

Συμβολή στη Διερεύνηση του Μήκους Ορατότητας για Στάση στον Τρισδιάστατο Χώρο

Φώτης Μερτζάνης



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διδακτορική Διατριβή

Συμβολή στη Διερεύνηση του Μήκους Ορατότητας για Στάση στον Τρισδιάστατο Χώρο

Φώτης Μερτζάνης

Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

MSc in Civil Engineering (Highways & Transport), City University London

Επιστημονικός Συνεργάτης Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 30 Οκτωβρίου 2015

“A good example of how not to do it.”



"An accident is waiting here to happen."



Εισαγωγή (1)

1

- Ανάγκη αξιολόγησης της παρεχόμενης ασφάλειας στον σχεδιασμό οδών → διερεύνηση επάρκειας του **Μήκους Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ)**
- Επαρκές ΜΟΣ → υπάρχει η δυνατότητα αντίληψης και αντίδρασης οδηγού σε επικίνδυνες καταστάσεις
- Η διερεύνηση επάρκειας ΜΟΣ θα πρέπει να πραγματοποιείται:
 - Σε όλο το μήκος της οδού
 - Σε σχέση με τα στοιχεία του οδικού περιβάλλοντος
 - Σε τρισδιάστατο περιβάλλον
 - Με χρήση οπτικοποίησης & δημιουργίας προοπτικών εικόνων κατά μήκος της οδού

Εισαγωγή (2)

2

- Ορατότητα στις οδηγίες σχεδιασμού οδών:

AASHTO, 2011

Chapter 3 ELEMENTS OF DESIGN

1. Introduction
- 2. Sight Distance**
3. Horizontal Alignment
4. Vertical Alignment
5. Combinations of Horizontal and Vertical Alignment
6. Other Elements Affecting Geometric Design

Austroads, 2009

Part 3 DESIGN INPUTS

1. Speed, used for Geometric Design
- 2. Sight Distances**

Part 4 GEOMETRIC DESIGN GUIDELINES

1. Horizontal Alignment
2. Vertical Alignment
3. Cross Section

DMRB, 2002

Vol.6 – Section 1 – Part 1 HIGHWAY LINK DESIGN

1. Design Speed
- 2. Sight Distance**
3. Horizontal Alignment
4. Vertical Alignment
5. Climbing Lanes
6. Introduction to Coordinated Link Design
7. Single 2 Lane Carriageway Roads
8. Dual Carriageways and Motorways

Εισαγωγή (3)

3

- Ορατότητα στις οδηγίες σχεδιασμού οδών:

RAA-R1, 2008

Κεφάλαιο 5 ΧΑΡΑΞΗ

1. Γενικά
2. Οριζοντιογραφία
3. Μηκοτομή
4. Χάραξη στον Χώρο
- 5. Μήκος Ορατότητας για Στάση**
6. Διαμόρφωση της Επιφάνειας της Οδού

ΟΜΟΕ-Χ, 2001

1. Γενικά
2. Μεθοδολογία Σχεδιασμού και Μελέτης Οδών
3. Καθοριστικές Ταχύτητες
4. Κριτήρια Ασφαλείας I και II
5. Δυναμική Κίνησης Οχημάτων και Κριτήριο Ασφαλείας III
6. Μελέτη Χάραξης
7. Στοιχεία Μελέτης κατά την Οριζοντιογραφία
8. Στοιχεία Μελέτης κατά τη Μηκοτομή
9. Στοιχεία Μελέτης κατά τη Διατομή
- 10. Στοιχεία Μελέτης της Ορατότητας**
11. Οριακές Τιμές των Στοιχείων Μελέτης
12. Διάδρομοι Ανάγκης Διαφυγής

Εισαγωγή (4)

4

- Περιπτώσεις ανεπάρκειας ΜΟΣ:



Εισαγωγή (5)

5

- Περιπτώσεις ανεπάρκειας ΜΟΣ:



Εισαγωγή (6)

