχήμα 4.1 : Δενδροειδές διάγραμμα δομής ενός προγράμματος Η/Υ

Οι παραπάνω διαδικασίες μπορεί να είναι τόσο απλές αριθμητικές πράξεις, όσο και διάφορες εντολές προς τον υπολογιστή για σχεδίαση ή αποθήκευση χρήσιμων πληροφοριών για την εσωτερική λειτουργία των υποπρογραμμάτων. Η λογική της παραπάνω δόμησης πλεονεκτεί σε σχέση με τη λογική μιας δόμησης στην οποία οι διάφορες διαδικασίες θα γίνονταν μόνο διαδοχικά. Πιο συγκεκριμένα ο εντοπισμός των λαθών είναι ευκολότερος, ο κώδικας είναι ευκολότερα αναγνώσιμος και οι διάφορες τροποποιήσεις και επεμβάσεις του χρήστη πραγματοποιούνται ευκολότερα αφού πάντα υπάρχει ο διαχωρισμός του συνόλου του προγράμματος σε ομάδες μακροεντολών [12]. Αντίθετα η διαδοχική ροή λειτουργίας θέτει όλα τα επιμέρους υποπρογράμματα σε μια σειρά και τα

συνδέει όλα μαζί σαν συνεχόμενους κρίκους μιας αλυσίδας. Κάτι τέτοιο θα αντιμετώπιζε το σύνολο των υποπρογραμμάτων σαν ένα ενιαίο πρόγραμμα και θα δυσκόλευε τη δημιουργία και το σωστό έλεγχό του.

Η κεντρική διαδικασία αποτελεί το κυρίως πρόγραμμα. Οι επόμενες διαδικασίες, οι οποίες εμπεριέχονται στην κεντρική, είναι αυτόνομα υποπρογράμματα, όπου το καθένα μπορεί να αποτελείται από πλήθος μακροεντολών. Έτσι, δημιουργείται ένα σύνολο από πτυσσόμενες διαδικασίες – υποπρογράμματα, οι οποίες εμπεριέχουν και εμπεριέχονται σε άλλες, με οδηγό πάντα την κεντρική διαδικασία, η οποία στην ουσία είναι και το πραγματικό λογισμικό.

4.1.2. Αρχές προγραμματισμού

Ο κώδικας, όπως έχει αναφερθεί, είναι η γλώσσα που πρέπει να μιλήσει ο προγραμματιστής, έτσι ώστε να γίνει αντιληπτός από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Κατά την κωδικοποίηση των δεδομένων και των ζητούμενων υπάρχουν κάποιες βασικές αρχές:

➤ Γενικά

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

➤ Μεταβλητές

Στην γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic πρέπει να δηλώνονται όλες 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 δεδομένων (strings) και δεκαδικών αριθμών μεγάλης ακρίβειας (double).

➤ Αριθμητικές πράξεις

Μετά τη δήλωση των μεταβλητών ακολουθούν οι αριθμητικές πράξεις με αυτές τις μεταβλητές. Τα αποτελέσματά τους θα αποτελέσουν τα στοιχεία για τη συνέχιση και εκτέλεση του προγράμματος.

➤ Χάραξη

Η χάραξη πραγματοποιείται αφού ολοκληρωθούν όλοι οι υπολογισμοί κάθε διαδικασίας. Τότε από το σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation χρησιμοποιώντας αυτούς τους υπολογισμούς και καλώντας την αντίστοιχη εντολή μπορεί να εμφανιστεί η χάραξη.

➤ Ανάγνωση του κώδικα

Σε πολλά σημεία του κώδικα υπάρχουν σχόλια τα οποία περιγράφουν τι ακριβώς πραγματοποιεί το πρόγραμμα βήμα προς βήμα. Επίσης μπορεί να περιγράφουν τις μεταβλητές ή ακόμα να δίνουν πληροφορίες για την ομαλή ροή της δημιουργίας του υποπρογράμματος και τη διευκόλυνση του ελέγχου του.

4.1.3. Τεχνικές προγραμματισμού

Ο κώδικας κάθε υποπρογράμματος χωρίζεται σε δύο τμήματα, αυτό της χάραξης και αυτό της μαθηματικής ανάλυσης και των αριθμητικών πράξεων.

♦ Αριθμητικές πράξεις

Στον κώδικα των υποπρογραμμάτων χρησιμοποιούνται σχέσεις και εξισώσεις από τις οποίες προκύπτουν οι παράμετροι που θα λειτουργήσουν ως δεδομένα για το πρόγραμμα του Microstation. Έχοντας αυτά τα δεδομένα μπορούν πλέον να εφαρμοστούν οι σχεδιαστικές εντολές και να προκύψει η χάραξη του σχεδιαστικού μέρους. Τα μόνα θέματα μαθηματικής φύσεως που εμφανίζονται στα υποπρογράμματα είναι ο χειρισμός των συστημάτων αναφοράς και ο χειρισμός των γωνιών από την 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 :

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

.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο χειρισμό των γωνιών εμφανίζεται στο «τόξο εφαπτομένης» (arctan), καθώς η χρησιμοποίησή του απαιτείται πάρα πολλές φορές κατά τη χρήση των συντελεστών ευθειών. Έτσι, αρχικά

υπολογίζεται η τιμή της συνάρτησης atn για το συντελεστή της ευθείας και στην περίπτωση που η τιμή είναι θετική τότε ταυτίζεται με την τιμή της γωνίας κλίσης της ευθείας, ενώ στην περίπτωση που η τιμή είναι αρνητική τότε προστίθεται ο αριθμός « π » (ή 200 grad) και προκύπτει η γωνία κλίσης της ευθείας. Τέλος, εκτός από την ευρεία χρήση των γωνιών και των συντελεστών ευθειών, ένα μεγάλο μέρος των αριθμητικών πράξεων ήταν και οι υπολογισμοί των σχετικών συντεταγμένων ορισμένων χαρακτηριστικών σημείων. Η ανάγκη αυτή οφείλεται στο σταθερό σύστημα συντεταγμένων του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation, που επιβάλλει τη μετατροπή όλων των συντεταγμένων που δίνονται από τους πίνακες των ελιγμών σε σχετικές.

♦ Χάραξη

Η χάραξη στοιχείων, ευθειών, καμπυλών και γενικά των σχεδίων της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και του διαγράμματος των επικλίσεων, καθώς και ο καθορισμός των παραμέτρων, όπως είναι το χρώμα γραμμής, το πάχος γραμμής κ.α., γίνονται με την κλήση εντολών του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation. Οι κυριότερες εντολές επικοινωνίας των υποπρογραμμάτων 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 την 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
- “Place Parallel” παράλληλη αντιγραφή
- “Move” μετακίνηση στοιχείων
- “Rotate” περιστροφή στοιχείων
- “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
- “Lc = k” καθορισμός του είδους της γραμμής με έναν αριθμό k

Ακόμα, χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες εντολές που αφορούν τη μορφοποίηση του κειμένου ορίζοντας ορισμένες από τις ρυθμίσεις του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation :

- “mbssettings.angle = m” καθορισμός της γωνίας που σχηματίζει το κείμενο ως προς το ορθοκανονικό σύστημα συντεταγμένων του προγράμματος ίση με m ακτίνια
- “mbssettings.font = m” καθορισμός της γραμματοσειράς του κειμένου ως m
- “MbeSettIngs.TextjustIfIcatIon = m” καθορισμός της στοίχισης του κειμένου ως προς το σημείο εισαγωγής του.

- ➔ “MbeSettings.TextHeight = m” καθορισμός του ύψους των γραμμάτων του κειμένου σε m
- ➔ “MbeSettings.TextWidth = m” καθορισμός του πλάτους των γραμμάτων του κειμένου σε m

4.1.4. Πρόγραμμα και περιβάλλον εργασίας

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. Το Microstation ως σχεδιαστικό πρόγραμμα επιτρέπει την εξαγωγή αρχείων σε μορφή αναγνώσιμη από το AutoCAD 14+ της AutoDesk. Μέσω του πακέτου αυτού και των δυνατοτήτων προγραμματισμού που προσφέρει μπορεί να δημιουργηθεί ένα εύχρηστο και φιλικό περιβάλλον για τον χρήστη.

Το σύνολο του κώδικα του προγράμματος σχεδιασμού του ανακάμπτωντος ελιγμού αποτελείται από μικρά υποπρογράμματα – μακροεντολές, που είναι αυτόνομα τμήματα κώδικα, τα οποία καλούνται από τον χρήστη μέσω της μπάρας εργασίας και εκτελούν αυτοματοποιημένα μία σύνθετη εργασία στο περιβάλλον εργασίας τους, δηλαδή στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Microstation. Τα υποπρογράμματα αυτά επι-

κοινωνούν μεταξύ τους και δημιουργούν αρχεία κειμένου ASCII*, 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.

4.1.5. «Ελιγμός»

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθούν οι βασικές λειτουργίες του προγράμματος που δημιουργήθηκε κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας και ονομάζεται «Ελιγμός». Όπως έχει αναφερθεί το πρόγραμμα λειτουργεί στο περιβάλλον του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation.

Αρχικά αξίζει να αναφερθούν οι παραδοχές οι οποίες έγιναν, έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα λογικό αποτέλεσμα και μια σωστή σχεδίαση. Το σχέδιο της οριζοντιογραφίας μπορεί πρακτικά να διαχωριστεί σε τρία τμήματα. Το πρώτο και το τρίτο αποτελούν δύο απλά οδικά τμήματα τα οποία βρίσκονται σε δύο κορυφές πολυγωνικής και έχουν από ένα κυκλικό τόξο και τις αντίστοιχες κλωθοειδείς. Το δεύτερο τμήμα είναι αυτό του ελιγμού. Για τον σχεδιασμό αυτών των οδικών τμημάτων είναι αναγκαίο να είναι γνωστές οι τιμές κάποιων στοιχείων. Έτσι, θεωρήθηκε ως γνωστή η ταχύτητα μελέτης και ίση με 50 km/h και με βάση αυτή ορίστηκαν οι οριακές τιμές σύμφωνα με τις Ο.Μ.Ο.Ε. του Ελληνικού Σχεδίου. Έτσι, θεωρείται πως υπάρχει ένα ευρύτερο οδικό δίκτυο και το

* American Standard Code for Information Interchange

πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό μόνο του τμήματος όπου υπεισέρχεται ο ανακάμπτων ελιγμός.

Επομένως ως βασική αρχή το πρόγραμμα απαιτεί να δοθούν τρία (3) σημεία με συντεταγμένες X , Y , Z τα οποία αν ενωθούν σχηματίζουν δύο ευθείες, οι οποίες σχηματίζουν μια γωνία. Στη συνέχεια εισάγονται τα στοιχεία της οριζόντιας και της κατακόρυφης χάραξης για την εξαγωγή των σχεδίων και των απαραίτητων υπολογισμών. Για να υπάρχει ομοιογένεια στα διάφορα σχέδια και αποτελέσματα που εξάγει το πρόγραμμα κατά σύμβαση θα δίνονται οι συντεταγμένες των σημείων με τέτοιο τρόπο, ώστε μετά το οδικό τμήμα που ξεκινάει από το σημείο A να ακολουθεί ο κλάδος Π του ελιγμού, ενώ το οδικό τμήμα του σημείου B να έπεται του κλάδου I . Τα αρχικά σημεία τα οποία εισάγονται και ορίζουν τη πολυγωνική γραμμή της οδού πρέπει να ακολουθούν μόνο τον κανόνα που αναφέρθηκε.

Για το χειρισμό του προγράμματος ο χρήστης καλείται να εισάγει κάποια δεδομένα, κάτι που γίνεται μέσω πλαισίων επικοινωνίας ή διαλόγου (dialog boxes) :

Σχήμα 4.2 : Πλαίσιο επικοινωνίας για εισαγωγή συντεταγμένων σημείων

Ένα τέτοιο πλαίσιο φαίνεται παραπάνω και διακρίνεται στα εξής μέρη :

➤ *Τίτλος προγράμματος*

Εμφανίζεται ο τίτλος του κάθε προγράμματος



Σχήμα 4.3 : Τίτλος προγράμματος

➤ *Θυρίδες εισαγωγής δεδομένων*

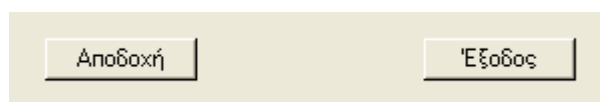
Στις θυρίδες αυτές εισάγονται τα απαραίτητα δεδομένα για να λειτουργήσει το εκάστοτε πρόγραμμα. Σε περίπτωση εισαγωγής λανθασμένων δεδομένων, τότε το πρόγραμμα τερματίζεται και εμφανίζεται μήνυμα λάθους.

ΣΗΜΕΙΟ Β	ΣΗΜΕΙΟ Κ	ΣΗΜΕΙΟ Α
χ_B <input type="text" value="0.000000"/>	χ_K <input type="text" value="300.00000"/>	χ_A <input type="text" value="20.000000"/>
ψ_B <input type="text" value="0.000000"/>	ψ_K <input type="text" value="-50.00000"/>	ψ_A <input type="text" value="-170.0000"/>
z_B <input type="text" value="142.00000"/>	z_K <input type="text" value="130.00000"/>	z_A <input type="text" value="118.00000"/>

Σχήμα 4.4 : Θυρίδες εισαγωγής δεδομένων

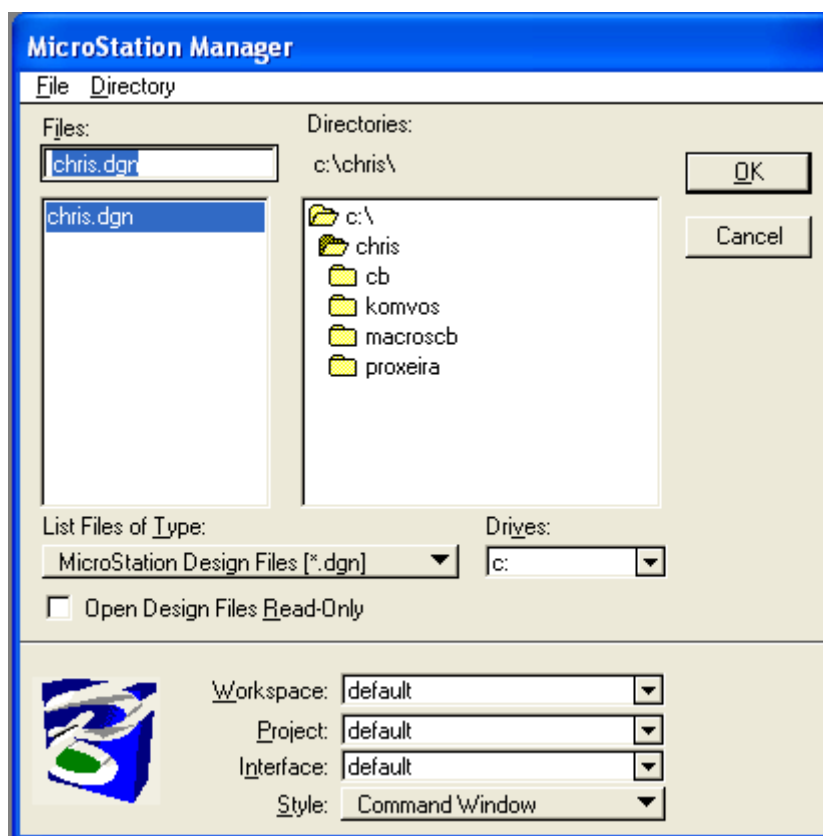
➤ *Πλήκτρα αποδοχής-απόρριψης*

Με το πλήκτρο *Αποδοχή* ο χρήστης αποδέχεται τα δεδομένα που έχει εισάγει και ξεκινά η λειτουργία του συγκεκριμένου προγράμματος. Με το πλήκτρο *Έξοδος* ο χρήστης ακυρώνει τη λειτουργία του προγράμματος χωρίς την πραγματοποίηση εργασιών.



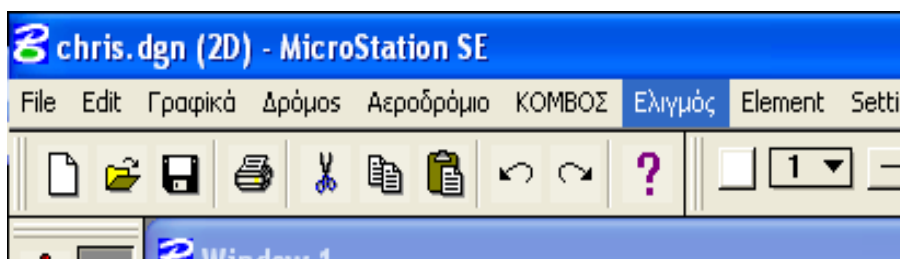
Σχήμα 4.5 : Πλήκτρα αποδοχής-απόρριψης

Για την εκκίνηση του προγράμματος αρχικά ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το πρόγραμμα Microstation και να δημιουργήσει ένα νέο σχέδιο όπου θα σχεδιαστεί από το πρόγραμμα η οριζοντιογραφία, η μηκοτομή και το διάγραμμα των επικλίσεων του ελιγμού. Ο χρήστης επιλέγει το όνομα του σχεδίου όπου θα σχεδιαστεί ο κόμβος καθώς και τον φάκελο που θα αποθηκεύσει το σχέδιο (π.χ. το σχέδιο με την ονομασία chris.dgn θα αποθηκευτεί στο φάκελο c:\chris).



Σχήμα 4.6 : Πλαίσιο επικοινωνίας, Επιλογή σχεδίου

Όταν ο χρήστης μπει στο περιβάλλον του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation μπορεί να επιλέξει το πρόγραμμα της διπλωματικής εργασίας «Ελιγμός», μέσω της μπάρας εργασιών.



Σχήμα 4.7 : Επιλογή προγράμματος ελιγμού

Επιλέγοντας το πρόγραμμα «Ελιγμός» θα αναρτηθεί αμέσως το εικονίδιο όπου εμπεριέχονται οι βασικές λειτουργίες του προγράμματος. Αυτές είναι οι εξής :

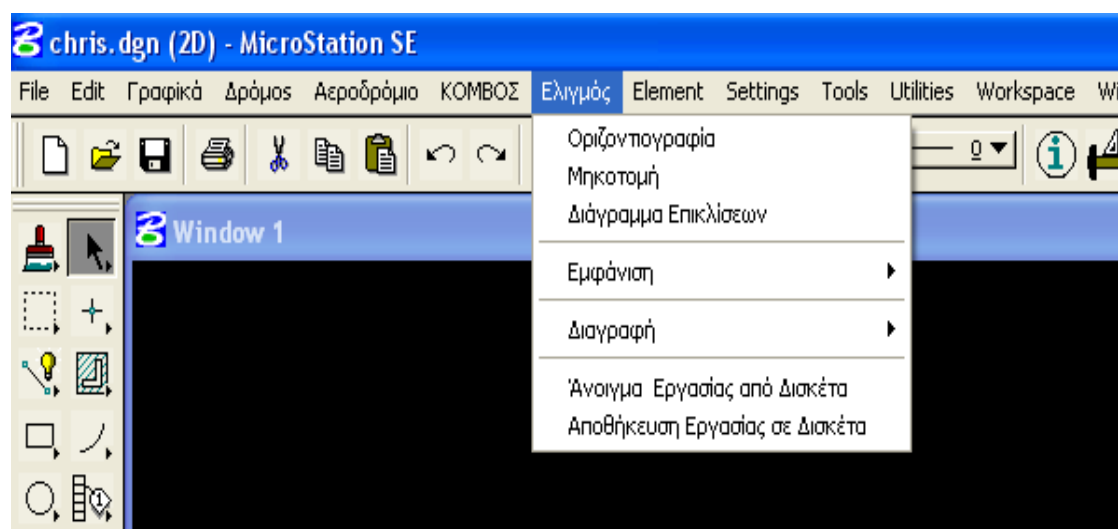
➔ *Οριζοντιογραφία*

Επιλέγοντας το πρόγραμμα “οριζοντιογραφία” ενεργοποιούνται αυτόματα οι εντολές ώστε να σχεδιαστεί η οριζοντιογραφία του ελιγμού. Αρχικά ζητούνται από τον χρήστη η εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων μέσω διαδοχικών πλαισίων επικοινωνίας του προγράμματος με αυτόν. Το πρόγραμμα είναι έτσι δομημένο που να ενημερώνει τον χρήστη σε περίπτωση εισαγωγής υπερβολικών ή λανθασμένων στοιχείων. Μετά την εισαγωγή των δεδομένων με τη βοήθεια των κατάλληλων μακροεντολών γίνονται οι απαραίτητες αριθμητικές πράξεις και υπολογισμοί, ώστε τελικά να καταλήξουμε στο τελικό σχέδιο της οριζοντιογραφίας. Στο σχέδιο που παράγεται από το πρόγραμμα εκτός από τα δύο οδικά τμήματα και τον ελιγμό σημειώνονται τα χαρακτηριστικά σημεία του άξονα της οδού, καθώς και ορισμένες

απαραίτητες πληροφορίες, όπως είναι ο τύπος του ελιγμού, το συνολικό μήκος της οδού και βασικά στοιχεία των κυκλικών τόξων και των κλωθοειδών γραμμών.

➔ Μηκοτομή

Επιλέγοντας το πρόγραμμα “μηκοτομή” ενεργοποιούνται αυτόματα οι εντολές ώστε να σχεδιαστεί η μηκοτομή του ελιγμού. Και για την εκτέλεση αυτού του προγράμματος απαιτούνται ορισμένα δεδομένα από τον χρήστη. Στο σχέδιο του διαγράμματος της μηκοτομής φαίνονται η ερυθρά γραμμή, τα υψόμετρα ερυθράς, οι διατομές και οι αποστάσεις μεταξύ τους, η χιλιομετρική θέση των διατομών με αφετηρία πάντα το σημείο Α και οι κατά μήκος κλίσεις της οδού. Και στο πρόγραμμα της μηκοτομής ο χρήστης ενημερώνεται για λανθασμένη εισαγωγή δεδομένων, και επίσης το πρόγραμμα εκτελεί και όλους τους απαραίτητους ελέγχους, ώστε να τηρούνται οι κανονισμοί και να σχεδιαστεί μια σωστή μηκοτομή.



Σχήμα 4.8 : Το πρόγραμμα «Ελιγμός»

➔ *Διάγραμμα επικλίσεων*

Επιλέγοντας το πρόγραμμα “*διάγραμμα επικλίσεων*” ενεργοποιούνται αυτόματα οι εντολές ώστε να σχεδιαστεί το διάγραμμα επικλίσεων του ελιγμού. Για την εκτέλεση αυτού του προγράμματος δεν απαιτείται καμιά πληροφορία από τον χρήστη. Στο σχέδιο του διαγράμματος των επικλίσεων φαίνονται οι επικλίσεις των οριογραμμών του οδοστρώματος, τα υψόμετρα του άξονα, τα υψόμετρα της αριστερής οριογραμμής, τα υψόμετρα της δεξιάς οριογραμμής, οι διατομές και οι αποστάσεις μεταξύ τους, η χιλιομετρική θέση των διατομών και η μορφή των διατομών των χαρακτηριστικών σημείων. Το πρόγραμμα με την ολοκλήρωση της σχεδίασης του διαγράμματος των επικλίσεων τελεί τον έλεγχο της λοξής κλίσης κατά μήκος της οδού και τον έλεγχο της κλίσης υπερύψωσης.

➔ *Εμφάνιση*

Επιλέγοντας το πρόγραμμα “*εμφάνιση*” δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να δει ένα ή όλα τα σχέδια που έχουν προκύψει από τα προγράμματα που έχει ήδη εκτελέσει. Μέσω ενός πτυσσόμενου μενού καλείται να διαλέξει ποιο από τα σχέδια της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής, του διαγράμματος των επικλίσεων ή όλων των παραπάνω θέλει να εμφανίσει.

➔ *Διαγραφή*

Επιλέγοντας το πρόγραμμα “*διαγραφή*” δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να διαγράψει ένα ή όλα τα σχέδια που έχουν προκύψει από τα προγράμματα που έχει ήδη εκτελέσει. Μέσω ενός κυλιόμενου καταλόγου καλείται να διαλέξει ποιο από τα σχέδια της οριζοντιογραφίας, της

μηκοτομής, του διαγράμματος των επικλίσεων ή όλων των παραπάνω θέλει να διαγράψει.

➔ *Άνοιγμα εργασίας από δισκέτα*

Το πρόγραμμα «Ελιγμός» δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να εκτελέσει ή να τροποποιήσει μια εργασία που έχει ήδη γίνει. Έτσι, εάν έχει αποθηκεύσει σε μια δισκέτα τα απαραίτητα αρχεία τα οποία δημιουργεί το πρόγραμμα και σε αυτά αποθηκεύονται τα δεδομένα, καθώς και ορισμένα στοιχεία για την εσωτερική λειτουργία του προγράμματος μπορεί να εργαστεί πάνω σε αυτή την εργασία του. Επιλέγοντας το πρόγραμμα “Άνοιγμα εργασίας από δισκέτα” αντιγράφονται από τη δισκέτα στον υποκατάλογο c:\chris\cb\work όλα τα απαραίτητα αρχεία, ώστε το πρόγραμμα να μπορεί να δημιουργήσει τα σχέδια για αυτά τα δεδομένα.

