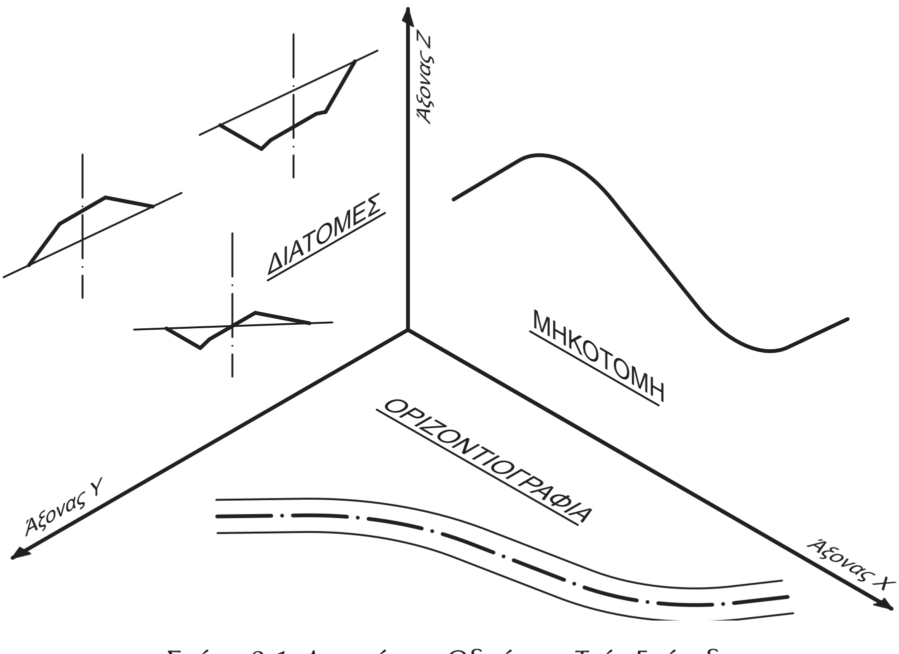
2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

2.1. Απεικόνιση της Οδού

Η οδός, όπως και κάθε τεχνικό έργο, είναι έργο τρισδιάστατο (X, Y, Z). Για να μπορέσουμε να το απεικονίσουμε και να το δουλέψουμε σε δισδιάστατο χαρτί χρησιμοποιούμε τις προβολές της οδού στα 3 επί μέρους επίπεδα: XY, XZ, και YZ (Σχ. 2.1.).

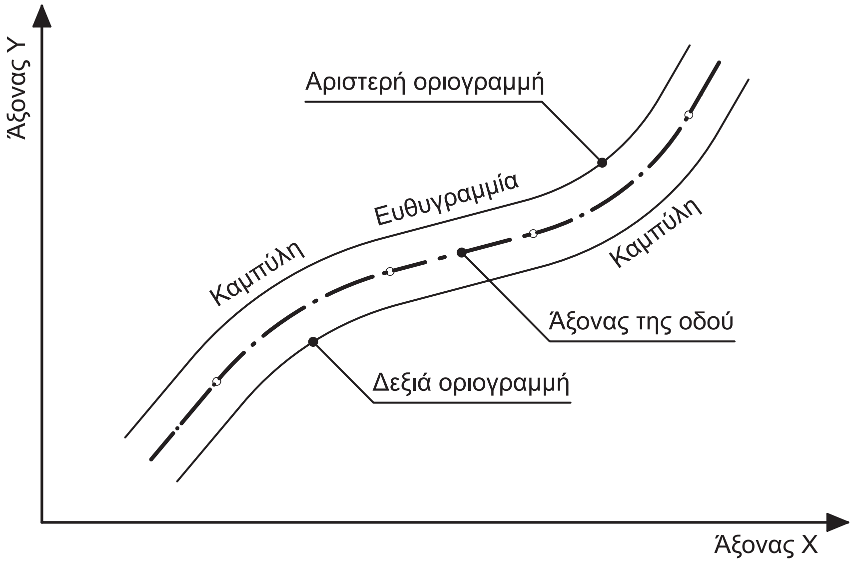


Σχήμα 2.1. Απεικόνιση Οδού στα Τρία Επίπεδα

Α. Προβολή στο επίπεδο ΧΥ.

Αφορά την κατακόρυφη προβολή στο οριζόντιο επίπεδο και αυτό που φαίνεται είναι ότι βλέπουμε από ψηλά (π.χ. από ένα αεροπλάνο). Η προβολή αυτή, που κατά την αρχιτεκτονική λέγεται κάτοψη, στην Οδοποιΐα την ονομάζουμε **Οριζοντιογραφία** (Σχ. 2.2.).

Η οριζοντιογραφία λοιπόν είναι η προβολή της οδού στο οριζόντιο επίπεδο (επίπεδο ΧΥ).



Σχήμα 2.2. Οριζοντιογραφία Οδού

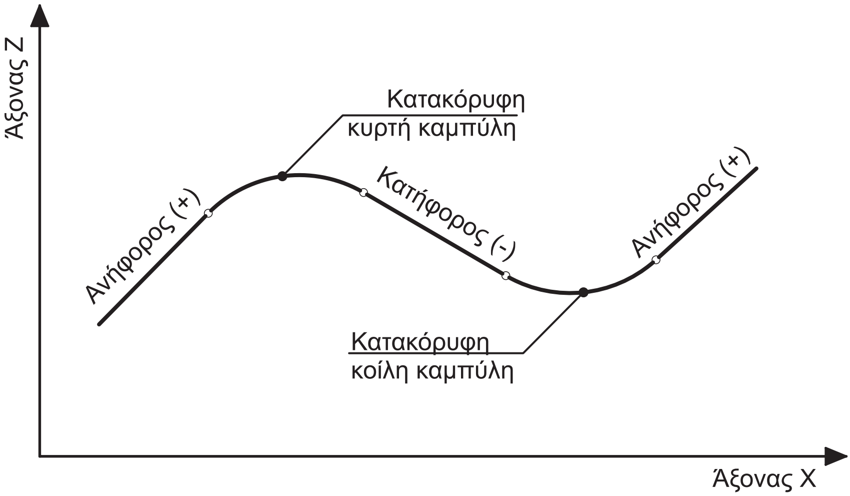
Παρατηρούμε ότι ο δρόμος αποτελείται από αλληλουχία ευθύγραμμων και καμπύλων τμημάτων. Αυτό που φαίνεται κατ' αρχήν είναι ο **άξονας της οδού** (θεωρητικός) και οι δύο οριογραμμές της ασφάλτου: η **δεξιά οριογραμμή** και η **αριστερή οριογραμμή**.

Κατά τη μελέτη της οριζοντιογραφίας μιας οδού χρησιμοποιούμε τον άξονα της οδού που θεωρητικά βρίσκεται στο μέσον μεταξύ δεξιάς και αριστερής οριογραμμής. Βλέπουμε λοιπόν ότι, ενώ ο δρόμος αποτελείται από μία επιφάνεια αρκετά μεγάλου πλάτους (πλάτος της οδού), εμείς για την μελέτη μας τον εκφυλίζουμε σε μία γραμμή που λέγεται άξονας της οδού.

Β. Προβολή στο επίπεδο ΧΖ.

Αφορά την πλάγια προβολή της οδού στο κατακόρυφο επίπεδο. Επειδή, όπως είπαμε ο δρόμος έχει τρείς γραμμές (άξονας, δεξιά οριογραμμή και αριστερή οριογραμμή), η προβολή αυτή αφορά μόνο τον άξονα της οδού. Φαντασθείτε λοιπόν ότι κόβουμε το δρόμο στον άξονά του, τον τεντώνουμε (παίρνουμε το **ανάπτυγμα**) και τον προβάλλουμε στο κατακόρυφο επίπεδο. Η προβολή αυτή, που κατά την αρχιτεκτονική λέγεται πλάγια όψη, στην Οδοποιΐα την ονομάζουμε **Κατά Μήκος Τομή** ή απλά **Μηκοτομή** (Σχ. 2.3.).