6

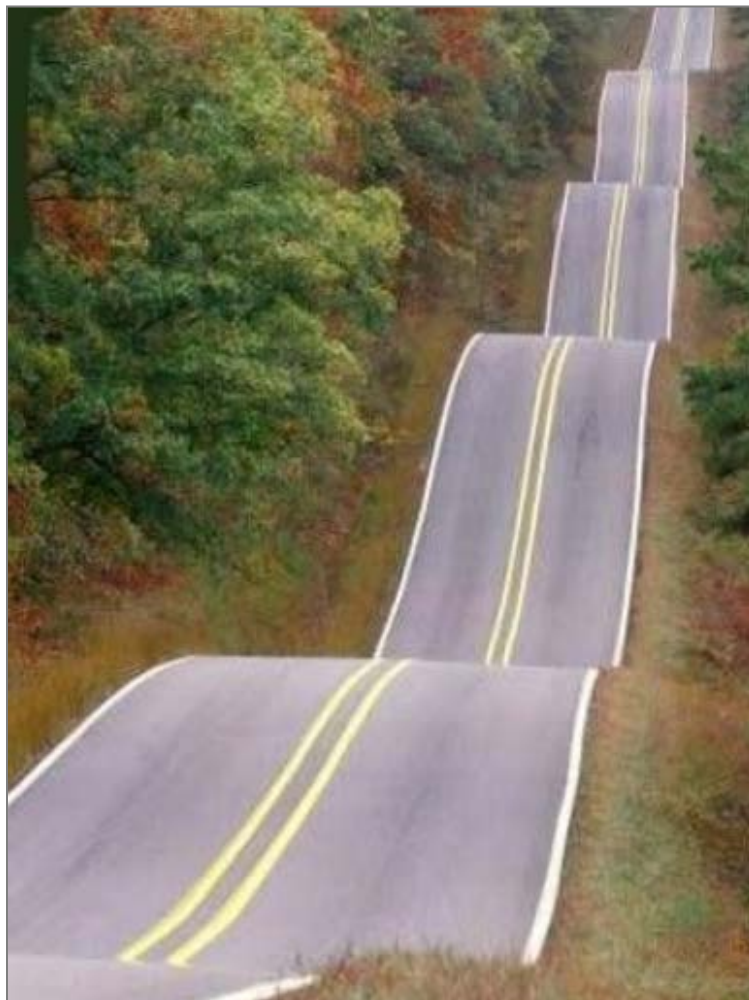
- Περιπτώσεις ανεπάρκειας ΜΟΣ:



Εισαγωγή (7)

7

- Περιπτώσεις ανεπάρκειας ΜΟΣ:



Εισαγωγή (8)

8

- Περιπτώσεις ανεπάρκειας ΜΟΣ:



Εισαγωγή (9)

9

- Περιπτώσεις ανεπάρκειας ΜΟΣ:



Μήκος Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ) (1)

10

- ❑ **Απαιτούμενο ΜΟΣ:** απαιτούμενη απόσταση για την ακινητοποίηση ενός οχήματος πριν από εμπόδιο επί του οδοστρώματος, αποτελεί άθροισμα δύο επιμέρους μηκών:
 - Μήκους αντίληψης – αντίδρασης
 - Μήκους κατά τη διαδικασία πέδησης

Εξαρτάται από: χάραξη οδού, συντελεστή τριβής, ικανότητα αντίληψης – αντίδρασης οδηγού, χαρακτηριστικά οχήματος
- ❑ **Διατιθέμενο ΜΟΣ:** σχετίζεται με το εμπρόσθιο οπτικό πεδίο το οποίο είναι ορατό από τον οδηγό

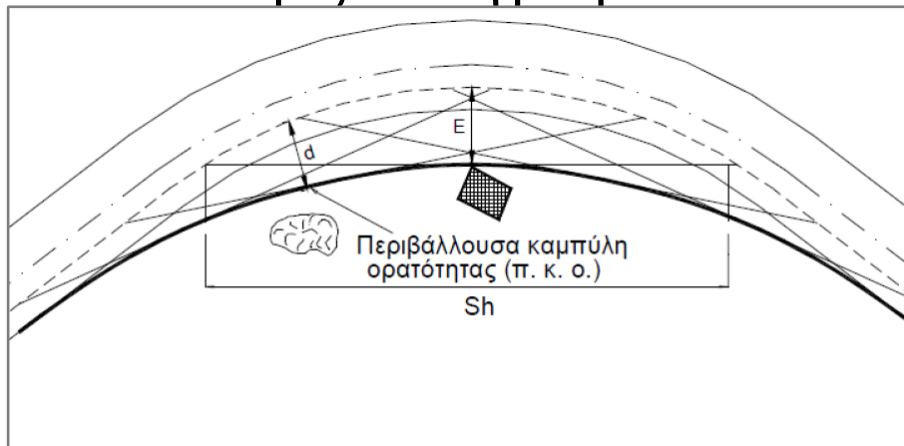
Εξαρτάται από: οδικό περιβάλλον, χάραξη οδού
- ❑ **Επάρκεια ΜΟΣ:** εξασφάλιση ικανού ελεύθερου μήκους στο εμπρόσθιο οπτικό πεδίο του οδηγού

Μήκος Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ) (2)