➔ *Αποθήκευση εργασίας σε δισκέτα*

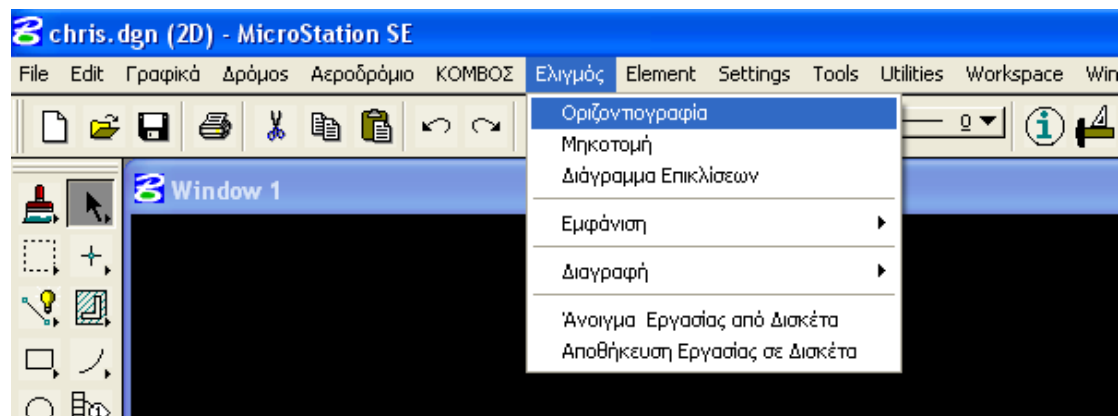
Το πρόγραμμα «Ελιγμός» δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να αποθηκεύσει μια εργασία που έχει εκτελέσει, ώστε όποτε αυτός επιθυμεί να μπορεί να την ξαναεκτελέσει. Έτσι, μπορεί να αποθηκεύσει σε μια δισκέτα τα απαραίτητα αρχεία τα οποία δημιουργεί το πρόγραμμα και σε αυτά αποθηκεύονται τα δεδομένα, καθώς και ορισμένα στοιχεία για την εσωτερική λειτουργία του προγράμματος. Επιλέγοντας το πρόγραμμα “Αποθήκευση εργασίας σε δισκέτα” αντιγράφονται από τον υποκατάλογο c:\chris\cb\work στη δισκέτα όλα τα απαραίτητα αρχεία, ώστε το πρόγραμμα να μπορεί να δημιουργήσει ξανά τα σχέδια για αυτά τα δεδομένα, όταν και εάν το επιθυμήσει ο χρήστης.

4.2 Χειρισμός του προγράμματος από τον χρήστη

4.2.1. Οριζοντιογραφία

Η δημιουργία του προγράμματος σχεδίασης της οριζοντιογραφίας ήταν και η πλέον απαιτητική. Χρειάστηκε η δημιουργία των περισσότερων μακροεντολών και η σύνταξη των περισσότερων γραμμών κώδικα.

Η βασική μακροεντολή που τίθεται αυτόματα σε εφαρμογή με την επιλογή του προγράμματος της οριζοντιογραφίας είναι η data.bas. Μέσα από αυτό προκύπτουν τα πλαίσια διαλόγου και εισαγωγής δεδομένων και σε αυτό γίνονται μερικοί βασικοί υπολογισμοί για τη σχεδίαση της οριζοντιογραφίας.



Σχήμα 4.9 : Το πρόγραμμα οριζοντιογραφία

Επιλέγοντας το πρόγραμμα “οριζοντιογραφία” ζητούνται από τον χρήστη τα πρώτα δεδομένα. Πρέπει να δοθούν από τον χρήστη τρία σημεία που να ορίζουν δύο ευθείες με τέτοια θέση στο χώρο, ώστε η γωνία που να σχηματίζουν να δικαιολογεί τη χρήση ενός ελιγμού. Τα

σημεία δίνονται με μορφή συντεταγμένων, ενώ ζητείται από τον χρήστη και το υψόμετρο του κάθε σημείου, όπως φαίνεται και στο σχήμα.

ΚΛΑΔΟΣ Ι	ΤΟΜΗ	ΚΛΑΔΟΣ ΙΙ
ΣΗΜΕΙΟ Β	ΣΗΜΕΙΟ Κ	ΣΗΜΕΙΟ Α
X _β 0.000000	X _κ 300.00000	X _α 20.000000
Ψ _β 0.000000	Ψ _κ -50.00000	Ψ _α -170.0000
Z _β 142.00000	Z _κ 130.00000	Z _α 118.00000

Αποδοχή Έξοδος

Σχήμα 4.10 : Εισαγωγή σημείων της πολυγωνικής

Επιλέγοντας ο χρήστης “έξοδος” η λειτουργία του προγράμματος ακυρώνεται, ενώ επιλέγοντας “αποδοχή” το πρόγραμμα συνεχίζει με το δεύτερο πλαίσιο εισαγωγής δεδομένων.

Στο δεύτερο πλαίσιο καλείται ο χρήστης να δώσει στο πρόγραμμα στοιχεία για τη θέση του ελιγμού σε σχέση με την οδό. Επειδή θεωρήθηκε δύσκολη η εισαγωγή της πληροφορίας των συντεταγμένων των σημείων τομής της πολυγωνικής με τους άξονες των δύο κλάδων του ελιγμού, προτιμήθηκε προς απλοποίηση του προγράμματος να δίνεται αυτή η πληροφορία έμμεσα, δίνοντας δηλαδή την απόσταση των σημείων τομής πάνω στη γραμμή της πολυγωνικής και τη γωνία γ , που είναι και η γωνία γ για τον υπολογισμό των στοιχείων της κλωθοειδούς καμπύλης κάθε κορυφής. Στη συνέχεια ο χρήστης δίνει την πληροφορία του τύπου

του ελιγμού του οποίου τη σχεδίαση επιθυμεί. Επιλέγοντας “Τύπος” προκύπτει ένας κυλιόμενος κατάλογος επιλογών, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.12.

Εισαγωγή δεδομένων

ΚΟΡΥΦΗ Κ2 ΚΛΑΔΟΥ Ι

Στοιχεία κορυφής Κ2

Απόσταση του Κ2 από το Κ 10.000000

Γωνία γ2 30.000000

ΚΟΡΥΦΗ Κ1 ΚΛΑΔΟΥ ΙΙ

Στοιχεία κορυφής Κ1

Απόσταση του Κ1 από το Κ 10.000000

Γωνία γ1 30.000000

Έξοδος

Αποδοχή

ΕΛΙΓΜΟΣ

Επιλέξτε τον τύπο ελιγμού

Τύπος 6\8

Σχήμα 4.11 : Εισαγωγή στοιχείων για τη χάραξη του ελιγμού

Επιλέγοντας την εντολή “έξοδος” η εφαρμογή του προγράμματος ακυρώνεται, ενώ επιλέγοντας “αποδοχή” το πρόγραμμα συνεχίζει με το επόμενο πλαίσιο εισαγωγής δεδομένων.

Στο τρίτο και τελευταίο πλαίσιο εισαγωγής δεδομένων για τη σχεδίαση της οριζοντιογραφίας ζητούνται από τον χρήστη οι απαραίτητες πληροφορίες για τη σχεδίαση των κυκλικών τόξων και των κλωθοειδών γραμμών του οδικού τμήματος που προηγείται και αυτού που ακολουθεί τον ελιγμό. Αυτές οι πληροφορίες είναι τα μήκη των κλωθοειδών εισόδου και εξόδου και η ακτίνα του κυκλικού τόξου. Επιλέγοντας ο χρήστης “Αποδοχή” γίνονται από το πρόγραμμα όλοι οι υπολογισμοί οι σχετικοί με την κλωθοειδή και υπολογίζονται οι παράμετροι Α, των οποίων οι τιμές εμφανίζονται στο πλαίσιο διαλόγου.

Εισαγωγή δεδομένων

ΚΟΡΥΦΗ Κ2 ΚΛΑΔΟΥ Ι

Στοιχεία κορυφής Κ2

Απόσταση του Κ2 από το Κ

Γωνία γ2

ΚΟΡΥΦΗ Κ1 ΚΛΑΔΟΥ ΙΙ

Στοιχεία κορυφής Κ1

Απόσταση του Κ1 από το Κ

Γωνία γ1

ΕΛΙΓΜΟΣ

Επιλέξτε τον τύπο ελιγμού

Τύπος ▶ 6\8
 6\10
 6\15
 6\20
 6.5\10
 6.5\15
 6.5\20
 7\10
 7\15
 7\20

Σχήμα 4.12 : Επιλογή τύπου ελιγμού

Οποιαδήποτε στιγμή ο χρήστης επιλέξει “Έξοδος” το πρόγραμμα εγκαταλείπει την εφαρμογή. Με την επιλογή του “Τέλος” ολοκληρώνεται η εισαγωγή των δεδομένων της οριζοντιογραφίας και το πρόγραμμα συνεχίζει με τις απαραίτητες αριθμητικές πράξεις και τη σχεδίαση της οριζοντιογραφίας.

Ως προς τη γεωμετρία σχεδίασης του ελιγμού με το πρόγραμμα εξετάζονται δύο βασικές περιπτώσεις

- ➔ Το σημείο Κ βρίσκεται δεξιά του σημείου Α
- ➔ Το σημείο Κ βρίσκεται αριστερά του σημείου Α.

Στη συνέχεια αυτές οι δύο βασικές περιπτώσεις χωρίζονται σε τέσσερις υποπεριπτώσεις η καθεμία, ανάλογα με το συνδυασμό των προσήμων των συντελεστών ευθειών των δύο ευθύγραμμων τμημάτων που αποτελούν την πολυγωνική γραμμή. Ο διαχωρισμός αυτός έγινε με σκοπό

Στοιχεία οριζοντιογραφίας

Κορυφή K1

Μήκος Κλωθοειδούς: 20.00000
 Ακτίνα: 80.00000
 Παράμετρος A: 0.000000

Μήκος Κλωθοειδούς: 20.00000
 Παράμετρος A: 0.000000

Κορυφή K2

Μήκος Κλωθοειδούς: 30.00000
 Ακτίνα: 100.00000
 Παράμετρος A: 0.000000

Μήκος Κλωθοειδούς: 30.00000
 Παράμετρος A: 0.000000

Αποδοχή

Έξοδος

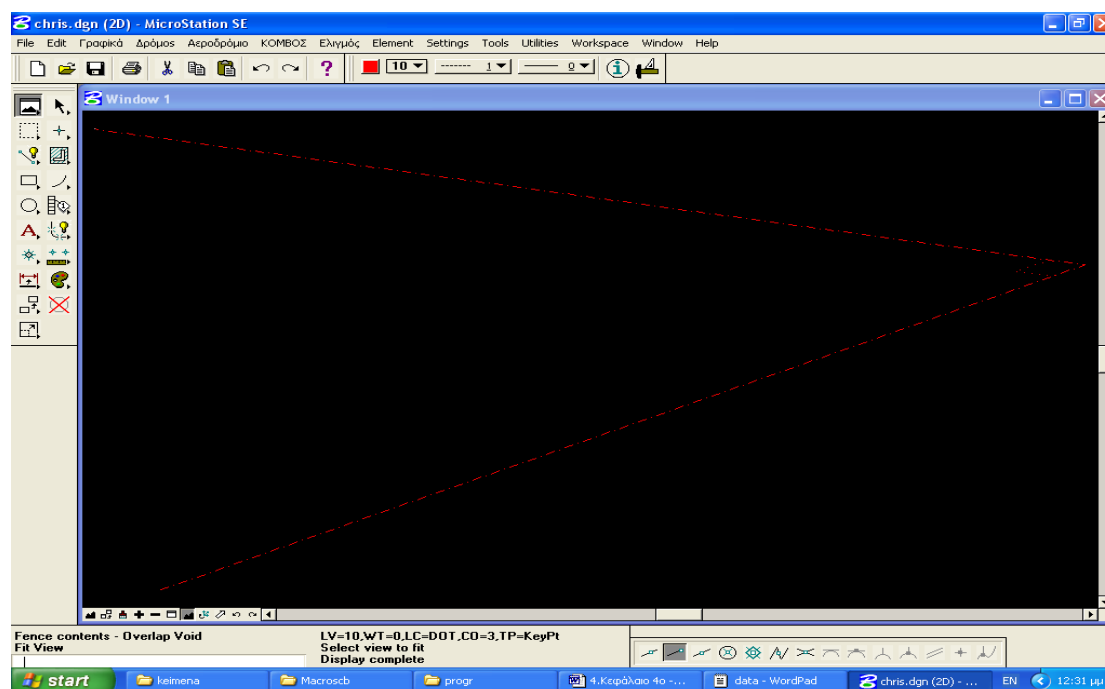
Τέλος

Σχήμα 4.13 : Εισαγωγή στοιχείων για τη χάραξη των κυκλικών τόξων και των κλωθοειδών

τη διατήρηση σταθερών τιμών για τις σχετικές συντεταγμένες των σημείων της κλωθοειδούς κάθε τύπου ελιγμού, και να μην είναι υποχρεωτική η αλλαγή ορισμένων προσήμων κατά τον υπολογισμό τους, ανάλογα με τη θέση της οριζοντιογραφίας.

Μετά και από την κατάταξη σε κάποια από τις περιπτώσεις γίνονται όλοι οι υπολογισμοί οι σχετικοί με τους συντελεστές ευθειών, με τον προσδιορισμό με συντεταγμένες χαρακτηριστικών σημείων – όπως είναι τα K1, K2, το σημείο Γ – και με τους υπολογισμούς των στοιχείων των κλωθοειδών γραμμών.

Με την ολοκλήρωση αυτών των εργασιών μέσω της μακροεντολής data.bas και ανάλογα με τον επιλεγμένο τύπο του ελιγμού καλούνται οι επόμενες μακροεντολές σχεδίασης της οριζοντιογραφίας. Αυτό που έχει προκύψει μέχρι στιγμής είναι το σχέδιο του επόμενου σχήματος. Οι μα-

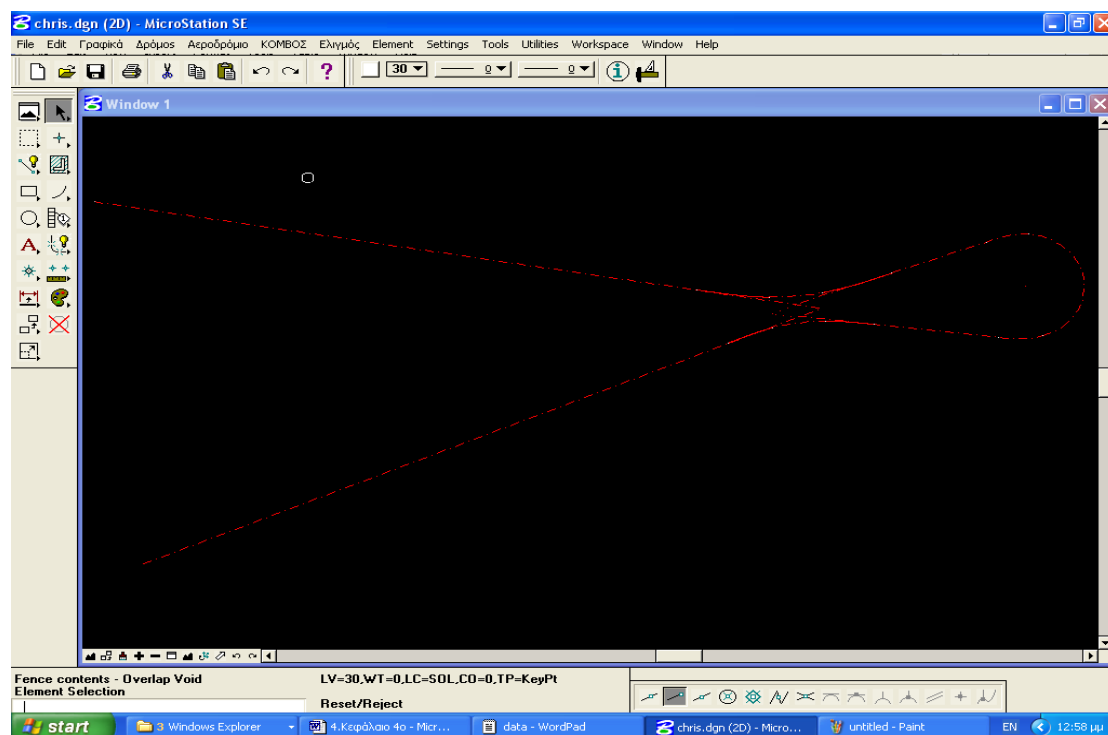


Σχήμα 4.14 : Χάραξη πολυγωνικής γραμμής

κροεντολές που σχεδιάζουν τον άξονα και τις δύο οριογραμμές του σχεδίου της οριζοντιογραφίας έχουν κατηγοριοποιηθεί σε δέκα υποφακέλους, έναν για κάθε τύπο ελιγμού. Οι φάκελοι αυτοί έχουν ως όνομα τον αντίστοιχο τύπο του ελιγμού, π.χ. 7020 για τον ελιγμό 7/20, και περιέχουν από 24 μακροεντολές. Στην πραγματικότητα αυτό το σύνολο των μακροεντολών είναι 8 τριάδες, μία για την κάθε υποπερίπτωση στην οποία μπορεί να ανήκει ο ελιγμός. Αν έτσι, για παράδειγμα, το σημείο K βρίσκεται δεξιά του σημείου A, ο χρήστης έχει επιλέξει τον τύπο ελιγμού 7/20 και ταυτόχρονα ανήκει με βάση τη θέση της πολυγωνικής γραμμής στην πρώτη υποπερίπτωση, το data.bas θα εκτελέσει τις μακροεντολές με όνομα *wind720_1a.bas*, *wind720_1a_left.bas* και *wind720_1a_right.bas*.

Η πρώτη από τις τρεις μακροεντολές χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό του άξονα της οριζοντιογραφίας, όπως φαίνεται και στο

σχήμα 4.15. Με αυτήν τη μακροεντολή σχεδιάζεται στη σειρά ο άξονας του πρώτου οδικού τμήματος, ο ελιγμός και το δεύτερο οδικό τμήμα και σημειώνονται οι θέσεις των χαρακτηριστικών σημείων πάνω στο σχέδιο. Ταυτόχρονα σε αυτήν τη μακροεντολή και πριν το σχεδιαστικό μέρος γίνονται όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί για τον ελιγμό, σύμφωνα με τις

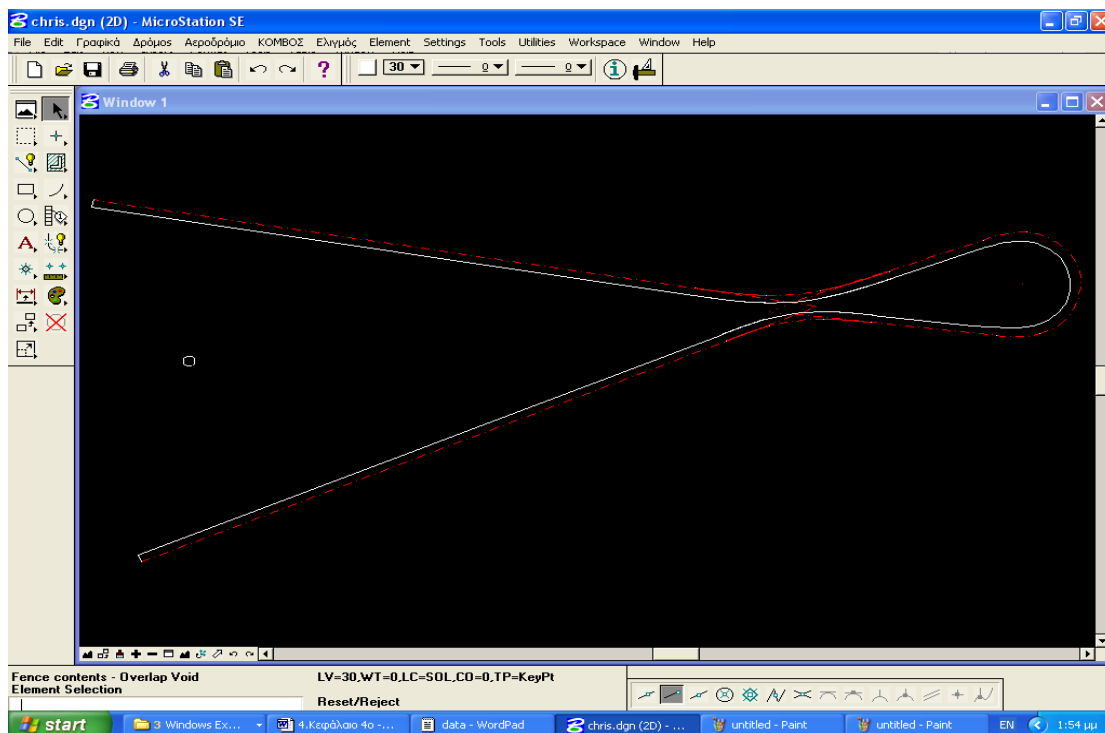


Σχήμα 4.15 : Ο άξονας της οριζοντιογραφίας του ελιγμού

σχέσεις που έχουν αναφερθεί στο τρίτο κεφάλαιο, και η προσαρμογή των συντεταγμένων των σημείων των κλωθοειδών του ελιγμού στις απαιτήσεις του προγράμματος. Η προσαρμογή αυτή γίνεται με χρήση των σχέσεων υπολογισμού των σχετικών συντεταγμένων και συνυπολογισμού της στροφής του συστήματος, ώστε να υπακούει στους κανόνες του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation.

Με την κλήση της δεύτερης μακροεντολής, σχεδιάζεται η αριστερή οριογραμμή της οριζοντιογραφίας, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.16.

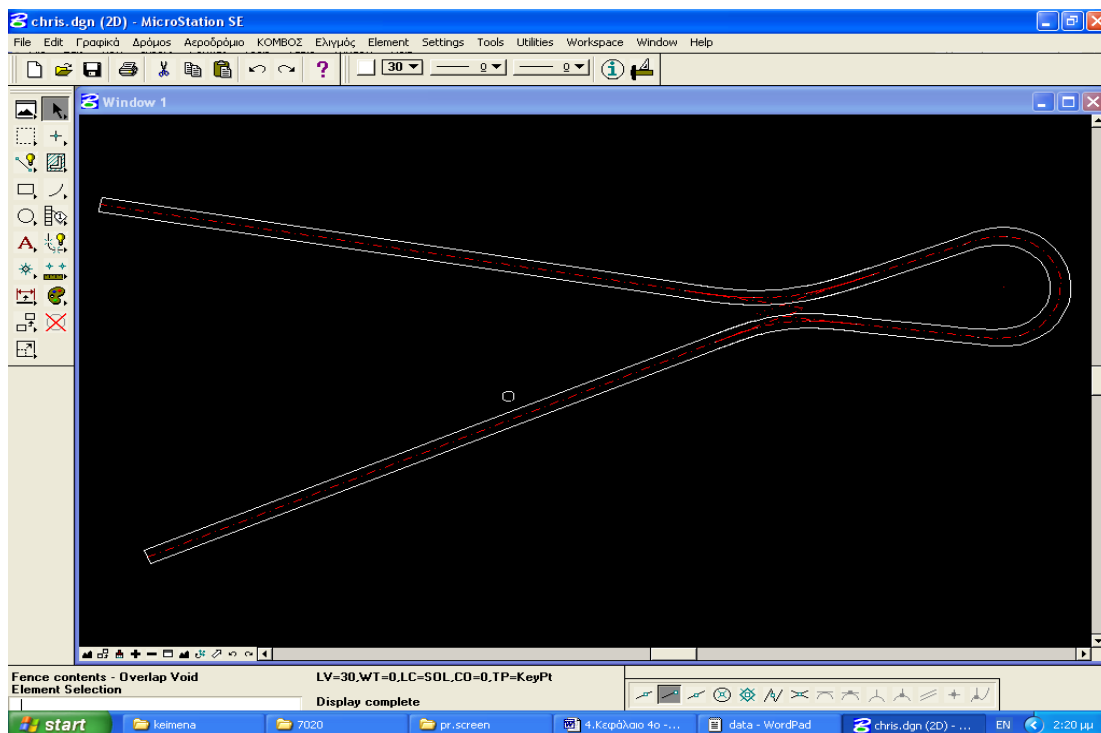
Και σε αυτήν τη μακροεντολή και πριν το σχεδιαστικό μέρος, γίνεται η προσαρμογή των συντεταγμένων των σημείων των κλωθοειδών της εσωτερικής οριογραμμής του ελιγμού στις απαιτήσεις του προγράμματος. Μετά τη σχεδίαση τοποθετούνται πάνω στην οριζοντιογραφία τα χαρακτηριστικά σημεία της αριστερής οριογραμμής της οδού.