Η μηκοτομή λοιπόν είναι η προβολή του αναπτύγματος του άξονα της οδού στο κατακόρυφο επίπεδο (επίπεδο ΧΖ).



Σχήμα 2.3. Μηκοτομή Οδού

Παρατηρούμε ότι ο δρόμος αποτελείται πάλι από αλληλουχία ευθύγραμμων και καμπύλων τμημάτων, μόνο που στην περίπτωση αυτή αφορούν ανηφόρες και κατηφόρες. Αυτό που φαίνεται λοιπόν είναι η **κατά μήκος κλίση** του άξονα της οδού (ανήφοροι και κατήφοροι), μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται **κατακόρυφες καμπύλες**: άλλες που στρέφουν τα κοίλα προς τα κάτω και λέγονται **κυρτές κατακόρυφες καμπύλες** και άλλες που στρέφουν τα κοίλα προς τα πάνω και λέγονται **κοίλες κατακόρυφες καμπύλες**.

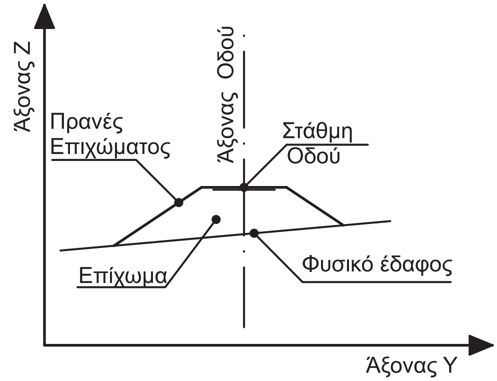
Γ. Προβολή στο επίπεδο ΥΖ.

Αφορά την προβολή μιας τομής της οδού, κάθετης προς τον άξονά της, στο κατακόρυφο επίπεδο. Φαντασθείτε λοιπόν ότι κόβουμε το δρόμο κάθετα προς τον άξονα του (όπως κόβουμε ένα κέικ σε φέτες) και προβάλλουμε την τομή που προκύπτει. Η προβολή αυτή, που κατά την αρχιτεκτονική λέγεται τομή, στην Οδοποιΐα την ονομάζουμε **Κατά Πλάτος Τομή** ή απλά **Διατομή** (Σχ. 2.4.).

Η διατομή λοιπόν της οδού είναι η προβολή οποιασδήποτε τομής κάθετης προς τον άξονα της οδού στο κατακόρυφο επίπεδο (επίπεδο ΥΖ).

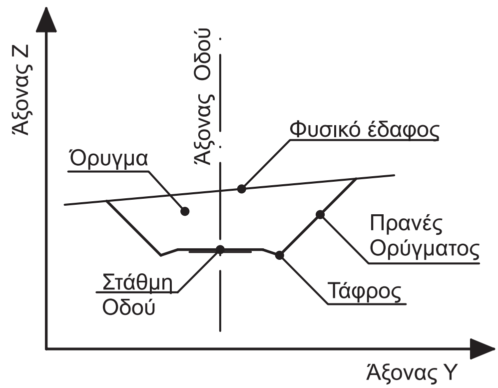
Αυτό λοιπόν που φαίνεται στη διατομή της οδού είναι το **πλάτος** της οδού, τα **πρανή** της και το **φυσικό έδαφος**. Το πλάτος της οδού διακρίνεται στο **πλάτος οδοστρώματος** (που αφορά το ασφαλτοστρωμένο τμήμα της οδού) και στο **πλάτος καταστρώματος** που περιλαμβάνει και τα ερείσματα εκατέρωθεν της οδού. Ως **έρεισμα** ορίζεται το περιθώριο από το άκρο του οδοστρώματος μέχρι την άκρη του πρανούς (βλ. και Σχ. 2.11.).

Όσον αφορά τους τύπους των διατομών διακρίνουμε τρεις (3) περιπτώσεις:



Σχήμα 2.4α
Περίπτωση επιχώματος

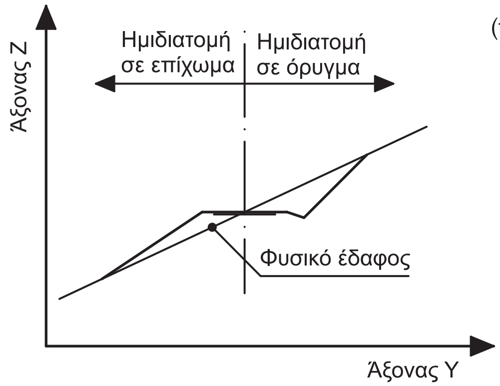
(α) Όταν η στάθμη της οδού βρίσκεται υψηλότερα από το φυσικό έδαφος, τότε για να κατασκευασθεί ο δρόμος θα πρέπει να τοποθετηθεί χώμα ώστε να φθάσουμε στην επιθυμητή στάθμη (Σχ. 2.4α). Η τοποθέτηση αυτή του χώματος λέγεται **επίχωση** και το έργο που προκύπτει **επίχωμα**. Καθώς σηκώνεται το επίχωμα δημιουργούνται εκατέρωθεν κεκλιμένα τμήματα που λέγονται **πρανή του επιχώματος**. Η κλίση των πρανών του επιχώματος εξαρτάται από το γαιώδες υλικό από το οποίο κατασκευάζεται και είναι λίγο ηπιότερη από τη γωνία φυσικού πρανούς. Συνήθως κατασκευάζονται με κλίση 2 (κατακόρυφα): 3 (οριζόντια).



Σχήμα 2.4β
Περίπτωση ορύγματος

(β) Όταν η στάθμη της οδού βρίσκεται χαμηλότερα από το φυσικό έδαφος, τότε για να κατασκευασθεί ο δρόμος θα πρέπει να σκαφτεί χώμα ώστε να φθάσουμε στην επιθυμητή στάθμη (Σχ. 2.4β). Το σκάψιμο αυτό - η εξόρυξη αυτή - του χώματος λέγεται **όρυγμα**. Καθώς χαμηλώνει η στάθμη του εδάφους δημιουργούνται εκατέρωθεν κεκλιμένα τμήματα που λέγονται **πρανή του ορύγματος**. Η κλίση των πρανών του ορύγματος εξαρτάται από το γαιώδες ή βραχώδες υλικό που εκσκάπτεται και προσδιορίζεται με γεωτεχνικές μεθόδους ώστε το πρανές να μην κινδυνεύει να κατολισθήσει (ευστάθεια πρανούς του ορύγματος). Στα συνήθη γαιώδη υλικά η κλίση που χρησιμοποιείται είναι 1 (κατακόρυφα) : 1 (οριζόντια), ενώ στα συνήθη βραχώδη υλικά η κλίση που χρησιμοποιείται είναι 2 (κατακόρυφα) : 1 (οριζόντια).

Μεταξύ του καταστρώματος της οδού και του πρανούς του ορύγματος κατασκευζεται μια τάφρος που έχει σαν σκοπό τη συλλογή και απομάκρυνση των ομβρίων υδάτων τόσο από το κατάστρωμα της οδού, αλλά κυρίως από το πρανές του ορύγματος και της ανάντι περιοχής, ώστε να αποφεύγεται η κατάκλιση του δρόμου.