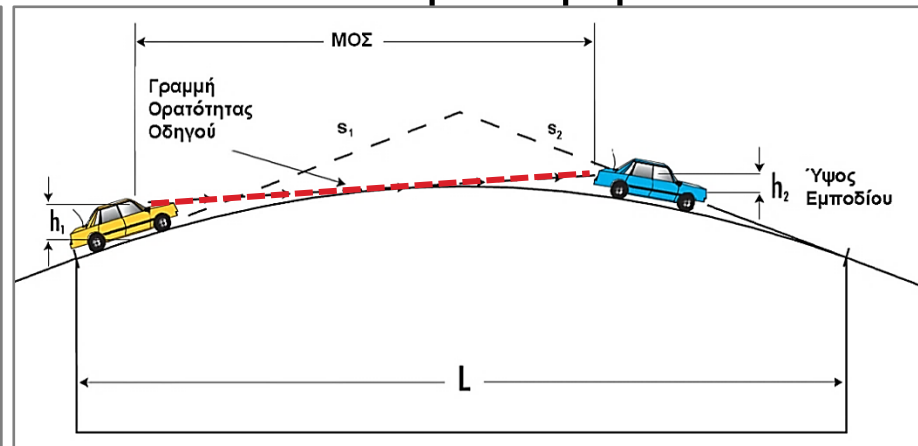
11

- **Υπολογισμός απαιτούμενου ΜΟΣ:** κίνηση σε ευθυγραμμία, με σταθερή ή μέση τιμή κατά μήκος κλίσης στη μηκοτομή → δεν αντιστοιχεί πάντοτε στην πραγματικότητα
- **Υπολογισμός διατιθέμενου ΜΟΣ:**

Οριζοντιογραφία



Μηκοτομή



→ δεν λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση οριζοντιογραφίας & μηκοτομής, καθώς και στοιχεία της διατομής

Στόχος Διδακτορικής Διατριβής

12

- **Ανάπτυξη μεθόδου διερεύνησης επάρκειας του διατιθέμενου ΜΟΣ** με ταυτόχρονη θεώρηση των καθοριστικών παραγόντων επιρροής της παρεχόμενης ασφάλειας:
 - **Χάραξη:** διερεύνηση παραμέτρων σχεδιασμού σε τρισδιάστατο περιβάλλον & επιρροή στοιχείων παρόδιου χώρου
 - **Όχημα:** πιο ακριβής προσομοίωση διαδικασίας πέδησης σε τρισδιάστατη επιφάνεια κύλισης
 - **Χρήστης (οδηγός):** προοπτική απεικόνιση οδού & οδικού περιβάλλοντος

- **Αξιολόγηση επιρροής στο ΜΟΣ βασικών συνδυασμένων παραμέτρων σχεδιασμού, μέσω παραδειγμάτων.**

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1)

13

- Εκτεταμένη έρευνα για τον προσδιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ
- Ανάπτυξη **δισδιάστατων και τρισδιάστατων μεθόδων** για την ανάλυση ορατότητας
- **Δισδιάστατες μέθοδοι ανάλυσης ορατότητας:**
 - Μελέτη ξεχωριστά οριζοντιογραφίας & μηκοτομής
 - Ακριβέστερη προσέγγιση σε σχέση με τις υφιστάμενες οδηγίες σχεδιασμού οδών
 - **Πιθανή ανακρίβεια αποτελεσμάτων**, καθώς καθεμία εκ των δύο απεικονίσεων δεν περιέχει όλες τις πληροφορίες για την τρισδιάστατη μορφή της οδού

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (2)

14

- **Τρισδιάστατες μέθοδοι ανάλυσης ορατότητας:**
 - Θεώρηση της οδού απευθείας στον χώρο
 - Πιο ρεαλιστική και ακριβής μελέτη ορατότητας, μέσω της συνδυασμένης θεώρησης της επιφάνειας της οδού, του παρόδιου χώρου και του ανάγλυφου της περιοχής μελέτης
 - **Γραφικές μέθοδοι:** Δημιουργία και μελέτη προοπτικών εικόνων, ωστόσο είναι χρονοβόρες (όχι αυτοματοποίηση)
 - **Αναλυτικές μέθοδοι:** Εκτέλεση εξειδικευμένων αλγόριθμων για τον υπολογισμό του ΜΟΣ σε περιβάλλον Η/Υ, όμως:
 - **Αγνοούνται στοιχεία** της οδού και του παρόδιου χώρου
 - Δεν λαμβάνεται υπόψη η **δυναμική κίνησης των οχημάτων**
 - Δεν προσδιορίζονται τα **αίτια περιορισμού του ΜΟΣ**

Υφιστάμενη Πρακτική (1)

15

- Ελληνικές (ΟΜΟΕ, 2001), Αμερικανικές (AASHTO, 2011), Γερμανικές (RAA-R1, 2008 & RAL-R1, 2012) & Αυστραλιανές (Austroads, 2009) οδηγίες σχεδιασμού οδών
- **Απαιτούμενο ΜΟΣ:**
 - Ο υπολογισμός του είναι, γενικά, παραπλήσιος
 - Δίνεται περιθώριο ασφαλείας κατά τον σχεδιασμό.
 - Με χρήση του προσδιορίζονται:
 - Οι ακτίνες των κυρτών καμπυλών μηκοτομής
 - Το πλάτος της εσωτερικής λωρίδας καθοδήγησης σε αριστερόστροφες καμπύλες αυτοκινητόδρομων
 - Το πλάτος του ελεύθερου οπτικών εμποδίων χώρου σε δεξιόστροφες καμπύλες