Σχήμα 4.16 : Ο άξονας και η αριστερή οριογραμμή της οριζοντιογραφίας του ελιγμού

Τέλος, με την κλήση της τρίτης μακροεντολής σχεδιάζεται η δεξιά οριογραμμή της οριζοντιογραφίας, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.17. Όμοια και σε αυτήν τη μακροεντολή και πριν το σχεδιαστικό μέρος γίνεται η προσαρμογή των συντεταγμένων των σημείων των κλωθοειδών της εξωτερικής, αυτή τη φορά, οριογραμμής του ελιγμού στις απαιτήσεις του προγράμματος. Μετά τη σχεδίαση τοποθετούνται πάνω στην

οριζοντιογραφία τα χαρακτηριστικά σημεία της δεξιάς οριογραμμής της οδού.



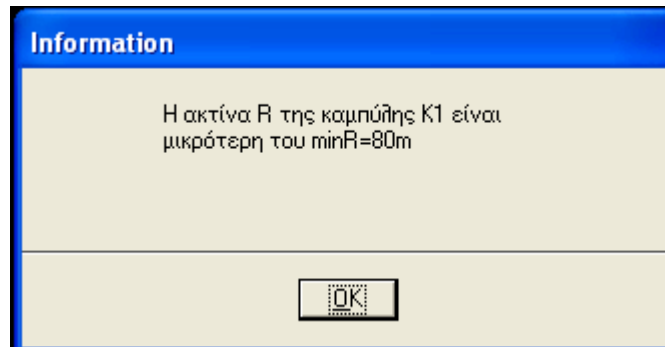
Σχήμα 4.17 : Ο άξονας και οι δύο οριογραμμές της οριζοντιογραφίας του ελιγμού

Για την ολοκλήρωση του σχεδίου της οριζοντιογραφίας μετά την εκτέλεση των τριών από τις 240 μακροεντολές ανάλογα με την επιλογή του τύπου του ελιγμού, η μακροεντολή `data.bas` εκτελεί τις δύο τελευταίες μακροεντολές που αφορούν την οριζοντιογραφία και είναι η `data2.bas` και η `keimena.bas`.

Η πρώτη από αυτές περιέχει τους ελέγχους που πραγματοποιούνται από το πρόγραμμα, ώστε να ελέγχεται εάν το παραγόμενο σχέδιο της οριζοντιογραφίας υπακούει στους κανονισμούς. Σε περίπτωση εντοπισμού κάποιου λάθους ενημερώνεται ο χρήστης με αντίστοιχο μήνυμα. Τα

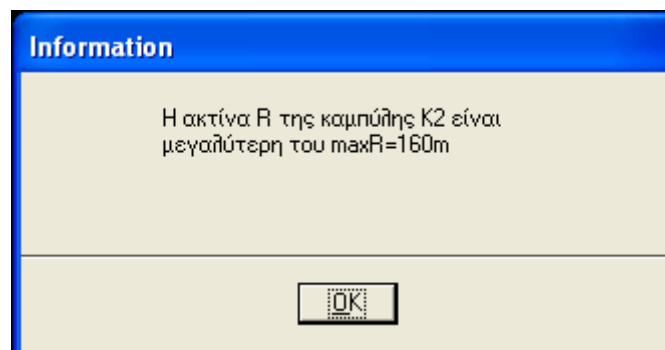
όρια στις τιμές λαμβάνονται για ταχύτητα μελέτης $v_e = 50 \text{ km/h}$ σύμφωνα με τις Ο.Μ.Ο.Ε. Οι έλεγχοι που εκτελούνται είναι οι εξής:

- Έλεγχος ακτίνας ως προς την ελάχιστη, $R > \min R = 80\text{m}$



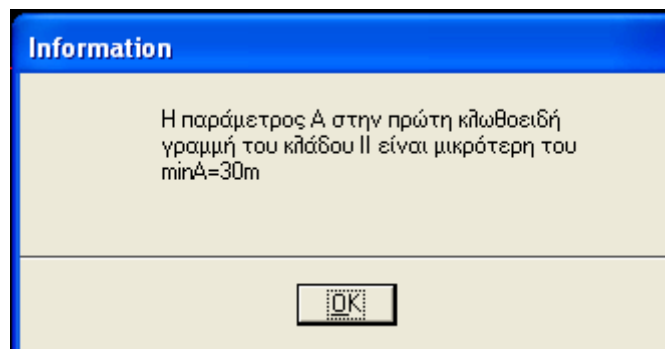
Σχήμα 4.18

- Έλεγχος ακτίνας ως προς τη μέγιστη, $R < \max R = 160\text{m}$



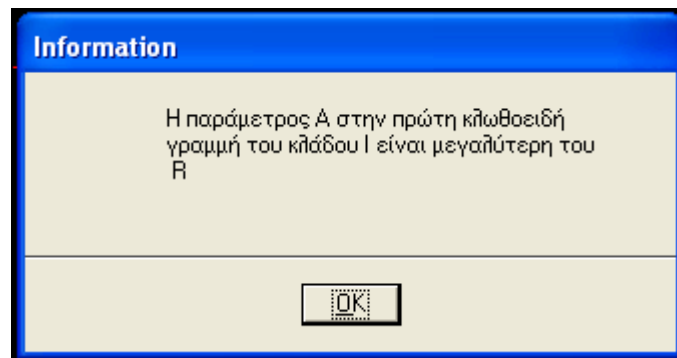
Σχήμα 4.19

- Έλεγχος της τιμής της παραμέτρου A της κλωθοειδούς ως προς την ελάχιστη, $A > \min A = 30\text{m}$



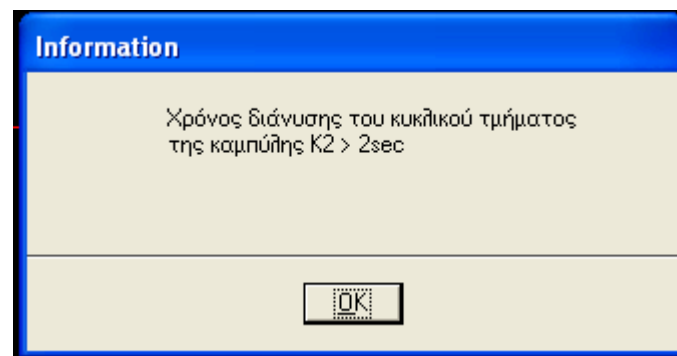
Σχήμα 4.20

- Έλεγχος της τιμής της παραμέτρου A της κλωθοειδούς ως προς τα όριά της σε σύγκριση με την ακτίνα, $R/3 < A < R$



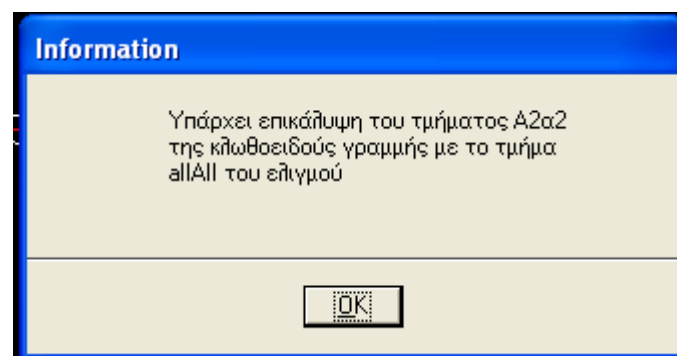
Σχήμα 4.21

- Έλεγχος κίνησης του οχήματος εντός του κυκλικού τόξου για λιγότερο από 2sec, $t < 2\text{sec}$



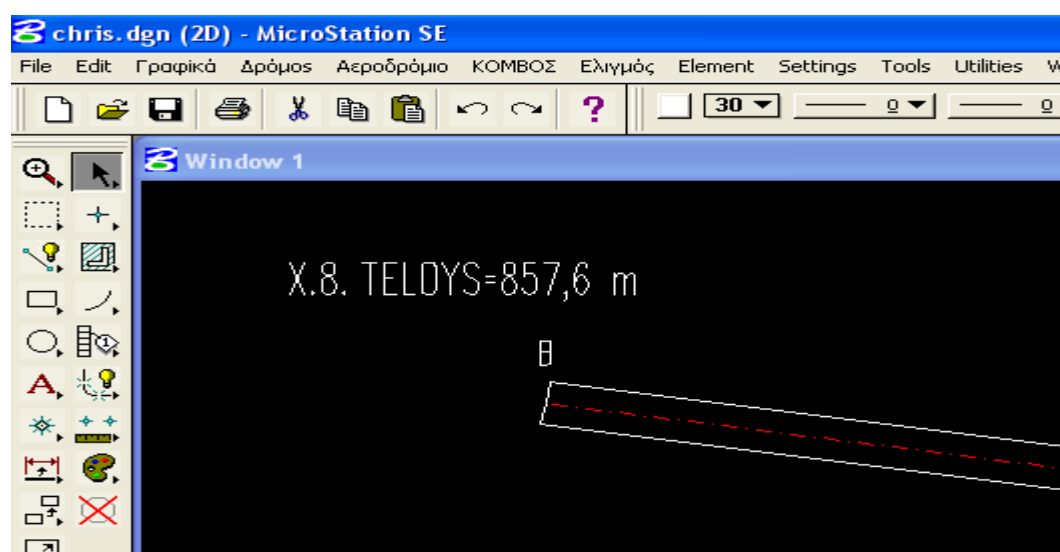
Σχήμα 4.22

- Έλεγχος ύπαρξης επαρκούς μήκους ευθυγραμμίας για την πλήρη απόσβεση των επικλίσεων



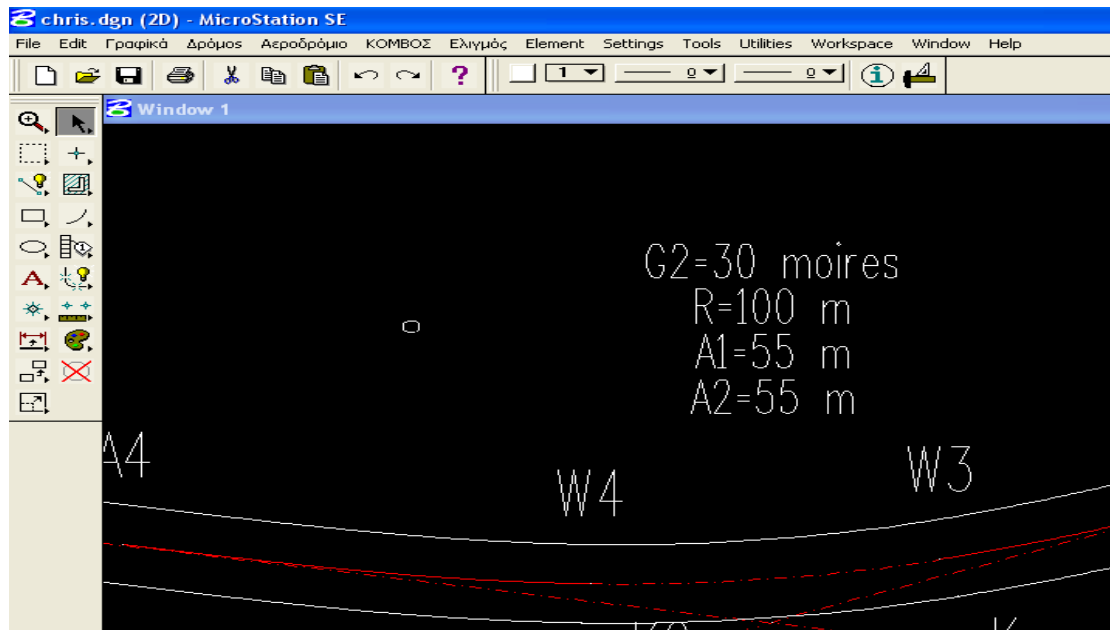
Σχήμα 4.23

Η τελευταία μακροεντολή που εκτελείται είναι η *keimena.bas*. Σε αυτήν τη μακροεντολή αρχικά υπολογίζονται οι αποστάσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών διατομών της οριζοντιογραφίας και κατόπιν η χιλιομετρική θέση της κάθε διατομής με αφετηρία το σημείο Α. Όλα τα αποτελέσματα των υπολογισμών, όπως γίνεται άλλωστε και σε κάθε μακροεντολή, αποθηκεύονται σε αρχεία τα οποία βρίσκονται στο *c:\chris\cb\work* (περισσότερες πληροφορίες για το περιεχόμενο του

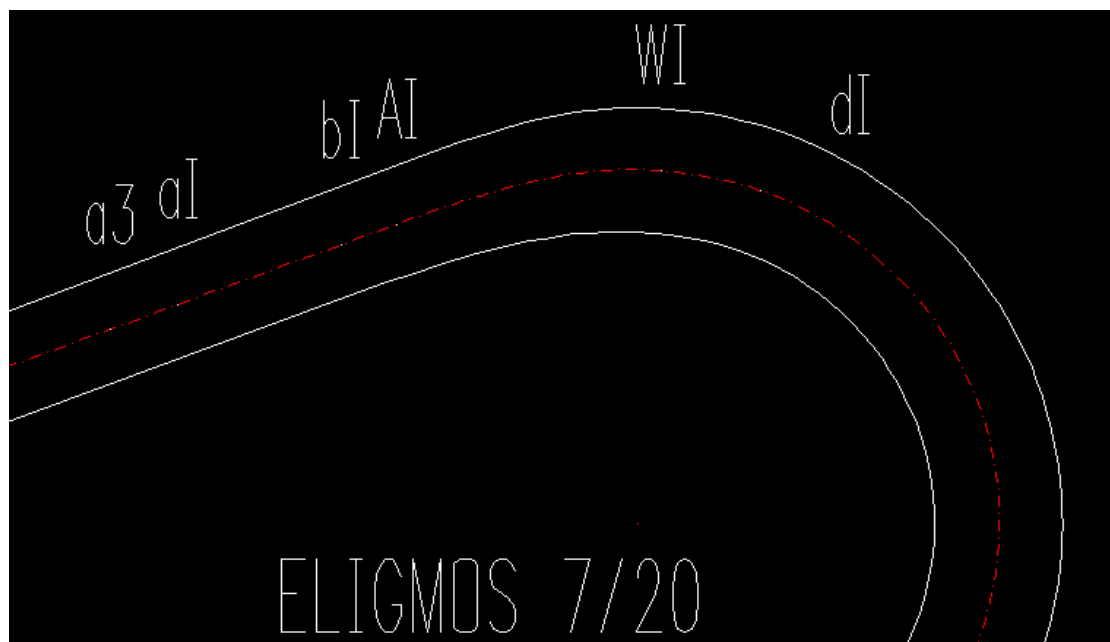


Σχήμα 4.24 : Συνολικό μήκος της οδού

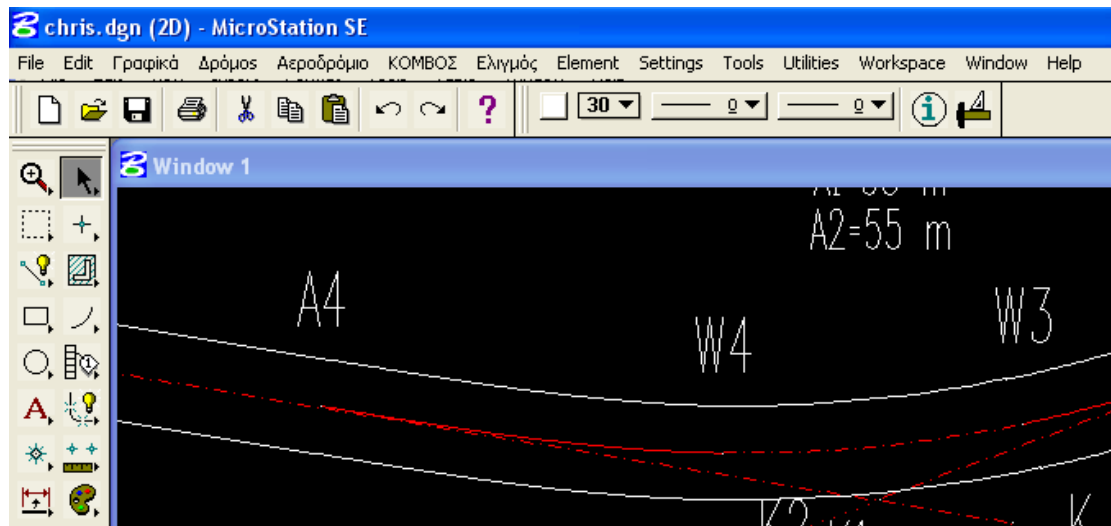
κάθε αρχείου δίνονται στο παράρτημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας). Μετά από αυτούς τους υπολογισμούς αποτυπώνονται στο σχέδιο της οριζοντιογραφίας τα χαρακτηριστικά σημεία της οδού, καθώς και σημαντικές πληροφορίες, όπως είναι ο τύπος του ελιγμού, το συνολικό μήκος της οδού και στοιχεία των κυκλικών τόξων.



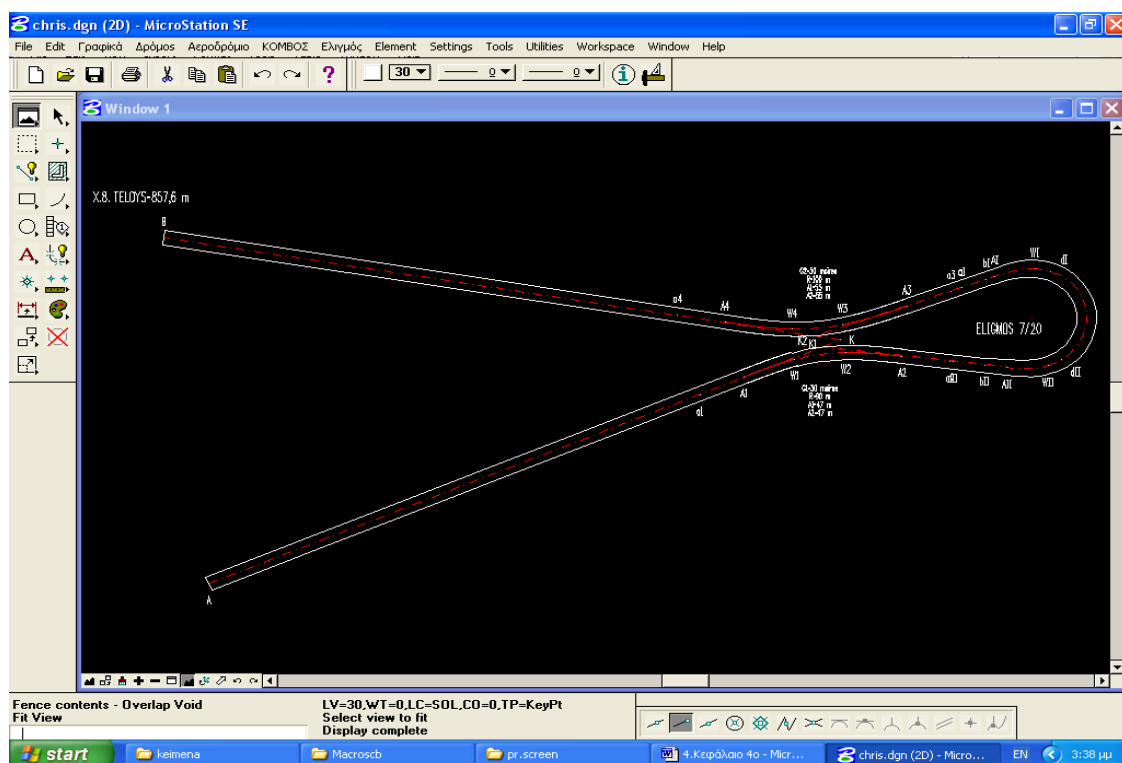
Σχήμα 4.25 : Πληροφορίες κυκλικού τόξου



Σχήμα 4.26 : Πληροφορίες και χαρακτηριστικά σημεία ελιγμού



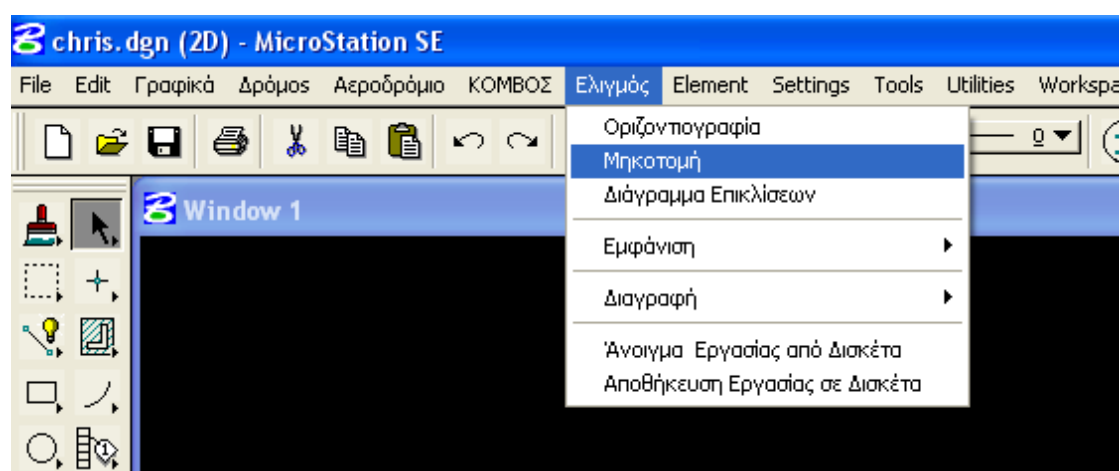
Σχήμα 4.27 : Λεπτομέρεια κλωθοειδούς καμπύλης



Σχήμα 4.28 : Πλήρες σχέδιο γενικής οριζοντιογραφίας

4.2.2. Μηκοτομή

Το πρόγραμμα της σχεδίασης της μηκοτομής του ανακάμπτοντος ελιγμού αποτελείται από δύο μακροεντολές. Για τη σχεδίαση της μηκοτομής αρκεί ο χρήστης να επιλέξει “μηκοτομή” από το πρόγραμμα “Ελιγμός” και να εισάγει τα απαραίτητα δεδομένα. Το σχέδιο της μηκοτομής είναι σχεδιασμένο με στρεβλή κλίμακα (τα ύψη να έχουν δεκαπλάσια κλίμακα από τα μήκη).



Σχήμα 4.29 : Το πρόγραμμα μηκοτομή

Επιλέγοντας λοιπόν το “μηκοτομή” το πρόγραμμα τρέχει τη μακροεντολή mhkot1.bas. Αρχικά εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου, στο οποίο γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων. Το πλαίσιο διαλόγου φαίνεται στο σχήμα της επόμενης σελίδας.