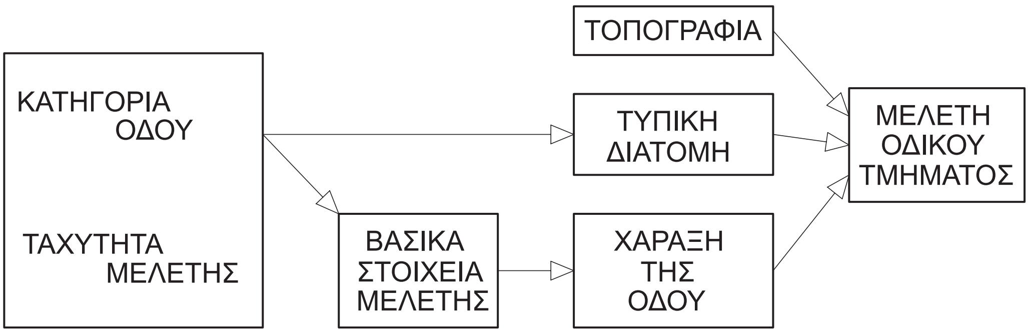


Σχήμα 2.4γ
Περίπτωση μικτής διατομής

(γ) Στην περίπτωση επικλινών εδαφών (εδάφη με σχετικά έντονη κλίση) υπάρχει περίπτωση το ένα μέρος της οδού να βρίσκεται πάνω από το έδαφος και το άλλο μέρος της οδού κάτω από το έδαφος (Σχ. 2.4γ). Τότε λέμε ότι η διατομή είναι **μικτή διατομή,** δηλαδή το ένα μέρος της βρίσκεται σε όρυγμα και το άλλο σε επίχωμα. Για κάθε τμήμα - **ημιδιατομή** - ισχύουν τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τα επιχώματα και τα ορύγματα αντίστοιχα.

2.2. Έναρξη Μελέτης

Για να ξεκινήσουμε τη μελέτη ενός οδικού έργου χρειαζόμαστε να ορίσουμε κάποια Βασικά Στοιχεία. Ένα στοιχειώδες οργανόγραμμα δίνεται στο ακόλουθο Διάγραμμα.



Σχήμα 2.5. Απαιτούμενα Στοιχεία για την Μελέτη Οδικού Έργου

Τα στοιχεία λοιπόν ξεκινούν από :

- Την **Κατηγορία της Οδού,** δηλαδή τι είδους δρόμο θέλουμε να κάνουμε
- Την **Ταχύτητα Μελέτης,** δηλαδή με ποιά ταχύτητα θέλουμε να κυκλοφορούν τα οχήματα στο δρόμο αυτό

Η κατηγορία της οδού μας οδηγεί στην επιλογή μιας **Τυπικής Διατομής**, ενώ η ταχύτητα μελέτης μας οδηγεί σε μια σειρά από **Βασικά Στοιχεία Μελέτης** με τα οποία κάνουμε τη **Γεωμετρική Χάραξη της Οδού**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2 – ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΛΟΦΟΥ (Σχ. 3.10.)

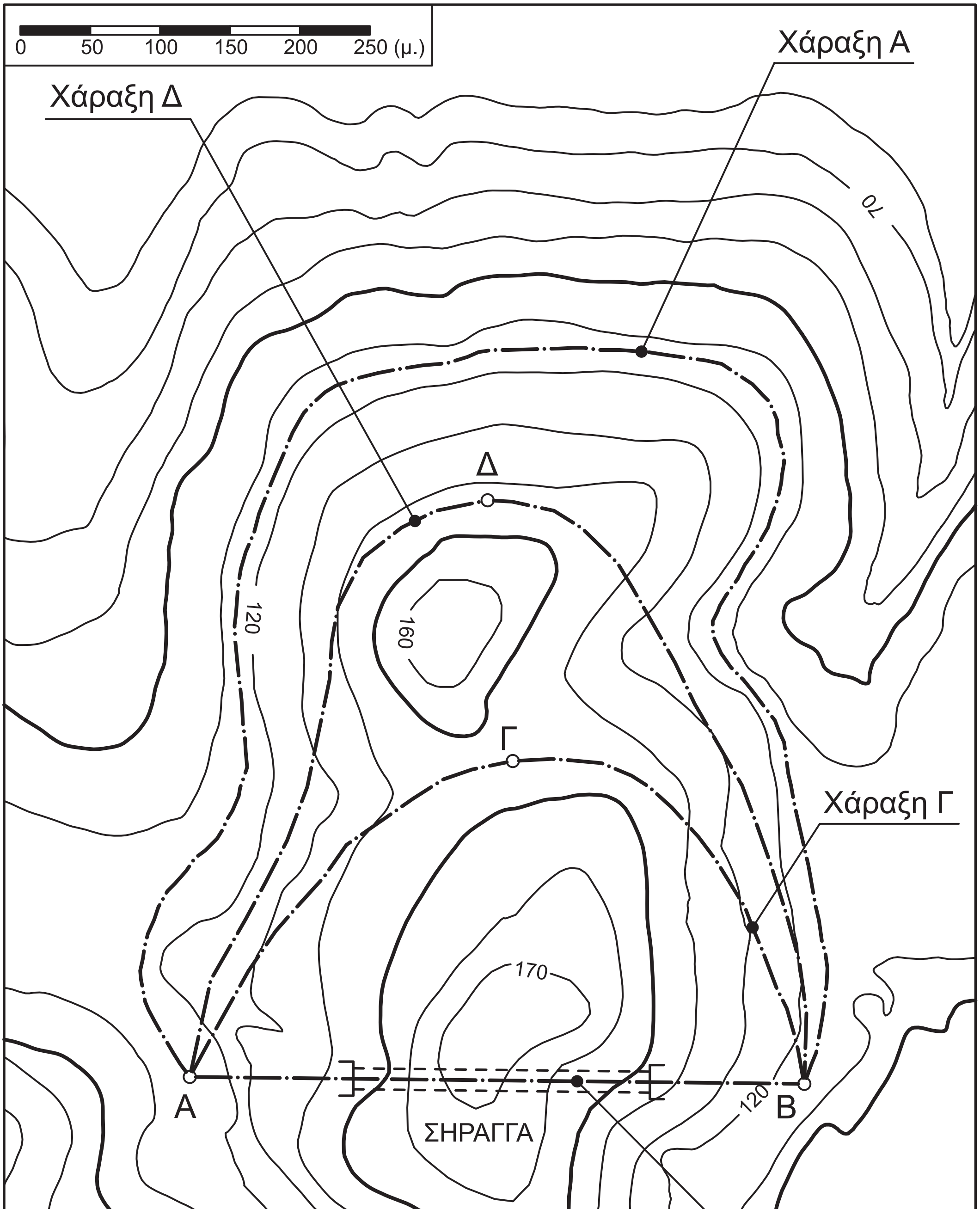
Θέλουμε να συνδέσουμε δύο σημεία Α και Β που βρίσκονται στις εκατέρωθεν πλαγιές ενός λόφου. Το σημείο Α έχει υψόμετρο 115μ. το ίδιο και το σημείο Β 115μ.

Και πάλι η ακραία περίπτωση θα ήταν να μείνουμε στο ίδιο υψόμετρο δηλαδή να κινηθούμε πάνω στην ισοϋψή 115 και να κάνουμε το γύρο του λόφου (Χάραξη Α). Αν κάνω μία τομή από το Α στο Β κατά μήκος της Χάραξης (Μηκοτομή) αυτή θα είναι μια ευθεία γραμμή στο Ζ=115μ. Η λύση λοιπόν αυτή δημιουργεί μηδενική κατά μήκος κλίση, σχεδόν μηδενικά χωματουργικά (δε χρειάζεται ούτε να σκάψω ούτε να επιχώσω), αλλά έχει μεγάλο μήκος.

