



Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
School of Civil Engineering

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

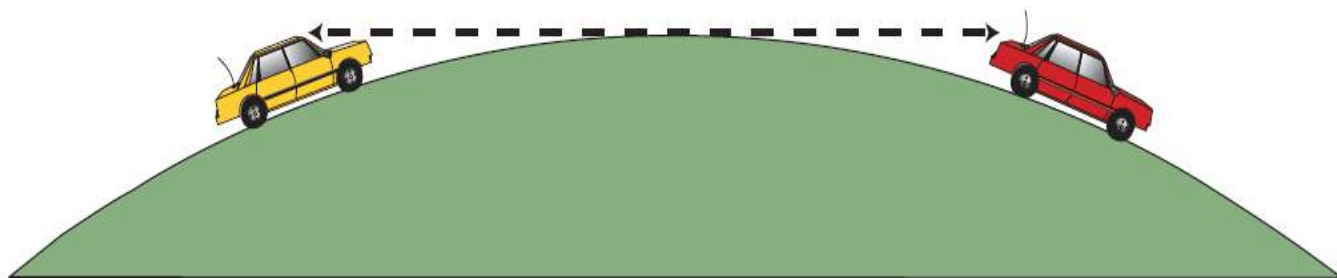
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Γ. ΚΑΝΕΛΛΑΪΔΗΣ

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Φ. ΜΕΡΤΖΑΝΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΣΤΕΡΓΙΟΣ-ΛΑΖΑΡΟΣ ΠΑΣΧΟΥΔΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή μου κ. Γ. Κανελλαΐδη για την ανάθεση αλλά και την επίβλεψη της παρούσης διπλωματικής εργασίας, καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο. Παράλληλα, θεωρώ χρέος μου να ευχαριστήσω τον κ. Φ. Μερτζάνη για την ιδιαίτερα πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Γενικότερα, οφείλω να ευχαριστήσω όλους όσους άμεσα ή έμμεσα με βοήθησαν κατά τη διάρκεια της ενασχόλησης μου με αυτήν τη διπλωματική εργασία.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την αδιάκοπη υλική και ηθική βοήθειά τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το οδικό δίκτυο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα τμήματα της συγκοινωνιακής υποδομής μίας χώρας. Η κατασκευή των οδών που το απαρτίζουν έχει γίνει με στόχο την ασφαλή και άνετη μετακίνηση των χρηστών του. Ένα από τα βασικά στοιχεία που λαμβάνεται υπόψη στην κατασκευή και τον σχεδιασμό μίας οδού είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους. Οπότε ο οδοποιός καλείται να σχεδιάσει μία οδό που θα παρέχει ασφάλεια στους χρήστες της αλλά συγχρόνως να είναι και οικονομικά ανταγωνιστική.

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την σωστή χάραξη μίας οδού είναι η ορατότητα. Μία οδός θα πρέπει να παρέχει στους χρήστες της σε όλα της τα σημεία επαρκή ορατότητα ώστε να μπορούν να κινηθούν σ' αυτή με ασφάλεια και ευκολία. Η ορατότητα είναι πολύ σημαντική για ένα οδηγό διότι μόνο μέσω της όρασης του λαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες για τον τρόπο και την ταχύτητα με την οποία θα κινηθεί σε μία οδό. Επιπλέον μέσω της όρασης του ενημερώνεται από την σήμανση της οδού για την κατάσταση στο υπάρχον αλλά και στο επερχόμενο τμήμα της.

Οι κανονισμοί της οδοποιίας που υπάρχουν περιλαμβάνουν διατάξεις για τον σωστό σχεδιασμό μίας οδού με βάση την ορατότητα. Οι κανονισμοί αυτοί όμως αναφέρονται στην ορατότητα στις 2-διαστάσεις δηλαδή σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή ξεχωριστά. Αυτό το γεγονός έχει σαν αποτέλεσμα να αγνοείται η προοπτική εικόνα της οδού που προκύπτει από το συνδυασμό της χάραξης σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Ένα οδικό τμήμα μπορεί να μην παρουσιάζει κάποιο πρόβλημα ορατότητας στην οριζοντιογραφία ή στη μηκοτομή αλλά στην πραγματικότητα ο συνδυασμός τους να δημιουργεί πρόβλημα και αντίστροφα. Οι κανονισμοί παρέχουν μόνο συμβουλές ως προς την χάραξη στο χώρο για την αποφυγή προβλημάτων ορατότητας.

Για τη λύση του προβλήματος αυτού θα πρέπει να μελετηθεί η ορατότητα στο χώρο. Η μελέτη της στο χώρο είναι μία διαδικασία αρκετά σύνθετη που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους. Οι διαφορετικοί συνδυασμοί των παραμέτρων αυτών οδηγούν σε διαφορετικές λύσεις που για τον υπολογισμό τους απαιτείται μεγάλος όγκος υπολογισμών και σχεδίων. Έτσι ο υπολογισμός των διαφόρων λύσεων καθίσταται χρονοβόρος και δυσχερής για τον μηχανικό.

Δημιουργείται λοιπόν η ανάγκη της διευκόλυνσης του έργου του πολιτικού μηχανικού μέσω της τυποποίησης και αυτοματοποίησης του ελέγχου της ορατότητας με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές με την πάροδο των ετών έχουν εξελιχτεί και μπορούν πλέον να επεξεργαστούν μεγάλο αριθμό δεδομένων.

Σκοπός λοιπόν αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία αλγόριθμων που θα υπολογίζουν την υπάρχουσα ορατότητα στο χώρο σε κάθε σημείο της οδού και θα ελέγχουν εάν επαρκεί με βάση τους κανονισμούς της οδοποιίας (Αμερικανικούς και Γερμανικούς). Πιο συγκεκριμένα οι αλγόριθμοι που κατασκευάστηκαν εκτός από τον

υπολογισμό της ορατότητας παράγουν και τα αντίστοιχα σχέδια τα οποία είναι σημαντικό εποπτικό υλικό για τον μηχανικό. Ο κώδικας του προγράμματος είναι γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran ενώ χρησιμοποιούνται και μακροεντολές που βασίζονται στην Visual Basic. Η διπλωματική αυτή εργασία επικεντρώνεται κυρίως στους κανονισμούς που ισχύουν στους αυτοκινητοδρόμους.

Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση στην οποία συγκεντρώνονται όλες οι σχετικές υποδείξεις των κανονισμών για την ορατότητα και απομονώνονται αυτές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή των ζητούμενων αλγόριθμων. Επίσης παρουσιάζονται στοιχεία που έχουν προκύψει από τις ερευνητικές εργασίες των Hassan, Easa και Hallim, καθώς και των Lippold και Schulz τα οποία μας βοηθούν να κατανοήσουμε καλύτερα συγκεκριμένους τομείς που επηρεάζουν ή διαμορφώνουν την ορατότητα. Ακόμη γίνεται μια σύγκριση των κανονισμών τόσο μεταξύ τους όσο και με το αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Παρουσιάζεται και αναλύεται το σύνολο των αλγορίθμων που δημιουργήθηκαν για την συγκεκριμένη διπλωματική καθώς και η συλλογιστική πορεία υλοποίησης τους. Επιπρόσθετα αναλύεται η λειτουργία και ο τρόπος χειρισμού του λογισμικού που δημιουργήθηκε καθώς και του προγράμματος H8, στο οποίο ανήκει.

Μετά την παρουσίαση του προγράμματος γίνεται η χρήση του για τον έλεγχο της ορατότητας σε οδικά τμήματα. Τα αποτελέσματα και τα σχέδια τα οποία εξάγονται από το πρόγραμμα σχολιάζονται και αξιολογούνται. Επιπρόσθετα γίνεται σύγκριση του ελέγχου της ορατότητας στο χώρο και στις δύο διαστάσεις(οριζοντιογραφία, μηκοτομή).

Τέλος παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την βιβλιογραφική ανασκόπηση, την υλοποίηση και την εφαρμογή του προγράμματος, καθώς και προτάσεις για συμπλήρωση και βελτίωση του. Στο παράρτημα παρατίθενται οι αλγόριθμοι που κατασκευάστηκαν.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί επιχειρείται μια συγκριτική παρουσίαση και ανάλυση των υποδείξεων των Αμερικανικών (AASHTO 2004) [1] και των Γερμανικών (RAA 2008) [2] κανονισμών σχεδιασμού αυτοκινητοδρόμων που αφορούν τον ορθό σχεδιασμό μίας οδού με βάση την ορατότητα. Παρατίθενται επίσης στοιχεία και από τις δημοσιευμένες εργασίες των Hassan, Easa και Hallim ([6], [7] και [8]), καθώς και των Lippold και Schulz[9]. Οι Αμερικάνικοι κανονισμοί διακρίνονται για την διεξοδική ανάλυση του θέματος της ορατότητας σε μία οδό παραθέτοντας πληθώρα πληροφοριών για όλες τις παραμέτρους που αφορούν το θέμα. Αντίθετα οι Γερμανικοί κανονισμοί είναι πιο λακωνικοί αλλά εξίσου περιεκτικοί. Έτσι επιλέγεται στο κεφάλαιο αυτό να ακολουθηθεί η δομή του αντιστοίχου κεφαλαίου των Αμερικάνικων κανονισμών, παραθέτοντας ταυτόχρονα και τα στοιχεία που προκύπτουν από τους Γερμανικούς κανονισμούς, καθώς και από τις υπόλοιπες διαθέσιμες πηγές. Η οργάνωση του κεφαλαίου με αυτό τον τρόπο θεωρείται προτιμότερη από την παράθεση των διατάξεων πρώτα των Αμερικανικών κανονισμών και στη συνέχεια των Γερμανικών διότι δίνεται η δυνατότητα παράλληλης εξέτασης των υποδείξεων αυτών και ευκολότερου εντοπισμού των κοινών σημείων και των αντιθέσεων τους.

Για τη σαφέστερη απόδοση των διατάξεων παρατίθενται σκαριφήματα καθώς και προοπτικές εικόνες που έχουν ληφθεί είτε από τα ίδια τα κείμενα των κανονισμών είτε από τις υπόλοιπες διαθέσιμες πηγές.

Στο τέλος του κεφαλαίου αξιολογούνται διαφορετικές προσεγγίσεις επί του θέματος που επιτυγχάνονται από τους προαναφερθέντες κανονισμούς. Επιπλέον παρουσιάζονται συνοπτικά ήδη υπάρχοντες αλγόριθμοι που αναφέρονται στο εν λόγω θέμα.

2.2 Γενικές αρχές ορατότητας

Τόσο στους Αμερικανικούς όσο και στους Γερμανικούς κανονισμούς ένα από τα βασικότερα στοιχεία κατά τη μελέτη μίας οδού, ώστε να υπάρχει ασφάλεια στην κυκλοφορία των οχημάτων αλλά και ικανοποιητική χρήση της από τους οδηγούς, είναι η εξασφάλιση επαρκούς μήκους ορατότητας. Μήκος ορατότητας είναι το μήκος της οδού που είναι ορατό σε ένα οδηγό εμπρός του κατά την διεύθυνση κίνησης του. Το μήκος ορατότητας θα πρέπει να είναι επαρκές σε όλο το μήκος μίας οδού, ώστε οι οδηγοί που τη χρησιμοποιούν να μπορούν να διατηρήσουν τον έλεγχο του οχήματός τους και να αποφύγουν επιτυχώς ενδεχόμενη σύγκρουση με ένα εμπόδιο που εμφανίζεται απροσδόκητα στο οδόστρωμα.

Στους Αμερικανικούς κανονισμούς αναφέρεται ότι στις οδούς δύο λωρίδων κατεύθυνσης θα πρέπει να υπάρχει επαρκές μήκος ορατότητας, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, το οποίο να επιτρέπει στους οδηγούς την ασφαλή προσπέραση προπορευόμενων οχημάτων με την είσοδο τους στη λωρίδα κυκλοφορίας της αντίθετης κατεύθυνσης. Η κατανομή των τμημάτων που επιτρέπεται η προσπέραση αλλά και η αναλογία τους σε σχέση με το συνολικό μήκος της οδού εξαρτάται από τα κριτήρια με τα οποία σχεδιάζεται η οδός. Επίσης εισάγεται το μήκος ορατότητας για λήψη αποφάσεων που αναφέρεται είτε σε περιοχές που η πληροφόρηση είναι περίπλοκη είτε σε περιοχές που απαιτούνται απροσδόκητοι – ασυνήθιστοι ελιγμοί.

Στους Γερμανικούς κανονισμούς επισημαίνεται επίσης ότι η ύπαρξη επαρκούς ορατότητας είναι σημαντική, ως ρυθμιστικό στοιχείο στο σχεδιασμό οδών, διότι πρέπει να διασφαλίζει την έγκαιρη πληροφόρηση και προσανατολισμό του οδηγού.

2.3 Απαιτούμενα μήκη ορατότητας

α) Αμερικανικοί κανονισμοί

Τα μήκη ορατότητας διακρίνονται σε τρία είδη :

1. **Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση** : είναι η απαιτούμενη απόσταση για την ακινητοποίηση ενός οχήματος, που κινείται με την ταχύτητα μελέτης της οδού ή κοντά σε αυτή, πριν από ένα εμπόδιο το οποίο εμφανίζεται απροσδόκητα στο οδόστρωμα. (Το μήκος αυτό θα πρέπει να υπάρχει σε όλους τους τύπους των οδών)
2. **Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση** : είναι η απαιτούμενη απόσταση για προσπέραση προπορευμένου οχήματος, με είσοδο στην λωρίδα κυκλοφορίας της αντίθετης κατεύθυνσης. (Το μήκος αυτό αναφέρεται σε οδούς με δύο λωρίδες κυκλοφορίας).
3. **Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για λήψη αποφάσεων** : είναι η απαιτούμενη απόσταση ώστε ο οδηγός να πάρει μία απόφαση είτε σε περιοχές που η πληροφόρηση είναι περίπλοκη είτε σε περιοχές που απαιτούνται απροσδόκητοι – ασυνήθιστοι ελιγμοί.

β) Γερμανικοί κανονισμοί

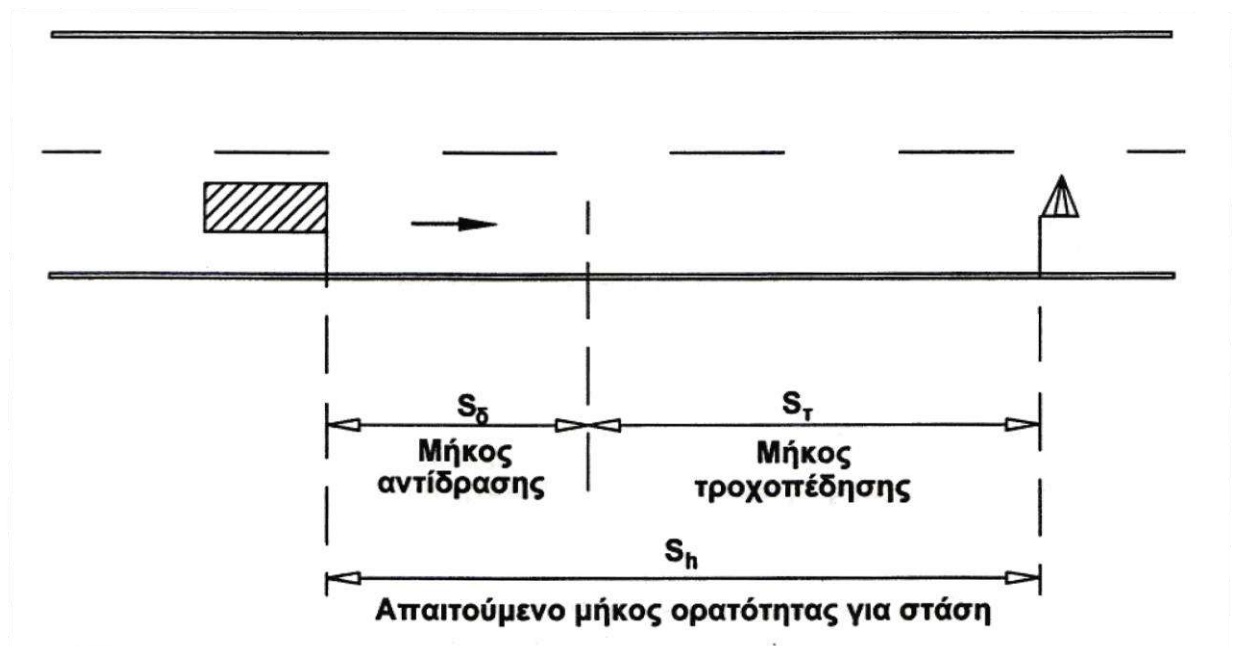
Στους γερμανικούς κανονισμούς ορίζεται **μόνο** το απαραίτητο μήκος ορατότητας για στάση με τη διαφοροποίηση από τους Αμερικάνικους ότι αναφέρεται στην ακινητοποίηση οχήματος σε βρεγμένο οδόστρωμα.

2.3.1 Προσδιορισμός του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση οχήματος

2.3.1.1 Ορισμός του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση ενός οχήματος είναι το άθροισμα δύο μηκών (Σχήμα 2.1) :

- του μήκους αντίδρασης (S_{δ}), που είναι η διαδρομή που διανύει το όχημα από τη στιγμή που θα αντιληφθεί ο οδηγός το εμπόδιο μέχρι τη στιγμή που θα αρχίσει η τροχοπέδηση.
- του μήκους τροχοπέδησης (S_T), που είναι η διαδρομή που διανύει το όχημα από τη στιγμή της τροχοπέδησης μέχρι την ακινητοποίηση του.



Σχήμα 2.1 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση [3]

2.3.1.2 Παράμετροι υπολογισμού του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση

α) Αμερικανικοί κανονισμοί

i) Χρόνος αντίδρασης για τροχοπέδηση

Ο χρόνος αντίδρασης για τροχοπέδηση είναι το χρονικό διάστημα που χρειάζεται ένας οδηγός για να αντιληφθεί ένα εμπόδιο στη πορεία του, μέχρις ότου να αρχίσει η τροχοπέδηση. Κατά το διάστημα αυτό ο οδηγός πρέπει όχι μόνο να δει το αντικείμενο αλλά και να αντιληφθεί εάν είναι σταθερό ή αργά κινούμενο σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο (οδόστρωμα, άλλα αντικείμενα, τοίχους, δέντρα, κολώνες, κτλ). Όπως είναι φυσικό ο χρόνος αυτός εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως από την απόσταση από το αντικείμενο, την ικανότητα της όρασης του οδηγού, την ταχύτητα αντίδρασης του οδηγού, την ορατότητα της ατμόσφαιρας, τον τύπο του εμποδίου, τον τύπο και την κατάσταση της οδού. Επίσης η ταχύτητα του οχήματος και ο περιβάλλον χώρος επηρεάζει τον χρόνο αντίδρασης. Συγκεκριμένα ένας οδηγός που κινείται με την ταχύτητα μελέτης ή κοντά σε αυτή είναι πιο συγκεντρωμένος από ένα οδηγό που κινείται με μικρότερες ταχύτητες.

Ο μέσος όρος του χρόνου αντίδρασης για τροχοπέδηση σύμφωνα με έρευνες είναι περίπου 0,64sec με 0,66sec με ένα ποσοστό του δέκα τοις εκατό να ξεπερνάει το 1,5sec αλλά και ένα ελάχιστο ποσοστό να χρειάζεται πάνω από 3,5sec. Σε περιπτώσεις με απροσδόκητα γεγονότα ο χρόνος αυτός αυξάνεται κατά 1sec. Επειδή στις έρευνες χρησιμοποιούνται απλοποιημένα πρότυπα και οι πραγματικές συνθήκες μίας οδού είναι πιο περίπλοκες αποφασίστηκε ότι η τιμή των 2,5sec, που καλύπτει το ενενήντα τοις εκατό των χρόνων αντίδρασης για τροχοπέδηση, είναι μια αντιπροσωπευτική τιμή για τον υπολογισμό του μήκους αντίδρασης (S_d).

ii) Ρυθμός επιβράδυνσης οχημάτων

Έρευνες έχουν δείξει ότι οι περισσότεροι οδηγοί επιβραδύνουν με ρυθμό μεγαλύτερο από $4,5 \text{ m/sec}^2$ και το ενενήντα τοις εκατό των οδηγών επιβραδύνουν με ρυθμό μεγαλύτερο από $3,4 \text{ m/sec}^2$. Οπότε η τιμή του a (ρυθμός επιβράδυνσης κατά την τροχοπέδηση) συνιστάται να είναι ίση με $3,4 \text{ m/sec}^2$, καθώς είναι η τιμή που παρέχεται από όλα τα συστήματα τροχοπέδησης των οχημάτων αλλά και από τους διάφορους συνδυασμούς τριβής μεταξύ ελαστικών και οδοστρώματος.

2.3.1.3 Υπολογισμός του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση

α) Αμερικανικοί κανονισμοί

Υπολογισμός του μήκους τροχοπέδησης (S_T)

Το μήκος τροχοπέδησης σε οδικό τμήμα με μηδενική κατά μήκος κλίση δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$S_T = \frac{1}{2}at^2 = \frac{V^2}{2a} \quad (v, \text{ m/sec})$$

$$S_T = \frac{V^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot a} = 0.039 \frac{V^2}{a} \quad (V, \text{ km/h})$$

Σε οδικό τμήμα με κλίση s ισχύει $g \cdot \eta\mu\theta = g \cdot \epsilon\phi\theta$ οπότε :

$$S_T = 0.039 \frac{V^2}{a \pm g \cdot s} = \frac{V^2}{25.9 \cdot a \pm 254 \cdot s} = \frac{V^2}{\frac{254 \cdot a}{9.81} \pm 254 \cdot s} = \frac{V^2}{254 \left(\left(\frac{a}{9.81} \right) \pm s \right)}$$

όπου :

S_T (m)	= μήκος που διανύει το όχημα κατά το χρόνο τροχοπέδησης μέχρι την ακινητοποίηση του
V (km/h)	= ταχύτητα μελέτης του υπόψη οδικού τμήματος
a (m/ sec ²)	= ρυθμός επιβράδυνσης κατά την τροχοπέδηση (3,4 m/ sec ²)
s (%)	= κατά μήκος κλίση του οδικού τμήματος (θετική για ανωφέρεια, αρνητική για κατωφέρεια)
g (m/ sec ²)	= επιτάχυνση βαρύτητας ($g = 9.81 \text{ m/ sec}^2$)

Υπολογισμός του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση (S_h)

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$S_h = S_\delta + S_T = 0.278 \cdot V \cdot t + \frac{V^2}{254 \left(\left(\frac{a}{9.81} \right) \pm s \right)}$$

όπου :

S_h (m)	= απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση
V (km/h)	= ταχύτητα μελέτης του υπόψη οδικού τμήματος

- a (m/sec^2) = ρυθμός επιβράδυνσης κατά την τροχοπέδηση ($3,4 \text{ m/sec}^2$)
 t (sec) = χρόνος αντίδρασης για τροχοπέδηση (2,5 sec)
 s (%) = κατά μήκος κλίση του οδικού τμήματος (θετική για ανωφέρεια, αρνητική για κατωφέρεια)

Ταχύτητα Μελέτης (km/h)	Μήκος αντίδρασης(S_d) (m)	Μήκος τροχοπέδησης(S_T) (m)	Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση	
			Υπολογισμού(m)	Σχεδιασμού(m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Πίνακας 2.1 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας με $a=3,4 \text{ m/sec}^2$ και $t=2,5\text{sec}$ [1]

Ταχύτητα Μελέτης (km/h)	Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση					
	Κατωφέρεια			Ανωφέρεια		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

Πίνακας 2.2 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας σε οδούς με κατά μήκος κλίση [1]

Η χρήση του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση αυξάνει το όριο ασφαλείας της οδού για όλους τους χρήστες και ειδικά για εκείνους που κινούνται με την ταχύτητα μελέτης ή κοντά σε αυτήν.

Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για φορτηγά οχήματα

Οι παραπάνω προτεινόμενες τιμές για το μήκος ορατότητας αναφέρονται σε συνήθη επιβατηγά οχήματα και δεν λαμβάνουν υπόψη τον σχεδιασμό της οδού με βάση τα φορτηγά οχήματα. Τα βαριά οχήματα, όπως τα φορτηγά, κατά κανόνα χρειάζονται μεγαλύτερα μήκη ορατότητας για στάση. Επισημαίνεται όμως ότι το φαινόμενο αυτό αντισταθμίζεται από την υψηλότερη θέση οδήγησης που έχουν τα φορτηγά σε σχέση με τα επιβατηγά οχήματα. Γι αυτό το λόγω δεν συνηθίζεται να υπολογίζονται ξεχωριστά μήκη ορατότητας για τα φορτηγά και τα επιβατηγά οχήματα.

Σε περιπτώσεις όμως που η ορατότητα περιορίζεται από πλευρικά εμπόδια σε κατωφέρεια, ιδιαίτερα στο τέλος μεγάλου μήκους κατωφέρειας όπου τα φορτηγά αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες από τα επιβατηγά οχήματα, το πλεονέκτημα της υψηλότερης θέσης εξουδετερώνεται. Παρόλο που οι οδηγοί των φορτηγών οχημάτων είναι συνήθως πιο έμπειροι και αναγνωρίζουν πιο εύκολα και γρήγορα πιθανές θέσης κινδύνου προτείνεται σε τέτοιες περιπτώσεις να αυξάνονται οι διατιθέμενες αποστάσεις ορατότητας.

β) Γερμανικοί κανονισμοί

Υπολογισμός του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$S_h = S_\delta + S_T = \frac{V_{85}}{3,6} \cdot t_R + \frac{\left(\frac{V_{85}}{3,6}\right)^2}{2 \cdot \left(a + g \cdot \frac{s}{100}\right)}$$

Όπου :

$$S_\delta = \frac{V_{85}}{3,6} \cdot t_R \quad \text{και} \quad S_T = \frac{\left(\frac{V_{85}}{3,6}\right)^2}{2 \cdot g \cdot \left(f_T + \frac{s}{100}\right)} = \frac{\left(\frac{V_{85}}{3,6}\right)^2}{2 \cdot \left(a + g \cdot \frac{s}{100}\right)}$$

$V_{85} = V_e + 10 \text{ Km/h}$ (για οδούς με $V_e \geq 100 \text{ km/h}$)

$V_{85} = V_e + 20 \text{ Km/h}$ (για οδούς με $V_e \leq 100 \text{ km/h}$)

όπου :

$S_h \text{ (m)}$ = απαιτούμενο μήκος ορατότητας

$S_d \text{ (m)}$ = μήκος που διανύεται κατά το χρόνο ερεθίσματος και αντίδρασης του οδηγού

$S_T \text{ (m)}$ = μήκος που διανύεται κατά την τροχοπέδηση

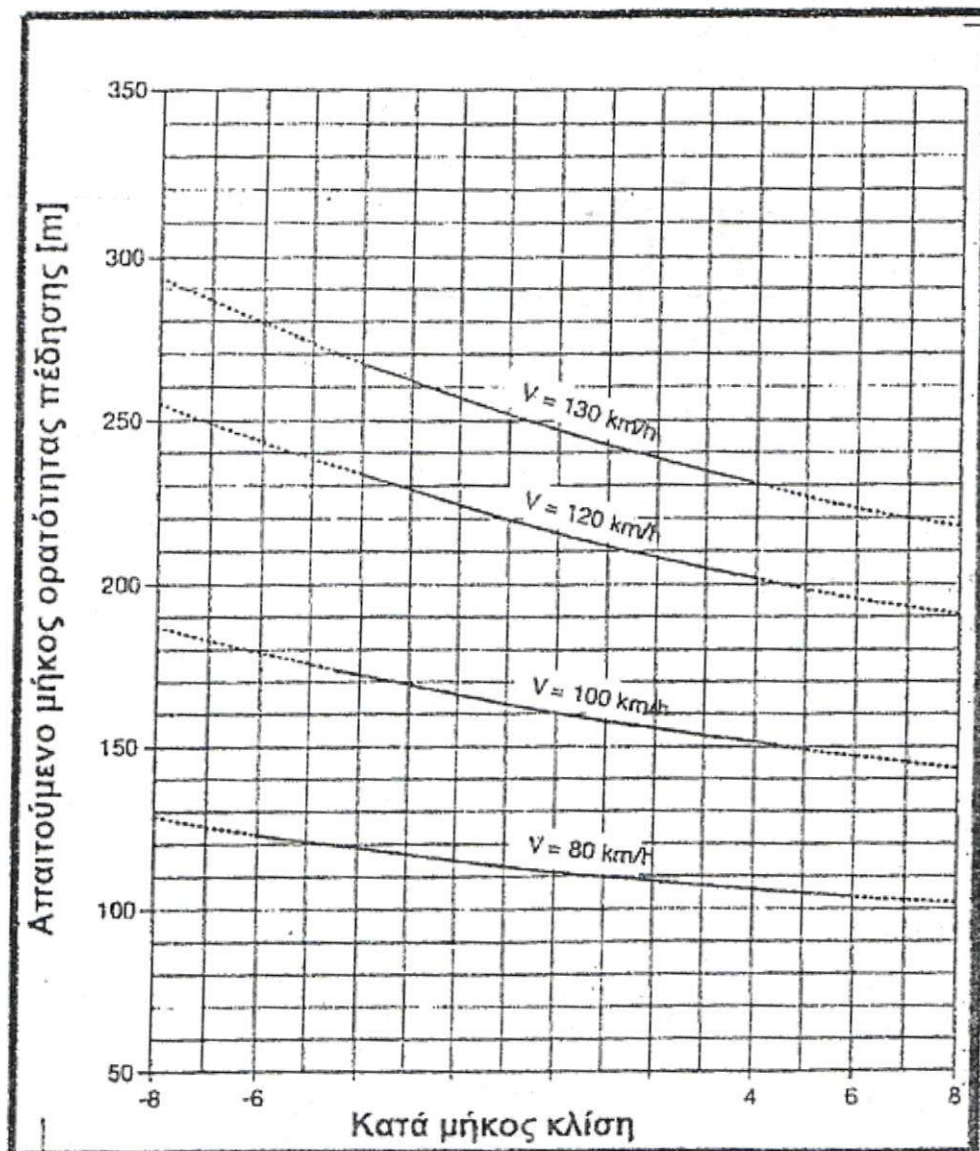
$V_{85} \text{ (km/h)}$ = λειτουργική ταχύτητα

$t_R \text{ (sec)}$ = χρόνος ερεθίσματος και αντίδρασης του οδηγού ($t_R = 2 \text{ sec}$)

$f_T \text{ (-)}$ = συντελεστής εφαπτομενικής τριβής $f_T = a/g$

Λειτουργική ταχύτητα $V_{85} \text{ (km/h)}$	Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση										
	Κατά μήκος κλίση										
	-5%	-4%	-3%	-2%	-1%	0	1%	2%	3%	4%	5%
30	27	27	27	27	26	26	26	26	25	25	25
40	41	41	40	40	39	39	38	38	38	37	37
50	58	57	56	55	55	54	53	53	52	51	51
60	77	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66
70	98	96	94	93	91	90	89	87	86	85	84
80	121	119	117	115	113	111	109	108	106	105	103
90	147	144	142	139	137	134	132	130	128	126	125
100	176	172	169	166	163	160	157	155	152	150	148
110	207	202	198	194	191	187	184	181	178	175	173
120	240	235	230	225	221	217	213	209	206	202	199
130	275	269	264	258	253	248	244	240	235	232	228

Πίνακας 2.3 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας [2]



Σχήμα 2.2 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση [2]

Για τον υπολογισμό του απαραίτητου μήκους ορατότητας για στάση έχουν ληφθεί υπόψη οι ειδικές συνθήκες της οδικής συμπεριφοράς σε αυτοκινητόδρομους. Γι' αυτό, τίθενται ως βάση για το μήκος ορατότητας για στάση, τιμές μεγαλύτερες από τις ελάχιστες που ορίζονται από τη φυσιολογία ως χρόνος αντίδρασης για τα εφικτά μήκη πέδησης σε περίπτωση πέδησης εκτάκτου ανάγκης.

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση ποικίλει σε συνάρτηση με την ταχύτητα και την κατά μήκος κλίση (Σχήμα 2.2). Εφόσον από το σχεδιασμό δεν μπορεί να τεθεί ως βάση ένας υποχρεωτικός περιορισμός της επιτρεπόμενης ταχύτητας, πρέπει να τηρηθεί το απαιτούμενο μήκος ορατότητας πέδησης για τη συνιστώμενη ταχύτητα $V = 130 \text{ km/h}$.

Σύμφωνα με τους Yuan Hao, Shi Guifang, Cheng Jianchuan, Huang Xiaoming το μήκος τροχοπέδησης στον υπολογισμό του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση διαφέρει όταν βρισκόμαστε σε καμπύλη οριζοντιογραφίας από αυτό που προτείνουν οι κανονισμοί λόγω των επικλίσεων της οδού. Μεταξύ των τροχών και της διεύθυνσης του οχήματος σχηματίζεται μια γωνία που έχει ως αποτέλεσμα ο συντελεστής εφαπτομενικής τριβής και η μέση επιβράδυνση να αναπτύσσονται προς δύο διευθύνσεις, όταν το όχημα βρίσκεται σε οριακή κατάσταση για να ολισθήσει. Οπότε το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$S_h = \frac{V \cdot t}{3.6} + \frac{V^2}{25.92 \cdot \sqrt{g^2 \cdot f^2 - \left[\frac{V / 3.6}{R} - g \cdot i \right]^2}}$$

Με $i = \sin\theta = \tan\theta$

όπου :

S_h (m)	= απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση
V (km/h)	= ταχύτητα μελέτης του υπόψη οδικού τμήματος
t (sec)	= χρόνος αντίδρασης για τροχοπέδηση (2,5 sec)
f	= συντελεστής εφαπτομενικής τριβής
g (m/ sec ²)	= επιτάχυνση βαρύτητας ($g = 9.81$ m/ sec ²)

2.3.2 Προσδιορισμός του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για προσπέραση οχήματος

2.3.2.1 Παράμετροι υπολογισμού του απαραίτητου μήκους ορατότητας για προσπέραση

Το απαραίτητο μήκος ορατότητας για προσπέραση ορίζεται μόνο στους Αμερικανικούς κανονισμούς.

Ο προσδιορισμός του μήκους ορατότητας για προσπέραση αναφέρεται σε οδούς με δύο λωρίδες κυκλοφορίας όπου οι οδηγοί προσπερνούν συχνά βραδυπορούντα οχήματα. Η προσπέραση γίνεται κατά κανόνα με την χρήση της λωρίδας κυκλοφορίας της αντίθετης κατεύθυνσης. Για να γίνει η προσπέραση με ασφάλεια θα πρέπει ο οδηγός να έχει αρκετή ελεύθερη απόσταση μπροστά του ώστε να μπορέσει να ολοκληρώσει τον ελιγμό της προσπέρασης χωρίς να εμποδίσει το προσπερνούμενο όχημα αλλά και την κίνηση της αντίθετης κατεύθυνσης. Επίσης σε περίπτωση ματαίωσης της διαδικασίας προσπέρασης θα πρέπει να μπορεί να επιστρέψει στην αρχική του θέση στην λωρίδα κυκλοφορίας του.

Στις πραγματικές συνθήκες χρήσης μίας οδού παρατηρείται το φαινόμενο της πολλαπλής προσπέρασης, δηλαδή πολλά οχήματα προσπερνούν ταυτόχρονα ένα όχημα ή ένα όχημα προσπερνά ταυτόχρονα πολλά οχήματα χωρίς να επιστέψει πίσω στην λωρίδα κυκλοφορίας του. Το φαινόμενο αυτό όμως δε λαμβάνεται υπόψη στην δημιουργία των κριτηρίων ελαχίστων μηκών ορατότητας. Τα μήκη ορατότητας για προσπέραση μίας οδού υπολογίζονται μόνο για την προσπέραση ενός οχήματος από ένα άλλο.

Για τον υπολογισμό του ελάχιστου απαιτούμενου μήκους για προσπέραση έχουν γίνει παραδοχές σε σχέση με τη συμπεριφορά των οδηγών καθώς η συμπεριφορά του εκάστοτε οδηγού σε μία προσπέραση εξαρτάται από πολλές μεταβλητές. Οι παραδοχές αυτές έγιναν λαμβάνοντας υπόψη τη συμπεριφορά του μεγαλύτερου ποσοστού των οδηγών και όχι του μέσου οδηγού και είναι οι εξής :

- Η ταχύτητα του προσπερνούμενου οχήματος είναι σταθερή
- Το όχημα που εκτελεί την προσπέραση αρχικά μειώνει την ταχύτητα του και ακολουθεί το προσπερνώμενο όχημα μέχρι να εισέλθει σε περιοχή που επιτρέπεται η προσπέραση από την σήμανση
- Όταν εισέλθει σε περιοχή που επιτρέπεται η προσπέραση από την σήμανση ο οδηγός του προσπερνώντος οχήματος χρειάζεται ένα μικρό χρονικό διάστημα για να αντιληφθεί το μήκος που είναι ελεύθερο μπροστά του και να ξεκινήσει την διαδικασία προσπέρασης
- Η προσπέραση έχει ολοκληρωθεί όταν ο ελιγμός, δηλαδή “η αργή είσοδος και η γρήγορη έξοδος” από την λωρίδα της αντίθετης κυκλοφορίας, του προσπερνώντος οχήματος έχει ολοκληρωθεί. Το όχημα που εκτελεί την προσπέραση επιταχύνει κατά την διάρκεια της και η μέση ταχύτητα του, κατά την διάρκεια κατάληψης της

λωρίδας της αντίθετης κυκλοφορίας, είναι 15 km/h μεγαλύτερη από εκείνη του προσπερνώμενου οχήματος.

- Όταν το όχημα που εκτελεί την προσπέραση επιστρέψει στη λωρίδα κυκλοφορίας του πρέπει να υπάρχει μία απόσταση ασφαλείας μεταξύ του προσπερνώντος οχήματος και των οχημάτων που κινούνται στην αντίθετη λωρίδα διεύθυνσης.

Οι ταχύτητες τόσο του προσπερνώντος όσο και του προσπερνώμενου οχήματος επηρεάζονται σημαντικά από τον κυκλοφοριακό φόρτο. Όταν έχουμε στάθμη εξυπηρέτησης A υπάρχουν λίγα οχήματα που χρειάζεται να προσπερασθούν αλλά καθώς ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνει (στάθμη εξυπηρέτησης D ή χαμηλότερη) οι ευκαιρίες για προσπέραση ελαττώνονται. Η ταχύτητα του προσπερνώμενου οχήματος θεωρείται ότι είναι η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας των οχημάτων κατά το μέγιστο κυκλοφοριακό φόρτο της οδού. Ενώ η ταχύτητα του προσπερνώντος οχήματος εκτιμάται 15km/h μεγαλύτερη από αυτή του προσπερνώμενου οχήματος.

Υπάρχουν οδηγοί που επιταχύνουν στην αρχή της προσπέρασης αυξάνοντας κατά πολύ την ταχύτητα τους και έπειτα ολοκληρώνουν την προσπέραση με σταθερή ταχύτητα. Επίσης υπάρχουν οδηγοί που επιταχύνουν σταδιακά σε όλη τη διάρκεια της προσπέρασης μέχρι να ξεπεράσουν το προσπερνώμενο όχημα και έπειτα ολοκληρώνουν τον ελιγμό είτε χωρίς περαιτέρω επιτάχυνση είτε με μειωμένη ταχύτητα. Για λόγους απλοποίησης τέτοιοι πολύπλοκοι ελιγμοί δεν λαμβάνονται υπόψη και τα μήκη ορατότητας για προσπέραση έχουν υπολογιστεί με βάση τις παρατηρούμενες ταχύτητες και τους χρόνους του μεγαλύτερου ποσοστού των οδηγών.

2.3.2.2 Ορισμός του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για προσπέραση

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση ενός οχήματος είναι το άθροισμα τεσσάρων μηκών (Σχήμα 2.3) :

- d_1 – Η διαδρομή του προσπερνώντος οχήματος μέχρι ο οδηγός να αντιληφθεί και να αντιδράσει στην υπάρχουσα κατάσταση και να αρχίσει να επιταχύνει ως το σημείο που θα συναντήσει τον άξονα της οδού
- d_2 – Η διαδρομή του προσπερνώντος οχήματος κατά τη διάρκεια κατάληψης της λωρίδας της αντίθετης κυκλοφορίας
- d_3 – Η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας που απαιτείται να υπάρχει μεταξύ του προσπερνώντος και του αντίθετα ερχόμενου οχήματος
- d_4 – Η διαδρομή που διανύει το αντίθετα κινούμενο όχημα, που ισούται με τα δύο τρίτα της απόστασης που διανύει το προσπερνών όχημα κατά τη διάρκεια κατάληψης της λωρίδας της αντίθετης κυκλοφορίας, ή τα δύο τρίτα του d_2



Σχήμα 2.3 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση [1]

Στοιχεία υπολογισμού της απαιτούμενης απόστασης για προσπέραση	Πεδίο ταχύτητας (km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	Μέση ταχύτητα (km/h)			
a (km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
t_1 (sec)	3.6	4.0	4.3	4.5
d_1 (m)	45	66	89	113
t_2 (sec)	9.3	10.0	10.7	11.3
d_2 (m)	145	195	251	314
d_3 (m)	3.	55	75	90
d_4 (m)	97	130	168	209
Συνολική απόσταση($d_1+d_2+d_3+d_4$)	317	446	583	726

Πίνακας 2.4 : Στοιχεία του υπολογισμού της απαιτούμενης απόστασης για προσπέραση που προέκυψαν από έρευνα [1]

2.3.2.3 Υπολογισμός του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για προσπέραση

Διαδρομή αρχικού ελιγμού (d_1) . Η διαδρομή αρχικού ελιγμού είναι το άθροισμα του χρόνου αντίληψης και αντίδρασης του οδηγού στην υπάρχουσα κατάσταση και του χρόνου που αρχίζει να επιταχύνει ως το σημείο που θα συναντήσει τον άξονα της οδού. Σε μεγάλο βαθμό οι δύο αυτοί χρόνοι αλληλεπικαλύπτονται. Μόλις ένας οδηγός φτάσει σε περιοχή που επιτρέπεται η προσπέραση αρχίζει να επιταχύνει και ταυτόχρονα αρχίζει να κινείται προς τον άξονα του δρόμου όπου αποφασίζει εάν θα πραγματοποιήσει την προσπέραση ή όχι. Όμως έρευνες έχουν δείξει ότι τα οχήματα δεν επιταχύνουν αμέσως στο μέγιστο της ικανότητας τους, κάτι που υποδεικνύει την ύπαρξη χρόνου αντίληψης και αντίδρασης του οδηγού. Επίσης μερικοί οδηγοί δεν κινούνται προς τον άξονα του δρόμου αλλά παραμένουν στην φυσιολογική τους θέση στην λωρίδα κυκλοφορίας τους μέχρι να αποφασίσουν να ξεκινήσουν τη διαδικασία προσπέρασης.

Το μήκος της διαδρομής του αρχικού ελιγμού d_1 υπολογίζεται από τη σχέση :

$$d_1 = 0.278 \cdot t_1 \cdot \left(v - m + \frac{a \cdot t_1}{2} \right)$$

όπου :

t_i (sec)	= ο χρόνος του αρχικού ελιγμού
a (km/h/s)	= ρυθμός επιτάχυνσης
v (km/h)	= μέση ταχύτητα του προσπερνώντος οχήματος
m (km/h)	= διαφορά ταχύτητας του προσπερνώντος από το προσπερνώμενο όχημα

Διαδρομή του προσπερνώντος οχήματος κατά τη διάρκεια κατάληψης της λωρίδας της αντίθετης κυκλοφορίας (d_2)

Το μήκος της διαδρομής d_2 υπολογίζεται από τη σχέση :

$$d_2 = 0.278 \cdot v \cdot t_2$$

όπου :

v (km/h)	= μέση ταχύτητα του προσπερνώντος οχήματος
t_2 (sec)	= ο χρόνος κατάληψης της λωρίδας της αντίθετης κυκλοφορίας

Ελάχιστη απόσταση ασφαλείας που απαιτείται να υπάρχει μεταξύ του προσπερνώντος και του αντίθετα ερχόμενου οχήματος (d_3)

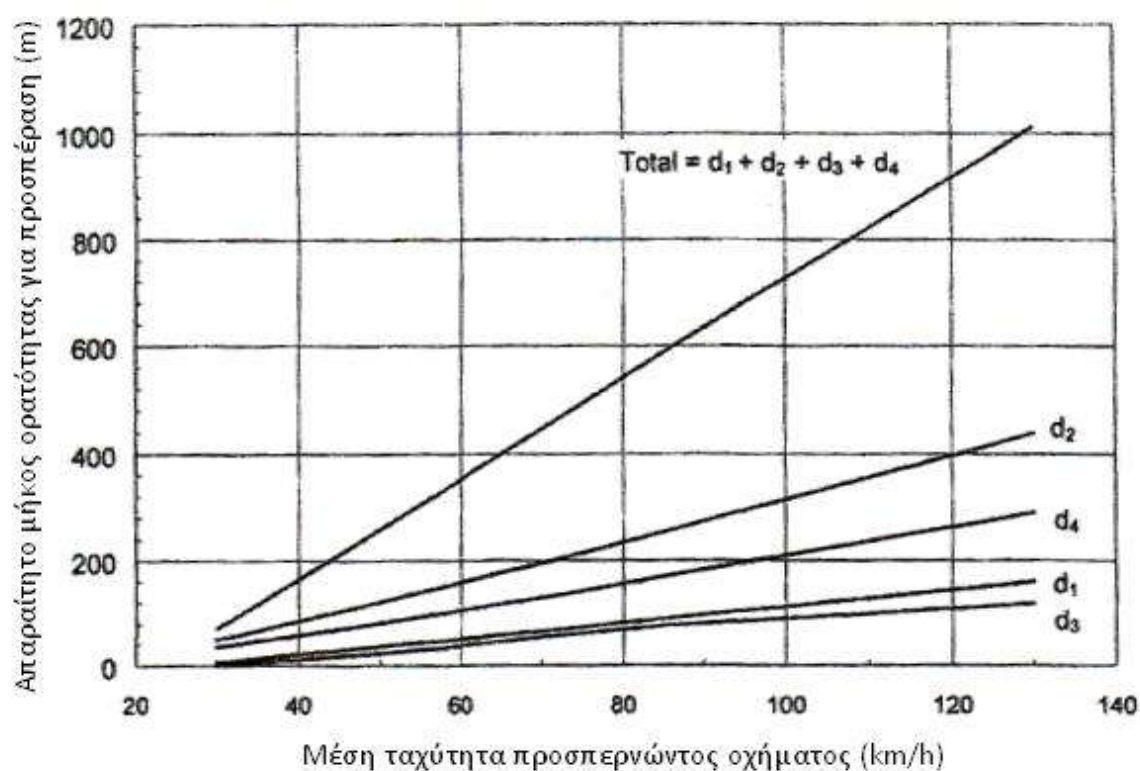
Το μήκος της διαδρομής d_3 υπολογίστηκε από έρευνες ότι κυμαίνεται από 30 μέχρι 75 μέτρα.

Η διαδρομή του αντίθετα κινούμενου οχήματος (d_4)

Κατά τον υπολογισμό της απαιτούμενης ορατότητας για προσπέραση υπολογίζουμε και την διαδρομή του αντίθετα κινούμενου οχήματος. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται ώστε να αποφύγουμε την πιθανή σύγκρουση του προσπερνώντος με ένα αντίθετα κινούμενο όχημα, κατά τη διάρκεια που το προσπερνών όχημα καταλαμβάνει την λωρίδα κυκλοφορίας της αντίθετης κατεύθυνσης. Εάν υπολογίσουμε τη διαδρομή που διανύει το αντίθετα κινούμενο όχημα κατά τη διάρκεια ολόκληρης της προσπέρασης θα πάρουμε ένα μήκος πολύ μεγάλο που δεν αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα. Η διαδρομή ενός οχήματος μέχρι την στιγμή που μπαίνει στην δεξιά λωρίδα δεν χρειάζεται να συμπεριληφθεί στον υπολογισμό του μήκους που διανύει το αντίθετα κινούμενο όχημα καθώς το προσπερνών όχημα μπορεί ακόμη να επιστρέψει στην αρχική του θέση σε περίπτωση που αντιληφθεί ότι δεν δύναται να εκτελέσει με επιτυχία την προσπέραση. Αυτό το χρονικό διάστημα έχει υπολογιστεί ότι είναι περίπου το ένα τρίτο της απόστασης που διανύει το προσπερνών όχημα κατά τη διάρκεια κατάληψης της λωρίδας της αντίθετης κυκλοφορίας. Οπότε η διαδρομή του αντίθετα κινούμενου οχήματος ισούται με τα δύο τρίτα της απόστασης που διανύει το προσπερνών όχημα κατά τη διάρκεια κατάληψης της λωρίδας της αντίθετης κυκλοφορίας ή τα δύο τρίτα του d_2 .

Η απόσταση που διανύει το αντίθετα κινούμενο όχημα δίνεται από τον τύπο :

$$d_4 = \frac{2}{3}d_2$$



Σχήμα 2.4 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση [1]

Ταχύτητα Μελέτης (km/h)	Ταχύτητα βραδυπορούντος οχήματος (km/h)	Ταχύτητα προσπερνώντος οχήματος (km/h)	Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση	
			Υπολογισμού(m)	Σχεδιασμού(m)
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Πίνακας 2.5 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση [1]

Επιρροή της κατά μήκος κλίσης στο απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση

Όσο μεγαλύτερη είναι η κατά μήκος κλίση μίας οδού τόσο περισσότερο επηρεάζεται το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση. Σε περίπτωση κατωφέρειας είναι πιο εύκολο να πραγματοποιηθεί μία προσπέραση σε σχέση με μία οδό με μηδενική κλίση γιατί το προσπερνών όχημα επιταχύνει πιο γρήγορα. Όμως ελλοχεύει ο κίνδυνος να αναπτύξει μεγάλη ταχύτητα και το προσπερνώμενο όχημα και τελικά να έχουμε μία ανεπιθύμητη κατάσταση που τα δύο οχήματα να συναγωνίζονται σε ταχύτητα μεταξύ τους.

Σε περίπτωση ανωφέρειας η απαιτούμενη απόσταση για προσπέραση είναι μεγαλύτερη από αυτή σε οδούς με μηδενική κλίση. Το προσπερνών όχημα επιταχύνει με βραδύτερους ρυθμούς (δηλαδή αυξάνεται ο χρόνος προσπέρασης), ενώ η αντίθετα κινούμενη κυκλοφορία συνήθως αναπτύσσει μεγάλες ταχύτητες λόγω της κατωφέρειας (δηλαδή αυξάνει η απόσταση που διανύει το αντίθετα κινούμενο όχημα). Καθησυχαστικό όμως είναι το φαινόμενο ότι σε ανωφέρεια το προσπερνώμενο όχημα είναι συνήθως φορτηγό που δεν μπορεί να αναπτύξει μεγάλη ταχύτητα και ότι οι οδηγοί γνωρίζουν πως για να προσπεράσουν ένα όχημα σε ανωφέρεια χρειάζεται να διανύσουν μεγαλύτερη απόσταση από ότι σε περιοχή με μηδενική κλίση.

Συχνότητα και μήκος των περιοχών που επιτρέπεται η προσπέραση

Οι περιοχές όπου επιτρέπεται η προσπέραση, σε μία οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας, πρέπει να συναντώνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Σε κάθε τέτοιο τμήμα το μήκος ορατότητας θα πρέπει να είναι ίσο ή μεγαλύτερο από το ελάχιστο απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση. Η συχνότητα και το μήκος τους στους αυτοκινητόδρομους εξαρτάται από τη μορφολογία του εδάφους, την ταχύτητα μελέτης, το κόστος αλλά και την επιθυμητή στάθμη εξυπηρέτησης. Δεν συνιστάται όμως το μήκος τους αλλά και η συχνότητα τους να εξαρτάται αποκλειστικά από τη μορφολογία του εδάφους και το κόστος. Με σωστή μελέτη μίας οδού οι περιοχές όπου επιτρέπεται η προσπέραση μπορούν να υπάρχουν σε ικανοποιητικό επίπεδο με μικρή ή χωρίς αύξηση του κόστους. Σε εδάφη με μεγάλες κλίσεις μπορεί να είναι πιο οικονομικό να υπάρχουν σημεία με τέσσερις λωρίδες κυκλοφορίας αντί να υπάρχουν περιοχές που να παρέχεται το απαιτούμενο μήκος για προσπέραση. Επίσης η ύπαρξη υψηλής στάθμης εξυπηρέτησης δεν εξασφαλίζει ότι οι ευκαιρίες για προσπέραση είναι περισσότερες καθώς στα τμήματα αυτά η αντίθετη λωρίδα κυκλοφορίας μπορεί να είναι συνεχώς κατειλημμένη από οχήματα. Η σημασία αυτών των τμημάτων είναι πολύ μεγάλη καθώς επηρεάζουν σημαντικά την στάθμη εξυπηρέτησης της οδού καθώς και την μέση ταχύτητα των οχημάτων. Σε οδούς όπου είναι επιθυμητή υψηλή στάθμη εξυπηρέτησης τα τμήματα αυτά πρέπει να είναι πολύ συχνά ή εάν είναι δυνατόν ακόμη και συνεχόμενα για όλο το μήκος της οδού.

Απαιτούμενο μήκος ορατότητας σε οδούς με περισσότερες από δύο λωρίδες

Το απαιτούμενο μήκος για προσπέραση δεν συνιστάται να παρέχεται σε οδούς με περισσότερες από δύο λωρίδες. Οι ελιγμοί που εκτελούν οι οδηγοί σε τέτοιες οδούς αναμένεται να είναι στα όρια της δικής τους κατεύθυνσης κυκλοφορίας. Δηλαδή σε αδιαίρετες οδούς με τέσσερις λωρίδες κατεύθυνσης θα πρέπει να απαγορεύεται η διέλευση του άξονα της οδού από τα οχήματα.

2.3.3 Προσδιορισμός του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για λήψη αποφάσεων

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση είναι συνήθως επαρκές ώστε ένας φυσιολογικά ικανός και σε επαγρύπνηση οδηγός να ακινητοποιήσει εγκαίρως το όχημα του σε μία συνηθισμένη κατάσταση. Όμως το μήκος αυτό δεν επαρκεί όταν οι οδηγοί πρέπει να πάρουν πολύπλοκες ή στιγμιαίες αποφάσεις, όταν οι πληροφορίες που δέχονται είναι δυσνόητες ή όταν απαιτούνται απροσδόκητοι – ασυνήθιστοι ελιγμοί. Σε τέτοιες περιπτώσεις το μήκος ορατότητας θα πρέπει να είναι τέτοιο που να επιτρέπει στους οδηγούς να αντιληφθούν εγκαίρως ένα ενδεχόμενο κίνδυνο, να επιλέξουν την κατάλληλη ταχύτητα και διαδρομή για να ξεκινήσουν και να ολοκληρώσουν με επιτυχία τους απαιτούμενους ελιγμούς που απαιτούνται ώστε να αποφύγουν ένα εμπόδιο χωρίς να ακινητοποιήσουν το όχημα τους. Επίσης θα πρέπει να προσφέρει ένα επιπλέον χρονικό περιθώριο που να επιτρέπει την διόρθωση λανθασμένης απόφασης. Το μήκος ορατότητας για λήψη αποφάσεων είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το μήκος ορατότητας για στάση.

Το μήκος ορατότητας για λήψη αποφάσεων χρησιμοποιείται σε πολύπλοκες διασταυρώσεις, σε περιοχές που η οδός δίνει στο χρήστη πληθώρα πληροφοριών, όταν απαιτούνται απροσδόκητοι – ασυνήθιστοι ελιγμοί, σε σταθμούς διοδίων, σε σημεία μείωσης των λωρίδων κυκλοφορίας. Σε περίπτωση που σε τέτοιες περιοχές δεν είναι εφικτό να παρέχεται το μήκος ορατότητας για λήψη αποφάσεων απαιτείται η χρήση κατάλληλης σήμανσης για την ενημέρωση των οδηγών. Το μήκος ορατότητας για λήψη αποφάσεων δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για την βελτίωση της ορατότητας εξαιτίας ύπαρξης καμπύλης στην μηκοτομή ή στην οριζοντιογραφία.

Το μήκος ορατότητας για λήψη αποφάσεων υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση :

$$S_h = 0.278 \cdot V \cdot t + \frac{V^2}{254 \left(\left(\frac{a}{9.81} \right) \pm s \right)}$$

όπου οι τιμές του χρόνου αντίδρασης είναι μεγαλύτερες από 3s.

2.4 Τα μήκη ορατότητας στον σχεδιασμό της οδού

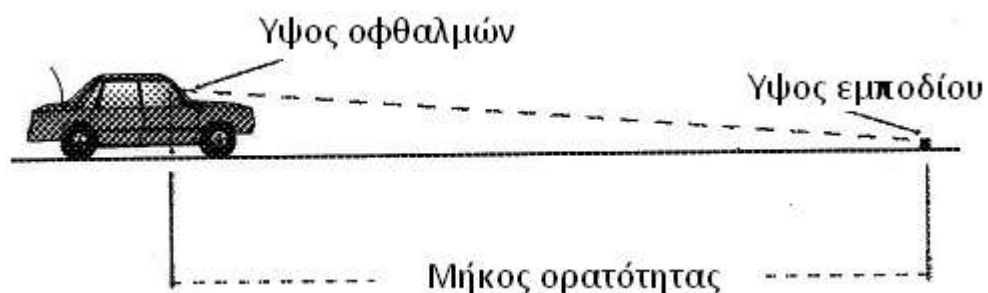
2.4.1 Γενικά

Στους Γερμανικούς και στους Αμερικανικούς κανονισμούς τα μήκη ορατότητας στον σχεδιασμό της οδού παρουσιάζουν κάποιες διαφορές. Στους Γερμανικούς κανονισμούς ο έλεγχος της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής πραγματοποιείται μέσω του πραγματικού μήκους ορατότητας ή ελέγχεται η μηκοτομή μέσω των ελαχίστων ακτινών κυρτής καμπύλης. Ενώ στους Αμερικάνικους κανονισμούς έχουμε έλεγχο της οριζοντιογραφίας μέσω της πλευρικής εκτροπής και της μηκοτομής μέσω των ελαχίστων μηκών κυρτών και κοίλων καμπυλών.

Οι Γερμανικοί κανονισμοί έχουν ένα μεγάλο πλεονέκτημα έναντι των Αμερικανικών κανονισμών σε αυτό τον τομέα διότι με τον ορισμό του πραγματικού μήκους ορατότητας είναι δυνατός ο υπολογισμός του υφιστάμενου μήκους ορατότητας κάθε σημείου στις 3-διαστάσεις. Ο ορισμός του πραγματικού μήκους ορατότητας επιλέχθηκε να αναφερθεί στο κεφάλαιο 2.4.3 και 2.4.4.1 ώστε να γίνει η σύγκριση των Γερμανικών με τους αντίστοιχους Αμερικάνικους κανονισμούς.

2.4.2 Παραδοχές

Το μήκος ορατότητας μίας οδού ορίζεται ως η απόσταση για την οποία ένα εμπόδιο συγκεκριμένου ύψους είναι συνεχώς ορατό σε έναν οδηγό και μετρείται από τους οφθαλμούς του οδηγού μέχρι το εμπόδιο που θα πρωτοεμφανιστεί επί του καταστρώματος της οδού. Η απόσταση αυτή εξαρτάται από το ύψος οφθαλμών του οδηγού, το ύψος του εμποδίου, και το ύψος και την θέση των παράπλευρων εμποδίων.



Σχήμα 2.5 : Απεικόνιση της γραμμής ορατότητας [1]

2.4.2.1 Ύψος οφθαλμών

α) Αμερικανικοί κανονισμοί

Έρευνες έχουν δείξει ότι ο μέσος όρος του ύψους των επιβατηγών αυτοκινήτων είναι 1,3 m και το αντίστοιχο ύψος οφθαλμών 1,08 m. Για φορτηγά οχήματα το ύψος οφθαλμών κυμαίνεται από 1,8 m μέχρι 2,4 m και σε περίπτωση που χρειάζεται να γίνει έλεγχος ορατότητας συνιστάται να χρησιμοποιείται η τιμή 2,33 m.

β) Γερμανικοί κανονισμοί

Το ύψος των οφθαλμών λαμβάνεται 1m.

2.4.2.2 Ύψος εμποδίου

α) Αμερικανικοί κανονισμοί

Για τον υπολογισμό του υφιστάμενου μήκους ορατότητας **για στάση** το ύψος του εμποδίου προβλέπεται να παίρνει την τιμή 0,6m. Θεωρείται ότι ένα εμπόδιο ύψους 0,6m είναι αντιπροσωπευτικό των εμποδίων που αποτελούν κίνδυνο για ένα όχημα και ότι ένας οδηγός μπορεί να το εντοπίσει και να σταματήσει εγκαίρως. Η χρήση ύψους εμποδίου με μικρότερη τιμή θα οδηγούσε σε σημαντικά μεγαλύτερα μήκη κυρτωμάτων, χωρίς αποδεδειγμένα ανάλογη βελτίωση της ασφάλειας, διότι είναι αμφισβητήσιμη η ικανότητα των οδηγών να διακρίνουν μικρότερα αντικείμενα σε μεγάλες ταχύτητες και από απόσταση.

Για τον υπολογισμό του υφιστάμενου μήκους ορατότητας **για προσπέραση** λαμβάνεται ως ύψος εμποδίου η τιμή 1,08m. Η τιμή αυτή έχει προκύψει βάσει έρευνας κατά την οποία διαπιστώθηκε ότι το 85% του συνόλου των σύγχρονων οχημάτων έχει ύψος 1,33m. Θεωρείται ότι το ανώτερο τμήμα του οχήματος ύψους 0,25m είναι απαραίτητο να είναι ορατό, ώστε ο οδηγός που προσπερνά να αντιληφθεί ότι πρόκειται για αντίθετα κινούμενο όχημα. Τα μήκη ορατότητας για προσπέραση που καθορίζονται με αυτή την διαδικασία επαρκούν και κατά την διάρκεια της νύχτας διότι το φως των προβολέων είναι ορατό από μεγαλύτερη απόσταση απ' ό,τι το όχημα κατά την διάρκεια της ημέρας. Η σύμπτωση του ύψους εμποδίου για προσπέραση με το ύψος οφθαλμών έχει ως αποτέλεσμα το μήκος ορατότητας για προσπέραση να είναι αμφίδρομο. Δηλαδή τη στιγμή που ο οδηγός που προσπερνά αντικρίζει το αντίθετα κινούμενο όχημα, ο οδηγός του αντίθετα κινούμενου οχήματος αντικρίζει το όχημα που προσπερνά.

β) Γερμανικοί κανονισμοί

Το ύψος εμποδίου στους Γερμανικούς κανονισμούς αναφέρεται ως ύψος προορισμού. Το ύψος προορισμού λαμβάνεται 1m και αναφέρεται στην αναγνώριση ενός οχήματος στο τέλος μίας κυκλοφοριακής συμφόρησης. Για τον υπολογισμό όμως των ελάχιστων ακτινών κυρτής καμπύλης το ύψος προορισμού λαμβάνει την τιμή 0,5m.

2.4.2.3 Εμπόδια του μήκους ορατότητας κατά την μελέτη της οδού

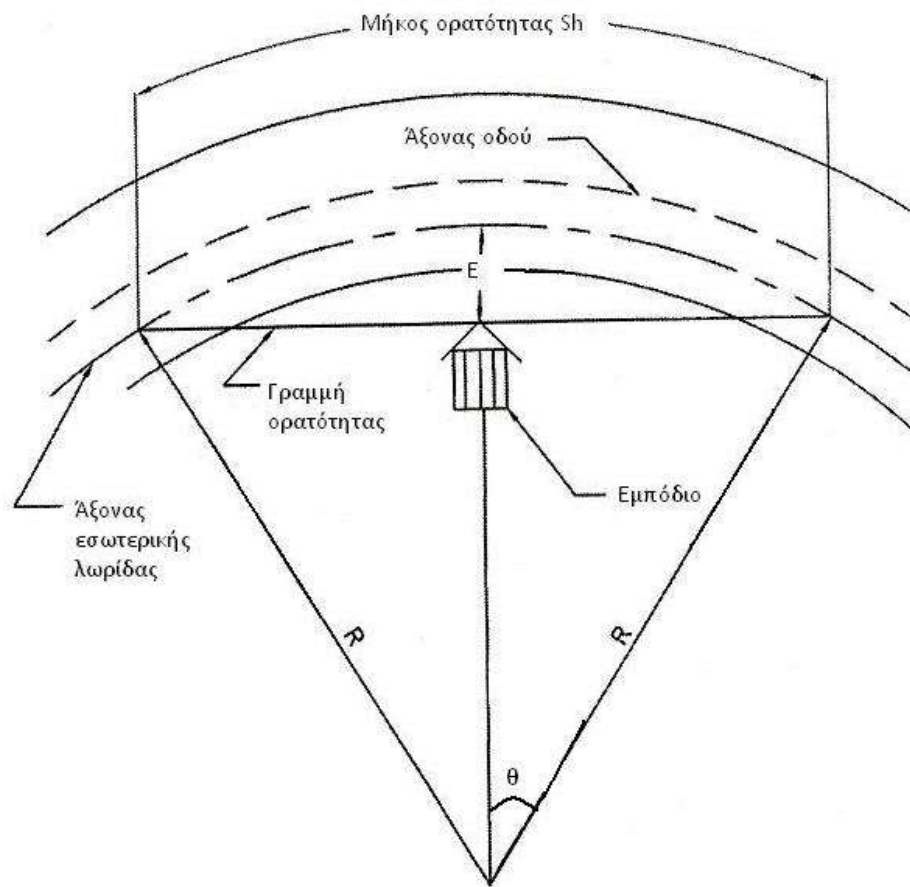
Στους Αμερικάνικους κανονισμούς αρχικά ορίζονται κάποιοι τύποι εμποδίων σε μία οδό ως εξής : Στις ευθυγραμμίες το εμπόδιο το οποίο περιορίζει την ορατότητα ενός οδηγού είναι το ίδιο το οδόστρωμα σε μερικές περιπτώσεις κυρτωμάτων. Στις οριζοντιογραφικές καμπύλες τα εμπόδια που βρίσκονται στο εσωτερικό τους περιορίζουν την ορατότητα, τέτοια εμπόδια είναι τα στηθαία ασφαλείας, κτίσματα, τοίχοι, δενδροστοιχίες, γέφυρες, πρηνή ορυγμάτων κ.λπ . Επίσης σε περιπτώσεις κυρτωμάτων σε συνδυασμό με οριζοντιογραφική καμπύλη το εμπόδιο το οποίο περιορίζει την ορατότητα ενός οδηγού μπορεί να είναι το ίδιο το οδόστρωμα. Έλεγχος ώστε να υπάρχει το απαραίτητο μήκος ορατότητας πρέπει να γίνεται και στην οριζοντιογραφία και στην μηκοτομή. Επιθυμητό είναι να υπολογίζεται το μήκος ορατότητας και για τις δύο κατευθύνσεις μίας οδού.

2.4.3 Μήκος ορατότητας για στάση σε καμπύλη οριζοντιογραφίας

α) Αμερικανικοί κανονισμοί

Όπως σε κάθε σημείο του δρόμου έτσι και σε κάθε σημείο της οριζοντιογραφικής καμπύλης θα πρέπει να υπάρχει το κατάλληλο μήκος ορατότητας ώστε να μπορούν οι οδηγοί να σταματήσουν έγκαιρα πριν από ένα εμπόδιο, το οποίο εμφανίζεται απροσδόκητα στο οδόστρωμα. Κατά την μελέτη της οδού, στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας όπου υπάρχουν εμπόδια (όπως τοίχοι, δενδροστοιχίες, κτίσματα, διαχωριστική νησίδα, πρηνή ορυγμάτων κ.λπ.) στο εσωτερικό της καμπύλης χρησιμοποιείται το μήκος ορατότητας για στάση για τον έλεγχο της ορατότητας. Πολλές φορές λόγω των εμποδίων αυτών απαιτείται διεύρυνση του ελεύθερου χώρου της οδού ή και αλλαγή της χάραξης στο τμήμα αυτό εάν η απομάκρυνση των εμποδίων είναι αδύνατη. Επειδή σε κάθε καμπύλη το μήκος ορατότητας επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες είναι επιθυμητή η διερεύνηση κάθε καμπύλης ξεχωριστά.