Στη στήλη *όνομα* εισάγονται αλφαριθμητικά δεδομένα και είναι η περιγραφή των κορυφών της τεθλασμένης γραμμής της μηκοτομής. Στη δεύτερη στήλη, με την επωνομασία *χιλιομετρική θέση*, εισάγεται από τον χρήστη οι χιλιομετρικές θέσεις των σημείων της μηκοτομής και της αρχής και του τέλους. Το σημείο Α πρέπει να έχει χιλιομετρική θέση ίση

Όνομα	Χιλ.θ. θέση	Υψόμετρο	Ακτίνα	Κλίση στο i/i+1
A	0.000000	118.0000	0.000000	3.200000
1	250.0000	126.0000	2000.000	6.486486
2	620.0000	150.0000	2000.000	2.523553
B	857.7600	156.0000	0.000000	0.000000

Ορίζοντας: 110.0000

Κλίσεις

Έξοδος

Αποδοχή

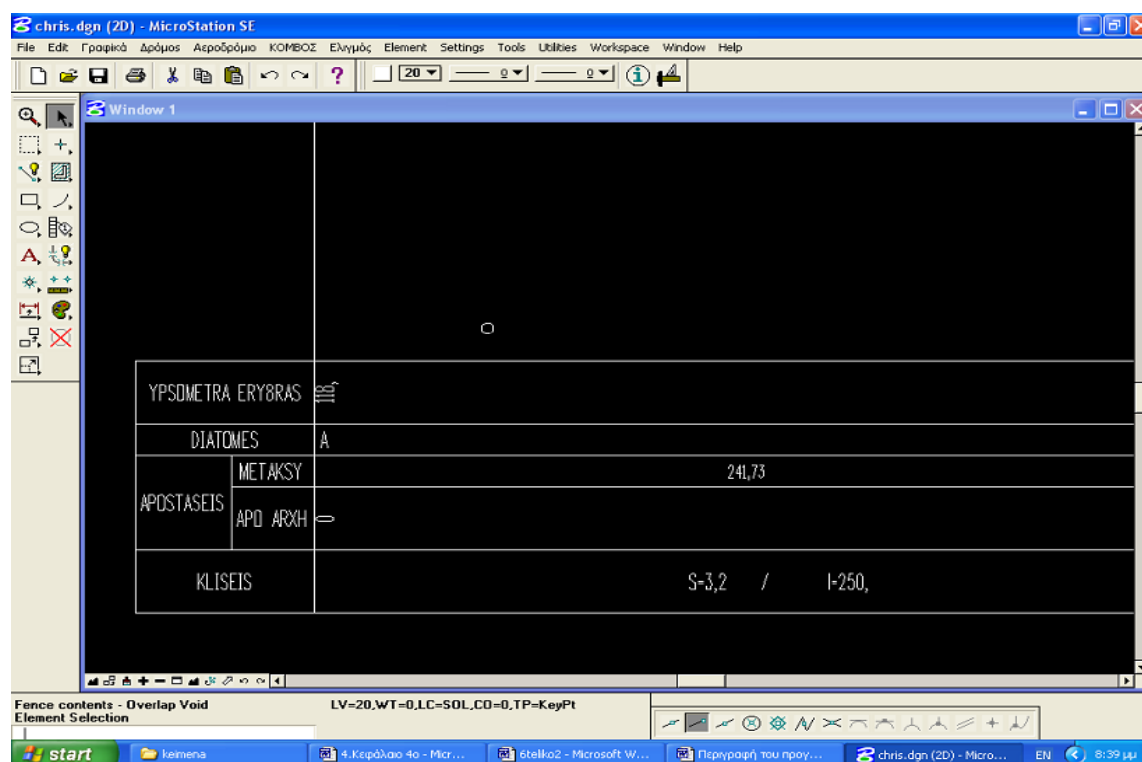
Σχήμα 4.30 : Εισαγωγή δεδομένων για τη σχεδίαση της μηκοτομής

με μηδέν, το σημείο B μεγαλύτερη του A και γενικά οι θέσεις των σημείων να έχουν αύξουσα χιλιομετρική θέση κατά μήκος της οδού. Στη θέση της τελευταίας κορυφής εισέρχεται η χιλιομετρική θέση του τέλους της οριζοντιογραφίας. Στην επόμενη στήλη με τίτλο *Υψόμετρο* τοποθετείται από τον χρήστη το υψόμετρο του κάθε σημείου. Για τα υψόμετρα των δύο σημείων της μηκοτομής – δηλαδή δεύτερο και τρίτο σημείο – ίσως χρειαστούν αρκετές δοκιμές, τόσο στην επιλογή του υψομέτρου όσο και σε αυτή της χιλιομετρικής θέσης, ώστε ο χρήστης να καταλήξει στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Στην τελευταία στήλη εισαγωγής δεδομένων δίνεται η ακτίνα του τόξου στρογγύλευσης. Στην πρώτη και στην τελευταία θέση αυτή πρέπει να έχει την τιμή μηδέν, διαφορετικά το πρόγραμμα βγάζει μήνυμα λάθους. Τελευταίο δεδομένο είναι ο *ορίζοντας*, δηλαδή το υψόμετρο του ορίζοντα, ώστε η μηκοτομή να σχεδιαστεί από εκεί και πάνω.

Επιλέγοντας την εφαρμογή “κλίσεις” υπολογίζονται και αναγράφονται οι τιμές των κατά μήκος κλίσεων, για έναν πρώτο έλεγχο από τον χρήστη. Η τέταρτη κλίση είναι πάντα μηδέν καθώς στην τεθλασμένη

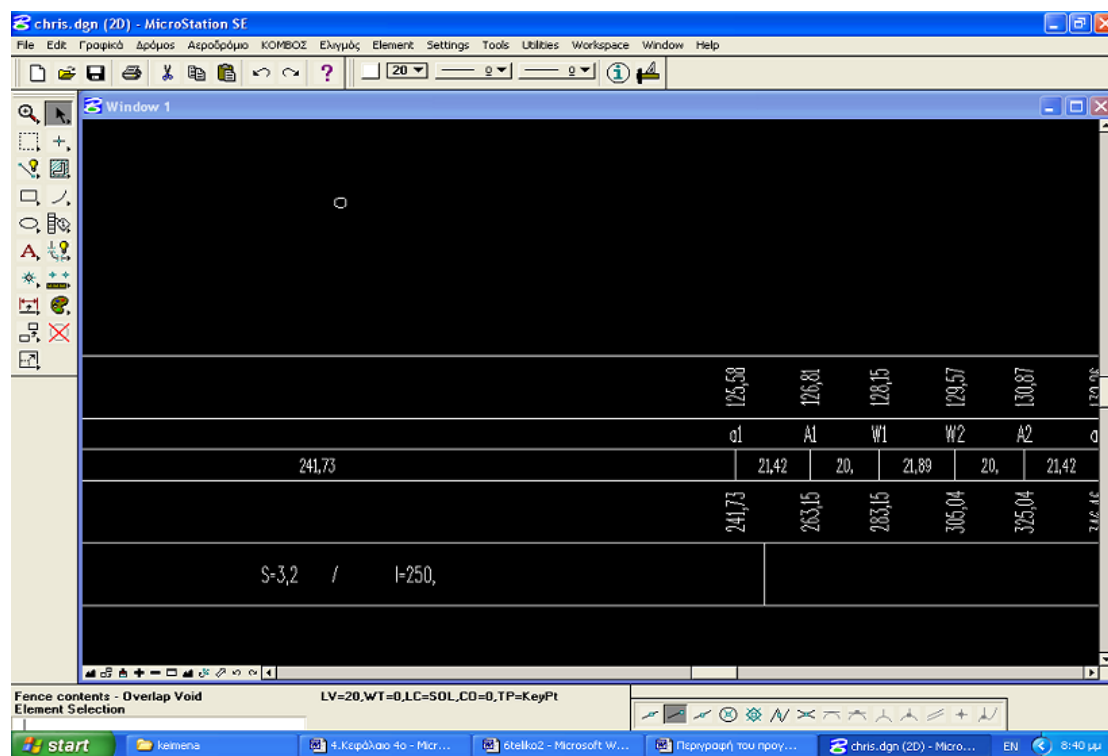
γραμμή της ερυθράς της μηκοτομής υπάρχουν τρία ευθύγραμμα τμήματα. Η τέταρτη αυτή κατά μήκος κλίση έχει τοποθετηθεί για τυχόν μελλοντική σύνδεση του προγράμματος του ελιγμού με κάποιο πρόγραμμα γενικότερης οδοποιίας, οπότε και μπορεί να υπάρξει και άλλο οδικό τμήμα. Επιλέγοντας “έξοδος” ο χρήστης εγκαταλείπει το πρόγραμμα εκτέλεσης της σχεδίασης της μηκοτομής, ενώ επιλέγοντας “αποδοχή” αποθηκεύονται τα δεδομένα και το πρόγραμμα συνεχίζει τη λειτουργία του.

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων από το πρόγραμμα της μηκοτομής μέσω της εκτέλεσης της μακροεντολής *mhkot1.bas* διαβάζονται όλα τα αποθηκευμένα από το πρόγραμμα της οριζοντιογραφίας αρχεία και σχεδιάζεται το περίγραμμα όπου αναγράφονται τα στοιχεία της μηκοτομής. Ακολουθεί η εισαγωγή των βασικών στοιχείων της μηκοτο-



Σχήμα 4.31 : Περίγραμμα και βασικά στοιχεία μηκοτομής

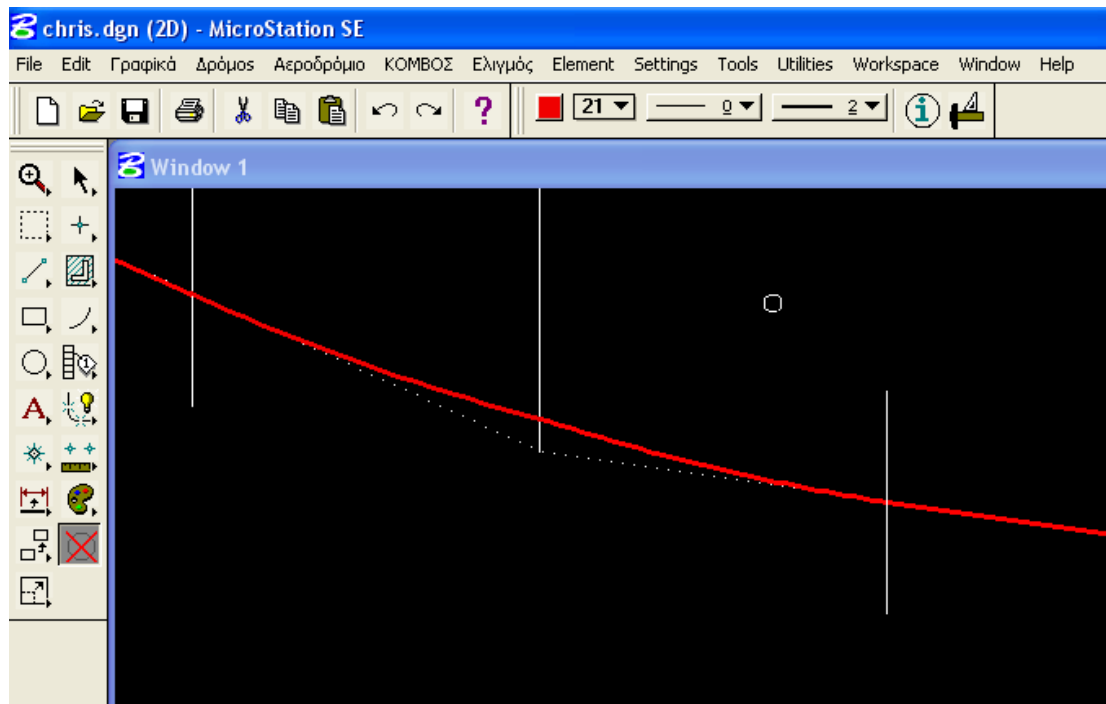
μή, όπως είναι οι διατομές, οι αποστάσεις μεταξύ τους, οι χιλιομετρικές θέσεις τους, τα υψόμετρα της ερυθράς και οι κατά μήκος κλίσεις της.



Σχήμα 4.32 : Τοποθέτηση των βασικών στοιχείων της μηκοτομής

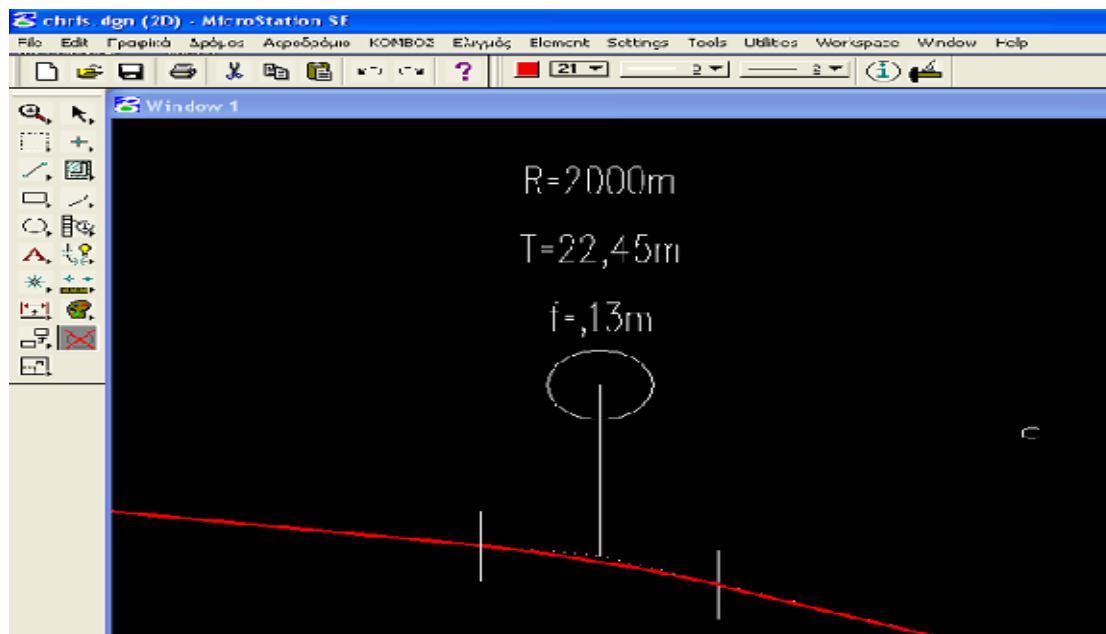
Στη συνέχεια του προγράμματος της μηκοτομής καλείται η μακρο-εντολή `mhkot2.bas` μέσω της οποίας ύστερα από τους απαραίτητους υπολογισμούς σχεδιάζεται η ερυθρά γραμμή, τα τόξα στρογγύλευσης και διενεργούνται οι απαραίτητοι έλεγχοι, ώστε οι επιλογές του χρήστη να υπακούουν στους κανονισμούς.

Αρχικά σχεδιάζεται με διακεκομμένη γραμμή η τεθλασμένη γραμμή της ερυθράς, για να χαραχθεί στη συνέχεια με κόκκινη γραμμή η ερυθρά με τα τόξα στρογγύλευσης. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η χάραξη ενός τόξου στρογγύλευσης από το πρόγραμμα. Μετά τη χάραξη τοπο-



Σχήμα 4.33 : Τόξο στρογγύλευσης μηκοτομής

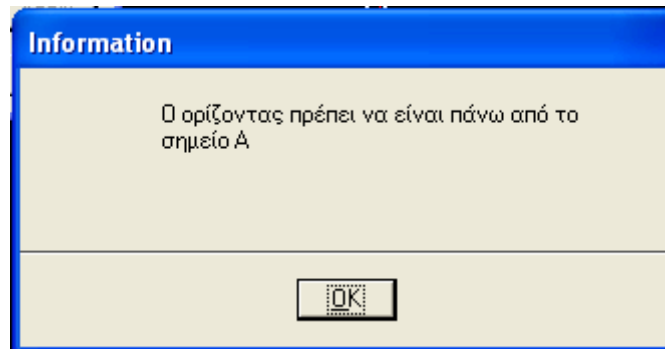
θετούνται πάνω από τις σημαίες τις μηκοτομής τα βασικά χαρακτηριστικά της καθεμιάς, που είναι η ακτίνα του τόξου στρογγύλευσης, το μήκος του τόξου της εφαπτομένης και το μήκος f .



Σχήμα 4.34 : Πληροφορίες σημαίας μηκοτομής

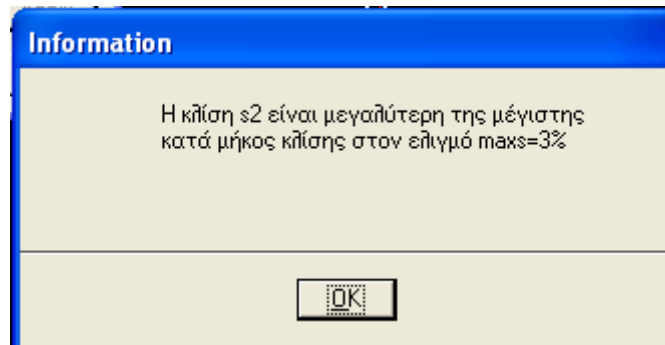
Τέλος, μετά τη σχεδίαση μέσω της μακροεντολής γίνονται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι σύμφωνα πάντα με τις Ο.Μ.Ο.Ε. Αυτοί είναι οι εξής:

- Έλεγχος εάν τα υψόμετρα των σημείων Α, Β είναι μεγαλύτερα από αυτά του ορίζοντα.

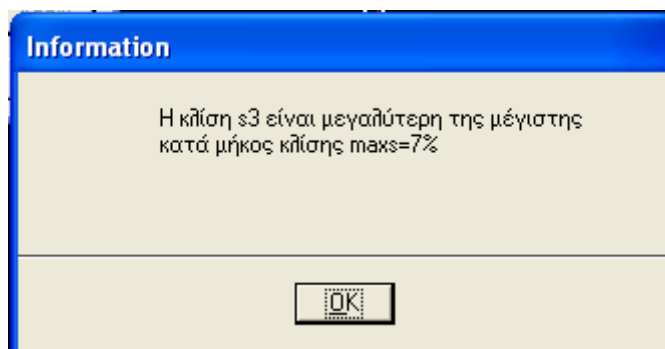


Σχήμα 4.35

- Έλεγχος εάν οι κατά μήκος κλίσεις είναι μικρότερες από τη μέγιστη, που είναι $\max_s = 7,0 \%$ στα δύο οδικά τμήματα και $\max_s = 3,0 \%$ στην περιοχή του ελιγμού.

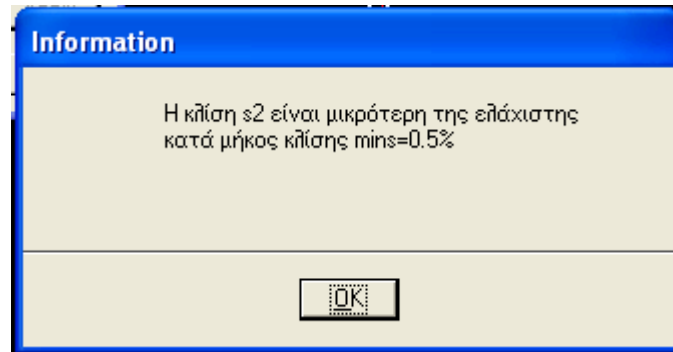


Σχήμα 4.36



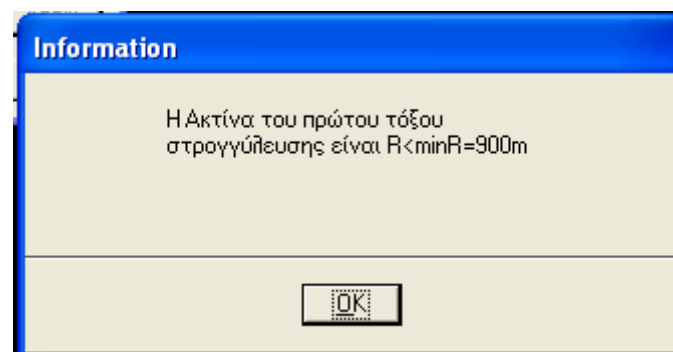
Σχήμα 4.37

- Ελέγχος εάν οι κατά μήκος κλίσεις είναι μεγαλύτερες από την ελάχιστη, που είναι $\text{mins} = 0.5 \%$.



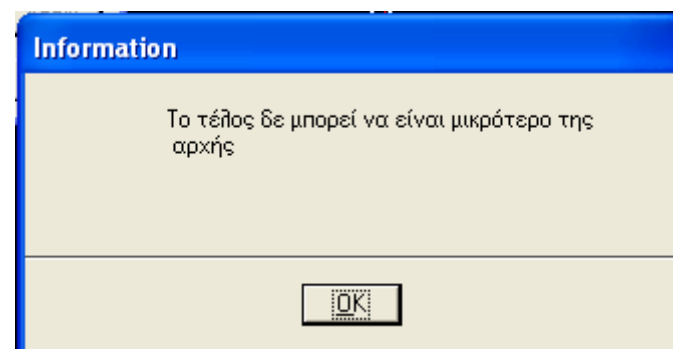
Σχήμα 4.38

- Ελέγχος εάν οι ακτίνες στρογγύλευσης είναι μεγαλύτερες της ελάχιστης, $R > \min R = 900 \text{ m}$.



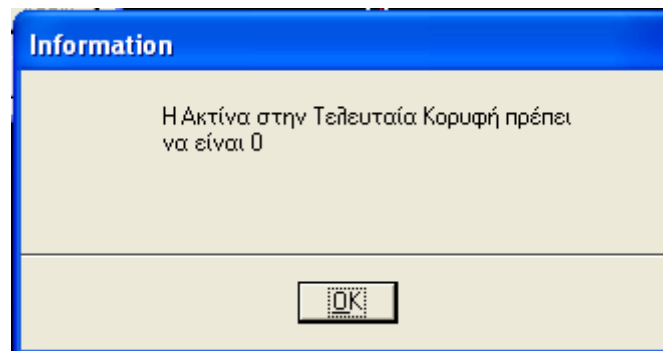
Σχήμα 4.39

- Ελέγχος εάν η χιλιομετρική θέση του τελευταίου σημείου βρίσκεται μετά το πρώτο.



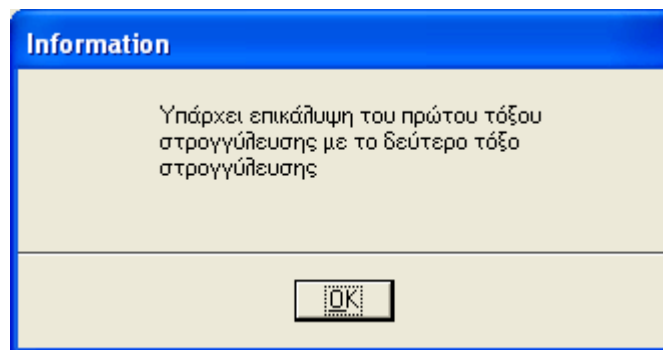
Σχήμα 4.40

- Ελέγχος εάν υπάρχουν μηδενικές ακτίνες στρογγύλευσης στο πρώτο και στο τελευταίο σημείο.



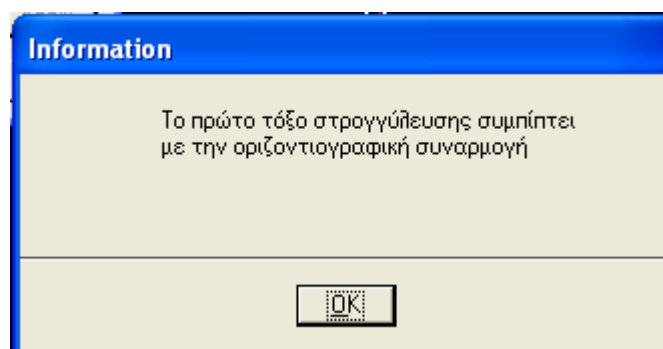
Σχήμα 4.41

- Ελέγχος εάν υπάρχει επικάλυψη των εφαπτομένων των δύο τόξων στρογγύλευσης.



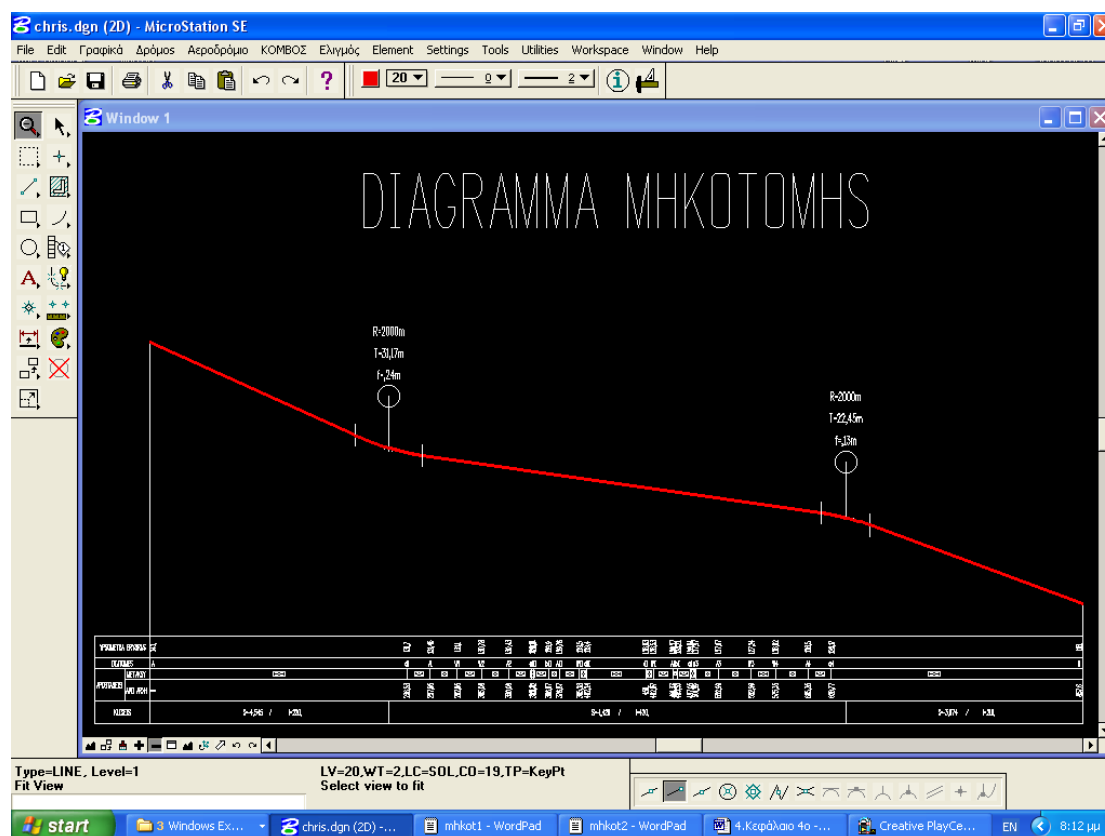
Σχήμα 4.42

- Ελέγχος εάν οι χιλιομετρικές θέσεις των σημάτων είναι εκτός των οριζοντιογραφικών συναρμογών.