Η άλλη ακραία περίπτωση θα ήταν να φέρουμε την ευθεία ΑΒ (Χάραξη Β). Στην περίπτωση αυτή έχουμε τη συντομότερη χάραξη (μικρότερο δυνατό μήκος). Αν δούμε όμως την τομή ΑΒ, δηλαδή τη Μηκοτομή του δρόμου, αυτή ξεκινά από το υψόμετρο του Α δηλ. 115μ., ανεβαίνει και συναντά το λόφο σε ένα υψόμετρο μεγαλύτερο από 170μ. και μετά ξανακατεβαίνει και συναντά το Β σε υψόμετρο 115μ. Επειδή ο δρόμος δεν μπορεί να έχει μεγάλη κλίση (≤ Smax) θα πρέπει να κατασκευασθεί όρυγμα 50-60μ. και επειδή αυτό δεν είναι οικονομικά εφικτό και περιβαλλοντικά επιτρεπτό θα πρέπει να κατασκευασθεί σήραγγα σχετικά μεγάλου μήκους. Επομένως η λύση αυτή είναι αντιοικονομική και δεν μπορεί να εφαρμοσθεί εκτός εάν συντρέχουν άλλοι λόγοι (περιβαλλοντικοί κλπ.).

Μια άλλη λύση θα ήταν η διέλευση της χάραξης από τον αυχένα (Σημείο Γ) που είναι το χαμηλότερο σημείο μεταξύ των δύο κορυφών. Το σημείο Γ έχει ένα υψόμετρο γύρω στα 145μ. Άρα η χάραξη (Χάραξη Γ) θα πρέπει να ανέβει από το υψόμετρο του Α (115μ.) μέχρι το Γ (145μ.) και από εκεί να ξανακατέβει μέχρι το υψόμετρο του Β (115μ.). Εάν η προκύπτουσα κλίση είναι μικρότερη του (Smax) η λύση είναι ικανοποιητική, ειδάλλως στη θέση Γ πρέπει να δημιουργηθεί κάποιο όρυγμα ώστε να μειωθεί το υψόμετρο του Γ (π.χ. από 145μ. σε 135μ.). Εάν το δημιουργούμενο όρυγμα είναι μεγαλύτερο από 10μ. η λύση δεν είναι πλεονεκτική και πρέπει να εξετασθεί άλλη.

Η βέλτιστη λύση βρίσκεται κάπου ενδιάμεσα. Αφού οι Κανονισμοί μου επιτρέπουν κάποια μέγιστη κλίση (Smax) επιλέγω ένα ενδιάμεσο σημείο Δ, ώστε να ανέβω από το Α (115μ.) στο Δ (145μ.) και από εκεί να ξανακατέβω στο Β με τη μέγιστη ή μικρότερη κλίση (Χάραξη Δ). Έτσι επιτυγχάνω μικρότερο μήκος, χωρίς να αυξάνω τα χωματουργικά αφού κατεβαίνω και ανεβαίνω πάλι ομαλά, και χωρίς μεγάλα Τεχνικά Έργα. Το ενδιάμεσο σημείο (Δ) αποτελεί ενδιάμεσο σημείο επιλογής για την οικονομικότητα της χάραξης.



Σχήμα 3.10. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2 - Διέλευση λόφου (Κλίμακα 1:5000)

3.4. Ισοκλινής Γραμμή

Από τα προαναφερθέντα παραδείγματα γίνεται αντιληπτό ότι η χάραξη της οδού ανάγεται στην κατά τμήματα ανάβαση ή κατάβαση από ένα υψόμετρο Α σε ένα άλλο υψόμετρο Β. Για την ανάβαση αυτή δημιουργείται μια κατά μήκος κλίση (S) που ορίζεται από τη σχέση:

$$S = \frac{\Delta H}{L} \qquad [3.1.]$$

όπου: S [-] η κατά μήκος κλίση
ΔΗ [μ] η υψομετρική διαφορά
L [μ] το μήκος της οδού

Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση τόσο μικρότερο είναι το μήκος L. Υπάρχει όμως ο περιορισμός της μέγιστης κατά μήκος κλίσης (maxS) που δε μπορούμε να υπερβούμε.

Η γραμμή που συνδέει τα σημεία Α και Β και έχει την ίδια σταθερή κλίση λέγεται **ισοκλινής** γραμμή.

Εξ ορισμού λοιπόν ισοκλινής γραμμή είναι η γραμμή εκείνη η οποία μεταξύ δύο δοθέντων σταθερών σημείων προσαρμόζεται κατά το δυνατόν πλησιέστερα στο έδαφος και παρουσιάζει μια σταθερή κλίση (με οριακή την κλίση maxS). Εκ του ορισμού αυτού προκύπτει ότι μεταξύ δύο σημείων Α και Β υπάρχουν θεωρητικά άπειρες ισοκλινείς, με αντίστοιχες άπειρες κλίσεις. Προφανώς συντομότερη (μικρότερου μήκους) είναι αυτή με την μέγιστη κλίση (maxS).

3.4.1. Χάραξη Ισοκλινούς Γραμμής

Η κατά μήκος κλίση υπολογίζεται από την σχέση [3.1]:

$$S = \frac{\Delta H_{AB}}{L_{AB}} \quad (\leq \text{maxS})$$

Όπου: S [-] η κατά μήκος κλίση
$\Delta H_{AB} = H_B - H_A$ [μ] η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων Α και Β
L_{AB} [μ] το μήκος μεταξύ των σημείων Α και Β
maxS [-] η μέγιστη κατά μήκος κλίση (καθαρός αριθμός)

Εάν (δ) είναι η ισοδιάσταση μεταξύ των ισοϋψών τότε η απόσταση (D) της ισοκλινούς από την μία ισοϋψή στην αμέσως επόμενη είναι:

$$D^{[\mu]} = \frac{\delta^{[\mu]}}{S} \qquad [3.2]$$

Η απόσταση αυτή λέγεται **βήμα** της ισοκλινούς και εκφράζεται σε μέτρα. Εάν λοιπόν ορίσουμε το βήμα D στην κλίμακα του τοπογραφικού, τότε αποκόπτοντας ένα τμήμα τέτοιου μήκους μεταξύ δύο ισοϋψών αυτό θα έχει κλίση S = δ/D, δηλαδή την κλίση που θέλουμε.

Αυτή είναι η βασική αρχή για να χαράξουμε την ισοκλινή. Ξεκινώντας δηλαδή από την αρχή Α βρίσκουμε σε απόσταση D ένα σημείο A_1 στην επόμενη ισοϋψή, από αυτό σε απόσταση πάλι D ένα σημείο A_2 στην μεθεπόμενη ισοϋψή, κ.ο.κ. Η διαδικασία αυτή γίνεται συνήθως με έναν διαβήτη ή διαστημόμετρο, που το ανοίγουμε στο σταθερό βήμα D, και πηγαίνουμε από ισοϋψή σε ισοϋψή μέχρι να φθάσουμε στο επιθυμητό τέλος (σημείο Β) της χάραξης.

Η ισοκλινής λοιπόν γραμμή είναι μια τεθλασμένη γραμμή που έχει πλευρές ίσες με το βήμα D και συνεπώς έχει την ίδια σταθερή κλίση από την αρχή μέχρι το τέλος της.

<u>Παράδειγμα Ισοκλινούς 1 (Σχ. 3.11.)</u>

Δίδεται τοπογραφικό διάγραμμα σε κλίμακα 1:2000 και δύο σημεία Α (H_A=100μ.) και Β (H_B=110μ.).

<u>Ζητείται:</u>
Α. Να χαραχθεί η ισοκλινής με τη μέγιστη δυνατή κλίση.
Β. Να χαραχθεί η ισοκλινής με κλίση 2%.
Γ. Εάν max S = 5% να χαραχθεί η αντίστοιχη ισοκλινής.

<u>Απαντήσεις:</u>
Α. Κατ' αρχήν μετράμε την ευθύγραμμη απόσταση $L_{AB\varepsilon\upsilon\theta}$ = 7,8εκ., που στην κλίμακα 1:2000 ισοδυναμεί με 156μ. (7,8εκ. x 2000 = 15600εκ. =156μ.).