Το μήκος ορατότητας μετρείται επί του άξονα της εσωτερικής λωρίδας κυκλοφορίας της καμπύλης και η **πλευρική εκτροπή E** υπολογίζεται από την γεωμετρία του Σχήματος 2.6 :



Σχήμα 2.6 : Διάγραμμα υπολογισμού της πλευρικής εκτροπής E [1]

$$E = R - R \cdot \sin \theta = R \cdot (1 - \sin \theta) \quad \text{και} \quad \frac{S_h}{2} = R \cdot \theta^{\text{rad}} \Rightarrow \theta^{\text{rad}} = \frac{S_h}{2 \cdot R}$$

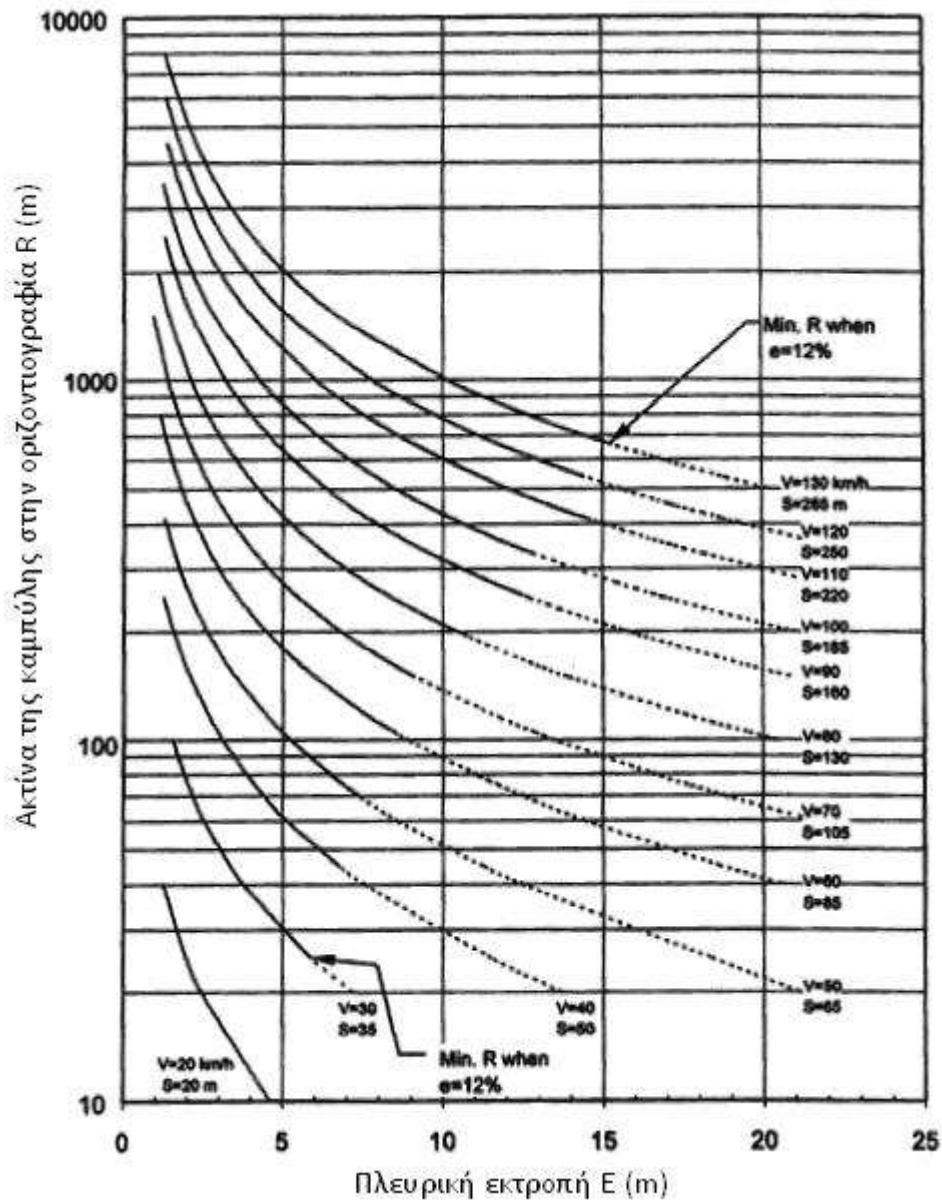
$$\text{Οπότε :} \quad E = R \left[\left(1 - \sin \frac{28,65 \cdot S_h}{R} \right) \right]$$

όπου:

$E \text{ (m)}$ = πλευρική εκτροπή
 $R \text{ (m)}$ = ακτίνα της καμπύλης στην οριζοντιογραφία
 $S_h \text{ (m)}$ = μήκος ορατότητας για στάση

Η σχέση αυτή ισχύει μόνο όταν το μήκος του κυκλικού τόξου είναι μεγαλύτερο από το μήκος ορατότητας και τόσο η αρχή όσο και το τέλος της γραμμής όρασης βρίσκονται επί του κυκλικού τόξου. Εάν η αρχή ή το τέλος της γραμμής όρασης δεν βρίσκονται επί του κυκλικού τόξου, δηλαδή βρίσκονται επί της κλωθοειδούς ή επί της ευθείας, τότε οι τιμές που παίρνουμε είναι προσεγγιστικές.

Σε περίπτωση που στο εσωτερικό της καμπύλης υπάρχει πρηνές ορύγματος τότε το μέσο της γραμμής ορατότητας που συνήθως εμποδίζεται από το πρηνές θεωρούμε ότι βρίσκεται σε ύψος 0,84m (ημιάθροισμα του ύψους οφθαλμών 1,08m και του ύψους εμποδίου 0,6m). Αυτή η υπόθεση προϋποθέτει ότι η οδός έχει μηδενική ή μικρή κατά μήκος κλίση. Δηλαδή προτείνεται ως μέγιστο ύψος πρηνούς 0,84m.



Σχήμα 2.7 : Τιμές της πλευρικής εκτροπής για στάση σε οριζοντιογραφική καμπύλη [1]

Από το Σχήμα 2.7 παρατηρούμε ότι αυτοκινητόδρομοι με πλευρική εκτροπή μεγαλύτερη από 16m μας έχουν επαρκές μήκος ορατότητας ανεξάρτητα από την ταχύτητα μελέτης και την ακτίνα της καμπύλης στην οριζοντιογραφία.

Όταν το υφιστάμενο μήκος ορατότητας δεν επαρκεί εξαιτίας της διαχωριστικής νησίδας ή των στηθαίων ασφαλείας τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί μία από τις εξής εναλλακτικές λύσεις : i) να αυξηθεί η πλευρική εκτροπή, ii) να αυξηθεί η ακτίνα της καμπύλης της οριζοντιογραφίας ή iii) να μειωθεί η ταχύτητα μελέτης. Συνιστάται να μην χρησιμοποιείται ως εναλλακτική λύση η διαπλάτυνση της Λ.Ε.Α πάνω από 3,6m διότι οι οδηγοί θα αρχίσουν να την χρησιμοποιούν ως λωρίδα κυκλοφορίας.

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση είναι συνήθως περίπου τέσσερις φορές μεγαλύτερο από το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση για την ίδια ταχύτητα μελέτης. Για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του μήκους ορατότητας για προσπέραση στο εσωτερικό μίας οριζοντιογραφικής καμπύλης χρειαζόμαστε πολύ μεγάλα μήκη πλευρικής εκτροπής τα οποία έχουν μικρή πρακτική αξία, εκτός από καμπύλες με πολύ μεγάλες ακτίνες. Επίσης νόημα στην παροχή του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για προσπέραση υπάρχει κυρίως σε οδούς με μηδενική κατά μήκος κλίση.

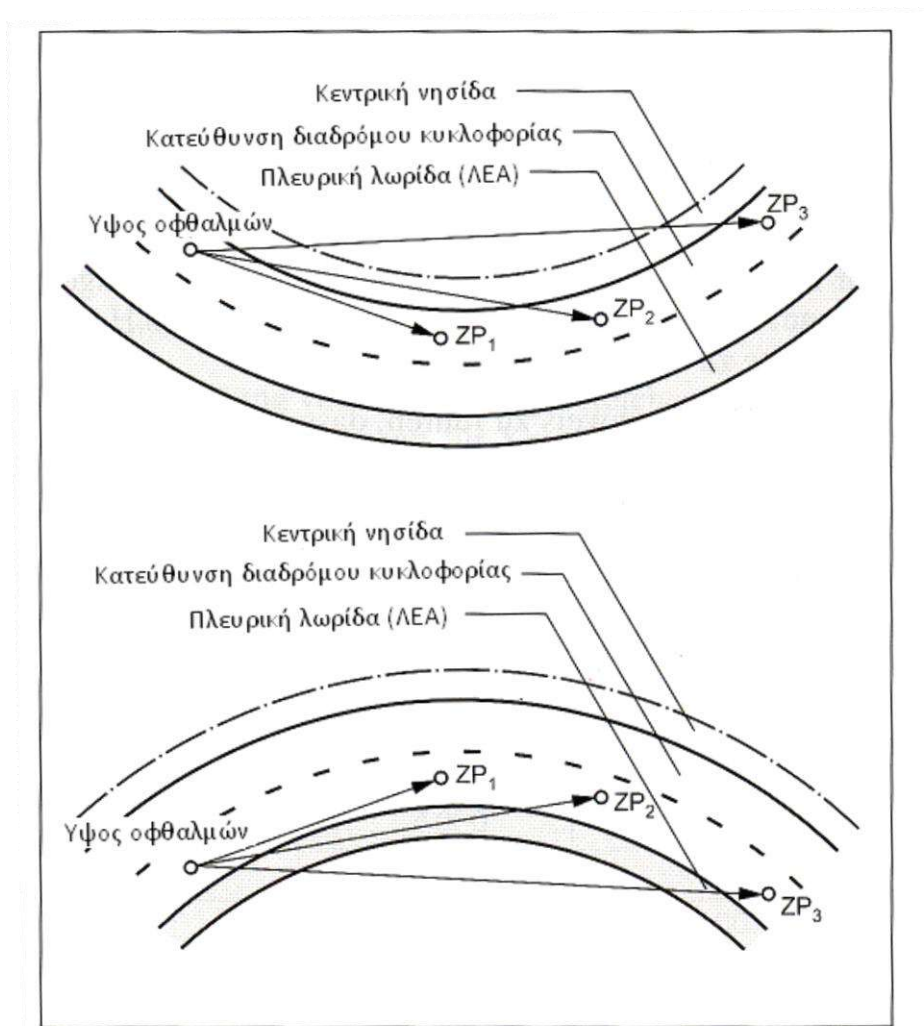
β) Γερμανικοί κανονισμοί

Πραγματικό μήκος ορατότητας

Το πραγματικό μήκος ορατότητας απεικονίζεται στην οριζοντιογραφία με μία ακτίνα όρασης ανάμεσα στο σημείο του οφθαλμού και ένα σημείο προορισμού (ZP). Τα σημεία οφθαλμού και προορισμού βρίσκονται στον άξονα της λωρίδας κυκλοφορίας.

Για αυτοκινητόδρομους τίθενται ως βάση τα εξής αξιώματα (Σχήμα 2.8) :

- Σε αριστερές στροφές τα σημεία οφθαλμού και προορισμού βρίσκονται στην αριστερή λωρίδα κυκλοφορίας.
- Σε δεξιές στροφές και σε ευθείες τα σημεία οφθαλμού και προορισμού βρίσκονται στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας.

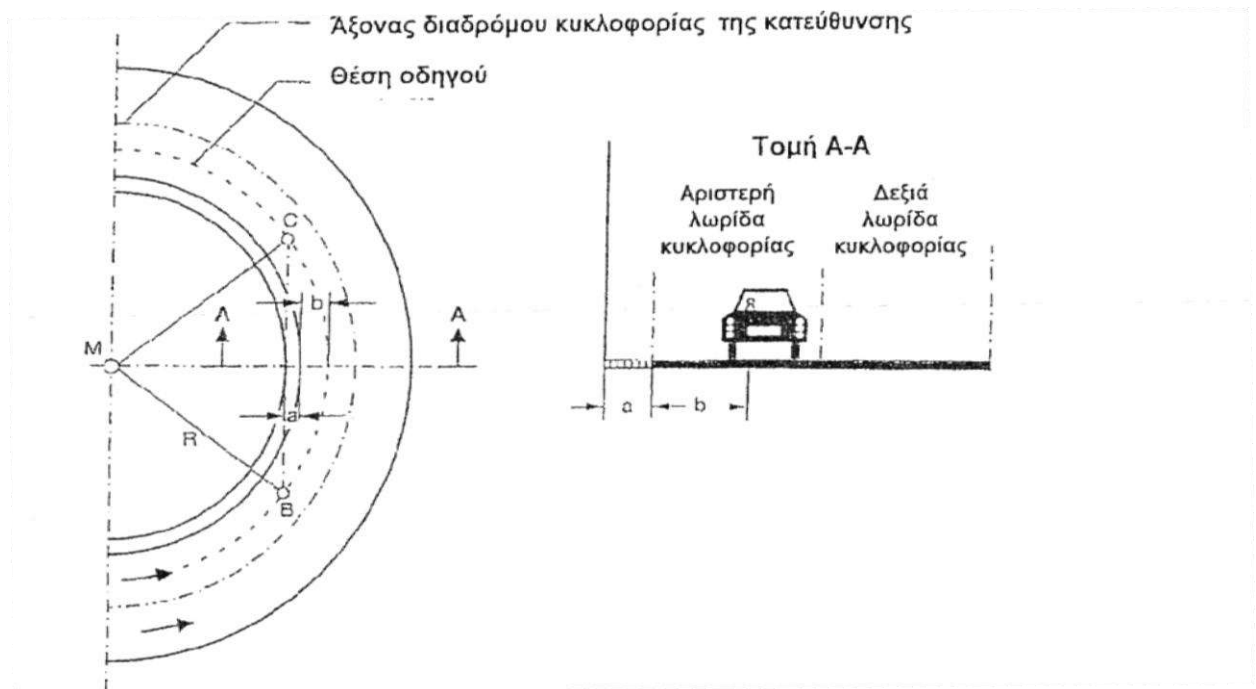


Σχήμα 2.8 : Δυνατότητα κατεύθυνσης της ακτίνας όρασης από τη θέση του οφθαλμού στη θέση προορισμού για το μήκος ορατότητας για στάση σε αριστερές και δεξιές καμπύλες [2]

Σημαντικό ρόλο στον περιορισμό της ορατότητας σε αριστερές στροφές έχουν η ακτίνα γωνίας και η απόσταση του εμποδίου ορατότητας από τον καθοριστικό άξονα λωρίδας. Αυτή η απόσταση επηρεάζεται από τη διαμόρφωση της διατομής (πλάτος λωρίδας, πλάτος μεσαίας λωρίδας, πλάτος εμποδίου).

Στο οπτικό πεδίο δίπλα στο διάδρομο κυκλοφορίας που πρέπει να κρατηθεί ελεύθερο, όλα τα εμπόδια που εμποδίζουν την ορατότητα (π.χ. πρανή με χόρτα ή θάμνους, ηχοπετάσματα, διατάξεις προστασίας ιδιαίτερα σε περιοχές με ράμπες) πρέπει να απομακρυνθούν μέχρι το ύψος της ακτίνας ορατότητας. Αυτό ισχύει κυρίως για τη φύτευση στη μεσαία νησίδα.

Για τον κατά προσέγγιση έλεγχο του μήκους ορατότητας για στάση σε αριστερές στροφές στο Σχήμα 2.9 απεικονίζονται οι σχέσεις ανάμεσα στην ακτίνα κυκλικού τόξου, την οριζοντιογραφία και το πραγματικό μήκος ορατότητας. Προς τούτο λαμβάνεται απλοποιημένα η απόσταση του σημείου του οφθαλμού από το αριστερό άκρο του διαδρόμου κυκλοφορίας στα 1,80 m, έτσι ώστε να ληφθούν επαρκώς υπόψη τα διάφορα πλάτη των οδών.



Σχήμα 2.9 : Γεωμετρικό μοντέλο για τον προσδιορισμό του υπάρχοντος μήκους ορατότητας σε αριστερόστροφες κατά τη φορά της κίνησης καμπύλες [2]

όπου :

B: Θέση οφθαλμού του οδηγού

C: Υποθετικό πέρας κυκλοφοριακής συμφόρησης

R: Ακτίνα του τόξου

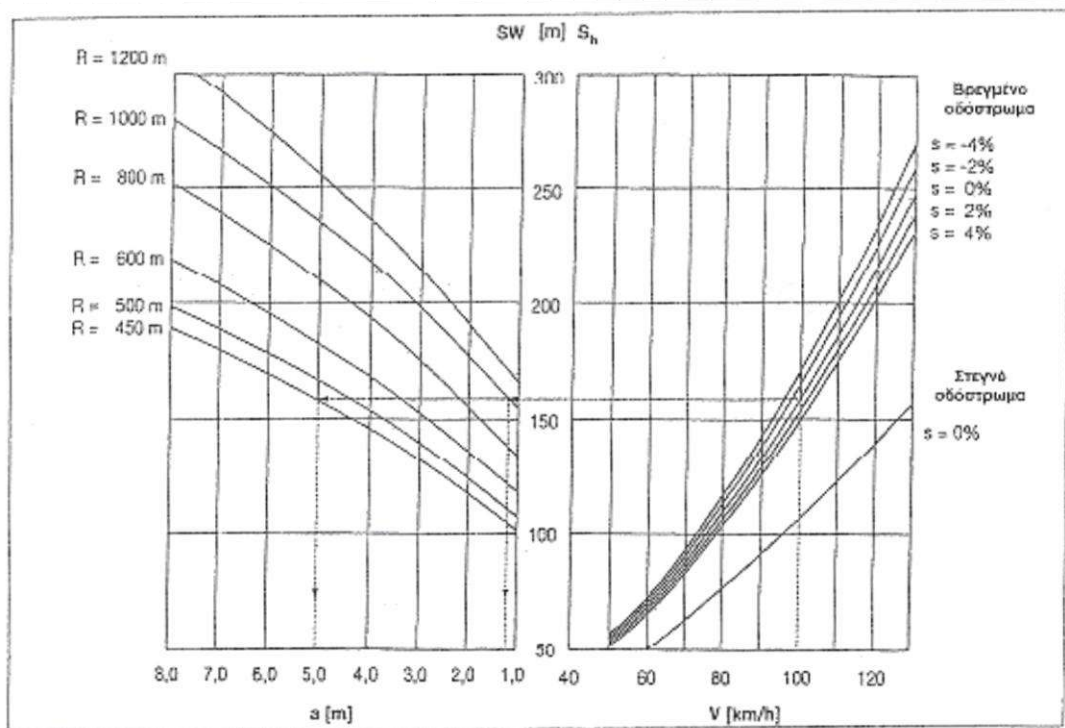
a: Απαιτούμενη απόσταση της λωρίδας κυκλοφορίας από την οπτική του εμποδίου (περιλαμβανομένης και της λωρίδας καθοδήγησης).

b: Απόσταση του σημείου οφθαλμού (B) καθώς και του εκλειφθέντος πέρατος της κυκλοφοριακής συμφόρησης (C) από το αριστερό άκρο του διαδρόμου κυκλοφορίας (απλοποιημένη παραδοχή: $b=1,80m$)

Έλεγχος μήκους ορατότητας

Τα πραγματικά μήκη ορατότητας πρέπει να συγκριθούν ανά θέση με τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας για στάση με βάση το μήκος ορατότητας των ζωνών, οι οποίες ορίζονται χωριστά για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας. Προς τούτο πρέπει να αποδειχθεί ότι σε κάθε σημείο, για την κάθε μη ευνοϊκή λωρίδα κυκλοφορίας, το πραγματικό μήκος ορατότητας είναι μεγαλύτερο από απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση (υφιστ. $S \geq$ απαιτ. S_h).

Σε οριζοντιογραφικές καμπύλες με ακτίνες σε οριακές τιμές, το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στις αριστερές λωρίδες κυκλοφορίας κατά τη φορά της κίνησης, μπορεί να τηρηθεί μόνο αν δεν υπάρχουν στη μεσαία νησίδα συστήματα ασφαλείας οχημάτων με ύψος μεγαλύτερο των 0,90 m και φυτά. Διαφορετικά είναι απαραίτητος ένας ανασχεδιασμός, ή σε τμήματα που τροποποιούνται ή επεκτείνονται, ένας περιορισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας (κατά κανόνα μόνο σε βρεγμένο δρόμο). Για το λόγο αυτό το αν τα συστήματα ασφαλείας οχημάτων στη μεσαία λωρίδα συνιστούν εμπόδιο ορατότητας θα πρέπει να ελεγχθεί σε συνάρτηση με τη χάραξη στο χώρο. Μία βάση για την απαιτούμενη απόσταση από το άκρο της ζώνης κυκλοφορίας των παθητικών συστημάτων ασφαλείας και της φύτευσης στη μεσαία νησίδα δίνει το Σχήμα 2.10.



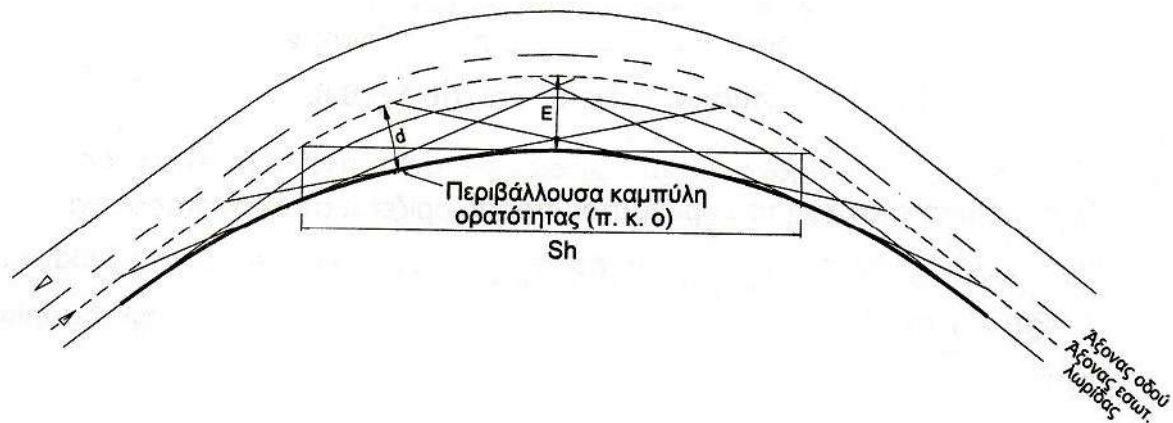
Σχήμα 2.10 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας πέδησης και απαιτούμενες αποστάσεις μεταξύ του αριστερού άκρου της εσωτερικής λωρίδας κυκλοφορίας κατά τη φορά της κίνησης και των εμποδίων ορατότητας στη μεσαία νησίδα [2]

2.4.3.1 Περιβάλλουσα καμπύλη ορατότητας

Για τον προσδιορισμό της τυχόν απαιτούμενης διεύρυνσης των διατομών της οδού λόγω ορατότητας, χαράζεται η περιβάλλουσα καμπύλη ορατότητας (Π.Κ.Ο.) η οποία εφάπτεται στις χορδές που έχουν μήκη ίσα με το μήκος ορατότητας για στάση Sh και ενώνουν τα σημεία του άξονα της εσωτερικής λωρίδας κυκλοφορίας της οδού (Σχήμα 2.11).

Με την χάραξη της Π.Κ.Ο καθορίζονται η αρχή και τα τέλος της διεύρυνσης, και συνήθως βρίσκονται περί την αρχή και το τέλος της καμπύλης. Με την Π.Κ.Ο προσδιορίζεται επίσης και ο χώρος που πρέπει να μείνει ελεύθερος από κάθε είδους εμπόδια.

Οποιαδήποτε απόσταση, από τον άξονα της εσωτερικής λωρίδας κυκλοφορίας και κατ' επέκταση από τον άξονα της οδού μέχρι την Π.Κ.Ο. μετρείται γραφικά επί του σχήματος, στην κλίμακα του σχεδίου.



Σχήμα 2.11 : Περιβάλλουσα καμπύλη ορατότητας

2.4.4 Μήκος ορατότητας στα τόξα στρογγύλευσης στη μηκοτομή

Για τον ασφαλή σχεδιασμό μίας οδού θα πρέπει να παρέχεται προ ή επί της κυρτής καμπύλης μηκοτομής μήκος ορατότητας ίσο ή και μεγαλύτερο από το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση, παρόλο που έρευνες έχουν δείξει ότι δεν επηρεάζει πάντα την ασφάλεια της οδού. Σε σημεία λήψης αποφάσεων μεγαλύτερα μήκη ορατότητας θα πρέπει να παρέχονται.

2.4.4.1 Μήκος ορατότητας σε κυρτές καμπύλες

α) Αμερικανικοί κανονισμοί

Οι Αμερικανικοί κανονισμοί προτείνουν τον καθορισμό ενός ελάχιστου μήκους κυρτής καμπύλης το οποίο υπολογίζεται με βάση το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση κάθε οδικού τμήματος. Έτσι όλες οι κυρτές καμπύλες θα παρέχουν ως ελάχιστο μήκος ορατότητας το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση (Σχήμα 2.12).

Για τιμές του μήκους ορατότητας μικρότερες του μήκους της κυρτής καμπύλης δηλαδή για $S_h < L$ έχουμε :

$$L = \frac{\Delta s \cdot S_h^2}{100 \cdot \sqrt{2 \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot h_2}}^2$$

Για τιμές του μήκους ορατότητας μεγαλύτερες του μήκους της κυρτής καμπύλης δηλαδή για $S_h > L$ έχουμε :

$$L = 2 \cdot S_h - \frac{200 \cdot \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{\Delta s}^2$$

όπου :

L (m)	= μήκος κυρτής καμπύλης
S_h (m)	= απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση
Δs (%)	= αλγεβρική διαφορά των κατά μήκος κλίσεων ($\Delta s = s_1 - s_2 $)
h_1 (m)	= ύψος οφθαλμών του οδηγού από την επιφάνεια του οδοστρώματος
h_2 (m)	= ύψος εμποδίου από την επιφάνεια του οδοστρώματος



Σχήμα 2.12 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση σε κυρτή καμπύλη [1]

Εάν σε αυτές τις σχέσεις αντικαταστήσουμε στο ύψος οφθαλμών την τιμή 1,08m και στο ύψος εμποδίου με την τιμή 0,6m τότε οι παραπάνω εξισώσεις μετατρέπονται ως εξής :

Για τιμές του μήκους ορατότητας μικρότερες του μήκους της κυρτής καμπύλης δηλαδή για $S_h < L$ έχουμε :

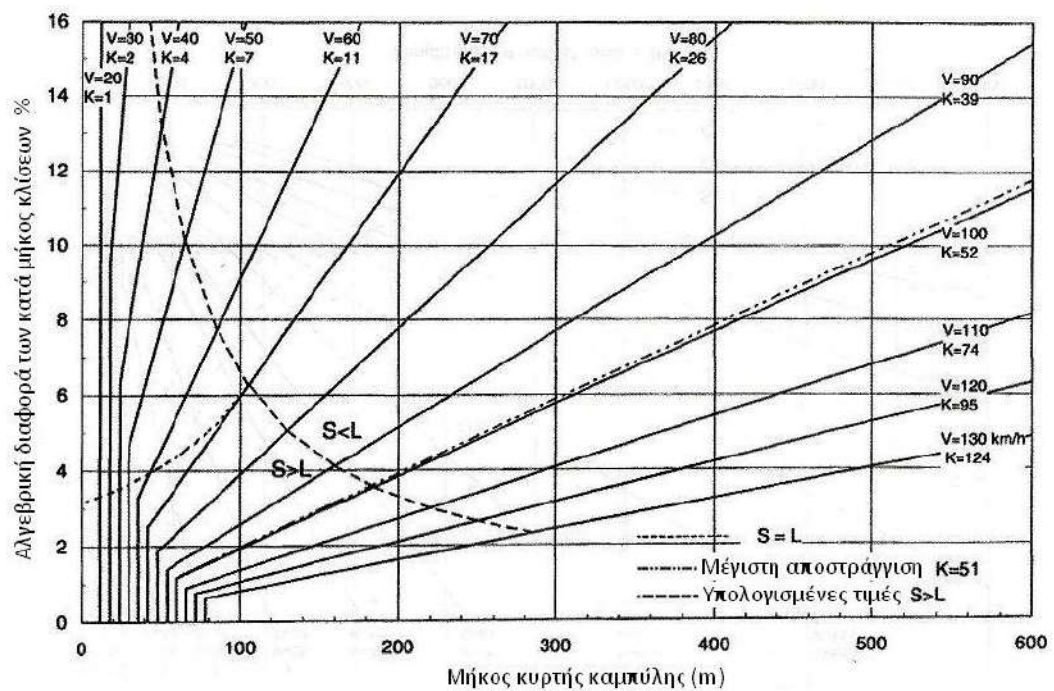
$$L = \frac{\Delta s \cdot S_h^2}{658}$$

Για τιμές του μήκους ορατότητας μεγαλύτερες του μήκους της κυρτής καμπύλης δηλαδή για $S_h > L$ έχουμε :

$$L = 2 \cdot S_h - \frac{658}{\Delta s}$$

Στο σχήμα 2.13 οι συνεχείς ευθείες απεικονίζουν τις ελάχιστες τιμές κυρτής καμπύλης βασιζόμενες στις στρογγυλεμένες τιμές του συντελεστή K (καμπυλότητα). Ο συντελεστής K είναι ο λόγος του μήκους της καμπύλης προς την αλγεβρική διαφορά των κατά μήκος κλίσεων ($K = \frac{L}{\Delta s}$). Η ευθεία με διακεκομμένη γραμμή που βρίσκεται αριστερά αντιστοιχεί

στο $S_h = L$ και χωρίζει το διάγραμμα σε δύο περιοχές. Συνιστάται να μην χρησιμοποιείται η περιοχή όπου το υπάρχον μήκος ορατότητας είναι μεγαλύτερο από το μήκος της κυρτής καμπύλης $S_h > L$ και συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται μήκη καμπυλών στη μηκοτομή 0,6 φορές μεγαλύτερα από την ταχύτητα μελέτης ($L_{min} = 0.6V$).



Σχήμα 2.13 : Μήκος κυρτής καμπύλης για τιμές ορατότητας [1]

Ταχύτητα Μελέτης (km/h)	Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση (m)	Τιμές του συντελεστή K ($K=L/\Delta s$)	
		Υπολογισμού	Σχεδιασμού
20	20	0,6	1
30	35	1,9	2
40	50	3,8	4
50	65	6,4	7
60	85	11,0	11
70	105	16,8	17
80	130	25,7	26
90	160	38,9	39
100	185	52,0	52
110	220	73,6	74
120	250	95,0	95
130	285	123,4	124

Πίνακας 2.6 : Τιμές του συντελεστή K με βάση το S_h [1]

Μήκος ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας

Το μήκος ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας σε οδούς που δεν έχουν φωτισμό ισούται με το μήκος που φωτίζουν οι προβολείς του οχήματος. Σε πολλές περιπτώσεις το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση υπερβαίνει το μήκος που φωτίζουν οι προβολείς, καθώς οι προβολείς έχουν κάποιους περιορισμούς. Πρώτον όταν οι προβολείς ενός οχήματος λειτουργούν στην μεσαία σκάλα τότε η ισχύς τους είναι πολύ μικρή, επιπλέον η γωνία προβολής τους προς τα κάτω εμποδίζει το μήκος της οδού που είναι ορατό. Έτσι σε υψηλές ταχύτητες με χρήση των προβολέων στην μεσαία σκάλα το μήκος ορατότητας είναι μικρότερο από το απαιτούμενο ανεξάρτητα από την κατά μήκος κλίση ή την ύπαρξη καμπύλης στην μηκοτομή. Δεύτερον για κυρτή καμπύλη μηκοτομής η περιοχή μπροστά από την τομή της ευθείας των προβολέων με το οδόστρωμα βρίσκεται υπό σκιά και φωτίζεται μόνο από την αντανάκλαση του φωτός.

Το ύψος των προβολέων είναι συνήθως 0,6m, δηλαδή μικρότερο από το ύψος των οφθαλμών που είναι 1,08m, άρα το υπάρχον μήκος ορατότητας καθορίζεται από το ύψος των προβολέων κατά την διάρκεια της νύχτας. Επίσης το χαμηλότερο σημείο που συνήθως φωτίζουν οι προβολείς βρίσκεται σε ύψος 0,4m και σε απόσταση ίση με το απαιτούμενο μήκος ορατότητας. Έτσι ένα εμπόδιο το οποίο βρίσκεται στην σκιασμένη περιοχή για είναι ορατό πρέπει να είναι αρκετά υψηλό, ώστε να φωτίζεται απ' ευθείας από τους προβολείς. Ένα γεγονός που αντισταθμίζει την περιορισμένη ορατότητα κατά την διάρκεια της νύχτας είναι ο φωτισμός που προέρχεται από τα πίσω φώτα των άλλων οχημάτων που συνήθως έχουν ύψος από 0,45m μέχρι 0,6m. Επιπλέον οι οδηγοί γνωρίζουν ότι κατά την διάρκεια της νύχτας ότι η ορατότητα είναι περιορισμένη οπότε είναι πιο προσεκτικοί και βρίσκονται σε επαγρύπνηση.

Μήκος ορατότητας για προσπέραση

Στους Αμερικανικούς κανονισμούς υπάρχει και ο υπολογισμός της ελάχιστης τιμής του μήκους της κυρτής καμπύλης για το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση. Οι τύποι που χρησιμοποιούνται είναι οι ίδιοι με την περίπτωση της απαιτούμενης ορατότητας για στάση το μόνο που αλλάζει είναι το ύψος του εμποδίου που σ' αυτή την περίπτωση είναι 1,08m (Σχήμα 2.14). Οπότε έχουμε :

Για τιμές του μήκους ορατότητας μικρότερες του μήκους της κυρτής καμπύλης δηλαδή για $S < L$ έχουμε :

$$L = \frac{\Delta s \cdot S^2}{864}$$

Για τιμές του μήκους ορατότητας μεγαλύτερες του μήκους της κυρτής καμπύλης δηλαδή για $S > L$ έχουμε :

$$L = 2 \cdot S - \frac{864}{\Delta s}$$

όπου :

L (m) = μήκος κυρτής καμπύλης

S_h (m) = απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση

Δs (%) = αλγεβρική διαφορά των κατά μήκος κλίσεων ($\Delta s = |s_1 - s_2|$)



Σχήμα 2.14 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση σε κυρτή καμπύλη [1]

Τα ελάχιστα μήκη κυρτής καμπύλης που υπολογίζονται με βάση το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση σε σχέση με αυτά που υπολογίζονται με βάση το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση είναι επτά με δέκα φορές μεγαλύτερα. Αυτό αποτυπώνεται και στο συντελεστή K που παίρνει πολύ υψηλότερες τιμές (Πίνακας 2.7).

Ταχύτητα Μελέτης (km/h)	Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση (m)	Τιμές του συντελεστή K ($K=L/\Delta s$), K σχεδιασμού
30	200	46
40	270	84
50	345	138
60	410	195
70	485	272
80	540	338
90	615	438
100	670	520
110	730	617
120	775	695
130	815	769

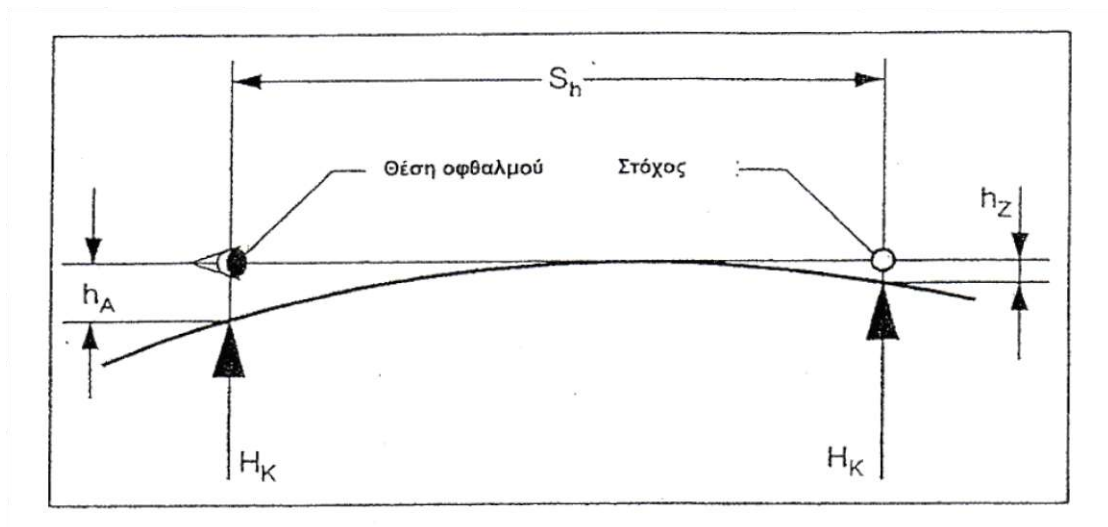
Πίνακας 2.7 : Τιμές του συντελεστή K με βάση το S_h [1]

Γενικά θεωρείται μη εφαρμόσιμη η χρήση του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για προσπέραση για τον υπολογισμό του ελάχιστου μήκους κυρτής καμπύλης διότι προκύπτουν πολύ μεγάλα μήκη καμπυλών που αυξάνουν υπερβολικά το κόστος της κατασκευής, λόγω των μεγάλων σε όγκο εκσκαφών. Η χρήση του μπορεί να γίνει σε οδούς με συνδυασμούς χαμηλών ταχυτήτων μελέτης και μικρών κατά μήκος κλίσεις ή με υψηλότερες ταχύτητες και μικρή αλγεβρική διαφορά(Δs) των κατά μήκος κλίσεων. Συνήθως παρέχεται σε οδικά τμήματα όπου δεν έχουμε κυρτές καμπύλες στην μηκοτομή.

β) Γερμανικοί κανονισμοί

ι) Πραγματικό μήκος ορατότητας

Το πραγματικό μήκος ορατότητας απεικονίζεται στην μηκοτομή με μία ακτίνα όρασης ανάμεσα στο σημείο του οφθαλμού και ένα σημείο προορισμού. Το ύψος των σημείων του οφθαλμού και προορισμού είναι 1m. Ουσιαστικά πρέπει, ένα ακινητοποιημένο (μποτιλιαρισμένο) όχημα σε κύρτωμα πρέπει να γίνεται αντιληπτό όσο το δυνατόν πιο έγκαιρα. Αυτό σημαίνει ότι κατά τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας για στάση σε κυρτώματα θα πρέπει από τη θέση του οφθαλμού του οδηγού να εξασφαλίζεται η ορατότητα ενός σημειακού στόχου σε ύψος $h_z = 1,0 \text{ m}$ (Σχημα2.15).



Σχήμα 2.15 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας σε κυρτή καμπύλη [1]

Τα πραγματικά μήκη ορατότητας πρέπει να συγκριθούν ανά θέση με τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας για στάση χωριστά για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας. Οπότε πρέπει να αποδειχθεί ότι σε κάθε σημείο, για την κάθε μη ευνοϊκή λωρίδα κυκλοφορίας, το πραγματικό μήκος ορατότητας είναι μεγαλύτερο από απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση (υφιστ. $S \geq$ απαιτ. S_h).

ii) Ελάχιστες ακτίνες κυρτής καμπύλης

Διερευνήσεις ασφαλείας, π.χ. από την άποψη της αναγνωρισιμότητας οχημάτων κατά τη νύχτα ή με ομίχλη (ύψος των προβολών / φανών πέδησης «Stop», ορατή επιφάνεια του οχήματος) ή της ικανότητας αντίληψης και αντίδρασης των οδηγών μετά από πολύωρη ή γρήγορη οδήγηση, οδηγούν σε μεγαλύτερες ακτίνες κυρτής καμπύλης, από τις απαιτούμενες για την αναγνωρισιμότητα του πέρατος μια ακινητοποίησης (μποτιλιαρίσματος).

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ελάχιστες ακτίνες κυρτής καμπύλης στους γερμανικούς κανονισμούς να προκύπτουν από ένα ύψος του σημειακού στόχου $h_z = 0,50$ m. Η σχέση που μας δίνει το ελάχιστο μήκος κυρτής καμπύλης είναι η εξής :

$$\min H_K = \frac{S_h^2}{2 \cdot \sqrt{h_A} + \sqrt{h_z}^2}$$

Σε περίπτωση εφαρμογής των ελαχίστων ακτινών κυρτής καμπύλης, περιττεύει η απόδειξη της επάρκειας του μήκους ορατότητας για στάση. Τότε είναι αρκετή η απόδειξη επάρκειας του μήκους ορατότητας για στάση σε οριζοντιογραφία.

Οι ελάχιστες ακτίνες κυρτής και κοίλης καμπύλης του παρακάτω πίνακα βασίζονται σε παραδοχές και διαπιστώσεις ασφαλείας (Πίνακας 2.8).

Κατηγορία σχεδιασμού	min H _K (m)	min H _W (m)
Υπεραστικός αυτοκινητόδρομος	13.000	8.800
Διεπαρχιακοί (Περιφερειακοί) αυτοκινητόδρομοι	10.000	5.700
Δρόμος παρόμοιος με αυτοκινητόδρομο	5.000	4.000
Αστικός αυτοκινητόδρομος	3.000	2.600

Πίνακας 2.8 : Ελάχιστες ακτίνες κυρτωμάτων και κοιλωμάτων [1]

2.4.4.2 Μήκος ορατότητας σε κοίλες καμπύλες

Στους Αμερικάνικους κανονισμούς υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά κριτήρια για να υπολογίσουμε το απαιτούμενο ελάχιστο μήκος των κοίλων καμπύλων στη μηκοτομή. Τα κριτήρια είναι τα εξής : i) το μήκος ορατότητας που παρέχουν οι προβολείς ii) άνεση του χρήστη της οδού iii) η ικανοποιητική απορροή των υδάτων και iv) η γενική εικόνα της οδού.

Το βασικό κριτήριο για τον υπολογισμό του απαιτούμενου ελαχίστου μήκους των κοίλων καμπύλων είναι το μήκος ορατότητας που μας παρέχουν οι προβολείς ενός οχήματος. Το ύψος των προβολέων είναι συνήθως 0,6m και η γωνία προβολής προς τα επάνω, ως προς τον επιμήκη άξονα του οχήματος, θεωρείται ότι είναι 1 μοίρα. Η περιοχή που φωτίζεται από τους προβολείς προς τα επάνω συνήθως δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς.

Με βάση τους παρακάτω τύπους υπολογίζουμε το απαιτούμενο ελάχιστο μήκος των κοίλων καμπύλων με βάση το μήκος ορατότητας των προβολέων (Σχήμα 2.16) : (συμπεριλαμβάνεται και η διασπορά του φωτός προς τα επάνω κατά 1 μοίρα)

Για τιμές του μήκους φωτισμού των προβολέων μικρότερες του μήκους της κοίλης καμπύλης δηλαδή για $S < L$ έχουμε :

$$L = \frac{\Delta s \cdot S^2}{200 \cdot 0,6 + S \cdot \varepsilon \varphi 1} = \frac{\Delta s \cdot S^2}{120 + 3,5 \cdot S}$$

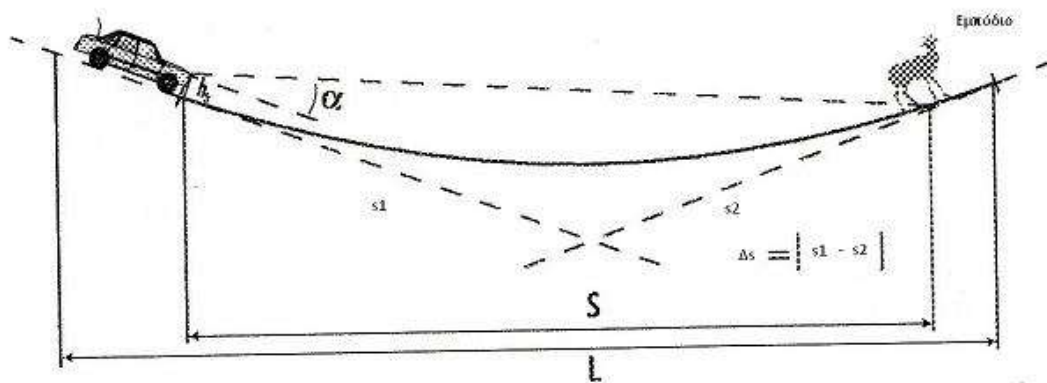
Για τιμές του μήκους φωτισμού των προβολέων μεγαλύτερες του μήκους της κοίλης καμπύλης δηλαδή για $S > L$ έχουμε :

$$L = 2 \cdot S - \frac{200 \cdot \left[0,6 + S \varepsilon \varphi 1 \right]}{\Delta s} = 2 \cdot S - \left(\frac{120 + 3,5 \cdot S}{\Delta s} \right)$$

L (m) = μήκος κοίλης καμπύλης

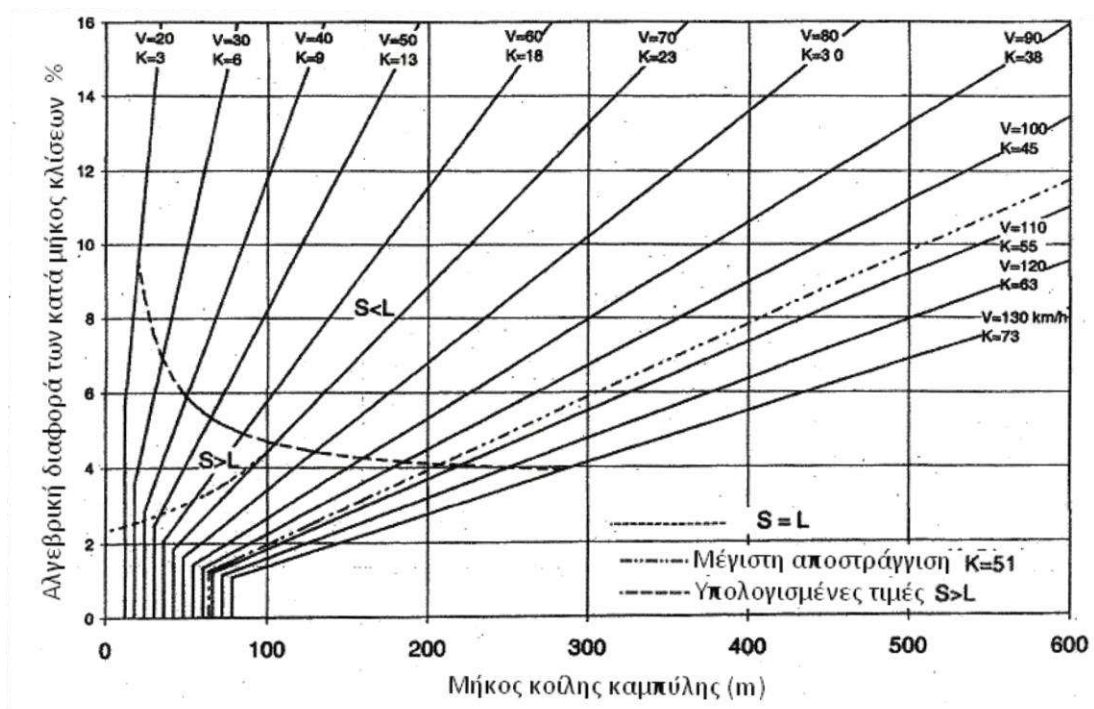
S (m) = μήκους φωτισμού των προβολέων

Δs (%) = αλγεβρική διαφορά των κατά μήκος κλίσεων ($\Delta s = |s_1 - s_2|$)



Σχήμα 2.16 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας σε κοίλη καμπύλη [1]

Για λόγους ασφαλείας στους αυτοκινητοδρόμους οι κοίλες καμπύλες θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλες ώστε το μήκος φωτισμού των προβολέων να σχεδόν ίσο με το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση. Γι' αυτό το λόγο είναι προτιμότερο στην παραπάνω σχέση αντί του μήκους φωτισμού των προβολέων να χρησιμοποιούμε το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση.



Σχήμα 2.17 : Μήκος κοίλης καμπύλης για τιμές ορατότητας

Οι ελάχιστες τιμές μήκους κυρτής καμπύλης που είχαν υπολογιστεί φαίνεται να ικανοποιούν και τις απαιτήσεις των κοίλων καμπυλών. Οι ελάχιστες τιμές μήκους κοίλης καμπύλης ισούνται με 0,6 φορές την ταχύτητα μελέτης (Σχήμα 2.17).

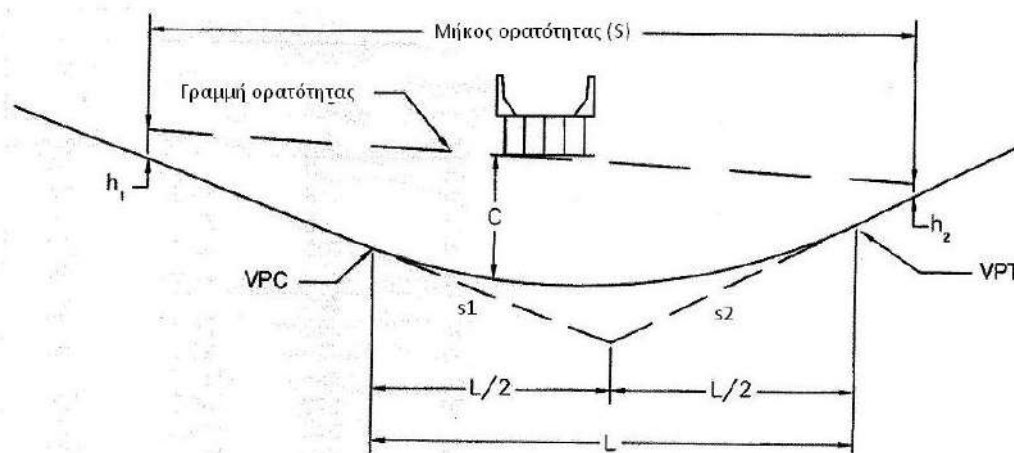
Η χρήση κοίλης καμπύλης με μήκος μικρότερο από το απαιτούμενο μπορεί να δικαιολογηθεί μόνο για οικονομικούς λόγους σε περιπτώσεις ύπαρξης μεγάλου και δύσκολα αφαιρούμενου εμποδίου. Επίσης ακόμη μια περίπτωση που είναι αποδεκτή είναι σε ράμπες αλλά προτείνεται η τοποθέτηση φωτισμού στην οδό.

Ταχύτητα Μελέτης (km/h)	Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση (m)	Τιμές του συντελεστή K ($K=L/\Delta s$)	
		Υπολογισμού	Σχεδιασμού
20	20	2,1	3
30	35	5,1	6
40	50	8,5	9
50	65	12,2	13
60	85	17,3	18
70	105	22,6	23
80	130	29,4	30
90	160	37,6	38
100	185	44,6	45
110	220	54,4	55
120	250	62,8	63
130	285	72,7	73

Πίνακας 2.9 : Τιμές του συντελεστή K με βάση το S_h [1]

Μήκος ορατότητας κοίλης καμπύλης σε περίπτωση ανισόπεδης διασταύρωσης

Το ελάχιστο μήκος ορατότητας κατά μήκος μίας οδού πρέπει σε κάθε σημείο της να είναι ίσο με το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση. Όταν έχουμε μία κοίλη καμπύλη σε ανισόπεδο κόμβο τότε υπάρχει η περίπτωση η κατασκευή (π.χ. γέφυρα) να περιορίζει την ορατότητα του οδηγού (Σχήμα 2.18).



Σχήμα 2.18 : Απαιτούμενο μήκος ορατότητας σε περίπτωση ανισόπεδης διασταύρωσης [1]

Ο έλεγχος για το εάν η κατασκευή περιορίζει την ορατότητα γίνεται με τον εξής τύπο :

Για τιμές του μήκους ορατότητας μικρότερες του μήκους της κοίλης καμπύλης δηλαδή για $S < L$ έχουμε :

$$L = 2 \cdot S - \frac{800 \cdot \left(C - \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \right)}{\Delta s}$$

Για τιμές του μήκους ορατότητας μεγαλύτερες του μήκους της κοίλης καμπύλης δηλαδή για $S > L$ έχουμε :

$$L = \frac{\Delta s \cdot S^2}{800 \cdot \left(C - \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \right)}$$

όπου :

L (m)	= μήκος κοίλης καμπύλης
S (m)	= μήκους ορατότητας
Δs (%)	= αλγεβρική διαφορά των κατά μήκος κλίσεων ($\Delta s = s_1 - s_2 $)
h_1 (m)	= ύψος οφθαλμών του οδηγού από την επιφάνεια του οδοστρώματος
h_2 (m)	= ύψος εμποδίου από την επιφάνεια του οδοστρώματος
C (m)	= κατακόρυφο ελεύθερο ύψος διέλευσης

Με χρήση ως ύψος οφθαλμών την τιμή 2,4m για ένα οδηγό φορτηγού και ως ύψος εμποδίου την τιμή 0,6m οι εξισώσεις μετατρέπονται ως εξής :

Για τιμές του μήκους ορατότητας μικρότερες του μήκους της κυρτής καμπύλης δηλαδή για $S < L$ έχουμε :

$$L = 2 \cdot S - \left(\frac{800 \cdot C - 1.5}{\Delta s} \right)$$

Για τιμές του μήκους ορατότητας μεγαλύτερες του μήκους της κυρτής καμπύλης δηλαδή για $S > L$ έχουμε :

$$L = \frac{\Delta s \cdot S^2}{800 \cdot C - 1.5}$$

2.4.5 Διαγράμματα μηκών ορατότητας για στάση και για προσπέραση

Με το διάγραμμα μηκών ορατότητας συγκρίνονται τα υπάρχοντα μήκη ορατότητας, στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή, με τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας σε κάθε θέση της οδού. Τα διαγράμματα μηκών ορατότητας συντάσσονται χωριστά για κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το στάδιο της προμελέτης της οδού, εκεί όπου υπάρχει η δυνατότητα διόρθωση ή και βελτίωσης των γεωμετρικών στοιχείων της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής της οδού.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας το διάγραμμα των μηκών ορατότητας συντάσσεται για την ορατότητα στις 3-διαστάσεις, σε μηκοτομή και οριζοντιογραφία.

2.5 Επιρροή της χάραξης στο χώρο στην ορατότητα της οδού

Το περίγραμμα της οδήγησης που αντιλαμβάνεται ο οδηγός αποτελείται από το διάδρομο κυκλοφορίας, τα πρανή και τον περιβάλλοντα χώρο που δεν ανήκει στην κατασκευή της οδού (φυσικό ή οικιστικό περιβάλλον). Η γεωμετρία του διαδρόμου κυκλοφορίας προσδιορίζεται με χωριστό σχεδιασμό σε οριζοντιογραφία, μηκοτομή και διατομή. Λόγω αυτής της ξεχωριστής επεξεργασίας το τρισδιάστατο αποτέλεσμα δεν μπορεί να υπολογιστεί πάντα με ευκολία. Ως εκ τούτου, για την εκτίμηση των χωρικών επενεργειών, ορίζονται στοιχεία χώρου, τα οποία προκύπτουν από το συνδυασμό ενός στοιχείου της οριζοντιογραφίας και ενός της μηκοτομής.

Κατά κανόνα στους αυτοκινητοδρόμους τα οπτικά προβλήματα οφείλονται σε εσφαλμένο συσχετισμό οριζοντιογραφίας και μηκοτομής και μπορούν να βελτιωθούν αν για τα ακόλουθα στοιχεία επιλεγούν τιμές μεγαλύτερες από τις ελάχιστες :

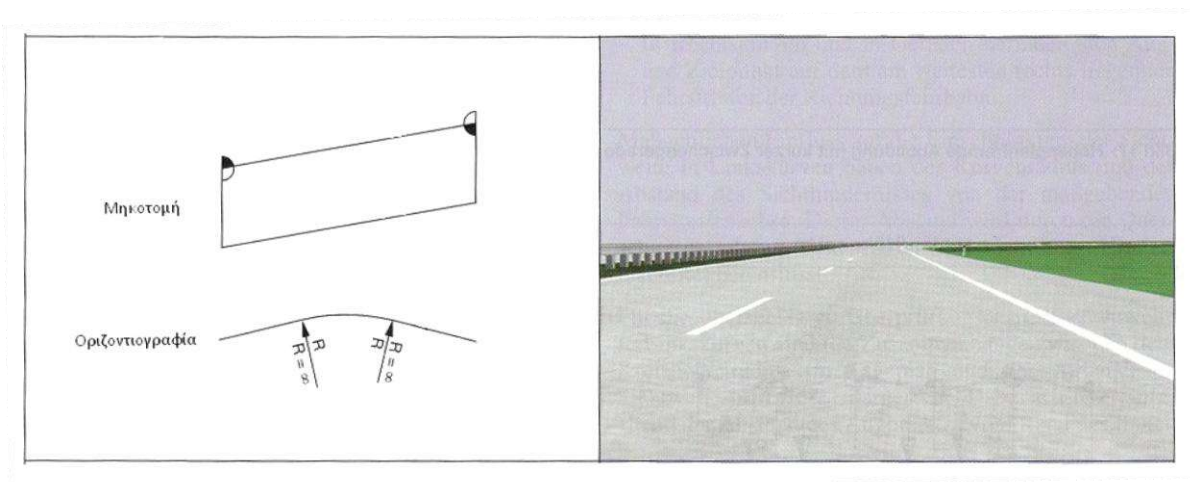
- Ακτίνα κυκλικού τόξου
- Μήκος κυκλικών τόξων
- Ακτίνα κυρτωμάτων και κοιλωμάτων
- Εφαπτόμενες των συναρμογών κοιλωμάτων και κυρτωμάτων

Υποδείξεις για αποφυγή προβλημάτων ορατότητας

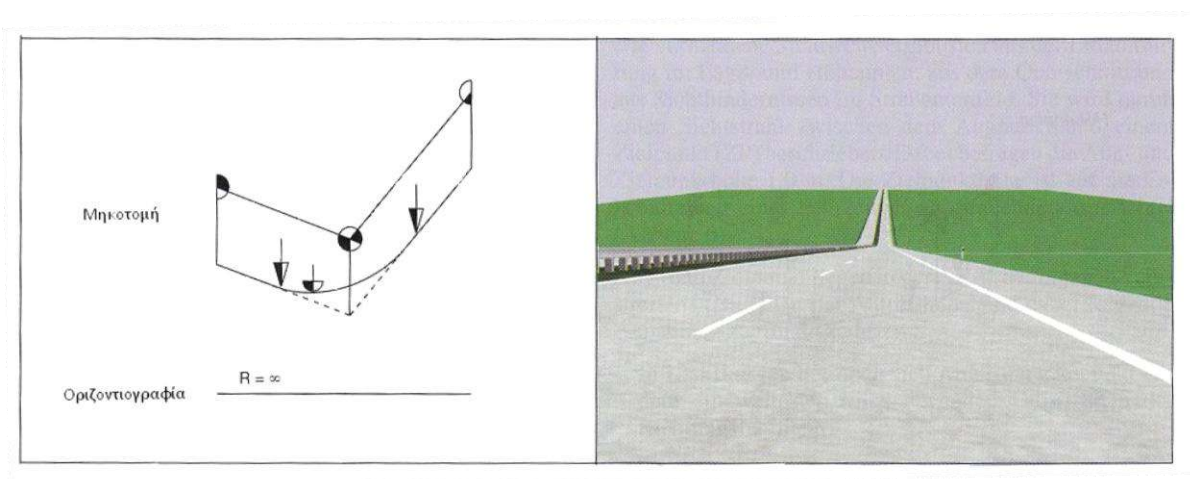
α) Γερμανικοί κανονισμοί

- Αποφυγή στροφών με ιδιαίτερα μικρού μήκους κυκλικά τόξα και μικρές γωνίες αλλαγής διεύθυνσης διότι ο οδηγός τις αντιλαμβάνεται ως απότομη αλλαγή γωνίας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται “οπτική θλάση” (Σχήμα 2.19)
- Στη μηκοτομή πρέπει να αποφεύγονται μικρού μήκους κοιλώματα μεταξύ ευθειών με σταθερή κατά μήκος κλίση επειδή μπορεί να προκαλέσουν την οπτική εντύπωση απότομης αλλαγής της κλίσης, οπτική θλάση. (Σχήμα 2.20-2.21)

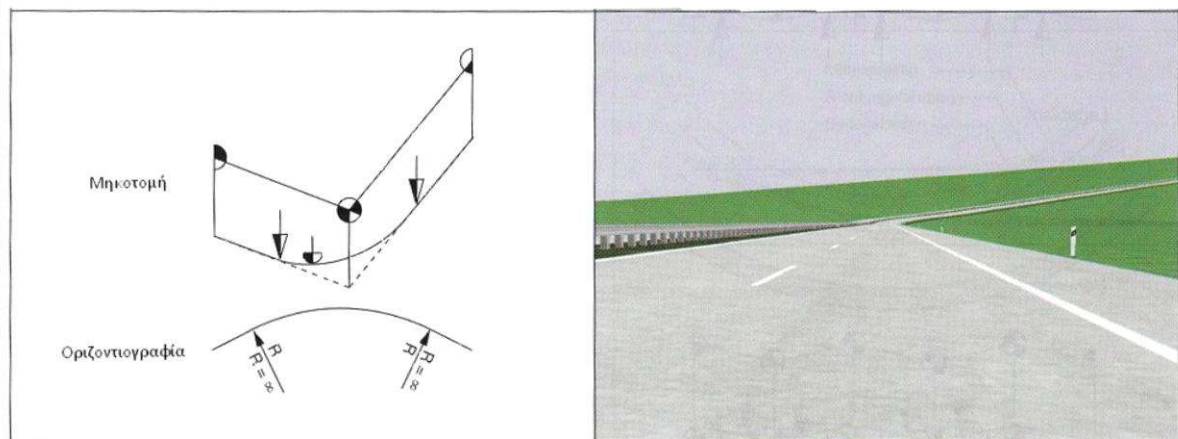
- Επίσης πρέπει να αποφεύγονται μικρού μήκους ευθυγραμμίες ανάμεσα σε δύο διαδοχικά κοιλώματα, κυρίως σε περιοχές με μεγάλες κατά μήκος κλίσεις, επειδή μπορεί να δημιουργηθεί η εντύπωση μείωσης του πλάτους της οδού ή η ψευδαίσθηση κοιλώματος. (Σχήμα 2.22)
- Τα μήκη των εφαπτόμενων στη μηκοτομή θα πρέπει να αντιστοιχούν στα μήκη των στοιχείων της οριζοντιογραφίας για να αποφεύγεται σε κοιλώματα και κυρτώματα η εντύπωση χάραξης με απότομη αλλαγή επιπέδου, σε περίπτωση που έχουμε μικρές διαφορές στις κατά μήκος κλίσεις.



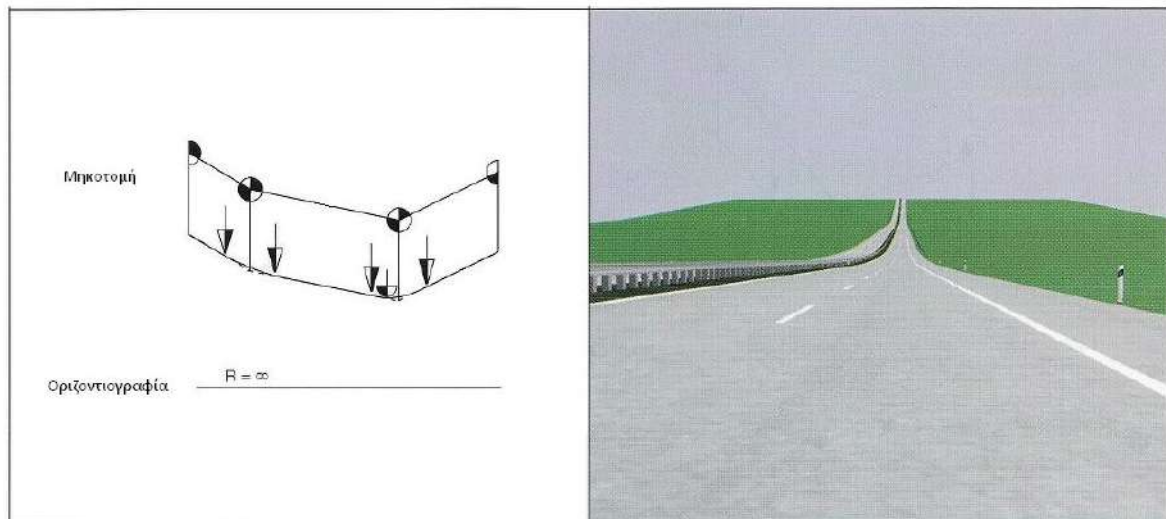
Σχήμα 2.19 : Οπτικά απότομη αλλαγή της κλίσης λόγω οριζοντιογραφικής καμπύλης [2]



Σχήμα 2.20 : Οπτικά απότομη αλλαγή της κλίσης λόγω καμπύλης στη μηκοτομή [2]



Σχήμα 2.21 : Οπτικά απότομη αλλαγή της κλίσης λόγω καμπύλης στη μηκοτομή [2]

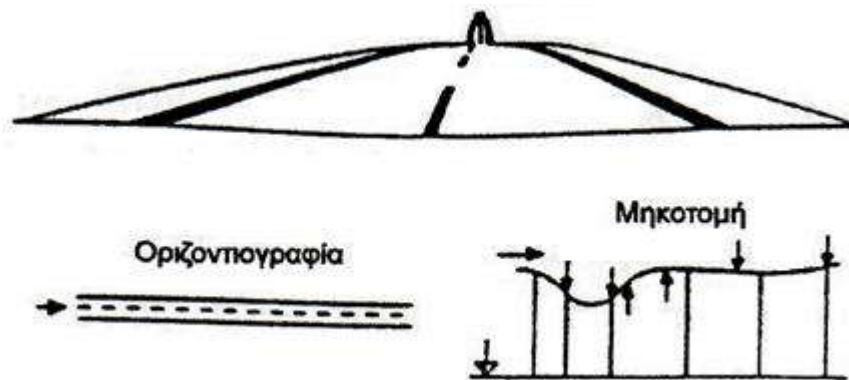


Σχήμα 2.22 : Ακατάλληλη μηκοτομή με μικρού μήκους ενδιάμεσα ευθύγραμμα τμήματα [2]

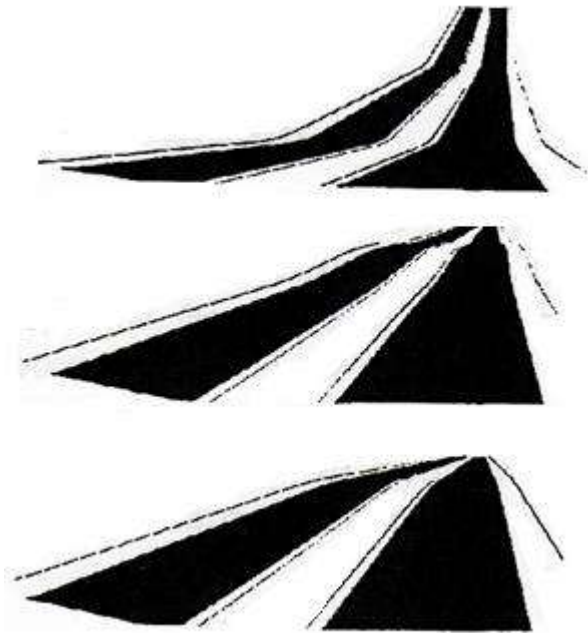
β) Αμερικανικοί κανονισμοί

- Πρέπει να αποφεύγεται το φαινόμενο του βυθίσματος της οδού (αναφέρεται και ως φαινόμενο "λούνα παρκ"), δηλαδή να μην χάνονται από το οπτικό πεδίο του οδηγού τμήματα της οδού. Αυτό συμβαίνει συνήθως όταν η χάραξη ακολουθεί έντονη προσαρμογή στο έδαφος και έχουμε ευθυγραμμίες στην οριζοντιογραφία. Η ύπαρξη βυθίσματος μπορεί να παραπλανήσει ένα οδηγό ειδικά όταν το της τμήμα της οδού που βρίσκεται μπροστά του είναι ελεύθερο από οχήματα. Επίσης λόγω της περιορισμένης ορατότητας δεν μπορεί να αντιληφθεί αν υπάρχουν οχήματα στην αντίθετα κινούμενη κατεύθυνση (Σχήμα 2.23)

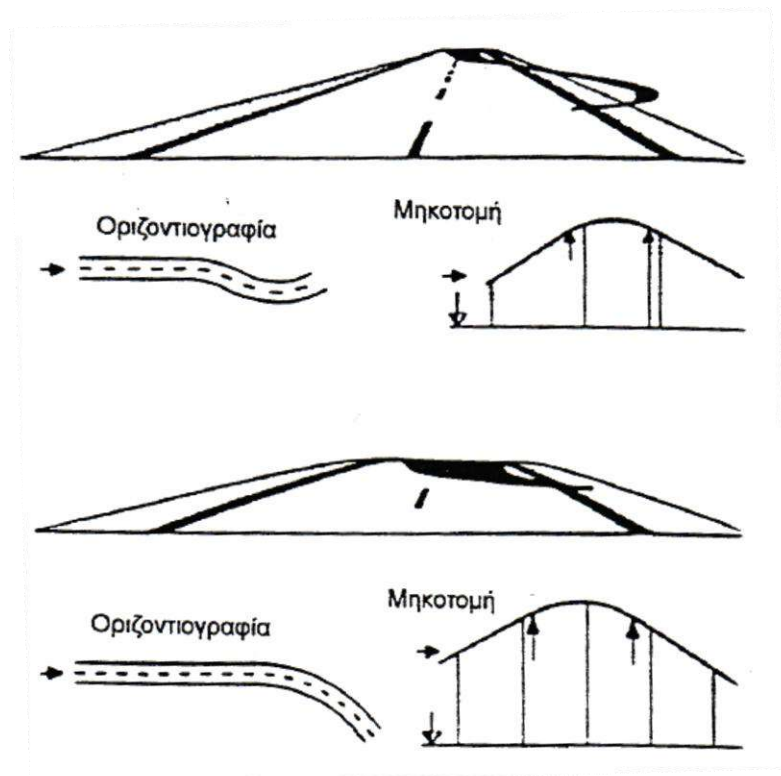
- Η ύπαρξη ενός ευθύγραμμου τμήματος μεταξύ δύο διαδοχικών κυρτωμάτων μπορεί να δημιουργήσει την εντύπωση κοιλώματος. Αντίστοιχα η ύπαρξη ενός ευθύγραμμου τμήματος μεταξύ δύο διαδοχικών κοιλωμάτων μπορεί να δημιουργήσει την εντύπωση κυρτώματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται “τεθλασμένο κατάστρωμα οδού” και πρέπει να αποφεύγεται. (Σχήμα 2.24)
- Η κλειστή οριζοντιογραφική καμπύλη δεν πρέπει να ξεκινά προ ή επί μίας κυρτής καμπύλης, επειδή ο οδηγός δεν μπορεί να αντιληφθεί την αλλαγή στην οριζοντιογραφία, ειδικά κατά την διάρκεια της νύχτας. Ως λύση προτείνεται η οριζοντιογραφική καμπύλη να προηγείται της καμπύλης της μηκοτομής και να επιλέγεται ακτίνα στην οριζοντιογραφία επαρκώς μεγαλύτερη από την ελάχιστη. (Σχήμα 2.25)
- Επίσης κλειστή οριζοντιογραφική καμπύλη δεν πρέπει να ξεκινά προ ή επί μίας κοίλης καμπύλης καθώς προσλαμβάνει ανεπιθύμητη παραμορφωμένη εμφάνιση, (ο οδηγός την αντιλαμβάνεται ως οξεία γωνεία).