Σχήμα 4.43

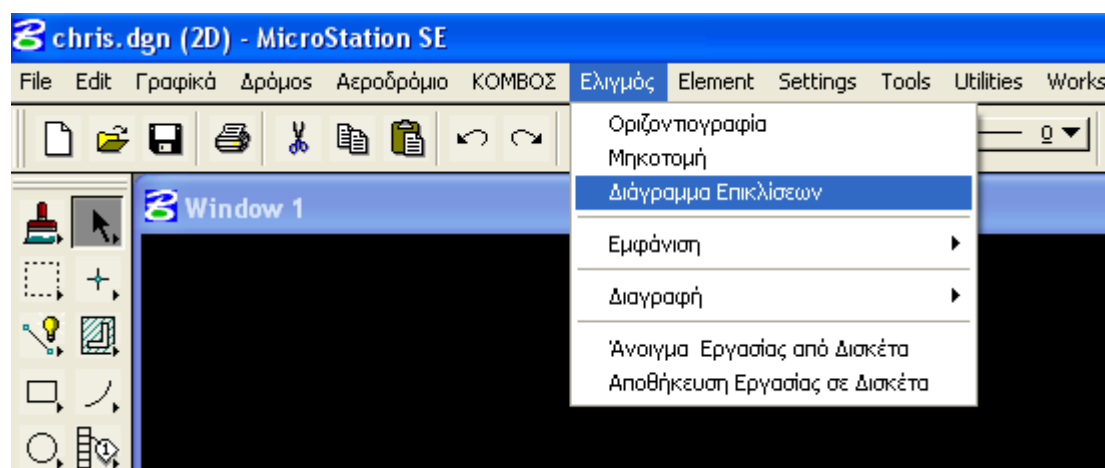
Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ένα παράδειγμα της μηκοτομής, όπως αυτό προκύπτει ύστερα από την εισαγωγή των δεδομένων. Σε αυτό είναι εμφανής το περίγραμμα των πληροφοριών, η ερυθρά γραμμή και οι λοιπές πληροφορίες που δίνονται από αυτό.



Σχήμα 4.44 : Σχέδιο μηκοτομής

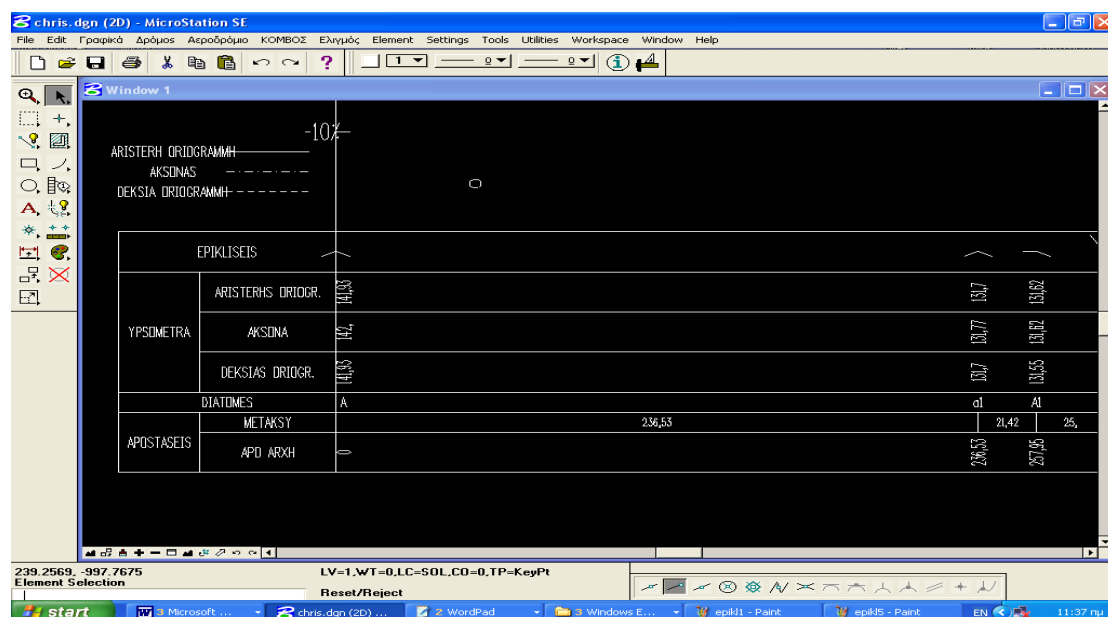
4.2.3. Διάγραμμα επικλίσεων

Το πρόγραμμα της σχεδίασης του διαγράμματος των επικλίσεων του ανακάμπτοντος ελιγμού αποτελείται και αυτό από δύο μακροεντολές. Για τη σχεδιάσή του αρκεί ο χρήστης να επιλέξει “διάγραμμα επικλίσεων” από το πρόγραμμα “Ελιγμός”. Για την εφαρμογή του προγράμματος δεν απαιτείται κανένα δεδομένο από τον χρήστη, αφού τα μεγέθη προκύπτουν είτε από τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα είτε από τους κανονισμούς.



Σχήμα 4.45 : Το πρόγραμμα διάγραμμα επικλίσεων

Με την επιλογή του προγράμματος των επικλίσεων ενεργοποιείται η πρώτη από τις δύο μακροεντολές που αποτελούν το πρόγραμμα, η *epikl1.bas*. Αρχικά με αυτήν διαβάζονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία, που έχουν ήδη υπολογιστεί, για τον σχεδιασμό των επικλίσεων. Στη συνέχεια γίνεται ο σχεδιασμός του περιγράμματος και η τοποθέτηση των βασικών στοιχείων όπως είναι οι διατομές, οι αποστάσεις μεταξύ τους και οι χιλιομετρικές θέσεις τους, όπως ακριβώς και στη μηκοτομή. Επόμενη εργασία της μακροεντολής αυτής είναι ο σχεδιασμός της μορφής των οριογραμμών του οδοστρώματος της κάθε διατομής στο



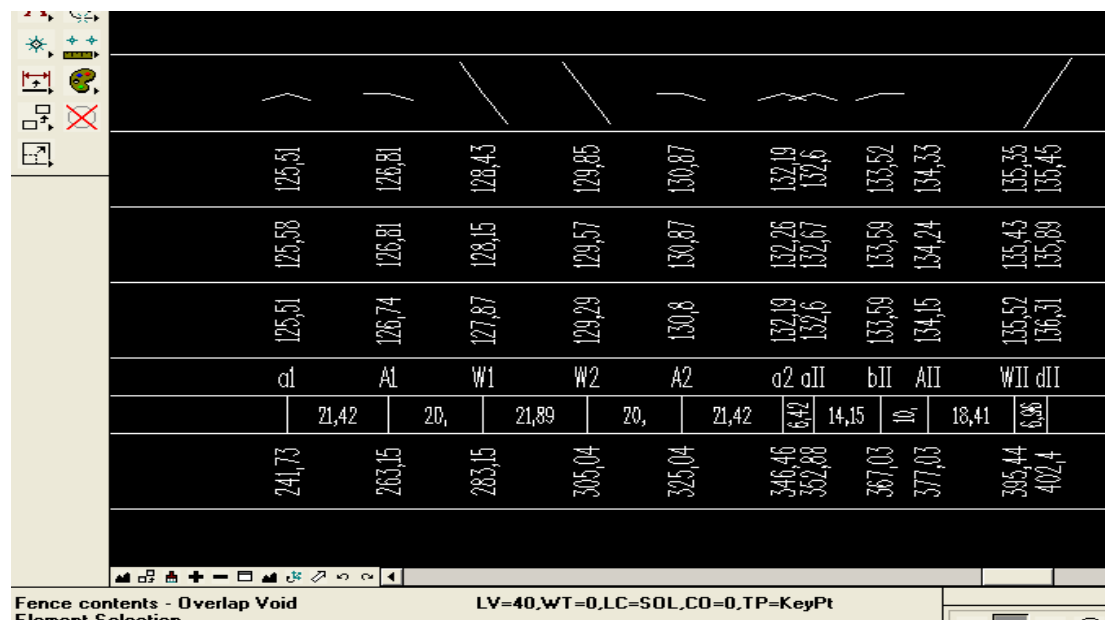
Σχήμα 4.46 : Περίγραμμα και βασικά στοιχεία διαγράμματος επικλίσεων

πλαίσιο που ονομάζεται επικλίσεις. Για την ολοκλήρωση της εισαγωγής των βασικών στοιχείων απομένει ο υπολογισμός και η τοποθέτηση των υψομέτρων ερυθράς των διατομών και των υψομέτρων των δύο οριογραμμών του οδοστρώματος. Γι αυτό το λόγο εκτελείται η μακρο-εντολή `epik12.bas`, στην οποία διαβάζονται τα υψόμετρα του άξονα από το αρχείο στο οποίο έχουν αποθηκευτεί κατά τον υπολογισμό τους με την εφαρμογή του προγράμματος της μηκοτομής.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί πως στην περίπτωση που ο χρήστης δεν εκτελέσει ένα από τα προγράμματα της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής ή του διαγράμματος των επικλίσεων, τότε το πρόγραμμα θα λάβει ως δεδομένα τα στοιχεία που είχαν αποθηκευτεί στην αμέσως προηγούμενη εργασία.

Με το πρόγραμμα πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί των υψομέτρων της δεξιάς και αριστερής οριογραμμής κάθε διατομής και η τοποθέτησή τους πάνω στο διάγραμμα. Έτσι, ολοκληρώνεται η

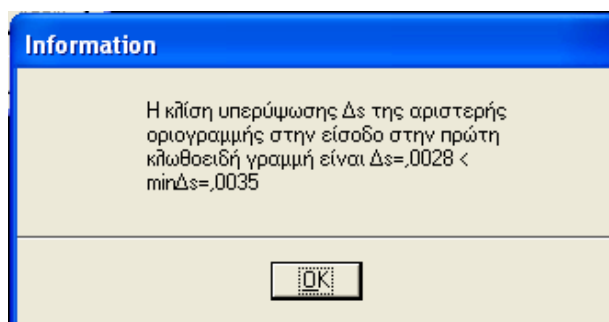
διαδικασία υπολογισμών στοιχείων και εισαγωγής πληροφοριών στο διάγραμμα των επικλίσεων.



Σχήμα 4.47 : Τοποθέτηση των βασικών στοιχείων του διαγράμματος επικλίσεων

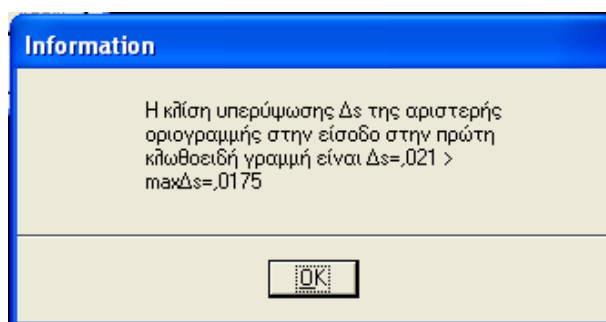
Η επόμενη εργασία που εκτελεί η μακροεντολή `epikl2.bas` είναι η διενέργεια κάποιων βασικών ελέγχων πριν τον σχεδιασμό του διαγράμματος των επικλίσεων. Οι τιμές που λαμβάνονται από τους ελληνικούς κανονισμούς είναι επίκλιση ίση με 2% για την ευθυγραμμία, επίκλιση ίση με 8% για τα κυκλικά τόξα και επίκλιση ίση με 10% στο κυκλικό τόξο του ελιγμού. Οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές για την κλίση της υπερύψωσης φαίνονται παρακάτω, στους ελέγχους. Έτσι γίνονται οι παρακάτω έλεγχοι:

- Ελέγχος εάν η κλίση υπερύψωσης Δs είναι μεγαλύτερη της ελάχιστης, $\Delta s > \min \Delta s = 0,10 * B$ (με B την απόσταση της αντίστοιχης οριογραμμής από τον άξονα).



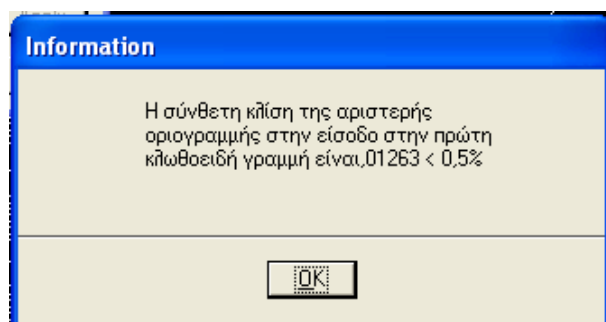
Σχήμα 4.48

- Ελέγχος εάν η κλίση υπερύψωσης Δs είναι μικρότερη της μέγιστης, $\Delta s < \max \Delta s = 0,50 * B$ (με B την απόσταση της αντίστοιχης οριογραμμής από τον άξονα).



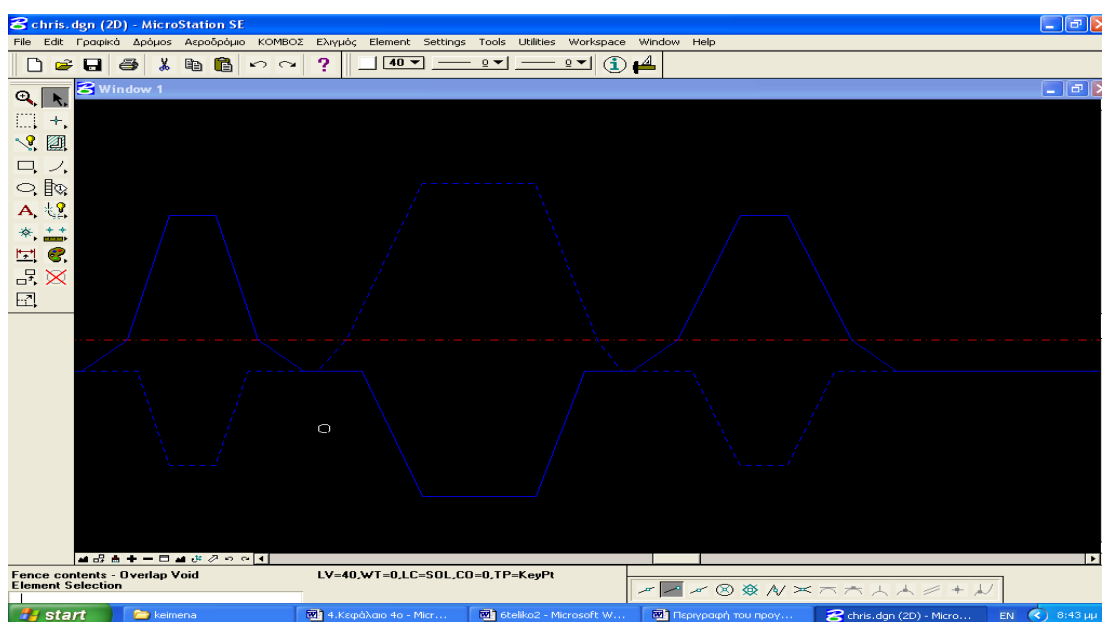
Σχήμα 4.49

- Ελέγχος εάν υπάρχει επαρκής διαφορά της κατά μήκος κλίσης της οδού και της κλίσης υπερύψωσης της οριογραμμής του οδοστρώματος ως προς τον άξονα, δηλαδή εάν $s - \Delta s > 0,5 \%$



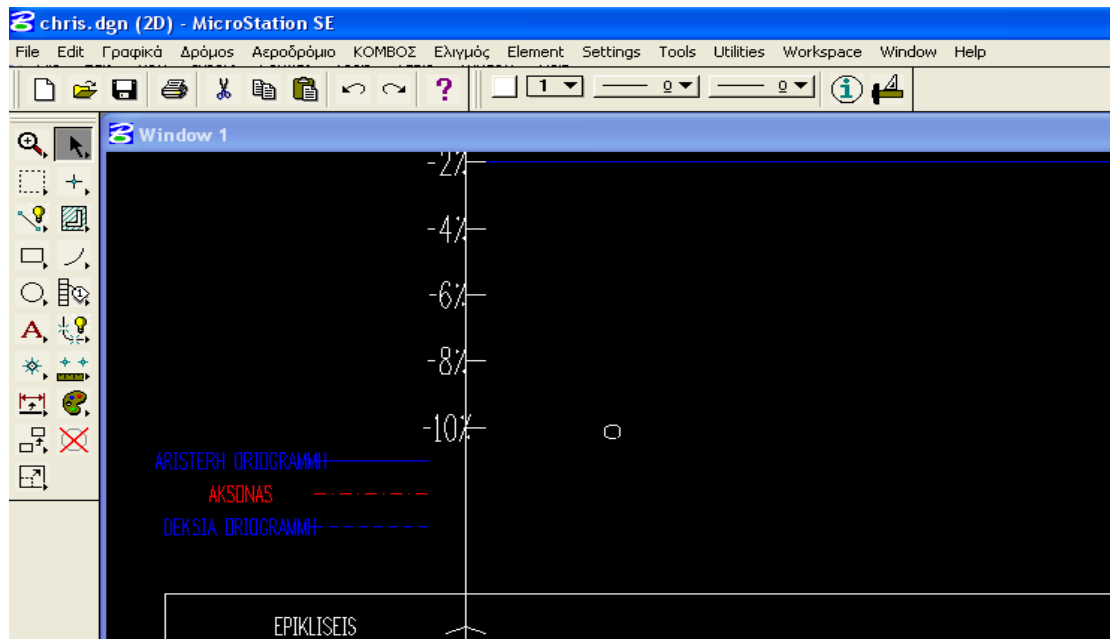
Σχήμα 4.50

Τέλος, μετά και από τη διενέργεια των παραπάνω ελέγχων, το πρόγραμμα ολοκληρώνεται με τη χάραξη του διαγράμματος των επικλίσεων. Σε αυτό με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή φαίνεται ο άξονας της οδού, με μπλε συνεχή γραμμή αποτυπώνεται η αριστερή οριογραμμή του οδοστρώματος και με μπλε διακεκομμένη γραμμή η δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος.

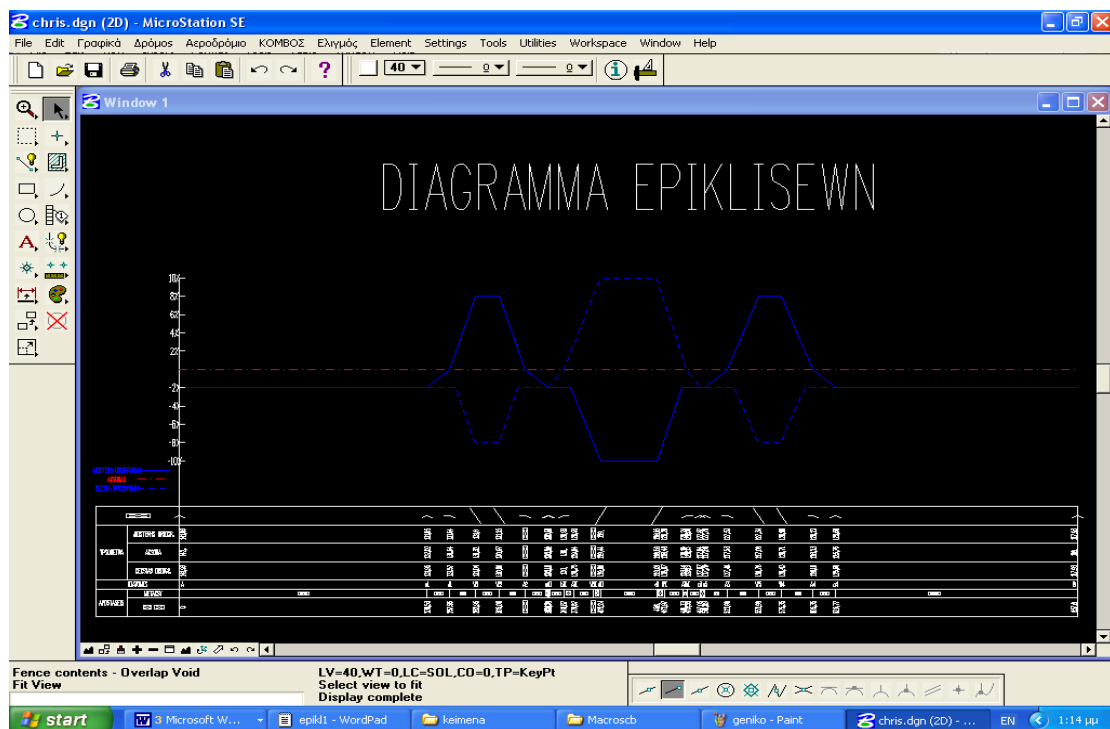


Σχήμα 4.51 : Χάραξη διαγράμματος επικλίσεων

Το σχέδιο του διαγράμματος των επικλίσεων ολοκληρώνεται με τη τοποθέτηση ενός υπομνήματος και της κλίμακας των τιμών των επικλίσεων του οδοστρώματος.



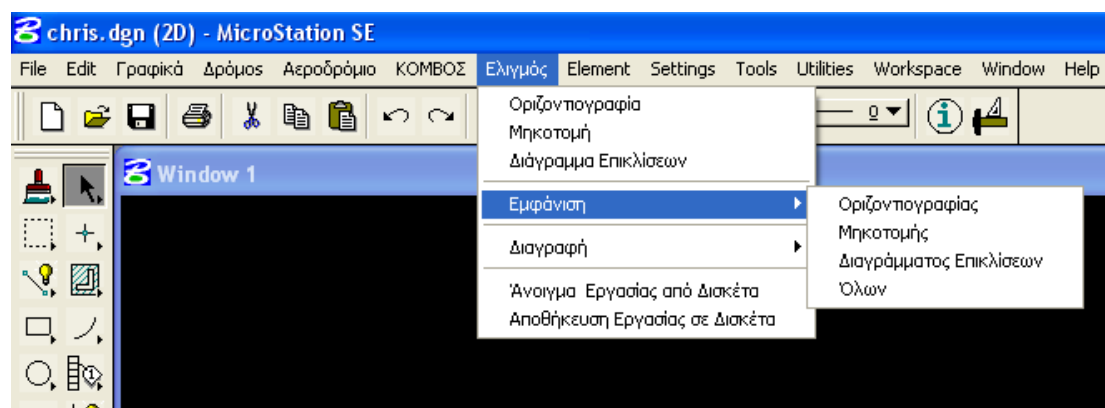
Σχήμα 4.52 : Υπόμνημα και κλίμακα επικλίσεων



Σχήμα 4.53 : Τελικό διάγραμμα επικλίσεων

4.2.4. Εμφάνιση

Με την επιλογή του προγράμματος “εμφάνιση”, και αφού έχουν εκτελεστεί τα αντίστοιχα προγράμματα υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης στην οθόνη επιλεκτικά μίας από τις τρεις κατηγορίες σχεδίων που εξάγει το πρόγραμμα ή όλων μαζί.



Σχήμα 4.54 : Το πρόγραμμα εμφάνιση

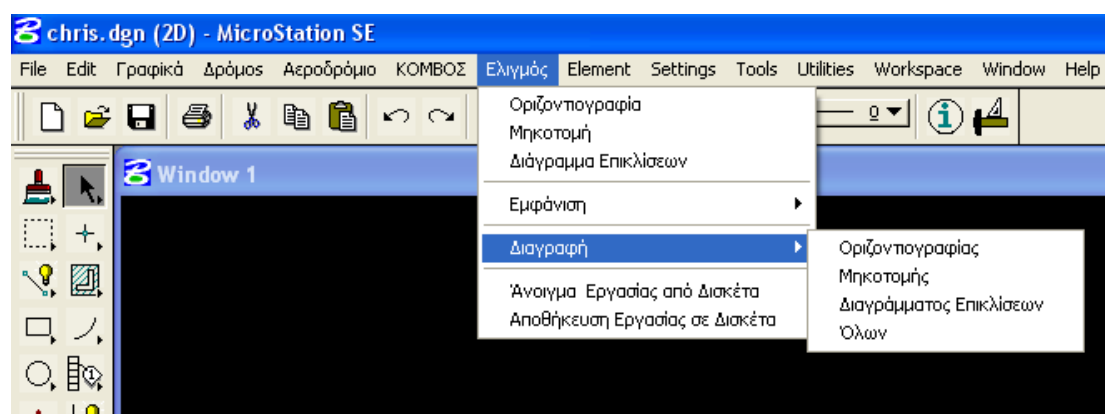
Το κάθε σχέδιο που παράγεται από το πρόγραμμα είναι σχεδιασμένο σε ορισμένα επίπεδα (levels) του Microstation. Έτσι λοιπόν, το πρόγραμμα “εμφάνιση” είναι στην ουσία τέσσερα υποπρογράμματα, τα οποία εκτελούνται εφαρμόζοντας από μία μακροεντολή το κσθένα. Για την εμφάνιση της οριζοντιογραφίας ενεργοποιείται η μακροεντολή viewhoriz.bas, για την εμφάνιση της μηχανοτομής η viewmhlakot.bas, για την εμφάνιση του διαγράμματος των επικλίσεων η viewepikl.bas και για την εμφάνιση όλων των άνω σχεδίων η viewalle.bas.