Επειδή η ισοκλινής δε θα είναι ευθεία, η πραγματική απόσταση βάσει της οποίας θα προσδιορίσουμε την ισοκλινή με τη μέγιστη δυνατή κλίση, θα είναι λίγο μεγαλύτερη της ευθύγραμμης. Θέτουμε κατ' εκτίμηση L_{AB} = 160 μ.

$$S = \frac{\Delta H_{AB}}{L_{AB}} = \frac{(110-100)}{160} = \frac{10}{160} = 0.0625 = 6.25\%$$

Το βήμα D_1 για S = 6,25% είναι:

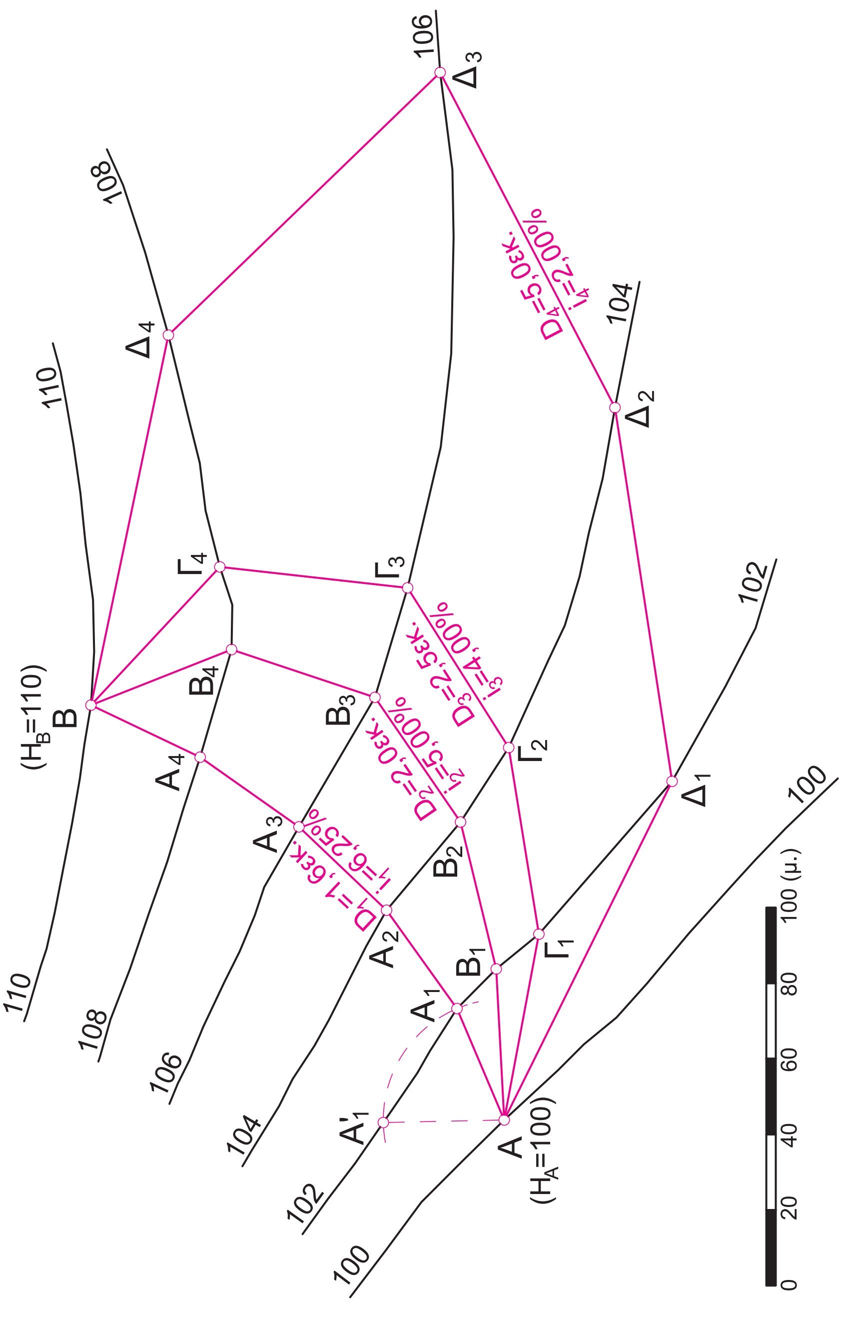
$$D_1 = \frac{2}{0.0625} = 32\mu. \quad \text{ή στην κλίμακα μας} \quad D_1 = \frac{32\mu.}{2000} = 0{,}016\mu$$

Με άνοιγμα διαβήτη λοιπόν D=1,6εκ. ξεκινάμε από το Α και με κατεύθυνση το Β βρίσκουμε τα επόμενα σημεία A_1, A_2, A_3, κλπ. μέχρι να φθάσουμε στο Β. Το πιθανότερο είναι ότι με την πρώτη προσπάθεια δε θα πέσουμε ακριβώς στο Β, οπότε διορθώνουμε ελαφρώς το μήκος και επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία (βλ. Παράδειγμα Ισοκλινούς 2).

Προχωρώντας τη διαδικασία παρατηρούμε ότι από ένα σημείο Α υπάρχουν δύο σημεία της επόμενης ισοϋψούς που απέχουν απόσταση D_1 από αυτό. Στην επιλογή ενός εκ των δύο σημείων έχουμε κατά νου ότι σκοπός μας είναι η χάραξη ενός δρόμου και επομένως πρέπει να οδεύουμε προς το τέλος Β με όσο το δυνατόν πιο ευθυτενή (χωρίς μεγάλα σπασίματα) χάραξη. Έτσι καταλήγουμε στην τελική χάραξη της ισοκλινούς (Α, A_1, A_2, A_3, A_4, Β). Το συνολικό μήκος είναι:

$$L_{AB} = n * D = 5 * 32 = 160\mu.$$

Όπως αρχικά το είχαμε εκτιμήσει.



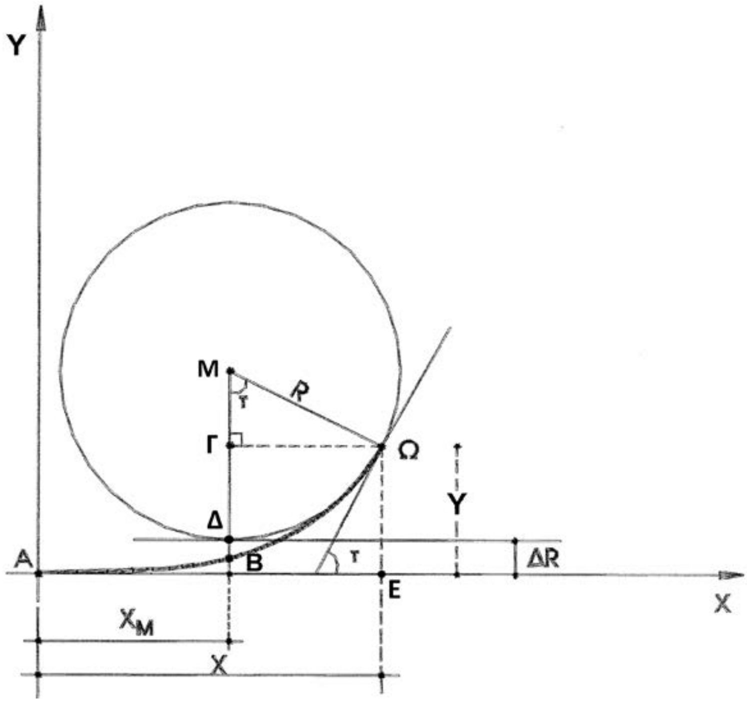
Σχήμα 3.11. Χάραξη Ισοκλινούς (Κλίμακα 1:2000)

4.5.2. Κυκλικό τόξο με συμμετρικά τόξα συναρμογής

Όπως είδαμε στην περίπτωση του απλού κυκλικού τόξου αυτό εφάπτεται στην ευθυγραμμία. Για να μπορέσει να εγγραφεί ένα τόξο συναρμογής μεταξύ της ευθείας και του κυκλικού τόξου, θα πρέπει το τόξο να μετατοπισθεί προς το κέντρο κατά κάποια απόσταση.