Σχήμα 2.23 : Βύθισμα στην ευθυγραμμία [4]



Σχήμα 2.24 : “Τεθλασμένο κατάστρωμα οδού” [4]



Σχήμα 2.25 : Αρχή οριζοντιογραφικής καμπύλης σε περιοχή κυρτώματος. Τόσο στην άνω όσο και στην κάτω χάραξη η οριζοντιογραφική καμπύλη δε γίνεται έγκαιρα αντιληπτή από τον οδηγό [4]

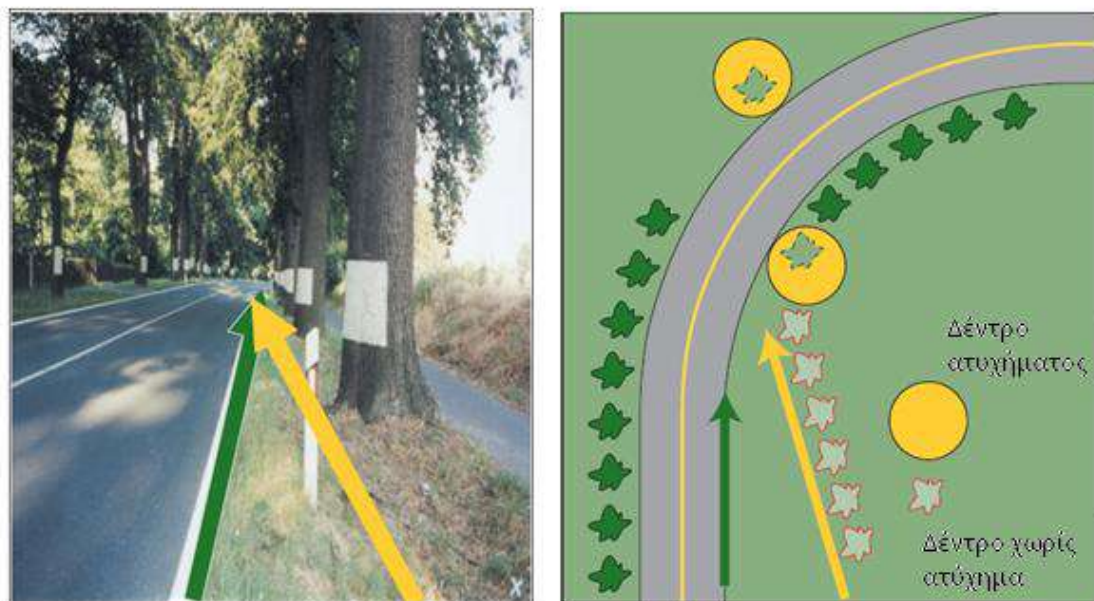
2.6 Παράμετροι που επηρεάζουν την αντίληψη της ορατότητας

2.6.1 Αντίληψη της ορατότητας με βάση τη διαμόρφωση της οδού και του περιβάλλοντα χώρου

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος μπορεί κάθε φορά να επεξεργαστεί μόνο ένα μικρό αριθμό πληροφοριών που λαμβάνει από μία οδό και με βάση τις πληροφορίες αυτές παίρνει αποφάσεις στον τρόπο που θα ενεργήσει. Επομένως το πώς αντιλαμβάνεται μία οδό ένας χρήστης εξαρτάται από τη διαμόρφωση της οδού και του περιβάλλοντα χώρου.

Γραμμές καθοδήγησης

Η διαμόρφωση των γραμμών καθοδήγησης μίας οδού αν δεν γίνει σωστά μπορεί να παραπλανήσει ένα οδηγό ως προς το μέγεθος ενός αντικειμένου, όπως για παράδειγμα του πλάτους της οδού. Επίσης μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένες εκτιμήσεις αποστάσεων. Στο Σχήμα 2.26 η γραμμή της δενδροστοιχίας έχει ως αποτέλεσμα ο οδηγός να αντιλαμβάνεται την απόσταση μέχρι της αρχής της οριζοντιογραφικής καμπύλης ως μεγαλύτερη από ότι είναι στην πραγματικότητα.

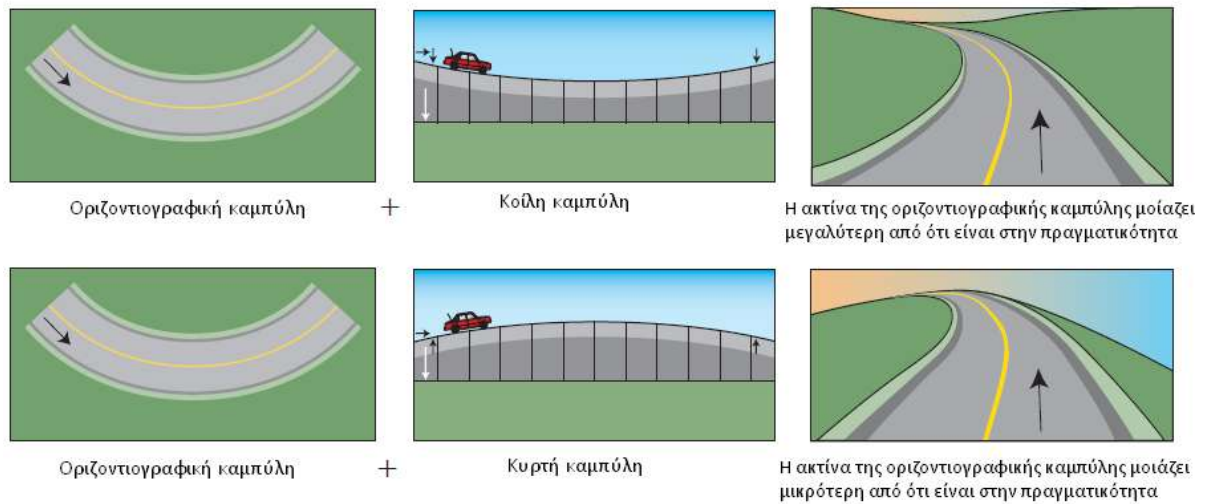


Πηγή : Birth

Σχήμα 2.26 : Γραμμή καθοδήγησης από δενδροστοιχία [5]

Συνδυασμός καμπύλης στην οριζοντιογραφία και στην μηκοτομή

Ο συνδυασμός οριζοντιογραφικής καμπύλης με κοίλη καμπύλη δίνει την εντύπωση ότι η οριζοντιογραφική καμπύλη έχει μεγαλύτερη ακτίνα απ' ότι στην πραγματικότητα. Αντίθετα ο συνδυασμός οριζοντιογραφικής καμπύλης με κυρτή καμπύλη δίνει την εντύπωση ότι η οριζοντιογραφική καμπύλη έχει μικρότερη ακτίνα απ' ότι στην πραγματικότητα (Σχήμα 2.27)



Σχήμα 2.27 : Συνδυασμός καμπύλης στην οριζοντιογραφία και στην μηκοτομή [5]

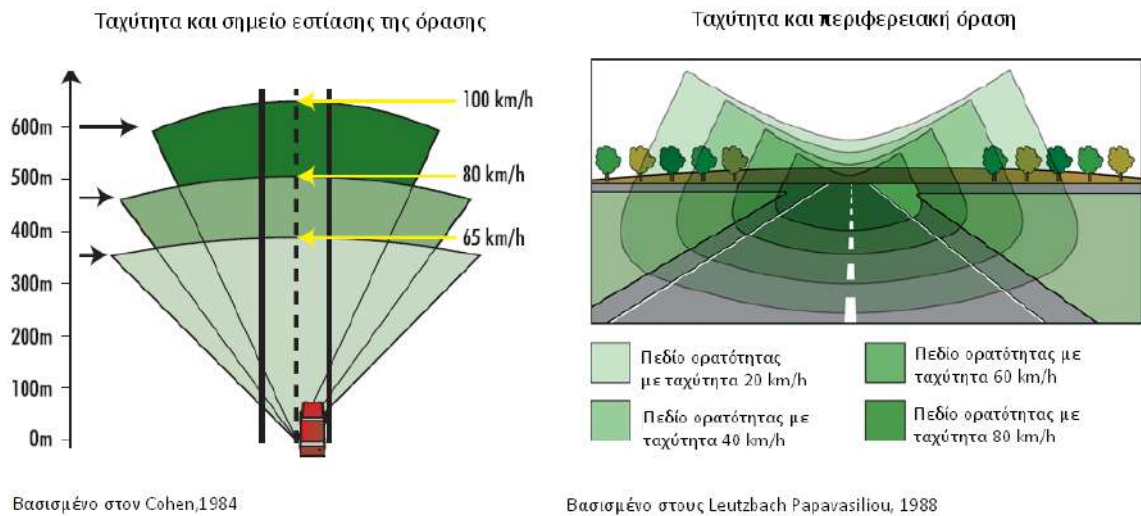
Αντίθεση χρωμάτων

Ακόμη ένα στοιχείο που είναι απαραίτητο για τη σωστή αντίληψη της ορατότητας είναι η ύπαρξη αντιθέσεως στα χρώματα του περιβάλλοντος χώρου της οδού. Μεγάλη αντίθεση χρωμάτων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου αντίδρασης.

2.6.2 Επιρροή σωματικών ερεθισμάτων στην αντίληψη της ορατότητας

Σημείο εστίασης όρασης – Περιφερειακή όραση

Το σημείο εστίασης της όρασης σχετίζεται με την ταχύτητα με την οποία κινείται ένα όχημα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ενός οχήματος τόσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του σημείου εστίασης της όρασης και τόσο μικρότερη η γωνία της περιφερειακής όρασης του οδηγού. Η γωνία όρασης παίρνει τιμές από 15 μέχρι 20 μοίρες ως προς τον οριζόντιο άξονα και 20 μέχρι 60 μοίρες ως προς τον κατακόρυφο (Σχήμα 2.28). Όταν η ταχύτητα μελέτης έχει μικρή τιμή τότε πρέπει να αποτρέπεται από το σχεδιασμό της οδού το μήκος του σημείου εστίασης της όρασης να είναι μεγάλο.



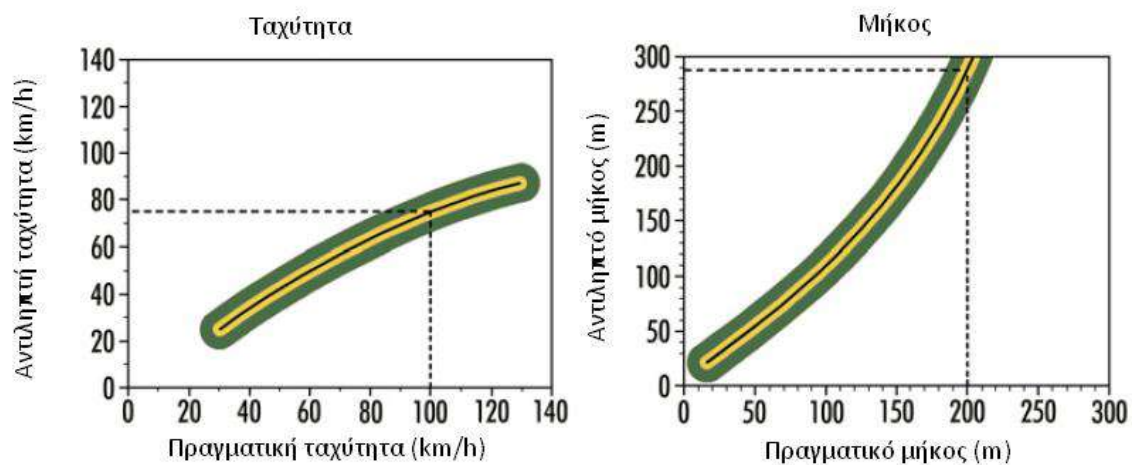
Σχήμα 2.28: Σχέση ταχύτητας- σημείου εστίασης όρασης- γωνία όρασης [5]

Ταχύτητα	Γωνία όρασης(μοίρες)	Σημείο εστίασης οδηγού(m)
65km/h	20	350
80km/h	18	470
65km/h	15	600

Πίνακας 2.10 : Σχέση ταχύτητας- σημείου εστίασης όρασης- γωνία όρασης

Εκτίμηση ταχύτητας και απόστασης

Ένας οδηγός είναι πολύ δύσκολο να εκτιμήσει την ταχύτητα με την οποία κινείται και την απόσταση του από τα εμπόδια της οδού. Η σχέση μεταξύ πραγματικού και αντιληπτού μήκους και πραγματικής και αντιληπτής ταχύτητας δίνεται στο Σχήμα 2.29.



Σχήμα 2.29: Σχέση πραγματικού και αντιληπτού μήκους και ταχύτητας [5]

Μήκος ορατότητας εστίασης

Το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση αποτελεί ένα από τους παράγοντες ασφαλούς σχεδίασης οδών σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς. Ο υπολογισμός του βασίζεται σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και στις δυνατότητες των οχημάτων. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των οχημάτων και ιδιαίτερα αυτή του ABS(σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών) προσφέρει τη δυνατότητα μείωσης της τιμής του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση. Επίσης σε αυτό συμβάλει και η αύξηση της τιμής της μέσης επιβράδυνσης των οχημάτων. Όμως η τάση για μείωση του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση αντιτίθεται στην απαίτηση των κανονισμών για έγκαιρη αναγνώριση και κατανόηση της οδού από το χρήστη. Οι πληροφορίες που λαμβάνει ένας χρήστης μίας οδού παίζουν σημαντικό ρόλο στην οδηγητική του συμπεριφορά διότι με βάση αυτές αποφασίζει τον τρόπο και την ταχύτητα με την οποία θα κινηθεί. Ο μόνος παράγοντας που λαμβάνει υπόψη την ανθρώπινη συμπεριφορά στον υπολογισμό του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση είναι ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού.

Αυτό που προτείνουν οι Lippold και Schulz είναι το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση να υπολογίζεται τόσο με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μίας οδού όσο και με την οδική συμπεριφορά που αναπτύσσει ένας οδηγός με βάση τα ερεθίσματα που λαμβάνει από τον περιβάλλοντα χώρο της οδού και την υπάρχουσα ορατότητα. Αυτό το μήκος ορατότητας το ονόμασαν **μήκος ορατότητας εστίασης**.

Η συλλογή πληροφοριών κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε μία οδό γίνεται κυρίως με την όραση, καθώς τα μάτια είναι τα μόνα αισθητήρια όργανα που μπορούν να εντοπίσουν ένα εμπόδιο. Οι υπόλοιπες αισθήσεις ενεργοποιούνται συνήθως σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Οπότε η ορατότητα ενός οδηγού αποτελείται από την συλλογή πληροφοριών από τους οφθαλμούς, έπειτα την ερμηνεία των εικόνων αυτών και την πρόβλεψη της κατάστασης της οδού στο επερχόμενο τμήμα. Η στερεοσκοπική ορατότητα ενός οδηγού έχει μέγιστο μήκος 15m ενώ η αντίληψη του βάθους μειώνεται σημαντικά για αποστάσεις μεγαλύτερες από 100m. Ένα κινούμενο εμπόδιο είναι ορατό από μια απόσταση 600-800m ενώ ένα σταθερό εμπόδιο από μικρότερη απόσταση.

Οι εικόνες που βλέπει ένας οδηγός προέρχονται από ματιές, λόγω των αντανάκλαστικών του ανθρώπινου σώματος σε ερεθίσματα, και από διεξοδική έρευνα του περιβάλλοντα χώρου, λόγω των πληροφοριών που επιθυμεί να συλλέξει. Σύμφωνα με τον Schweigert μία απλή ματιά διαρκεί από 300 μέχρι 400ms και για ξαναεστιάσουν οι οφθαλμοί σε ένα άλλο σημείο χρειάζεται περίπου 10 με 80ms. Για να εστιάσουν οι οφθαλμοί σε ένα όχημα της αντίθετα κινούμενης κυκλοφορίας χρειάζονται 580ms ενώ σε ένα όχημα της ίδιας κατεύθυνσης που προπορεύεται 730ms. Η ελάχιστη τιμή μίας ματιάς είναι 100ms ενώ μόνο το 5% ξεπερνάει τα 2000ms. Η εικόνα που έχει δει ένας οδηγός χρειάζεται 30 με 120ms για να ερμηνευτεί.

Οι έμπειροι οδηγοί εστιάζουν την προσοχή τους στο βάθος του ορίζοντα (Wierda/Aasman). Οι οδηγοί πριν εισέλθουν σε μία καμπύλη εστιάζουν την προσοχή τους για 1 έως 3s σε αυτή ώστε να κατανοήσουν το σχήμα της, κυρίως προς το σημείο της εφαπτομένης της. Όσο πιο έμπειρος είναι ένας οδηγός τόσο λιγότερο και πιο εύστοχα κοιτάζει προς το σημείο της εφαπτομένης της καμπύλης. Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει επαρκής ορατότητα οι οδηγοί εστιάζουν σε διαφορετικά σημεία και γι' αυτό παρατηρείται το φαινόμενο της διαφορετικής αντίληψης της ακτίνας της καμπύλης.

Με βάση τα παραπάνω οι Lippold και Schulz εκτέλεσαν μία έρευνα τα αποτελέσματα της οποίας αν και σε πρώιμο στάδιο είναι τα εξής :

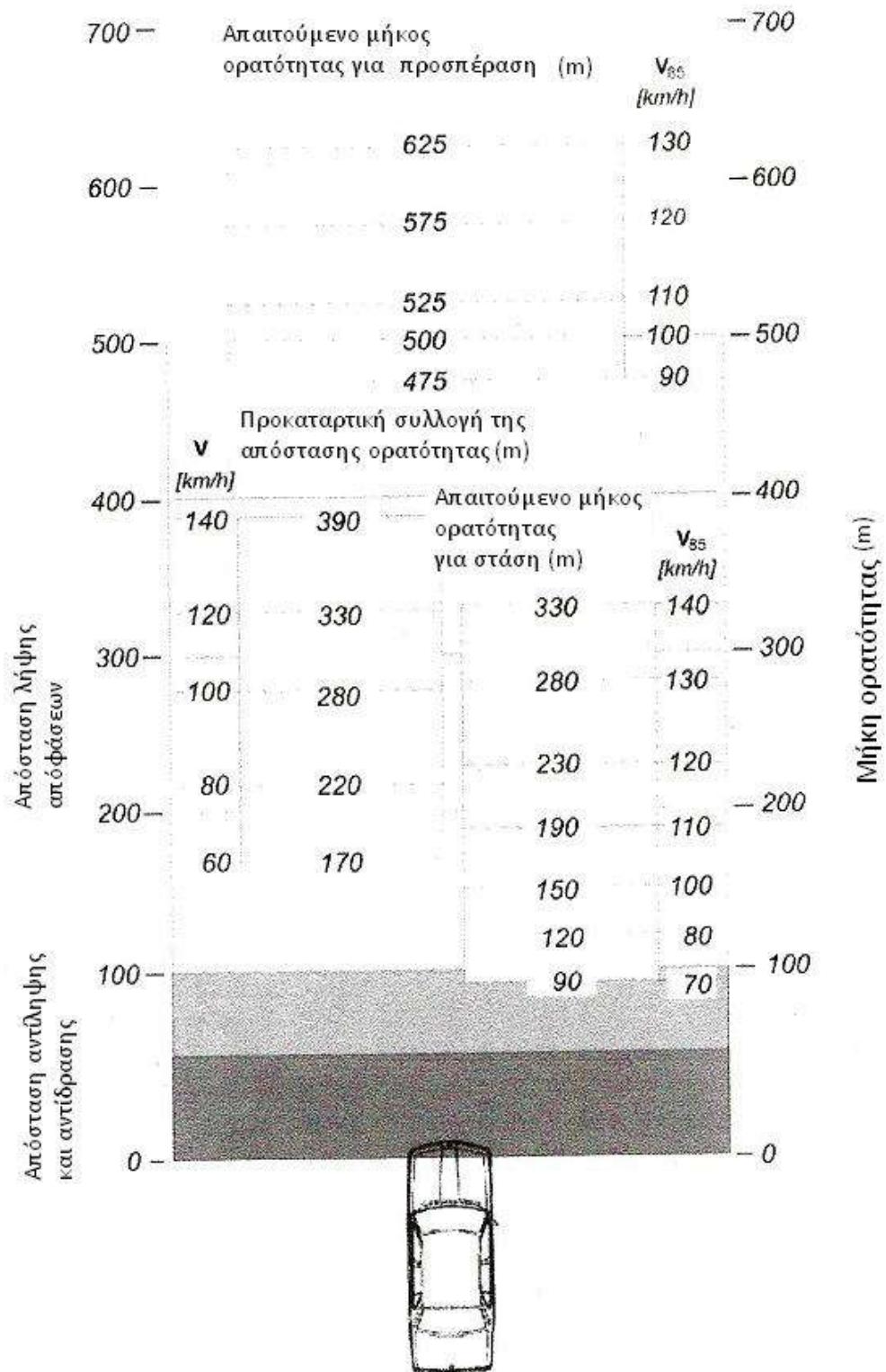
- Σε ευθυγραμμίες το σημείο εστίασης των οφθαλμών βρίσκεται στο κέντρο της λωρίδας του οδηγού και σε απόσταση 20 με 200m μπροστά ανάλογα με την ταχύτητα που κινείται ένα όχημα. Μόνο όταν η ορατότητα είναι περιορισμένη εστιάζει στο βάθος του ορίζοντα ένας οδηγός
- Ένας οδηγός εστιάζει την προσοχή του σε ένα όχημα που κινείται στην αντίθετη κατεύθυνση μόλις το πρωτοβλέπει και έπειτα το κοιτάζει στιγμιαία μέχρι να βρεθεί 25m μακριά του, για να αποφύγει πιθανή σύγκρουση
- Στις καμπύλες ο οδηγός εστιάζει την προσοχή του στην αριστερή λωρίδα διαγράμμισης της λωρίδας κυκλοφορίας του και σπανίως παρατηρεί τα οχήματα που κινούνται στην αντίθετη κατεύθυνση. Επίσης εστιάζει στο σημείο με την μεγαλύτερη ακτίνα της καμπύλης πριν εισέλθει σ' αυτή και μέχρι να εξέλθει

2.6.3 Ψυχολογική απόσταση ορατότητας

Ο Hiersche είχε εισάγει τον όρο **ψυχολογική απόσταση ορατότητας** και αναφέρεται στην κατανόηση του βάθους της οδού που ένας χρήστης αντιλαμβάνεται.

Ο Lorenz είχε εισάγει τον όρο **προκαταρτική συλλογή της απόστασης ορατότητας**, δηλαδή ο οδηγός να έχει αρκετό χρόνο ώστε να μπορεί να εντοπίσει μια κυκλοφοριακή συμφόρηση και να αντιδράσει επιτυχώς χωρίς επικίνδυνους ελιγμούς. Η απόσταση αυτή ισούται με εκείνη που θα διανύσει ένας οδηγός τα επόμενα 10sec.

Για πρακτικούς λόγους οι ψυχοσωματικοί παράγοντες που επηρεάζουν το μήκος ορατότητας αντικαθιστούνται από ποσότητες που επηρεάζουν την ταχύτητα μελέτης. (Σχημα 2.30)



Σχήμα 2.30 : Σχέση περιβάλλοντος χώρου- Αποστάσεων Ορατότητας (Weise/Durth) [9]

2.7 Εναλλακτικό μοντέλο υπολογισμού του μήκους ορατότητας σε 3-διαστάσεις

Για την μέτρηση του μήκους ορατότητας έχουν αναπτυχθεί μοντέλα που εφαρμόζονται στις 2-διαστάσεις, δηλαδή εξετάζουν ξεχωριστά την οριζόντια και την κατακόρυφη χάραξη(καμπύλες οριζοντιογραφίας, καμπύλες μηκοτομής). Αυτός ο τρόπος υπολογισμού έχει ως αποτέλεσμα μερικές φορές να αποδίδονται μικρότερες ή μεγαλύτερες τιμές στο μήκος ορατότητας από την πραγματική του. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι δεν λαμβάνεται υπόψη πως επηρεάζουν σε συνδυασμό η κατακόρυφη και η οριζόντια χάραξη το μήκος ορατότητας.

Για να αποφευχθούν τέτοια σφάλματα αναπτύχθηκε το παρακάτω μοντέλο χάραξης οδών και εξέτασης του απαραίτητου μήκους ορατότητας σε 3-διαστάσεις από τους Hassan, Easa και Halim. Σε αυτό το μοντέλο τα στοιχεία της οδού(όπως οριζοντιογραφικές καμπύλες, καμπύλες μηκοτομής, ορύγματα, επιχώματα, οδόστρωμα, γέφυρες, εμπόδια κ.α.) αποδίδονται από τρίγωνα ή από τετράπλευρα (4,6 ή 8 σημείων). Έτσι το υπάρχον μήκος ορατότητας υπολογίζεται ως η τομή της γραμμής ορατότητας, δηλαδή της ευθείας που ξεκινά από τους οφθαλμούς του οδηγού και καταλήγει σε ένα εμπόδιο, με τα στοιχεία της οδού(δηλαδή με τα τρίγωνα ή τα τετράπλευρα που την αναπαριστούν). Η μέθοδος της απόδοσης των στοιχείων της οδού με τρίγωνα χρησιμοποιήθηκε αρχικά, καθώς ήταν πιο εύκολη η ανάλυση της, όμως παρατηρήθηκε ότι για να υπάρξει ικανοποιητική ακρίβεια πρέπει να σχεδιαστούν πάρα πολλά τρίγωνα με αποτέλεσμα η μέθοδος αυτή να είναι χρονοβόρα. Έτσι εξετάστηκε το ενδεχόμενο απόδοσης της οδού όχι με επίπεδα στοιχεία όπως είναι τα τρίγωνα αλλά με επιφάνειες καμπύλες που μπορούν να δημιουργηθούν από ορθογώνια 4,6 ή 8 σημείων, έτσι ώστε να μειωθούν τα στοιχεία αναπαράστασης της οδού και να βελτιωθεί η ακρίβεια των υπολογισμών.

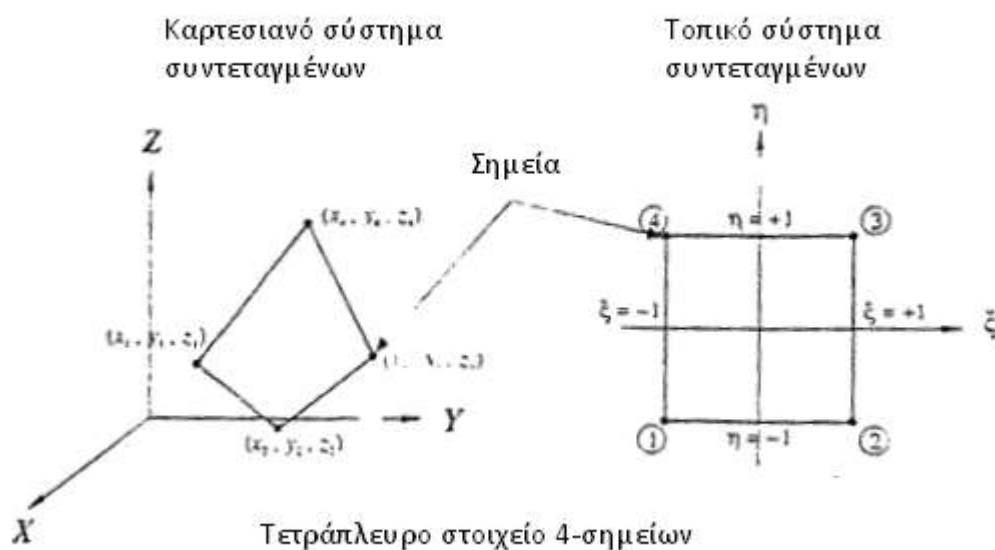
Η μέθοδος αναλύεται ως εξής :

Αρχικά αναπαριστούμε την επιφάνεια της οδού και τα εμπόδια που υπάρχουν σε αυτή με τετράπλευρα 4,6 ή 8 σημείων που ονομάζουμε **στοιχεία της οδού**. Έπειτα εξετάζεται η γραμμή ορατότητας σε σχέση με όλα τα πιθανά εμπόδια που υπάρχουν σε μία οδό. Αν η γραμμή αυτή διακόπτεται από ένα στοιχείο της οδού εξετάζεται εάν η ορατότητα είναι μικρότερη από το απαιτούμενο μήκος ορατότητας.

Γενικά υπάρχουν δύο τρόποι για να αναπαραστήσουμε τα στοιχεία μιας οδού : ή με πολλά μικρά στοιχεία ή με λίγα μεγαλύτερα. Παρόλο που στην δεύτερη περίπτωση η μαθηματική έκφραση των στοιχείων είναι πιο περίπλοκη έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια και λιγότερο χρόνο επεξεργασίας των δεδομένων.

Στοιχεία 4-σημείων

Τα στοιχεία τεσσάρων σημείων είναι τετράπλευρα που έχουν ένα σημείο σε κάθε γωνία τους, άρα οι πλευρές τους είναι ευθύγραμμα (Σχήμα 2.31). Χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν επίπεδες επιφάνειες, δηλαδή μπορούν να αναπαραστήσουν τα ευθύγραμμα τμήματα μιας οδού. Επειδή όμως βρίσκονται στις 3-διαστάσεις μπορούν να σχηματίσουν και καμπύλες επιφάνειες και να χρησιμοποιηθούν στον σχεδιασμό των αλλαγών κλίσεων πριν από οριζοντιογραφικές καμπύλες. Ένα ευθύγραμμο τμήμα μίας οδού μπορεί να αναπαρασταθεί μόνο από ένα στοιχείο γεγονός θετικό σχετικά με την ταχύτητα επεξεργασίας των δεδομένων καθώς και την ακρίβεια στις μετρήσεις.



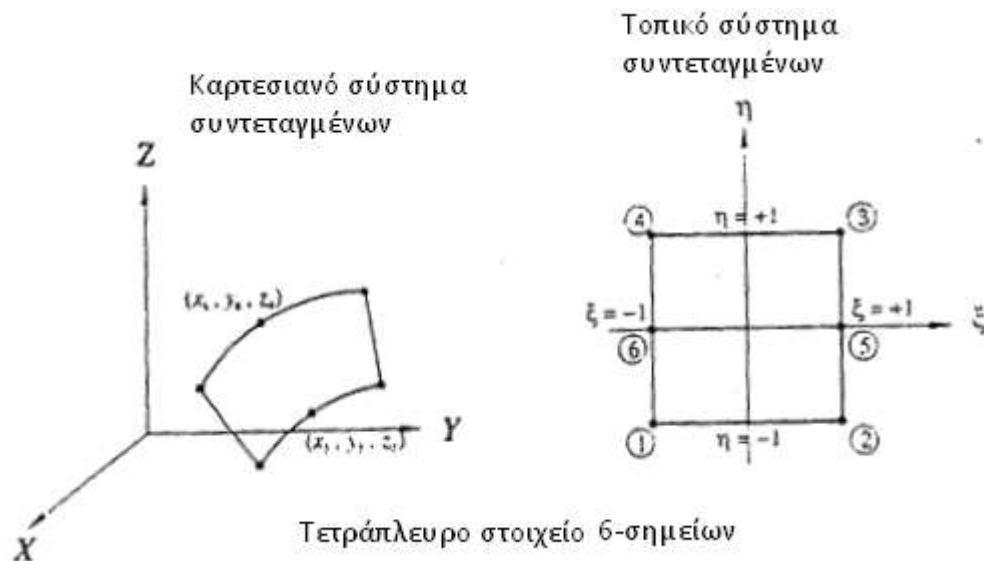
Σχήμα 2.31 : Τετράπλευρο στοιχείο 4-σημείων [6]

Στοιχεία 6-σημείων

Το στοιχείο έξι σημείων είναι τετράπλευρα που έχουν ένα σημείο σε κάθε γωνία τους και ένα επιπλέον σημείο σε κάθε μέσο δύο παράλληλων πλευρών, δηλαδή δύο πλευρές σχηματίζονται από 3 σημεία παράλληλα μεταξύ τους και οι άλλες δύο από 2 σημεία (Σχήμα 2.32). Οι πλευρές των 2 σημείων είναι ευθείες όπως και στην προηγούμενη περίπτωση αλλά οι πλευρές των 3 σημείων είναι καμπύλες-παραβολές (τα σημεία ανήκουν σε πολυώνυμο 2^{ου} βαθμού). Αυτά τα στοιχεία χρησιμοποιούνται στη χάραξη οδών για τον σχεδιασμό οριζόντιων και κατακόρυφων καμπύλων ή διατομών χωρίς καμπύλα τμήματα. Για τον σχεδιασμό μίας κατακόρυφης καμπύλης χρειάζεται μόνο ένα στοιχείο, γεγονός θετικό σχετικά με την ταχύτητα επεξεργασίας των δεδομένων καθώς και την ακρίβεια στις μετρήσεις. Από την άλλη πλευρά για τον σχεδιασμό μιας οριζοντιογραφικής καμπύλης χρειάζονται περισσότερα στοιχεία καθώς η καμπύλη οριζοντιογραφίας είναι συνήθως

κυκλική ή κλωθοειδής ενώ τα στοιχεία αντιπροσωπεύουν παραβολές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ακρίβεια να είναι μικρότερη. Γενικά όσο μεγαλύτερη είναι η καμπύλη τόσο

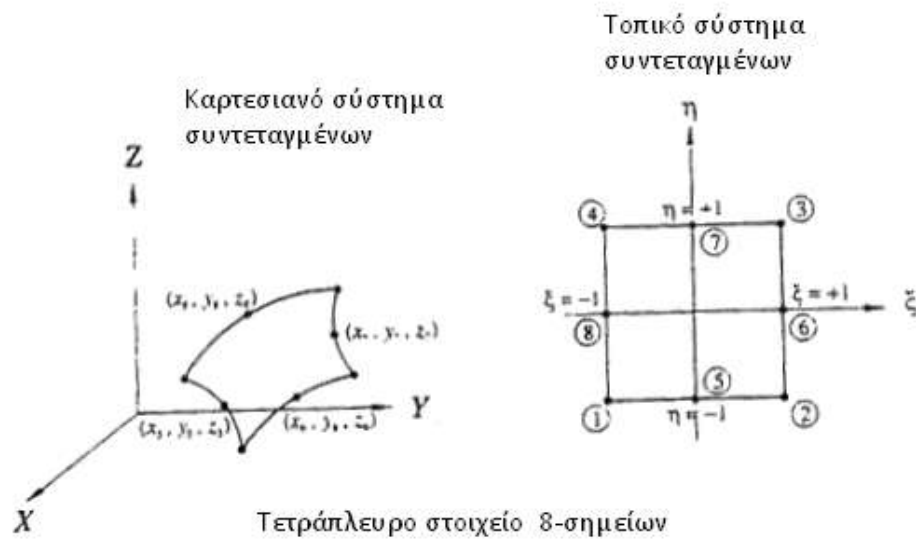
μικραίνει η ακρίβεια στον σχεδιασμό της. Για να αυξηθεί η ακρίβεια πρέπει να αυξήσουμε και τον αριθμό των στοιχείων που θα την αναπαριστούν. Ακόμη όμως και στην περίπτωση της οριζοντιογραφικής καμπύλης χρειάζονται λιγότερα στοιχεία 6-σημείων για να την σχεδιάσουμε από ότι επίπεδα στοιχεία τριών ή τεσσάρων σημείων.



Σχήμα 2.32 : Τετράπλευρο στοιχείο 6-σημείων [6]

Στοιχεία 8-σημείων

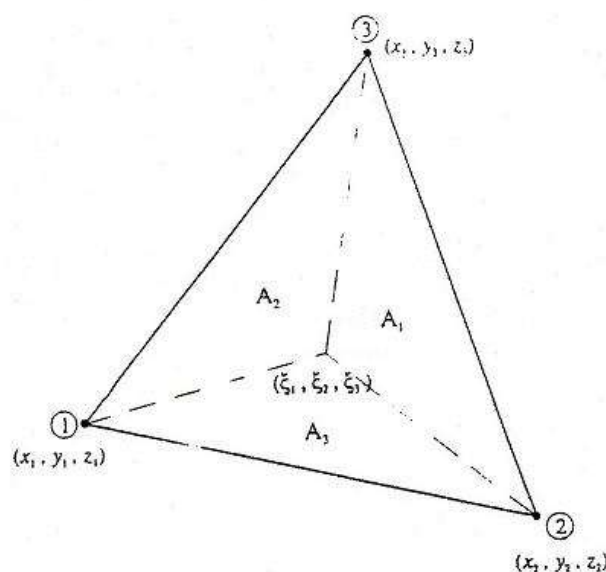
Τα στοιχεία οχτώ σημείων είναι τετράπλευρα που έχουν ένα σημείο σε κάθε γωνία τους και επιπλέον ένα σημείο στο μέσο κάθε πλευράς, δηλαδή όλες οι πλευρές σχηματίζονται από 3 σημεία παράλληλα μεταξύ τους (Σχήμα 2.33). Οι πλευρές τους είναι καμπύλες-παραβολές (τα σημεία ανήκουν σε πολυώνυμα $2^{ου}$ βαθμού) και χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό οριζόντιων και κατακόρυφων καμπύλων ή διατομών με καμπύλα τμήματα. Η χρήση του όμως δεν είναι τόσο συνήθης.



Σχήμα 2.33 : Τετράπλευρο στοιχείο 8-σημείων [6]

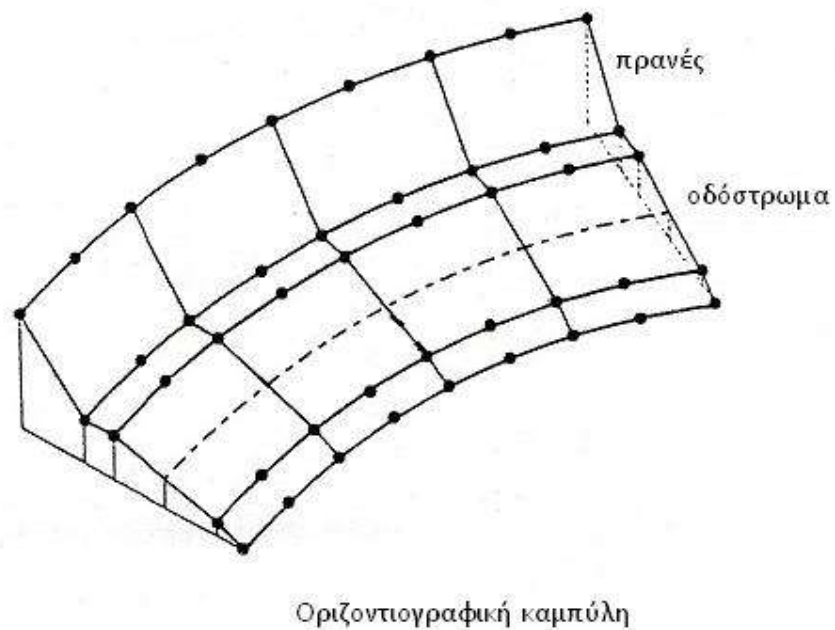
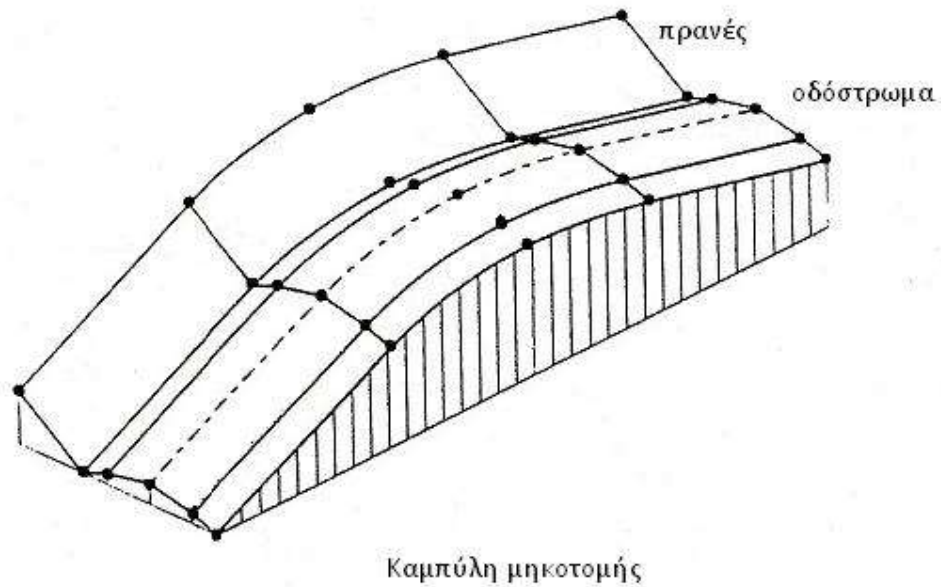
Στοιχεία 3-σημείων

Τα στοιχεία τριών σημείων μπορούν να σχηματίσουν μόνο επίπεδες επιφάνειες με ευθείες πλευρές, αλλά αν στο μέσο μιας πλευράς τους παρεμβάλουμε ένα σημείο μπορούν και αυτά να λειτουργήσουν όπως τα τετράπλευρα στοιχεία (Σχήμα 2.34). Τα στοιχεία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για στοιχεία του δρόμου που το πάχος τους αλλάζει κατά μήκος, όπως στα πεζοδρόμια και στις επιπρόσθετες λωρίδες εισόδου και εξόδου οδών.

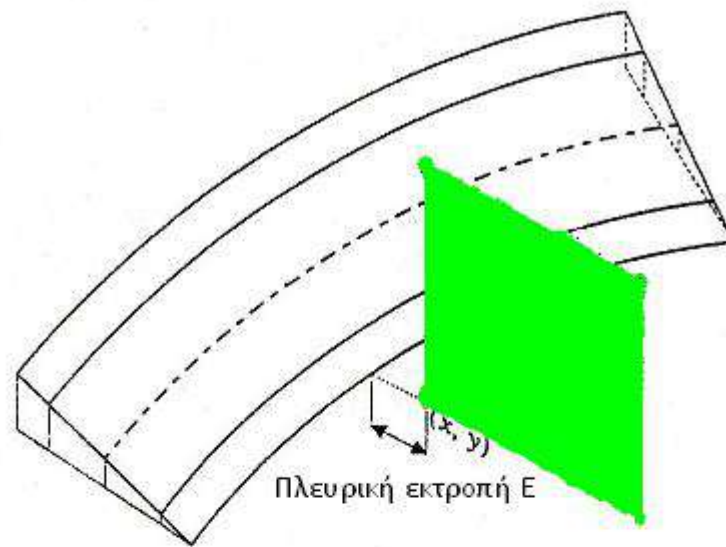


Σχήμα 2.34 : Στοιχείο 3-σημείων [6]

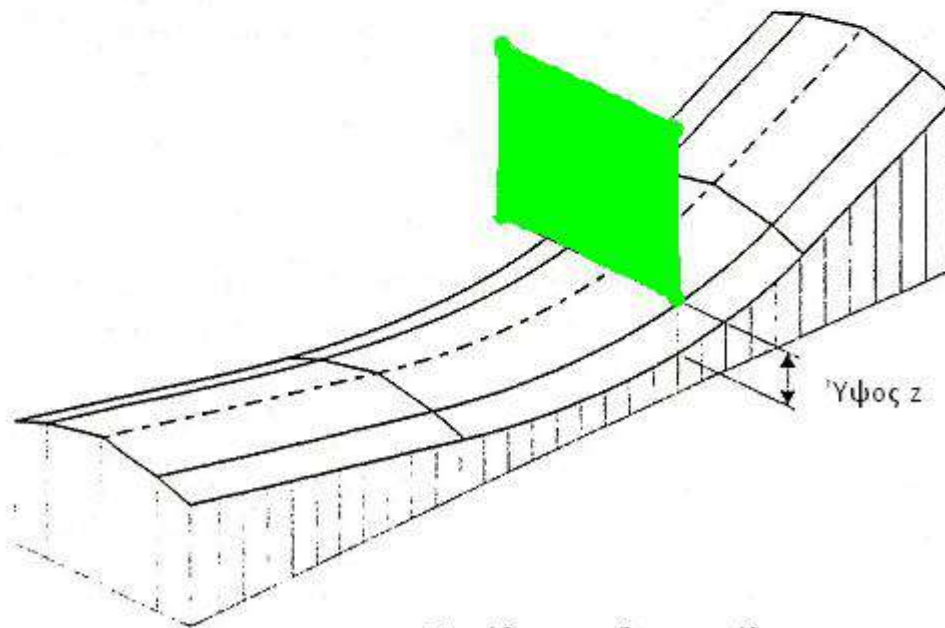
Τα τέσσερα αυτά στοιχεία μπορούν να αναπαραστήσουν την επιφάνεια του οδοστρώματος, ακλόνητα εμπόδια, τον περιβάλλον χώρο της οδού(πρανές) και γέφυρες αλλά πρέπει να κάνουμε κατάλληλη επιλογή διαφορετικά θα μειωθεί η ακρίβεια και θα αυξηθεί ο χρόνος επεξεργασίας.



Σχήμα 2.35 : Παραδείγματα σχεδιασμού οδικών τμημάτων σε 3-διαστάσεις με στοιχεία 4,6,8 σημείων [6]



Εμπόδιο στο εσωτερικό οριζοντιογραφικής καμπύλης



Εμπόδιο σε κοίλη καμπύλη

Σχήμα 2.36 : Παραδείγματα σχεδιασμού οπτικών εμποδίων με στοιχεία 4 σημείων [6]

Μέθοδος για τον προσδιορισμό του υπάρχοντος μήκους ορατότητας

Χρησιμοποιώντας μια επαναληπτική διαδικασία μπορούμε να υπολογίσουμε το υπάρχον μήκος ορατότητας. Αρχικά θεωρούμε το μήκος ορατότητας ίσο με S , το οποίο αυξάνεται ή μειώνεται μέχρι η γραμμή της ορατότητας να γίνει παράλληλη ως προς ένα εμπόδιο που αντιπροσωπεύει ένα εμπόδιο. Τα στάδια υπολογισμού του υπάρχοντος μήκους ορατότητας είναι τα εξής :

1. Αρχικά αναπαριστούμε την επιφάνεια του οδοστρώματος και τα εμπόδια της οδού με βάση την παραπάνω μέθοδο. Επειδή δουλεύουμε σε τοπικό σύστημα συντεταγμένων τα σημεία των στοιχείων μπορούν να έχουν οποιοδήποτε σημείο έναρξης.
2. Τοποθετούμε την αρχή της γραμμής ορατότητας, στο ύψος των οφθαλμών, στο σημείο που θέλουμε να μετρήσουμε την υπάρχουσα ορατότητα και υπολογίζουμε τις αρχικές συντεταγμένες της σε σχέση με τις συντεταγμένες της αρχής .
3. Τοποθετούμε ένα εμπόδιο σε απόσταση S μπροστά από τους οφθαλμούς του οδηγού και υπολογίζουμε τις συντεταγμένες του τέλους της γραμμής ορατότητας σε σχέση με τις συντεταγμένες της αρχής.
4. Ελέγχουμε την τομή της γραμμής ορατότητας και των στοιχείων που αναπαριστούν την οδό και το περιβάλλον της. Για να δηλώνει το σημείο της τομής παρεμπόδιση της ορατότητας πρέπει να βρίσκεται μεταξύ της γραμμής ορατότητας και των στοιχείων της οδού.
5. Εάν η γραμμή ορατότητας τέμνεται με όλα τα στοιχεία της οδού, τότε η απόσταση S είναι μεγαλύτερη από το υπάρχον μήκος ορατότητας. Μειώνουμε το S και ξανακάνουμε τα βήματα 3 και 4.
6. Εάν η γραμμή ορατότητας δεν τέμνεται με κανένα στοιχείο της οδού, τότε η απόσταση S είναι μικρότερη από το υπάρχον μήκος ορατότητας. Αυξάνουμε το S και ξανακάνουμε τα βήματα 3 και 4.
7. Εάν η γραμμή ορατότητας είναι παράλληλη με όλα τα στοιχεία της οδού, τότε η απόσταση S είναι ίση με το υπάρχον μήκος ορατότητας. Τέλος της διαδικασίας.

Μαθηματική ανάλυση της διαδικασίας

Στοιχεία 4-σημείων

Τα στοιχεία τεσσάρων σημείων έχουν ένα σημείο σε κάθε γωνία τους και οι τοπικές συντεταγμένες τους (έστω σε άξονες ξ και η) δίνονται έτσι ώστε τα σημεία κάθε στοιχείου να βρίσκονται μεταξύ -1 και 1 ($-1 \leq \xi \leq +1$ και $-1 \leq \eta \leq +1$). Το σχήμα το στοιχείων δίνεται από τις εξισώσεις :

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \begin{pmatrix} -\eta - \xi + \eta \cdot \xi \\ \end{pmatrix}$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \begin{pmatrix} -\eta + \xi - \eta \cdot \xi \\ \end{pmatrix}$$

$$N_3 = \frac{1}{4} \cdot \begin{pmatrix} +\eta + \xi + \eta \cdot \xi \\ - \end{pmatrix}$$

$$N_4 = \frac{1}{4} \cdot \begin{pmatrix} +\eta - \xi - \eta \cdot \xi \\ - \end{pmatrix}$$

και η τομή της γραμμής ορατότητας με ένα στοιχείο από την εξίσωση :

$$\frac{x - x_{s1}}{x_{s2} - x_{s1}} = \frac{y - y_{s1}}{y_{s2} - y_{s1}} = \frac{z - z_{s1}}{z_{s2} - z_{s1}} \quad \text{που μετατρέπεται στις δύο παρακάτω :}$$

$$\begin{pmatrix} c_3 c_8 - c_4 c_7 \\ \end{pmatrix} \xi^2 + \begin{pmatrix} c_1 c_8 - c_2 c_7 + c_3 c_6 - c_4 c_5 \\ \end{pmatrix} \xi + \begin{pmatrix} c_1 c_6 - c_2 c_5 \\ \end{pmatrix} = 0 \quad \text{και}$$

$$\eta = -\frac{c_5 + c_7 \xi}{c_6 + c_8 \xi}$$

όπου :

$$c_1 = 4 \cdot \tau_1 + a_1 + a_2 + a_3 + a_4$$

$$c_2 = -a_1 - a_2 + a_3 + a_4$$

$$c_3 = -a_1 + a_2 + a_3 - a_4$$

$$c_4 = a_1 - a_2 + a_3 - a_4$$

$$c_5 = 4 \cdot \tau_2 + b_1 + b_2 + b_3 + b_4$$

$$c_6 = -b_1 - b_2 + b_3 + b_4$$

$$c_7 = -b_1 + b_2 + b_3 - b_4$$

$$c_8 = b_1 - b_2 + b_3 - b_4$$

όπου :

$$a_i = \begin{cases} \frac{x_i - S_{xy} \cdot y_i}{y_i} & y_{s1} \neq y_{s2} \\ y_i & y_{s1} = y_{s2} \end{cases}$$

$$b_i = \begin{cases} \frac{x_i - S_{xz} \cdot z_i}{z_i} & z_{s1} \neq z_{s2} \\ z_i & z_{s1} = z_{s2} \end{cases}$$

$$\tau_1 = \begin{cases} \frac{-x_{s1} + S_{xy} \cdot y_{s1}}{-y_i} & y_{s1} \neq y_{s2} \\ -y_i & y_{s1} = y_{s2} \end{cases}$$

$$\tau_2 = \begin{cases} \frac{-x_{s1} + S_{xz} \cdot z_{s1}}{-z_i} & z_{s1} \neq z_{s2} \\ -z_i & z_{s1} = z_{s2} \end{cases}$$

$$\text{και} \quad S_{xy} = \frac{x_{s2} - x_{s1}}{y_{s2} - y_{s1}}, \quad S_{xz} = \frac{x_{s2} - x_{s1}}{z_{s2} - z_{s1}}$$

1. Δεν υπάρχει λύση, αν η εξίσωση δεν έχει λύση. Σ' αυτή την περίπτωση η γραμμή ορατότητας είναι παράλληλη ως προς το εμπόδιο ή συμπίπτει μ' αυτό, δηλαδή δεν υπάρχει πρόβλημα ορατότητας.

2. Υπάρχουν άπειρες λύσεις, αυτό οφείλεται γιατί διαιρούμε με το μηδέν. Σ' αυτή την περίπτωση η γραμμή ορατότητας συμπίπτει με το στοιχείο και δεν υπάρχει πρόβλημα ορατότητας.

3. Δύο μιγαδικές ρίζες, σ' αυτή την περίπτωση δεν έχουμε τομή.

4. Μία πραγματική ρίζα. Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχει σημείο τομής και οι συντεταγμένες του μπορούν να υπολογιστούν από τις εξισώσεις : $x = \sum_{i=1}^n N_i x_i$,

$y = \sum_{i=1}^n N_i y_i$, $z = \sum_{i=1}^n N_i z_i$. Σ' αυτή την περίπτωση για να υπάρχει εμπόδιο στην ορατότητα πρέπει το σημείο τομής να βρίσκεται μεταξύ των ορίων των στοιχείων δηλαδή $-1 \leq \xi \leq +1$ και $-1 \leq \eta \leq +1$.

5. Δύο πραγματικές ρίζες (όμοιες ή διαφορετικές), αυτή η περίπτωση μπορεί να συμβεί μόνο σε πολύ παραμορφωμένα αντικείμενα οπότε δεν έχει εφαρμογή στην οδοποιία.

Στοιχεία 6-σημείων

Το σχήμα το στοιχείων 6-σημείων σε τοπικό σύστημα συντεταγμένων δίνεται από τις εξισώσεις :

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \left(\eta + \eta\xi + \eta^2 - \eta^2\xi \right) \quad N_2 = \frac{1}{4} \cdot \left(\eta - \eta\xi + \eta^2 + \eta^2\xi \right)$$

$$N_3 = \frac{1}{4} \cdot \left(\eta + \eta\xi + \eta^2 + \eta^2\xi \right) \quad N_4 = \frac{1}{4} \cdot \left(\eta - \eta\xi + \eta^2 - \eta^2\xi \right)$$

$$N_5 = \frac{1}{4} \cdot \left(\xi - \eta^2 - \eta^2\xi \right) \quad N_6 = \frac{1}{4} \cdot \left(-\xi - \eta^2 + \eta^2\xi \right)$$

και η τομή της γραμμή ορατότητας με ένα στοιχείο από τις εξισώσεις :

$$\begin{aligned} & \left(c_{10}c_6 + c_{12}c_4 \right) \eta^4 + \left(c_{10}c_5 - c_8c_6 + c_{11}c_4 + c_{12}c_2 \right) \eta^3 + \\ & \left(c_{10}c_3 - c_7c_6 - c_8c_5 + c_{11}c_2 + c_{12}c_1 + c_9c_4 \right) \eta^2 + \left(c_7c_5 - c_8c_3 + c_{11}c_1 + c_9c_2 \right) \eta + \\ & \left(c_7c_3 + c_9c_1 \right) \eta = 0 \quad \text{και} \end{aligned}$$

$$\xi = \frac{c_1 + c_2\eta + c_4\eta^2}{c_3 + c_5\eta + c_6\eta^2}$$

όπου :

$$c_1 = 4 \cdot \tau_1 + 2a_5 + 2a_6$$

$$c_2 = -a_1 - a_2 + a_3 + a_4$$

$$c_3 = 2a_5 - 2a_6$$

$$c_4 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 - 2a_5 - 2a_6$$

$$c_5 = a_1 - a_2 + a_3 - a_4$$

$$c_6 = -a_1 + a_2 + a_3 - a_4 - 2a_5 + 2a_6$$

για τις σταθερές c_7 μέχρι c_{12} ισχύουν οι ίδιες εξισώσεις αντιστοίχως αντικαθιστώντας στις σχέσεις το a_i με b_i και το τ_1 με τ_2 , τα οποία υπολογίζουμε όπως και πριν.

1. Δεν υπάρχει λύση, αν η εξίσωση δεν έχει λύση. Σ' αυτή την περίπτωση η γραμμή ορατότητας είναι παράλληλη ως προς το εμπόδιο ή συμπίπτει μ' αυτό, δηλαδή δεν υπάρχει πρόβλημα ορατότητας.

2. Υπάρχουν άπειρες λύσεις, αυτό οφείλεται γιατί διαιρούμε με το μηδέν. Σ' αυτή την περίπτωση η γραμμή ορατότητας συμπίπτει με το στοιχείο και δεν υπάρχει πρόβλημα ορατότητας.

3. Δύο μιγαδικές ρίζες, σ' αυτή την περίπτωση δεν έχουμε τομή.

4. Μία πραγματική ρίζα αν $c_3c_8 - c_4c_7 = 0$. Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχει σημείο τομής και οι συντεταγμένες του μπορούν να υπολογιστούν από τις εξισώσεις : $x = \sum_{i=1}^n N_i x_i$

, $y = \sum_{i=1}^n N_i y_i$, $z = \sum_{i=1}^n N_i z_i$. Σ' αυτή την περίπτωση για να υπάρχει εμπόδιο στην ορατότητα πρέπει το σημείο τομής να βρίσκεται μεταξύ των ορίων των στοιχείων δηλαδή $-1 \leq \xi \leq +1$ και $-1 \leq \eta \leq +1$.

5. Δύο πραγματικές διαφορετικές ρίζες, σ' αυτή την περίπτωση υπάρχουν δύο σημεία τομής και ισχύουν τα παραπάνω σχόλια.

6. Δύο πραγματικές ίδιες ρίζες, σ' αυτή την περίπτωση η γραμμή ορατότητας είναι παράλληλη ως προς το εμπόδιο και δεν υπάρχει πρόβλημα ορατότητας.

7. Περισσότερες από δύο πραγματικές ρίζες, αυτή η περίπτωση μπορεί να συμβεί μόνο σε πολύ παραμορφωμένα αντικείμενα οπότε δεν έχει εφαρμογή στην οδοποιία.

Στοιχεία 8-σημείων

Λόγω της πολυπλοκότητας του δεν θα αναλυθεί.

Στοιχεία 3-σημείων

Το σχήμα το στοιχείων 3-σημείων δίνεται από την εξίσωση :

$$\xi_i = \frac{A_i}{A} \quad \text{όπου : } i = 1 \text{ έως } 3$$

και η τομή της γραμμής ορατότητας με ένα στοιχείο από την εξισώσεις :

$$\xi_1 a_1 + \xi_2 a_2 + \xi_3 a_3 = -\tau_1, \quad \xi_1 b_1 + \xi_2 b_2 + \xi_3 b_3 = -\tau_2$$

$$\text{και} \quad \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 1$$

1. Δεν υπάρχει λύση, αν η εξίσωση δεν έχει λύση. Σ' αυτή την περίπτωση η γραμμή ορατότητας είναι παράλληλη ως προς το εμπόδιο ή συμπίπτει μ' αυτό, δηλαδή δεν υπάρχει πρόβλημα ορατότητας.

2. Μία πραγματική ρίζα. Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχει σημείο τομής και οι συντεταγμένες του μπορούν να υπολογιστούν από τις εξισώσεις : $x = \sum_{i=1}^n N_i x_i$,

$y = \sum_{i=1}^n N_i y_i$, $z = \sum_{i=1}^n N_i z_i$. Σ' αυτή την περίπτωση για να υπάρχει εμπόδιο στην ορατότητα πρέπει το σημείο τομής να βρίσκεται μεταξύ των ορίων των στοιχείων δηλαδή $-1 \leq \xi \leq +1$ και $-1 \leq \eta \leq +1$.

όπου :

n = αριθμός των σημείων που σχηματίζουν τα στοιχεία

x_i, y_i, z_i = καρτεσιανές συντεταγμένες των σημείων

N_i = σχηματική λειτουργία του σημείου i

2.8 Εναλλακτικό μοντέλο υπολογισμού του μήκους ορατότητας σε 3-διαστάσεις κατά τη διάρκεια της νύχτας

Οι Hassan, Easa και Halim δημιούργησαν ένα μοντέλο υπολογισμού της ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας σε 3-διαστάσεις με το οποίο απέδειξαν ότι το μήκος ορατότητας από ανάλυση 2-διαστάσεων κυμαίνεται μεταξύ του 50-115% του πραγματικού μήκους ορατότητας από ανάλυση 3-διαστάσεων. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιεί το μοντέλο μέτρησης της ορατότητας που αναλύθηκε στην παράγραφο 2.7 και επεκτάθηκε βασιζόμενο στους παράγοντες που επηρεάζουν το μήκος ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Παρόλο που κατά την διάρκεια των νυχτερινών ωρών ο αριθμός των ατυχημάτων είναι μεγαλύτερος απ' αυτόν των ωρών της ημέρας, η έρευνα για το μήκος ορατότητας κατά την διάρκεια της νύχτας βρίσκεται ακόμη σε αρχικά στάδια. Το μήκος ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας οφείλεται στους προβολείς των οχημάτων, γι' αυτό θα πρέπει να μελετηθεί και να προσδιοριστεί ο τρόπος λειτουργίας των προβολέων των οχημάτων. Μία έρευνα του NCHRP έδειξε ότι η ταχύτητα των οχημάτων αυξάνει κατά την διάρκεια των νυχτερινών ωρών με αύξηση της ορατότητας και ότι οι οδηγοί εξαρτώνται αποκλειστικά από την διαγράμμιση του δρόμου για να διατηρήσουν μια ταχύτητα πορείας σταθερή.

Το μοντέλο των Hassan, Easa και Halim υπολογισμού της ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας αναλύει τον τρόπο μοντελοποίησης σε 3-διαστάσεις των οριογραμμών μίας οδού και των προβολέων ενός οχήματος ως εξής :

Μοντελοποίηση της χάραξης της οδού

Ο σχεδιασμός της χάραξης μίας οδού σε 3-διαστάσεις γίνεται με την μοντελοποίηση της επιφάνειας(παράγραφος 2.7) και των οριογραμμών της. Οι οριογραμμές μίας οδού αναπαριστούνται από γραμμές 2 ή 3-σημείων που ονομάζονται **γραμμικά στοιχεία**. Τα γραμμικά στοιχεία 2-σημείων είναι ευθείες που ενώνουν δύο σημεία, ενώ τα γραμμικά στοιχεία 3-σημείων είναι καμπύλες-παραβολές που έχουν δύο σημεία στα άκρα τους και ένα στο μέσο τους(τα σημεία ανήκουν σε εξισώσεις 2^{ου} βαθμού).

Γραμμικό στοιχείο 2-σημείων

Σε τοπικό σύστημα συντεταγμένων (π.χ η) οι εξισώσεις των στοιχείων 2-σημείων είναι (Σχήμα 2.37) :

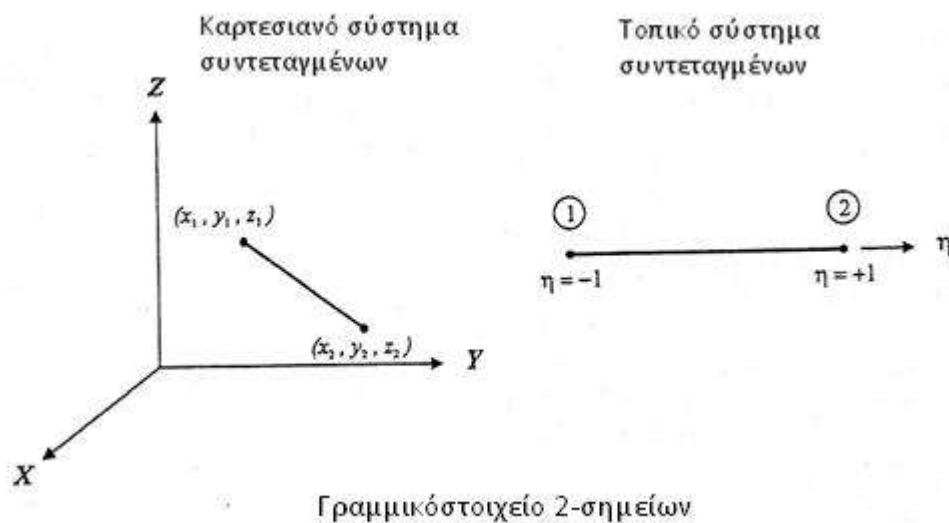
$$N_{c1} = \frac{1}{2} \cdot \left[\eta + 1 \right] \quad N_{c2} = \frac{1}{2} \cdot \left[\eta + 1 \right]$$

Γραμμικό στοιχείο 3-σημείων

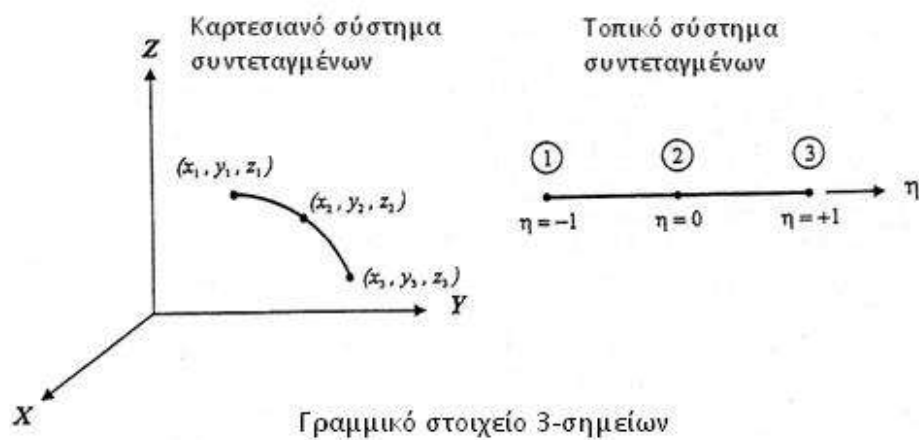
Σε τοπικό σύστημα συντεταγμένων (π.χ η) οι εξισώσεις των στοιχείων 3-σημείων είναι (Σχήμα 2.38) :

$$N_{c1} = \frac{1}{2} \cdot (\eta^2 - \eta) \quad N_{c2} = (\eta^2 - 1) \quad N_{c3} = \frac{1}{2} \cdot (\eta^2 + \eta)$$

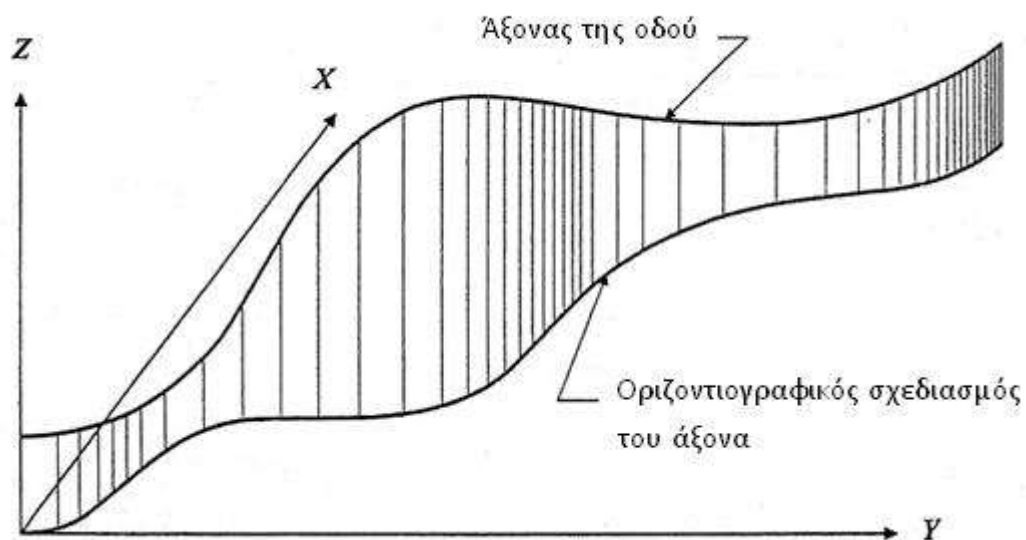
Ένα ευθύγραμμο τμήμα μίας οδού μπορεί να αναπαρασταθεί μόνο από ένα γραμμικό στοιχείο 2-σημείων(ευθεία) και μία καμπύλη στη μηκοτομή από ένα γραμμικό στοιχείο 3-σημείων(παραβολή), γεγονός θετικό για την ακρίβεια σχεδιασμού και το χρόνο επεξεργασίας των στοιχείων. Αντιθέτως μια οριζοντιογραφική καμπύλη επειδή είναι κυκλικής ή κλωθοειδούς μορφής χρειάζεται πολλά μικρά στοιχεία 3-σημείων για να αναπαρασταθεί με σχετική ακρίβεια. Όσο μεγαλύτερη είναι η οριζοντιογραφική καμπύλη τόσο μικρότερη είναι η ακρίβεια και τόσο περισσότερα στοιχεία χρειαζόμαστε για την ακριβέστερη αναπαράσταση της.