Η βασική λειτουργία της κάθε μίας από τις παραπάνω μακροεντολές είναι η ενεργοποίηση μόνο των επιπέδων του προγράμματος του Microstation που περιέχουν το αντίστοιχο σχέδιο που ο χρήστης επιθυμεί

να εμφανίσει και η απενεργοποίηση όλων των υπολοίπων. Με την επιλογή “εμφάνιση – όλων” ενεργοποιούνται όλα τα επίπεδα τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί από το πρόγραμμα (βλ. Παράρτημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας).

4.2.5. Διαγραφή

Σε πλήρη αντιστοιχία με την επιλογή “εμφάνιση” βρίσκεται το πρόγραμμα “διαγραφή”. Από εδώ μπορεί να σβηστεί, διαγράφοντας μόνο τα σχέδια και όχι τα αρχεία με τα δεδομένα που έχουν αποθηκευθεί, η αντίστοιχη κατηγορία σχεδίων. Με την επιλογή του προγράμματος “διαγραφή”, υπάρχει η δυνατότητα διαγραφής από την οθόνη επιλεκτικά μίας από τις τρεις κατηγορίες σχεδίων που εξάγει το πρόγραμμα ή όλων των σχεδίων ταυτόχρονα.

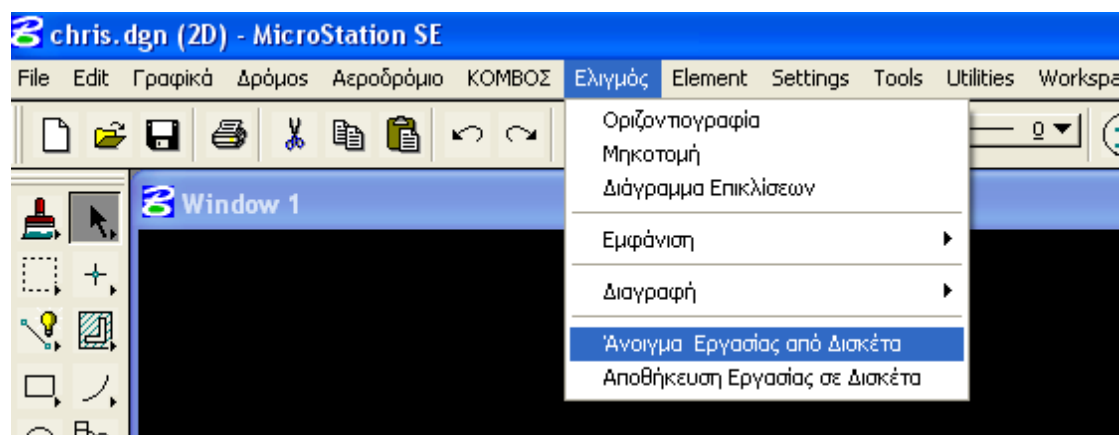


Σχήμα 4.55 : Το πρόγραμμα διαγραφή

Το πρόγραμμα “διαγραφή” είναι και αυτό τέσσερα υποπρογράμματα, τα οποία εκτελούνται εφαρμόζοντας από μία μακροεντολή το καθένα. Για τη διαγραφή της οριζοντιογραφίας ενεργοποιείται αυτόματα η μακροεντολή `erazhoriz.bas`, για τη διαγραφή της μηκοτομής η `erazmhkot.bas`, για τη διαγραφή του διαγράμματος των επικλίσεων η `erazepikl.bas` και για τη διαγραφή όλων των άνω σχεδίων η `erazalle.bas`.

Η βασική λειτουργία της κάθε μίας από τις παραπάνω μακροεντολές είναι η διαγραφή όλων των στοιχείων που βρίσκονται στα αντίστοιχα επίπεδα που έχουν χρησιμοποιηθεί από το κάθε πρόγραμμα. Με την επιλογή “διαγραφή – όλων” ενεργοποιούνται όλα τα επίπεδα τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί από το πρόγραμμα. Μετά την εφαρμογή κάποιου από τα υποπρογράμματα της “διαγραφής” δεν είναι δυνατή η εμφάνιση του αντίστοιχου σχεδίου. Όμως, επειδή δε διαγράφονται τα αρχεία, αλλά μόνο τα σχέδια, ο χρήστης μπορεί να επανασχεδιάσει την αμέσως προηγούμενη εργασία.

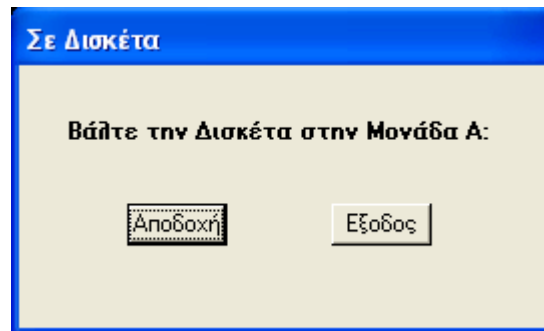
4.2.6. Άνοιγμα εργασίας από δισκέτα



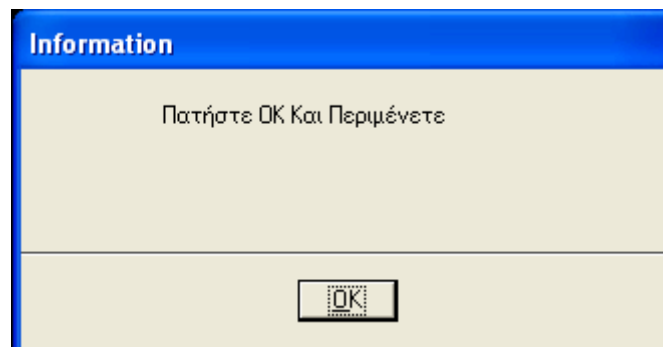
Σχήμα 4.56 : Το πρόγραμμα άνοιγμα εργασίας από δισκέτα

Η επιλογή “*άνοιγμα εργασίας από δισκέτα*” επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει στο πρόγραμμα τα δεδομένα και τους υπολογισμούς μιας άλλης εργασίας που είχε εκτελέσει στο παρελθόν. Για την εφαρμογή αυτή ενεργοποιείται μία μακροεντολή, η *load.bas*, με την οποία εξετάζεται εάν υπάρχουν τα αρχεία τα απαραίτητα για τη λειτουργία του προγράμματος στη δισκέτα και αφού τα εντοπίσει, τα αντιγράφει στον υποκατάλογο *c:\chris\cb\work*. Εάν στον προορισμό αυτό υπάρχουν αρχεία με ίδιο όνομα, τότε τα αρχεία αυτά αντικαθιστούνται με αυτά της δισκέτας. Γιαντό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή από τον χρήστη πριν αντιγράψει από τη δισκέτα, καθώς μπορεί να χαθεί κάποια άλλη εργασία του.

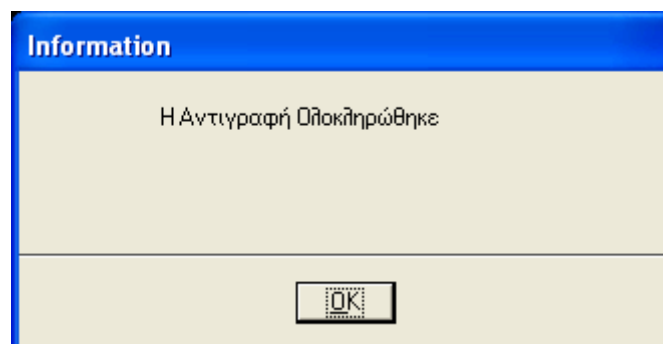
Η εφαρμογή του προγράμματος είναι ιδιαίτερα απλή, καθώς ο χρήστης καθοδηγείται από πλαίσια καθοδήγησης, όπως είναι τα παρακάτω.



Σχήμα 4.57



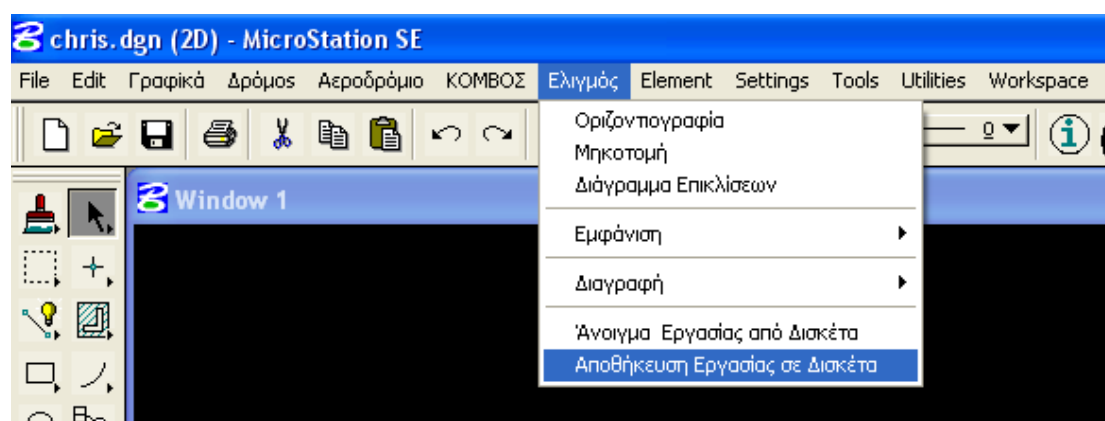
Σχήμα 4.58



Σχήμα 4.59

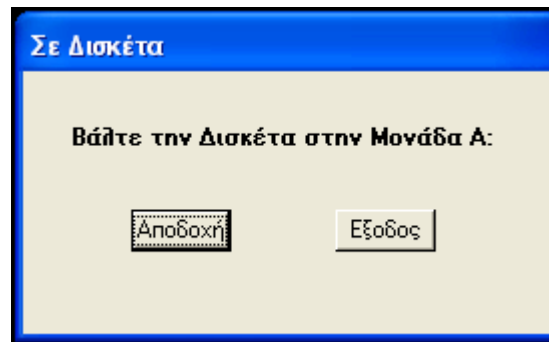
4.2.7. Αποθήκευση εργασίας σε δισκέτα

Αντίστοιχα με το πρόγραμμα “άνοιγμα εργασίας από δισκέτα”, το πρόγραμμα “αποθήκευση εργασίας σε δισκέτα” επιτρέπει στον χρήστη να αποθηκεύσει τα δεδομένα και τους υπολογισμούς μιας εργασίας του σε δισκέτα.

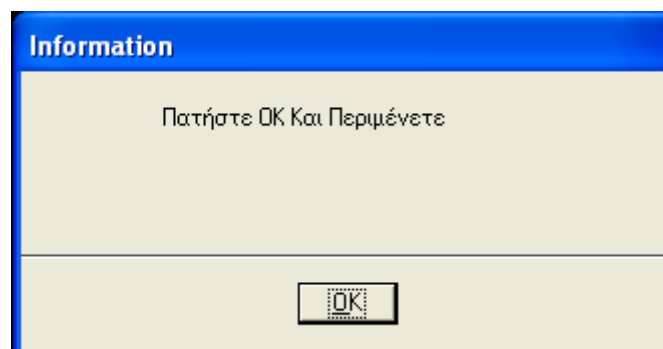


Σχήμα 4.60 : Το πρόγραμμα αποθήκευση εργασίας σε δισκέτα

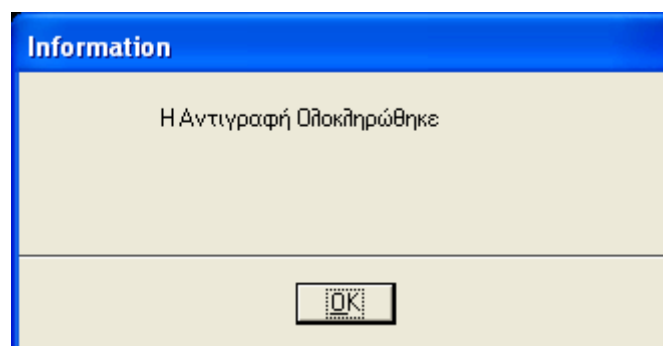
Για την εφαρμογή αυτή ενεργοποιείται μία μακροεντολή, η save.bas, με την οποία αντιγράφονται τα αρχεία που έχουν αποθηκευτεί από το πρόγραμμα στον υποκατάλογο c:\chris\cb\work\, στη δισκέτα. Εάν στον προορισμό αυτό υπάρχουν αρχεία με ίδιο όνομα, τότε τα αρχεία αυτά αντικαθιστούνται. Η εφαρμογή του προγράμματος είναι ιδιαίτερα απλή, καθώς ο χρήστης καθοδηγείται από πλαίσια καθοδήγησης, όπως είναι τα παρακάτω.



Σχήμα 4.61



Σχήμα 4.62



Σχήμα 4.63

5. Παράδειγμα χρήσης και εκτέλεσης του προγράμματος

Στη συνέχεια ακολουθεί η παρουσίαση ενός παραδείγματος με εισαγωγή σωστών δεδομένων, εκτέλεση των προγραμμάτων σχεδίασης και παρουσίαση των σχεδίων που παράγονται από το πρόγραμμα.

5.1 Σχεδίαση οριζοντιογραφίας

Για τη σχεδίαση της οριζοντιογραφίας ενός ανακάμπτοντος ελιγμού επιλέγεται από τη γραμμή εντολών του σχεδιαστικού προγράμματος Microstation το πρόγραμμα *ελιγμός* και στη συνέχεια *οριζοντιογραφία*.

Επόμενη εργασία είναι η εισαγωγή των δεδομένων. Τα πρώτα δεδομένα που ζητούνται από τον χρήστη είναι οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την πολυγωνική γραμμή της εργασίας. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται, έτσι ώστε το σημείο Α να βρίσκεται στην πλευρά του κλάδου ΙΙ του ελιγμού και το Β στην πλευρά του κλάδου Ι. Στο σχήμα 5.1

Σχήμα 5.1 : Εισαγωγή σημείων υπό μορφή συντεταγμένων

φαίνονται οι συντεταγμένες των τριών αυτών σημείων που επιλέχθηκαν. Για να συνεχίσει το πρόγραμμα *ελιγμός* τη σχεδίαση της οριζοντιογραφίας, επιλέγεται *αποδοχή* και τα δεδομένα αποθηκεύονται αυτόματα στον υποκατάλογο c:\chris\cb\work\bouk.p01.

Το πρόγραμμα συνεχίζει ζητώντας τα δεδομένα που σχετίζονται με τον τύπο του ελιγμού και τη θέση του ως προς την κορυφή K της πολυγωνικής γραμμής. Έτσι, επιλέγεται η απόσταση των σημείων τομής των αξόνων του ελιγμού με τις δύο πλευρές της πολυγωνικής γραμμής από την κορυφή K και οι γωνίες (σε μοίρες) που θα σχηματίζουν οι άξονες του ελιγμού με τις πλευρές της πολυγωνικής. Οι γωνίες αυτές θα είναι και οι γωνίες γ , που εισέρχονται στους υπολογισμούς των στοιχείων των κυκλικών τόξων της οριζοντιογραφίας. Τελευταίο δεδομένο που ζητείται στο πλαίσιο αυτό είναι ο τύπος του ελιγμού. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι επιλογές για τον σχεδιασμό

Σχήμα 5.2 : Εισαγωγή δεδομένων σχετικά με τον ελιγμό

της οριζοντιογραφίας του συγκεκριμένου παραδείγματος. Για την ολοκλήρωση αυτού του σταδίου της εισαγωγής δεδομένων επιλέγεται *αποδοχή* και ταυτόχρονα τα στοιχεία αυτά αποθηκεύονται στο αρχείο c:\chris\cb\work\bouk.po2 και συνεχίζεται η εισαγωγή των δεδομένων με το τρίτο και τελευταίο πλαίσιο διαλόγου.

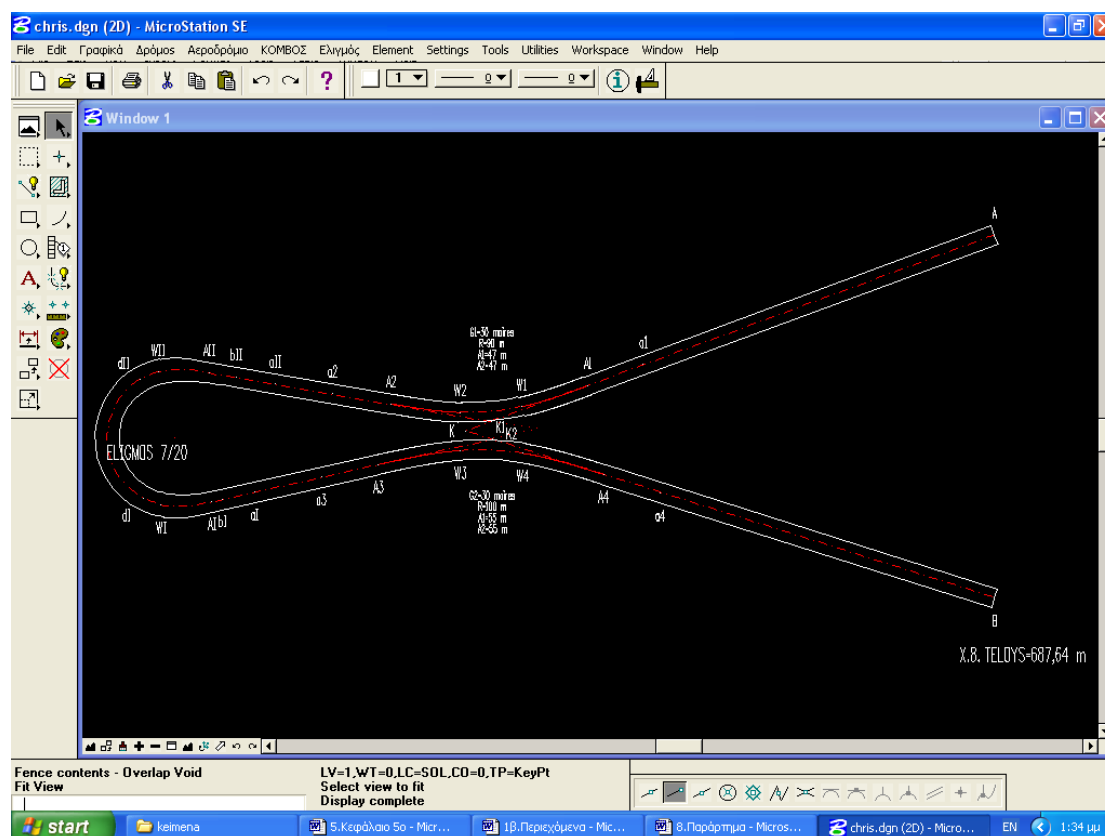
Σε αυτό το πλαίσιο ζητούνται πληροφορίες για τον υπολογισμό των βασικών στοιχείων για τη χάραξη της οριζοντιογραφίας, και κυρίως των κυκλικών τόξων και των κλωθοειδών γραμμών. Αρχικά εισάγονται τα μήκη των κλωθοειδών γραμμών και η ακτίνα του κυκλικού τόξου της κορυφής K1 – δηλαδή αυτής που έπεται του σημείου A – και στη συνέχεια τα αντίστοιχα στοιχεία για την κορυφή K2 – αυτής που προηγείται του σημείου B. Επιλέγοντας *αποδοχή* γίνεται ο υπολογισμός των παραμέτρων A των κλωθοειδών γραμμών και η αυτόματη αποθήκευ-

Στοιχεία οριζοντιογραφίας		
Κορυφή K1		
Μήκος Κλωθοειδούς	25.00000	Παράμετρος A 47.43416
Ακτίνα	90.00000	Παράμετρος A 47.43416
Μήκος Κλωθοειδούς	25.00000	Παράμετρος A 47.43416
Κορυφή K2		
Μήκος Κλωθοειδούς	30.00000	Παράμετρος A 54.77225
Ακτίνα	100.00000	Παράμετρος A 54.77225
Μήκος Κλωθοειδούς	30.00000	Παράμετρος A 54.77225
Αποδοχή		
Έξοδος		
Τέλος		

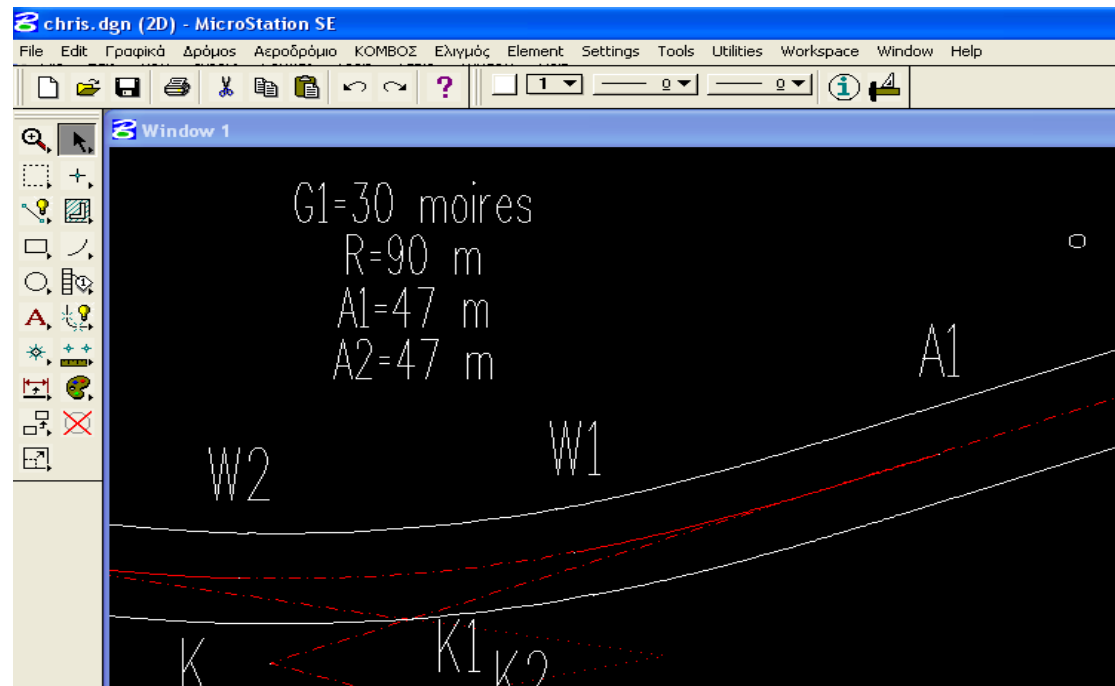
Σχήμα 5.3 : Εισαγωγή στοιχείων για τον σχεδιασμό της οριζοντιογραφίας

ση των δεδομένων στο c:\chris\cb\work\bouk.ro3. Εάν ο χρήστης επιθυμεί μπορεί να αλλάξει τα στοιχεία μέχρι να καταλήξει στις τιμές που θέλει. Αφού γίνει και η αποθήκευση των στοιχείων, επιλέγοντας τέλος ολοκληρώνεται η διαδικασία εισαγωγής δεδομένων και σχεδιάζεται η οριζοντιογραφία της συγκεκριμένης εργασίας. Στο σχήμα 5.3 φαίνονται τα δεδομένα που επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο παράδειγμα.

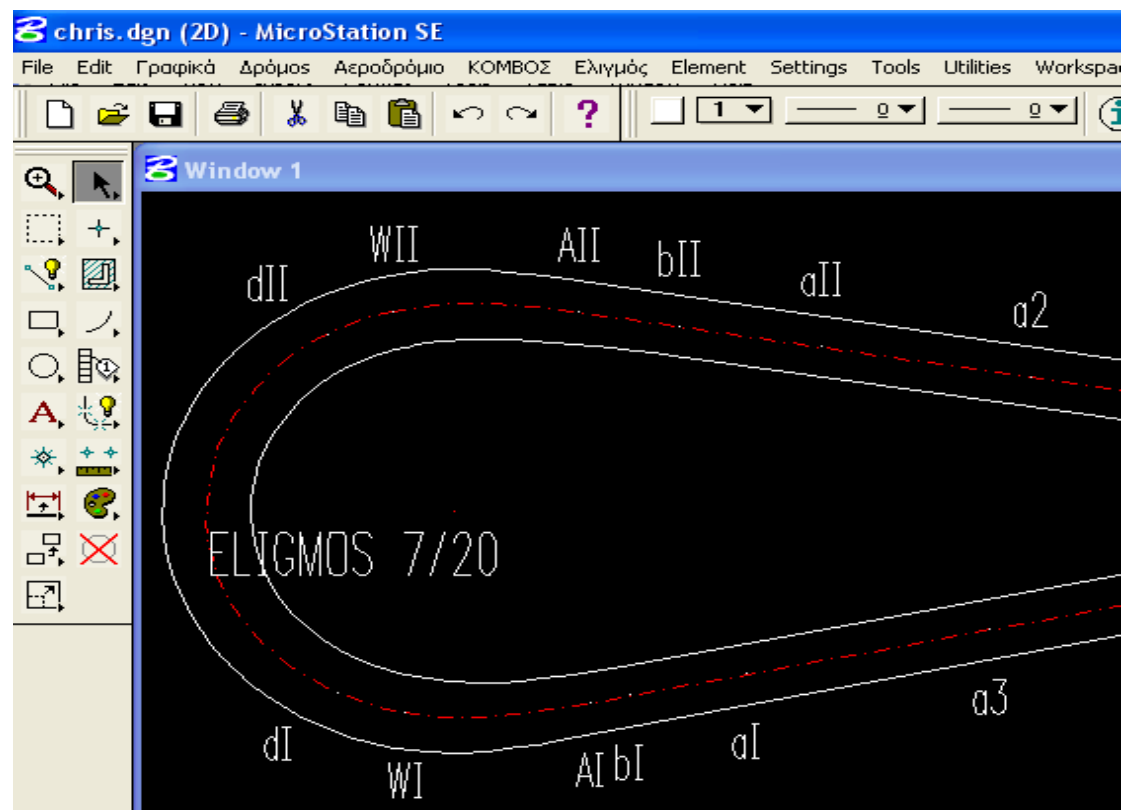
Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί από το πρόγραμμα η σχεδίαση της οριζοντιογραφίας του ελιγμού, έχοντας αποθηκεύσει όλα τα δεδομένα που εισήχθησαν και όλα τα αποτελέσματα των υπολογισμών που έγιναν από το πρόγραμμα. Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται τόσο το τελικό σχέδιο που προκύπτει από την επίλυση του συγκεκριμένου παραδείγματος, όσο και ορισμένες λεπτομέρειες από αυτό.