Η απόσταση αυτή κατά την οποία πρέπει να μετατοπισθεί το κυκλικό τόξο ακτίνας R ώστε να μπορέσει να εγγραφεί η κλωθοειδής λέγεται **εκτροπή** και συμβολίζεται με **ΔR,** καθόσον ισοδυναμεί με αύξηση της ακτίνας του κυκλικού τόξου (R+ΔR). Παλαιότερα την εκτροπή την συμβόλιζαν με (ε).

Σε μία απλή κλωθοειδή έχουμε (Σχ. 4.32.):



Σχήμα 4.32. Απλή Κλωθοειδής

Ο ορισμός των αξόνων αναφοράς γίνεται ως εξής:

- Ο άξονας των X είναι η ευθυγραμμία πριν την αρχή της κλωθοειδούς A με κατεύθυνση προς την κλωθοειδή
- Ο άξονας των Y είναι ο κάθετος προς τον X στην αρχή της κλωθοειδούς A με κατεύθυνση προς το εσωτερικό της καμπύλης

Οι συντεταγμένες του Α είναι X=0, Y=0. Τις συντεταγμένες του Ω τις έχουμε ήδη βρει:

$$X = L - \frac{L^3}{40R^2} + \frac{L^5}{3456R^4} - .... \qquad [4.18]$$

$$Y = \frac{L^2}{6R} - \frac{L^4}{336R^3} + \frac{L^6}{42240R^5} + ... \qquad [4.19]$$

Οι συντεταγμένες του Μ είναι (X_M, R+ΔR). Για το X_M έχουμε:

$$X_M = AB = AE\text{-}BE = AE\text{-}\Gamma\Omega \qquad ή$$

$$X_M = AE - M\Omega\eta\mu\tau = X - R\eta\mu\tau \Rightarrow$$

$$\boxed{X_M = X - R\eta\mu\tau} \qquad [4.28]$$

<u>Προσεγγιστικός τύπος για την τετμημένη X_M</u>

Αν αντικαταστήσουμε το ημτ από τις σχέσεις Taylor που αναφέραμε παραπάνω $(\eta\mu\alpha = \alpha - \frac{\alpha^3}{3!} + \frac{\alpha^5}{5!} - \frac{\alpha^7}{7!} + ...)$ και λάβουμε υπόψη μόνο τους δύο πρώτους όρους του X και του ημτ τότε:

$$X_M = X - R\eta\mu\tau \cong (L - \frac{L^3}{40R^2}) - R * \left(\tau - \frac{\tau^3}{3\cdot 2\cdot 1}\right) = (L - \frac{L^3}{40R^2}) - R * \left(\frac{L}{2R} - \frac{\left(\frac{L}{2R}\right)^3}{6}\right) \Rightarrow$$

$$X_M = (L - \frac{L^3}{40R^2}) - \frac{L}{2} + \frac{L^3}{48R^2} = \frac{L}{2} - \frac{6L^3}{240R^2} + \frac{5L^3}{240R^2} \Rightarrow$$

$$\boxed{X_M \cong \frac{L}{2} - \frac{L^3}{240R^2}} \qquad [4.28\alpha]$$

Για την εκτροπή ΔR έχουμε:

ΔR = ΓΒ - ΓΔ = ΓΒ – (ΜΔ-ΜΓ) = ΓΒ –(ΜΔ –ΜΩ συντ) = Υ –(R-Rσυντ) ή

$$\boxed{\Delta R = Y + R\sigma\upsilon\nu\tau - R} \qquad [4.29]$$

Προσεγγιστικός τύπος για την εκτροπή (ΔR)

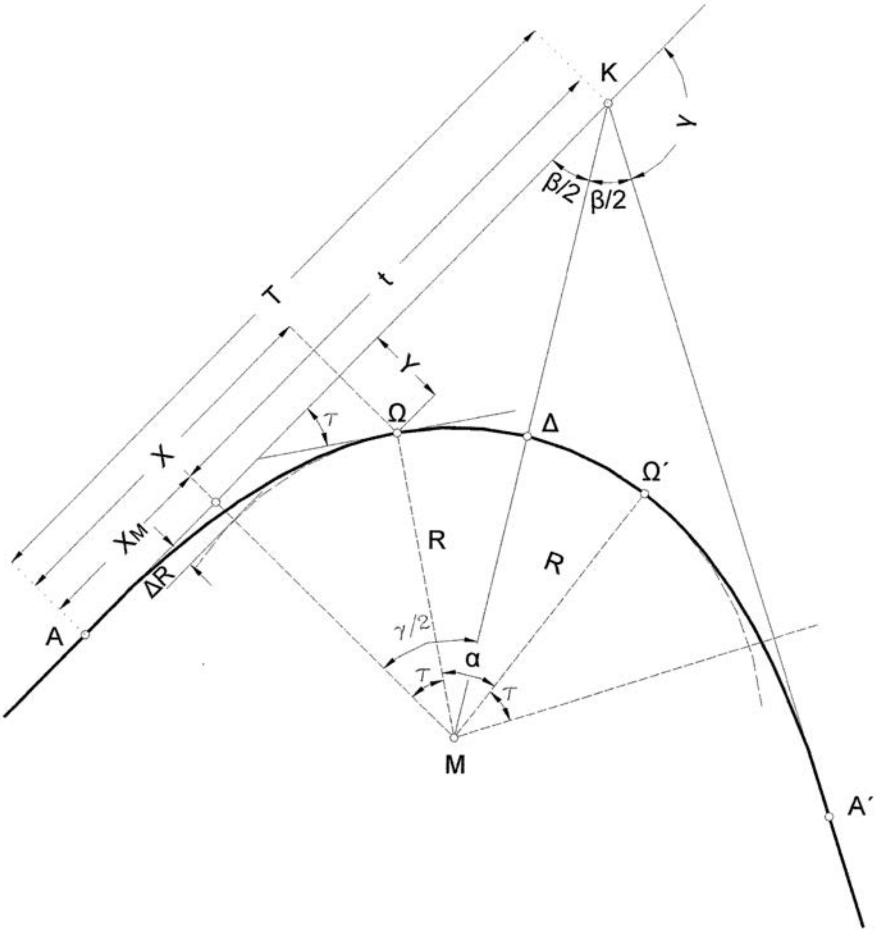
Μπορούμε να βρούμε την εκτροπή ευκολότερα, με ικανοποιητική προσέγγιση, αν χρησιμοποιήσουμε την ανάπτυξη του συντ από την σειρά Taylor:

Είναι $\sigma\upsilon\nu\tau \cong 1 - \frac{\tau^2}{2!}$, άρα

$$\Delta R = Y + R\sigma\upsilon\nu\tau - R \cong \frac{L^2}{6R} + R\left(1 - \frac{\tau^2}{2}\right) - R = \frac{L^2}{6R} - \frac{R*\tau^2}{2} = \frac{L^2}{6R} - \frac{R}{2}*\left(\frac{L}{2R}\right)^2 = \frac{L^2}{24R}$$

$$\boxed{\Delta R \cong \frac{L^2}{24R}} \qquad [4.29\alpha]$$

Ας ορίσουμε τώρα τη σύνθετη καμπύλη με το κυκλικό τόξο και τις δύο συμμετρικές κλωθοειδείς. Προφανώς η όλη κατασκευή είναι συμμετρική ως προς τη διχοτόμο ΚΜ, που συνδέει την Κορυφή Κ με το κέντρο του κυκλικού τόξου Μ. Επομένως η ανάλυση γίνεται για το τμήμα ΑΩΔ της καμπύλης και ισχύει και για το συμμετρικό της Α′Ω′Δ.