Σχήμα 2.37 : Γραμμικό στοιχείο 2-σημείων [7]



Σχήμα 2.38 : Γραμμικό στοιχείο 3-σημείων [7]



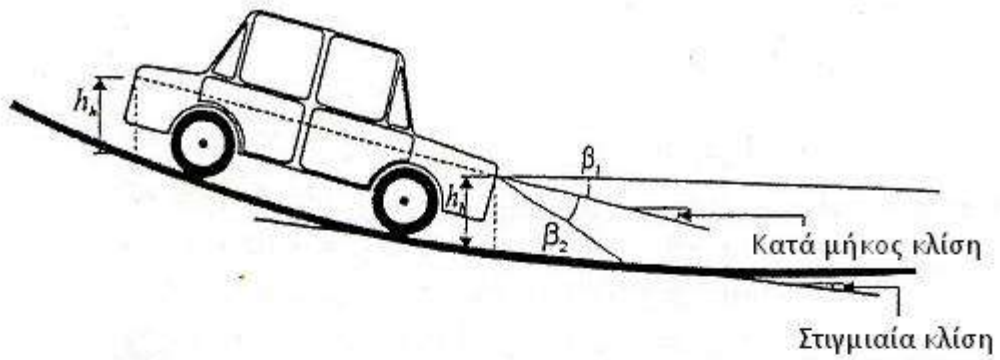
Σχήμα 2.39 : Παράδειγμα μοντελοποίησης του άξονα μίας οδού με γραμμικά στοιχεία 2 και 3-σημείων [7]

Μοντελοποίηση των προβολών οχήματος

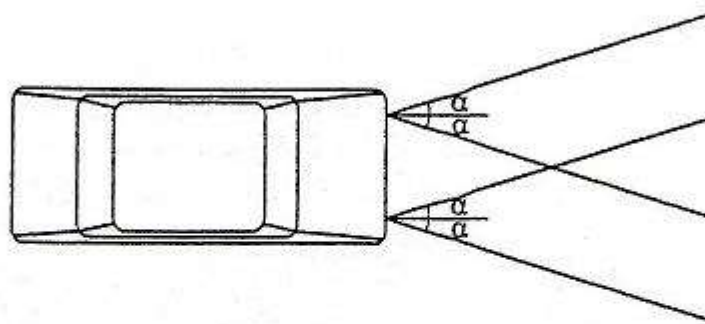
Το φως των προβολών ενός οχήματος διαδίδεται προς τα πάνω, προς τα κάτω και οριζοντίως με γωνίες διάδοσης β_1 , β_2 και α αντιστοίχως. Έτσι κάθε προβολέας μπορεί να αναπαρασταθεί από τέσσερα τρίγωνα που σχηματίζουν μια πυραμίδα. Λαμβάνοντας όμως υπόψη μόνο τα τρίγωνα που μας ενδιαφέρουν στην μελέτη αυτή, το φως και των δύο προβολών ενός οχήματος μπορεί να αναπαρασταθεί από τέσσερα τρίγωνα (ένα οριζόντιο και ένα κάθετο για κάθε προβολέα) (Σχήμα 2.40). Τα τρίγωνα αυτά τα

σχεδιάζουμε με την μέθοδο των στοιχείων 3-σημείων όπου το σχήμα τους δίνεται από την εξίσωση :

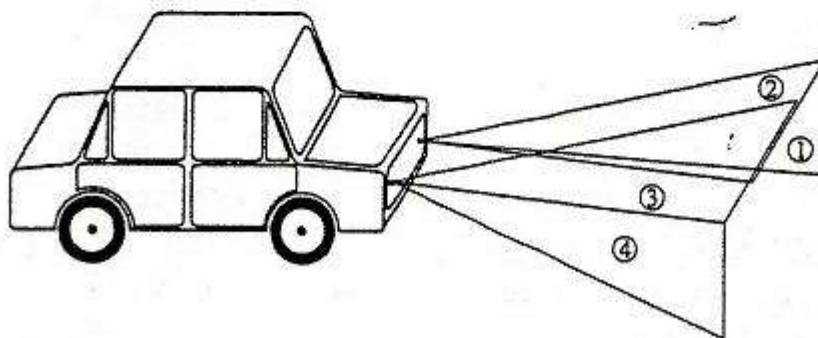
$$\xi_i = \frac{A_i}{A} \quad (i=1 \text{ έως } 3) \quad \text{και} \quad \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 1$$



α) Όψη



β) Κάτοψη



γ) 3-διαστάσεις

Σχήμα 2.40 : α) Όψη β) Κάτοψη γ) 3-διαστάσεις των γωνιών διάδοσης του φωτός των προβολών [7]

Μέθοδος για τον προσδιορισμό του μήκους ορατότητας προβολών οχήματος

Η διαδικασία για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας προβολών οχήματος γίνεται σε τέσσερα στάδια :

1. Πρώτα υπολογίζεται η μεγαλύτερη απόσταση που μπορούν να καλύψουν οι προβολείς του οχήματος, που πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη απαιτούμενη απόσταση για στάση. Σχεδιάζεται ο κεντρικός άξονας και οι οριογραμμές του δρόμου με γραμμικά στοιχεία 2 και 3 σημείων. Επίσης αναπαριστούμε το φως των προβολέων με τρίγωνα 3-στοιχείων με βάση τις γωνίες β_1 , β_2 και α , το ύψος των προβολέων, την κλίση της οδού και το αζιμούθιο της θέσης που βρίσκεται το όχημα. Έπειτα βρίσκουμε την τομή μεταξύ των τριγώνων που αναπαριστούν τους προβολείς και των γραμμών που αναπαριστούν τον άξονα και τις οριογραμμές της οδού. Από αυτές τις δύο αποστάσεις η μεγαλύτερη αποτελεί το μέγιστο μήκος ορατότητας των προβολέων. Όμως πρέπει να επισημανθεί ότι αρχικά αριστερά των κάθετων τριγώνων που αναπαριστούν τους προβολείς ενός οχήματος βρίσκεται ο άξονας του δρόμου και δεξιά τους η οριογραμμή του και βρίσκονται εκτός των ορίων των τριγώνων (δεν τέμνονται με αυτά). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αν ο άξονας του δρόμου τέμνεται με το αριστερά κάθετο τρίγωνο (τρίγωνο 1-Σχήμα 2.40) των προβολέων ή η οριογραμμή του δρόμου τέμνεται με το δεξιά κάθετο τρίγωνο (τρίγωνο 4-Σχήμα 2.40) των προβολέων να μην μας δίνει το μέγιστο μήκος ορατότητας των προβολέων. Γεγονός που υποδεικνύει ότι πρέπει να γίνει περαιτέρω έλεγχος για να διαπιστώσουμε αν το μήκος αυτό της οδού καλύπτεται από τους προβολείς.

2. Το μήκος ορατότητας των προβολέων που υπολογίστηκε στο προηγούμενο βήμα μπορεί να εμποδίζεται στην πραγματικότητα από κάποιο ακλόνητο εμπόδιο (π.χ. πρηνές ορύγματος, γέφυρα, δέντρο, κτήριο κ.λπ.). Για να ελέγξουμε αν όντως παρεμποδίζεται η ορατότητα από κάποιο εμπόδιο αναπαριστούμε τα εμπόδια με στοιχεία 4-σημείων όπως κάναμε στην διαδικασία εύρεσης του μήκους ορατότητας κατά την διάρκεια της ημέρας. Σ' αυτό το βήμα είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν αναπαριστούμε και την επιφάνεια της οδού ως εμπόδιο διότι μπορεί να εμποδίζει την ορατότητα σε περίπτωση "βυθίσματος της οδού" που εξηγείται στο τρίτο βήμα. Έπειτα φέρνουμε μία γραμμή που ενώνει τους προβολείς με την οδό μπροστά τους και ελέγχουμε αν τέμνεται με κάποιο από τα στοιχεία που αναπαριστούν τα εμπόδια του δρόμου. Αν αυτό συμβαίνει τότε η ορατότητα παρεμποδίζεται.

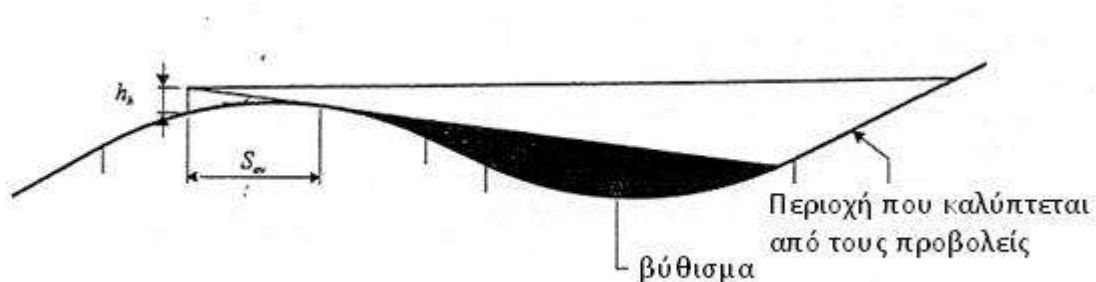
3. Η ύπαρξη κυρτής καμπύλης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα η γραμμή που αναπαριστά τον άξονα του δρόμου να μην τέμνεται με τα τρίγωνα των προβολέων που δηλώνει ότι το μήκος ορατότητας είναι άπειρο. Όμως αυτό μπορεί να σημαίνει ότι έχουμε βύθισμα της οδού, δηλαδή ότι εξαιτίας της ανύψωσης της οδού υπάρχουν τμήματα της που χάνονται από το οπτικό πεδίο του οδηγού καθώς δεν φωτίζονται (Σχήμα 2.41). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι οδηγοί να μην μπορούν να αναγνωρίσουν μία ξαφνική αλλαγή στον σχεδιασμό της οδού μπροστά τους και να εκτελούν επικίνδυνους ελιγμούς για να διορθώσουν την πορεία τους. Γι' αυτό πρέπει να γίνεται έλεγχος ώστε να αποφεύγεται η

ύπαρξη βυθίσματος. Για να ελέγξουμε για την ύπαρξη βυθίσματος αναπαριστούμε την επιφάνεια της οδού και του περιβάλλοντος της με στοιχεία 3,4 και 6 σημείων όπως κάναμε στην διαδικασία εξεύρεσης του μήκους ορατότητας κατά την διάρκεια των ωρών της ημέρας. Έπειτα φέρνουμε μία γραμμή που ενώνει τους προβολείς με την οδό μπροστά τους και ελέγχουμε αν τέμνεται με κάποιο από τα στοιχεία του δρόμου. Αν η γραμμή αυτή τέμνει την επιφάνεια της οδού σε ένα ενδιάμεσο σημείο από τα δύο μέγιστα τότε έχουμε βύθισμα της οδού.

Το δεύτερο και το τρίτο στάδιο μπορούν να θεωρηθούν ειδικές περιπτώσεις του μήκους ορατότητας της ημέρας όπου το ύψος του εμποδίου λαμβάνεται ίσο με το μηδέν, γιατί για να βρούμε το μήκος ορατότητας των προβολέων των οχημάτων λαμβάνουμε το ύψος εμποδίου ίσο με το μηδέν. Αυτό γίνεται διότι το μήκος ορατότητας των προβολέων αναφέρεται στους κανονισμούς μόνο στις κοίλες καμπύλες. Όμως σε περίπτωση κυρτής καμπύλης ή πρανούς ορύγματος το μικρότερο ύψος εμποδίου μας δίνει μικρότερο μήκος ορατότητας.

4. Αν ο κατασκευαστής ενδιαφέρεται να κάνει έλεγχο για εμπόδιο που έχει ύψος μεγαλύτερο του μηδενός ένα τέταρτο στάδιο μπορεί να αντικαταστήσει το δεύτερο και το τρίτο στάδιο. Σ' αυτή την περίπτωση το μήκος ορατότητας των προβολέων ενός οχήματος μπορεί να υπολογιστεί λειτουργώντας όπως στην περίπτωση της ημέρας αντικαθιστώντας την γραμμή ορατότητας με μια ευθεία που ξεκινά από τους προβολείς του οχήματος. Επίσης το τέταρτο αυτό στάδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελεγχθεί αν οι προβολείς των οχημάτων φωτίζουν την σήμανση του οδοστρώματος.

Ως μήκος ορατότητας λαμβάνεται το ελάχιστο μήκος των τεσσάρων σταδίων



Σχήμα 2.41 : Παράδειγμα βυθίσματος της οδού (προβολέων) [7]

Μαθηματική ανάλυση της διαδικασίας

Επειδή τα στάδια 2 έως 4 του υπολογισμού του μήκους ορατότητας προβολέων οχήματος είναι ίδια ως προς την μαθηματική προσέγγιση με την διαδικασία υπολογισμού του μήκους ορατότητας κατά τη διάρκεια της μέρας (παράγραφος 2.7) εδώ αναλύεται μόνο το μαθηματικό πρότυπο της εύρεσης τομής μεταξύ γραμμικού στοιχείου 2 ή 3 σημείων με στοιχείο 3-σημείων. Δηλαδή υπολογίζεται το πρώτο στάδιο του υπολογισμού του μήκους ορατότητας προβολέων.

Γραμμικό στοιχείο 2-σημείων

Το σημείο της τομής ενός γραμμικού στοιχείου 2-σημείων με ένα τριγωνικό στοιχείο 3-σημείων δίνεται από τις εξισώσεις :

$$x_{h1}\xi_1 + x_{h2}\xi_2 + x_{h3}\xi_3 + \left(\frac{x_{c1} - x_{c2}}{2}\right) \cdot \eta = \frac{x_{c1} + x_{c2}}{2} ,$$

$$y_{h1}\xi_1 + y_{h2}\xi_2 + y_{h3}\xi_3 + \left(\frac{y_{c1} - y_{c2}}{2}\right) \cdot \eta = \frac{y_{c1} + y_{c2}}{2} ,$$

$$z_{h1}\xi_1 + z_{h2}\xi_2 + z_{h3}\xi_3 + \left(\frac{z_{c1} - z_{c2}}{2}\right) \cdot \eta = \frac{z_{c1} + z_{c2}}{2} \text{ και}$$

$$\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 1$$

1. Αν η εξίσωση δεν έχει λύση ή η λύση είναι πέρα από τα όρια των δύο στοιχείων τότε τα δύο στοιχεία δεν τέμνονται.
2. Μία πραγματική ρίζα. Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχει σημείο τομής αν το σημείο τομής να βρίσκεται μεταξύ των ορίων των στοιχείων δηλαδή $-1 \leq \xi_i \leq +1$ και $-1 \leq \eta \leq +1$.

Γραμμικό στοιχείο 3-σημείων

Το σημείο της τομής ενός γραμμικού στοιχείου 3-σημείων με ένα τριγωνικό στοιχείο 3-σημείων δίνεται από τις εξισώσεις :

$$x_{h1}\xi_1 + x_{h2}\xi_2 + x_{h3}\xi_3 + \left(\frac{x_{c1} - x_{c3}}{2}\right) \cdot \eta + \left(\frac{-x_{c1} + 2x_{c2} - x_{c3}}{2}\right) \cdot \eta^2 = x_{c2} ,$$

$$y_{h1}\xi_1 + y_{h2}\xi_2 + y_{h3}\xi_3 + \left(\frac{y_{c1} - y_{c3}}{2}\right) \cdot \eta + \left(\frac{-y_{c1} + 2y_{c2} - y_{c3}}{2}\right) \cdot \eta^2 = y_{c2} ,$$

$$z_{h1}\xi_1 + z_{h2}\xi_2 + z_{h3}\xi_3 + \left(\frac{z_{c1} - z_{c3}}{2}\right) \cdot \eta + \left(\frac{-z_{c1} + 2z_{c2} - z_{c3}}{2}\right) \cdot \eta^2 = z_{c2} \text{ και}$$

$$\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 1$$

1. Αν η εξίσωση δεν έχει λύση ή η λύση είναι πέρα από τα όρια των δύο στοιχείων τότε τα δύο στοιχεία δεν τέμνονται.
2. Μία πραγματική ρίζα. Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχει σημείο τομής αν το σημείο τομής να βρίσκεται μεταξύ των ορίων των στοιχείων δηλαδή $-1 \leq \xi_i \leq +1$ και $-1 \leq \eta \leq +1$.

όπου :

n = αριθμός των σημείων που σχηματίζουν τα στοιχεία

x_{ci}, y_{ci}, z_{ci} = καρτεσιανές συντεταγμένες των γραμμικών στοιχείων

x_{hi}, y_{hi}, z_{hi} = καρτεσιανές συντεταγμένες των στοιχείων 3-σημείων

2.9 Προσδιορισμός των “κόκκινων ζωνών” στις κυρτές καμπύλες

Γενικά

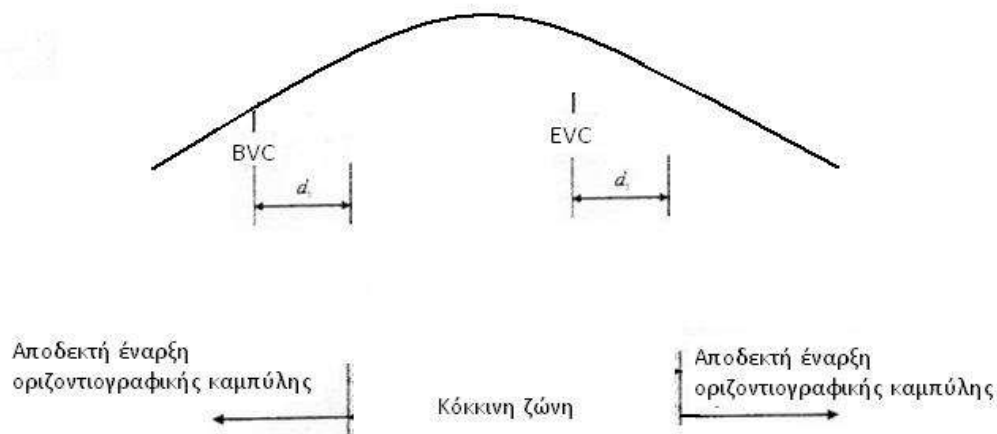
Με τον όρο “κόκκινη ζώνη” σε μία κυρτή καμπύλη μηκοτομής αναφερόμαστε στην περιοχή πριν ή επί της κυρτής καμπύλης όπου δεν πρέπει να ξεκινάει μία οριζοντιογραφική καμπύλη.

Η οδηγία αυτή προέρχεται από τους Αμερικανικούς κανονισμούς για την σωστή χάραξη σε 3-διαστάσεις χωρίς όμως να υπάρχει κάποια αριθμητική ανάλυση. Απλώς αναφέρεται ότι πρέπει να αποφεύγεται διότι ο οδηγός δεν μπορεί να αντιληφθεί την χάραξη και την γωνία της οριζοντιογραφικής καμπύλης μέχρι να προσεγγίσει την αρχή της. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο κατά τη διάρκεια της νύχτας που η ορατότητα εξαρτάται αποκλειστικά από τους προβολείς του οχήματος. Οι Αμερικανικοί κανονισμοί προτείνουν ως λύση να χρησιμοποιούνται τιμές σχεδιασμού μεγαλύτερες από τις ελάχιστες ή το μήκος της οριζοντιογραφικής καμπύλης να είναι μεγαλύτερο από αυτό της καμπύλης της μηκοτομής.

Όταν οι οδηγοί πλησιάζουν μία οριζοντιογραφική καμπύλη γνωρίζουν ότι πρέπει να μειώσουν την ταχύτητα τους ώστε να εισέλθουν σ' αυτή με ασφάλεια. Γι' αυτό οι οδηγοί θα πρέπει να έχουν αρκετό χρόνο στην διάθεση τους να αντιληφθούν την ύπαρξη και το σχεδιασμό μίας καμπύλης και να επιβραδύνουν κατάλληλα ώστε να εισέλθουν σε αυτή ομαλά. Το μήκος αυτό αναφέρεται από τους Hasan και Easa για τον υπολογισμό των κόκκινων ζωνών και ονομάζεται **πρώιμη αντιληπτή ορατότητα**, η οποία ορίζεται ως ένα είδος της απαιτούμενης ορατότητας για λήψη αποφάσεων. Για τον υπολογισμό της το

ύψος οφθαλμών ορίζεται όπως στους Αμερικανικούς κανονισμούς(ξεχωριστά για μέρα και νύχτα) και το ύψος εμποδίου έχει τιμή μηδέν. Αυτό γίνεται με τη λογική ότι ο οδηγός θα προλάβει να δει έγκαιρα την διαγράμμιση του δρόμου και την αρχή της οριζοντιογραφικής καμπύλης, όμως αυτό δεν μας εξασφαλίζει ότι θα αντιληφθεί και τον σχεδιασμό και τη γωνία της.

Η περιοχή της κόκκινης ζώνης ορίζεται με βάση την αρχή (BVC) και το τέλος(EVC) της κυρτής καμπύλης (Σχήμα 2.42). Αρχίζει +d1 μέτρα από την αρχή και τελειώνει +d2 μέτρα από το τέλος του κυρτώματος(αρνητικές τιμές μας δείχνουν ότι αρχίζει πριν το κύρτωμα και ότι τελειώνει μέσα σε αυτό). Η αρχή της οριζοντιογραφικής καμπύλης συμβολίζεται με (PC) όταν δεν έχει κλωθοειδή συναρμογή και με (TS) όταν έχει. Η κόκκινη ζώνη ορίζεται ξεχωριστά για κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας.



Σχήμα 2.42 : Παράδειγμα κόκκινης ζώνης [8]

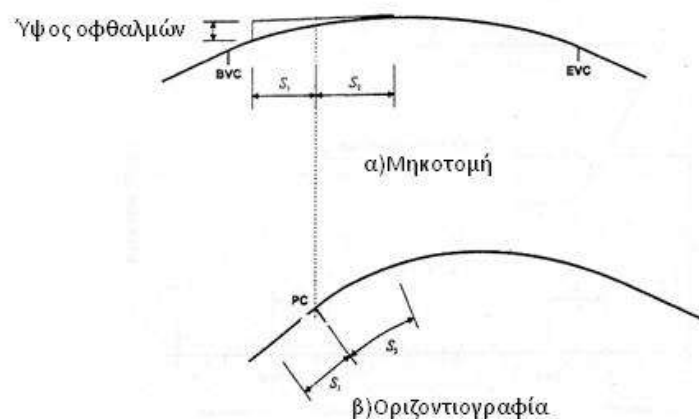
Διαδικασία υπολογισμού των “κόκκινων ζωνών”

Οι Hasan και Easa για τον υπολογισμό των κόκκινων ζωνών θεωρούν σταθερή την θέση του κυρτώματος. Η θέση της οριζοντιογραφικής καμπύλης αλλάζει και για κάθε θέση της υπολογίζονται τα υπάρχοντα μήκη ορατότητας. Έπειτα τα συγκρίνουμε με τα απαιτούμενα και την περιοχή που είναι μικρότερα την ονομάζουμε κόκκινη ζώνη. Η περιοχή της κόκκινης ζώνης πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες-απαιτούμενα μήκη ορατότητας :

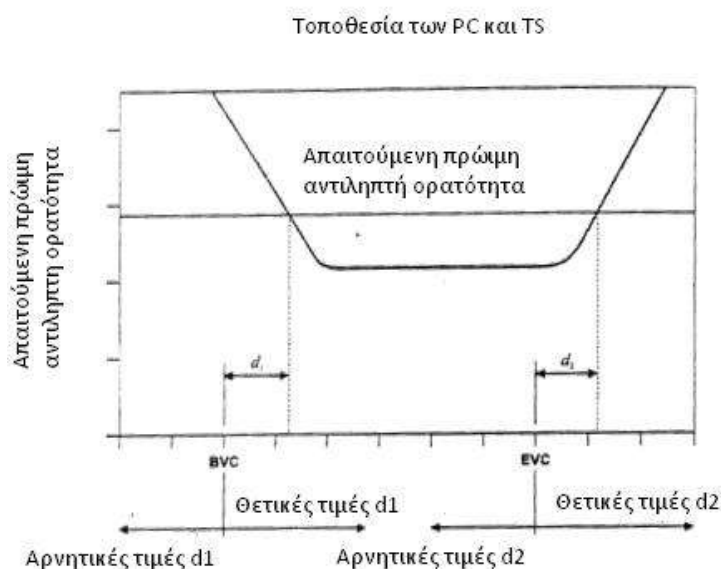
- Πρώιμη αντιληπτή ορατότητα κατά τη διάρκεια της μέρας : ο οδηγός θα πρέπει να μπορεί να δει την διαγράμμιση της οδού για τέτοιο χρονικό διάστημα ώστε να μπορέσει να αντιληφθεί την χάραξη της οριζοντιογραφικής καμπύλης. Η απόσταση αυτή είναι το άθροισμα της πρώιμης αντιληπτής ορατότητας S_1 (σε ευθυγραμμία) και S_2 (σε καμπύλη). (Σχήμα 2.43)

- Πρώιμη αντιληπτή ορατότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας : είναι η ίδια με της ημέρας με τη διαφοροποίηση ότι το μήκος ορατότητας θα πρέπει να καλύπτεται από τους προβολείς του οχήματος
- Μήκος ορατότητας για στάση την ημέρα: υπολογίζεται για τις κόκκινες ζώνες μόνο σε ορύγματα
- Μήκος ορατότητας για στάση τη νύχτα : το μήκος που φωτίζουν οι προβολείς πρέπει να ισούται με το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση την ημέρα.

Η τελική κόκκινη ζώνη πρέπει να συμπεριλαμβάνει τις κόκκινες ζώνες και από τις τέσσερις παραπάνω περιπτώσεις.



Σχήμα 2.43 : Απαιτούμενη πρώιμη αντιληπτή ορατότητα σε καμπύλη α) μηκοτομής και β) οριζοντιογραφίας [8]



Σχήμα 2.44 : Παράδειγμα σύγκρισης της απαιτούμενη πρώιμης αντιληπτής ορατότητας με την υπάρχουσα πρώιμη αντιληπτή ορατότητα [8]

2.10 Σύνοψη - Συμπεράσματα

Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση γίνεται φανερό ότι τόσο οι Αμερικανικοί όσο και οι Γερμανικοί κανονισμοί έχουν οδηγίες για μέτρηση της ορατότητας και έχουν θεσπίσει κανόνες για την μέτρηση των ελάχιστων αποδεκτών ορίων της. Όμως και οι δύο κανονισμοί αναφέρονται κυρίως στην ορατότητα στις 2-διαστάσεις και παρέχουν μόνο οδηγίες για την χάραξη στο χώρο και την αποφυγή σχεδιασμού οδών με προβλήματα ορατότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν αριθμητικοί έλεγχοι της ορατότητας στο χώρο και τρόπος εύρεσης της επιρροής του συνδυασμού καμπύλης σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Παράλληλα με τους κανονισμούς έχει γίνει μία προσπάθεια για την μέτρηση της ορατότητας στις 3-διαστάσεις με αποτελέσματα που υποδεικνύουν ότι η ορατότητα είναι ένα μέγεθος τρισδιάστατο.

Οι Γερμανικοί κανονισμοί αναφέρονται στην μέτρηση της ορατότητας μέσω του **πραγματικού μήκους**. Το πραγματικό μήκος το ορίζουν ταυτόχρονα σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, γεγονός θετικό, αλλά ταυτόχρονα έχουν οδηγίες με βάση τις οποίες μπορούμε να ελέγξουμε την ορατότητα ξεχωριστά σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Αναφέρουν ότι εάν χρησιμοποιήσουμε στην μηκοτομή τις ελάχιστες ακτίνες κυρτής καμπύλης, οι οποίες υπολογίζονται βάση του ελέγχου της ορατότητας με ύψος εμποδίου 0,5m, τότε είναι αρκετή η απόδειξη της επάρκειας του μήκους ορατότητας οριζοντιογραφικά. Με αυτή την υπόδειξη οι κοίλες καμπύλες στην μηκοτομή δεν εξετάζονται ως προς την ορατότητα από τους Γερμανικούς κανονισμούς καθώς και η επιρροή της χάραξης της οριζοντιογραφίας στη μηκοτομή και αντίστροφα. Το ύψος οφθαλμών και εμποδίου ορίζεται σε ύψος 1m αναφερόμενο στον εντοπισμό μίας κυκλοφοριακής συμφόρησης από έναν οδηγό. Οι Γερμανικοί κανονισμοί αναφέρονται μόνο στο απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση. Θετικό στοιχείο είναι ότι υπάρχει ξεκάθαρη αναφορά στους αυτοκινητόδρομους από τους Γερμανικούς κανονισμούς.

Οι Αμερικανικοί κανονισμοί αναλύουν διεξοδικότερα την ορατότητα για κάθε στοιχείο της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής ξεχωριστά, αλλά αναφέρονται αποκλειστικά στον έλεγχο της στις 2-διαστάσεις. Επιπρόσθετα αναλύουν την ορατότητα κατά την διάρκεια των νυχτερινών ωρών και προτείνουν τη χρήση του ύψους προβολέων οχήματος (0,6m) αντί για το ύψος οφθαλμών (1,08m) και ύψος εμποδίου 0,4m. Κατά τη διάρκεια της ημέρας το ύψος οφθαλμών ορίζεται στα 1,08m και το ύψος εμποδίου στα 0,6m. Οι Αμερικανικοί κανονισμοί αναφέρονται στο απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση, για προσπέραση και για λήψη αποφάσεων. Επίσης αναφέρονται και στην αντιμετώπιση της ορατότητας για τα φορτηγά οχήματα.

Οι έρευνες των Hassan, Easa και Hallim πάνω στην ορατότητα πραγματεύονται την μέτρηση της στο χώρο. Αυτές οι έρευνες έγιναν εφικτές χάρη στην ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών αλλά και τη μεγάλη βελτίωση στις ταχύτητες λειτουργίας τους. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι η ορατότητα στο χώρο διαφοροποιείται από αυτή των 2-διαστάσεων. Όμως παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα καθώς για την

δημιουργία του μοντέλου του εδάφους και των οριογραμμών χρησιμοποιούν εξισώσεις 2^{ου} βαθμού. Για να γίνει η χρήση των εξισώσεων 2^{ου} βαθμού πρέπει σε κάθε καμπύλη που χρησιμοποιούμε να θέτουμε τις παραμέτρους που θα ορίζουν το σχήμα τους, διαδικασία δύσκολη και χρονοβόρα, η οποία δεν επεξηγείται. Επίσης οι εξισώσεις 2^{ου} βαθμού δεν είναι κατάλληλες για την απεικόνιση της κλωθοειδούς και στην κατασκευή οριζοντιογραφικών καμπυλών δεν προσφέρουν μεγάλη ακρίβεια στους υπολογισμούς. Επιπλέον όταν αναφέρονται στον προσδιορισμό της ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας, που εξαρτάται από τους προβολείς του οχήματος, ελέγχεται μόνο η τομή του φωτός με τις οριογραμμές της οδού. Δηλαδή γίνεται έλεγχος μόνο για τον σωστό προσανατολισμό του οδηγού βάσει των οριογραμμών και δεν ορίζεται κάποιος έλεγχος για την ύπαρξη εμποδίου στο κατάστρωμα της οδού. Τέλος ο υπολογισμός των “κόκκινων ζωνών” θέτει ως μονομερή λύση, σε περίπτωση προβληματικού συνδυασμού καμπύλης σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, την αλλαγή της θέσης της οριζοντιογραφίας.

Επίσης αποτελέσματα ερευνών έχουν δείξει ότι σημαντικό ρόλο στην ορατότητα έχουν και οι ψυχοσωματικοί παράγοντες. Η υπάρχουσα ορατότητα που υπολογίζεται σύμφωνα με τους κανονισμούς δεν είναι πάντα ίση με αυτή που αντιλαμβάνεται ο χρήστης μίας οδού. Η αντιληπτή ορατότητα επηρεάζεται από πολλούς εξωγενείς παράγοντες όπως είναι η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου της οδού, ο συνδυασμός της χάραξης της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, η αντίθεση των χρωμάτων και οι καιρικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν. Οι παράγοντες αυτοί διαμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνεται ο χρήστης της οδού μεγέθη όπως είναι η απόσταση από άλλα οχήματα ή η ταχύτητα με την οποία κινείται. Τα μεγέθη αυτά χρησιμοποιούνται από την οδοποιία στη δημιουργία των τύπων των κανονισμών αλλά υπολογίζονται σχεδόν αποκλειστικά με βάση τους νόμους της φυσικής γεγονός που δεν αντικατοπτρίζει πάντα την πραγματικότητα. Η δυσκολία που παρουσιάζεται στην ένταξη των ψυχοσωματικών παραγόντων στον έλεγχο της ορατότητας από τις έρευνες που έχουν γίνει είναι η αντικατάσταση τους με αριθμητικά μεγέθη.

Επομένως υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στην ορατότητα και ιδιαίτερα στο χώρο. Βεβαίως σημαντικός στόχος αποτελεί ο καθορισμός οριακών τιμών στο χώρο και όχι ξεχωριστά σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

3.1 Πρόγραμμα και περιβάλλον εργασίας του H8

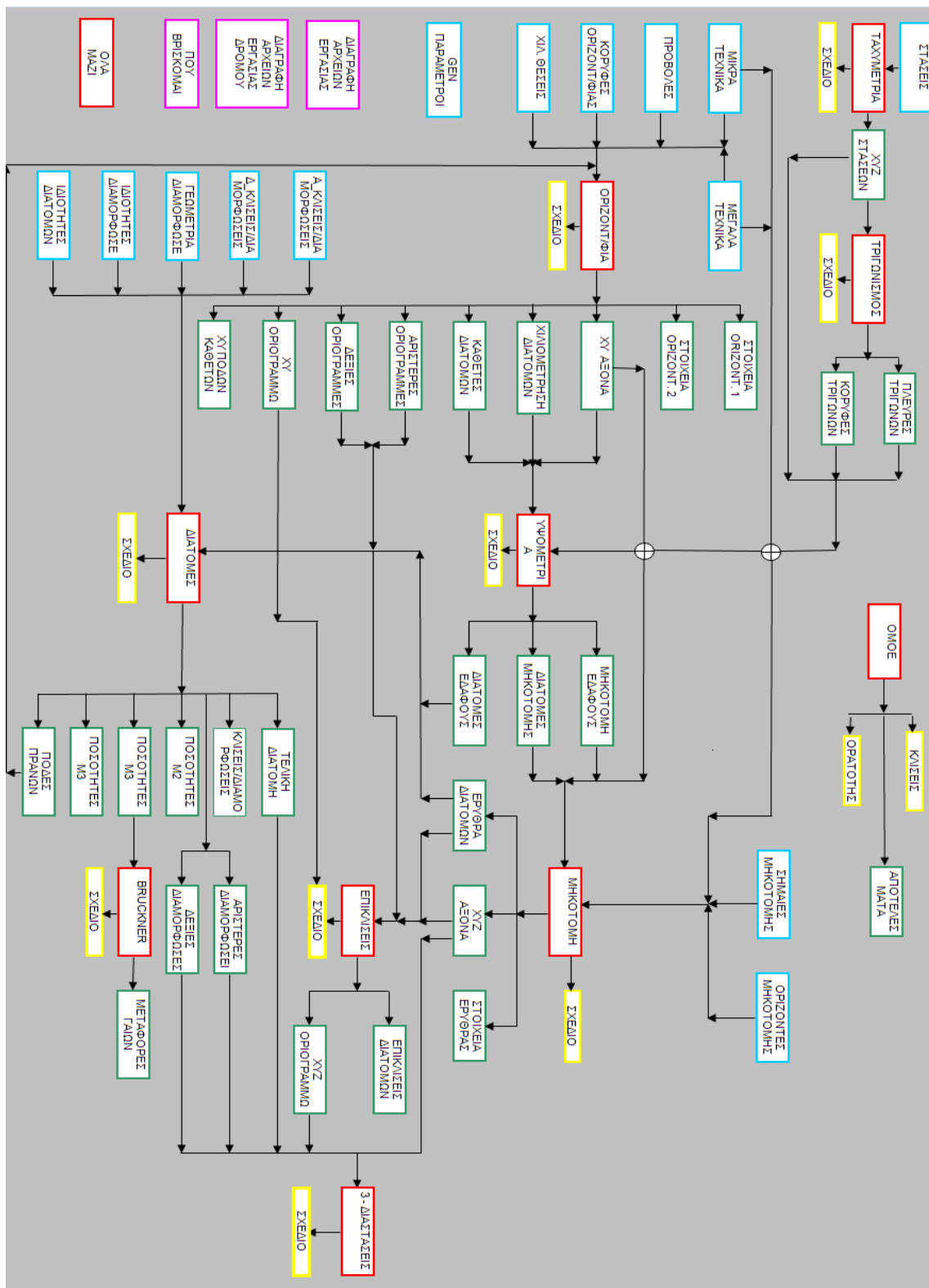
Το H8 είναι ένα πακέτο προγραμμάτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μελέτη Οδών, Σιδηροδρομικών Γραμμών και Αεροδρομίων. Τα προγράμματα που το αποτελούν είναι τα εξής : Ταχυμετρία, Τριγωνισμός, Οριζοντιογραφία, Υψομετρία, Μηκοτομή, Επικλίσεις, Διατομές, Bruckner, 3-Διαστάσεις, ΟΜΟΕ. Τα προγράμματα αυτά είναι αποτέλεσμα πολλών υποπρογραμμάτων που για την υλοποίησή τους έχει χρησιμοποιηθεί η γλώσσα προγραμματισμού Fortran.

Το περιβάλλον εργασίας του H8 είναι ένα αρχείο τύπου *.xls (Microsoft Excel Worksheet). Το αρχείο αυτό για την κλήση εντολών χρησιμοποιεί μακροεντολές που βασίζονται στην γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic της Microsoft. Η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται στις κατάλληλα διαμορφωμένες σελίδες του περιβάλλοντος εργασίας. Τα στοιχεία που εισάγουμε στο H8 αποθηκεύονται παράλληλα και στο υπολογιστή μας, στον φάκελο που βρίσκεται το αρχείο *.xls, ως αρχεία μορφής *.* ή *.dat και μπορούν να αναγνωστούν μέσω του Notepad. Τα αλφαριθμητικά αποτελέσματα που υπολογίζουν τα προγράμματα του H8 καθώς και τα σχέδια που δημιουργούν αποθηκεύονται και αυτά στον φάκελο που βρίσκεται το αρχείο *.xls. Τα αρχεία που περιέχουν σχέδια είναι τύπου *.dxf και μπορούν να αναγνωσθούν από το AutoCad της AutoDesk ή από το MicroStation της Bentley. Ενώ τα αρχεία που περιέχουν τα αλφαριθμητικά αποτελέσματα είναι τύπου *.dat και μπορούν να αναγνωστούν μέσω του Notepad.

Το περιβάλλον εργασίας του H8 έχει δύο μορφές που εκτελούν τις ίδιες εντολές και ονομάζονται EMP και MENU (Σχήμα3.1-3.2). Η μορφή EMP είναι διαμορφωμένη ως διάγραμμα ροής ενώ η μορφή MENU αποτελείται από ειδικά πλήκτρα. Η μορφή EMP έχει ως σκοπό έχει να βοηθήσει τους σπουδαστές του Ε.Μ.Π. με στοιχειώδεις γνώσεις Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και βασικές γνώσεις Οδοποιίας να μελετήσουν ένα δρόμο και να παράγουν τα βασικά σχέδια του. Η μορφή MENU περιέχει ένα περιβάλλον που επιτρέπει καλύτερο χειρισμό των προγραμμάτων και απαιτεί πολύ καλή γνώση του προγράμματος. Για την υλοποίηση αυτής της διπλωματικής επιλέχθηκε η μορφή MENU.

Παράμετροι	Κορυφές	Σημείες	Πλάτη	Κλίσεις Διαμορφ. Αρ	Αποσπασμένη	Ακατάλληλα	Γραφικά	Διασ
Κύριος Αξόνος	Προβολές	Οριζόντιες	Κλίσεις	Κλίσεις Διαμορφ. Δξ	Οδοστρώα	Εξυγίωση	Γραφ. Αρ Οριζογρ.	
Στάσεις	Χ.Θ.		Στράγγιση	Γεωμετρία Διαμορφ.	Στράγγιση	Κατηγορίες Εδάφους	Γραφ. Δεξ. Οριζογρ.	
Σκοπεύσεις	Μεγάλα Τεχνικά	Προβολές Μηκοτ.	Οριζογραμμές	Ιδιότητες Διαμορφώσεων	Εδραση	Προή Αποστράτ.	Γραφ. Αρ. Στρωγ.	
Σημεία	Μικρά Τεχνικά		Αποστ. Αγκυρώσεις	Ιδιότητες Διατομών	Φυτικά Πρασινών	Προή Δεξιά	Γραφ. Δεξ. Στρωγ.	
Διασταυρώσεις			Δεξιάς Αγκυρώσεις	Διάτρη Διατομών		Σύνδεση Διατομών	Γραφ. Αξόνια.	
Ταχυμετρία	ταχυ	XYZ Στάσεων / Σημαδίων	Χωρομέτρηση	Διατομές Μηκοτομής	Κλίσεις & Διαμορφώσεις	MicroStation		
Τριγωνισμός	trm	Πλευρές Τριγώνων	Στοιχεία Οριζοντογραφίας 1	Μηκοτομή Εδάφους	Θέσεις Διατομών	AutoCad		
Οριζοντογραφία	oriz	Κορυφές Τριγώνων	Στοιχεία Οριζοντογραφίας 2	Διατομές Εδάφους	Πόδες Πρασινών			
Υψομετρία	ypso	CRS	Στοιχεία Οριζοντογραφίας	Αναγραφές Εδάφους	Διαμορφωμένη Διατομή			
Μηκοτομή	mthko	PRF	XYZ Διατομών		Ποσότητες m2			
Επικλίσεις	epik	IO1-31	Προβολές	Στοιχεία Ερυθράς	Ποσότητες m3			
Μηκοτ. & Επικλ.	ME	IO2-32	Αλληλοτομίες	Ερυθρά Διατομών	Ποσότητες m3 σφραστικά			
Διατομές	xoma	IM0-50	Προβολές Μηκοτομής	ΜΗΚ7 ASC				
Bruckner	bruc	IM0-70	HOR8 ASC	Ολοκλήρωση	Διαγραφή Αρχείων Εργασίας			
3-Διαστάσεις	dim3	IX1-71	Κάδρες Διατομών		Διαγραφή Αρχείων Εργασίας Δομωμ.			
ΟΜΟΕ	omoe	IM5-75	Αποστρέψ. Οριζογραμμές	Μεταφρές Γαίων	Που Βρίσκονται			
Οροτότητες	orat	IM6-66	Δεξιάς Οριζογραμμές					
Διασταυρώσεις	chek	IM7-67	ΧΥ Αξόνια					
			Χαρακτηριστικά	Ολα - Κύριος			Γράφω	
			Ελεγχος ΟΜΟΕ	Ολα - Δευτερευόντων			Διαβάζω	

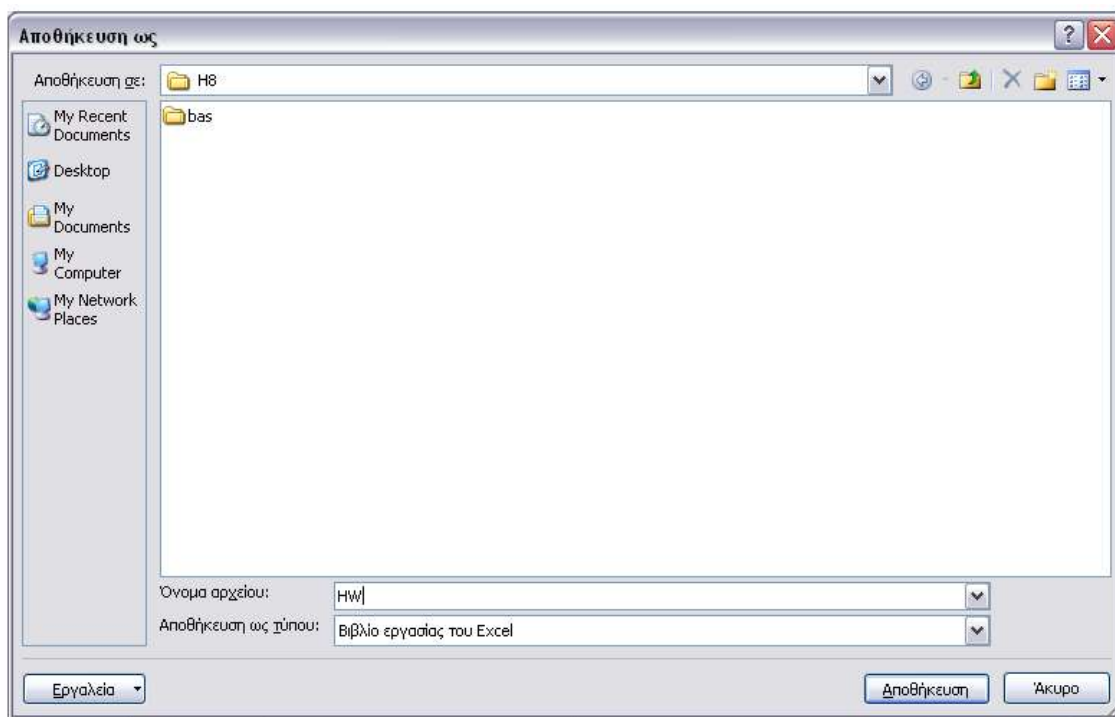
Σχήμα 3.1 : Περιβάλλον εργασίας MENU



Σχήμα 3.2 : Περιβάλλον εργασίας EMP

3.1.1 Έναρξη του προγράμματος

Για να ξεκινήσει η λειτουργία του προγράμματος πρέπει ο χρήστης να εισέλθει στο φάκελο H8, τον οποίο πρέπει πρώτα να έχει αποθηκεύσει στον βασικό σκληρό δίσκο του υπολογιστή του (C:\), και να ανοίξει το αρχείο HW.xls. Έπειτα επιλέγοντας την εντολή “Αποθήκευση ως” μέσω του κατάλογου του προγράμματος του Excel δίνει την ονομασία που επιθυμεί στην εργασία και την αποθηκεύει σε ένα φάκελο της επιλογής του (Σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.3 : Έναρξη προγράμματος

3.1.2 Κλήση των προγραμμάτων

Η κλήση των προγραμμάτων από το χρήστη γίνεται μέσω των ειδικών πλήκτρων που υπάρχουν στην επιφάνεια εργασίας (Σχήμα 3.4). Τα πλήκτρα λειτουργούν βάση των μακροεντολών της Visual Basic.

Ταχυμετρία	Διατομές
Τριγωνισμός	Bruckner
Οριζοντιογραφία	3-Διαστάσεις
Υψομετρία	ΟΜΟΕ
Μηκοτομή	Ορατότητες
Επικλίσεις	Διασταυρώσεις

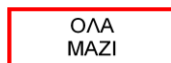
Σχήμα 3.4 : Πλήκτρα κλήσης προγραμμάτων

Σε κώδικα προγραμματισμού γράφεται :

```
Sub ORAT()
Dim StartTime As Double, pathexe As String
StartTime = Now
pathexe = "c:\h8\ORAT.exe"
ShellAndWait pathexe, 1
End Sub
```

Παράδειγμα αλγόριθμου 1 : Κλήση του προγράμματος Ορατότητες

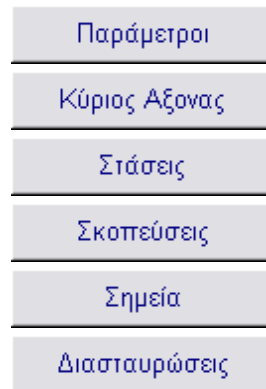
Επίσης υπάρχει ένα πλήκτρο με τη χρήση του οποίου μπορούμε να καλέσουμε όλα τα προγράμματα του H8 (Σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5 : Πλήκτρο κλήσης όλων των προγραμμάτων του H8

3.1.3 Εισαγωγή δεδομένων

Τα δεδομένα εισάγονται στο ίδιο το αρχείο *.xls. Η μετάβαση στην κατάλληλη σελίδα εισαγωγής δεδομένων γίνεται μέσω των πλήκτρων που υπάρχουν στην επιφάνεια εργασίας (Σχήμα 3.6).



Σχήμα 3.6 : Πλήκτρα εισαγωγής δεδομένων

Σε κώδικα προγραμματισμού γράφεται :

```
Sub GEN_Click()  
Sheets("GEN").Select  
End Sub
```

Παράδειγμα αλγόριθμου 2 : Μετάβαση στη σελίδα των παραμέτρων

Τιμή / Value	Σύντομη Περιγραφή / Short Description	Πρόγραμμα / Programme
R66	Όνομα έργου	Γενικά
0,000	0=ελληνικά, 1=αγγλικά, 2=ελληνικά & αγγλικά	Γενικά
80,000	Ταχύτητα μελέτης κατά ΟΜΟΕ (130 120 110 100 90 80 70 60 50 40)	Γενικά
AIII	Κατηγορία δρόμου κατά ΟΜΟΕ (AI,AII,AIII,AIV,AV,BI,BII,BIII,BIV) η ΑΚ(Ακασόπεδο Κόμβου) η ΑΔ(Αντροπικοί Δρόμοι)	Γενικά
1,000	Παραβίαση τριδιάστατων σχεδίων στα Z	Γενικά
PEDINO	Μορφολογία περιοχής έργου κατά ΟΜΟΕ (PEDINO,LOFODES,OREINO)	Γενικά
0,000	Απόσταση μεταξύ σημείων εδάφους πλαισίου διατομών εδάφους	Γενικά
10,000	Κλίμακα κλίσεων (κατά μήκος κλίση, συνιστή κλίση, s-dis)	Γενικά
0,000	1=Διαχωρισμένος Αυτοκινητόδρομος, 0=Μη Διαχωρισμένος Αυτοκινητόδρομος	Γενικά
3,500	Πλάτος λωρίδας για v85	Γενικά
0,000	X κάτω αριστερής γωνίας πλαισίου	Ταχυμετρία
0,000	Y κάτω αριστερής γωνίας πλαισίου	Ταχυμετρία
1600,000	X πάνω δεξιάς γωνίας πλαισίου	Ταχυμετρία
800,000	Y πάνω δεξιάς γωνίας πλαισίου	Ταχυμετρία
0,000	Απόσταση μεταξύ γραμμών κανάβου (0=κλίμακα/10)	Ταχυμετρία
100,000	Απόσταση σταυρών κανάβου (0=κλίμακα/10)	Ταχυμετρία
100,000	Απόσταση καμένων X="*", Y="*" σταυρών κανάβου (0=κλίμακα/10)	Ταχυμετρία
1000,000	Κλίμακα σχεδίου ταχυμετρίας	Ταχυμετρία
0,000	Γωνία γραφής στάσεων ταχυμετρίας	Ταχυμετρία
0,000	Τύπος οργάνου (1=σταθία 0=εκκλιμένο ηλεκτρονικό, -1=οριζόνιο ηλεκτρονικό)	Ταχυμετρία
0,000	0=Δεν ελέγχω ίδιο όνομα στάσης αρχείου STA, 1=ελέγχω ίδιο όνομα στάσης αρχείου STA	Ταχυμετρία
0,000	M	Ταχυμετρία
0,000	M	Ταχυμετρία
0,000	M	Ταχυμετρία
0,000	M	Ταχυμετρία
0,000	Ελάχιστο υψόμετρο στρογγυλεμένο σε τιμή κύριας ισχύος	Ταχυμετρία

Σχήμα 3.7 : Παράδειγμα σελίδας εισαγωγής δεδομένων στο Excel

3.1.4 Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Τα αλφαριθμητικά αποτελέσματα καθώς και τα σχέδια που εξάγονται από τα προγράμματα αποθηκεύονται ως ξεχωριστά αρχεία τα οποία μπορούν να ανοιχθούν μέσω των πλήκτρων της επιφάνειας εργασίας (Σχήμα 3.8).



Σχήμα 3.8 : Πλήκτρα εξαγωγής δεδομένων

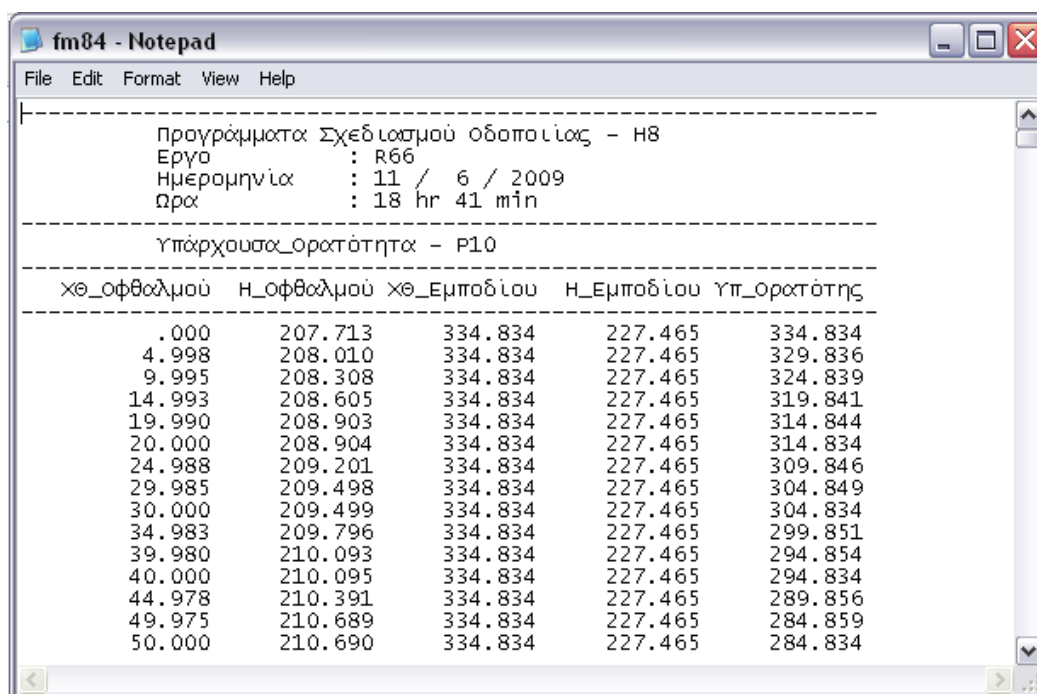
Σε κώδικα προγραμματισμού γράφεται :

```
Sub ACAD_ORAT()  
Dim ACAD_apl As Object, pathwb As String, dwgname As String  
Set ACAD_apl = GetObject(, "Autocad.Application")  
ACAD_apl.Visible = True  
pathwb = Application.ActiveWorkbook.path  
dwgname = pathwb & "\ORAT.dxf"  
ACAD_apl.Documents.Open dwgname  
ACAD_apl.Zoomextents  
Beep  
End Sub
```

Παράδειγμα αλγόριθμου 3 : Εξαγωγή δεδομένων σε αρχείο σχεδίου *.dxf

```
Sub NPFm14()  
Dim StartTime As Double, pathexe As String, pathwb As String  
StartTime = Now  
pathwb = Application.ActiveWorkbook.path  
pathexe = "notepad " & pathwb & "\fm14.dat"  
On Error Resume Next  
ShellAndWait pathexe, 1  
End Sub
```

Παράδειγμα αλγόριθμου 4 : Εξαγωγή αλφαριθμητικών δεδομένων σε αρχείο *.dat



fm84 - Notepad

File Edit Format View Help

Προγράμματα Σχεδιασμού Οδοποιίας - H8
 Έργο : R66
 Ημερομηνία : 11 / 6 / 2009
 Ωρα : 18 hr 41 min

Υπάρχουσα Ορατότητα - P10

Χθ_οφθαλμού	Η_οφθαλμού	Χθ_Εμποδίου	Η_Εμποδίου	Υπ_Ορατότης
.000	207.713	334.834	227.465	334.834
4.998	208.010	334.834	227.465	329.836
9.995	208.308	334.834	227.465	324.839
14.993	208.605	334.834	227.465	319.841
19.990	208.903	334.834	227.465	314.844
20.000	208.904	334.834	227.465	314.834
24.988	209.201	334.834	227.465	309.846
29.985	209.498	334.834	227.465	304.849
30.000	209.499	334.834	227.465	304.834
34.983	209.796	334.834	227.465	299.851
39.980	210.093	334.834	227.465	294.854
40.000	210.095	334.834	227.465	294.834
44.978	210.391	334.834	227.465	289.856
49.975	210.689	334.834	227.465	284.859
50.000	210.690	334.834	227.465	284.834

Σχήμα 3.9 : Παράδειγμα εξαγωγής δεδομένων σε αρχείο *.dat

3.1.5 Διαγραφή δεδομένων

Επίσης στο πρόγραμμα H8 υπάρχουν δύο πλήκτρα με την χρήση των οποίων μπορούμε να διαγράψουμε τα δημιουργημένα αρχεία του δρόμου ή της εργασίας ολόκληρης (Σχήμα 3.10).

Διαγραφή Αρχείων Εργασίας

Διαγραφή Αρχείων Εργασίας
Δρόμου

Σχήμα 3.10 : Διαγραφή δεδομένων

Σε κώδικα προγραμματισμού γράφεται :

```
'Kill Files
Sub KillFiles()
Dim path As Variant
path = ActiveWorkbook.path
On Error Resume Next
kill path & "\fm*.dat"
kill path & "\hor7.asc*"
kill path & "\hor8.asc"
kill path & "\mhk.sta"
Beep
MsgBox "Τα Αρχεία εργασίας διαγράφηκαν"
End Sub
```

Παράδειγμα αλγόριθμου 5 : Διαγραφή αρχείων εργασίας

```
'Kill Road Files
Sub KillRoadFiles()
Dim path As Variant
path = ActiveWorkbook.path
On Error Resume Next
kill path & "\fm0.dat"
kill path & "\fm1.dat"
kill path & "\fm2.dat"
kill path & "\fm5.dat"
kill path & "\fm6.dat"
kill path & "\fm7.dat"
kill path & "\fm8.dat"
kill path & "\mhk.sta"
Beep
MsgBox "Τα αρχεία εργασίας δρόμου διαγράφηκαν"
End Sub
```

Παράδειγμα αλγόριθμου 6 : Διαγραφή αρχείων εργασίας δρόμου

3.2 Πρόγραμμα Ορατότητες

3.2.1 Γενικά

Στόχος αυτής της διπλωματικής είναι η δημιουργία ενός προγράμματος που θα υπολογίζει την υπάρχουσα ορατότητα στο χώρο και έπειτα θα τη συγκρίνει με τις απαραίτητες. Οι κανονισμοί που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ορατότητας είναι οι Γερμανικοί και οι Αμερικανικοί. Το πρόγραμμα αυτό ονομάζεται Ορατότητες και εντάσσεται στο Η8. Για να γίνει η χρήση του προγράμματος Ορατότητες θα πρέπει πρώτα ο χρήστης να καλέσει όλα τα προϋπάρχοντα προγράμματα του Η8. Επίσης πριν την λειτουργία του προγράμματος Ορατότητες ο χρήστης θα πρέπει να καλέσει το υποπρόγραμμα *porat* το οποίο με τη σειρά του καλεί το υποπρόγραμμα *sr8*. Για τη κατασκευή του μοντέλου της οδού στο χώρο δημιουργήθηκε ακόμη ένα πρόγραμμα που ονομάζεται 3-Διαστάσεις.

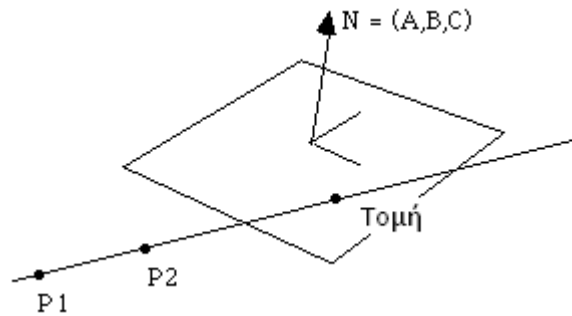
3.2.2 Μαθηματική προσέγγιση του προγράμματος Ορατότητες

Για την επίτευξη του πρωταρχικού στόχου, που ήταν εύρεση της υπάρχουσας ορατότητας, έπρεπε να βρούμε την τομή της ευθείας που ενώνει τους οφθαλμούς του οδηγού και ένα τυχαίο εμπόδιο με την επιφάνεια της οδού. Για να πραγματοποιηθεί αυτός ο στόχος έπρεπε η επιφάνεια της οδού να εκφραστεί με ένα μαθηματικό πρότυπο, οπότε επιλέξαμε να την ορίσουμε ως ένα επίπεδο. Το επίπεδο αυτό αποτελείται από πολλά μικρότερα επίπεδα που δημιουργούνται ενώνοντας τα χαρακτηριστικά σημεία των διατομών μίας οδού. Αυτά τα επίπεδα είναι επίπεδα τριών σημείων και έχουν δημιουργηθεί μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών. Τα τριγωνικά αυτά επίπεδα δημιουργούνται από το πρόγραμμα 3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ.

Για να βρεθεί η τομή της ευθείας που ενώνει τους οφθαλμούς οδηγού και ένα τυχαίο εμπόδιο με ένα τρίγωνο επίπεδο που αποτελεί μέρος της οδού χρησιμοποιήθηκαν οι εξής μαθηματικοί τύποι (Σχήμα 3.11) :

$$Ax + By + Cz + D = 0 \quad (\text{εξίσωση επιπέδου})$$

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1} \quad (\text{εξίσωση ευθείας})$$



Σχήμα 3.11: Τομή ευθείας και επιπέδου στο χώρο

Για την επίλυση του προβλήματος έχουμε ως δεδομένα τις συντεταγμένες των τριών σημείων του επιπέδου και τις συντεταγμένες των δύο σημείων της ευθείας.

Εάν είναι γνωστές οι καρτεσιανές συντεταγμένες (x, y, z) τριών σημείων και θέλουμε από αυτά τα σημεία να διέρχεται ένα επίπεδο τότε η εξίσωση του τυχαίου επιπέδου δίνεται από τον τύπο : $Ax + By + Cz + D = 0$. Η λύση του δίνεται από τα εξής ορίσματα:

$$A = \begin{vmatrix} 1 & y_1 & z_1 \\ 1 & y_2 & z_2 \\ 1 & y_3 & z_3 \end{vmatrix} \quad B = \begin{vmatrix} x_1 & 1 & z_1 \\ x_2 & 1 & z_2 \\ x_3 & 1 & z_3 \end{vmatrix} \quad C = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix} \quad D = - \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix}$$

Η επίλυση τους μας δίνει τέσσερις εξισώσεις από τις οποίες μπορούμε να υπολογίσουμε τις παραμέτρους A, B, C και D του επιπέδου. Οι εξισώσεις είναι οι εξής :

$$\begin{aligned} A &= y_1(z_2 - z_3) + y_2(z_3 - z_1) + y_3(z_1 - z_2) \\ B &= z_1(x_2 - x_3) + z_2(x_3 - x_1) + z_3(x_1 - x_2) \\ C &= x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2) \\ D &= -[x_1(y_2 z_3 - y_3 z_2) + x_2(y_3 z_1 - y_1 z_3) + x_3(y_1 z_2 - y_2 z_1)] \end{aligned}$$

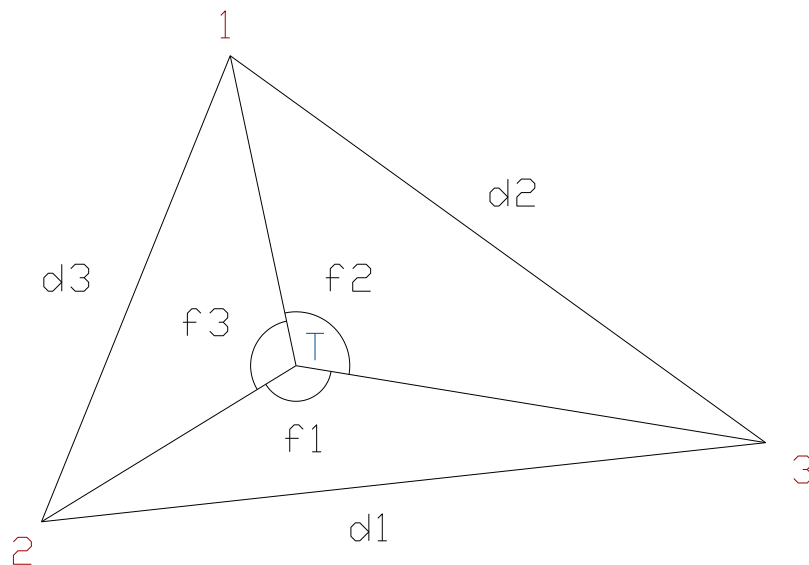
Από την εξίσωση της ευθείας παίρνουμε μία σχέση μεταξύ των x, y και z .

Εάν υποθέσουμε ότι η ευθεία και το τριγωνικό επίπεδο τέμνονται σε ένα τυχαίο σημείο (x_T, y_T, z_T) , τότε για αυτό το σημείο ισχύει ταυτοχρόνως και η εξίσωση του επιπέδου και η

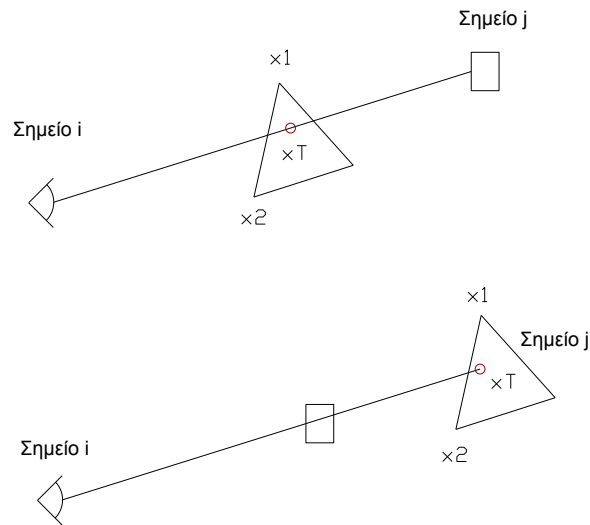
εξίσωση της ευθείας. Έχοντας πλέον γνωστή την εξίσωση του επιπέδου και μια σχέση μεταξύ των x, y και z μπορούμε να υπολογίσουμε τις συντεταγμένες της τομής της ευθείας με ένα επίπεδο. Δηλαδή στη περίπτωση του δικού μας προβλήματος την τομή της ευθείας που ενώνει το οφθαλμούς του οδηγού και ένα τυχαίο εμπόδιο με ένα τρίγωνο που αποτελεί μέρος της οδού.

Έπειτα από τον υπολογισμό της τομής της ευθείας με τα τρίγωνα της οδού πρέπει να ελέγξουμε αν η τομή τους βρίσκεται μέσα στο τρίγωνο. Για να ισχύει αυτό θα πρέπει το άθροισμα των γωνιών που σχηματίζονται από το σημείο τομής με τα τρία σημεία του επιπέδου να είναι $400g$ (Σχήμα 3.12 $f1+f2+f3=400g$). Αν το άθροισμα τους είναι $400g$ τότε η τομή είναι μέσα στο τρίγωνο οπότε η ορατότητα παρεμποδίζεται.

Επιπρόσθετα θα πρέπει να ελέγξουμε εάν η ευθεία ορατότητας τέμνει πρώτα τα τρίγωνα της οδού ή το τυχαίο εμπόδιο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της τιμής του γινομένου $(x_T - x_i) \cdot (x_T - x_j)$, όπου x_i και x_j οι συντεταγμένες των οφθαλμών και του εμποδίου αντίστοιχα και x_T οι συντεταγμένες του σημείου τομής. Εάν το γινόμενο αυτό είναι αρνητικό τότε η ευθεία ορατότητας τέμνει πρώτα το εμπόδιο (Σχήμα 3.13).



Σχήμα 3.12: Τομή ευθείας ορατότητας με τριγωνικό επίπεδο της οδού



Σχήμα 3.13: Τομή ευθείας ορατότητας με τριγωνικό επίπεδο της οδού σε σχέση με τυχαίο εμπόδιο

3.2.3 Λειτουργία του προγράμματος Ορατότητες

Το πρόγραμμα Ορατότητες διαβάζει και δημιουργεί τα εξής αρχεία:

Διαβάζει	fm.gen	> Παράμετροι
	fm.orz	> Βάση Ορίζοντα
	fm8.dat	> XYZ Κλειστών επιφανειών ορατότητας
	fm39.dat	> XYZ Χάραξη Άξονα
	fm41.dat	> XYZ Χάραξη Οριογραμμών
Δημιουργεί	fm84.dat	> Ορατότητα Μηκοτομής
	fm87.dat	> Υπάρχουσα Ορατότητα 3d
	fm88.dat	> Φρενάρισμα
	ormk.dxf	> Σχέδιο Ορατότητας Μηκοτομής
	or3d.dxf	> Σχέδιο Διατιθέμενης Ορατότητας 3d
	ordg.dxf	> Διάγραμμα Ορατότητας

Ανάλυση των αρχείων που δημιουργεί και διαβάζει το πρόγραμμα Ορατότητες

Διαβάζει :

- Από το αρχείο fm.gen διαβάζει την ταχύτητα μελέτης, την παραμόρφωση σχεδιασμού στον άξονα των z, την κλίμακα σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας και την κλίμακα σχεδιασμού της μηκοτομής.
- Από το αρχείο fm.orz διαβάζει την χιλιομετρική θέση της αρχής του ορίζοντα και την τιμή της βάση του.
- Από το αρχείο fm8.dat διαβάζει τον αριθμό και τις συντεταγμένες x,y,z των τριγώνων που αποτελούν το μοντέλο της οδού.
- Από το αρχείο fm39.dat διαβάζει την χιλιομετρική θέση και τις συντεταγμένες του άξονα του δρόμου, καθώς και την κατά μήκος κλίση σε κάθε θέση. Επίσης διαβάζει την τιμή της ακτίνας των καμπύλων στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή σε κάθε θέση. Σε περίπτωση οριζοντιογραφίας η τιμή της ακτίνας τείνει στο άπειρο.
- Από το αρχείο fm41.dat διαβάζει τον τύπο, την χιλιομετρική θέση, τις συντεταγμένες και τον αριθμό των οριογραμμών του δρόμου. Επίσης σε κάθε θέση διαβάζει την κατά μήκος κλίση και την επίκλιση της οδού

Τα αρχεία αυτά δημιουργούνται από :

- Τα αρχεία fm.gen και fm.orz δημιουργούνται από τα στοιχεία που εισάγουμε στο περιβάλλον εργασίας (αρχείο τύπου *.xls).
- Το αρχείο fm8.dat δημιουργείται από το πρόγραμμα 3-Διαστάσεις
- Το αρχείο fm39.dat δημιουργείται από το πρόγραμμα Μηκοτομή
- Το αρχείο fm41.dat δημιουργείται από το πρόγραμμα Επικλίσεις.