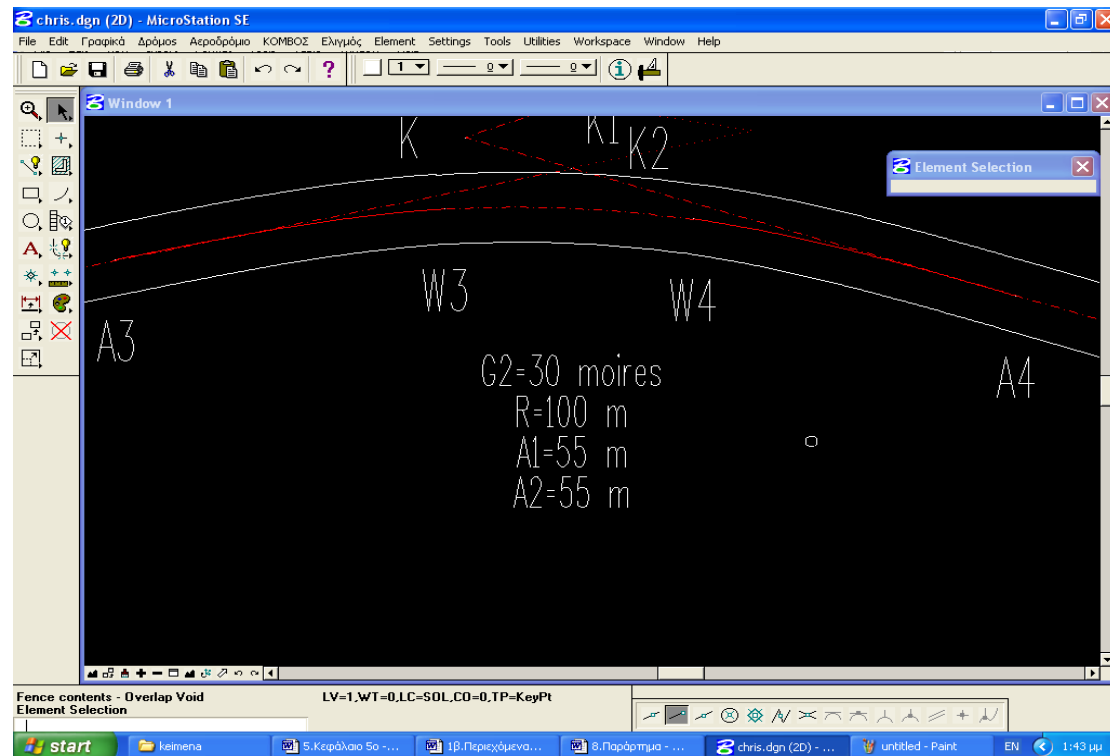
Σχήμα 5.4 : Τελικό σχέδιο οριζοντιογραφίας



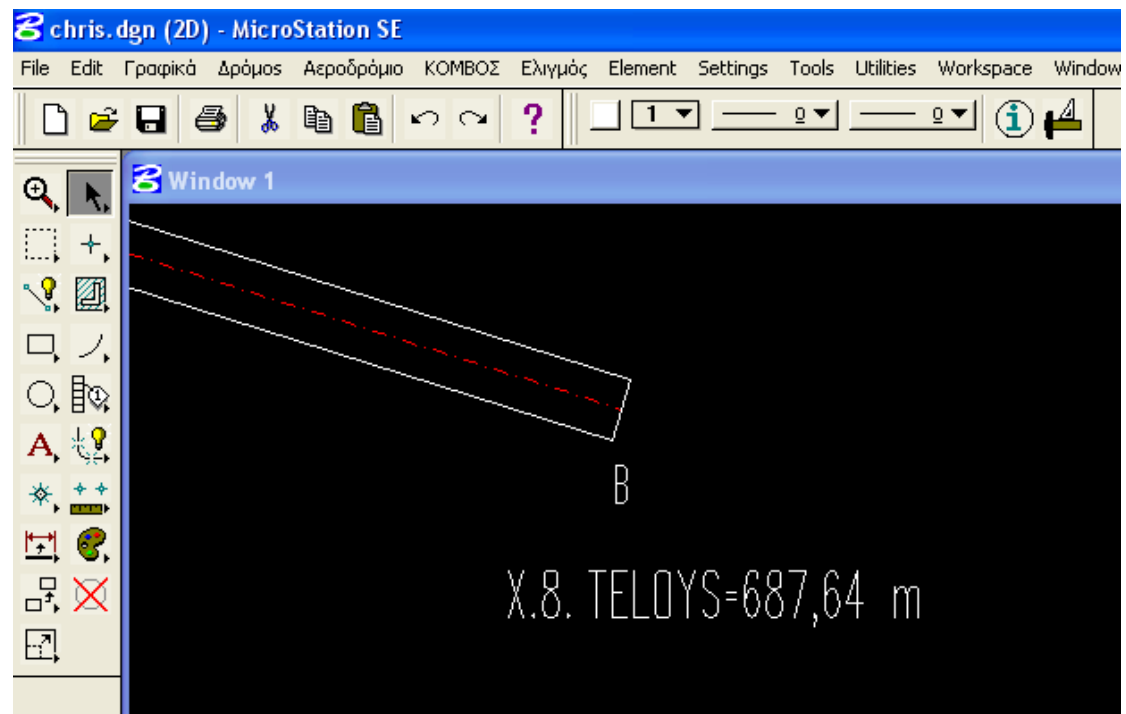
Σχήμα 5.5 : Λεπτομέρεια χάραξης κλωθοειδούς καμπύλης, κυκλικού τόξου και πληροφορίες που αφορούν τη χάραξη στην κορυφή K1



Σχήμα 5.6 : Λεπτομέρεια χάραξης του ελιγμού και αναγραφή του τύπου του



Σχήμα 5.7 : Λεπτομέρεια χάραξης κλωθοειδούς καμπύλης, κυκλικού τόξου και πληροφορίες που αφορούν τη χάραξη στην κορυφή K2



Σχήμα 5.8 : Λεπτομέρεια αναγραφής του συνολικού μήκους της οδού

5.2 Σχεδίαση μηκοτομής

Για τη σχεδίαση της μηκοτομής ενός ανακάμπτοντος ελιγμού επιλέγεται από το *ελιγμός* η εκτέλεση του προγράμματος *μηκοτομή*. Στην οθόνη εμφανίζεται το πλαίσιο εισαγωγής δεδομένων για τη σχεδίαση της μηκοτομής. Τοποθετούνται τα ονόματα των κορυφών της ερυθράς γραμμής, η χιλιομετρική θέση της αρχής και του τέλους και γίνονται διάφορες δοκιμές για τις χιλιομετρικές θέσεις των σημαίων της μηκοτομής, ώστε να τηρούνται οι κανονισμοί και να μην προκύπτει από το πρόγραμμα κανένα μήνυμα λάθους. Στη συνέχεια εισάγονται τα υψόμετρα και οι ακτίνες των τόξων στρογγύλευσης, καθώς και το υψόμετρο του ορίζοντα, έτσι ώστε αυτό να είναι κοντά στα υψόμετρα των σημαίων της μηκοτομής. Επιλέγοντας *κλίσεις* υπολογίζονται οι κατά μήκος κλίσεις και γίνεται ένας πρώτος οπτικός έλεγχος για τη λογική των τιμών. Για την επιβεβαίωση των στοιχείων επιλέγεται *αποδοχή* και αυτόματα αποθηκεύονται τα δεδομένα στο c:\chris\cb\work\bouk.po10 και εκτελείται το πρόγραμμα της σχεδίασης της μηκοτομής.

Όνομα	Χιλιομ. Θέση	Υψόμετρο	Ακτίνα	Κλίση στο i/i+1
A	0.000000	118.0000	0.000000	5.000000
1	200.0000	128.0000	2000.000	1.600000
2	450.0000	132.0000	2000.000	4.208046
B	687.6400	142.0000	0.000000	0.000000

Ορίζοντας: 115.0000

Κλίσεις

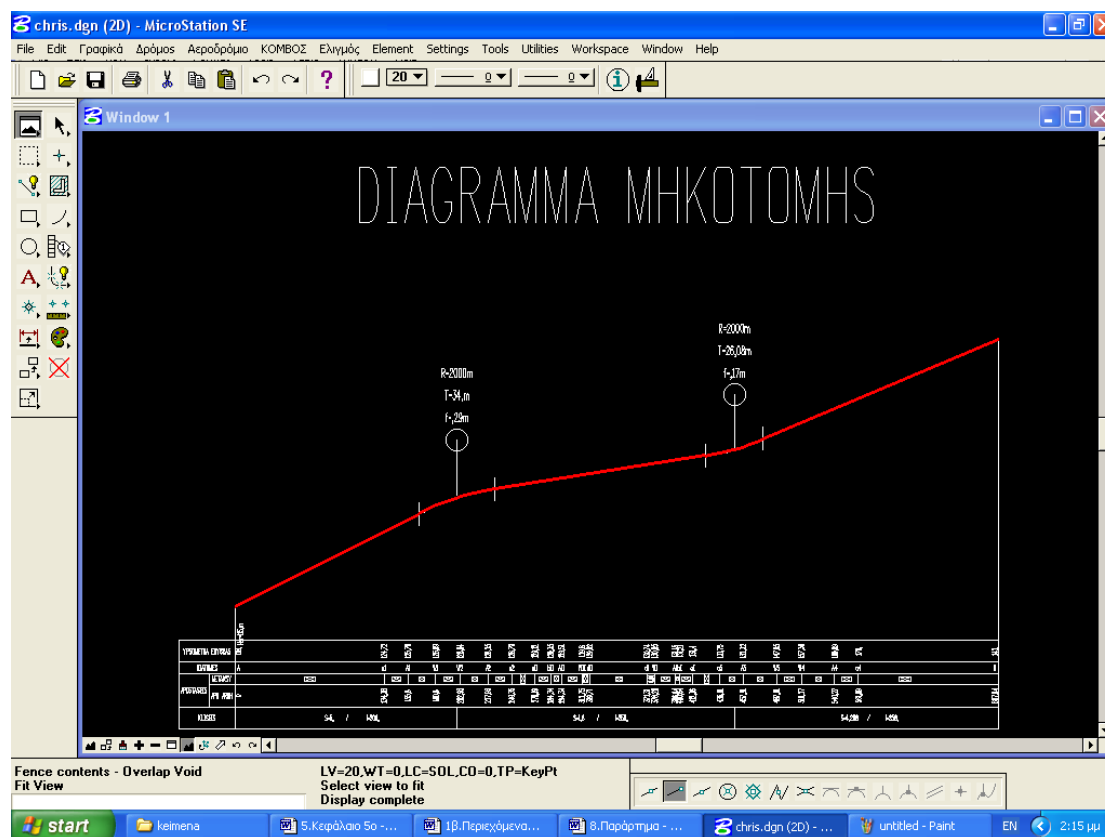
Έξοδος

Αποδοχή

Σχήμα 5.9 : Εισαγωγή δεδομένων για τη χάραξη της μηκοτομής

Τα τελικά δεδομένα για τον σχεδιασμό της μηκοτομής του παραδείγματος φαίνονται στο σχήμα 5.9. Ταυτόχρονα με την αποθήκευση των δεδομένων το πρόγραμμα αποθηκεύει αυτόματα και όλα τα αποτελέσματα των υπολογισμών των στοιχείων των απαραίτητων για τη χάραξη του σχεδίου της μηκοτομής και στη συνέχεια των επικλίσεων.

Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνεται το τελικό σχέδιο της μηκοτομής του συγκεκριμένου παραδείγματος, καθώς και ορισμένες λεπτομέρειες από αυτό.



Σχήμα 5.10 : Τελικό σχέδιο μηκοτομής

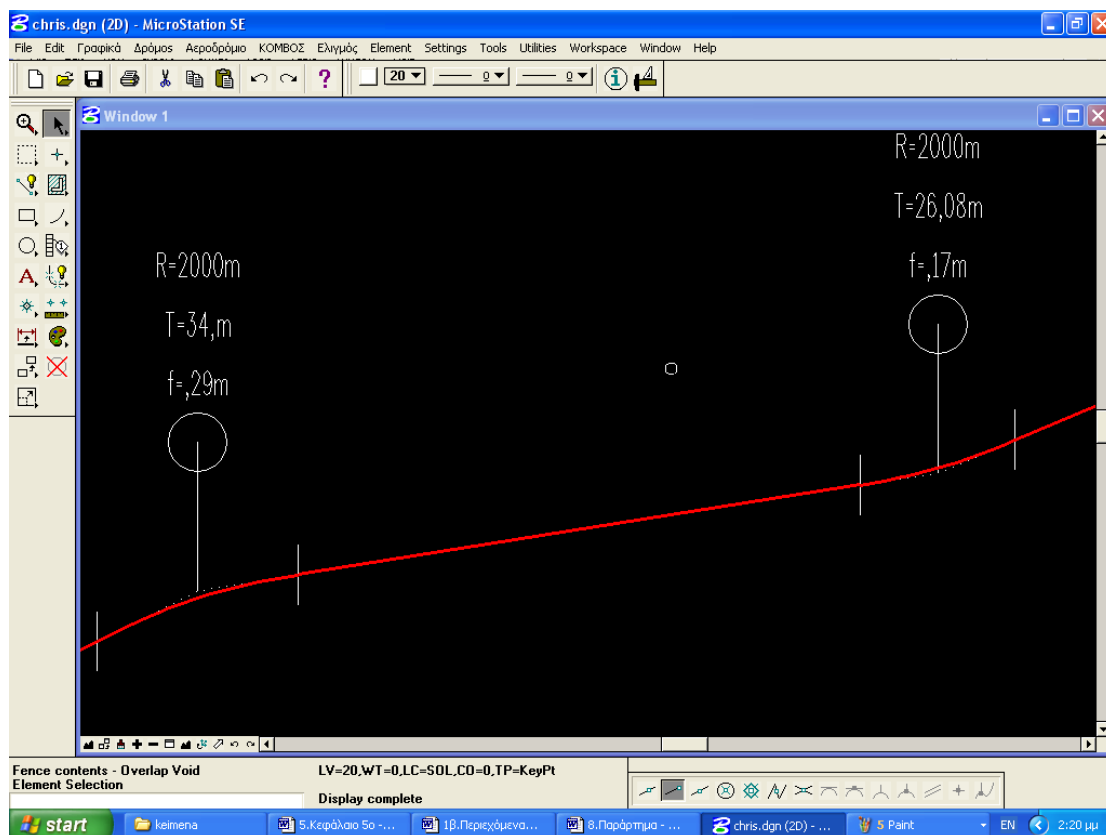
chris.dgn (2D) - MicroStation SE

File Edit Γραφικά Δρόμος Αεροδρόμιο ΚΟΜΒΟΣ Ελιγμός Element Settings Tools Utilities Workspace Window Help

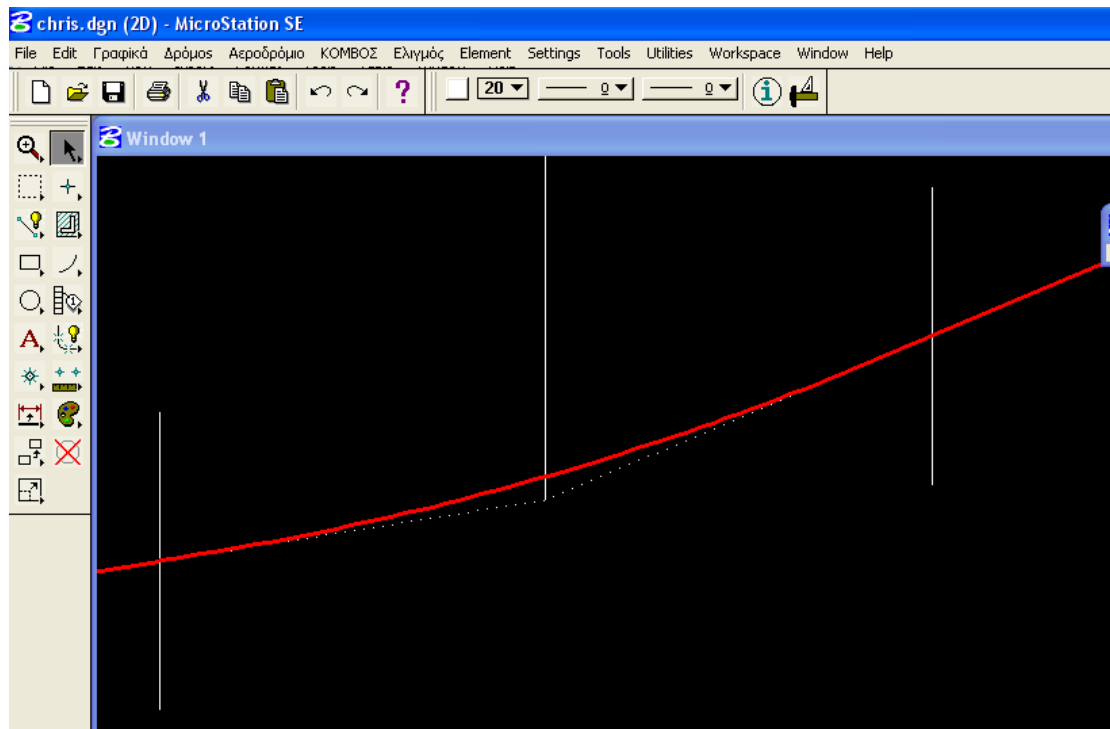
Window 1

		Hor=115,m			
YPSOMETRA ERY8RAS		118,	124,72	125,79	126,99
DIATOMES		A	a1	A1	W1
APOSTASEIS	METAKSY	134,38		21,42	25,
	APD ARXH		134,38	155,8	180,8
KLISEIS		S=5, / l=200,			

Σχήμα 5.11 : Λεπτομέρεια στοιχείων που παρουσιάζονται στο
διάγραμμα της μηκοτομής



Σχήμα 5.12 : Χρήσιμες πληροφορίες για τα τόξα στρογγύλευσης



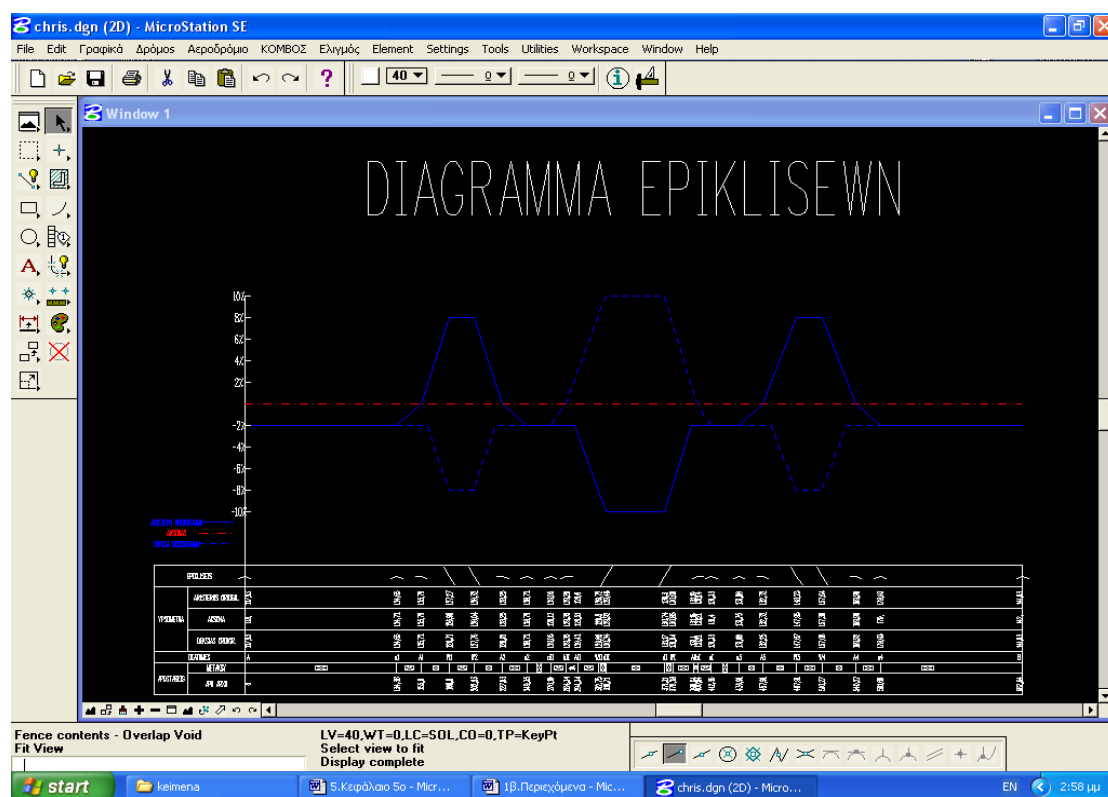
Σχήμα 5.13 : Λεπτομέρεια χάραξης του τόξου στρογγύλευσης της μηκοτομής

5.3 Σχεδίαση διαγράμματος επικλίσεων

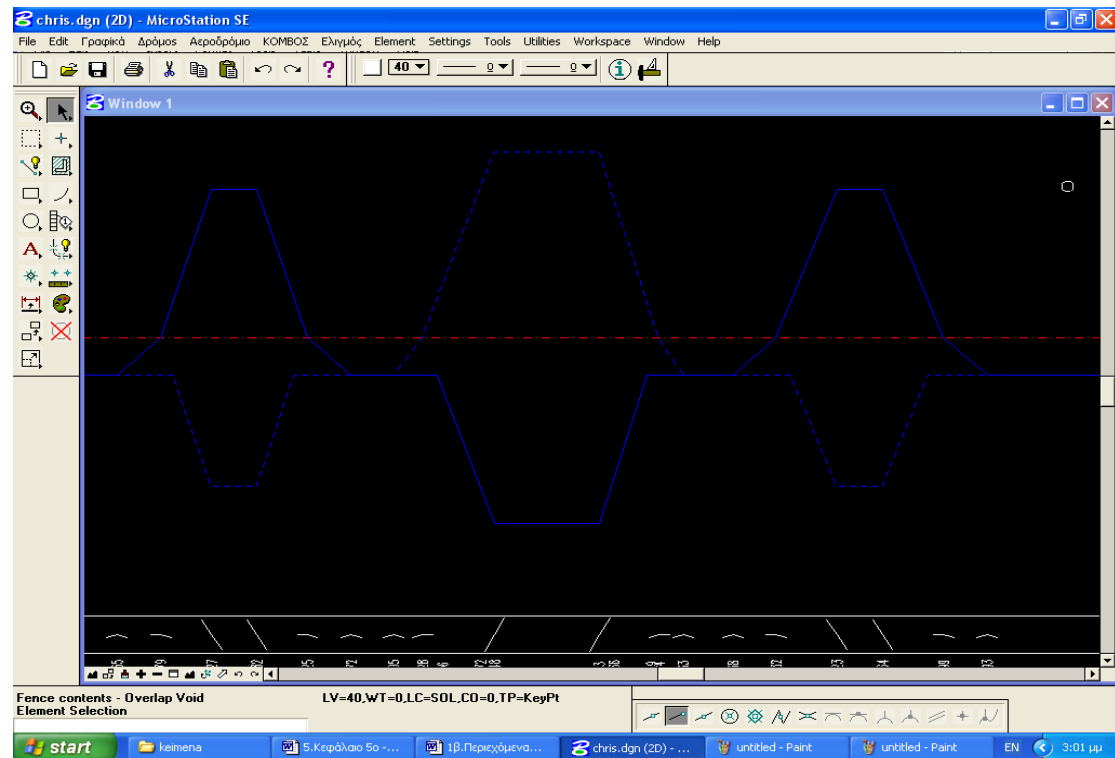
Για τη σχεδίαση του διαγράμματος των επικλίσεων ενός ανακάμπτοντος ελιγμού επιλέγεται από το *ελιγμός* η εκτέλεση του προγράμματος *διάγραμμα επικλίσεων*.