Σχήμα 4.33. Κυκλικό τόξο με συμμετρικά τόξα συναρμογής

Έχουμε βρει ήδη τα μεγέθη X, Y, X_M , ΔR, τ, L. Ας βρούμε τα υπόλοιπα.

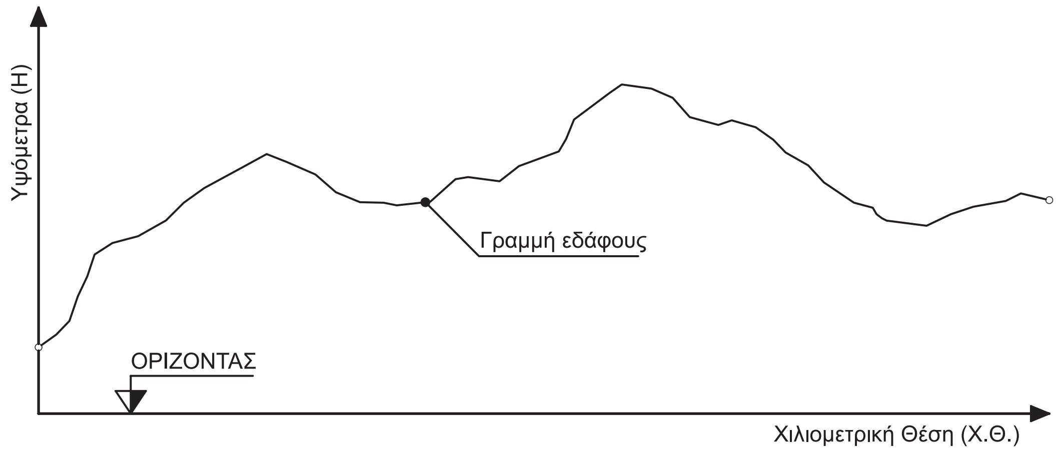
$$t = KB = MB * \sigma\phi \frac{\beta}{2} = (\mathrm{M}\Delta + \Delta\mathrm{B}) * \varepsilon\phi \frac{\gamma}{2}$$ ή

$$\boxed{t = (R + \Delta R) * \varepsilon\phi \frac{\gamma}{2}} \qquad [4.30]$$

$$\boxed{T = X_M + t = [X - R\eta\mu\tau] + [(R + \Delta R) * \varepsilon\phi \frac{\gamma}{2}]} \qquad [4.31]$$

ή

γραμμή, μια πολυγωνική, κατακόρυφη αυτή τη φορά, όπου εφαρμόζοντας κατάλληλες κατακόρυφες καμπύλες να μπορεί να αποτελέσει την τελική επιφάνεια κύλισης της οδού.



Σχήμα 5.12α. Μηκοτομή Εδάφους

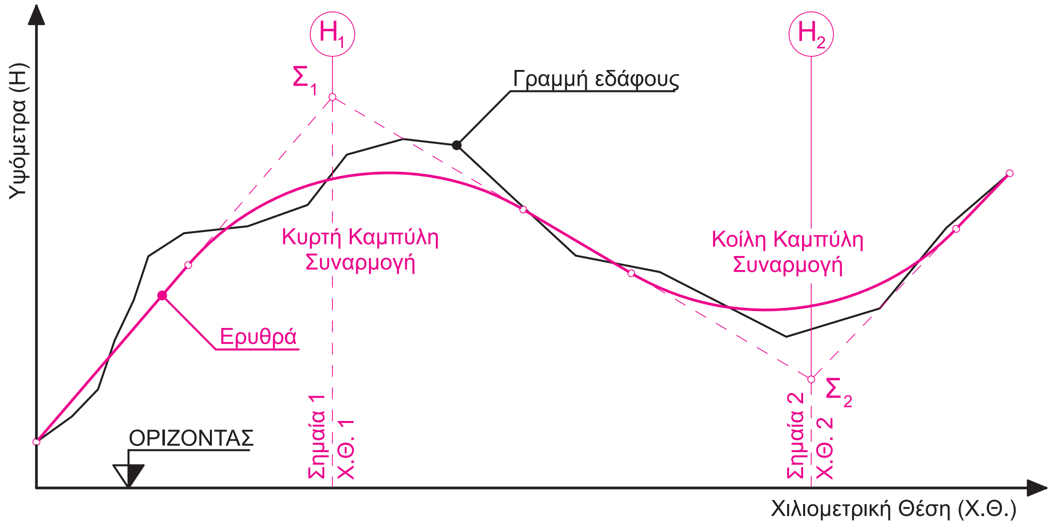
Η νέα αυτή γραμμή λέγεται **ερυθρά της οδού** (Σχ. 5.12β) και είναι μια από τις σημαντικότερες εργασίες κατά την εκπόνηση της μελέτης μιας οδού.

5.3.1. Γενικά

Η ερυθρά πήρε το όνομα της από το γεγονός ότι παλαιότερα ήταν υποχρεωτικό να σχεδιάζεται με κόκκινη μελάνη και μας δίνει τα υψόμετρα της τελικής στάθμης της οδού. Τα υψόμετρα αυτά αφορούν σε τελειωμένα υψόμετρα (οδοστρώματος) στον άξονα της οδού. Σε ελάχιστες περιπτώσεις όπως για παράδειγμα σε κλάδους κόμβων η ερυθρά δίνεται κατά μήκος κάποιας οριογραμμής και όχι στον άξονα της οδού.

Η ερυθρά λοιπόν είναι μια πολυγωνική σε κατακόρυφο επίπεδο η οποία δημιουργεί πλευρές και κορυφές. Οι πλευρές έχουν μια κλίση σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο και οι κορυφές ένα υψόμετρο. Επομένως η ερυθρά γραμμή ορίζεται από τις κορυφές της, που έχουν συντεταγμένες την χιλιομετρική θέση (οριζόντιες αποστάσεις) και το υψόμετρο (κατακόρυφες αποστάσεις). Τις θέσεις αυτές των κορυφών, δηλαδή εκεί όπου η ερυθρά έχει θλάση, τις ονομάζουμε **σημαίες**.

Προφανώς στις κορυφές αυτές πρέπει να εγγράψουμε τόξα στρογγύλευσης ώστε να δημιουργήσουμε μια ομαλή επιφάνεια κύλισης της οδού. Τις καμπύλες αυτές τις ονομάζουμε **κατακόρυφα τόξα συναρμογής** και διακρίνονται σε δύο είδη: Όταν η καμπύλη στρέφει τα κοίλα προς τα κάτω (καμπούρα) ονομάζεται **κυρτή καμπύλη συναρμογής**. Όταν η καμπύλη στρέφει τα κοίλα προς τα άνω (γούπατο - βαθούλωμα) ονομάζεται **κοίλη καμπύλη συναρμογής**.