Δημιουργεί :

- Το αρχείο fm84.dat στο οποίο αποθηκεύει την χιλιομετρική θέση και το ύψος του οφθαλμού, την χιλιομετρική θέση και το ύψος του εμποδίου και την υπάρχουσα ορατότητα στην μηκοτομή.
- Το αρχείο fm87.dat στο οποίο αποθηκεύει την χιλιομετρική θέση και το ύψος του οφθαλμού, την χιλιομετρική θέση και το ύψος του εμποδίου και την υπάρχουσα ορατότητα στην τρισδιάστατη χάραξη.
- Το αρχείο fm88.dat στο οποίο αποθηκεύει τη χιλιομετρική θέση στην οποία ο οδηγός αντιλαμβάνεται την ύπαρξη ενός εμποδίου, τη θέση στην οποία αρχίζει η τροχοπέδηση του οχήματος και τη θέση στην οποία το όχημα ακινητοποιείται. Ακόμη αποθηκεύει σε κάθε χιλιομετρική θέση την ταχύτητα V_{85} , την κατή μήκος κλίση και το μήκος τροχοπέδησης.

- Το αρχείο `ormk.dxf` στο οποίο απεικονίζονται οι γραμμές της υπάρχουσας ορατότητας στη μηκοτομή σε κάθε χιλιομετρική θέση.
- Το αρχείο `or3d.dxf` στο οποίο απεικονίζονται οι γραμμές της τρισδιάστατης υπάρχουσας ορατότητας στην μηκοτομή και στην οριζοντιογραφία. Στο σχέδιο της οριζοντιογραφίας εμφανίζονται τα τρίγωνα του μοντέλου εδάφους ή των εμποδίων που παρεμποδίζουν την ορατότητα.
- Το αρχείο `ordg.dxf` που απεικονίζει το διάγραμμα ορατότητας της οδού για την ορατότητα στο χώρο, την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή.

3.2.4 Επεξήγηση του αλγόριθμου του προγράμματος Ορατότητες

Ο αλγόριθμος του προγράμματος Ορατότητες αποτελείται από τις παρακάτω εντολές με την σειρά που διατυπώνονται :

- Αρχικά δηλώνουμε το όνομα του προγράμματος.
- Έπειτα εισάγουμε στο πρόγραμμα όλες τις παραμέτρους που σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε και δηλώνουμε τον αριθμό των ψηφίων ή των γραμμάτων που επιθυμούμε να έχει κάθε παράμετρος. Κάθε παράμετρος δηλώνεται ανάλογα με την μορφή της ως κείμενο ή ως αριθμός ως εξής :
 - Real = πραγματικός αριθμός
 - Integer = ακέραιος αριθμός
 - Character = κείμενο
- Και η δήλωση για τον αριθμό των ψηφίων ή των γραμμάτων γίνεται με το σύμβολο `*` . (π.χ. `real*8` = πραγματικός αριθμός με 8 ψηφία)
- Το πρόγραμμα καλεί τα αρχεία που χρησιμοποιεί ώστε να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα που περιέχουν με την εντολή `call`.
- Ελέγχει την ύπαρξη αλλά και την ορθότητα του φακέλου των παραμέτρων `fm.gen`
- Διαβάζει από τον αρχείο των παραμέτρων `fm.gen` την ταχύτητα μελέτης, την σχεδιαστική παραμόρφωση `z`, την κλίμακα σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής.
- Υπολογίζει την ταχύτητα `V85`.
- Διαβάζει από το αρχείο `fm.orz` την χιλιομετρική θέση της αρχής του ορίζοντα και την τιμή της βάσης του.
- Το πρόγραμμα καλεί το χρήστη να επιλέξει με βάση ποιους κανονισμούς θέλει να γίνει ο έλεγχος της ορατότητας της οδού (RAA 2008 ή AASHTO2004). Με βάση τους κανονισμούς θέτει το ύψος οφθαλμών και εμποδίου για τον έλεγχο της ορατότητας στο χώρο, σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή.
- Διαβάζει από το αρχείο `fm8.dat` τον αριθμό και τις συντεταγμένες `x,y,z` των τριγώνων επιπέδων που αποτελούν το μοντέλο της οδού και μας ενημερώνει σε περίπτωση ύπαρξης προβλήματος

- Διαβάζει από το αρχείο fm39.dat την χιλιομετρική θέση και τις συντεταγμένες του άξονα του δρόμου και την κατά μήκος κλίση της μηκοτομής. Επίσης διαβάζει την τιμή της ακτίνας των καμπύλων στην οριζοντιογραφία και στη μηκοτομή σε κάθε θέση. Σε περίπτωση οριζοντιογραφίας η τιμή της ακτίνας τείνει στο άπειρο
- Το πρόγραμμα καλεί το χρήστη να επιλέξει ποια οριογραμμή επιθυμεί να ελέγξει. Ο προσδιορισμός της οριογραμμής προς έλεγχο γίνεται με βάση τον αριθμό που εκφράζει τον τύπο της
- Διαβάζει από το αρχείο fm41.dat τον τύπο, την χιλιομετρική θέση, τις συντεταγμένες και τον αριθμό των οριογραμμών του δρόμου. Επίσης σε κάθε θέση διαβάζει την κατά μήκος κλίση και την επίκλιση της οδού
- Υπολογίζει το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση βάσει των κανονισμών.
- Αποθηκεύει στο αρχείο fm88.dat τη χιλιομετρική θέση στην οποία ο οδηγός αντιλαμβάνεται την ύπαρξη ενός εμποδίου, τη θέση στην οποία αρχίζει η τροχοπέδηση του οχήματος και τη θέση στην οποία το όχημα ακινητοποιείται. Ακόμη αποθηκεύει σε κάθε χιλιομετρική θέση την ταχύτητα V_{85} , την κατά μήκος κλίση και το μήκος τροχοπέδησης.
- Δημιουργεί το αρχείο ormk.des στο οποίο αποθηκεύονται οι πληροφορίες που δημιουργεί ο αλγόριθμος για το σχέδιο της υπάρχουσας ορατότητας στη μηκοτομή
- Αποθηκεύει στο αρχείο fm84.dat την χιλιομετρική θέση και το ύψος του οφθαλμού, την χιλιομετρική θέση και το ύψος του εμποδίου και την υπάρχουσα ορατότητα στην μηκοτομή
- Σχεδιάζει την υπάρχουσα γραμμή ορατότητας στη μηκοτομή σε κάθε χιλιομετρική θέση καθώς και την γραμμή της ερυθράς με βάση τα στοιχεία του αρχείου fm84.dat
- Καλεί το υποπρόγραμμα *dx*f με την βοήθεια του οποίου το αρχείο ormk.des μετατρέπεται σε ormk.dxf στο οποίο αποθηκεύεται το σχέδιο που έχει δημιουργήσει το πρόγραμμα
- Δημιουργεί το αρχείο or3d.des στο οποίο αποθηκεύονται οι πληροφορίες που δημιουργεί ο αλγόριθμος για το σχέδιο της τρισδιάστατης υπάρχουσας ορατότητας σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή
- Επιλέγει ανά δύο τα σημεία του αρχείου fm41.dat όπου στο πρώτο, με βάση την χιλιομετρική του θέση, θέτει το ύψος των οφθαλμών και στο δεύτερο το ύψος του εμποδίου
- Υπολογίζει τις παραμέτρους της εξίσωσης του επιπέδου $Ax + By + Cz + D = 0$, όπου $A=a_p$, $B=b_p$, $C=c_p$ και $D=d_p$.
- Θέτει το ύψος οφθαλμού και εμποδίου
- Βρίσκει τα σημεία τομής της ευθείας που ενώνει τους οφθαλμούς του οδηγού και ένα τυχαίο εμπόδιο με ένα τρίγωνο που αποτελεί μέρος της οδού (x_T, y_T, z_T)
- Ελέγχει αν το σημείο τομής βρίσκεται μέσα στο επίπεδο του τριγώνου που αποτελεί μέρος της οδού.
- Ελέγχει αν η γραμμή ορατότητας τέμνει πρώτα τα τρίγωνα του δρόμου ή το εμπόδιο.

- Αποθηκεύει στο αρχείο fm87.dat την χιλιομετρική θέση και το ύψος του οφθαλμού, την χιλιομετρική θέση και το ύψος του εμποδίου και την τρισδιάστατη υπάρχουσα ορατότητα
- Σχεδιάζει την υπάρχουσα γραμμή της τρισδιάστατης ορατότητας στην οριζοντιογραφία σε κάθε χιλιομετρική θέση με βάση τα στοιχεία το αρχείου fm87.dat
- Σχεδιάζει την γραμμή της ορατότητας που τέμνει ένα τριγωνικό επίπεδο του μοντέλο της οδού καθώς και το τρίγωνο που εμποδίζει την ορατότητα
- Σχεδιάζει την υπάρχουσα γραμμή της τρισδιάστατης ορατότητας στη μηκοτομή σε κάθε χιλιομετρική θέση, την ερυθρά του άξονα της οδού και της οριογραμμής που ελέγχουμε με βάση τα στοιχεία το αρχείου fm88.dat
- Θέτει την υπάρχουσα ορατότητα ίση με το μηδέν στην τελευταία χιλιομετρική θέση της οδού
- Καλεί το υποπρόγραμμα *dx*f με την βοήθεια του οποίου το αρχείο or3d.des μετατρέπεται σε or3d.dxf στο οποίο αποθηκεύονται τα σχέδια που έχει δημιουργήσει το πρόγραμμα
- Δημιουργεί το αρχείο ordg.des στο οποίο αποθηκεύονται οι πληροφορίες που δημιουργεί ο αλγόριθμος για το διάγραμμα των ορατοτήτων
- Σχεδιάζει την γραμμή της υπάρχουσας ορατότητας στη μηκοτομή με βάση τα στοιχεία του αρχείου fm84.dat
- Σχεδιάζει την γραμμή της τρισδιάστατης υπάρχουσας ορατότητας με βάση τα στοιχεία του αρχείου fm87.dat
- Σχεδιάζει τη γραμμή του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση
- Καλεί το υποπρόγραμμα *dx*f με την βοήθεια του οποίου το αρχείο ordg.des μετατρέπεται σε ordg.dxf στο οποίο αποθηκεύονται τα σχέδια που έχει δημιουργήσει το πρόγραμμα
- Η ύπαρξη προβλήματος σε ένα από τα αρχεία fm.gen και fm8.dat δηλώνεται στο χρήστη του προγράμματος

3.2.5 Υποπρογράμματα `porat` και `sr8`

Για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα Ορατότητες θα πρέπει πρώτα να καλέσουμε το υποπρόγραμμα `porat`. Ο βασικός σκοπός του υποπρογράμματος `porat` είναι να καλέσει το υποπρόγραμμα `sr8`, το οποίο ταξινομεί τα τριγωνικά επίπεδα που σχηματίζει το πρόγραμμα 3-Διαστάσεις με αύξουσα χιλιομετρική σειρά.

Ο λόγος δημιουργίας του `porat` και του `sr8` ως ξεχωριστά υποπρογράμματα είναι ο μεγάλος χρόνος επεξεργασίας των δεδομένων. Η ταξινόμηση με αύξουσα χιλιομετρική σειρά των τριγωνικών επιπέδων είναι μία διαδικασία που μπορεί να προηγηθεί του προγράμματος Ορατότητες και να μην γίνεται κάθε φορά που θέλουμε να αλλάξουμε τα δεδομένα του ελέγχου ορατότητας μίας οδού.

Ο αλγόριθμος του υποπρογράμματος `porat` αποτελείται από τις παρακάτω εντολές με την σειρά που διατυπώνονται :

- Αρχικά δηλώνουμε το όνομα του υποπρογράμματος.
- Έπειτα εισάγουμε στο πρόγραμμα όλες τις παραμέτρους που σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε και δηλώνουμε τον αριθμό των ψηφίων ή των γραμμάτων που επιθυμούμε να έχει κάθε παράμετρος. Κάθε παράμετρος δηλώνεται ανάλογα με την μορφή της ως κείμενο ή ως αριθμός ως εξής :
 - Real = πραγματικός αριθμός
 - Integer = ακέραιος αριθμός
 - Character = κείμενο
 Και η δήλωση για τον αριθμό των ψηφίων ή των γραμμάτων γίνεται με το σύμβολο `*` .
(π.χ. `real*8` = πραγματικός αριθμός με 8 ψηφία)
- Καλεί τα αρχεία που χρησιμοποιεί το υποπρόγραμμα ώστε να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα που περιέχουν με την εντολή `call`.
- Το υποπρόγραμμα ελέγχει την ύπαρξη αλλά και την ορθότητα του αρχείου των παραμέτρων `fm.gen`
- Διαβάζει από το αρχείο των παραμέτρων `fm.gen` το όνομα του έργου
- Καλεί το υποπρόγραμμα `sr8`
- Η ύπαρξη προβλήματος σε ένα από τα αρχεία `fm.gen` και `fm8.dat` δηλώνεται στο χρήστη του προγράμματος

Ο αλγόριθμος του υποπρογράμματος `sr8` αποτελείται από τις παρακάτω εντολές με την σειρά που διατυπώνονται :

- Αρχικά δηλώνουμε το όνομα του υποπρογράμματος.

- Έπειτα εισάγουμε στο πρόγραμμα όλες τις παραμέτρους που σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε και δηλώνουμε τον αριθμό των ψηφίων ή των γραμμάτων που επιθυμούμε να έχει κάθε παράμετρος. Κάθε παράμετρος δηλώνεται ανάλογα με την μορφή της ως κείμενο ή ως αριθμός ως εξής :
 - Real = πραγματικός αριθμός
 - Integer = ακέραιος αριθμός
 - Character = κείμενοΚαι η δήλωση για τον αριθμό των ψηφίων ή των γραμμάτων γίνεται με το σύμβολο * . (π.χ. real*8 = πραγματικός αριθμός με 8 ψηφία)
- Το υποπρόγραμμα διαβάζει από το αρχείο των παραμέτρων fm.gen το όνομα του έργου
- Διαβάζει από το αρχείο fm8.dat τις συντεταγμένες x,y,z των σημείων που συνθέτουν τις τριγωνικές επιφάνειες του μοντέλου της οδού, την χιλιομετρική τους θέση καθώς και τον αριθμό των επιφανειών που δημιουργούν.
- Ταξινομεί τα τριγωνικά επίπεδα, που έχουν σχηματίζει το πρόγραμμα 3-Διαστάσεις, με αύξουσα χιλιομετρική σειρά
- Αποθηκεύει στο φάκελο fm8.dat τα τριγωνικά επίπεδα σύμφωνα με την ταξινόμηση που έχει κάνει
- Η ύπαρξη προβλήματος στο αρχείο fm.gen δηλώνεται στο χρήστη του προγράμματος

3.3 Πρόγραμμα 3-Διαστάσεις

3.3.1 Λειτουργία του προγράμματος 3-Διατάσεις

Το πρόγραμμα 3-Διαστάσεις διαβάζει και δημιουργεί τα εξής αρχεία:

Διαβάζει	fm.gen	> Παράμετροι
	fm.hor	> Κορυφές οριζοντιογραφίας
	hor7.asc	> Στοιχεία οριζοντιογραφίας για το INRoads V7
	fm9.dat	> Κλίσεις / Διαμορφώσεις διατομών
	fm19.dat	> Πόδες πρανών
	fm21.dat	> Αλληλοτομίες
	fm22.dat	> Διατομές
	fm23.dat	> Διαμορφωμένη διατομή
	fm39.dat	> XYZ Άξονα
	fm41.dat	> XYZ Οριογραμμών
Δημιουργεί	fm95.dat	> Αριστερή διαμόρφωση διατομής
	fm96.dat	> Δεξιά διαμόρφωση διατομής
	fm8.dat	> Κλειστές επιφάνειες ορατότητας
	Dim3.dxf	> Σχέδιο 3-διαστάσεων

Ανάλυση των αρχείων που δημιουργεί και διαβάζει το πρόγραμμα 3-Διατάσεις

Διαβάζει :

- Από το αρχείο fm.gen διαβάζει το όνομα του αρχείου, την παραμόρφωση σχεδιασμού στον άξονα των z, , τον τύπο της καμπύλης συναρμογής, το βήμα ακρίβειας και την κλίμακα σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας
- Από το αρχείο fm.hor μετράει το πλήθος των κορυφών της οριζοντιογραφίας
- Από το αρχείο hor7.asc διαβάζει τον τύπο της γραμμής σχεδιασμού της συναρμογής, την χιλιομετρική θέση, την ακτίνα συναρμογής, τις συντεταγμένες x και y, το αζιμούθιο και το μήκος της συναρμογής.
- Από το αρχείο fm9.dat διαβάζει το όνομα της διατομής και την χιλιομετρική της θέση. Έπειτα διαβάζει τον τύπο και την κλίση της διαμόρφωσης του δρόμου και τον τύπο της διαμόρφωσης του εδάφους για την αριστερή και την δεξιά πλευρά ξεχωριστά.

- Από το αρχείο fm19.dat διαβάζει το όνομα της διατομής και την χιλιομετρική της θέση. Έπειτα διαβάζει την απόσταση από τον άξονα και το ύψος της διαμόρφωσης από το τελευταίο σημείο της οδού μέχρι τον πόδα του πρανούς για τα χαρακτηριστικά σημεία της διατομής. Επιπρόσθετα διαβάζει την υψομετρική διαφορά του τελευταίου σημείου της διαμόρφωσης της οδού από τον πόδα του πρανούς.
- Από το αρχείο fm21.dat το όνομα, την χιλιομετρική θέση, τις συντεταγμένες x και y και την απόσταση μεταξύ των αλληλοτομιών. Επίσης διαβάζει την γωνία κλίσης κατά την φορά του δρόμου.
- Από το αρχείο fm22.dat διαβάζει το όνομα και την χιλιομετρική της θέση των διατομών.
- Από το αρχείο fm23.dat διαβάζει το όνομα και την χιλιομετρική θέση των διαμορφωμένων διατομών. Επίσης διαβάζει το υψόμετρο και τον τύπο των χαρακτηριστικών σημείων της διαμόρφωσης, καθώς και την απόσταση τους από τον άξονα της οδού.
- Από το αρχείο fm39.dat διαβάζει την χιλιομετρική θέση και τις συντεταγμένες του άξονα του δρόμου, καθώς και την κατά μήκος κλίση σε κάθε θέση.
- Από το αρχείο fm41.dat διαβάζει τον τύπο, την χιλιομετρική θέση, τις συντεταγμένες και τον αριθμό των χαρακτηριστικών σημείων των οριογραμμών του δρόμου.
- Από τα αρχεία fm95.dat - fm96.dat διαβάζει το όνομα, την χιλιομετρική θέση, τον τύπο της διαμόρφωσης της διατομής και την υψομετρική της διαφορά με την επόμενη διατομή. Επίσης διαβάζει τον αριθμό των χαρακτηριστικών σημείων διαμόρφωσης του πρανούς, το υψόμετρο και την απόσταση από τον άξονα του κάθε σημείου. Το αρχείο fm95.dat αναφέρεται στην αριστερή διαμόρφωση της διατομής ενώ το αρχείο fm96.dat στη δεξιά διαμόρφωση της διατομής.

Τα αρχεία αυτά δημιουργούνται από :

- Τα αρχεία fm.gen, fm.hor και hor7.asc δημιουργούνται από τα στοιχεία που εισάγουμε στο περιβάλλον εργασίας (αρχείο τύπου *.xls).
- Τα αρχεία fm9.dat, fm19.dat, fm23.dat, fm95.dat και fm96.dat δημιουργούνται από το πρόγραμμα Διατομές.
- Το αρχείο fm22.dat από το πρόγραμμα Οριζοντιογραφία.
- Το αρχείο fm39.dat από το πρόγραμμα Μηκοτομή.
- Το αρχείο fm41.dat από το πρόγραμμα Επικλίσεις.

Δημιουργεί :

- Το αρχείο fm8.dat στο οποίο αποθηκεύονται οι συντεταγμένες x,y,z των σημείων που συνθέτουν τις τριγωνικές επιφάνειες του μοντέλου της οδού καθώς και ο αριθμός των επιφανειών. Η καταγραφή των σημείων γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε σειρά του αρχείου να περιέχει τις συντεταγμένες των σημείων μίας τριγωνικής επιφάνειας και γίνεται με βάση την σειρά δημιουργίας τους.
- Το αρχείο Dim3.dxf στο οποίο απεικονίζονται τα τριγωνικά επίπεδα που απαρτίζουν το μοντέλο της οδού

3.3.2 Τρόπος δημιουργίας των τριγωνικών επιπέδων της οδού από το πρόγραμμα 3-Διαστάσεις

Αρχικά το πρόγραμμα 3-Διαστάσεις διαβάζει τα δεδομένα από τους φακέλους fm.gen, fm.hor, hor7.asc, fm21.dat, fm22.dat, fm23.dat και fm39.dat. Με βάση τα στοιχεία του αρχείου fm23.dat σχεδιάζει την κάθε διατομή. Για τον σχεδιασμό μιας διατομής ενώνει τα χαρακτηριστικά της σημεία μεταξύ τους με βάση τον τύπο τους. Κάθε σημείο σε μία διαμορφωμένη διατομή έχει ένα αριθμό που συμβολίζει τον τύπο του σημείου αυτού. Οι τύποι που υπάρχουν είναι οι εξής :

Σημεία εδάφους	Σημεία διαμόρφωσης μεταξύ πρανούς και καταστρώματος της οδού	Σημεία διαμόρφωσης του καταστρώματος της οδού	Σημεία του άξονα της οδού
Τύπος σημείου 1	Τύπος σημείου 31	Τύπος σημείου 11 έως 15	Τύπος σημείου 10
	Τύπος σημείου 32	Τύπος σημείου -11 έως -15	
	Τύπος σημείου 33		

Πίνακας 3.1 : Τύποι σημείων διαμορφωμένης διατομής

Τα σημεία του πίνακα που έχουν αρνητικές τιμές : Τύπος σημείου -11, έως και -15 είναι του ίδιου τύπου με τα σημεία τύπου 11 έως και 15. Η μόνη διαφορά ανάμεσα τους είναι ότι το αρνητικό πρόσημο μας δείχνει ότι βρίσκονται αριστερά από τον άξονα της οδού στην διατομή.

Τα χαρακτηριστικά σημεία της διατομής καταγράφονται στο αρχείο fm23.dat από την αριστερή προς τη δεξιά πλευρά της διαμόρφωσης. Το τέλος των χαρακτηριστικών σημείων μίας διατομής ορίζεται από ένα σημείο που έχει τύπο 0. Το πρόγραμμα ελέγχει τον τύπο

του κάθε σημείου μόνο σε σχέση με το επόμενο του και τα ενώνει αναλόγως με μία γραμμή.

Αρχικά το πρόγραμμα ενώνει τα σημεία του καταστρώματος της οδού ως εξής :

Τύπος σημείου 10 με τύπο σημείου 11 και -11

Τύπος σημείου 11 ή -11 με τύπο σημείου 10, 12 και -12

Τύπος σημείου 12 ή -12 με τύπο σημείου 11, -11, 13 και -13

Τύπος σημείου 13 ή -13 με τύπο σημείου 12, -12, 14 και -14

Τύπος σημείου 14 ή -14 με τύπο σημείου 13, -13, 15 και -15

Τύπος σημείου 15 ή -15 με τύπο σημείου 14, -14 και 31

Έπειτα ενώνει τα σημεία της διαμόρφωσης μεταξύ πρανούς και καταστρώματος της οδού ως εξής :

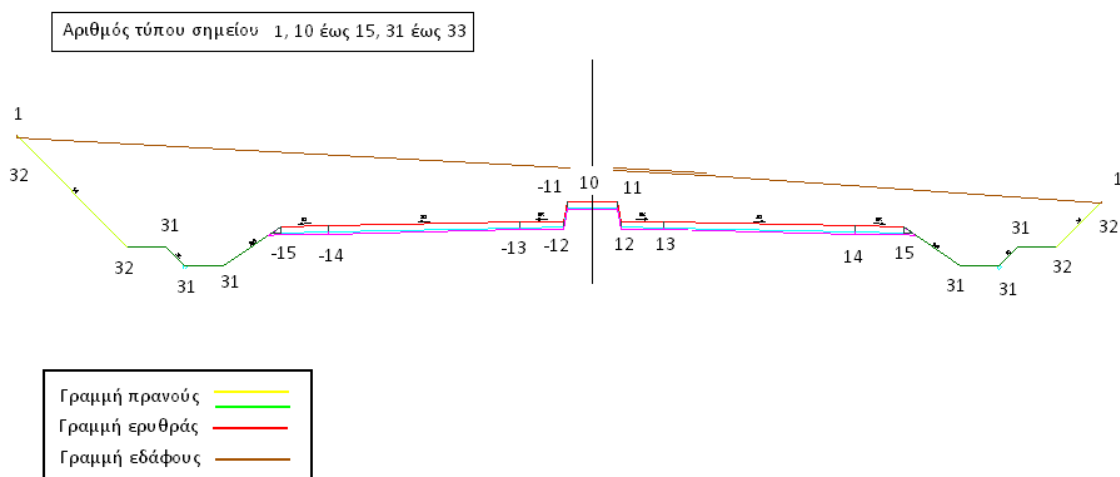
Τύπος σημείου 31 με τύπο σημείου 31, 32, 15 και -15

Τύπος σημείου 32 με τύπο σημείου 31, 32 και 33

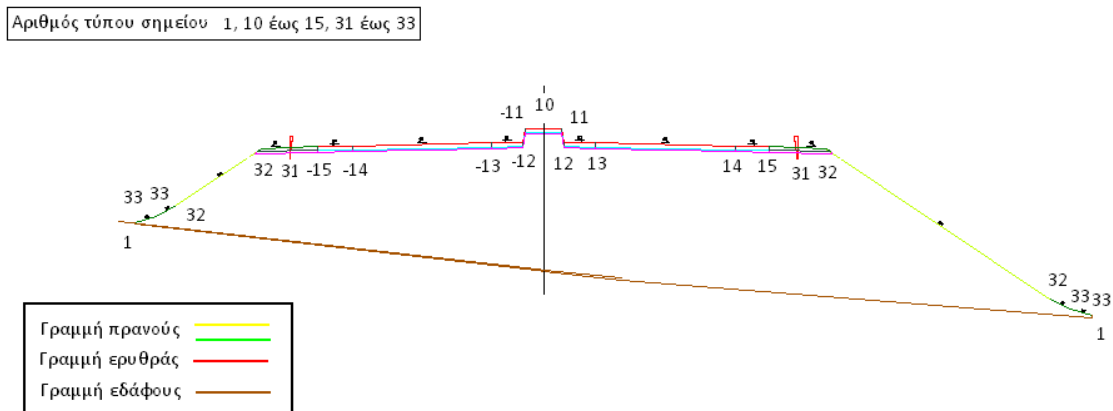
Τύπος σημείου 33 με τύπο σημείου 32 και 33

Τέλος ενώνονται μεταξύ τους τα σημεία του εδάφους ως εξής :

Τύπος σημείου 1 με τύπο σημείου 1, 32 και 33



Σχήμα 3.14 : Παράδειγμα τύπων σημείων διατομής - όρυγμα



Σχήμα 3.15 : Παράδειγμα τύπων σημείων διατομής - επίχωμα

Στη συνέχεια το πρόγραμμα 3-Διαστάσεις με βάση τα στοιχεία του αρχείου fm41.dat σχεδιάζει τις οριογραμμές της οδού. Κάθε σημείο μίας οριογραμμής έχει ένα τύπο ο οποίος δηλώνεται με ένα αριθμό. Τα σημεία που ανήκουν σε μία οριογραμμή έχουν τον ίδιο τύπο. Το πρόγραμμα ενώνει όλα τα σημεία που έχουν τον ίδιο τύπο με μία συνεχόμενη γραμμή, η διαδικασία αυτή γίνεται ενώνοντας τα σημεία ίδιου τύπου δύο διαδοχικών διατομών. Ο αριθμός που δηλώνει τον τύπο της οριογραμμής είναι η σειρά της οριογραμμής σε σχέση με τον άξονα της οδού (π.χ. η πρώτη οριογραμμή ως προς τον άξονα της οδού έχει τύπο 1, η δεύτερη 2 κ.λπ.) Όταν ο τύπος του σημείου της οριογραμμής έχει θετική τιμή (π.χ. 1,2,3) αναφέρεται στην δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας ενώ όταν έχει αρνητική τιμή (π.χ. -1,-2,-3) αναφέρεται στην αριστερή.

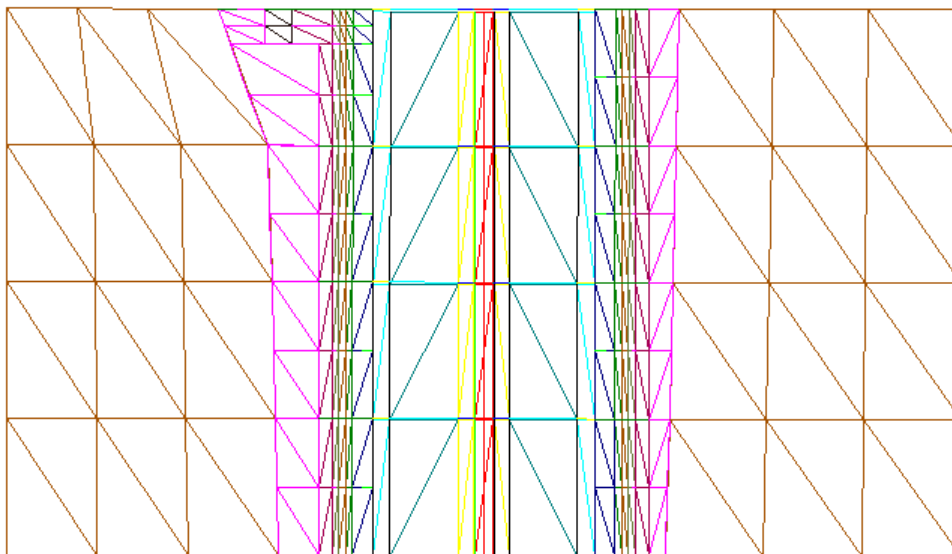
Αφού σχεδιαστούν οι οριογραμμές το πρόγραμμα επιλέγει τις οριογραμμές ανά δύο διαδοχικά, δηλαδή αυτές που μεταξύ τους δεν παρεμβάλλεται άλλη οριογραμμή. Στη συνέχεια φέρνει μια ευθεία που ενώνει την τομή της αριστερής οριογραμμής με μία διατομή με την τομή της δεξιάς οριογραμμής με την επόμενη διατομή. Η διαδικασία αυτή γίνεται για όλες τις οριογραμμές και σε όλες τις διατομές. Τέλος μετατρέπει τα τρίγωνα που σχηματίζονται σε επίπεδα.

Τα τρίγωνα όμως που σχηματίζονται με βάση τις οριογραμμές αφορούν μόνο το κατάστρωμα της οδού. Με βάση τα δεδομένα των αρχείων fm19.dat, fm95.dat και fm96.dat σχηματίζονται τα τριγωνικά επίπεδα της οδού μεταξύ του πρανούς και του οδοστρώματος της οδού. Με βάση τα αρχεία fm9.dat και fm19.dat σχηματίζονται τα

τριγωνικά επίπεδα των πρανών και με βάση τα δεδομένα του fm23.dat τα τριγωνικά επίπεδα του εδάφους. Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις ο σχεδιασμός των τριγώνων γίνεται μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών και διαχωρίζεται σε δύο περιπτώσεις : i) ίδιο τύπο διαμόρφωσης και ii) διαφορετικό τύπο διαμόρφωσης μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών.

Στην περίπτωση που έχουμε τον ίδιο τύπο διαμόρφωσης μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών τότε τα τριγωνικά επίπεδα της οδού μεταξύ του πρανούς και του οδοστρώματος της οδού σχηματίζονται με βάση τα δεδομένα των αρχείων fm95.dat και fm96.dat. Σε αντίθετη περίπτωση σχηματίζονται με βάση τα δεδομένα του αρχείου fm19.dat.

Η διαδικασία σχεδιασμού στις παραπάνω περιπτώσεις γίνεται με την ίδια μέθοδο. Αρχικά χρησιμοποιούμε το υποπρόγραμμα xy στο οποίο εισάγουμε τη χιλιομετρική θέση και την απόσταση κάθε χαρακτηριστικού σημείου μίας διατομής από τον άξονα, από τα στοιχεία του αρχείου που χρησιμοποιούμε, και αυτό μας δίνει τις συντεταγμένες (x,y) των σημείων που βρίσκονται πάνω στην γραμμή της διαμόρφωσης στην περιοχή της διατομής που μελετούμε. Έπειτα η διαδικασία αυτή ακολουθείται και για την επόμενη διατομή με την ίδια φορά αλλά και αντίστροφα (από το τέλος της οδού προς την αρχή). Το πρόγραμμα ενώνει με ευθείες με σειρά προτεραιότητας τα σημεία αυτά, δηλαδή το n σημείο που υπολογίστηκε στην πρώτη διατομή με το n σημείο της επόμενης διατομής και με το n σημείο της πρώτης διατομής που υπολογίστηκε με την διαδικασία από το τέλος προς την αρχή. Τέλος μετατρέπει τα τρίγωνα που σχηματίζονται σε επίπεδα.



Σχήμα 3.16 : Παράδειγμα δημιουργίας τριγώνων από το πρόγραμμα 3-Διαστάσεις

3.3.3 Επεξήγηση του αλγόριθμου του προγράμματος 3-Διαστάσεις

Ο αλγόριθμος του προγράμματος 3-Διαστάσεις αποτελείται από τις παρακάτω εντολές με την σειρά που διατυπώνονται :

- Αρχικά δηλώνουμε το όνομα του προγράμματος.
 - Έπειτα εισάγουμε στο πρόγραμμα όλες τις παραμέτρους που σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε και δηλώνουμε τον αριθμό των ψηφίων ή των γραμμάτων που επιθυμούμε να έχει κάθε παράμετρος. Κάθε παράμετρος δηλώνεται ανάλογα με την μορφή της ως κείμενο ή ως αριθμός ως εξής :
 - Real = πραγματικός αριθμός
 - Integer = ακέραιος αριθμός
 - Character = κείμενο
- Και η δήλωση για τον αριθμό των ψηφίων ή των γραμμάτων γίνεται με το σύμβολο * .
(π.χ. real*8 = πραγματικός αριθμός με 8 ψηφία)
- Το πρόγραμμα καλεί τα αρχεία που χρησιμοποιεί ώστε να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα που περιέχουν με την εντολή call.
 - Ελέγχει την ύπαρξη αλλά και την ορθότητα του φακέλου των παραμέτρων fm.gen
 - Διαβάζει από το αρχείο των παραμέτρων fm.gen την παραμόρφωση σχεδιασμού z, τον τύπο της καμπύλης συναρμογής, το βήμα ακρίβειας και την κλίμακα σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας
 - Από το αρχείο fm.hor μετράει το πλήθος των κορυφών της οριζοντιογραφίας
 - Με βάση το αρχείο hor7.asc ελέγχει εάν έχουμε καλέσει το πρόγραμμα *Οριζοντιογραφία* και μας ενημερώσει σε περίπτωση ύπαρξης προβλήματος
 - Έπειτα διαβάζει από το αρχείο hor7.asc τον τύπο της γραμμής σχεδιασμού της συναρμογής, την χιλιομετρική θέση, την ακτίνα συναρμογής, τις συντεταγμένες x και y, το αζιμούθιο και το μήκος της συναρμογής.
 - Διαβάζει από το αρχείο fm22.dat το όνομα και την χιλιομετρική της θέση των διατομών.
 - Δημιουργεί το αρχείο dim3.des στο οποίο αποθηκεύονται οι πληροφορίες των σχεδίων που δημιουργεί ο αλγόριθμος
 - Διαβάζει από το αρχείο fm39.dat την χιλιομετρική θέση και τις συντεταγμένες του άξονα του δρόμου καθώς και την κατά μήκος κλίση σε κάθε θέση.
 - Διαβάζει από το αρχείο fm21.dat το όνομα, την χιλιομετρική θέση, τις συντεταγμένες x και y και την απόσταση μεταξύ των αλληλοτομιών. Επίσης διαβάζει την γωνία κλίσης κατά την φορά του δρόμου.
 - Ελέγχει εάν η ταξινόμηση του αρχείου fm23.dat είναι σωστή και μας ενημερώνει σε περίπτωση ύπαρξης προβλήματος
 - Έπειτα διαβάζει από το αρχείο fm23.dat το όνομα και την χιλιομετρική θέση των διαμορφωμένων διατομών. Επίσης διαβάζει το υψόμετρο και τον τύπο των

χαρακτηριστικών σημείων της διαμόρφωσης, καθώς και την απόσταση τους από τον άξονα της οδού.

- Ελέγχει αν οι τύποι των διατομών είναι έγκυροι μέσω του αριθμού που δηλώνει τον τύπο τους. Ο έλεγχος επιβάλλει ο αριθμός αυτός να μην βρίσκεται μεταξύ των αριθμών 15 και 21.
- Για κάθε διατομή ξεχωριστά ενώνει τα χαρακτηριστικά σημεία της βάσης του τύπου τους και έτσι την σχεδιάζει. Η διαδικασία γίνεται ξεχωριστά για το κατάστρωμα της οδού, την περιοχή μεταξύ του καταστρώματος και των πρανών, τα πρανή και το έδαφος
- Δημιουργεί το αρχείο fm8.dat στο οποίο αποθηκεύονται τα τριγωνικά επίπεδα της οδού που δημιουργεί το πρόγραμμα
- Διαβάζει από το αρχείο fm41.dat τον τύπο, την χιλιομετρική θέση, τις συντεταγμένες και τον αριθμό των χαρακτηριστικών σημείων των οριογραμμών του δρόμου.
- Με βάση τον τύπο των σημείων τις διαχωρίζει σε αριστερές και δεξιές οριογραμμές ως προς τον άξονα της οδού (τύπος με θετική τιμή συνεπάγεται δεξιά οριογραμμή και με αρνητική τιμή αριστερή)
- Μεταξύ δύο διαδοχικών διατομών ενώνει όλα τα σημεία που έχουν τον ίδιο τύπο οριογραμμής με ευθείες, η διαδικασία αυτή γίνεται για όλο το μήκος της οδού
- Σχεδιάζει τα τρίγωνα του καταστρώματος της οδού με την διαδικασία που αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.3.2
- Διαβάζει από τα αρχεία fm95.dat και fm96.dat το όνομα, την χιλιομετρική θέση, τον τύπο της διαμόρφωσης της διατομής και την υψομετρική της διαφορά με την επόμενη διατομή. Επίσης διαβάζει τον αριθμό των χαρακτηριστικών σημείων διαμόρφωσης του πρανούς, το υψόμετρο και την απόσταση από τον άξονα του κάθε σημείου.
- Ελέγχει εάν τα αρχεία fm95.dat και fm96.dat είναι όμοια διαμορφωμένα ή εάν σε κάποιο από τα δύο λείπει κάποιο σημείο και μας ενημερώνει σε περίπτωση ύπαρξης προβλήματος
- Διαβάζει από το αρχείο fm19.dat το όνομα της διατομής και την χιλιομετρική της θέση. Έπειτα διαβάζει την απόσταση από τον άξονα και το ύψος της διαμόρφωσης από το τελευταίο σημείο της οδού μέχρι τον πόδα του πρανού για τα χαρακτηριστικά σημεία της διατομής. Επιπρόσθετα διαβάζει την υψομετρική διαφορά του τελευταίου σημείου της διαμόρφωσης της οδού από τον πόδα του πρανού.
- Διαβάζει από το αρχείο fm9.dat το όνομα της διατομής και την χιλιομετρική της θέση. Έπειτα διαβάζει τον τύπο και την κλίση της διαμόρφωσης του δρόμου και τον τύπο της διαμόρφωσης του εδάφους για την αριστερή και την δεξιά πλευρά ξεχωριστά.
- Σχεδιάζει τα τρίγωνα της περιοχής μεταξύ του καταστρώματος και των πρανών, των πρανών και του εδάφους όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.3.2
- Ανάλογα με την περιοχή της διαμόρφωσης χρησιμοποιεί διαφορετικό χρώμα στην σχεδίαση της και επιπρόσθετα σχεδιάζει το περίγραμμά των ορίων της με ευθείες

- Το πρόγραμμα σχηματίζει τα τριγωνικά επίπεδα της οδού και τα περιγράμματα των ορίων των διαμορφώσεων με την εξής σειρά :
 - Στην περιοχή μεταξύ του καταστρώματος της οδού και της διαμόρφωσης του πρανούς, σε περίπτωση ίδιου τύπου διαμόρφωσης δύο διαδοχικών διατομών με βάση τα αρχεία fm95.dat και fm96.dat
 - Στην περιοχή μεταξύ του καταστρώματος της οδού και της διαμόρφωσης του πρανούς, σε περίπτωση διαφορετικού τύπου διαμόρφωσης δύο διαδοχικών διατομών με βάση το αρχείο fm19.dat, ξεχωριστά για κάθε κατεύθυνση
 - Στην περιοχή των πρανών με βάση το αρχείο fm19.dat, ξεχωριστά για τις περιπτώσεις ίδιας ή διαφορετικής διαμόρφωσης δύο διαδοχικών διατομών. Στην δεύτερη περίπτωση γίνεται ο σχεδιασμός ξεχωριστά για κάθε κατεύθυνση.
 - Στην περιοχή του πόδα των πρανών με βάση το αρχείο fm19.dat, ξεχωριστά για κάθε κατεύθυνση
 - Στην περιοχή του εδάφους με βάση το αρχείο fm23.dat, ξεχωριστά για κάθε κατεύθυνση
- Ελέγχει εάν τα αρχεία fm9.dat και fm19.dat είναι όμοια διαμορφωμένα ή εάν σε κάποιο από τα δύο λείπει κάποιο σημείο και μας ενημερώνει σε περίπτωση ύπαρξης προβλήματος
- Καλεί το υποπρόγραμμα *dxg* με την βοήθεια του οποίου το αρχείο dim3.des μετατρέπεται σε dim3.dxf στο οποίο αποθηκεύονται τα σχέδια που έχει δημιουργήσει το πρόγραμμα
- Η ύπαρξη προβλήματος σε ένα από τα αρχεία fm.gen, fm.hor και fm23.dat ή σε περίπτωση που δεν υπάρχει οριζοντιογραφία δηλώνεται στο χρήστη του προγράμματος

4. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΑΡΑΞΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

4.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η εφαρμογή του προγράμματος. Για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του και την εξαγωγή συμπερασμάτων αποφασίστηκε να ελεγχθούν ως προς την ορατότητα οδικά τμήματα τα οποία κατασκευάστηκαν για την παρούσα διπλωματική. Η κατασκευή των οδικών τμημάτων έγινε με το πρόγραμμα H8. Στο παράδειγμα μας εισάγονται τα δεδομένα των οδικών τμημάτων στο πρόγραμμα H8, εκτελούνται τα προγράμματα του, καθώς και το πρόγραμμα για τον έλεγχο της ορατότητας, και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα σχέδια που δημιουργήθηκαν. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι συντεταγμένες κορυφών οριζοντιογραφίας, σημαιών μηκοτομής, πλάτους οριογραμμών και των απαραίτητων παραμέτρων τους για τον πλήρη σχεδιασμό οριζοντιογραφίας, μηκοτομής, επικλίσεων και διατομών.

Τα οδικά τμήματα που σχεδιάστηκαν είναι τρία και το καθένα αποτελείται από δύο κλάδους, έναν για κάθε κατεύθυνση. Κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας ελέγχεται ξεχωριστά ως προς την ορατότητα, όπως ορίζουν οι κανονισμοί, οπότε έχουμε συνολικά έξι τμήματα προς μελέτη. Τα οδικά τμήματα αποτελούνται από μία κύρια οδό που θεωρήθηκε ως κεντρική αρτηρία και δύο μικρότερα τμήματα που αποτελούν βοηθητικά τμήματά της.

4.2 Ιδιαιτερότητες και παραδοχές του παραδείγματος

Για τον έλεγχο του συγκεκριμένου παραδείγματος έγιναν οι εξής παραδοχές :

- Η κατηγορία της οδού επιλέχθηκε ΕΚΑΒ 1Β σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς μελέτης αυτοκινητοδρόμων RAA, δηλαδή περιφερειακός αυτοκινητόδρομος.
- Τα δεδομένα της οδού που εισάγαμε στο H8 χρησιμοποιήθηκαν από τα προγράμματα Ταχυμετρία, Τριγωνισμός, io1, Οριζοντιογραφία, Υψομετρία, Μηκοτομή, Επικλίσεις, Διατομές, Οριζοντιογραφία, 3-Διαστάσεις, *porat* και Ορατότητες που εκτελέστηκαν με την σειρά που αναφέρονται.
- Επειδή απαραίτητη ήταν η ύπαρξη μοντέλου εδάφους δημιουργήσαμε ένα τετράπλευρο μοντέλο το οποίο βρίσκεται σε τέτοιο ύψος ώστε όλες οι διατομές της οδού να βρίσκονται σε επίχωμα. Αυτή η παραδοχή έχει ως αποτέλεσμα ο έλεγχος στην ορατότητα της οδού να γίνεται με μόνα εμπόδια την κεντρική νησίδα και το ίδιο το κατάστρωμα της οδού.
- Επειδή ο χρόνος επεξεργασίας των δεδομένων από τα προγράμματα 3-Διαστάσεις και Ορατότητες ήταν πολύ μεγάλος επιλέξαμε κατά τη διάρκεια σχεδιασμού του μοντέλου της οδού να σχεδιάσουμε μόνο τα τριγωνικά επίπεδα που αποτελούν το μοντέλο του καταστρώματος της οδού και της νησίδας, λόγω της παραδοχής του εδαφικού μοντέλου που προαναφέρθηκε.
- Το βήμα σχεδιασμού της οριζοντιογραφίας επιλέχθηκε να είναι 10m.
- Το βήμα ελέγχου της ορατότητας επιλέχθηκε να είναι 10m.
- Η πρώτη οριογραμμή που σχεδιάζει το πρόγραμμα είναι στο πέρας της στέψης της κεντρικής νησίδας και βρίσκεται σε απόσταση 1,3m από τον άξονα της οδού.
- Η δεύτερη οριογραμμή είναι στο πέρας του πόδα της κεντρικής νησίδας και βρίσκεται σε απόσταση 1,5m από τον άξονα της οδού.
- Η τρίτη οριογραμμή είναι στο κέντρο της αριστερής λωρίδας κυκλοφορίας και βρίσκεται σε απόσταση 3,75m από τον άξονα της οδού.
- Η τέταρτη οριογραμμή είναι η εξωτερική οριογραμμή κυκλοφορίας και βρίσκεται σε απόσταση 13,75m από τον άξονα της οδού.
- Η πέμπτη οριογραμμή είναι στο πέρας του καταστρώματος της οδού και βρίσκεται σε απόσταση 16,25m από τον άξονα της οδού.
- Ο έλεγχος για την ορατότητα γίνεται για την τρίτη οριογραμμή στο συγκεκριμένο παράδειγμα, δηλαδή ως θέση του οδηγού και του εμποδίου λήφθηκε το κέντρο της αριστερής λωρίδας κυκλοφορίας
- Η διαχωριστική νησίδα έχει πλάτος 2.6m στη στέψη και 3m στον πόδα και ύψος 1m
- Ο έλεγχος ορατότητας έγινε για όλα τα οδικά τμήματα με ταχύτητες μελέτης από 80km/h μέχρι 120km/h με βήμα 10Km/h
- Ο έλεγχος της ορατότητας οριζοντιογραφικά έγινε θέτοντας τα υψόμετρα των σημαιών της μηκοτομής στο ίδιο ύψος

- Ο έλεγχος δεν πραγματοποιείται στα τελευταία 300m των οδικών τμημάτων καθώς υποθέτουμε πως ο οδηγός βλέπει το πέρας της οδού και αρχίζει να ειβραδύνει

4.3 Δεδομένα του παραδείγματος

Τα οδικά τμήματα για λόγους εποπτικών και ευκολίας ονομάστηκαν ΑΒ, ΓΔ και ΕΖ και η κάθε κατεύθυνση βόρειος και νότιος κλάδος. Το τμήμα ΑΒ είναι η κύρια αρτηρία και τα ΓΔ και ΕΖ τα άλλα δύο βοηθητικά τμήματα της.

Το μεγαλύτερο κομμάτι της οδού, το τμήμα ΑΒ, έχει οριζοντιογραφική χάραξη μήκους 49600m στο βόρειο και 50000m στο νότιο κλάδο. Το τμήμα ΓΔ έχει βόρειο τμήμα μήκους 5700m και νότιο μήκους 5800m, ενώ το ΕΖ έχει βόρειο τμήμα μήκους 7850m και νότιο μήκους 7800m.

Η πολυγωνική χάραξη του βόρειου τμήματος του οδικού τμήματος ΑΒ αποτελείται από 65 κορυφές στην οριζοντιογραφία και 67 σημαίες στην μηκοτομή.

Η πολυγωνική χάραξη του νότιου τμήματος του οδικού τμήματος ΑΒ αποτελείται από 69 κορυφές στην οριζοντιογραφία και 72 σημαίες στην μηκοτομή.

Η πολυγωνική χάραξη του βόρειου τμήματος του οδικού τμήματος ΓΔ αποτελείται από 21 κορυφές στην οριζοντιογραφία και 15 σημαίες στην μηκοτομή.

Η πολυγωνική χάραξη του νότιου τμήματος του οδικού τμήματος ΓΔ αποτελείται από 23 κορυφές στην οριζοντιογραφία και 14 σημαίες στην μηκοτομή.

Η πολυγωνική χάραξη του βόρειου τμήματος του οδικού τμήματος ΕΖ αποτελείται από 17 κορυφές στην οριζοντιογραφία και 17 σημαίες στην μηκοτομή.

Η πολυγωνική χάραξη του νότιου τμήματος του οδικού τμήματος ΕΖ αποτελείται από 16 κορυφές στην οριζοντιογραφία και 17 σημαίες στην μηκοτομή.

Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από τα σχέδια .dxf και εισάγονται στα αντίστοιχα αρχεία .xls στις σελίδες των κορυφών και των σημαιών στις οποίες μεταφερόμαστε μέσω των ειδικών πλήκτρων της επιφάνειας εργασίας MENU(Σχήμα4.1-4.3).



Σχήμα 4.1 : Πλήκτρα εισαγωγής δεδομένων

Κορυφή	X	Y	Μήκος Συναρμογής Εισόδου	Ακτίνα Κύκλου	Μήκος Συναρμογής Εξόδου	Επικλίση	R/3	A_Εισόδου	A_Εξόδου	R	Απόσταση (I-I)
Horizontal Point of Intersection	X	Y	Entry Spiral Length	Circle Radius	Exit Spiral Length	Superelevation	R/3	A_Entry	A_Exit	R	Distance (I-I)
1	456683.1	4211431	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0	
2	456669.7	4211515	0	5000	0	0	#####	0.000	0.000	5000	120.397
3	456939.5	4211764	90	520	90	0	173.333	216.333	216.333	520	366.904
4	457103.3	4212035	114.34	580	114.34	0	193.333	257.521	257.521	580	317.184
5	457754.4	4212437	170	1000	170	0	333.333	412.311	412.311	1000	
6	458030.2	4213019	141.12	1250	141.12	0	416.667	420.000		1250	
7	458517.7	4213716	180	2000	180	0	666.667	600.000		2000	
8	458786.1	4214229	163.75	1200	162.66	0	400.000	450.000		1200	
9	459161.8	4214573	0	49971	0	0					
10	460849.9	4216143	455.63	4013.64	0	0					
11	462765.4	4216116	0	5000	0	0					
12	463010.9	4216102	0	6800	0	0					
13	463325.7	4216098	0	0	0	0					
14	464674.2	4216079	0	9001.3	0	0					
15	467801	4216224	578	4958.7	578	0					
16	469842.9	4216172	166.67	1501.3	166.67	0					
17	470357.9	4214949	0	0	0	0					
18	471172.7	4214595	136.6	1000	136.6	0					
19	471485.7	4214371	159.9	4000	159.9	0					
20	472485.6	4213748	0	3453	0	0					
21	473318.3	4213608	0	3400	143.5	0					
22	473644.3	4213567	0	7000	0	0					
23	475188.4	4213309	109.54	2000	109.54	0					
24	475604.9	4213201	0	5000	0	0					
25	475880.6	4213138	136.16	3000	136.16	0					
26	476195.9	4213038	0	5000	0	0					
27	476488.2	4212961	0	6000	0	0					
28	476958.6	4212833	140.71	3300	140.71	0					

Σχήμα 4.2 : Σελίδα εισαγωγής δεδομένων οριζοντιογραφίας

Σημεία	ΧΘ	Υψόμετρο	Ακτίνα	X	Y	Κατά Μήκος Κλίση
Vertical Point of Intersection	Chainage	Elevation	Radius	X	Y	Longitudinal Slope
1	0	53.64	0			
2	1	96.25	53.3			-0.353%
3	2	583.48	31.85			-4.402%
4	3	972.48	38.48			1.704%
5	4	1385.26	36.78			-0.412%
6	5	2075.54	40.25			
7	6	2454.56	34.56			
8	7	3751.13	41.05			
9	8	4965.63	59.27			
10	9	7772.24	73.3			
11	10	8272.46	70.8			
12	11	9687.48	82.15			
13	12	10972.46	114.87			
14	13	12502.46	134.74			
15	14	14002.47	127.22			
16	15	15271.19	150.26			
17	16	16589.22	205.78			
18	17	18485.49	154.13			
19	18	20455.88	144.04			
20	19	20715.88	140.79			
21	20	21216.6	143.61			
22	21	21862.96	133.91			
23	22	22358.73	149.62			
24	23	22898.87	129.06			
25	24	23315.62	140.14			
26	25	23756.24	131			
27	26	23697.03	138.98			
28	27	24211.47	141.63			

Σχήμα 4.3 : Σελίδα εισαγωγής δεδομένων μηκοτομής

Με βάση τις παραδοχές που έχουμε κάνει για τον έλεγχο των οδικών τμημάτων εισάγουμε τις συντεταγμένες του εδάφους και των οριογραμμών στα αντίστοιχα αρχεία .xls.(Σχήμα 4.4-4. 6)



Σχήμα 4.4 : Πλήκτρα εισαγωγής δεδομένων εδάφους και οριογραμμών (αντίστοιχα)

Όνομα	X	Y	Z	Κωδικός	MENU
Name	X	Y	Z	Code	
1	450576,000	4229089,000	30,000	6	
2	450577,000	4185135,000	30,000	6	
3	501929,000	4185135,000	30,000	6	
4	501930,000	4229089,000	30,000	6	

Σχήμα 4.5 : Σελίδα εισαγωγής δεδομένων μοντέλου εδάφους

Οριογραμμή	Χ.Θ.	Πλάτος	Επίκλιση	Οδοστρωσία	Στράγγιση	ME
Edge Line	Chainage	Width	Grade	Pavement	Drainage	
-1	0,000	-1,300	0,000	0,000	0,000	
-1	49559,707	-1,300	0,000	0,000	0,000	
-2	0,000	-0,200	500,000	0,000	0,000	
-2	49559,707	-0,200	500,000	0,000	0,000	
-3	0,000	-2,250	0,000	0,000	0,000	
-3	49559,707	-2,250	0,000	0,000	0,000	
-4	0,000	-10,000	0,000	0,000	0,000	
-4	49559,707	-10,000	0,000	0,000	0,000	
-5	0,000	-2,500	0,000	0,000	0,000	
-5	49559,707	-2,500	0,000	0,000	0,000	
1	0,000	1,300	0,000	0,000	0,000	
1	49559,707	1,300	0,000	0,000	0,000	
2	0,000	0,200	500,000	0,000	0,000	
2	49559,707	0,200	500,000	0,000	0,000	
3	0,000	2,250	0,000	0,000	0,000	
3	49559,707	2,250	0,000	0,000	0,000	
4	0,000	10,000	0,000	0,000	0,000	
4	49559,707	10,000	0,000	0,000	0,000	
5	0,000	2,500	0,000	0,000	0,000	
5	49559,707	2,500	0,000	0,000	0,000	

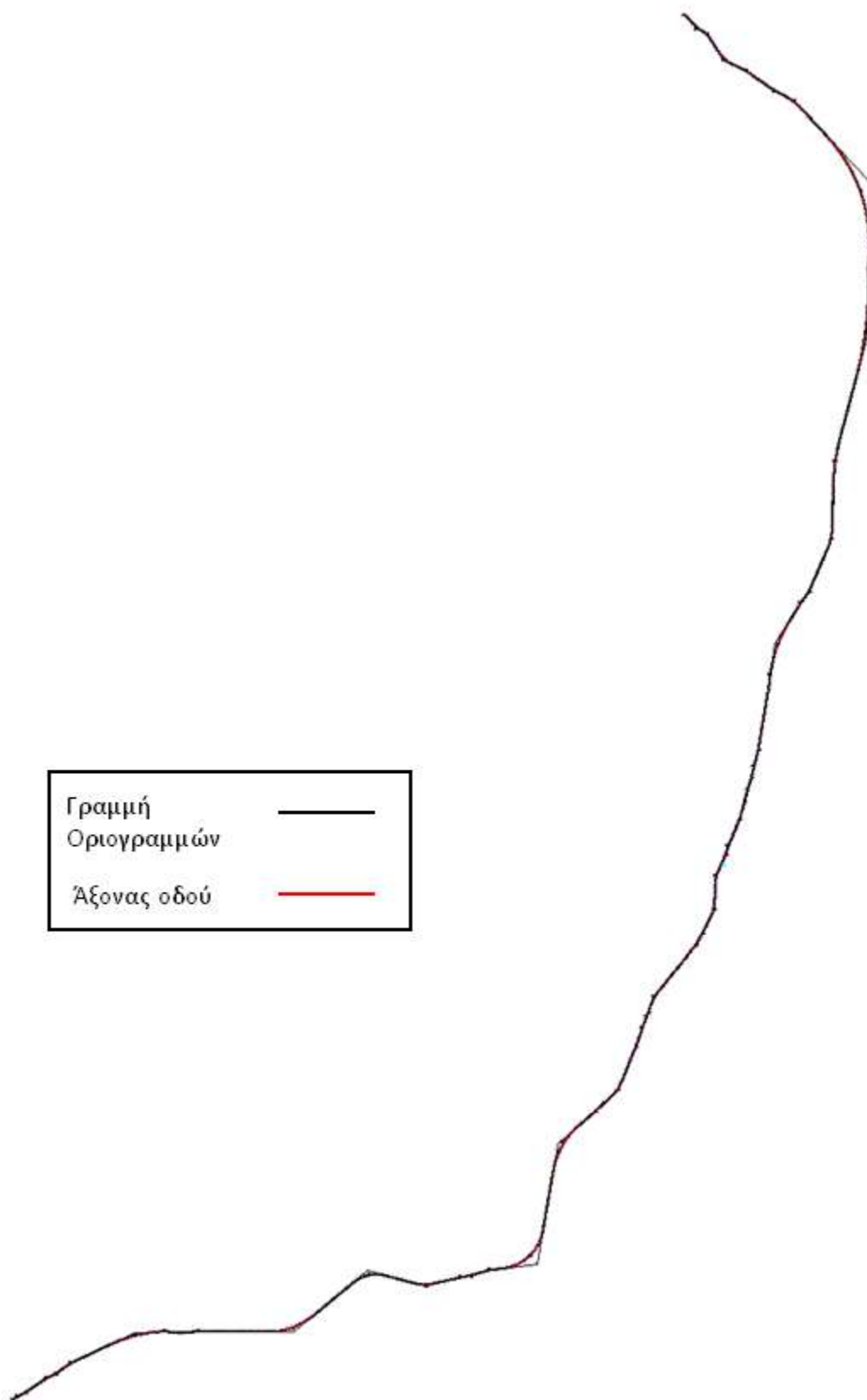
Σχήμα 4.6 : Σελίδα εισαγωγής δεδομένων οριογραμμών

4.4 Εξαγωγή αποτελεσμάτων

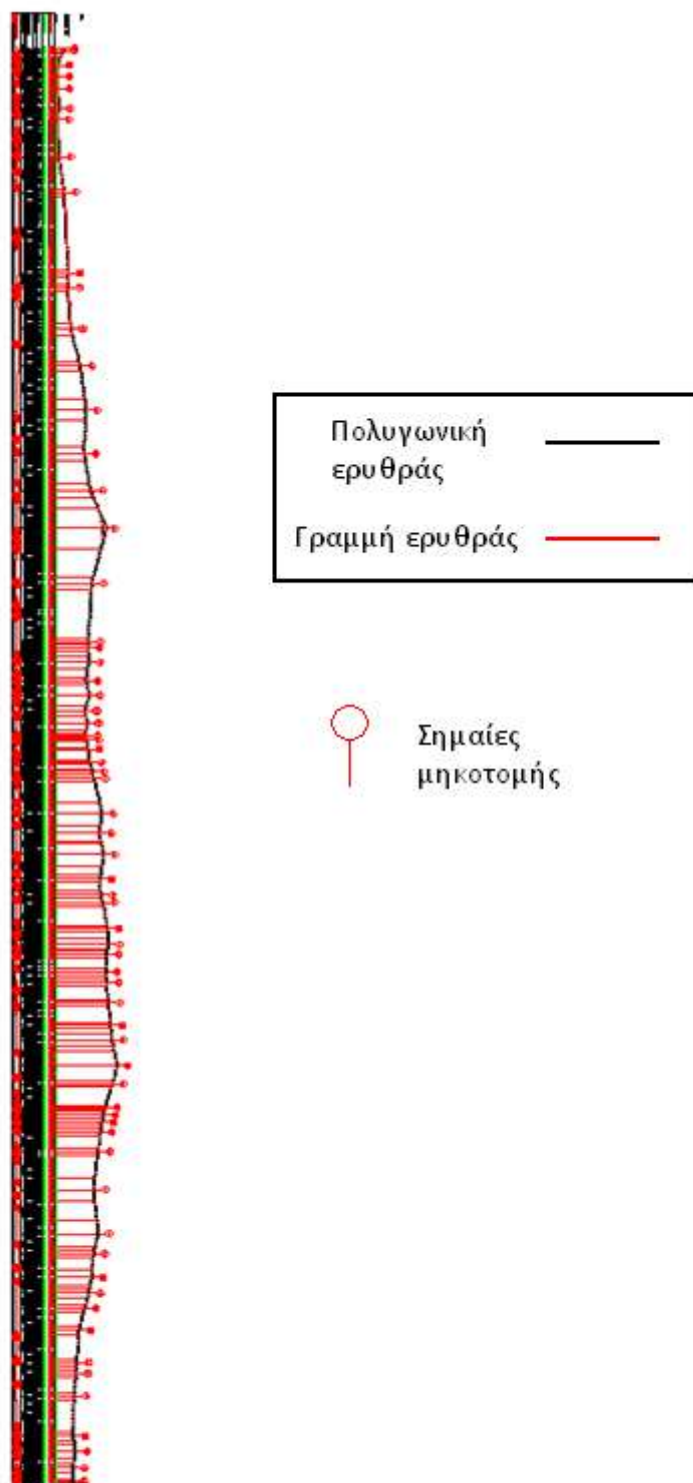
Ο όγκος των αλφαριθμητικών αποτελεσμάτων που δημιουργεί το πρόγραμμα Ορατότητες του Η8 για τον έλεγχο της ορατότητας είναι πολύ μεγάλος. Για τον λόγο αυτό τα συμπεράσματα της έρευνας στα οδικά τμήματα της που ελέγχθηκαν ως προς την ορατότητα θα σχολιαστούν με βάση τα σχέδια που δημιουργούνται από το πρόγραμμα Η8.

Στα παρακάτω σχέδια παρουσιάζεται η οριζοντιογραφία, η μηκοτομή και τα σχέδια που δημιουργεί το πρόγραμμα Ορατότητες για κάθε οδικό τμήμα.