Για την εφαρμογή αυτού του προγράμματος δεν απαιτείται η εισαγωγή κανενός δεδομένου. Το πρόγραμμα που έχει δημιουργηθεί παίρνει όσες πληροφορίες χρειάζεται από τα δεδομένα που έχουμε εισάγει προηγουμένως, από τους κανονισμούς και από τα αρχεία που έχει δημιουργήσει το πρόγραμμα, ώστε να αποθηκεύσει σε αυτά τους υπολογισμούς, και σχεδιάζει το διάγραμμα των επικλίσεων.

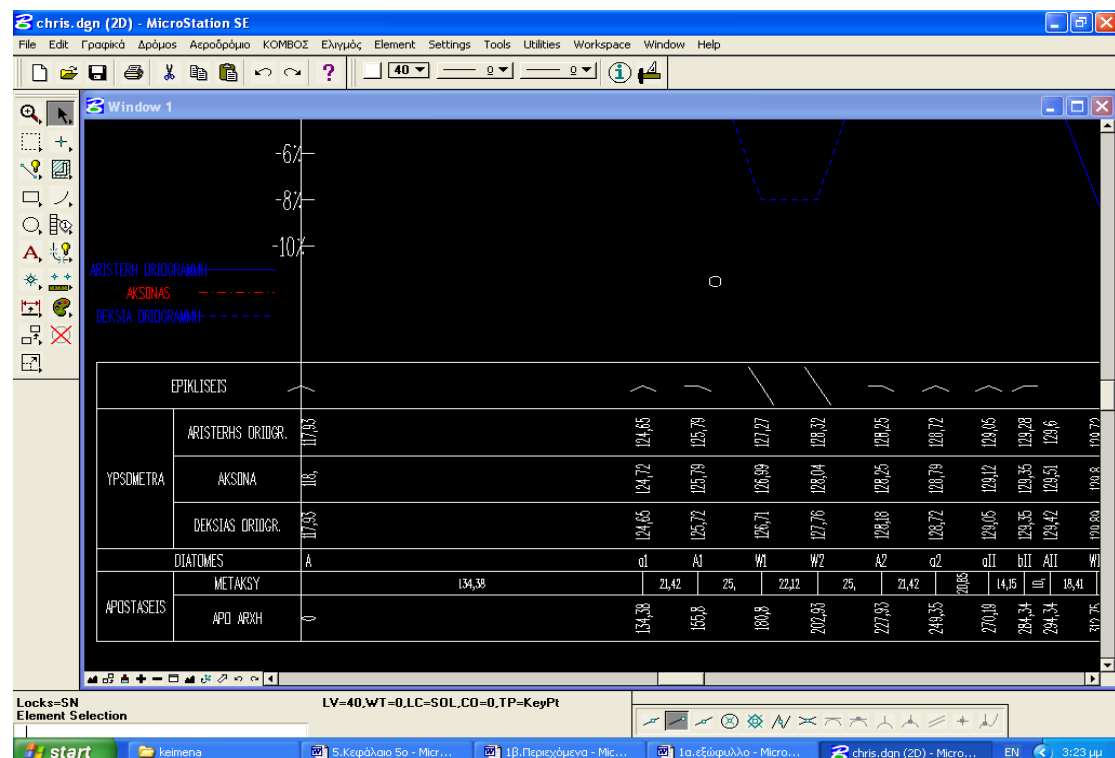
Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται το τελικό διάγραμμα των επικλίσεων του συγκεκριμένου παραδείγματος, καθώς και ορισμένες λεπτομέρειες από αυτό.



Σχήμα 5.14 : Τελικό σχέδιο διαγράμματος επικλίσεων

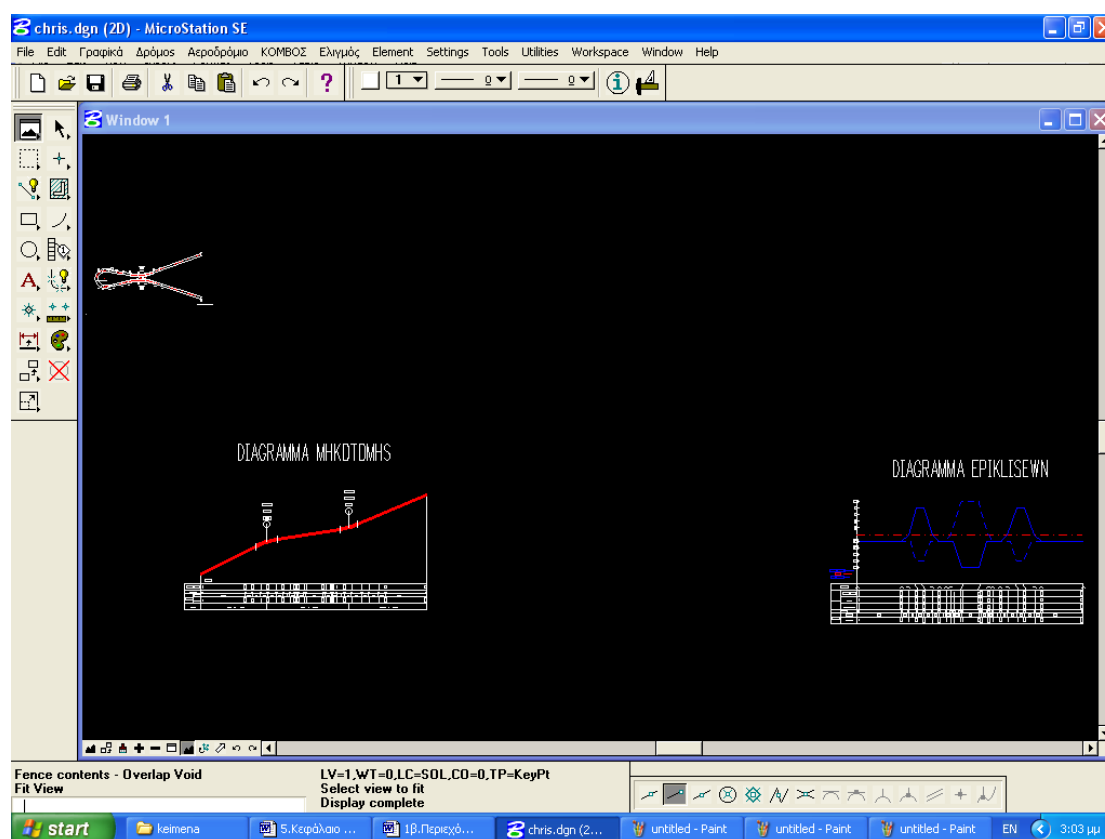


Σχήμα 5.15 : Λεπτομέρεια από τη σχεδίαση των οριογραμμών του οδοστρώματος



Σχήμα 5.16 : Λεπτομέρεια με τα στοιχεία του διαγράμματος των επικλίσεων, το υπόμνημα και την κλίμακα των επικλίσεων

Για την ολοκλήρωση του παραδείγματος σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και του διαγράμματος των επικλίσεων με το πρόγραμμα *ελιγμός* που δημιουργήθηκε κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, επιλέγεται εμφάνιση – όλων, ώστε να προκύψουν στην οθόνη όλα τα σχέδια συγκεντρωμένα, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5.17 : Εμφάνιση όλων των σχεδίων που παράγονται από το πρόγραμμα

6. Συμπεράσματα – Προτάσεις

6.1 Συμπεράσματα

Στον σχεδιασμό ενός ανακάμπτοντα ελιγμού υπεισέρχονται πολλές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Πρόκειται για ένα έργο για τη μελέτη, τη σχεδίαση και την κατασκευή του οποίου απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλο χρονικό διάστημα, εξαιτίας κυρίως των ιδιομορφιών του, ώστε ο μηχανικός να πετύχει την οικονομική, ομοιόμορφη και ομαλή ένταξή του στο οδικό και φυσικό περιβάλλον που πρόκειται να εξυπηρετήσει, χωρίς να το επιβαρύνει και να το αλλοιώνει σε μη αποδεκτό βαθμό.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια προσπάθεια αυτοματοποίησης του σχεδιασμού σε επίπεδο προμελέτης και μελέτης του ανακάμπτοντος ελιγμού. Η αυτοματοποίηση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί στηριζόμενη στις γνώσεις και στην εμπειρία του μηχανικού, σε απλές μαθηματικές σχέσεις και στην εφαρμογή των κανονισμών που επιλέγονται.

Το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε δίνει την δυνατότητα παραγωγής σε ελάχιστο χρόνο ορισμένων χρήσιμων αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων συνοδευόμενα και από τα σχέδια της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και του διαγράμματος των επικλίσεων του εκάστοτε τύπου ελιγμού, του οποίου τη σχεδίαση ο μηχανικός επιθυμεί. Σε στάδιο προμελέτης υπάρχει η δυνατότητα με χρήση του προγράμματος να είναι άμεσα γνωστά τα περισσότερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ελιγμού σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Επίσης παρέχονται από το πρόγραμμα πληροφορίες όπως η επιφάνεια την οποία καταλαμβάνει ο ελιγμός, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς η επιλογή της χρήσης του ελιγμού ως λύση προϋποθέτει την ύπαρξη δύσκολου τοπογραφικού διαγράμ-

ματος, με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα μελέτης διαφόρων πιθανών λύσεων μεταξύ των τύπων των ελιγμών, ή ακόμα και τη θέση τους στο χώρο, για σύγκριση στη συνέχεια. Οι παραδοχές που έχουν εφαρμοστεί δίνουν ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα σχεδίασης της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής και του διαγράμματος των επικλίσεων του ανακάμπτοντος ελιγμού.

6.2 Προτάσεις

Οι προτάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη του θέματος μπορεί να εστιαστούν κυρίως στη συμπλήρωση και βελτίωση της λειτουργίας του προγράμματος, ώστε ο χρήστης να μπορεί να επιλέγει, να καταχωρεί και να παράγει ακόμη περισσότερα στοιχεία και σχέδια. Πιο συγκεκριμένα θα μπορούσε το πρόγραμμα να πραγματοποιεί περισσότερους ελέγχους σύμφωνα και με άλλους κανονισμούς (RASL – 84 , AASHTO) και να επεκταθεί στη σχεδίαση και άλλων στοιχείων χάραξης, όπως είναι η σχεδίαση των τυπικών διατομών, η σχεδίαση των διατομών των χαρακτηριστικών σημείων του ελιγμού ή ο υπολογισμός των χωματουργικών εργασιών. Ακόμη, το πρόγραμμα θα μπορούσε να οργανωθεί έτσι ώστε να πληροφορεί τον χρήστη με μηνύματα, ή συγκεντρωτικά σε πιο φιλικό επίπεδο, ή ακόμα και να τροποποιηθεί ώστε να δέχεται και να επεξεργάζεται ψηφιακή πληροφορία εδάφους, εντάσσοντας αυτό στη σχεδίαση των μηκοτομών, των επικλίσεων και των διατομών.

Η ανάπτυξη προγραμμάτων που θα δίνουν λύση στα παραπάνω θέματα θα ολοκλήρωνε το συγκεκριμένο λογισμικό, ώστε να υπήρχε ένα πρόγραμμα πλήρους σχεδίασης των ανακαμπτόντων ελιγμών και πλήρη

αυτοματοποίηση μιας εκ των εργασιών του πολιτικού μηχανικού στο αντικείμενο της οδοποιίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**7.1 Βιβλιογραφία σχετική με την οδοποιία**

- [1] Γ. Κανελλαΐδης, Γ. Μαλέρδος, **Σημειώσεις για τον γεωμετρικό σχεδιασμό οδών**, έκδοση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα Σεπτέμβριος 2001
- [2]. Γ. Κανελλαΐδης , Γ. Γλαρός, **Σημειώσεις Ειδικών Κεφαλαίων Οδοποιίας (Ανακάμπτοντες Ελιγμοί)**, έκδοση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , Αθήνα Οκτώβριος 2003
- [3]. Ι. Σχιζάς , **Οδοποιία** , Αθήνα 1994
- [4]. **Διαμόρφωση Ελιγμών Ελληνικών Οδών** , Υπουργείο Δημοσίων Έργων , Υπηρεσία Συγκοινωνιακών έργων, Έκδοση 1964
- [5]. Απ. Γιώτης , **Οδοποιία IV** , έκδοση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , Αθήνα 1999
- [6]. Απ. Γιώτης , Β. Ψαριανός , **Κανονισμοί Μελετών Οδών κατά RAS Μέρος : Χαράξεις Τεύχος 1 : Στοιχεία Μελέτης** , έκδοση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 1991

7.2 Βιβλιογραφία σχετική με προγράμματα Η/Υ

- [7]. Γ. Κανελλαΐδης , Φ. Μερτζάνης , Κ. Κεπαπτογλου , **Σημειώσεις Ειδικών Θεμάτων Σχεδιασμού των Οδών** , έκδοση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα Οκτώβριος 2003
- [8]. Bentley , **Εγχειρίδιο χρήσης Microstation SE** , Η.Π.Α. 1995
- [9]. Bentley , **Εγχειρίδιο χρήσης Microstation Basic** , Η.Π.Α. 1995
- [10]. **Πλήρες Εγχειρίδιο χρήσης AutoCAD VBA** , Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας
- [11]. Α. Σιδερίδης , **Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών** , Αθήνα 1996
- [12]. Ε. Τρικεριώτης , **Visual Basic**, Αθήνα 1991
- [13]. Joe Sutphin , **AutoCAD 2000 VBA , Programmer's Reference**, 2001

7.3 Βιβλιογραφία σχετική με αναλυτική γεωμετρία

- [14]. Σ. Ανδρεαδάκη , Ν. Κουσερά , Σ. Μέτη , Σ. Παπασταυρίδης , Γ. Πολύζος , Α. Σβέρκου, *Μαθηματικά Γ' Λυκείου (άλγεβρα – αναλυτική γεωμετρία – πιθανότητες)*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων , Αθήνα 1997

7.4 Διπλωματικές εργασίες που χρησιμοποιήθηκαν ως βιβλιογραφία

- [15]. Η. Γεωργουλάκος , «*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 Απρίλιος 2004
- [16]. Αθ. Βαρούνης , «*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 Απρίλιος 2004

7.5 Χρήσιμες διευθύνσεις στο διαδίκτυο

- [17]. www.Bentley.com , επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 22/9/2004
- [18]. www.Intergraph.com , επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 22/9/2004
- [19]. www.anadelta.com , επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 22/9/2004
- [20]. www.odos.gr, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 22/9/2004
- [21]. www.acehellas.gr, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 20/1/2004
- [22]. www.autodesk.com, επίσημη διεύθυνση στο διαδίκτυο, τελευταία πρόσβαση 22/9/2004

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π1. Κώδικας

Ο κώδικας του προγράμματος θεωρήθηκε σκόπιμο να διατίθεται σε ηλεκτρονική μορφή, αφού ξεπερνάει τις 5000 σελίδες. Παρακάτω αναφέρονται τα υποπρογράμματα (μακροεντολές), που συνθέτουν το πρόγραμμα, με αλφαβητική σειρά. Βέβαια, επειδή για τη χάραξη της οριζοντιογραφίας κάθε τύπου ελιγμού χρειάστηκε η δημιουργία 24 υποπρογραμμάτων, ώστε να καλυφθούν όλες οι περιπτώσεις, θα αναφερθούν ενδεικτικά τα ονόματα των μακροεντολών ενός τύπου ελιγμού, έστω του 7/20:

- ➔ data.bas
- ➔ data2.bas
- ➔ epikl1.bas
- ➔ epikl2.bas
- ➔ erazalle.bas
- ➔ erazepikl.bas
- ➔ erazhoriz.bas
- ➔ erazmhkot.bas
- ➔ keimena.bas
- ➔ load.bas
- ➔ mhkot1.bas
- ➔ mhkot2.bas
- ➔ save.bas
- ➔ viewalle.bas
- ➔ viewepikl.bas
- ➔ viewhoriz.bas
- ➔ viewmhkot.bas

- ➔ wind720_1a.bas
- ➔ wind720_1a_left.bas
- ➔ wind720_1a_right.bas
- ➔ wind720_1b.bas
- ➔ wind720_1b_left.bas
- ➔ wind720_1b_right.bas
- ➔ wind720_1c.bas
- ➔ wind720_1c_left.bas
- ➔ wind720_1c_right.bas
- ➔ wind720_1d.bas
- ➔ wind720_1d_left.bas
- ➔ wind720_1d_right.bas
- ➔ wind720_4a.bas
- ➔ wind720_4a_left.bas
- ➔ wind720_4a_right.bas
- ➔ wind720_4b.bas
- ➔ wind720_4b_left.bas
- ➔ wind720_4b_right.bas
- ➔ wind720_4c.bas
- ➔ wind720_4c_left.bas
- ➔ wind720_4c_right.bas
- ➔ wind720_4d.bas
- ➔ wind720_4d_left.bas
- ➔ wind720_4d_right.bas

Π2. Γενικές πληροφορίες για το πρόγραμμα

Το πρόγραμμα δημιουργεί συνολικά 12 ASCII αρχεία (αρχεία κειμένου που περιλαμβάνουν αλφαριθμητικά δεδομένα) εκ των οποίων τα τέσσερα που έχουν αναφερθεί και προηγουμένως αποτελούν αρχεία εργασίας και τα υπόλοιπα 9 χρησιμεύουν για εσωτερική επικοινωνία του προγράμματος. Στη συνέχεια δίνονται τα αρχεία που δημιουργούνται με τις πληροφορίες που προσφέρουν το καθένα από αυτά ανά γραμμή.

➤ BOUK.PO1 X_A, Y_A, Z_A X_K, Y_K, Z_K X_B, Y_B, Z_B **➤ BOUK.PO2** $L1, G1$ 'απόσταση του $K1$ από το K , γωνία γ_1 $L2, G2$ 'απόσταση του $K2$ από το K , γωνία γ_2 X_{K1}, Y_{K1}, Z_{K1} X_{K2}, Y_{K2}, Z_{K2} X_g, Y_g, Z_g 'σημείο Γ του ελιγμού $ag1, ag2, g, an, a1, a2$ 'συντελεστές ευθειών και γωνίες**➤ BOUK.PO3** $L1a, R1, L1b$ 'μήκη $1^{η}$ κλωθοειδούς και ακτίνα τόξου $L2a, R2, L2b$ 'μήκη $2^{η}$ κλωθοειδούς και ακτίνα τόξου

➤ **BOUK.PO4** ‘στοιχεία των δύο κλωθοειδών

A1a , L1a , G1 , R1 , A1b , L1b
 tg11 , X11 , Y11 , XM11 , DR11 , tm11
 tg12 , X12 , Y12 , XM12 , DR12 , tm12
 d1 , T11 , T12 , AAa , LW1W2a
 A2a , L2a , G2 , R2 , A2b , L2b
 tg21 , X21 , Y21 , XM21 , DR21 , tm21
 tg22 , X22 , Y22 , XM22 , DR22 , tm22
 d2 , T21 , T22 , AAb , LW1W2b

➤ **BOUK.YPOL** ‘στοιχεία για τον ελιγμό

gg1 , gg2 , ggk
 W1W2 , A1W1W2A2
 w1 , w2
 d1W1 , d2W2 , d1d2
 b1A1 , b2A2
 b1d1 , b2d2
 a1b1 , a2b2
 Res , R , Rek
 Vme , Yme
 S1 , S2 , B
 Ua1 , Uw1 , Ua1es , Uw1es
 Xa2 , Xw2 , Xa2es , Xw2es

➤ **BOUK.PO5** ‘συντεταγμένες χαρακτηριστικών

XC1a , YC1a ‘σημείων ελιγμού

XWa1 , YWa1

XWb1 , YWb1

XC1b , YC1b

XC2a , YC2a

XWa2 , YWa2

XWb2 , YWb2

XC2b , YC2b

XC1e , YC1e

XWe1 , YWe1

XWe2 , YWe2

XC2e , YC2e

XO1 , YO1

XO2 , YO2

Xm , Ym

➤ **BOUK.PO7** ‘επιπρόσθετες συντεταγμένες

XZaA , YZaA ‘χαρακτηριστικών σημείων

XZae , YZae

XZea , YZea

XZeb , YZeb

XZbe , YZbe

XZbB , YZbB

XbI , YbI

XbII , YbII

Xd1 , Yd1

Xd2 , Yd2

➤ <i>BOUK.PO8</i>	‘αποστάσεις μεταξύ των
dist1	‘χαρακτηριστικών σημείων
dist2	‘όπως εμφανίζονται στην
dist3	‘οριζοντιογραφία με αρχή το Α
dist4	
dist5	
dist6	
dist7	
dist8	
dist9	
dist10	
dist11	
dist12	
dist13	
dist14	
dist15	
dist16	
dist17	
dist18	
dist19	
dist20	
dist21	
dist22	
dist23	

➤ *BOUK.PO9* ‘χιλιομετρικές θέσεις διατομών

XΘA

XΘa1 , XΘA1a , XΘW1a

XΘW2a , XΘA2a , XΘa2

XΘae2 , XΘbe2 , XΘAe2a , XΘWe2 , XΘde2

XΘde1 , XΘWe1 , XΘAe1a , XΘbe1 , XΘae1

XΘa3 , XΘA2b , XΘW2b

XΘW1b , XΘA1b , XΘa4

XΘB

➤ *BOUK.PO10* ‘δεδομένα για τη μηκοτομή

n1 , pos1 , h1 , radi1 , dx1

n2 , pos2 , h2 , radi2 , dx2

n3 , pos3 , h3 , radi3 , dx3

n4 , pos4 , h4 , radi4 , dx4

har

➤ *BOUK.PO11* ‘υψόμετρα ερυθράς διατομών

ZXΘA

ZXΘa1 , ZXΘA1a , ZXΘW1a

ZXΘW2a , ZXΘA2a , ZXΘa2

ZXΘae2 , ZXΘbe2 , ZXΘAe2a , ZXΘWe2 , ZXΘde2

ZXΘde1 , ZXΘWe1 , ZXΘAe1a , ZXΘbe1 , ZXΘae1

ZXΘa3 , ZXΘA2b , ZXΘW2b

ZXΘW1b , ZXΘA1b , ZXΘa4

ZXΘB

➤ *BOUK.TYPOS*

WIND

‘δείχνει τον τύπο του ελιγμού με έναν αριθμό από 1 – 10, με 1 τον 6/8

Αναφορικά σημειώνεται πως το σχέδιο της οριζοντιογραφίας έχει σχεδιαστεί στα levels 1, 2, 3, 10, 11, 30. Στο level 30 βρίσκονται τα κείμενα της οριζοντιογραφίας, στο 11 ο άξονας της οδού, στο 2 η αριστερή οριογραμμή του οδοστρώματος, στο 3 η δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος και στα 1, 10 η πολυγωνική γραμμή.

Το σχέδιο της μηκοτομής είναι σχεδιασμένο στα levels 20, 21 και 22. Στο level 22 βρίσκονται τα κείμενα της μηκοτομής, στο 20 το περίγραμμα και στο 21 η ερυθρά γραμμή μαζί με τα τόξα στρογγύλευσης.

Κατά αντιστοιχία με τη μηκοτομή, το διάγραμμα των επικλίσεων έχει σχεδιαστεί στα levels 40, 41 και 42. Στο level 42 βρίσκονται τα κείμενα του διαγράμματος των επικλίσεων, στο 40 το περίγραμμα και στο 41 το κυρίως διάγραμμα με τον άξονα και τις δύο οριογραμμές του οδοστρώματος*.

* όπου χρησιμοποιείται στο παράρτημα το ακόλουθο σύμβολο «'» σημαίνει ότι ακολουθεί σχόλιο περιγραφής

Π3. Πίνακες ελιγμών

Στη συνέχεια ακολουθούν οι πίνακες με όλους τους τύπους των ελιγμών. Οι πίνακες αυτοί δίνουν σε μέτρα τις συντεταγμένες των καμπύλων συναρμογής του άξονα του ελιγμού και των οριογραμμών του οδοστρώματος σε οριζοντιογραφία, και είναι αυτοί που ορίζονται από τον κανονισμό « Διαμόρφωση Ελιγμών Ελληνικών Οδών », και χρησιμοποιήθηκαν για τη σχεδίαση από το πρόγραμμα της οριζοντιογραφίας. Επίσης στους πίνακες αυτούς δίνονται τα μήκη των ακτίνων των κυκλικών τόξων άξονα – οριογραμμών και των συναρμογών S_I και S_{II} του άξονα του ελιγμού, για τους παρακάτω τύπους ελιγμών ($b / R_{\epsilon\sigma}$)