Σχήμα 5.12β. Στοιχεία μηκοτομής οδού

Η χάραξη της ερυθράς είναι πολύ σημαντική εργασία καθότι καθορίζει ποιοτικά αλλά και οικονομικά χαρακτηριστικά της οδού και απαιτεί μεγάλη εμπειρία. Πέραν όμως από την εμπειρία υπάρχουν ορισμένοι βασικοί κανόνες που πρέπει να τηρηθούν. Το πρώτο μας μέλημα είναι να εξασφαλίσουμε την λειτουργικότητα και την ασφάλεια του δρόμου και το δεύτερο να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος. Από τα βασικά λοιπόν κριτήρια για τη χάραξη της ερυθράς είναι:

1. Μέγιστη κατά μήκος κλίση (max S)
2. Ελάχιστη κατά μήκος κλίση (min S)
3. Ελάχιστη ακτίνα κυρτής κατακόρυφης συναρμογής ($minH_k$)
4. Ελάχιστη ακτίνα κοίλης κατακόρυφης συναρμογής ($minH_w$)
5. Ελαχιστοποίηση των χωματουργικών
6. Εξισορρόπηση των χωματουργικών

Ας δούμε κάθε ένα από αυτά τα κριτήρια αναλυτικά.

5.3.2. Μέγιστη κατά μήκος κλίση (max S)

Όπως είπαμε και στο εισαγωγικό κεφάλαιο, σε κάθε ταχύτητα αντιστοιχεί μια **μέγιστη κατά μήκος κλίση (max S)**. Η κλίση αυτή ορίζεται σαν η μέγιστη κλίση την οποία μπορεί να υπερσκελίσει οποιοδήποτε όχημα διατηρώντας τη λειτουργική του ταχύτητα, δηλαδή χωρίς να «αγκομαχεί». Η μέγιστη κατά μήκος κλίση εξαρτάται από την ταχύτητα μελέτης (v_e) και δίδεται σε κάθε Χώρα από τους δικούς της Κανονισμούς. Στον Πίνακα 5.2. παρουσιάζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες κλίσεις σύμφωνα με ορισμένους Κανονισμούς που έχουν σχέση με την Χώρα μας.

6 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΤΟΜΗ

Έχουμε ήδη μελετήσει την οδό κατά την οριζοντιογραφία (επίπεδο x,y) και κατά τη μηκοτομή (επίπεδο x, z). Όλο το δρόμο; Όχι, βέβαια! Μόνο κατά τον άξονα της οδού. Ήρθε λοιπόν η ώρα να δούμε το δρόμο και σαν μια κατασκευή που έχει πλάτος και μάλιστα σε κάποιες περιπτώσεις πολύ σημαντικό. Η θεώρηση αυτή γίνεται με τη μελέτη κατά τη διατομή της οδού (επίπεδο y,z), όπως παρουσιάσθηκε και στο Κεφάλαιο 2, Βασικές Έννοιες.

Η διατομή της οδού προκύπτει εάν κάνουμε τομή κάθετα προς τον άξονα της οδού και προβάλλουμε το αποτέλεσμα στο κατακόρυφο επίπεδο (y,z). Προφανώς η μορφή της διατομής που θα δούμε διαφέρει από θέση σε θέση, γι' αυτό και δε μιλάμε για μία διατομή, αλλά για πολλές. Σε ποιές θέσεις; Προφανώς εκεί όπου μας χρειάζονται. Αναπτύσσοντας τη χιλιομέτρηση πήραμε μία αρχική εικόνα. Πιστεύω πως φθάνοντας στο τέλος του κεφαλαίου αυτού θα έχετε μια ολοκληρωμένη εικόνα για τη χρησιμότητα των διατομών, σε ποιές θέσεις χρειάζεται να γίνουν και πως πρέπει να σχεδιάζονται.

6.1. Χρησιμότητα των Διατομών

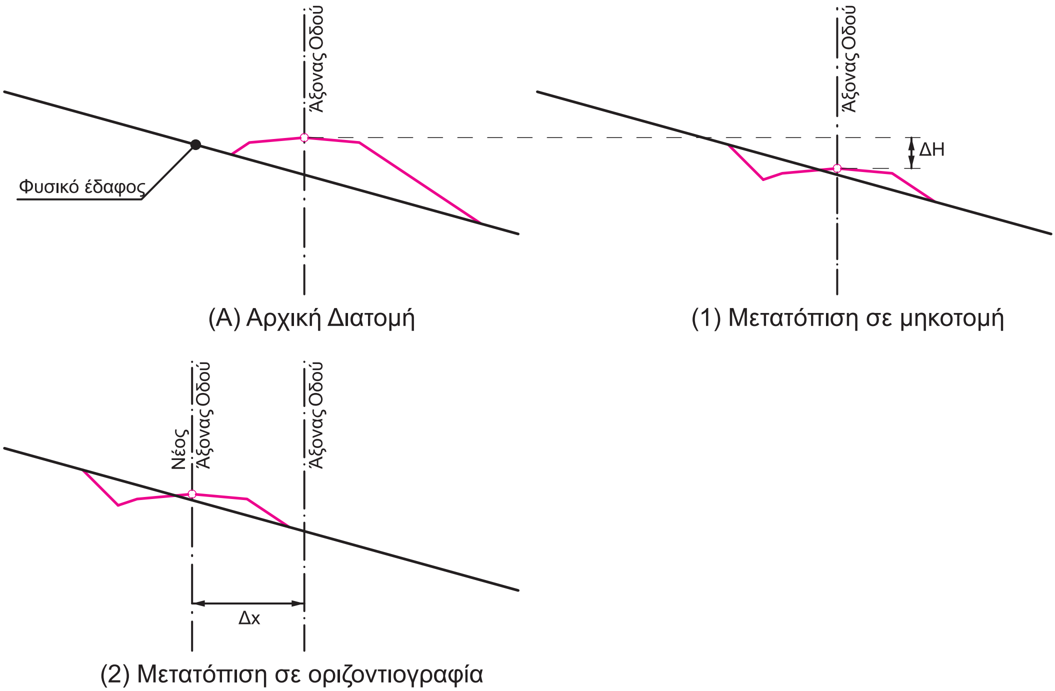
Μερικοί νομίζουν πως η χρησιμότητα των διατομών έγκειται μόνο στον υπολογισμό των χωματουργικών έργων. Όμως οι διατομές επιτελούν ένα ευρύτερο και σημαντικότερο ρόλο, όπως αναπτύσσεται στις επόμενες παραγράφους.

6.1.1. Έλεγχος της Χάραξης

Ο πρωταρχικός ρόλος των διατομών είναι ο έλεγχος της χάραξης που έχουμε ήδη κάνει, οριζοντιογραφικά και υψομετρικά. Η διατομή μας δίνει μια πλήρη εικόνα για το πως έχει τοποθετηθεί ο δρόμος σε σχέση με το έδαφος. Έχουμε λοιπόν την ευχέρεια με μικρές μετακινήσεις είτε οριζοντιογραφικά είτε υψομετρικά να βελτιστοποιήσουμε τη χάραξη. Ας το δούμε μέσα από κάποια παραδείγματα:

Παράδειγμα 1:

Ας πάρουμε για παράδειγμα το Σχ. 6.1.



Σχήμα 6.1. Βελτιστοποίηση Χάραξης Μέσω Διατομών

Παρατηρούμε ότι με την αρχική χάραξη η διατομή (Α) βρίσκεται σε αρκετά μεγάλο επίχωμα, που όχι μόνο είναι δαπανηρό αλλά πιθανόν να δημιουργεί και την ανάγκη δανείων. Εάν ταπεινώσουμε κατά λίγο (ΔΗ) την ερυθρά, βλέπουμε στη διατομή (1) ότι όχι μόνο μειώνεται το επίχωμα αλλά πετυχαίνουμε και ισοσκελισμό ορυγμάτων και επιχωμάτων. Το ίδιο σχεδόν αποτέλεσμα θα μπορούσαμε να επιτύχουμε εάν κάναμε μια μικρή οριζοντιογραφική μετατόπιση κατά Δx, προς τα ανάντι, οπότε θα προέκυπτε η διατομή (2). Πιθανόν να προκύπτει και καταλληλότερη λύση με κάτι ενδιάμεσο, δηλαδή συνδυασμένη οριζοντιογραφική και υψομετρική μετατόπιση.