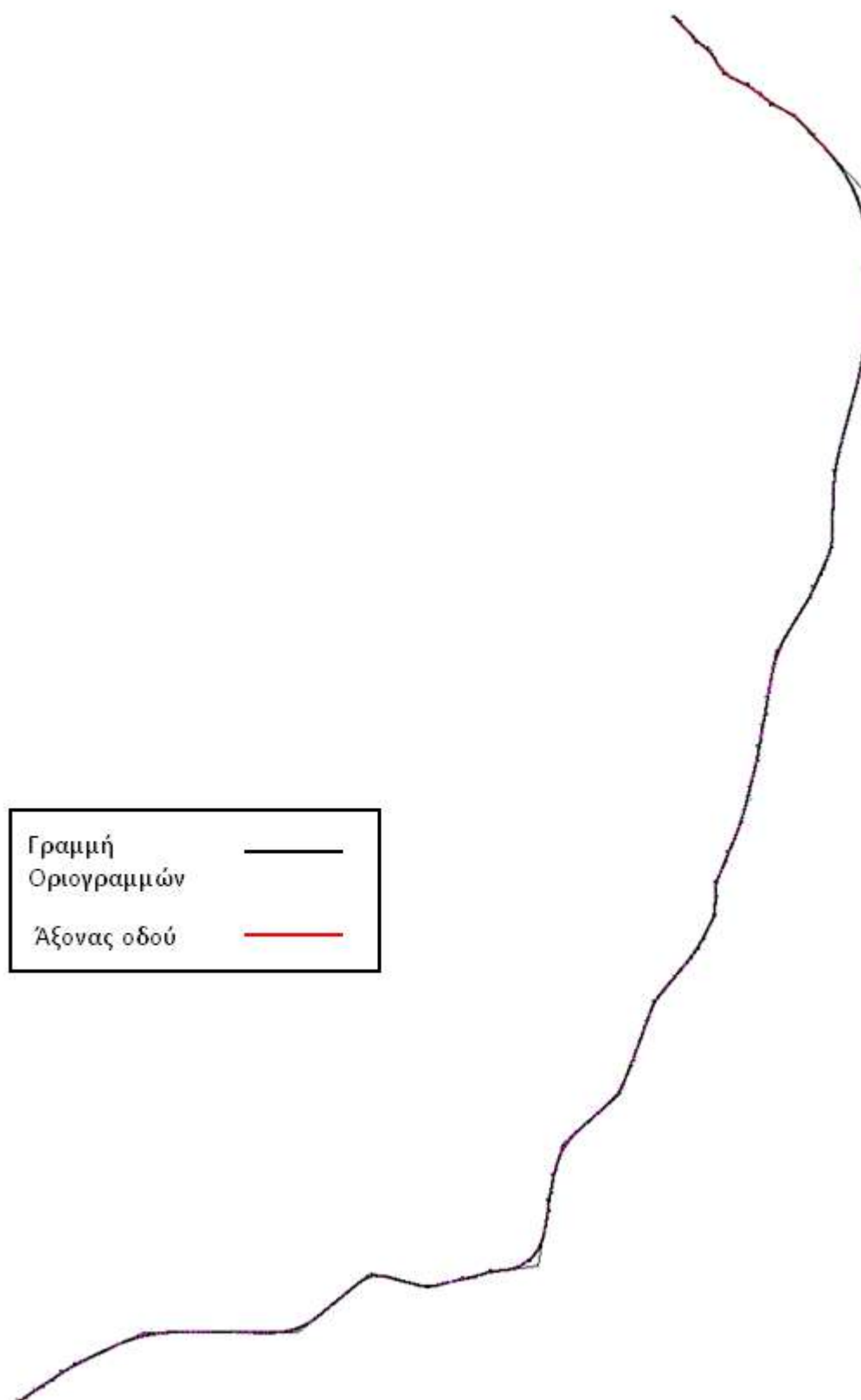
Οριζοντιογραφία του βόρειου τμήματος ΑΒ

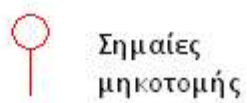
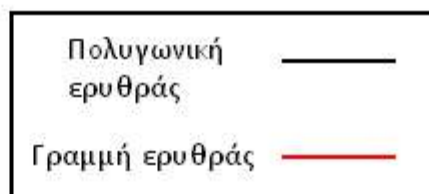


Μηκοτομή του βόρειου τμήματος ΑΒ

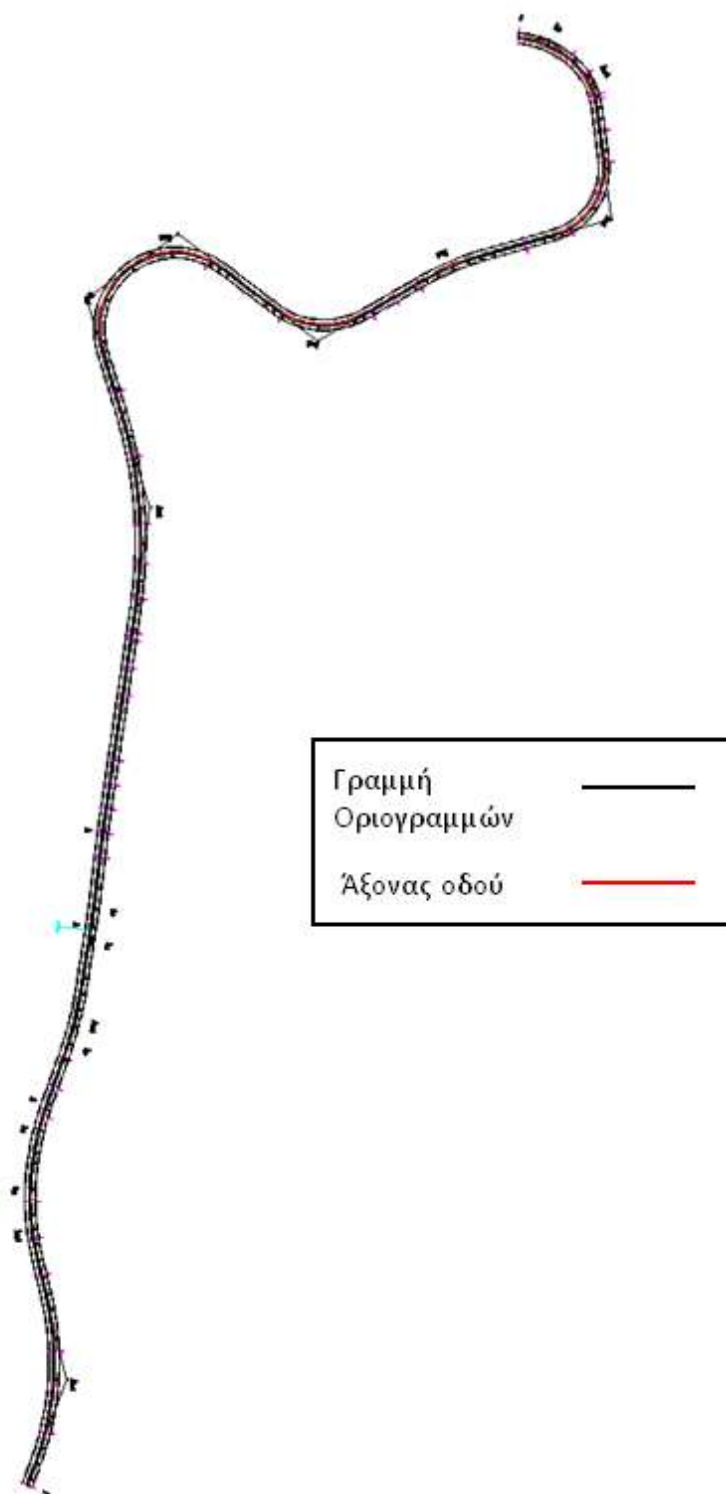


Οριζοντιογραφία του νότιου τμήματος ΑΒ

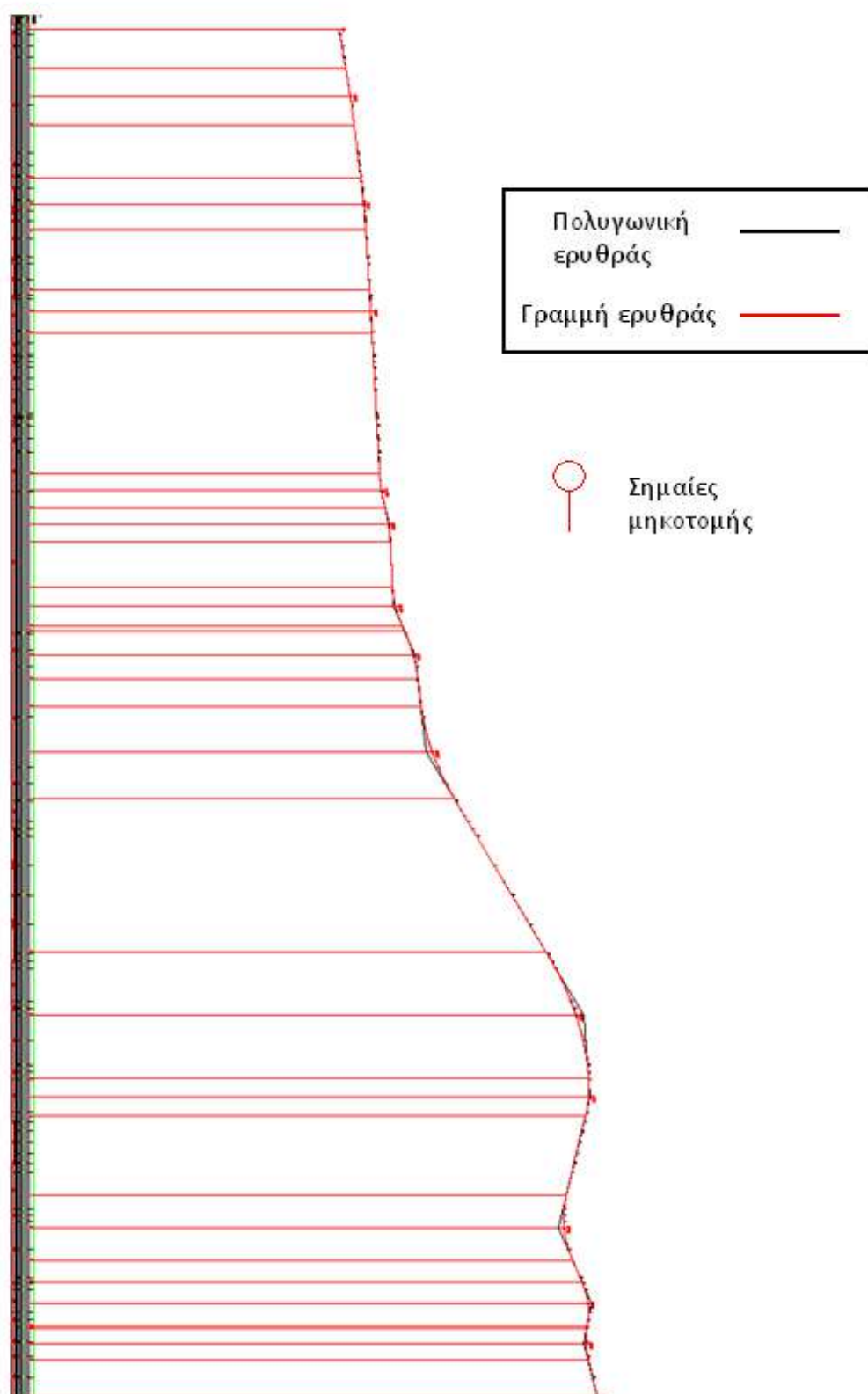


Μηκοτομή του νότιου τμήματος ΑΒ

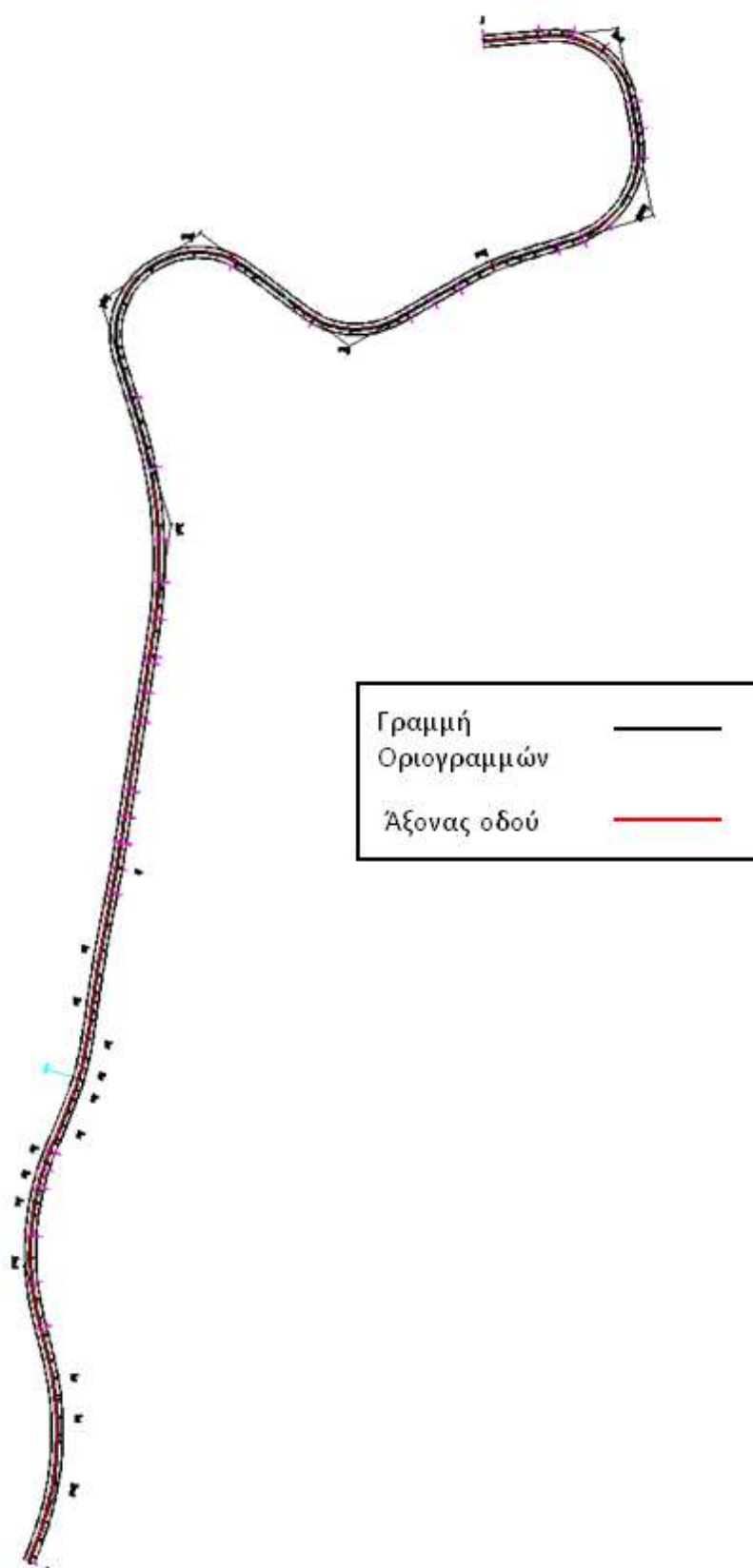
Οριζοντιογραφία του βόρειου τμήματος ΓΔ



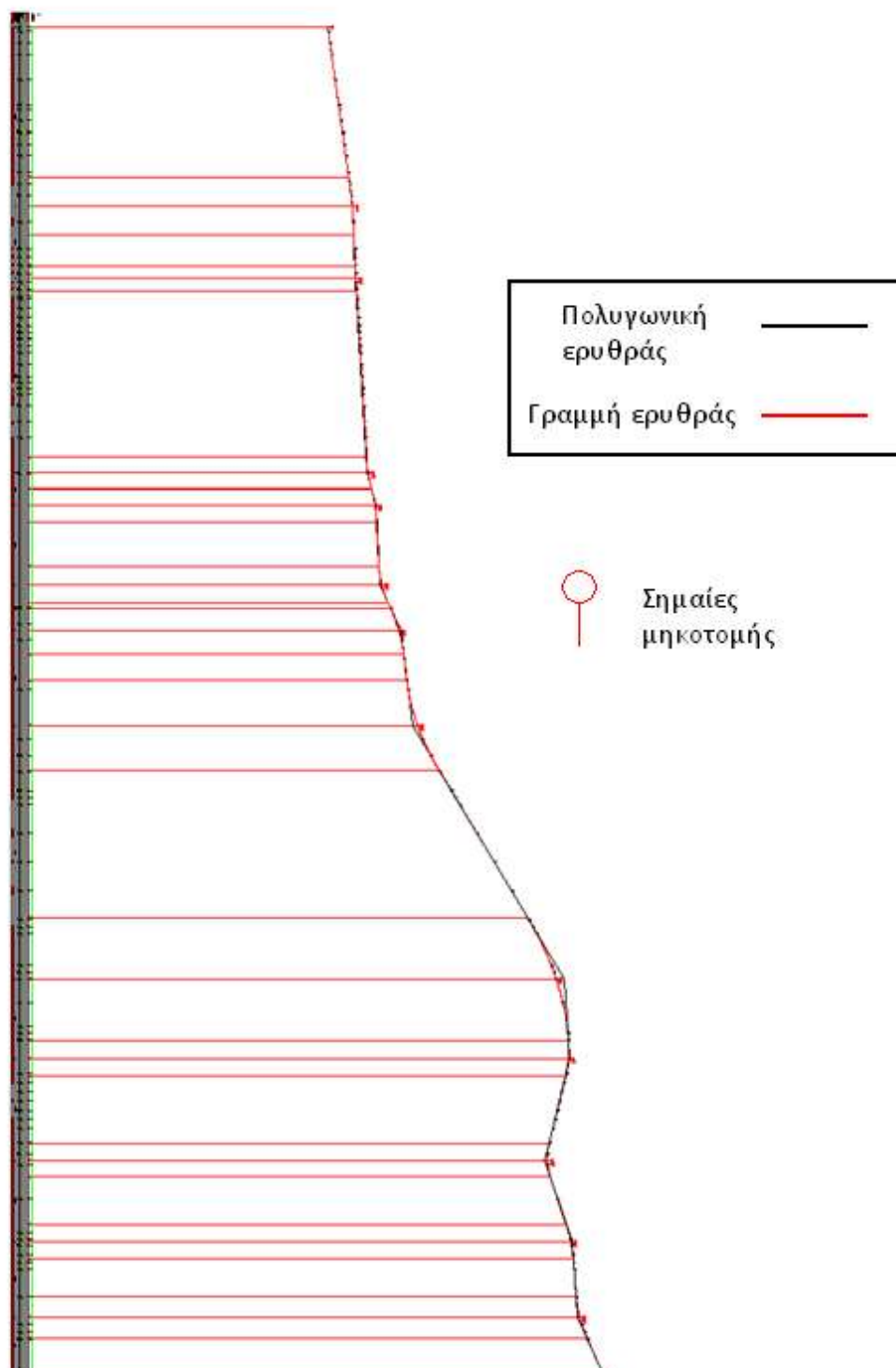
Μηκοτομή του βόρειου τμήματος ΓΔ



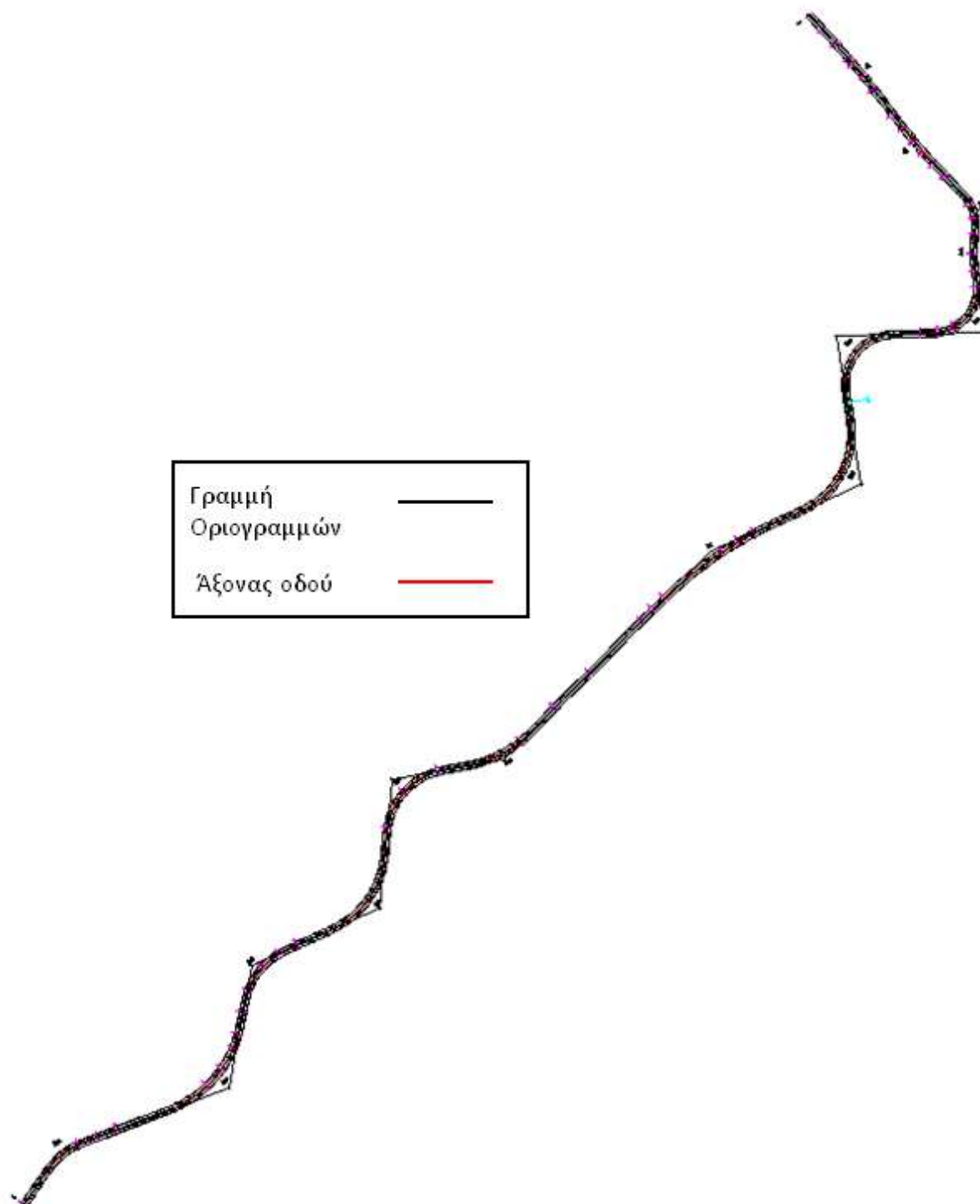
Οριζοντιογραφία του νότιου τμήματος ΓΔ



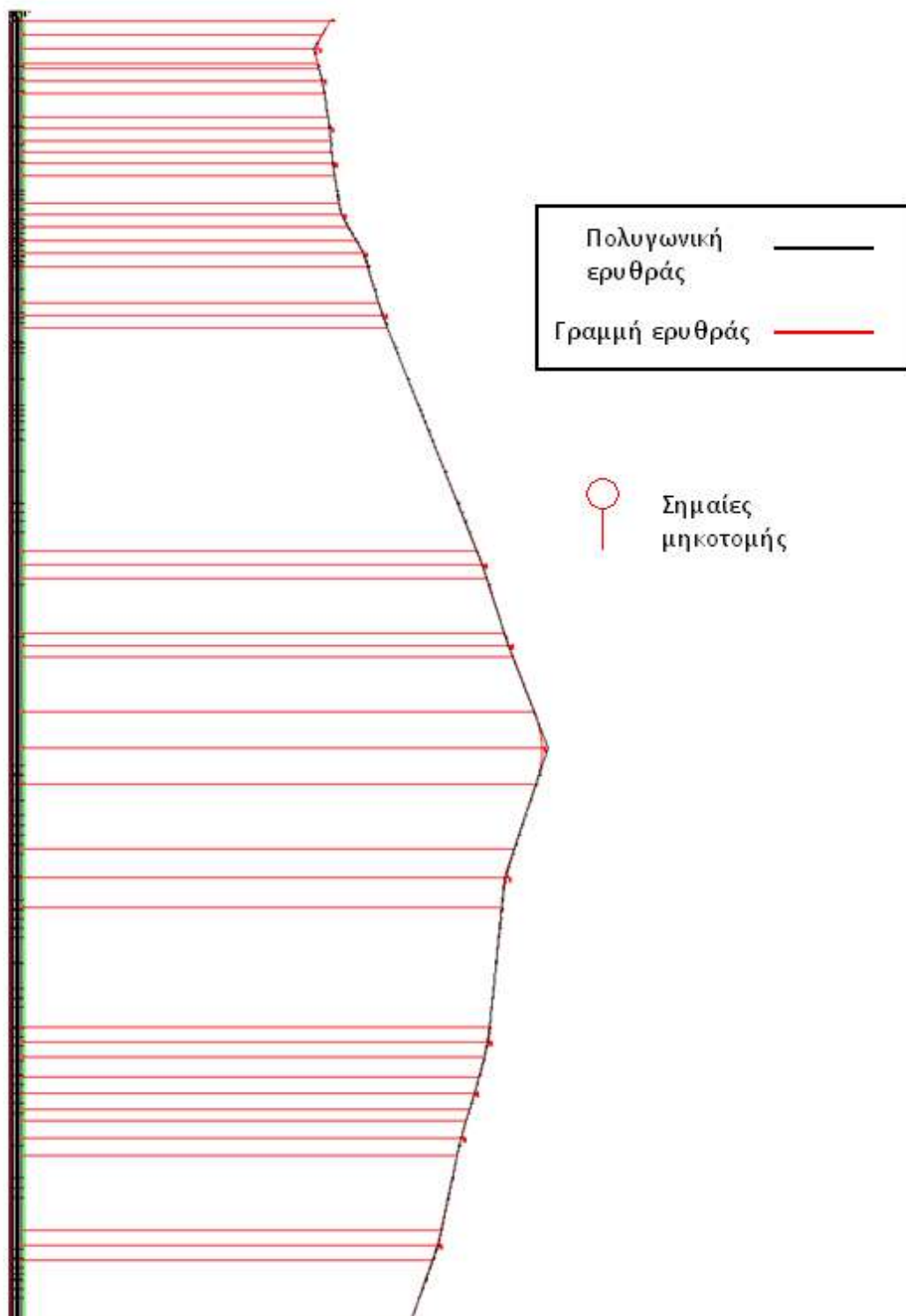
Μηκοτομή του νότιου τμήματος ΓΔ



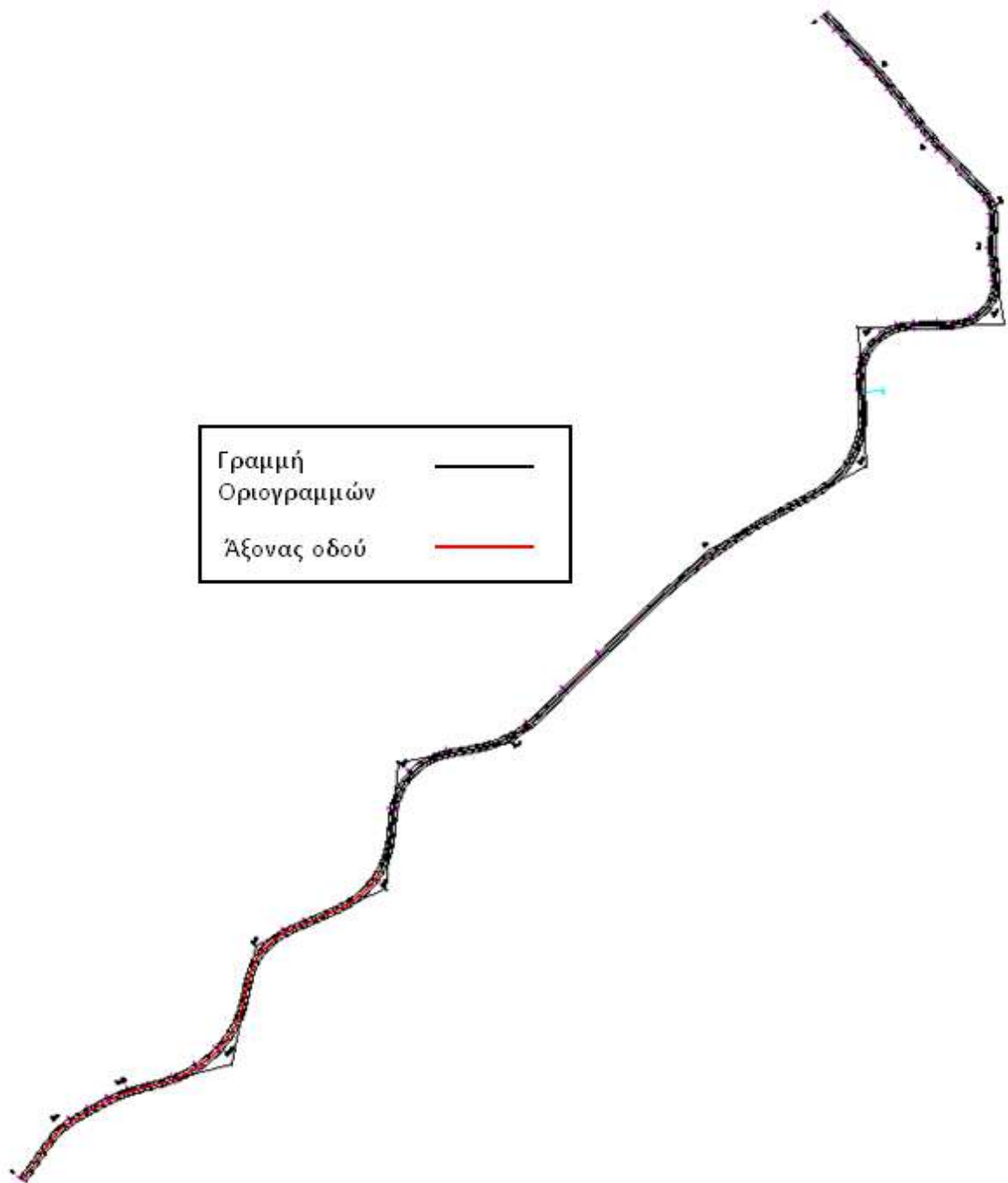
Οριζοντιογραφία του βορείου τμήματος ΕΖ



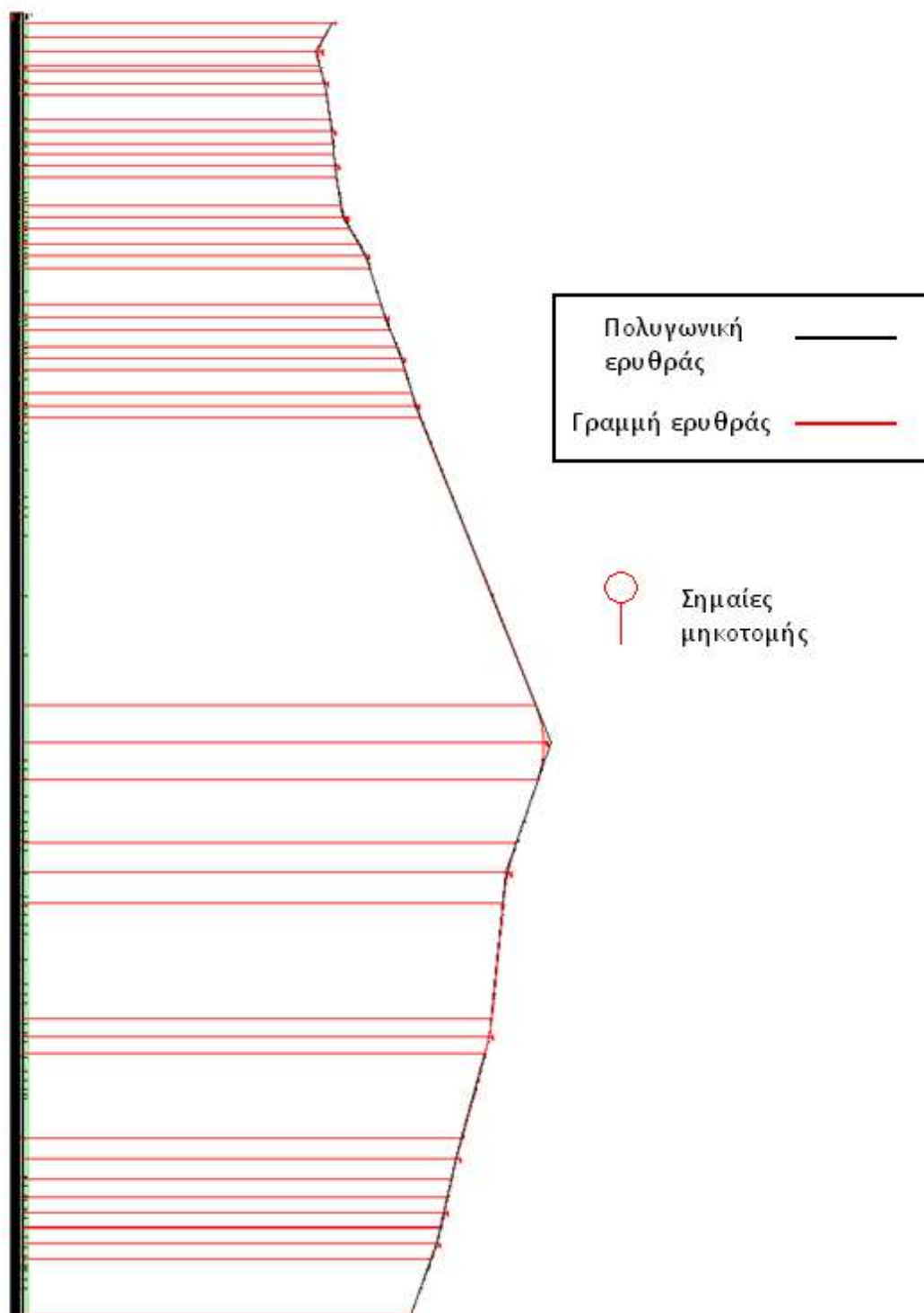
Μηκοτομή του βορείου τμήματος ΕΖ



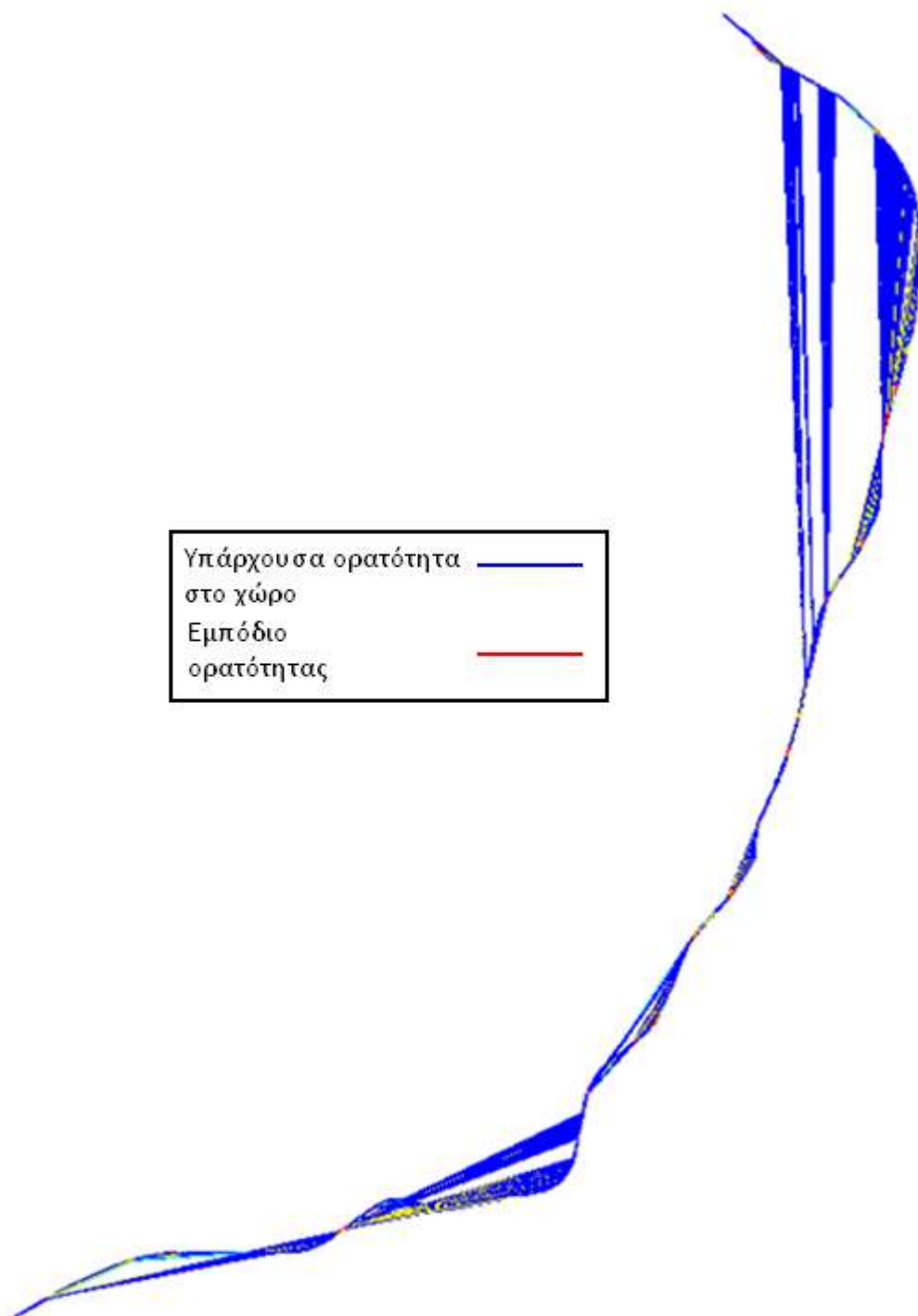
Οριζοντιογραφία του νοτίου τμήματος ΕΖ



Μηκοτομή του νοτίου τμήματος ΕΖ



Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο βόρειο τμήμα ΑΒ στην
οριζοντιογραφία

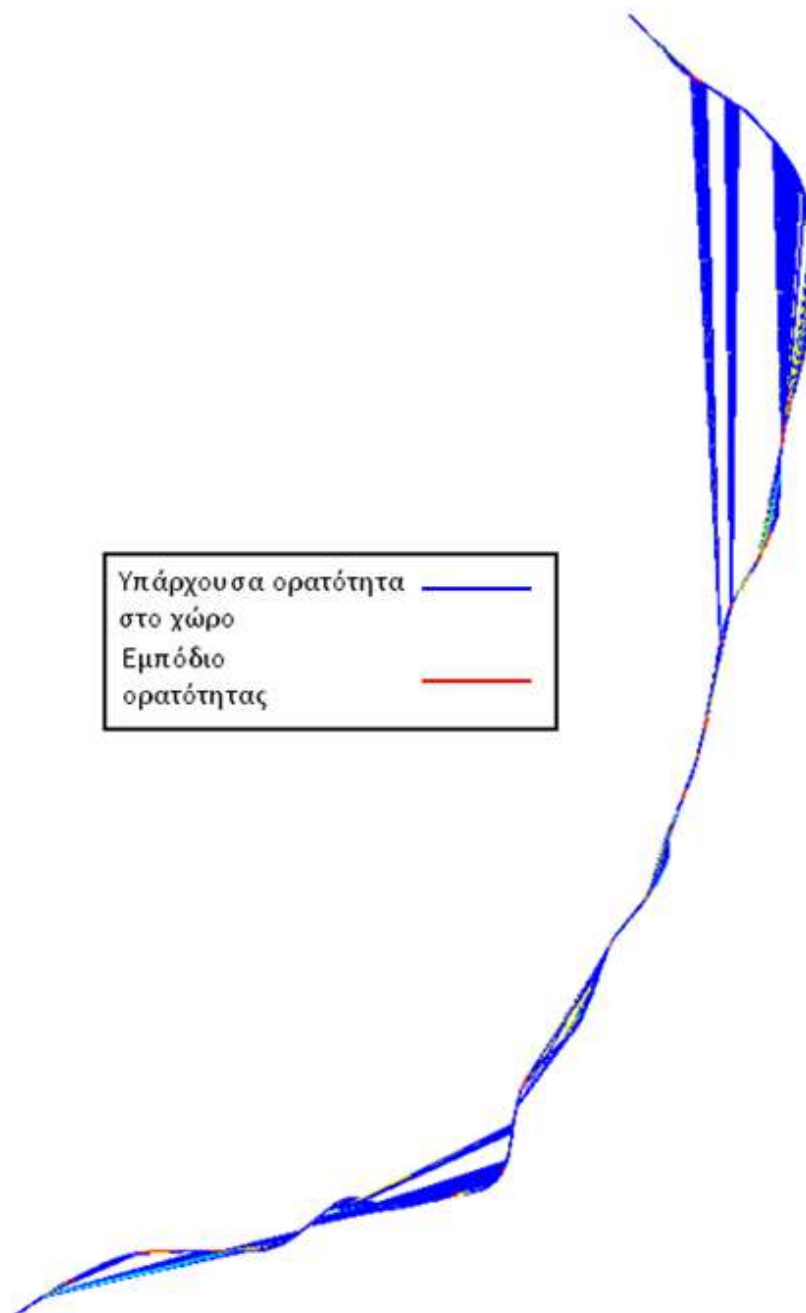


Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο βόρειο τμήμα ΑΒ στη μηκοτομή



Υπάρχουσα ορατότητα στο χώρο	
Γραμμή ερυθράς	

**Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο νότιο τμήμα ΑΒ στην
οριζοντιογραφία**

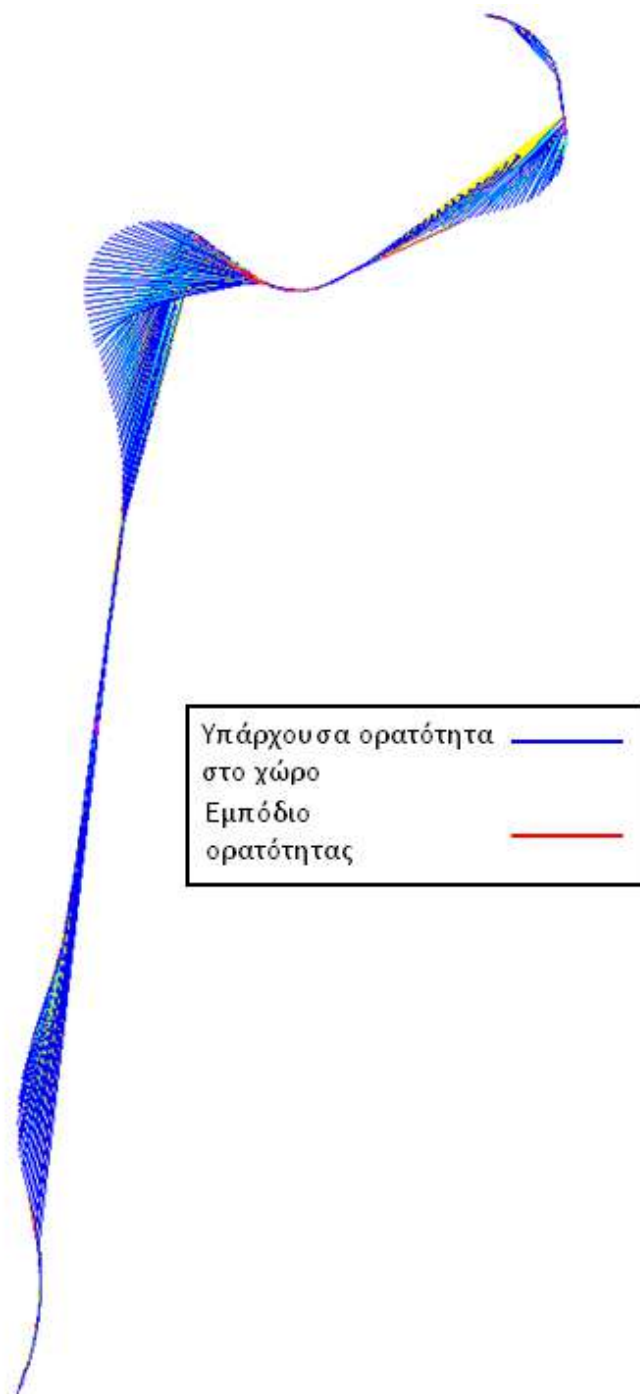


Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο νότιο τμήμα ΑΒ στη μηκοτομή

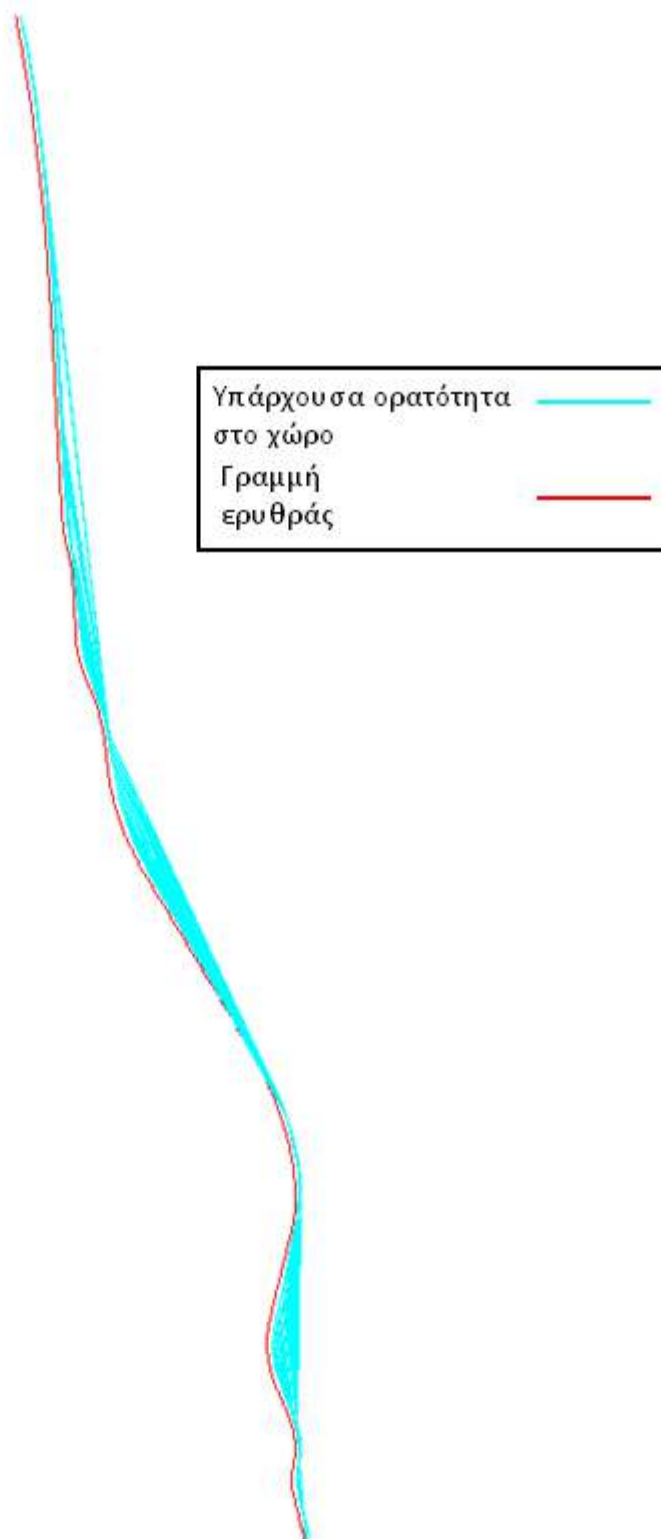


Υπάρχουσα ορατότητα στο χώρο	
Γραμμή ερυθράς	

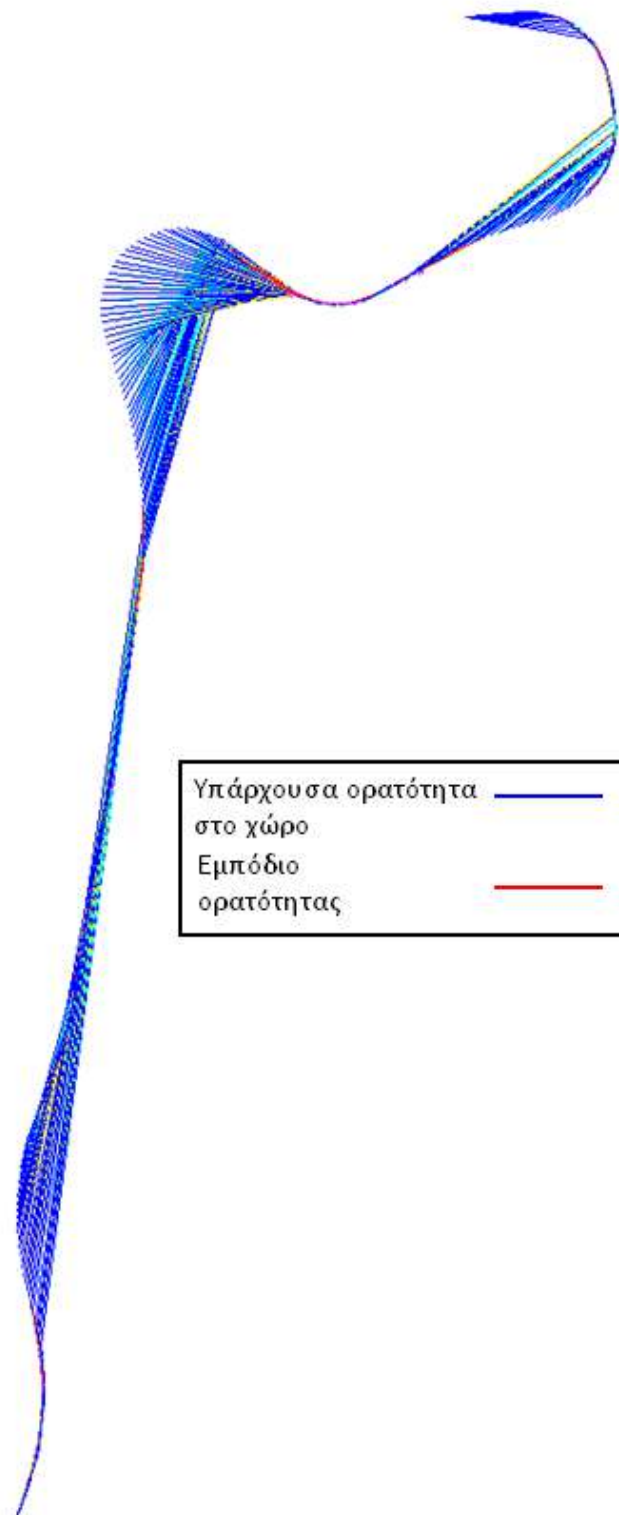
Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο βόρειο τμήμα ΓΔ στην
οριζοντιογραφία



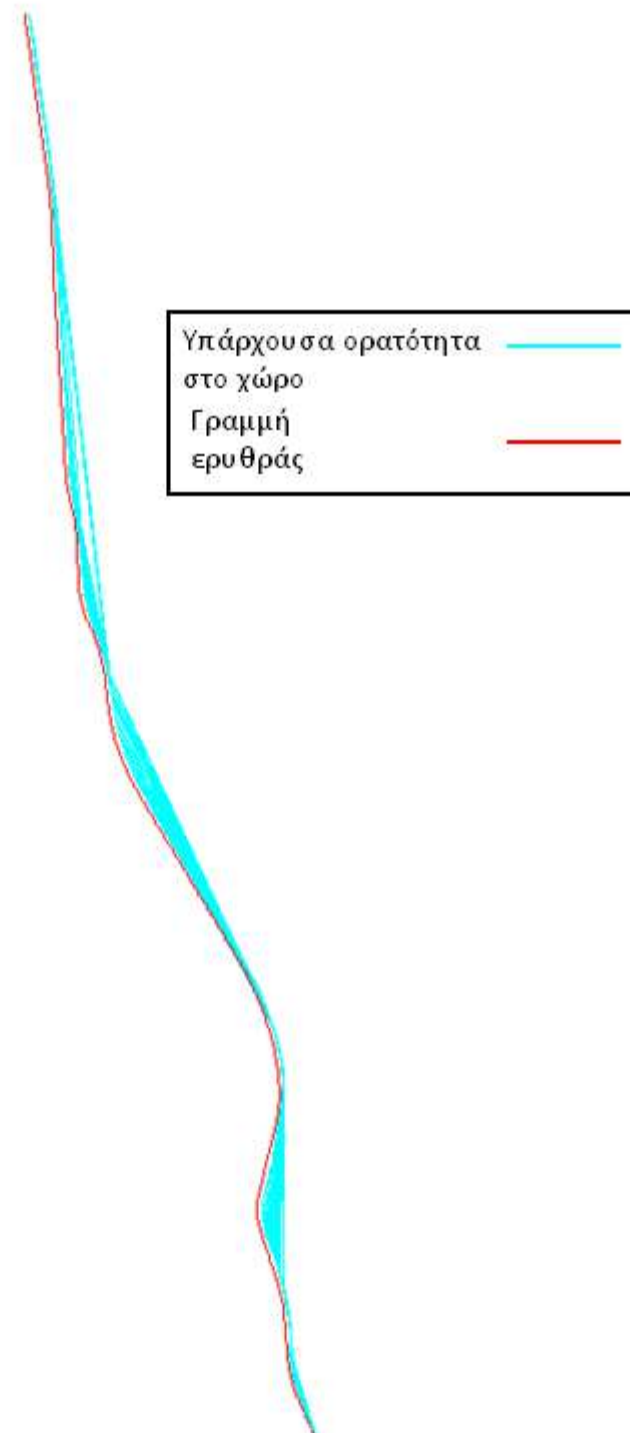
Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο βόρειο τμήμα ΓΔ στη μηκοτομή



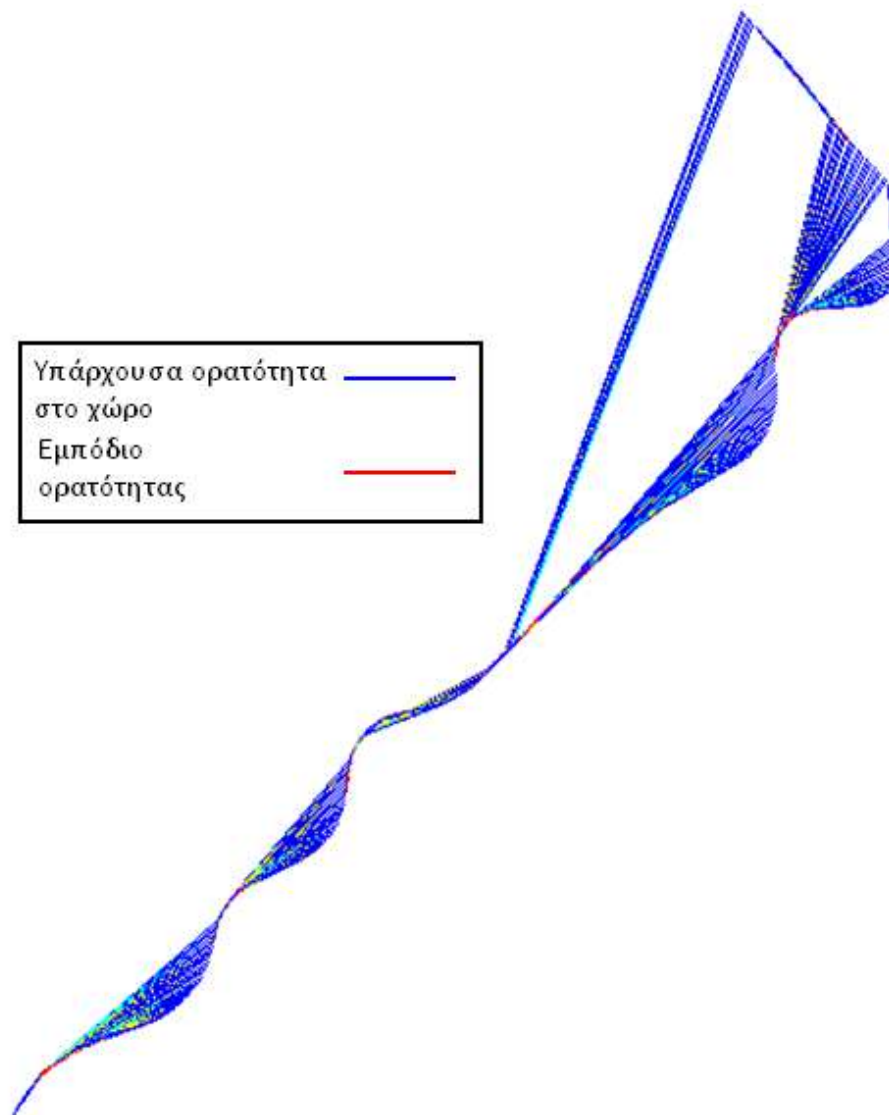
**Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο νότιο τμήμα ΓΔ στην
οριζοντιογραφία**



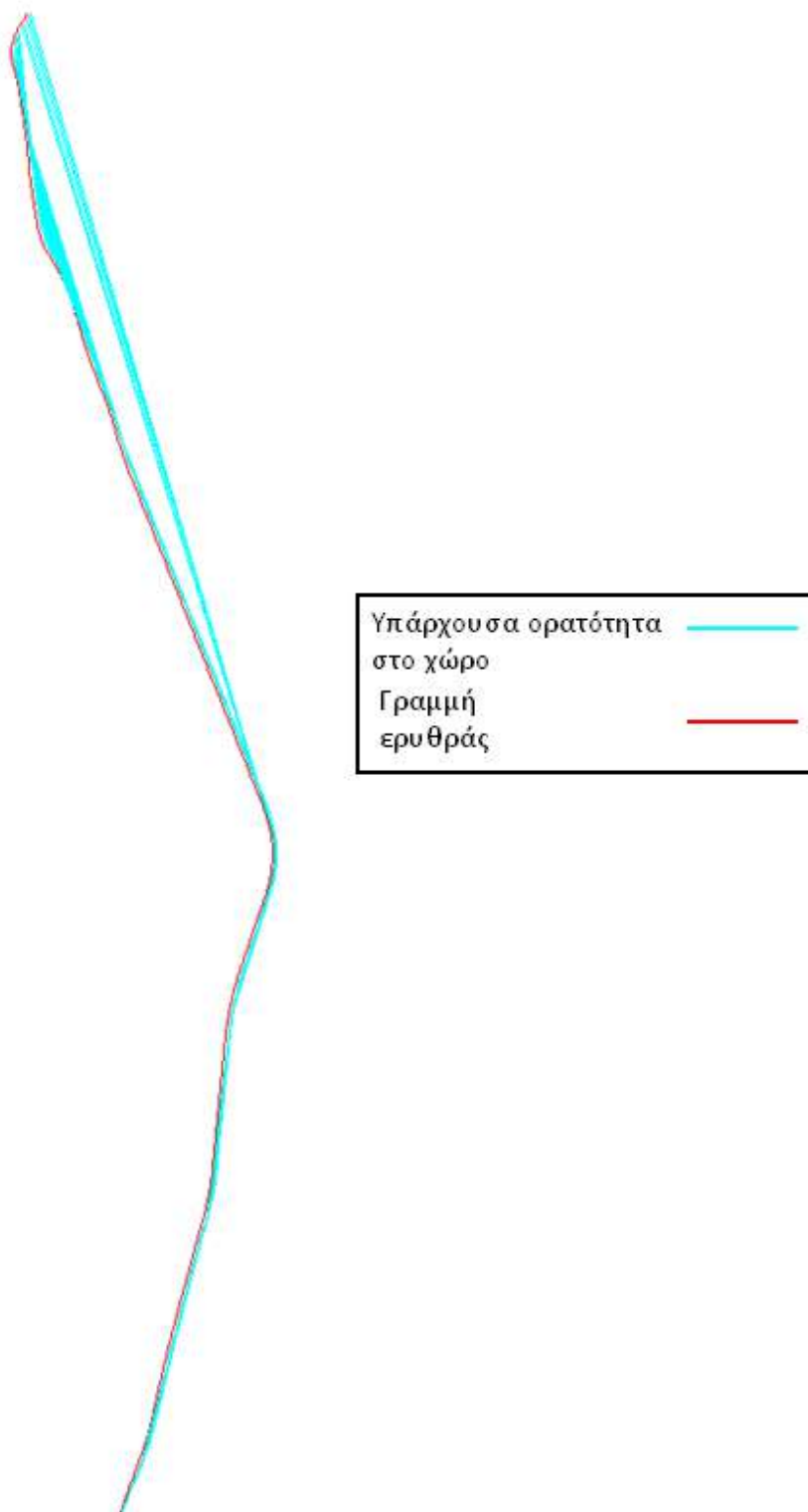
Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο νότιο τμήμα ΓΔ στην μηκοτομή



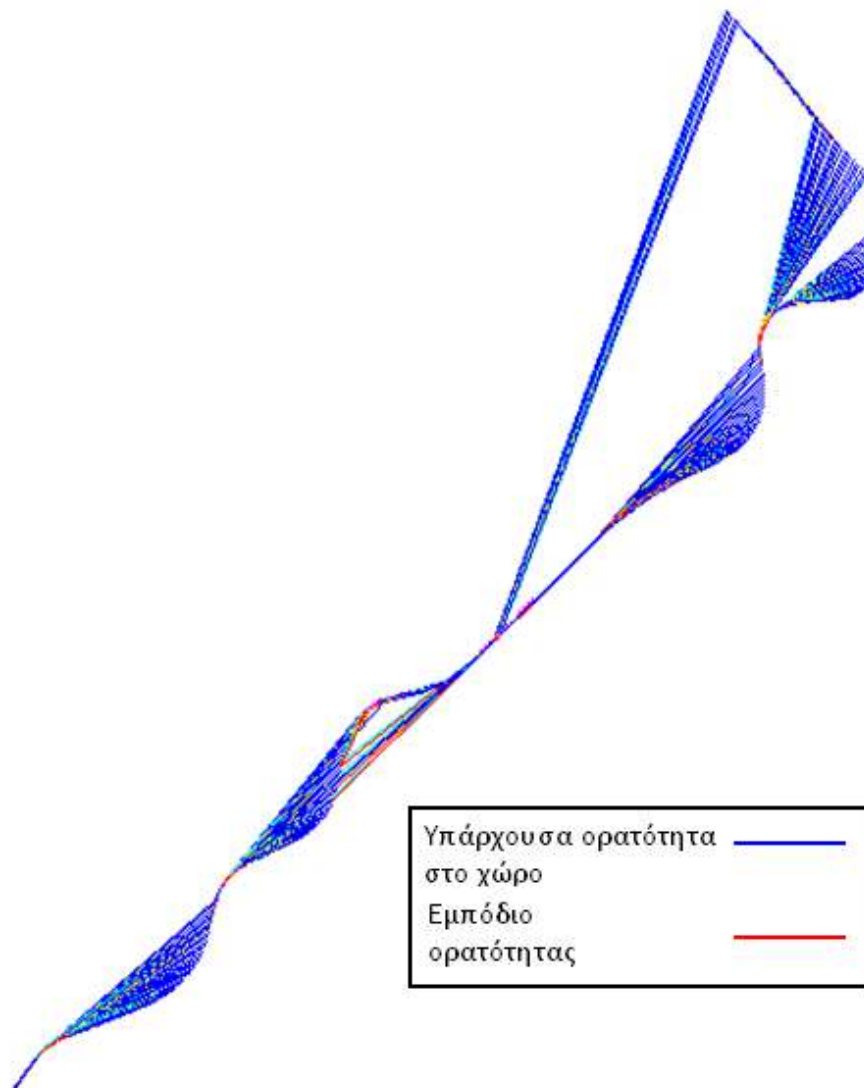
**Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο βόρειο τμήμα ΕΖ στην
οριζοντιογραφία**



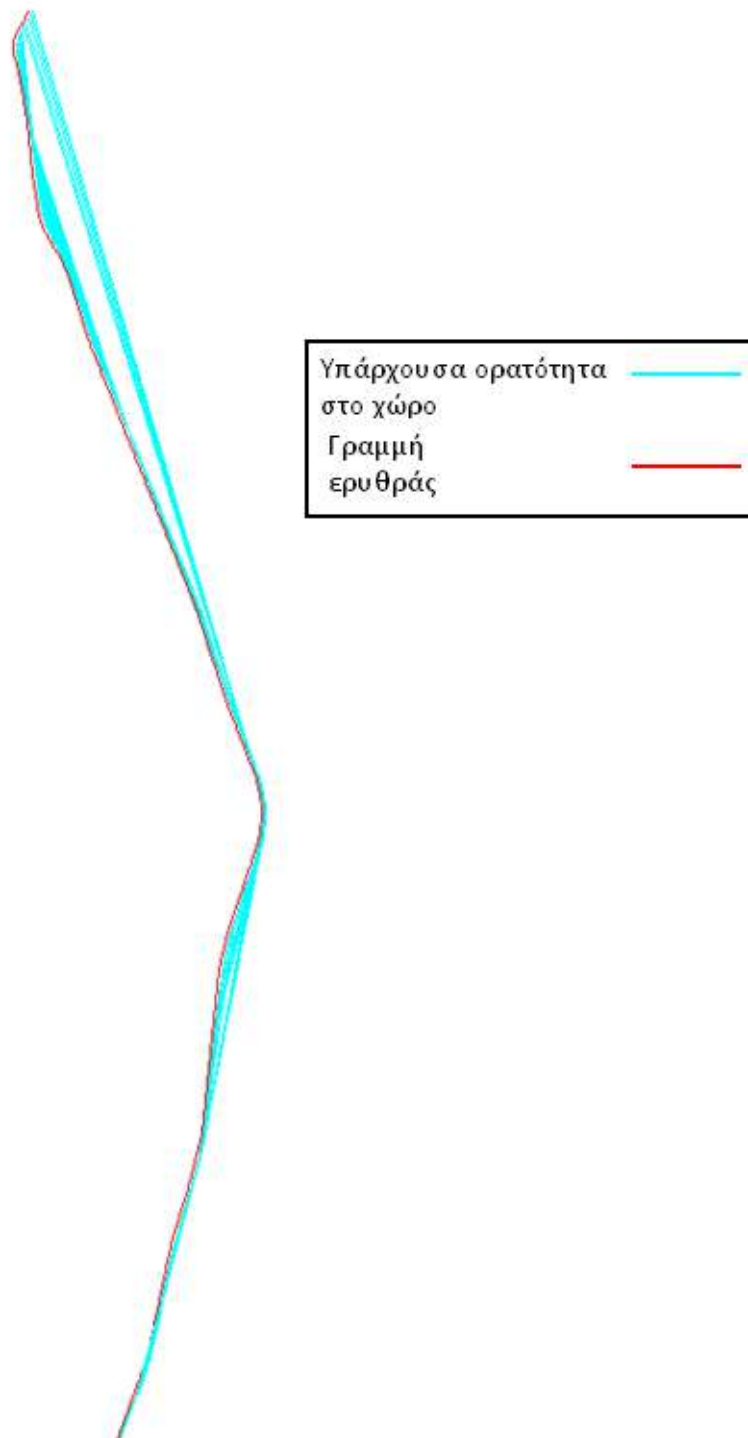
Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο βόρειο τμήμα ΕΖ στη μηκοτομή



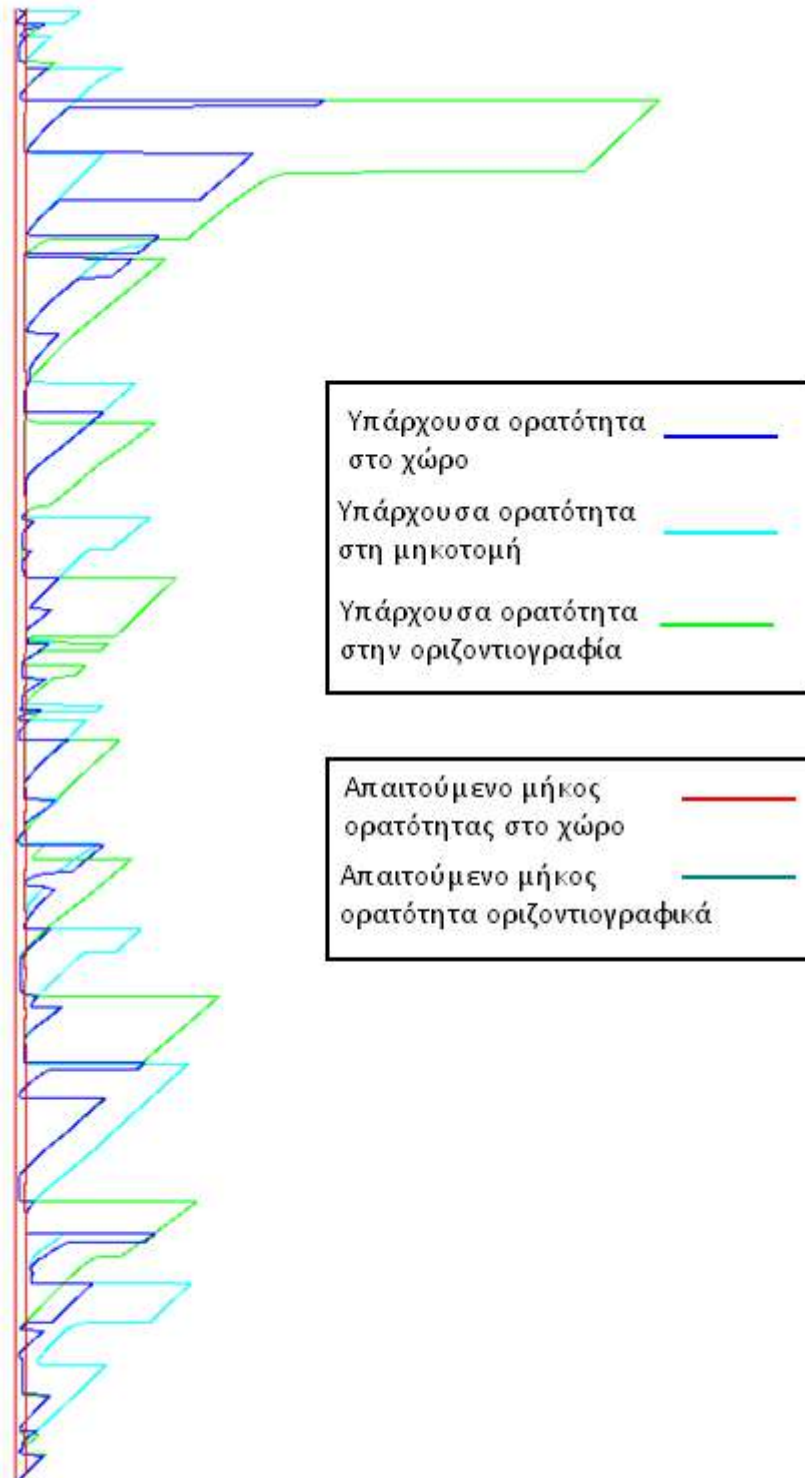
**Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο νότιο τμήμα ΕΖ στην
οριζοντιογραφία**



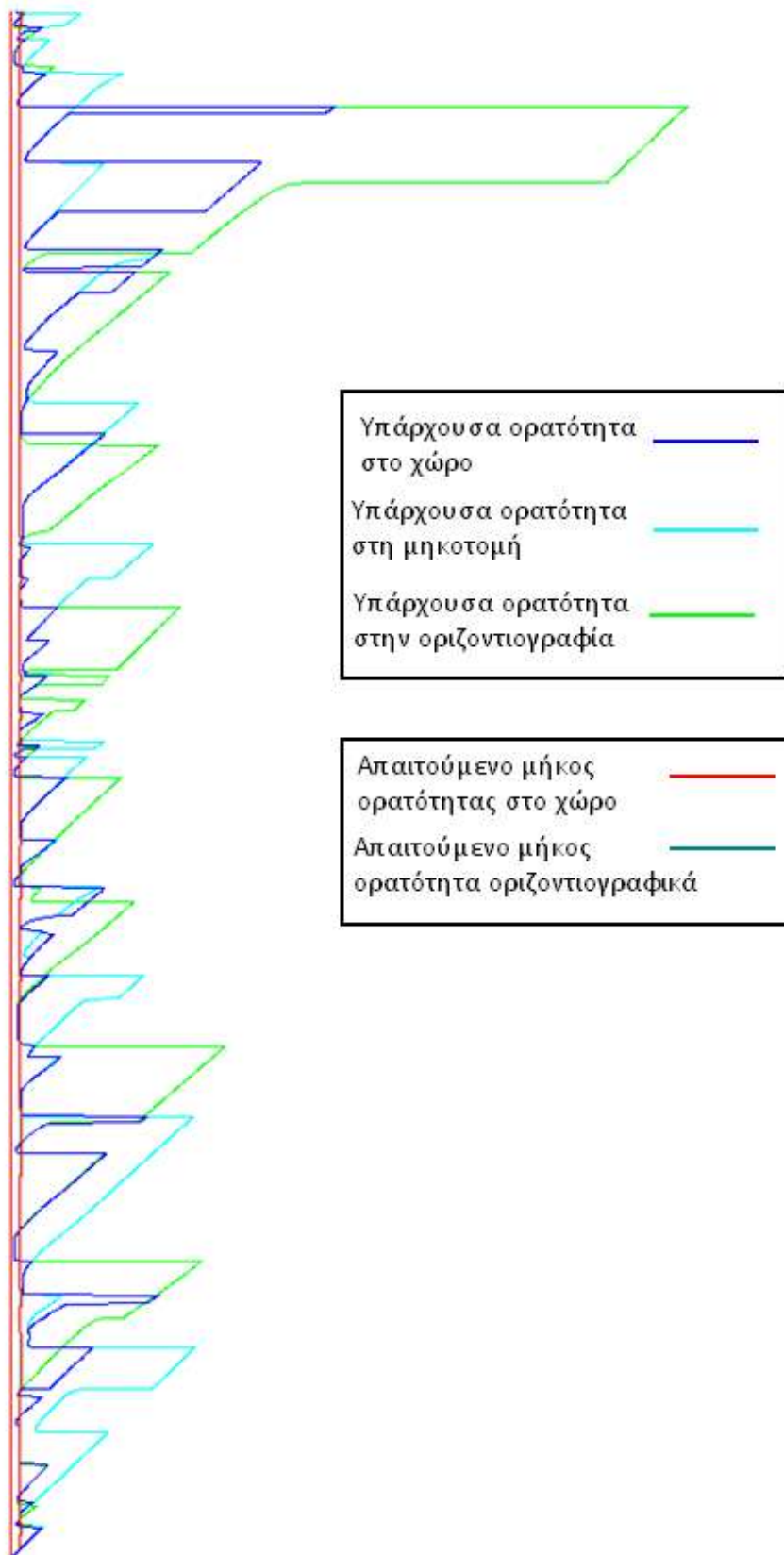
Απεικόνιση της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο στο νότιο τμήμα ΕΖ στη μηκοτομή



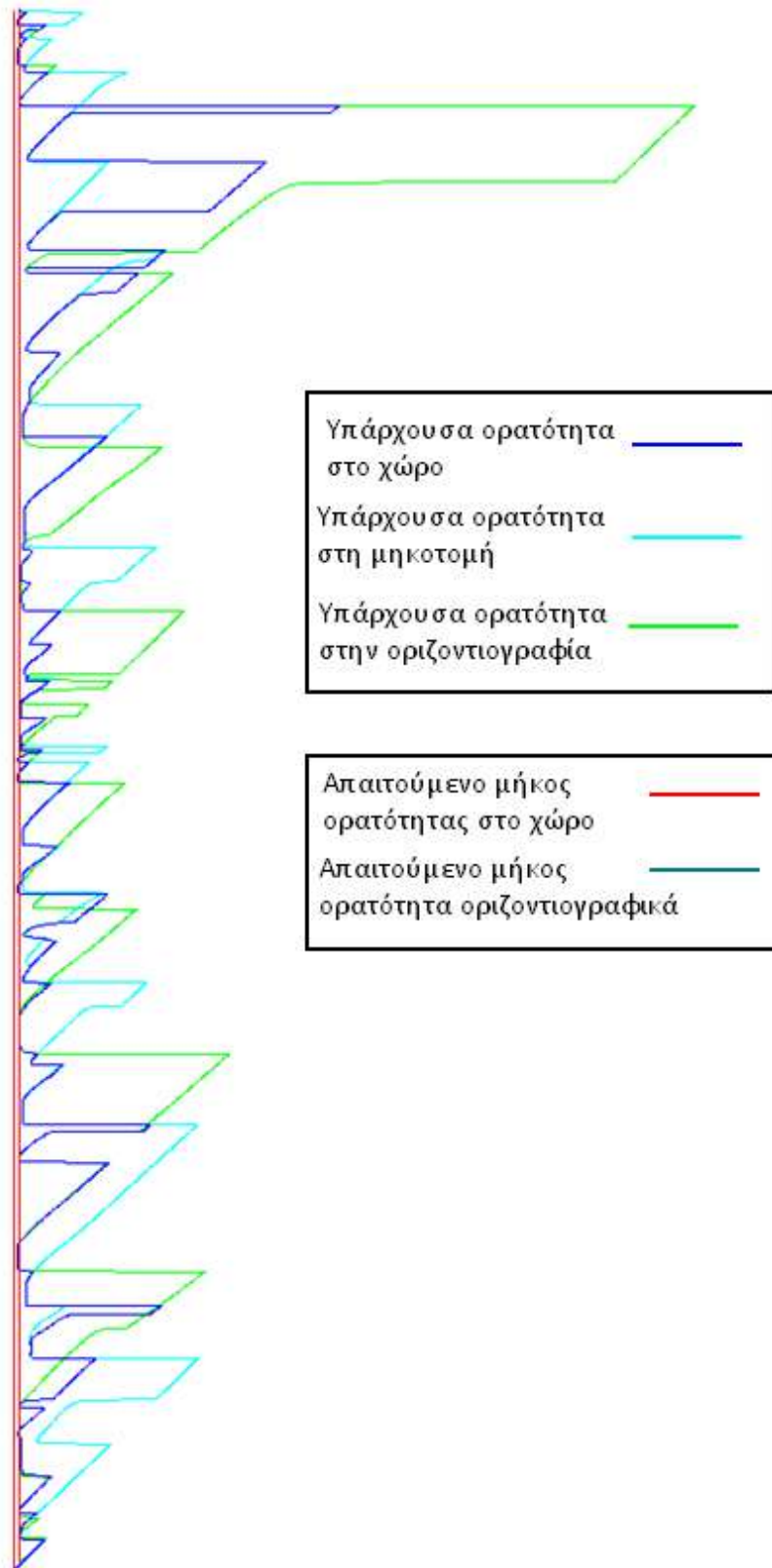
**Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΑΒ βάση των Αμερικανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**



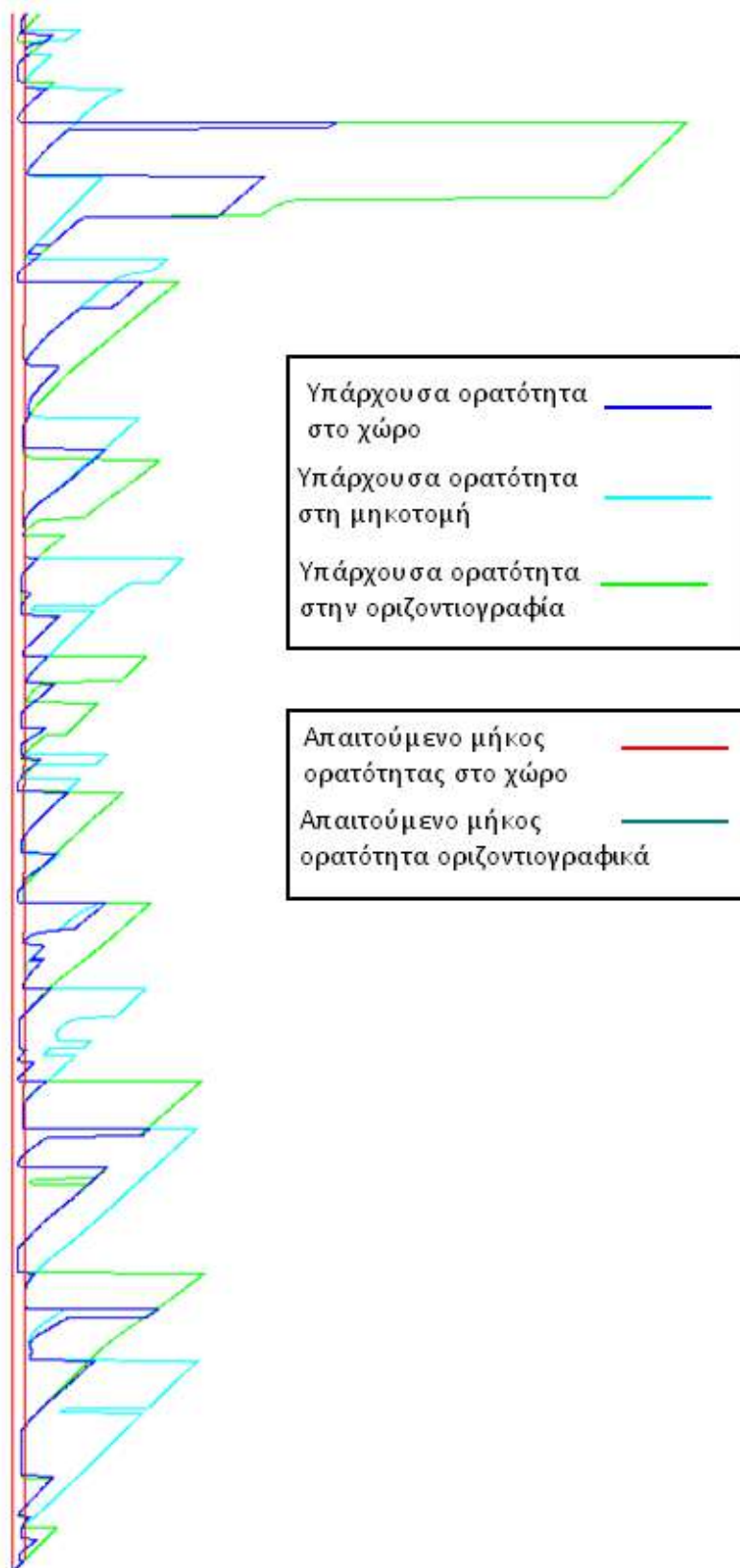
**Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΑΒ βάση των Αμερικανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 100km/h**



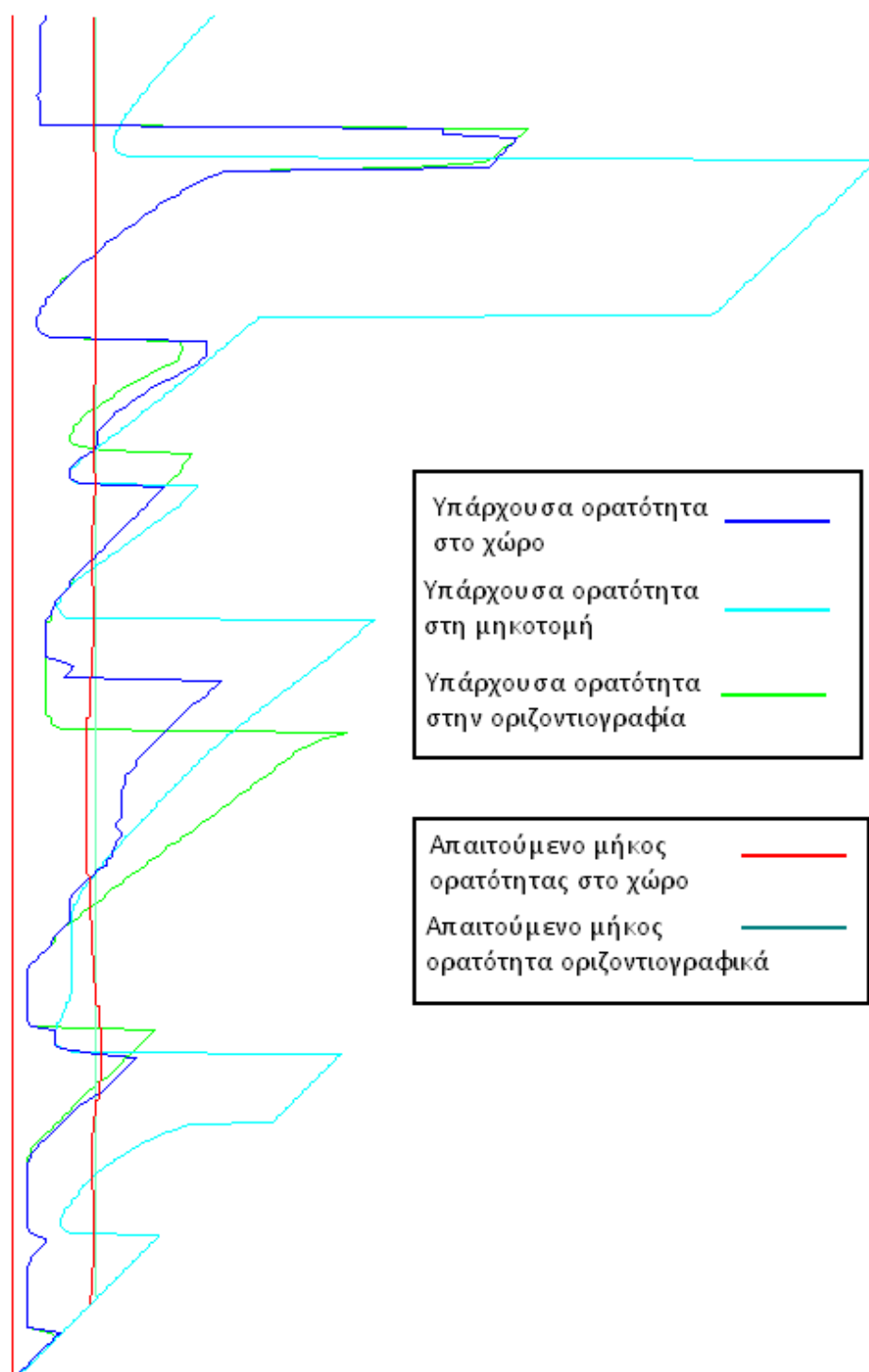
Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΑΒ βάση των Αμερικανικών κανονισμών με ταχύτητα μελέτης 80km/h



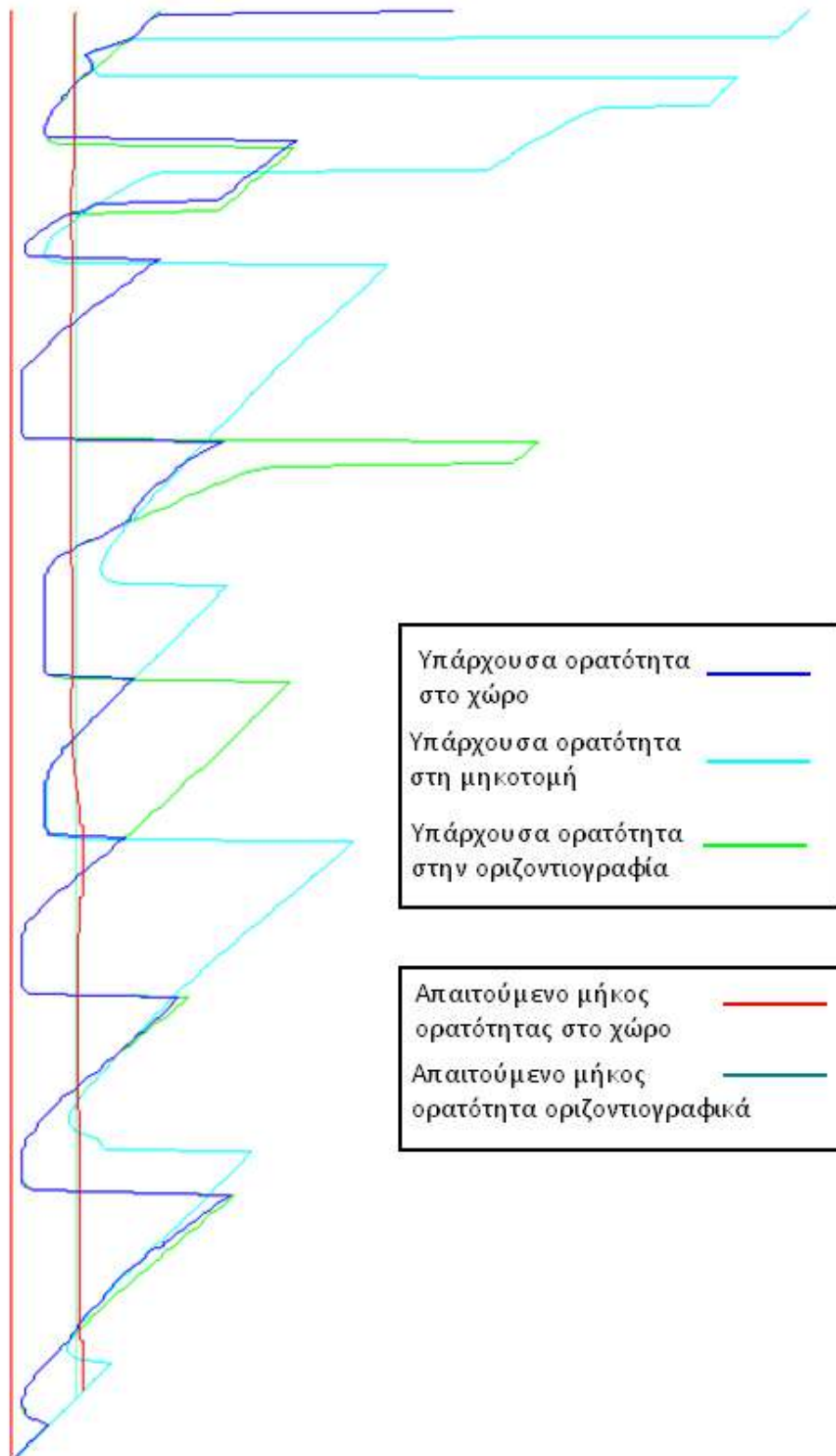
**Διάγραμμα ορατότητας στο νότιο τμήμα ΑΒ βάση των Αμερικανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**



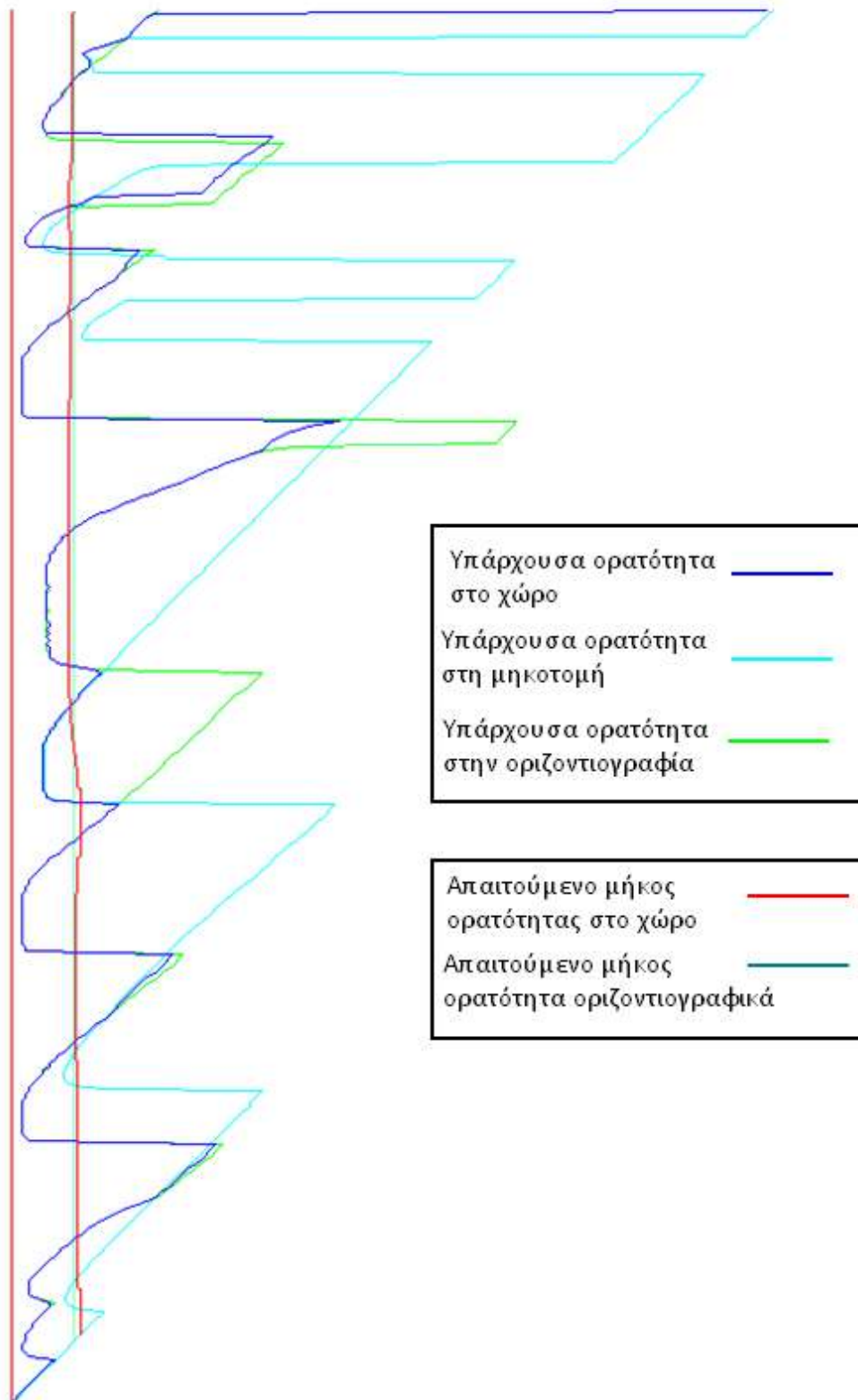
**Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΓΔ βάση των Αμερικανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**

**Διάγραμμα ορατότητας στο νότιο τμήμα ΓΔ βάση των Αμερικανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**

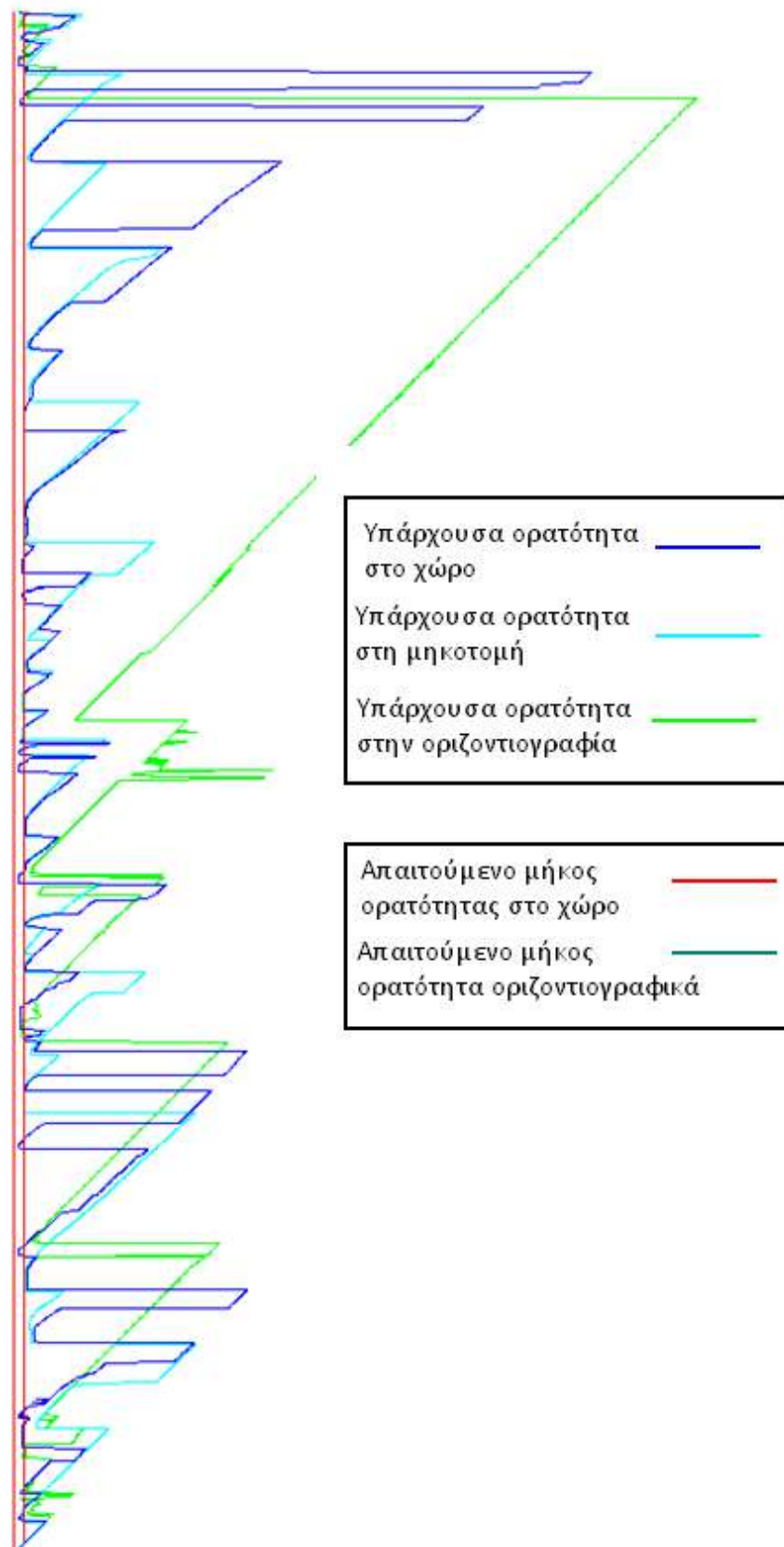
**Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΕΖ βάση των Αμερικανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**



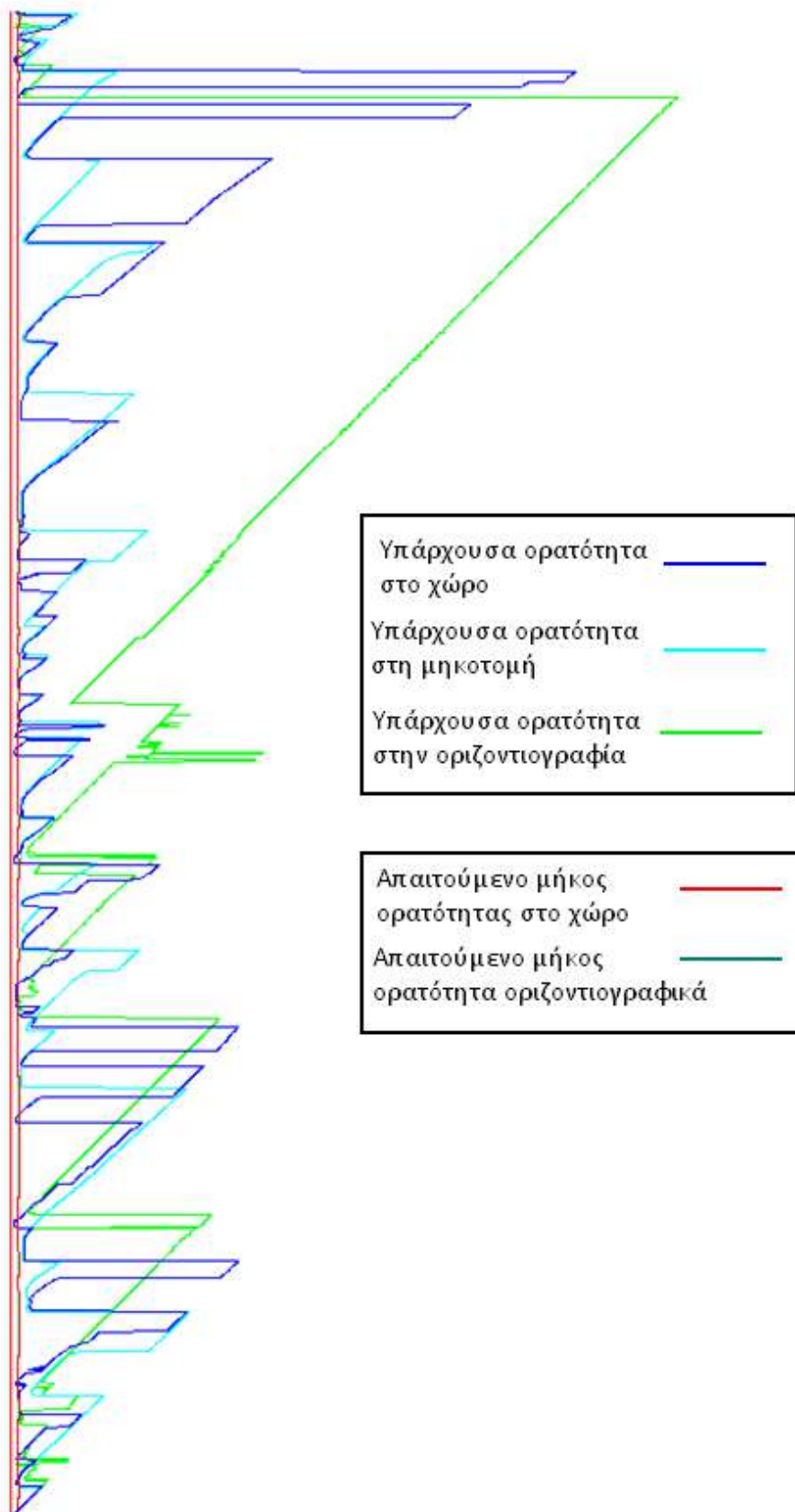
**Διάγραμμα ορατότητας στο νότιο τμήμα ΕΖ βάση των Αμερικανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**



**Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΑΒ βάση των Γερμανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**



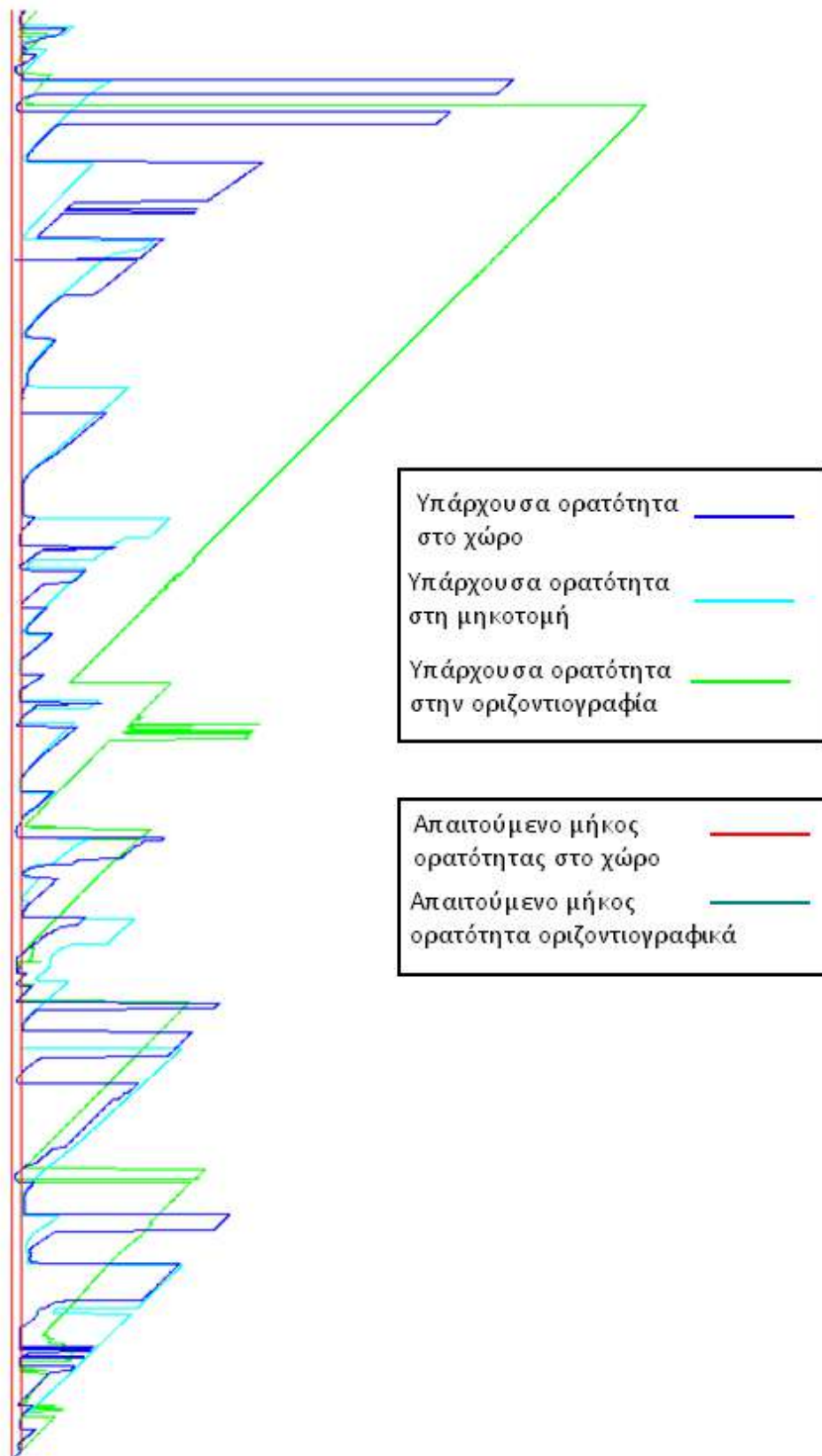
**Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΑΒ βάση των Γερμανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 100km/h**

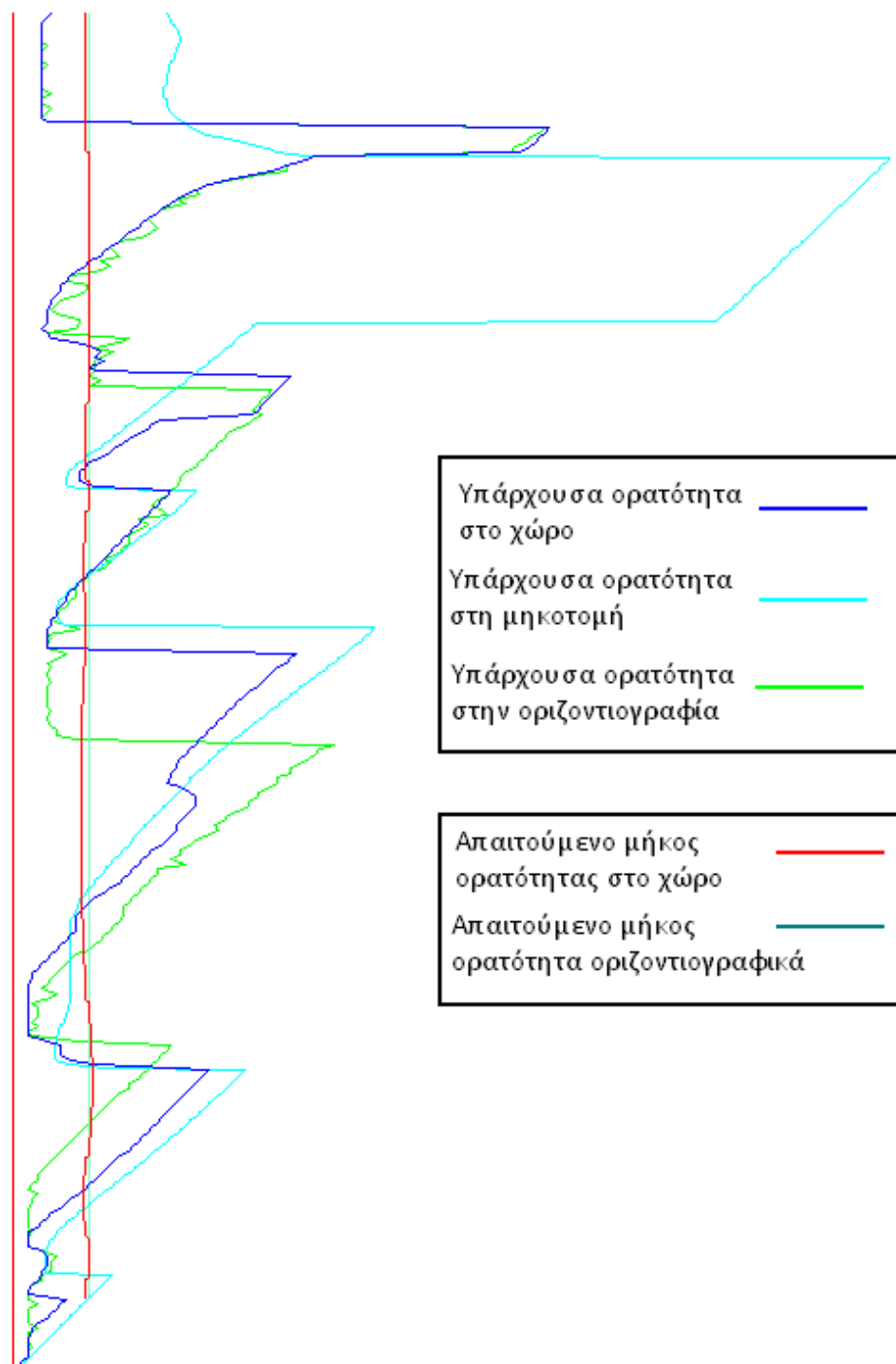


**Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΑΒ βάση των Γερμανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 80km/h**

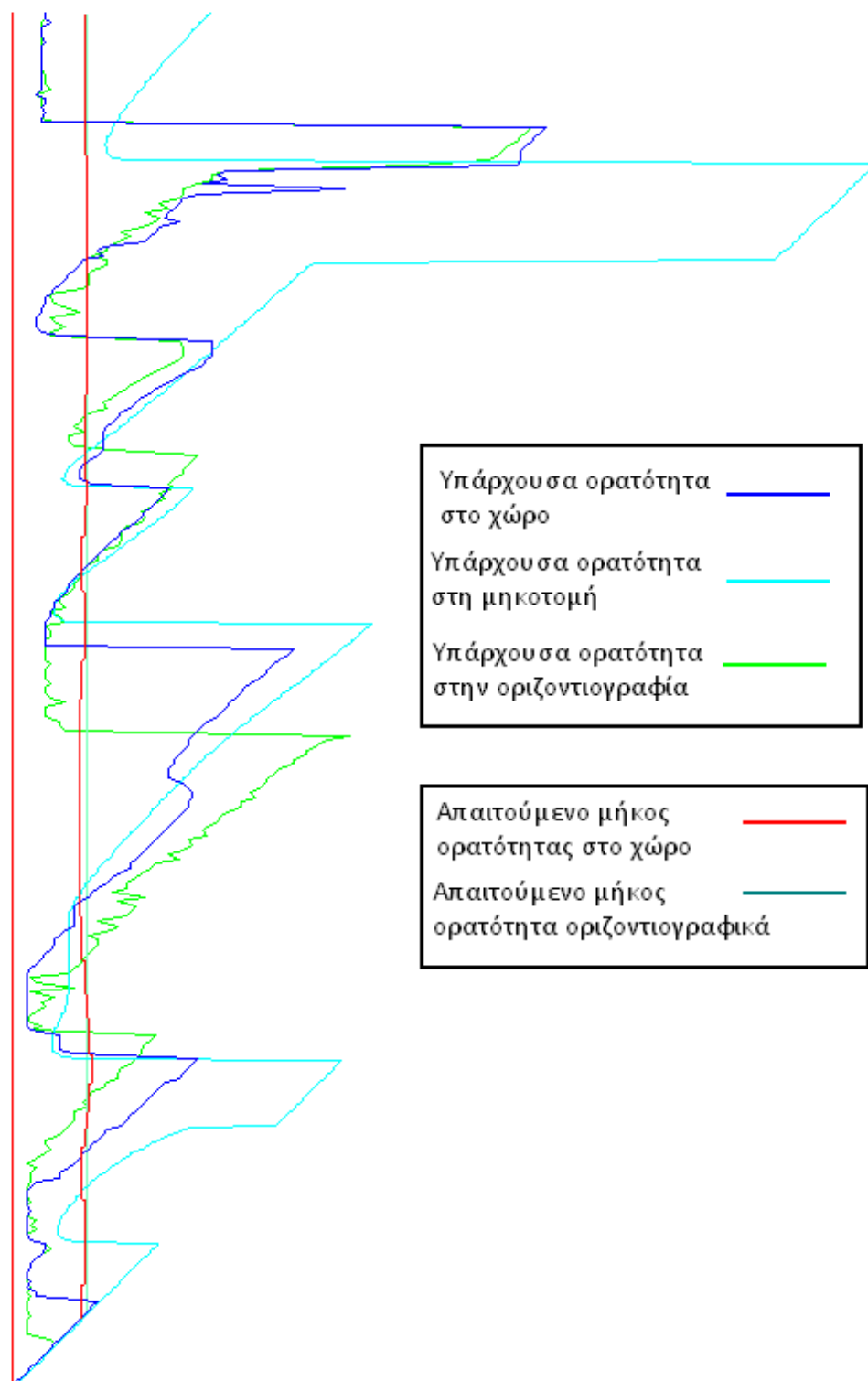


**Διάγραμμα ορατότητας στο νότιο τμήμα ΑΒ βάση των Γερμανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**

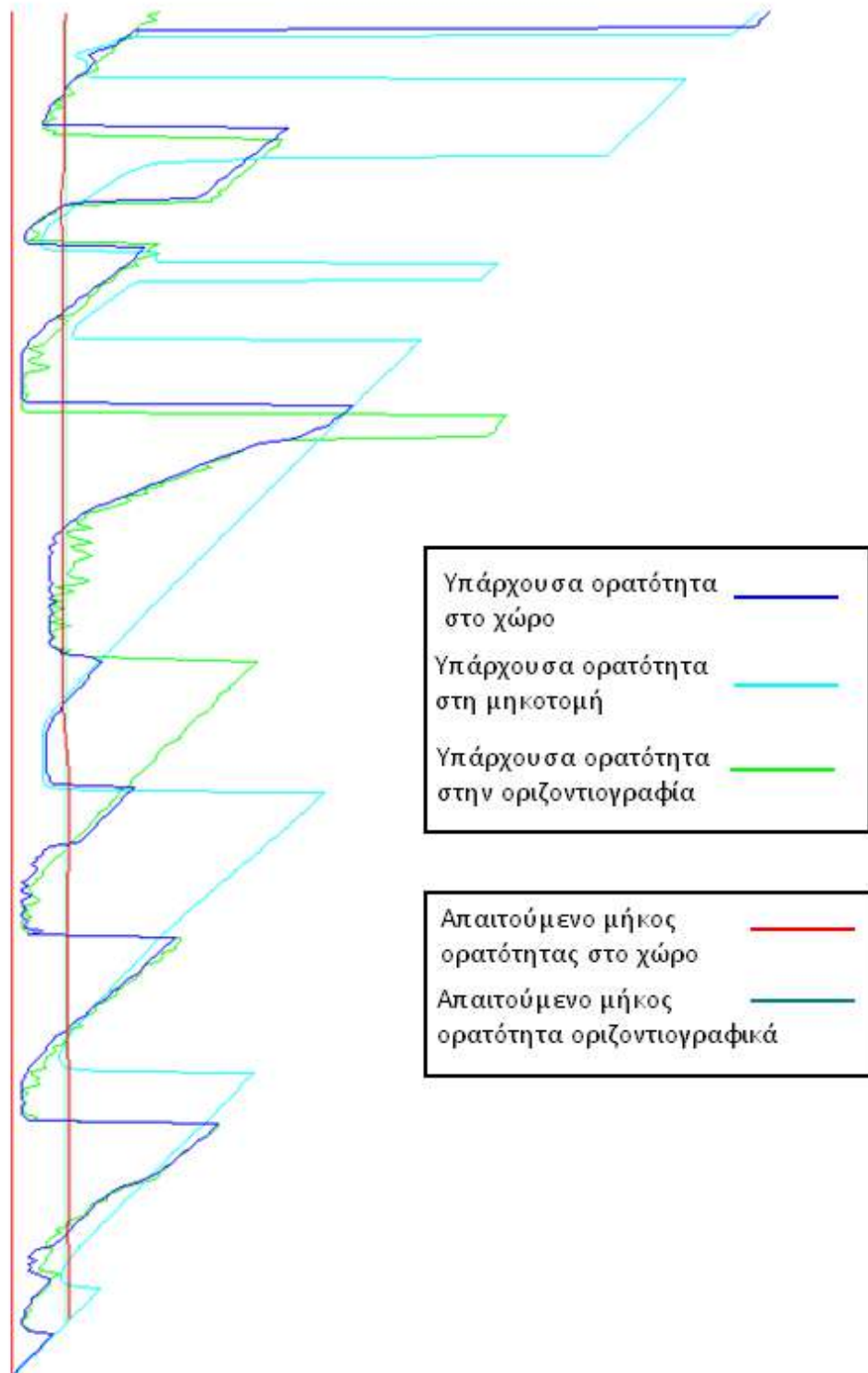


**Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΓΔ βάση των Γερμανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**

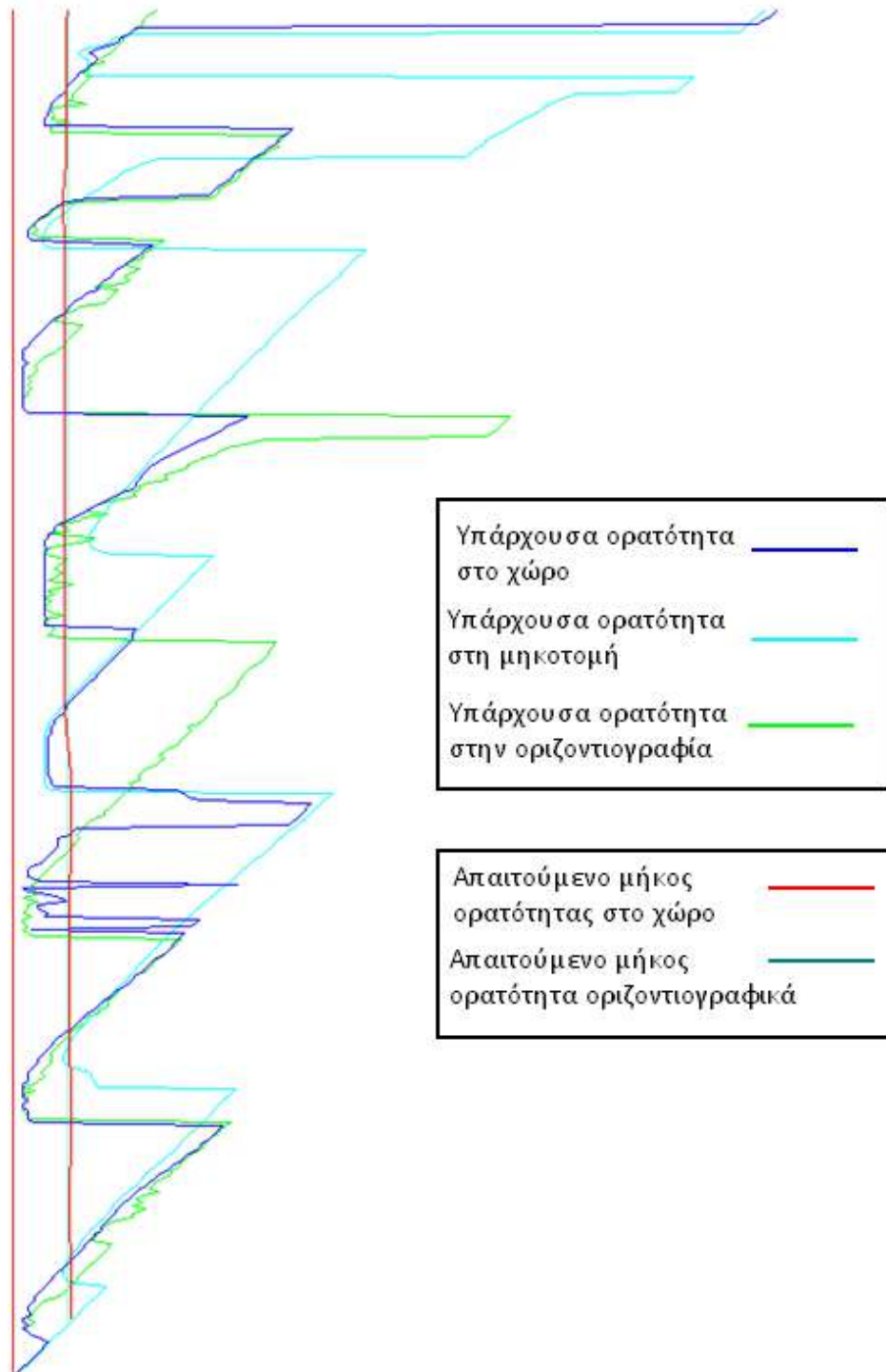
**Διάγραμμα ορατότητας στο νότιο τμήμα ΓΔ βάση των Γερμανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**



**Διάγραμμα ορατότητας στο βόρειο τμήμα ΕΖ βάση των Γερμανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**



**Διάγραμμα ορατότητας στο νότιο τμήμα ΕΖ βάση των Γερμανικών κανονισμών με
ταχύτητα μελέτης 120km/h**



4.5 Συμπεράσματα βάση του παραδείγματος

Με βάση τα αρχεία που δημιουργήθηκαν έγιναν οι εξής παρατηρήσεις :

- Οι διαφορές στα αποτελέσματα της μέτρησης της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο σε σχέση με τα αποτελέσματα της μέτρησης της σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή ξεχωριστά είναι μεγάλες τόσο στους Αμερικανικούς όσο και στους Γερμανικούς κανονισμούς
- Όμως μια μεγάλη διαφορά παρατηρείται μεταξύ των δύο κανονισμών. Στους Γερμανικούς κανονισμούς στις περιοχές που παρουσιάζουν έλλειψη ορατότητας ή είναι κοντά στο όριο της απαιτούμενης ορατότητας για στάση υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της τιμής της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο και της τιμής της σε μηκοτομή και οριζοντιογραφία. Στους Αμερικανικούς κανονισμούς στις αντίστοιχες περιοχές παρατηρείται ότι η υπάρχουσα ορατότητα στο χώρο έχει τις ίδιες ελάχιστες τιμές με την ορατότητα της οριζοντιογραφίας ή της μηκοτομής.
- Στις περιπτώσεις που οι τιμές της υπάρχουσας ορατότητας υπολογίστηκαν με βάση τους Γερμανικούς κανονισμούς ήταν μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές που υπολογίστηκαν με βάση τους Αμερικανικούς κανονισμούς. Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς το ύψος οφθαλμών και εμποδίου στους Γερμανικούς κανονισμούς είναι 1m ενώ στους Αμερικανικούς το ύψος οφθαλμών είναι 1,08m και το ύψος εμποδίου 0,6m
- Οι τιμές του απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς είναι πιο υψηλές από αυτές των Γερμανικών. Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς οι τύποι υπολογισμού του είναι παρεμφερείς αλλά στους Γερμανικούς κανονισμούς ο ρυθμός επιβράδυνσης παίρνει τιμή $3,7\text{m/s}^2$ και ο χρόνος αντίδρασης 2s ενώ στους Αμερικανικούς ο ρυθμός επιβράδυνσης παίρνει τιμή $3,4\text{m/s}^2$ και ο χρόνος αντίδρασης 2,5s
- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα στους Αμερικανικούς κανονισμούς οι τιμές της διαφοράς της υπάρχουσας από την απαιτούμενη ορατότητα έχουν μικρότερες τιμές από αυτές των Γερμανικών κανονισμών. Άρα σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς η ορατότητα των ίδιων οδικών τμημάτων είναι πιο περιορισμένη, σε περισσότερα τμήματα της οδού και για μεγαλύτερο μήκος από ότι στους Γερμανικούς
- Παρατηρείται η ύπαρξη σημείων όπου σύμφωνα με την ανάλυση της ορατότητας στο χώρο η οδός παρουσιάζει πρόβλημα ορατότητας ενώ με την ανάλυση στις δύο διαστάσεις δεν παρουσιάζει και αντίστροφα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην τρισδιάστατη ανάλυση λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της χάραξης της οριζοντιογραφίας στη μηκοτομή και αντίστροφα.
- Η διαφορά της υπάρχουσας από την απαιτούμενη ορατότητα αυξάνεται όσο ελαττώνεται η ταχύτητα μελέτης για την οποία εκτελείται ο έλεγχος ορατότητας, δηλαδή για μικρότερες ταχύτητες έχουμε καλύτερη ορατότητα

- Όσο μικρότερη είναι η τιμή της ταχύτητας μελέτης που χρησιμοποιείται στον έλεγχο της ορατότητας τόσο λιγότερα τμήματα της οδού παρουσιάζουν προβλήματα ορατότητας και σε μικρότερο μήκος. Αυτή η παρατήρηση δεν αποτελεί αναγκαστικό κανόνα διότι μπορεί το μήκος και ο αριθμός των τμημάτων με προβλήματα ορατότητας να παραμένει ο ίδιος και να μειώνεται μόνο η διαφορά της υπάρχουσας από την απαιτούμενη ορατότητα
- Το μήκος της υπάρχουσας ορατότητας σε όλους τους ελέγχους ήταν πολύ μικρό στο τέλος των οδικών τμημάτων γεγονός που δεν αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα διότι μία ρεαλιστική οδός δεν τελειώνει εκεί που τελειώνουν τα σχέδια αλλά συνεχίζεται και διακλαδώνεται σε άλλα οδικά τμήματα
- Επίσης το μήκος της υπάρχουσας ορατότητας σε πολλά οδικά τμήματα έχει πολύ υψηλές τιμές, μερικών χιλιάδων μέτρων, γεγονός που δεν αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα και οφείλεται ότι δεν λήφθηκαν υπόψη όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν το μήκος ορατότητας
- Οι παραδοχές που έγιναν στο παράδειγμα μας δείχνουν να επηρεάζουν σημαντικά τα εξαγόμενα συμπεράσματα που

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Συμπεράσματα

Η ορατότητα είναι μία παράμετρος που επηρεάζει σημαντικά την χάραξη μίας οδού. Οι Αμερικανικοί και οι Γερμανικοί κανονισμοί έχουν οδηγίες για την μέτρηση της και θέτουν τα ελάχιστα επιτρεπτά όρια της. Οι Γερμανικοί κανονισμοί αναφέρονται στην ορατότητα ταυτόχρονα σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή, όμως θέτουν ελέγχους οι οποίοι μπορούν να πραγματοποιηθούν στις 2-διαστάσεις. Οι Αμερικανικοί κανονισμοί την αντιμετωπίζουν αποκλειστικά στις 2-διαστάσεις, δηλαδή ξεχωριστά σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή. Συμβουλές για την επιθυμητή χάραξη στο χώρο για την αποφυγή προβλημάτων ορατότητας υπάρχουν και στους δύο κανονισμούς.

Έρευνες στον υπολογισμό της υπάρχουσας ορατότητας στο χώρο κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών από τους Hassan, Easa και Hallim υποδεικνύουν ότι η μέτρηση της ορατότητας θα πρέπει να γίνεται στο χώρο. Όταν εξετάζονται ξεχωριστά τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής υπάρχει η πιθανότητα λάθους καθώς δεν υπολογίζεται η αλληλεπίδραση των χαράξεων οριζοντιογραφίας και μηκοτομής.

Η ορατότητα όμως είναι ένα μέγεθος τρισδιάστατο και γι' αυτό πρέπει να εξετάζεται στο χώρο. Η ορατότητα στο χώρο εξαρτάται από πολλούς παραμέτρους, γι' αυτό απαιτούνται πολύπλοκοι και χρονοβόροι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της. Δημιουργείται λοιπόν η ανάγκη τυποποίησης και αυτοματοποίησης του ελέγχου της ορατότητας με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Η παρούσα διπλωματική έχει ως στόχο την ανάπτυξη αλγόριθμων που θα υπολογίζουν την υπάρχουσα ορατότητα στο χώρο σε κάθε σημείο της οδού και θα ελέγχουν εάν επαρκεί με βάση τους κανονισμούς οδοποιίας (Αμερικανικούς και Γερμανικούς). Ο υπολογισμός της υπάρχουσας ορατότητας γίνεται βάσει των παραδοχών των κανονισμών για θέση και ύψος οδηγού και εμποδίου.

Επιπρόσθετα ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την ορατότητα είναι ο τρόπος που την αντιλαμβάνεται ένας οδηγός ανάλογα με τα ψυχοσωματικά ερεθίσματα που λαμβάνει από την οδό. Έρευνες που έχουν γίνει διατυπώνουν ότι η αντιληπτή από την πραγματική ορατότητα διαφέρουν καθώς ο οδηγός επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου της οδού, ο συνδυασμός της χάραξης της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, η αντίθεση των χρωμάτων και οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Όμως η ανθρώπινη φύση του οδηγού υπεισέρχεται στους υπολογισμούς της ορατότητας μόνο μέσω του χρόνου αντίδρασης.

5.2 Προτάσεις

Οι προτάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη του θέματος αφορούν τόσο το θεωρητικό μέρος της ορατότητας όσο και την συμπλήρωση και βελτίωση του προγράμματος Ορατότητες. Πιο συγκεκριμένα θα μπορούσαν να γίνουν τα εξής :

- Προσδιορισμός των μηκών ορατότητας από τους κανονισμούς στο χώρο καθώς και των επιτρεπτών ορίων τους
- Ορισμός του ύψους οφθαλμών και εμποδίου ώστε να ανταποκρίνεται σε έλεγχο στο χώρο και όχι σε έλεγχο ξεχωριστό σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή
- Προσδιορισμός στο απαραίτητο μήκος ορατότητας της τιμής της κλίσης που πρέπει να χρησιμοποιείται
- Επανεξέταση του απαραίτητου μήκους ορατότητας λαμβάνοντας υπόψη την συμβολή των επικλίσεων στην τροχοπέδηση επί οριζοντιογραφικής καμπύλης
- Έρευνα για τον εντοπισμό των σημείων όπου παρέχεται πληθώρα πληροφοριών από την οδό στο χρήστη της
- Έρευνα για τον επιρροή των ψυχοσωματικών ερεθισμάτων στη αντίληψη της ορατότητας του οδηγού. Μετατροπή των αποτελεσμάτων σε παραμέτρους που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τύπους κανονισμών
- Ορισμός ενός μεγίστου της υπάρχουσας ορατότητας ώστε να αποφευχθεί η ύπαρξη τιμών μέχρι τις οποίες αδυνατεί να δει το ανθρώπινο μάτι
- Ορισμός των γωνιών όρασης καθώς προκύπτουν τιμές που δεν μπορεί να δει ο άνθρωπος χωρίς περιστροφή του σώματός του
- Έρευνα για το σημείο και τον τρόπο εστίασης των οφθαλμών για την καλύτερη κατανόηση της αίσθησης στην οποία βασίζεται η αντίληψη της ορατότητας. Επίσης μπορεί να βοηθήσει στον βέλτιστο ορισμό του ύψους οφθαλμών και εμποδίου
- Μελέτη για την επιρροή των παραδοχών στα αποτελέσματα των πειραμάτων
- Εύρεση μεθόδων για την ελάττωση του χρόνου επεξεργασίας των δεδομένων
- Στατιστική μελέτη για τον αποκλεισμό τιμών που οφείλονται σε ατέλεια κάποιας παραμέτρου
- Στα σχέδια που δημιουργούνται από το πρόγραμμα να υπάρχουν κατάλληλα διευκρινιστικά πινακάκια

Η ανάπτυξη προγραμμάτων που θα δίνουν λύση στα παραπάνω θέματα θα βελτιστοποιούσε το πεδίο ορισμού της ορατότητας καθώς και το λογισμικό που δημιουργήθηκε για τον έλεγχο της.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. **AASHTO GREEN BOOK (2004).** "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", American Association of State and Highway Transportation Officials, (AASHTO), Washington DC. 2004
2. **Richtlinien für die Anlage von Autobahnen RAA (Ausgabe 2008).**
3. **Κανελλαΐδης, Μαλέρδος, Γλαρός.** "Σημειώσεις για τον γεωμετρικό σχεδιασμό οδών", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα Οκτώβριος 2005
4. **Κανελλαΐδης, Δραγομάνοβιτς.** "Χάραξη της οδού στο χώρο", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα Φεβρουάριος 2006
5. **Road Safety Manual.** "PIARC technical committee on road safety", 2003
6. **Hassan Y.,Easa S., Halim A.O.** "Analytical Model for Sight Distance Analysis on Three-Dimensional Highway Alignments", Transportation Research Record 1523, Washington DC. 1996
7. **Hassan Y.,Easa S., Halim A.O.** "Modeling Headlight Sight distance on Three-Dimensional Highway Alignments", Transportation Research Record 1579, Washington DC. 1997
8. **Hassan Y.,Easa S.** "Design Considerations of Sight Distance Red Zones on Crest Curves", Journal of Transportation Engineering, Vol. 124 No.4, Paper No. 15571, July/August 1998
9. **Lippold C., Schulz R.** "Orientation Sight Distance – Definition and Evaluation", 3rd International symposium on highway Geometric Design, June 2005
10. **Δραγομάνοβιτς Α.** "Ανάπτυξη αλγορίθμων ελέγχου της χάραξης οδού στο χώρο" Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2000
11. **Κανελλαΐδης, Μερτζάνης** "Χαράξεις Η8" Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2006 -2007
12. **Yuan Ho, Shi Guifang, Cheng Jianchuan, Huang Xiaonming** "Revision of calculation of stopping sight distance", AATT 2008



Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
School of Civil Engineering

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

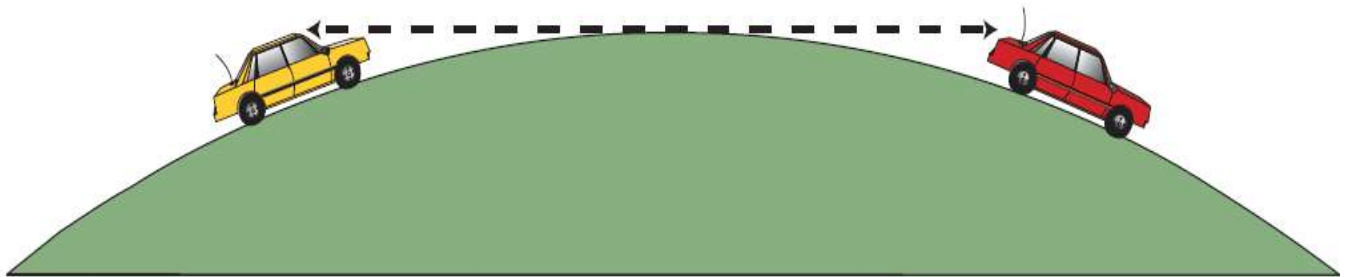
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Γ. ΚΑΝΕΛΛΑΪΔΗΣ

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Φ. ΜΕΡΤΖΑΝΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΣΤΕΡΓΙΟΣ-ΛΑΖΑΡΟΣ ΠΑΣΧΟΥΔΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2009

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ

```
C*****
C
C      ORAT.FOR
C
C      Vizibility
C
C*****

      subroutine orat

C-----
C      VARIOUS
C-----
      real*8      z                ! Zero_Value
      real*8      pi              ! Ω
      real*8      den             ! Denominator
      real*8      a,b             ! Straight Line Parameter
      real*8      x,y             ! Coordinates
      real*8      kv,hv           ! Vizibility Coordinates
      real*8      klm,klmp        ! Kilometrage
      real*8      hgt,hgtp        ! Height
      real*8      ssd,ssdp        ! Stopping Sight Distance
      real*8      gmn             ! Grade Mean Value

C-----
C      FM.GEN
C-----
      character*30 pnm            ! Project_Name
      integer*2    dsp            ! Design_Speed
      real*8       v85             ! V85
      real*8       hrl             ! Horizontal Scale
      real*8       vrl             ! Vertical Scale

C-----
C      FM8.DAT
C-----
      real*8       k8(100000)      ! Kilometrage
      real*8       x1(100000),y1(100000),z1(100000) ! XYZ1
      real*8       x2(100000),y2(100000),z2(100000) ! XYZ2
      real*8       x3(100000),y3(100000),z3(100000) ! XYZ3

C-----
C      FM39.DAT
C-----
      integer*4    n39
      real*8       k39(5000)
      real*8       x39
      real*8       y39
      real*8       z39(5000)
      real*8       g39(5000)
      real*8       rv39(5000)
      real*8       rh39(5000)
```

```

C      FM41.DAT
C-----
      real*8      k41 (5000)                ! Kilometrage
      real*8      x41 (5000),y41 (5000),z41 (5000) ! XYZ
      real*8      g41 (5000)                ! Grade
      real*8      s41 (5000)                ! Slope
C-----
C      FM88.DAT
C-----
      real*8      k88                        ! Kilometrage
C-----
C      PLANE EQUATION
C-----
      real*8      ap
      real*8      bp
      real*8      cp
      real*8      dp
C-----
C      INTERSECTIONS
C-----
      real*8      xt,yt,zt
      real*8      d1,d2,d3
      real*8      t1,t2,t3
      real*8      f1,f2,f3
C-----
C      STRING
C-----
      real*8      xs (4),ys (4),zs (4)
C-----
C      FILES
C-----
      character*900 fmgen                    ! fm.gen
      character*900 fmorz                    ! fm.orz
      character*900 fm8                      ! fm8.dat
      character*900 fm39                    ! fm39.dat
      character*900 fm41                    ! fm41.dat
      character*900 fm84                    ! fm84.dat
      character*900 fm85                    ! fm85.dat
      character*900 fm87                    ! fm87.dat
      character*900 fm88                    ! fm88.dat
      character*900 fmdes                    ! *.des
      character*900 fmdxf                    ! *.dxf
C-----
C      FM.ORZ
C-----
      real*8      hz                        ! Base Horizon
C-----
C      REGULATIONS
C-----
      real*8      eye                        ! Eye Height

```

```

real*8      obh      ! Object Height Horiz
real*8      obl      ! Object Height Longi
real*8      rtm      ! Reaction Time
real*8      vdc      ! Vehicle Decelarat.

C-----
C      START
C-----
      write(*,'(120(''-'))')
      write(*,'(''  Ορατότητες'')')

C-----
C      FILES
C-----
      call filename(fmgen,'fm.gen')
      call filename(fmorz,'fm.orz')
      call filename(fm8  ,'fm8.dat')
      call filename(fm39 ,'fm39.dat')
      call filename(fm41 ,'fm41.dat')
      call filename(fm84 ,'fm84.dat')
      call filename(fm85 ,'fm85.dat')
      call filename(fm87 ,'fm87.dat')
      call filename(fm88 ,'fm88.dat')

C-----
C      INITIAL VALUES
C-----
      pi=3.14159265

C-----
C      FM.GEN EXISTENCE
C-----
      write(*,'(120(''-'))')
      print *, ' Ελέγχω την ύπαρξη του fm.gen - Παράμετροι'
      open(1,file=fmgen,status='unknown')
      i=0
      do while(.not.eof(1))
        read(1,'(1x)')
        i=i+1
      end do
      close (1)

      if(i.eq.0) then
        write(*,'(120(''-'))')
        print *, ' Δεν υπάρχει το fm.gen - Παράμετροι'
        call pz
        stop ''
      end if

      if(i.lt.165) then
        write(*,'(120(''-'))')
        print *, ' Δεν είναι σωστό το fm.gen - Παράμετροι'
        call pz
        stop ''
      end if

```

```

C-----
C      FM.GEN
C-----

write(*,'(120(''-'))')
print *,' Διαβάζω fm.gen - Παράμετροι'

open(1,file=fmgen,status='old')

read(1,*,err=100) pnm

open(84,file=fm84,status='unknown')
call stime(84,pnm)

open(85,file=fm85,status='unknown')
call stime(85,pnm)

open(87,file=fm87,status='unknown')
call stime(87,pnm)

open(88,file=fm88,status='unknown')
call stime(88,pnm)

read(1,'(1x)',err=100)

read(1,*,err=100) dsp
write(*,'(120(''-'))')
write(*,'('' Ταχύτητα Μελέτης > '',i8)') dsp

if(int(dsp).ge.100) v85=dsp+30
if(int(dsp).lt.100) v85=dsp+20
write(*,'('' v85 > '',f12.3)') v85

read(1,'(1x)',err=100)

read(1,*,err=100) zdt
write(*,'('' Παραμόρφωση > '',f12.3)') zdt

do i=1,37
read(1,'(1x)',err=100)
end do

do i=1,55
read(1,'(1x)')
end do

read(1,*,err=100) hrl
write(*,'('' Οριζόντια Κλίμακα > '',f12.3)') hrl

read(1,*,err=100) vrl
if(int(vrl).eq.0) vrl=hrl/10
write(*,'('' Κατακόρυφη Κλίμακα > '',f12.3)') vrl

ht=ht/1000

close (1)

```

```

C-----
C      FM.ORZ
C-----

      write(*,'(120(''-'))')
      print *,' Διαβάζω fm.orz - Ορίζοντες'

      open(1,file=fmorz,status='old')
      hz=0
      z=0
      do while(.not.eof(1))
      read(1,*) z,hz
      end do
      close (1)

C-----
C      MORE DATA
C-----

      write(*,'(120(''-'))')
      write(*,'('' 1 = Γερμανικοί Κανονισμοί - RAA2008'')')
      write(*,'('' 2 = Αμερικανικοί Κανονισμοί - AASHTO'')')
      write(*,'(120(''-'))')
      read(*,*) i

      if(i.eq.1) then
      eye=1.
      obh=1.
      obl=0.5
      rtm=2
      vdc=3.7
      end if

      if(i.eq.2) then
      eye=1.08
      obh=0.6
      obl=0.6
      rtm=2.5
      vdc=3.4
      end if

      if(i.lt.1.or.i.gt.2) then
      write(*,'(120(''-'))')
      print *,' Μόνο 1 η 2'
      return
      end if

C-----
C      READ FM8.DAT
C-----

      write(*,'(120(''-'))')
      write(*,'('' Διαβάζω Τρίγωνα - fm8.dat'')')
      open(8,file=fm8,status='unknown')
      do i=1,10
      read(8,'(1x)',end=108)
      end do
      i=0
      do while(.not.eof(8))
      i=i+1

```

```

        read(8,*) j,x1(i),y1(i),z1(i),x2(i),y2(i),z2(i)
1,x3(i),y3(i),z3(i),j,k8(i)
    end do
    i8=i
    close (8)
    write(*,'(120(''-'))')
    print *,i8,' Τρίγωνο'

C-----
C      CHECK FM8.DAT
C-----

        if(i8.gt.100000)    stop ' Change Array FM8.DAT'
        if(i8.eq.0)        stop ' No FM8.DAT'

C-----
C      FM39.DAT
C-----

        write(*,'(120(''-'))')
        write(*,'(''  Διαβάζω XYZ Αξονα - fm39.dat'')')
        open(39,file=fm39,status='unknown')
        do i=1,10
            read(39,'(1x)')
        end do
        i=0
        do while(.not.eof(39))
            i=i+1
            read(39,*) n39,k39(i),x39,y39,z39(i),g39(i),rv39(i),rh39(i)
        end do
        i39=i
        write(*,'(120(''-'))')
        print *,' XΘ_Μηκοτομής ',i39
        close (39)

C-----
C      CHECK FM39.DAT
C-----

        if(i39.gt.5000)    stop ' Change Array FM39.DAT'
        if(i39.eq.0)        stop ' No FM39.DAT'

C-----
C      WHICH EDGELINE
C-----

        write(*,'(120(''-'))')
        write(*,'(''  Ποιά Οριογραμμή'')')
        write(*,'(120(''-'))')
        read(*,*) ie

C-----
C      FM41.DAT
C-----

        write(*,'(120(''-'))')
        write(*,'(''  Διαβάζω XYZ Οριογραμμών - fm41.dat'')')
        open(41,file=fm41,status='unknown')
        do i=1,10
            read(41,'(1x)')
        end do
        i41=0
        do while(.not.eof(41))

```

```

read(41,*) i,j,klm,x,y,z,g,s
if(ie.eq.i) then
i41=i41+1
k41(i41)=klm
x41(i41)=x
y41(i41)=y
z41(i41)=z
g41(i41)=g
s41(i41)=s
end if
end do
close (41)
write(*,'(120(''-'))')
print *,i41,' XΘ_Οριογραμμής'
z=0

c-----
c      CHECK FM41.DAT
c-----

      if(i41.gt.5000)      stop ' Change Array FM41.DAT'
      if(i41.eq.0)         stop ' No FM41.DAT'

c-----
c      BRAKING
c-----

write(*,'(120(''-'))')
write(*,'('' Φρενάρισμα'')')

write(*,'(120(''-'))')
write(*,'(9x,'X01'',9x,'X02'',9x,'V85'',9x,'X03'',10x,'Ve''
1,5x,'Κλίση_%%'',2x,'Φρενάρισμα'')')
write(*,'(120(''-'))')

do i=1,i39-1
spd=v85/3.6
k88=k39(i)-spd*rtm

if(k88.gt.k39(1).and.k88.lt.k39(i39)-300) then
c      write(88,'(9f12.3)') k88,k39(i),spd*3.6
it=0

do j=i+1,i39

if(it.eq.0) then
gm=(g39(j)+g39(j-1))/2
den=2.*(vdc+9.81*gm/100)
spd=spd*spd-den*(k39(j)-k39(j-1))

if(spd.gt.0) then
c      write(88,'(9f12.3)') k88,k39(i),v85,k39(j),spd*3.6,gm
c      1,k39(j)-k88
else
it=j-1
end if
end if
end do

```

```

        write(*,'(9f12.3)') k88,k39(i),v85,k39(it),0.0,gmn
1,k39(it)-k88
        write(88,'(9f12.3)') k88,k39(i),v85,k39(it),0.0,gmn
1,k39(it)-k88
        end if
        end do
        close (88)

C-----
C      START ORMK.DES
C-----

        call filename(fmdxf,'ORMK.dxf')
        call filename(fmdes,'ORMK.des')
        open(2,file=fmdes,status='unknown')
        write(2,('( ' 8 '))')
        write(2,('( ' Ορατότητες Μηκοτομής '))')

C-----
C      RED LINE
C-----

        open(39,file=fm39,status='unknown')
        do i=1,10
            read(39,'(1x)')
        end do
        read(39,*) n39,klmp,x39,y39,hgtp
        do while(.not.eof(39))
            read(39,*) n39,klm,x39,y39,hgt
            call line(-1,3,0,3,klmp,hz+(hgtp-hz)*hrl/vrl,z
1,klm,hz+(hgt-hz)*hrl/vrl,z)
            klmp=klm
            hgtp=hgt
        end do
        close (39)

C-----
C      LONGITUDINAL VIZIBILITY
C-----

        write(*,'(120(''-'))')
        write(*,'( ' Ορατότητα Μηκοτομής '))')
        write(*,'(120(''-'))')
        write(*,'(2x, ' XΘ_Οφθαλμού   Η_Οφθαλμού '
1 ' XΘ_Εμποδίου   Η_Εμποδίου   Ορατότης '))')
        write(*,'(120(''-'))')

        do i=1,i39-2
            it=0
            kv=k39(i39)
            hv=z39(i39)+obl

            if(it.eq.0) then
                do j=i+2,i39
                    a=((z39(j)+obl)-(z39(i)+eye))/(k39(j)-k39(i))
                    b=z39(i)+eye-a*k39(i)
                    do k=i+1,j-1
                        x=k39(k)
                        y=a*x+b
                        if(y.lt.z39(k).and.it.eq.0) then
                            it=1

```



```

kv=k39(j-1)
hv=z39(j-1)
end if
end do
end do
end if
write(*, '(2x,6f12.3)') k39(i),z39(i)+eye,kv,hv,kv-k39(i)
write(84,'(2x,5f12.3)')
1k39(i),z39(i)+eye,kv,hv,kv-k39(i)
call line(int(k39(i)),7,0,0,k39(i),hz+(z39(i)-hz)*hrl/vrl,z
1,k39(i),hz+(z39(i)+eye-hz)*hrl/vrl,z)
call line(int(k39(i)),7,0,0,k39(i),hz+(z39(i)+eye-hz)*hrl/vrl,z
1,kv,hz+(hv+obl-hz)*hrl/vrl,z)
call line(int(k39(i)),7,0,0,kv,hz+(hv+obl-hz)*hrl/vrl,z
1,kv,hz+(hv-hz)*hrl/vrl,z)
end do
close (84)

C-----
C      FINISH ORMK.DES
C-----

write(2, '(' 0'')')
write(2, '(' 8'')')
write(2, '(' Avte_Fela'')')
close (2)
call dxf(12,fmdes,fmdxf)

C-----
C      START OR3d.DES
C-----

call filename(fmdxf,'OR3d.dxf')
call filename(fmdes,'OR3d.des')
open(2,file=fmdes,status='unknown')
write(2, '(' 8'')')
write(2, '(' Ορατότητες Οριζοντιογραφίας'')')

C-----
C      REAL 3d VIZIBILITY
C-----

write(*, '(120(''-'))')
write(*, '(' Ορατότητα 3d'')')
write(*, '(120(''-'))')
write(*, '(2x, '(' XΘ_Οφθαλμού H_Οφθαλμού'
1' ' XΘ_Εμποδίου H_Εμποδίου Ορατότης'')')
write(*, '(120(''-'))')

do i=1,i41-1
write(*, '(' ' ',f12.3)') k41(i)
dorat=k41(i41)-k41(i)
jfn=0
iorat=0

do j=i+1,i41
do k=1,i8

if(iorat.eq.0) then
if(int(k8(k)*1000).ge.int(k41(i)*1000)) then
if(int(k8(k)*1000).le.int(k41(j)*1000)) then

```

```

ap=y1(k)*(z2(k)-z3(k))+y2(k)*(z3(k)-z1(k))+y3(k)*(z1(k)-z2(k))
bp=z1(k)*(x2(k)-x3(k))+z2(k)*(x3(k)-x1(k))+z3(k)*(x1(k)-x2(k))
cp=x1(k)*(y2(k)-y3(k))+x2(k)*(y3(k)-y1(k))+x3(k)*(y1(k)-y2(k))
dp=x1(k)*(y2(k)*z3(k)-y3(k)*z2(k))
dp=dp+x2(k)*(y3(k)*z1(k)-y1(k)*z3(k))
dp=-(dp+x3(k)*(y1(k)*z2(k)-y2(k)*z1(k)))

z41(i)=Z41(i)+eye
z41(j)=Z41(j)+obh

if(int(z41(i)*1000).eq.int(z41(j)*1000)) z41(j)=z41(j)+0.001

g1=(x41(j)-x41(i))/(z41(j)-z41(i))
g2=(y41(j)-y41(i))/(z41(j)-z41(i))
zt=ap*z41(i)*g1-ap*x41(i)+bp*z41(i)*g2-bp*y41(i)-dp

den=(ap*g1+bp*g2+cp)
if(int(abs(den*1000)).eq.0) den=0.000001
zt=zt/den
xt=(zt-z41(j))*(x41(i)-x41(j))/(z41(i)-z41(j))+x41(j)
yt=(zt-z41(j))*(y41(i)-y41(j))/(z41(i)-z41(j))+y41(j)

z41(i)=Z41(i)-eye
z41(j)=Z41(j)-obh

itt=0
if(xt.lt.x1(k).and.xt.lt.x2(k).and.xt.lt.x3(k)) itt=1
if(yt.lt.y1(k).and.yt.lt.y2(k).and.yt.lt.y3(k)) itt=1
if(xt.gt.x1(k).and.xt.gt.x2(k).and.xt.gt.x3(k)) itt=1
if(yt.gt.y1(k).and.yt.gt.y2(k).and.yt.gt.y3(k)) itt=1

if(itt.eq.0) then
d1=sqrt((x2(k)-x3(k))*(x2(k)-x3(k))+(y2(k)-y3(k))*(y2(k)-y3(k)))
d2=sqrt((x1(k)-x3(k))*(x1(k)-x3(k))+(y1(k)-y3(k))*(y1(k)-y3(k)))
d3=sqrt((x1(k)-x2(k))*(x1(k)-x2(k))+(y1(k)-y2(k))*(y1(k)-y2(k)))
t1=sqrt((xt-x1(k))*(xt-x1(k))+(yt-y1(k))*(yt-y1(k)))
t2=sqrt((xt-x2(k))*(xt-x2(k))+(yt-y2(k))*(yt-y2(k)))
t3=sqrt((xt-x3(k))*(xt-x3(k))+(yt-y3(k))*(yt-y3(k)))

f1=(t3**2+t2**2-d1**2)/2/t3/t2
if(f1.lt.-0.99999999) f1=-0.99999999
if(f1.gt. 0.99999999) f1= 0.99999999
f1=acos(f1)

f2=(t3**2+t1**2-d2**2)/2/t3/t1
if(f2.lt.-0.99999999) f2=-0.99999999
if(f2.gt. 0.99999999) f2= 0.99999999
f2=acos(f2)

f3=(t1**2+t2**2-d3**2)/2/t1/t2
if(f3.lt.-0.99999999) f3=-0.99999999
if(f3.gt. 0.99999999) f3= 0.99999999
f3=acos(f3)

f=(f1+f2+f3)*200/pi

if(f.gt.399.999.and.f.lt.400.001) then

```

```

if((xt-x41(i))*(xt-x41(j)).lt.0) then
dorat=k41(j)-k41(i)
jfn=j-1
iorat=1

write(*, '( '+ ',5f12.3)')
1k41(i),z41(i)+eye,k41(jfn),z41(jfn)+obh,k41(jfn)-k41(i)
write(87,'(2x,5f12.3)')
1k41(i),z41(i)+eye,k41(jfn),z41(jfn)+obh,k41(jfn)-k41(i)

call line(-3,7,0,0
1,x41(i),y41(i),z41(i)+eye,x41(jfn),y41(jfn),z41(jfn)+obh)

call line(int(k41(i)),4,0,0
1,x41(i),y41(i),z41(i)+eye,x41(j),y41(j),z41(j)+obh)

call line
1(int(k41(i)),1,0,0,x41(i),y41(i),z41(i)+eye,xt,yt,zt)

call line
1(int(k41(i)),3,1,0,xt,yt,zt,x41(j),y41(j),z41(j)+obl)

xs(1)=x1(k)
ys(1)=y1(k)
zs(1)=z1(k)

xs(2)=x2(k)
ys(2)=y2(k)
zs(2)=z2(k)

xs(3)=x3(k)
ys(3)=y3(k)
zs(3)=z3(k)

xs(4)=x1(k)
ys(4)=y1(k)
zs(4)=z1(k)

call string(int(k41(i)),5,0,0,1,4,xs,ys,zs)

end if
end if
end if

end if
end if
end if

end do
end do

if(iorat.eq.0) then
write(*, '( '+ ',5f12.3)')
1k41(i),z41(i),k41(i41),z41(i41),k41(i41)-k41(i)
write(87,'(2x,5f12.3)')
1k41(i),z41(i),k41(i41),z41(i41),k41(i41)-k41(i)

call line

```

```

1(int(k41(i)),1,0,0,x41(i),y41(i),z41(i)
1,x41(i41),y41(i41),z41(41)+0.5)
end if

end do

write(*, '( '+ '5f12.3)')
1k41(i41),z41(i41),k41(i41),z41(i41),k41(i41)-k41(i41)
write(87,'(2x,5f12.3)')
1k41(i41),z41(i41),k41(i41),z41(i41),k41(i41)-k41(i41)

close (87)

C-----
C    LONGITUDINAL DIAGRAM OF 3d
C-----
write(*,'(120(''-'))')
write(*,'('' Διάγραμμα Ορατότητας σε Μηκοτομή''')')
open(87,file=fm87,status='unknown')
do i=1,10
read(87,'(1x)')
end do
do while(.not.eof(87))
read(87,*) klmp,hgtp,klm,hgt
call line(-2,7,0,0,klmp,hz+(hgtp+obh-hz)*hrl/vrl,z
1,klm,hz+(hgt+obh-hz)*hrl/vrl,z)
end do
close (87)

open(39,file=fm39,status='unknown')
do i=1,10
read(39,'(1x)')
end do
read(39,*) n39,klmp,x39,y39,hgtp
do while(.not.eof(39))
read(39,*) n39,klm,x39,y39,hgt
call line(-1,3,0,3,klmp,hz+(hgtp-1-hz)*hrl/vrl,z
1,klm,hz+(hgt-1-hz)*hrl/vrl,z)
klmp=klm
hgtp=hgt
end do
close (39)

C-----
C    2d-HORIZONTAL VIZIBILITY
C-----
write(*,'(120(''-'))')
write(*,'('' Ορατότητα 2d''')')
write(*,'(120(''-'))')
write(*,'(2x,'' XΘ_Οφθαλμού H_Οφθαλμού''
1'' XΘ_Εμποδίου H_Εμποδίου Ορατότης''')')
write(*,'(120(''-'))')

C-----
C    FINISH OR3d.DES
C-----
write(2,'('' 0''')')
write(2,'('' 8''')')

```

```

write(2, '(' Avte_Γελά' )')
close (2)
call dxf(11, fmdes, fmdxf)

C-----
C      START ORAT.DES
C-----

call filename(fmdxf, 'ORDG.dxf')
call filename(fmdes, 'ORDG.des')
open(2, file=fmdes, status='unknown')
write(2, '(' 8' )')
write(2, '(' Διάγραμμα_Ορατοτήτων' )')

C-----
C      FM84.DAT - FM87.DAT
C-----

write(*, '(120(''-'))')
write(*, '(' Διάγραμμα Ορατότητας' )')
write(*, '(120(''-'))')
write(*, '(11x, 'XΘ', 4x, 'Ορατότης          Κλίση          Πέδηση'
1, '(' Διάφορα Παρατήρηση' )')
write(*, '(120(''-'))')
call line(10, 3, 4, 0, k41(1), z, z, k41(i41), z, z)
write(2, '(' 0' )')

C-----EXISTING VIZIBILITY FROM LONGITUDINAL ALIGNMENT
open(84, file=fm84, status='unknown')
do i=1, 10
read(84, '(1x)')
end do
read(84, *) klmp, z, z, z, ssdp
do while(.not.eof(84))
read(84, *) klm, z, z, z, ssd
call line(11, 7, 0, 0, klmp, ssdp, z, klm, ssd, z)
klmp=klm
ssdp=ssd
end do
close (84)

C-----EXISTING VIZIBILITY FROM 3D ALIGNMENT
open(87, file=fm87, status='unknown')
do i=1, 10
read(87, '(1x)')
end do
read(87, *) klmp, z, z, z, ssdp
do while(.not.eof(87))
read(87, *) klm, z, z, z, ssd
call line(11, 1, 0, 0, klmp, ssdp, z, klm, ssd, z)
klmp=klm
ssdp=ssd
end do
close (87)

C-----REQUIRED VIZIBILITY FROM BRAKING
open(88, file=fm88, status='unknown')
do i=1, 10
read(88, '(1x)')
end do

```

```

read(88,*) klmp,z,z,z,z,z,ssdp
do while(.not.eof(88))
read(88,*) klm,z,z,z,z,z,ssd
call line(11,3,0,3,klmp,ssdp,z,klm,ssd,z)
klmp=klm
ssdp=ssd
end do
close (88)

C-----
C      FINISH ORAT.DES
C-----
      write(2,('( ' 0 '))')
      write(2,('( ' 8 '))')
      write(2,('( ' Αντε Γειά '))')
      close (2)
      call dxf(13,fmdes,fmdxf)

C-----
C      FINISH
C-----
      write(*, '(120(''-'))')
      write(*, '( ' Αντε Γειά '))')
      return

C-----
C      NO FM.GEN
C-----
100  continue
      write(*, '(120(''-'))')
      write(*, '( ' Λάθος η δεν υπάρχει το fm.gen - Παράμετροι '))')
      call pz
      stop ' '

C-----
C      NO FM8.DAT
C-----
108  continue
      write(*, '(120(''-'))')
      write(*, '( ' Λάθος η δεν υπάρχει το fm8.dat - Τρίγωνο '))')
      call pz
      stop ' '

      end

```

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ 3-ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

```
C*****
C
C      DIM3.FOR
C
C      3-Dimensions
C
C*****

      subroutine dim3

C-----
C      COMMON
C-----
      common /xycrd/ ipi, cpi, kpi, rpi, xpi, ypi, api, spi

C-----
C      VARIABLES
C-----
      real*8      z
      real*8      klm
      integer*4   ifr
      real*8      xc, yc
      real*8      aax
      real*8      cax
      real*8      bg
      real*8      drl
      real*8      fn
      real*8      hgt, hgtpr
      real*8      saxw
      real*8      sw
      real*8      xtl, ytl, ztl
      integer*4   cl
      real*8      skm
      real*8      ekm
      real*8      dst

C-----
C      FILES
C-----
      character*900 fmgen
      character*900 fmhor
      character*900 hor7
      character*900 fm8
      character*900 fm13
      character*900 fm15
      character*900 fm17
      character*900 fm18
      character*900 fm9
      character*900 fm19
      character*900 fm21
      character*900 fm22
      character*900 fm23
      character*900 fm39
      character*900 fm41

      ! fm.gen
      ! fm.hor
      ! hor.asc
      ! fm8.dat
      ! fm13.dat
      ! fm15.dat
      ! fm17.dat
      ! fm18.dat
      ! fm9.dat
      ! fm19.dat
      ! fm21.dat
      ! fm22.dat
      ! fm23.dat
      ! fm39.dat
      ! fm41.dat
```

```

character*900 fm95          ! fm95.dat
character*900 fm96          ! fm96.dat
character*900 fmdes         ! DIM3.des
character*900 fmdxf         ! DIM3.dxf
character*900 fmprl         ! fm.prl
character*900 fmprp         ! fm.prr

C-----
C      FM.GEN
C-----
      character*30 pnm          ! Road Name
      real*8      zd           ! Z_Distortion
      integer*4   trt          ! Transition Type
      real*8      dan          ! Angle
      real*8      ht           ! Text Height
      integer*4   ni           ! No of Iterations

C-----
C      HOR7.ASC
C-----
      integer*4   ipi          ! Number
      character*8 cpi(5000)    ! Code
      real*8      kpi(5000)    ! Kilometrage
      real*8      rpi(5000)    ! Radius
      real*8      xpi(5000)    ! X
      real*8      ypi(5000)    ! Y
      real*8      api(5000)    ! Azimuth
      real*8      spi(5000)    ! Spiral

C-----
C      FM9.DAT
C-----
      character*8  n9           ! Name
      real*8      k9,k9p        ! Kilometrage
      character*16 uf9(2),uf9p(2) ! Upper_Form
      real*8      sl9(2),sl9p(2) ! Slope
      character*16 lf9(2),lf9p(2) ! Lower_Form

C-----
C      FM19.DAT
C-----
      character*8  n19,n19p      !
      real*8      k19,k19p      !
      real*8      drd,erd,dfp,efp,ds1,es1 !
      real*8      drdp,erdp,dfp,efp,ds1p,es1p !
      real*8      st            !
      real*8      sl            !
      real*8      sax           !

C-----
C      FM21.DAT
C-----
      integer*4   i21           ! No
      character*8  n21(10000)   ! Name
      real*8      k21(10000)    ! Kilometrage
      real*8      x21(10000)    ! X
      real*8      y21(10000)    ! Y
      real*8      d21(10000)    ! Distance

```



```

real*8          g21(10000)          ! Angle

C-----
C      FM23.DAT
C-----
character*8  n23,n23p                ! Name
real*8       s23                     ! Kilometrage
real*8       d23,d23p                ! Distance
real*8       e23,e23p                ! Height
integer*4    t23,t23p                ! Type
real*8       x23,x23p                ! X
real*8       y23,y23p                ! Y
real*8       a23                     ! Azimuth
real*8       c23                     ! Curvature

character*8  n2(1000),n2p(1000)      ! Name
real*8       k2(1000),k2p(1000)      ! Kilometrage
real*8       d2(1000),d2p(1000)      ! Distance
real*8       e2(1000),e2p(1000)      ! Height
real*8       t2(1000),t2p(1000)      ! Type

C-----
C      FM39.DAT
C-----
integer*4    n39                     ! No
real*8       k39                     ! Kilometrage

C-----
C      FM41.DAT
C-----
integer*4    l41                     ! No
integer*4    i41                     ! A/A
real*8       k41                     ! Kilometrage
real*8       x41                     ! X
real*8       y41                     ! Y
real*8       z41                     ! Z

C-----
C      FM95 / FM96
C-----
character*8  nm ,nmp                 !
real*8       km ,kmp                 !
real*8       uf ,ufp                 !
character*8  ufn,ufpn                !
integer*4    iuf,iufp                !
real*8       duf(200) ,euf(200)      !
real*8       dufp(200),eufp(200)     !
real*8       k95                     ! Kilometrage
real*8       d95                     ! Distance
real*8       x95                     ! X
real*8       y95                     ! Y
real*8       a95                     ! Azimuth
real*8       c95                     ! Curvature

```

```

C-----
C      LEFT / RIGHT PARALLEL LINES
C-----
      real*8      kl(10,50000)                ! Kilometrage
      real*8      xl(10,50000)                ! X
      real*8      yl(10,50000)                ! Y
      real*8      zl(10,50000)                ! Z
      real*8      kr(10,50000)                ! Kilometrage
      real*8      xr(10,50000)                ! X
      real*8      yr(10,50000)                ! Y
      real*8      zr(10,50000)                ! Z

C-----
C      LINE
C-----
      real*8      x1,y1,z1                    ! XY1
      real*8      x2,y2,z2                    ! XY2
C      real*8      x3,y3,z3                    ! XY3

C-----
C      STRING
C-----
      real*8      ks(100000)                  ! Kilometrage
      real*8      xs(100000)                  ! X
      real*8      ys(100000)                  ! Y
      real*8      zs(100000)                  ! Z

C-----
C      TITLE
C-----
      write(*, '(120(''-'))')
      write(*, '(''  3-Διαστάσεις')')

C-----
C      FILES
C-----
      call filename(fmgen,'fm.gen')
      call filename(fmhor,'fm.hor')
      call filename(hor7 , 'hor7.asc')
      call filename(fm8  , 'fm8.dat')
      call filename(fm13 , 'fm13.dat')
      call filename(fm15 , 'fm15.dat')
      call filename(fm17 , 'fm17.dat')
      call filename(fm18 , 'fm18.dat')
      call filename(fm9  , 'fm9.dat')
      call filename(fm19 , 'fm19.dat')
      call filename(fm21 , 'fm21.dat')
      call filename(fm22 , 'fm22.dat')
      call filename(fm23 , 'fm23.dat')
      call filename(fm39 , 'fm39.dat')
      call filename(fm41 , 'fm41.dat')
      call filename(fm95 , 'fm95.dat')
      call filename(fm96 , 'fm96.dat')
      call filename(fmdes,'DIM3.des')
      call filename(fmdxf,'DIM3.dxf')
      call filename(fmprl,'fm.prl')
      call filename(fmprr,'fm.prr')

```

```

C-----
C      FM.GEN EXISTENCE
C-----
      write(*,'(120(''-'))')
      print *, ' Ελέγχω την ύπαρξη του fm.gen - Παράμετροι'
      open(1,file=fmgen,status='unknown')
      i=0
      do while(.not.eof(1))
      read(1,'(1x)')
      i=i+1
      end do
      close (1)

      if(i.eq.0) then
      write(*,'(120(''-'))')
      print *, ' Δεν υπάρχει το fm.gen - Παράμετροι'
      call pz
      stop ''
      end if

      if(i.lt.165) then
      write(*,'(120(''-'))')
      print *, ' Δεν είναι σωστό το fm.gen - Παράμετροι'
      call pz
      stop ''
      end if

C-----
C      FM.GEN
C-----
      open(1,file=fmgen,status='old',err=100)

      read(1,*,err=100) pnm

      call head(6,pnm)

      write(*,'(120(''-'))')

      do i=1,3
      read(1,'(1x)')
      end do

      read(1,*,err=100) zd

      if(int(zd*1000).eq.0) zd=1

      do i=1,31
      read(1,'(1x)')
      end do

      read(1,*) sax
      write(*,'('' Βήμα_Ακρίβειας      = ',f12.3)') sax

      do i=1,4
      read(1,'(1x)')
      end do

      read(1,*,err=100) ht

```

```

write(*, '(' Kλίμακα = ',f12.3)') ht

if(int(sax*1000).eq.0) sax=ht/1000

ht=.15*ht/100

read(1,*) trt
write(*, '(' Καμπύλη_Συναρμογής = ',i8)') trt

close (1)
call pz
c-----
c      FM.HOR
c-----
c
open(1,file=fmhor,status='old',err=101)
ih=0
do while(.not.eof(1))
read(1,'(1x)')
ih=ih+1
end do
if(i.gt.1000) then
print *, ' Αλλαγή 3 στο πρόγραμμα > dim3.for'
call pz
stop ''
end if

c-----
c      HOR.ASC
c-----
c
open(1,file=hor7,status='old',err=111)
ih=0
do while(.not.eof(1))
read(1,'(1x)')
ih=ih+1
end do
close (1)

if(ih.eq.0) then
write(*, '(120(''-'))')
print *, ' Πρέπει να τρέξει η Οριζοντιογραφία'
call pz
stop ''
end if

c-----
c      XY COORDINATES
c-----
c
open(1,file=hor7,status='unknown')
i=0
do while(i.lt.7)
i=i+1
read(1,'(1x)')
end do
i=1
do while(.not.eof(1))
read(1,'(a3,4f16.4,f15.4,1x,f16.4)')
1 cpi(i),kpi(i),rpi(i),xpi(i),ypi(i),api(i),spi(i)
i=i+1

```

```

        if(i.eq.5001) then
        print *, ' Modify 1 > oriz.for'
        call pz
        stop ''
        end if
        end do
        ipi=i-1
        close (1)

C-----
C      FM22.DAT - START - END
C-----
        open(22,file=fm22,status='unknown')
        do i=1,10
        read(22,'(1x)',end=22)
        end do
        read(22,*,err=22) n22,skm
        do while(.not.eof(22))
        read(22,*) n22,ekm
        end do
22      continue

C-----
C      START
C-----
        open(2,file=fmdes,status='unknown')
        write(2,('( ' 8 '))')
        write(2,('( '3-Dimensions '))')

C-----
C      FM39.DAT - AXLE
C-----
        open(39,file=fm39,status='unknown')
        write(*,'(120(''-'))')
        print *, ' Αξονας Αρόπου > fm39.dat'
        do i=1,10
        read(39,'(1x)',end=39)
        end do
        i=0
        do while(.not.eof(39))
        i=i+1
        read(39,*) n39,ks(i),xs(i),ys(i),zs(i)
        zs(i)=zs(i)*zd
        end do
        call string(10,3,4,2,0,i,xs,ys,zs)
        is=i
39      continue
        close (39)
        write (2,'(i2)') 0

C-----
C      FM21.DAT
C-----
        open(21,file=fm21,status='unknown')
        do i=1,10
        read(21,'(1x)',end=21)
        end do
        do i=1,10000

```

```

read(21,*,end=21) n21(i),k21(i),x21(i),y21(i),d21(i),g21(i)
if(i.eq.10000) then
print *, ' Αλλαγή 2 στο πρόγραμμα > d3.for'
end if
end do
21 continue
i21=i-1
close (21)

C-----
C      IS FM23.DAT SORTED
C-----

write(*,'(120(''-'))')
print *, ' Διατομές Δρόμου > fm23.dat'
open(23,file=fm23,status='unknown')
do i=1,10
read(23,'(1x)',end=23)
end do
read(23,*,err=123) n23p,s23p,d23p,e23p,t23p

do while(.not.eof(23))
read(23,*,err=123) n23,s23,d23,e23,t23

if(t23.ne.0.and.t23p.ne.0) then
if(d23.lt.d23p) then
write(*,'(120(''-'))')
print *, ' Χρειάζεται Ταξινόμηση του fm23.dat'
return
end if
end if

n23p=n23
d23p=d23
e23p=e23
x23p=x23
y23p=y23
t23p=t23
end do
close (23)

C-----
C      FM23.DAT - FINAL CROSS SECTION
C-----

write(2,('( 8'))')
write(2,('( Τελική Διατομή> fm23.dat'))')
write(*,'(120(''-'))')
print *, ' Διατομές Δρόμου > fm23.dat'
open(23,file=fm23,status='unknown')
do i=1,10
read(23,'(1x)',end=23)
end do
read(23,*,err=123) n23,s23,d23,e23,t23

do j=1,i21
if(n23.eq.n21(j)) then
if(int(s23*1000).eq.int(k21(j)*1000)) then
if(g21(j).lt.100) d23=d23-d21(j)
if(g21(j).gt.100) d23=-d23+d21(j)

```

```

end if
end if
end do

call xy(trt,s23,d23,x23,y23,a23,c23)
i=1
iside=1
n23p=n23
d23p=d23
e23p=e23
x23p=x23
y23p=y23
t23p=t23

do while(.not.eof(23))
i=i+1
read(23,*,err=123) n23,s23,d23,e23,t23

t23=abs(t23)

if(t23.gt.15.and.t23.lt.21) stop ' IMPROVE DIM3.FOR'

do j=1,i21
if(n23.eq.n21(j)) then
if(int(s23*1000).eq.int(k21(j)*1000)) then
if(g21(j).lt.100) d23=d23-d21(j)
if(g21(j).gt.100) d23=-d23+d21(j)
end if
end if
end do

call xy(trt,s23,d23,x23,y23,a23,c23)

dan=100-a23

if(t23.eq.0) iside=1
if(t23.eq.10) iside=2

if(t23.ne.0) then
if(t23p.ne.0) then
if(i.ne.1.and.n23.eq.n23p) then
c-----Road
if(t23p.eq.11.and.t23.eq.10) then
call line(5,3,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.10.and.t23.eq.11) then
call line(5,3,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.12.and.t23.eq.11) then
call line(5,120,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.11.and.t23.eq.12) then
call line(5,120,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

```

```

if(t23p.eq.12.and.t23.eq.13) then
call line(5,1,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.13.and.t23.eq.12) then
call line(5,1,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.13.and.t23.eq.14) then
call line(5,7,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.14.and.t23.eq.13) then
call line(5,7,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.15.and.t23.eq.14) then
call line(5,4,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.14.and.t23.eq.15) then
call line(5,4,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

c-----Upper Form
if(t23p.eq.31.and.t23.eq.31) then
call line(6,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.31.and.t23.eq.32) then
call line(6,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.32.and.t23.eq.31) then
call line(6,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.le.30.and.t23.eq.31) then
call line(6,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.31.and.t23.le.30) then
call line(6,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.13.and.t23.eq.32) then
call line(6,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.11.and.t23.eq.32) then
call line(6,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

if(t23p.eq.32.and.t23.eq.11) then
call line(6,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
end if

```



```

c-----Slope
  if(iside.eq.1.and.e23p.ge.e23) c1=5
  if(iside.eq.1.and.e23p.lt.e23) c1=2
  if(iside.eq.2.and.e23p.ge.e23) c1=2
  if(iside.eq.2.and.e23p.lt.e23) c1=5

  if(t23p.eq.32.and.t23.eq.13) then
    call line(7,c1,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.32.and.t23.eq.12) then
    call line(7,c1,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.12.and.t23.eq.32) then
    call line(7,c1,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.32.and.t23.eq.32) then
    call line(7,c1,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.11.and.t23.eq.33) then
    call line(7,c1,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

c-----Lower Form
  if(t23p.eq.33.and.t23.eq.33) then
    call line(8,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.32.and.t23.eq.33) then
    call line(8,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.33.and.t23.eq.32) then
    call line(8,114,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

c-----Ground
  if(t23p.eq.1.and.t23.eq.1) then
    call line(9,70,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.1.and.t23.eq.32) then
    call line(9,70,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.32.and.t23.eq.1) then
    call line(9,70,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.1.and.t23.eq.33) then
    call line(9,70,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

  if(t23p.eq.33.and.t23.eq.1) then
    call line(9,70,0,0,x23,y23,e23*zd,x23p,y23p,e23p*zd)
  end if

```

```

        end if

        end if
        end if
        end if

        n23p=n23
        d23p=d23
        e23p=e23
        x23p=x23
        y23p=y23
        t23p=t23
        end do
23      continue
        close (23)
        write (2,'(i2)') 0

C-----
C      FM8.DAT
C-----

        open(8,file=fm8,status='unknown')
        call stime(8,pnm)

C-----
C      FM41.DAT - EDGELINES
C-----

        open(41,file=fm41,status='unknown')
        write(*,'(120(''-'))')
        print *, ' Οριογραμμές Δρόμου > fm41.dat'
        do i=1,10
            read(41,'(1x)',err=41)
            end do

        i41min=1000000
        i41max=-1

        do while(.not.eof(41))
            read(41,*) l41,i41,k41,x41,y41,z41
            if(i41min.ge.i41) i41min=i41
            if(i41max.le.i41) i41max=i41

            if(l41.lt.0) nl=-l41
            if(l41.gt.0) nr= l41

            if(l41.lt.0) then
                kl(-l41,i41)=k41
                xl(-l41,i41)=x41
                yl(-l41,i41)=y41
                zl(-l41,i41)=z41
            end if

            if(l41.gt.0) then
                kr(l41,i41)=k41
                xr(l41,i41)=x41
                yr(l41,i41)=y41
                zr(l41,i41)=z41
            end if
        end do

```

```

do i=1,nl
do j=i4lmin,i4lmax
ks(j-i4lmin+1)=kl(i,j)
xs(j-i4lmin+1)=xl(i,j)
ys(j-i4lmin+1)=yl(i,j)
zs(j-i4lmin+1)=zl(i,j)*zd
end do
call string(20+abs(i),0,0,0,0,i4lmax-i4lmin+1,xs,ys,zs)
end do

do i=1,nr
do j=i4lmin,i4lmax
ks(j-i4lmin+1)=kr(i,j)
xs(j-i4lmin+1)=xr(i,j)
ys(j-i4lmin+1)=yr(i,j)
zs(j-i4lmin+1)=zr(i,j)*zd
end do
call string(20+abs(i),0,0,0,0,i4lmax-i4lmin+1,xs,ys,zs)
end do

c-----Central Island
if(nl.ge.1.and.nr.ge.1) then
k=0
write(*,'(120(''-'))')
print *,' Κεντρικές Οριογραμμές '
do j=i4lmin,i4lmax
k=k+1
ks(k)=kr(1,j)
xs(k)=xr(1,j)
ys(k)=yr(1,j)
zs(k)=zr(1,j)*zd
end do
do j=i4lmax,i4lmin,-1
k=k+1
ks(k)=kl(1,j)
xs(k)=xl(1,j)
ys(k)=yl(1,j)
zs(k)=zl(1,j)*zd
end do
k=k+1
ks(k)=kr(1,i4lmin)
xs(k)=xr(1,i4lmin)
ys(k)=yr(1,i4lmin)
zs(k)=zr(1,i4lmin)*zd
call sarea(31,3,0,0,k,ks,xs,ys,zs)
end if

c-----Left Lanes
do i=2,nl
write(*,'(120(''-'))')
print *,i,'η Αριστερή Οριογραμμή'
k=0
do j=i4lmin,i4lmax
k=k+1
ks(k)=kl(i-1,j)
xs(k)=xl(i-1,j)
ys(k)=yl(i-1,j)

```

```

zs(k)=zl(i-1,j)*zd
end do
do j=i4lmax,i4lmin,-1
k=k+1
ks(k)=kl(i,j)
xs(k)=xl(i,j)
ys(k)=yl(i,j)
zs(k)=zl(i,j)*zd
end do
k=k+1
ks(k)=kl(i-1,i4lmin)
xs(k)=xl(i-1,i4lmin)
ys(k)=yl(i-1,i4lmin)
zs(k)=zl(i-1,i4lmin)*zd
if(i.eq.2) call sarea(32,2,0,0,k,ks,xs,ys,zs)
if(i.eq.3) call sarea(33,4,0,0,k,ks,xs,ys,zs)
if(i.eq.4) call sarea(34,120,0,0,k,ks,xs,ys,zs)
if(i.eq.5) call sarea(35,7,0,0,k,ks,xs,ys,zs)
end do

c-----Right Lanes
do i=2,nr
write(*,'(120(''-'))')
print *,i,'η Δεξιά Οριογραμμή'
k=0
do j=i4lmin,i4lmax
k=k+1
ks(k)=kr(i-1,j)
xs(k)=xr(i-1,j)
ys(k)=yr(i-1,j)
zs(k)=zr(i-1,j)*zd
end do
do j=i4lmax,i4lmin,-1
k=k+1
ks(k)=kr(i,j)
xs(k)=xr(i,j)
ys(k)=yr(i,j)
zs(k)=zr(i,j)*zd
end do
k=k+1
ks(k)=kr(i-1,i4lmin)
xs(k)=xr(i-1,i4lmin)
ys(k)=yr(i-1,i4lmin)
zs(k)=zr(i-1,i4lmin)*zd
if(i.eq.2) call sarea(32,2,0,0,k,ks,xs,ys,zs)
if(i.eq.3) call sarea(33,4,0,0,k,ks,xs,ys,zs)
if(i.eq.4) call sarea(34,120,0,0,k,ks,xs,ys,zs)
if(i.eq.5) call sarea(35,7,0,0,k,ks,xs,ys,zs)
end do

41 continue
close (41)
write (2,'(i2)') 0

```

```

C-----
C      FM95.DAT / FM96.DAT
C-----

      do k=1,2

        open(19,file=fm19,status='unknown')

        do i=1,10
          read(19,'(1x)',end=95)
        end do

        if(k.eq.1) then
          open(1,file=fm95,status='unknown')
          write(*,'(120(''-'))')
          print *, ' Αριστερές Διαμορφώσεις > fm95.dat'
          write(*,'(120(''-'))')
        end if

        if(k.eq.2) then
          open(1,file=fm96,status='unknown')
          write(*,'(120(''-'))')
          print *, ' Δεξιές Διαμορφώσεις > fm96.dat'
          write(*,'(120(''-'))')
        end if

        do i=1,10
          read(1,'(1x)',end=95)
        end do

        read(1,*,end=95) nmp,kmp,ufp,ufpn,iufp,(dufp(i),eufp(i),i=1,iufp)

        write(*,'(2x,a8,f12.3,1x,a8)') nmp,kmp,ufpn

        if(k.eq.1) read(19,*,end=95)
1 n19p,k19p,drdp,erdp,dfrp,efrp,ds1p,es1p,hgtp

        if(k.eq.2) read(19,*,end=95)
1 n19p,k19p,drl,drl,drl,drl,drl,drl,drl,
1 drdp,erdp,dfrp,efrp,ds1p,es1p,hgtp

        if(nmp.ne.n19p) then
          write(*,'(120(''-'))')
          print *, ' Problem between fm19.dat fm95.dat/fm96.dat'
          print *, ' Problem between fm19.dat fm95.dat/fm96.dat'
          print *,nmp
          print *,n19p
          call pz
          stop ''
        end if

        do while(.not.eof(1))
          read(1,*) nm,km,uf,ufn,iuf,(duf(i),euf(i),i=1,iuf)

          write(*,'(2x,a8,f12.3,1x,a8)') nm,km,ufn

          if(k.eq.1) read(19,*,end=95) n19,k19,drd,erd,dfr,efr,ds1,es1,hgt
          if(k.eq.2) read(19,*,end=95) n19,k19,drl,drl,drl,drl,drl,drl,drl

```

```

    if(nm.ne.n19) then
    write(*,'(120(''-'))')
    print *, ' Problem between fm19.dat fm95.dat/fm96.dat '
    print *,nm
    print *,n19
    call pz
    stop ''
    end if

c-----SAME FORMATION
    if(ufpn.eq.ufn.and.ufn.ne.'0') then
    if(iuf.ge.2) then
    ni=(km-kmp)/sax+1
    if(ni.lt.2) ni=2
    st=(km-kmp)/ni

c-----AREA
    do j=2,iuf
    call xy(trt,kmp,dufp(j-1),x95,y95,a95,c95)
    is=1
    ks(is)=kmp
    xs(is)=x95
    ys(is)=y95
    zs(is)=eufp(j-1)*zd
c    write(*,'(i8,3f15.6)') 1,kmp,dufp(j-1)

    do i=2,ni+1
    k95=kmp+(i-1)*st
    d95=dufp(j-1)+(k95-kmp)/(km-kmp)*(duf(j-1)-dufp(j-1))
c    write(*,'(i8,3f15.6)') i,k95,d95
    call xy(trt,k95,d95,x95,y95,a95,c95)
    is=is+1
    ks(is)=k95
    xs(is)=x95
    ys(is)=y95
    zs(is)=(eufp(j-1)+(k95-kmp)/(km-kmp)*(euf(j-1)-eufp(j-1)))*zd
    end do

    do i=ni+1,1,-1
    k95=kmp+(i-1)*st
    d95=dufp(j)+(k95-kmp)/(km-kmp)*(duf(j)-dufp(j))
c    write(*,'(i8,3f15.6)') i,k95,d95
    call xy(trt,k95,d95,x95,y95,a95,c95)
    is=is+1
    ks(is)=k95
    xs(is)=x95
    ys(is)=y95
    zs(is)=(eufp(j)+(k95-kmp)/(km-kmp)*(euf(j)-eufp(j)))*zd
    end do

    is=is+1
    ks(is)=ks(1)
    xs(is)=xs(1)
    ys(is)=ys(1)
    zs(is)=zs(1)

```

```

call sarea(58,j+111,0,0,is,ks,xs,ys,zs)
end do

c-----HATCH
ni=(km-kmp)/sax+1
if(ni.lt.2) ni=2
st=(km-kmp)/ni

do j=2,iuf
do i=2,ni+1
k95=kmp+(i-1)*st
d95=dufp(j)+(k95-kmp)/(km-kmp)*(duf(j)-dufp(j))
call xy(trt,k95,d95,x1,y1,a95,c95)
z1=(eufp(j)+(k95-kmp)/(km-kmp)*(euf(j)-eufp(j)))*zd

d95=dufp(j-1)+(k95-kmp)/(km-kmp)*(duf(j-1)-dufp(j-1))
call xy(trt,k95,d95,x2,y2,a95,c95)
z2=(eufp(j-1)+(k95-kmp)/(km-kmp)*(euf(j-1)-eufp(j-1)))*zd

if(z2.gt.z1) then
if(iturn.eq.0) then
x1=(x1+x2)/2
y1=(y1+y2)/2
z1=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(40+j,2,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if

if(int(z1*1000).gt.int(z2*1000)) then
if(iturn.eq.0) then
x2=(x1+x2)/2
y2=(y1+y2)/2
z2=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(40+j,5,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if

end do
end do

end if
end if

c-----DIFFERENT FORMATION
if(ufpn.ne.ufn.and.ufpn.ne.'0'.and.ufn.ne.'0') then

if(iuf.ge.2) then
c-----BACK AREA
xt1=k19p+(k19-k19p)
1*abs(eslp-efrp)/(abs(eslp-efrp)+abs(esl-efr))
if(abs(xt1-k19p).lt.0.001) xt1=k19p+0.001
if(abs(xt1-k19).lt.0.001) xt1=k19-0.001

```

```

ij=(xt1-k19p)/sax+1
if(ij.lt.2) ij=2
sw=(xt1-k19p)/float(ij)

do j=2,iufp
m=0
zt1=eufp(j)+(xt1-k19p)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
do i=1,ij+1
klm=k19p+float(i-1)*sw
sl=dufp(j)
call xy(trt,klm,sl,xc,yc,aax,cax)
m=m+1
ks(m)=klm
xs(m)=xc
ys(m)=yc
zs(m)=(eufp(j)+(klm-kmp)/(xt1-kmp)*(zt1-eufp(j)))*zd
end do

zt1=eufp(j-1)+(xt1-k19p)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
do i=ij+1,1,-1
klm=k19p+float(i-1)*sw
sl=dufp(j-1)
call xy(trt,klm,sl,xc,yc,aax,cax)
m=m+1
ks(m)=klm
xs(m)=xc
ys(m)=yc
zs(m)=(eufp(j-1)+(klm-kmp)/(xt1-kmp)*(zt1-eufp(j-1)))*zd
end do

m=m+1
ks(m)=ks(1)
xs(m)=xs(1)
ys(m)=ys(1)
zs(m)=zs(1)
call sarea(18,j+111,0,0,m,ks,xs,ys,zs)
end do

c-----BACK HATCH
ij=(xt1-k19p)/sax+1
if(ij.lt.2) ij=2
sw=(xt1-k19p)/float(ij)

do j=2,iufp
do i=1,ij+1
klm=k19p+float(i-1)*sw
sl=dufp(j)
call xy(trt,klm,sl,x1,y1,aax,cax)
zt1=eufp(j)+(xt1-k19p)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
z1=(eufp(j)+(klm-kmp)/(xt1-kmp)*(zt1-eufp(j)))*zd
sl=dufp(j-1)
call xy(trt,klm,sl,x2,y2,aax,cax)
zt1=eufp(j-1)+(xt1-k19p)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
z2=(eufp(j-1)+(klm-kmp)/(xt1-kmp)*(zt1-eufp(j-1)))*zd

if(int(z2*1000).gt.int(z1*1000)) then
if(iturn.eq.0) then
x1=(x1+x2)/2

```



```

y1=(y1+y2)/2
z1=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(40+j,2,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if

if(int(z1*1000).gt.int(z2*1000)) then
if(iturn.eq.0) then
x2=(x1+x2)/2
y2=(y1+y2)/2
z2=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(40+j,5,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if

end do
end do

c-----AHEAD AREA
ij=(k19-xt1)/sax+1
if(ij.lt.2) ij=2
sw=(k19-xt1)/float(ij)

do j=2,iuf
m=0
zt1=euf(j)-(k19-xt1)*(erd-erdp)/(k19-k19p)

do i=1,ij+1
klm=xt1+float(i-1)*sw
sl=duf(j)
call xy(trt,klm,sl,xc,yc,aax,cax)
m=m+1
ks(m)=klm
xs(m)=xc
ys(m)=yc
zs(m)=(zt1+(klm-xt1)/(k19-xt1)*(euf(j)-zt1))*zd
end do

zt1=euf(j-1)-(k19-xt1)*(erd-erdp)/(k19-k19p)

do i=ij+1,1,-1
klm=xt1+float(i-1)*sw
sl=duf(j-1)
call xy(trt,klm,sl,xc,yc,aax,cax)
m=m+1
ks(m)=klm
xs(m)=xc
ys(m)=yc
zs(m)=(zt1+(klm-xt1)/(k19-xt1)*(euf(j-1)-zt1))*zd
end do

m=m+1

```

```

ks(m)=ks(1)
xs(m)=xs(1)
ys(m)=ys(1)
zs(m)=zs(1)

call sarea(18,j+111,0,0,m,ks,xs,ys,zs)

end do

c-----AHEAD HATCH
ij=(k19-xt1)/sax+1
if(ij.lt.2) ij=2
sw=(k19-xt1)/float(ij)

do j=2,iuf
do i=1,ij+1
klm=xt1+float(i-1)*sw

zt1=euf(j)-(k19-xt1)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
sl=duf(j)
call xy(trt,klm,sl,x1,y1,aax,cax)
z1=(zt1+(klm-xt1)/(k19-xt1)*(euf(j)-zt1))*zd

zt1=euf(j-1)-(k19-xt1)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
sl=duf(j-1)
call xy(trt,klm,sl,x2,y2,aax,cax)
z2=(zt1+(klm-xt1)/(k19-xt1)*(euf(j-1)-zt1))*zd

if(int(z2*1000).gt.int(z1*1000)) then
if(iturn.eq.0) then
x1=(x1+x2)/2
y1=(y1+y2)/2
z1=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(40+j,2,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if

if(int(z1*1000).gt.int(z2*1000)) then
if(iturn.eq.0) then
x2=(x1+x2)/2
y2=(y1+y2)/2
z2=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(40+j,5,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if

end do
end do

end if
end if

```

```

do i=1,iuf
dufp(i)=duf(i)
eufp(i)=euf(i)
end do

nmp=nm

kmp=km

ufp=uf
iufp=iuf

ufpn=ufn

k19p=k19
drdp=drd
erdp=erd
dfrp=dfr
efrp=efr
dslp=dsl
eslp=esl
hgtp=hgt

end do

close (1)
close (19)

end do          ! k=1,2

95  continue

c-----
c  FM19.DAT - AREA OF FILL OR CUT
c-----

open(19,file=fm19,status='unknown')
open(9,file=fm9,status='unknown')

do k=1,2

do i=1,10
read(19,'(1x)',end=221)
read(9,'(1x)',end=221)
end do

write(*,'(120(''-'))')
if(k.eq.1) write(*,'('' Αριστερά Πρανή Επιχωμάτων-Ορυγμάτων'')')
if(k.eq.2) write(*,'('' Δεξιά Πρανή Επιχωμάτων-Ορυγμάτων'')')
write(*,'(120(''-'))')
write(*,191)
write(*,'(120(''-'))')

i=0

do while(.not.eof(19))

if(k.eq.1) read(19,*,end=221) n19,k19,drd,erd,dfr,efr,dsl,esl,hgt
if(k.eq.2) read(19,*,end=221) n19,k19,drl,drl,drl,drl,drl,drl,drl

```

```

1                                ,drd,erd,dfr,efr,dsl,esl,ght

read(9
1, '(10x,a8,3x,f12.3,2x,a16,f16.4,1x,a16,1x,a16,f16.4,1x,a16) '
2,end=221) n9,k9,uf9(1),sl9(1),lf9(1),uf9(2),sl9(2),lf9(2)

write(*,'(2x,a8,f12.3,10f9.3)')n19,k19,drd,erd,dfr,efr,dsl,esl,ght

if(n19.ne.n9) then
print *,' fm19.dat > ',n19
print *,' fm9.dat > ',n9
print *,' fm9.dat <> fm19.dat'
end if

i=i+1

if(i.ne.1.and.int((abs(drd)+abs(drdp))*1000).ne.0) then

if(int(k19*1000).eq.int(k19p*1000)) then
write(*,'(120(''-'))')
write(*,'('' Iδτες X.Θ. ',2f12.3)') k19,k19p
write(*,'(120(''-'))')
call pz
k19=k19+0.001
end if

if(k19.lt.k19p) then
write(*,'(120(''-'))')
write(*,'('' Μικρότερη X.Θ. στο fm19 ',2f12.3)') k19,k19p
write(*,'(120(''-'))')
call pz
stop ''
end if

ipr=0
if(int(drd*1000).eq.int(dsl*1000)) then
if(int(drdp*1000).eq.int(drdp*1000)) then
ipr=1
end if
end if

open(1,file=fmprl,status='unknown')
do while(.not.eof(1))
read(1,*) bg,fn
if(int(k19*1000).le.int(fn*1000)) then
if(int(k19p*1000).ge.int(bg*1000)) then
ipr=1
end if
end if
end do
close (1)
end if

if(i.ne.1.and.int((abs(drd)+abs(drdp))*1000).ne.0) then
nt=(k19-k19p)/sax+1

if(nt.ge.50000) then
write(*,'(120(''-'))')

```

```

print *,nt
print *,' Αλλαγή 5 στο πρόγραμμα > dim3.for'
call pz
stop ''
write(*,'(120(''-'))')
end if

if(ipr.eq.0) then

c-----BOTH FILL OR CUT - SAME UPPER FORMATION
if(uf9(k).eq.uf9p(k)) then
if(hgtp*hgt.gt.0) then
nt=(k19-k19p)/sax+1
if(nt.le.2) nt=2
saxw=(k19-k19p)/float(nt)

is=0
do j=1,nt+1
klm=k19p+float(j-1)*saxw
st=ds1p+(klm-k19p)*(ds1-ds1p)/(k19-k19p)
call xy(trt,klm,st,xc,yc,aax,cax)
is=is+1
ks(is)=klm
xs(is)=xc
ys(is)=yc
zs(is)=(es1p+(klm-k19p)*(es1-es1p)/(k19-k19p))*zd
end do

do j=nt+1,1,-1
klm=k19p+float(j-1)*saxw
sl=dfrp+(klm-k19p)*(dfr-dfrp)/(k19-k19p)
call xy(trt,klm,sl,xc,yc,aax,cax)
is=is+1
ks(is)=klm
xs(is)=xc
ys(is)=yc
zs(is)=(efrp+(klm-k19p)*(efr-efrp)/(k19-k19p))*zd
end do
is=is+1
ks(is)=ks(1)
xs(is)=xs(1)
ys(is)=ys(1)
zs(is)=zs(1)

if(hgt.gt.0) call sarea(17,2,2,0,is,ks,xs,ys,zs)
if(hgt.lt.0) call sarea(17,5,0,0,is,ks,xs,ys,zs)
end if
end if

c-----BOTH FILL OR CUT HATCH - SAME UPPER FORMATION
if(uf9(k).eq.uf9p(k)) then
if(lf9(k).eq.lf9p(k)) then
if(hgtp*hgt.gt.0) then
nt=((k19-k19p)/sax+1)/1
if(nt.le.2) nt=2
saxw=(k19-k19p)/float(nt)
do j=1,nt+1
klm=k19p+float(j-1)*saxw

```

```

st=ds1p+(klm-k19p)*(ds1-ds1p)/(k19-k19p)
call xy(trt,klm,st,x1,y1,aax,cax)
z1=(es1p+(klm-k19p)*(es1-es1p)/(k19-k19p))*zd
sl=dfrp+(klm-k19p)*(dfr-dfrp)/(k19-k19p)
call xy(trt,klm,sl,x2,y2,aax,cax)
z2=(efrp+(klm-k19p)*(efr-efrp)/(k19-k19p))*zd

if(hgt.gt.0) then
if(iturn.eq.0) then
x1=(x1+x2)/2
y1=(y1+y2)/2
z1=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(11,2,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if

if(hgt.lt.0) then
if(iturn.eq.0) then
x2=(x1+x2)/2
y2=(y1+y2)/2
z2=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(11,5,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if
end do

end if

end if
end if
end if

c-----BOTH FILL OR CUT - DIFFERENT UPPER FORMATION
if(uf9(k).ne.uf9p(k)) then
if(hgtp*hgt.gt.0) then
xt1=k19p+(k19-k19p)
1*abs(es1p-efrp)/(abs(es1p-efrp)+abs(es1-efr))
if(abs(xt1-k19p).lt.0.001) xt1=k19p+0.001
if(abs(xt1-k19).lt.0.001) xt1=k19-0.001

c-----1st_Part
nt=(xt1-k19p)/sax+1
if(nt.le.2) nt=2
saxw=(xt1-k19p)/float(nt)
is=0
do j=1,nt+1
klm=k19p+float(j-1)*saxw
st=ds1p+(klm-k19p)*(ds1-ds1p)/(k19-k19p)
call xy(trt,klm,st,xc,yc,aax,cax)
is=is+1
ks(is)=klm
xs(is)=xc

```

```

ys(is)=yc
zs(is)=(eslp+(klm-k19p)*(esl-eslp)/(k19-k19p))*zd
end do

do j=nt+1,1,-1
klm=k19p+float(j-1)*saxw
sl=dfrp
call xy(trt,klm,sl,xc,yc,aax,cax)
is=is+1
ks(is)=klm
xs(is)=xc
ys(is)=yc
zs(is)=efrp
end do
is=is+1
ks(is)=ks(1)
xs(is)=xs(1)
ys(is)=ys(1)
zs(is)=zs(1)

if(hgt.gt.0) call sarea(17,2,2,0,is,ks,xs,ys,zs)
if(hgt.lt.0) call sarea(17,5,0,0,is,ks,xs,ys,zs)

c-----2nd_Part
nt=(k19-xt1)/sax+1
if(nt.le.2) nt=2
saxw=(k19-xt1)/float(nt)
is=0
do j=1,nt+1
klm=xt1+float(j-1)*saxw
st=dslp+(klm-k19p)*(dsl-dslp)/(k19-k19p)
call xy(trt,klm,st,xc,yc,aax,cax)
is=is+1
ks(is)=klm
xs(is)=xc
ys(is)=yc
zs(is)=(eslp+(klm-k19p)*(esl-eslp)/(k19-k19p))*zd
end do

do j=nt+1,1,-1
klm=xt1+float(j-1)*saxw
sl=dfr
call xy(trt,klm,sl,xc,yc,aax,cax)
is=is+1
ks(is)=klm
xs(is)=xc
ys(is)=yc
zs(is)=efr
end do
is=is+1
ks(is)=ks(1)
xs(is)=xs(1)
ys(is)=ys(1)
zs(is)=zs(1)

if(hgt.gt.0) call sarea(17,2,2,0,is,ks,xs,ys,zs)
if(hgt.lt.0) call sarea(17,5,0,0,is,ks,xs,ys,zs)

```

```

end if
end if

c-----FILL/CUT OR CUT/FILL
  if(hgtp*hgt.lt.0) then

c-----Back Edge
  xt1=k19p+(k19-k19p)
  1*abs(eslp-efrp)/(abs(eslp-efrp)+abs(esl-efr))
  if(abs(xt1-k19p).lt.0.001) xt1=k19p+0.001
  if(abs(xt1-k19) .lt.0.001) xt1=k19-0.001
  yt1=drdp+(xt1-k19p)*(drd-drdp)/(k19-k19p)
  yt1=yt1+(dfrp-drdp)
  zt1=efrp+(xt1-k19p)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
  ij=(xt1-k19p)/sax+1
  if(ij.lt.2) ij=2
  sw=(xt1-k19p)/float(ij)
  m=0
  do j=1,ij+1
    klm=k19p+float(j-1)*sw
    st=dfrp+(klm-k19p)/(xt1-k19p)*(yt1-dfrp)
    call xy(trt,klm,st,xc,yc,aax,cax)
    m=m+1
    ks(m)=klm
    xs(m)=xc
    ys(m)=yc
    zs(m)=(efrp+(klm-k19p)/(xt1-k19p)*(zt1-efrp))*zd
  end do

c-----Back Toe
  xt1=k19p+(k19-k19p)
  1*abs(eslp-efrp)/(abs(eslp-efrp)+abs(esl-efr))
  if(abs(xt1-k19p).lt.0.001) xt1=k19p+0.001
  if(abs(xt1-k19) .lt.0.001) xt1=k19-0.001
  yt1=drdp+(xt1-k19p)*(drd-drdp)/(k19-k19p)
  zt1=efrp+(xt1-k19p)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
  ij=(xt1-k19p)/sax+1
  if(ij.lt.2) ij=2
  saxw=(xt1-k19p)/float(ij)
  do j=ij+1,1,-1
    klm=k19p+float(j-1)*saxw
    st=drdp+(klm-k19p)/(k19-k19p)*(drd-drdp)+(dfrp-drdp)
    1 + (klm-xt1)/(k19p-xt1)*(dslp-dfrp)
    if(k.eq.1.and.j.eq.ij+1) st=st-0.001
    if(k.eq.2.and.j.eq.ij+1) st=st+0.001
    call xy(trt,klm,st,xc,yc,aax,cax)
    m=m+1
    ks(m)=klm
    xs(m)=xc
    ys(m)=yc
    zs(m)=(eslp+(klm-k19p)/(xt1-k19p)*(zt1-eslp))*zd
  end do

  m=m+1
  ks(m)=ks(1)
  xs(m)=xs(1)
  ys(m)=ys(1)
  zs(m)=zs(1)

```



```

    if(hgtp.lt.0.and.hgt.gt.0) then
    call sarea(17,5,0,0,m,ks,xs,ys,zs)
    end if

    if(hgtp.gt.0.and.hgt.lt.0) then
    call sarea(17,2,2,0,m,ks,xs,ys,zs)
    end if

c-----Back Hatch
    ij=(xt1-k19p)/sax+1
    if(ij.lt.2) ij=2
    sw=(xt1-k19p)/float(ij)
    yt1=drdp+(xt1-k19p)*(drd-drdp)/(k19-k19p)
    yt1=yt1+(dfrp-drdp)
    do j=1,ij+1
    klm=k19p+float(j-1)*sw
    st=dfrp+(klm-k19p)/(xt1-k19p)*(yt1-dfrp)
    call xy(trt,klm,st,x1,y1,aax,cax)
    z1=(efrp+(klm-k19p)/(xt1-k19p)*(zt1-efrp))*zd
    st=drdp+(klm-k19p)/(k19-k19p)*(drd-drdp)+(dfrp-drdp)
1      + (klm-xt1)/(k19p-xt1)*(dslp-dfrp)
    call xy(trt,klm,st,x2,y2,aax,cax)
    z2=(eslp+(klm-k19p)/(xt1-k19p)*(zt1-eslp))*zd

    if(hgt.gt.0) then
    if(iturn.eq.0) then
    x1=(x1+x2)/2
    y1=(y1+y2)/2
    z1=(z1+z2)/2
    iturn=1
    else
    iturn=0
    end if
    call line(11,5,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
    end if

    if(hgt.lt.0) then
    if(iturn.eq.0) then
    x2=(x1+x2)/2
    y2=(y1+y2)/2
    z2=(z1+z2)/2
    iturn=1
    else
    iturn=0
    end if
    call line(11,2,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
    end if

    end do

c-----Ahead Edge
    zt1=efr-(k19-xt1)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
    ij=(k19-xt1)/sax+1
    if(ij.lt.2) ij=2
    saxw=(k19-xt1)/float(ij)
    m=0
    do j=1,ij+1

```

```

    klm=xt1+float(j-1)*saxw
    st=drdp+(klm-k19p)/(k19-k19p)*(drd-drdp)+(dfr-drd)
1    + (klm-xt1)/(k19-xt1)*(dsl-dfr)
    if(k.eq.1.and.j.eq.1) st=st-0.001
    if(k.eq.2.and.j.eq.1) st=st+0.001
    call xy(trt,klm,st,xc,yc,aax,cax)
    m=m+1
    ks(m)=klm
    xs(m)=xc
    ys(m)=yc
    zs(m)=(zt1+(klm-xt1)/(k19-xt1)*(esl-zt1))*zd
end do

c-----Ahead Toe
    ij=(k19-xt1)/sax+1
    zt1=efr-(k19-xt1)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
    if(ij.lt.2) ij=2
    sw=(k19-xt1)/float(ij)
    yt1=drdp+(xt1-k19p)*(drd-drdp)/(k19-k19p)
    yt1=yt1+(dfr-drd)
    do j=ij+1,1,-1
        klm=xt1+float(j-1)*sw
        sl=yt1+(klm-xt1)*(dfr-yt1)/(k19-k19p)
        call xy(trt,klm,sl,xc,yc,aax,cax)
        m=m+1
        ks(m)=klm
        xs(m)=xc
        ys(m)=yc
        zs(m)=(zt1+(klm-xt1)/(k19-xt1)*(efr-zt1))*zd
    end do

    m=m+1
    ks(m)=ks(1)
    xs(m)=xs(1)
    ys(m)=ys(1)
    zs(m)=zs(1)

    if(hgtp.gt.0.and.hgt.lt.0) then
        call sarea(17,5,0,0,m,ks,xs,ys,zs)
    end if

    if(hgtp.lt.0.and.hgt.gt.0) then
        call sarea(17,2,2,0,m,ks,xs,ys,zs)
    end if

c-----Ahead Hatch
    zt1=efr-(k19-xt1)*(erd-erdp)/(k19-k19p)
    ij=(k19-xt1)/sax+1
    if(ij.lt.2) ij=2
    saxw=(k19-xt1)/float(ij)
    m=0
    do j=1,ij+1
        klm=xt1+float(j-1)*saxw
        st=drdp+(klm-k19p)/(k19-k19p)*(drd-drdp)+(dfr-drd)
1    + (klm-xt1)/(k19-xt1)*(dsl-dfr)
        call xy(trt,klm,st,xl,y1,aax,cax)
        zl=(zt1+(klm-xt1)/(k19-xt1)*(esl-zt1))*zd

```

```

sl=yt1+(klm-xt1)*(dfr-yt1)/(k19-k19p)
call xy(trt,klm,sl,x2,y2,aax,cax)
z2=(zt1+(klm-xt1)/(k19-xt1)*(efr-zt1))*zd

if(hgt.gt.0) then
if(iturn.eq.0) then
x1=(x1+x2)/2
y1=(y1+y2)/2
z1=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(11,2,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if

if(hgt.lt.0) then
if(iturn.eq.0) then
x2=(x1+x2)/2
y2=(y1+y2)/2
z2=(z1+z2)/2
iturn=1
else
iturn=0
end if
call line(11,5,0,0,x1,y1,z1,x2,y2,z2)
end if

end do

end if

end if

k19p=k19
drdp=drd
erdp=erd
dfrp=dfr
efrp=efr
dslp=dsl
eslp=esl
hgtp=hgt

k9p=k9

uf9p(k)=uf9(k)
sl9p(k)=sl9(k)
lf9p(k)=lf9(k)

end do

rewind (19)
rewind (9)

i19=i

end do

```

```

221  continue
      close (19)

c-----
c      FM23.DAT - GROUND
c-----

      write(*,'(120(''-'))')
      print *, ' Εδαφος          > fm23.dat'
      write(*,'(120(''-'))')
      open(23,file=fm23,status='unknown')
      do i=1,10
        read(23,'(1x)',end=223)
      end do
      t23=1
      i=0
      do while(t23.ne.0)
        i=i+1
        read(23,*) n23,s23,d23,e23,t23
        if(t23.eq.0) write(*,'(2x,a8,3f12.3,i5)') n23,s23
        n2p(i)=n23
        k2p(i)=s23
        d2p(i)=d23
        e2p(i)=e23
        t2p(i)=t23
      end do
      i2p=i-1

      do while(.not.eof(23))
        t23=1
        i=0
        do while(t23.ne.0)
          i=i+1
          read(23,*) n23,s23,d23,e23,t23
          if(t23.eq.0) write(*,'(2x,a8,3f12.3,i5)') n23,s23
          n2(i)=n23
          k2(i)=s23
          d2(i)=d23
          e2(i)=e23
          t2(i)=t23
        end do
        i2=i-1

c-----LEFT SIDE
        dl1p=d2p(1)
        do i=i2p,1,-1
          if(t2p(i).ne.1) dl2p=d2p(i)
        end do

        dl1=d2(1)
        do i=i2,1,-1
          if(t2(i).ne.1) dl2=d2(i)
        end do

        is=0

        nl=(dl2p-dl1p)/sax
        if(nl.lt.3) nl=3

```

```

saxw=(dl2p-dl1p)/float(nl)
do j=1,nl+1
  dst=dl1p+(j-1)*saxw
  itt=0
  do i=2,i2p
    if(itt.eq.0) then
      if(int(dst*1000).ge.int(d2p(i-1)*1000)) then
        if(int(dst*1000).le.int(d2p(i)*1000) ) then
          hgt=e2p(i-1)+(dst-d2p(i-1))*(e2p(i)-e2p(i-1))/(d2p(i)-d2p(i-1))
          is=is+1
          call xy(trt,k2p(i),dst,x23,y23,a23,c23)
          ks(is)=k2p(i)
          xs(is)=x23
          ys(is)=y23
          zs(is)=hgt
          itt=1
        end if
      end if
    end if
  end do
end do

```

```

saxw=(dl2-dl1)/float(nl)
do j=1,nl+1
  dst=dl2-(j-1)*saxw
  itt=0
  do i=2,i2
    if(itt.eq.0) then
      if(int(dst*1000).ge.int(d2(i-1)*1000)) then
        if(int(dst*1000).le.int(d2(i)*1000) ) then
          hgt=e2(i-1)+(dst-d2(i-1))*(e2(i)-e2(i-1))/(d2(i)-d2(i-1))
          is=is+1
          call xy(trt,k2(i),dst,x23,y23,a23,c23)
          ks(is)=k2(i)
          xs(is)=x23
          ys(is)=y23
          zs(is)=hgt
          itt=1
        end if
      end if
    end if
  end do
end do

```

```

is=is+1
ks(is)=ks(1)
xs(is)=xs(1)
ys(is)=ys(1)
zs(is)=zs(1)

```

```

call sarea(19,70,0,0,is,ks,xs,ys,zs)

```

```

c-----RIGHT SIDE
do i=1,i2p
end do
dl1p=d2p(i2p)
do i=1,i2p
  if(t2p(i).ne.1) dl2p=d2p(i)

```

```

end do

dl1=d2(i2)
do i=1,i2
if(t2(i).ne.1) dl2=d2(i)
end do

is=0

nl=(dl1p-dl2p)/sax
if(nl.lt.3) nl=3

saxw=(dl1p-dl2p)/float(nl)
do j=1,nl+1
  dst=dl2p+(j-1)*saxw
  itt=0
  do i=2,i2p
    if(itt.eq.0) then
      if(int(dst*1000).ge.int(d2p(i-1)*1000)) then
        if(int(dst*1000).le.int(d2p(i)*1000) ) then
          hgt=e2p(i-1)+(dst-d2p(i-1))*(e2p(i)-e2p(i-1))/(d2p(i)-d2p(i-1))
          is=is+1
          call xy(trt,k2p(i),dst,x23,y23,a23,c23)
          ks(is)=k2p(i)
          xs(is)=x23
          ys(is)=y23
          zs(is)=hgt
          itt=1
        end if
      end if
    end if
  end do
end do

saxw=(dl1-dl2)/float(nl)
do j=1,nl+1
  dst=dl1-(j-1)*saxw
  itt=0
  do i=2,i2
    if(itt.eq.0) then
      if(int(dst*1000).ge.int(d2(i-1)*1000)) then
        if(int(dst*1000).le.int(d2(i)*1000) ) then
          hgt=e2(i-1)+(dst-d2(i-1))*(e2(i)-e2(i-1))/(d2(i)-d2(i-1))
          is=is+1
          call xy(trt,k2(i),dst,x23,y23,a23,c23)
          ks(is)=k2(i)
          xs(is)=x23
          ys(is)=y23
          zs(is)=hgt
          itt=1
        end if
      end if
    end if
  end do
end do

is=is+1
ks(is)=ks(1)

```

```

xs(is)=xs(1)
ys(is)=ys(1)
zs(is)=zs(1)

call sarea(19,70,0,0,is,ks,xs,ys,zs)

do i=1,1000
n2p(i)=0
k2p(i)=0
d2p(i)=0
e2p(i)=0
t2p(i)=0
end do

do i=1,i2
n2p(i)=n2(i)
k2p(i)=k2(i)
d2p(i)=d2(i)
e2p(i)=e2(i)
t2p(i)=t2(i)
i2p=i2
end do

end do

223  continue
      close (23)

      close (8)

c-----
c      FINISH
c-----

      write(2, '( " 0" )')
      write(2, '( " 8" )')
      write(2, '( " Αντε Γελά" )')
      close (2)
      call dxf(9,fmdes,fmdxf)
      write(*, '(120( " -" ) )')
      write(*, '( " Εργασία > ',a30)') pnm
      write(*, '(120( " -" ) )')
      write(*, '( " Αντε Γελά" )')
      return

c-----
c      ERRORS
c-----

100  continue
      write(*, '(120( " -" ) )')
      print *, ' Λάθος η δεν υπάρχει το fm.gen - Παράμετροι'
      call pz
      stop ''

101  continue
      write(*, '(120( " -" ) )')
      print *, ' Λάθος η δεν υπάρχει το fm.hor - Κορυφές'
      call pz
      stop ''

```

```

111  continue
      write(*,'(120(''-'))')
      print *, ' Πρέπει να τρέξει η Οριζοντιογραφία'
      call pz
      stop ''

123  continue
      write(*,'(120(''-'))')
      print *, ' Λάθος η δεν υπάρχει το fm23.dat - Τελική Διατομή'
      call pz
      stop ''

191  format
      1('  Ονομα          X.Θ.   Xi_Δρμ   Yi_Δρμ   Xi_Δμρ   Yi_Δμρ'
        2,'    Xi_Πρν   Yi_Πρν      Dh')

      end

```