Υφιστάμενη Πρακτική (2)

16

□ Διατιθέμενο ΜΟΣ:

- Προσδιορισμός του με χρήση γραμμών όρασης μεταξύ οφθαλμών οδηγού & εμποδίου (σε ορισμένες θέσεις και ύψη)
- Υπολογισμός του μόνο σε απλές διατάξεις οριζοντιογραφικών καμπυλών και καμπυλών μηκοτομής → **αγνοείται η 3-D πραγματικότητα κατά την εξέταση της μίας προβολής**

□ Η παραπάνω δισδιάστατη προσέγγιση κρίνεται ως **απλοποιημένη και αποσπασματική, με προσεγγιστικά αποτελέσματα**, οπότε:

- Προτείνονται συνδυασμοί οριζοντιογραφίας και μηκοτομής, **χωρίς ωστόσο να τεκμηριώνονται αριθμητικά**
- Προτείνεται η δημιουργία προοπτικών εικόνων και τονίζεται η ανάγκη τρισδιάστατης ανάλυσης, όμως **δεν περιλαμβάνεται συγκεκριμένη μέθοδος**

Μέθοδος Ανάλυσης Ορατότητας

17

- Τρισδιάστατη αναλυτική μέθοδος, στοχεύει στην **ελαχιστοποίηση των ελλείψεων** που παρατηρήθηκαν τόσο κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, όσο και στην υφιστάμενη πρακτική

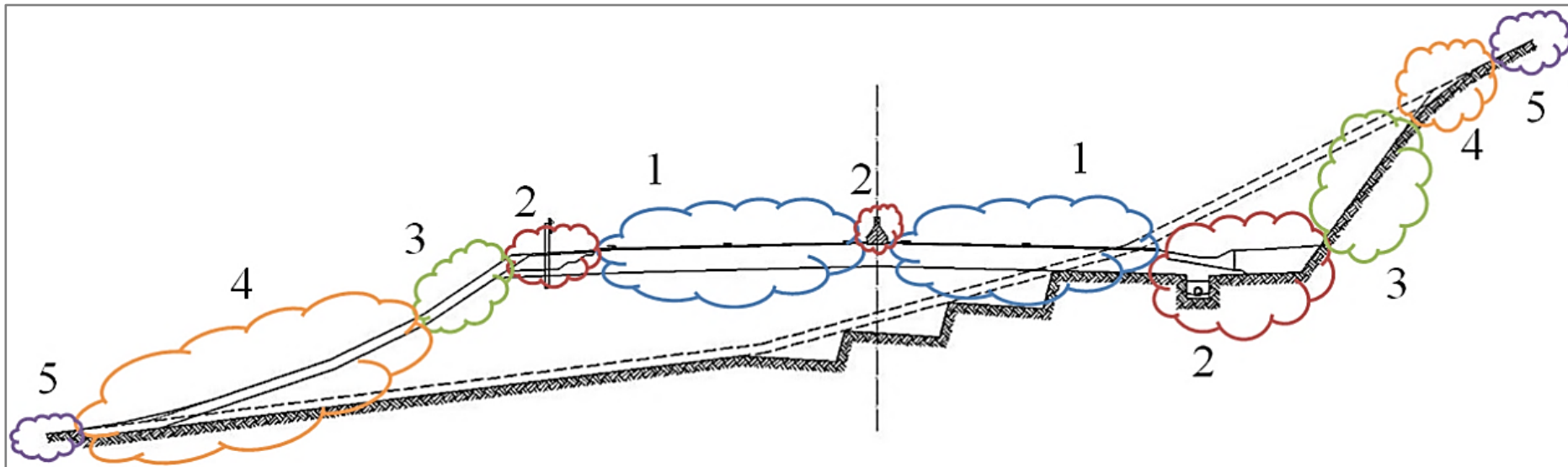
- **Στάδια μεθόδου:**
 - Δημιουργία τρισδιάστατου προσομοιώματος της οδού και του περιβάλλοντός της
 - Προσδιορισμός απαιτούμενου & διατιθέμενου ΜΟΣ και έλεγχος επάρκειας ΜΟΣ
 - Δημιουργία διαγραμμάτων ορατότητας
 - Δημιουργία προοπτικών εικόνων

Τρισδιάστατο Προσομοίωμα Οδού (1)

18

□ Στοιχεία τυπικής διατομής:

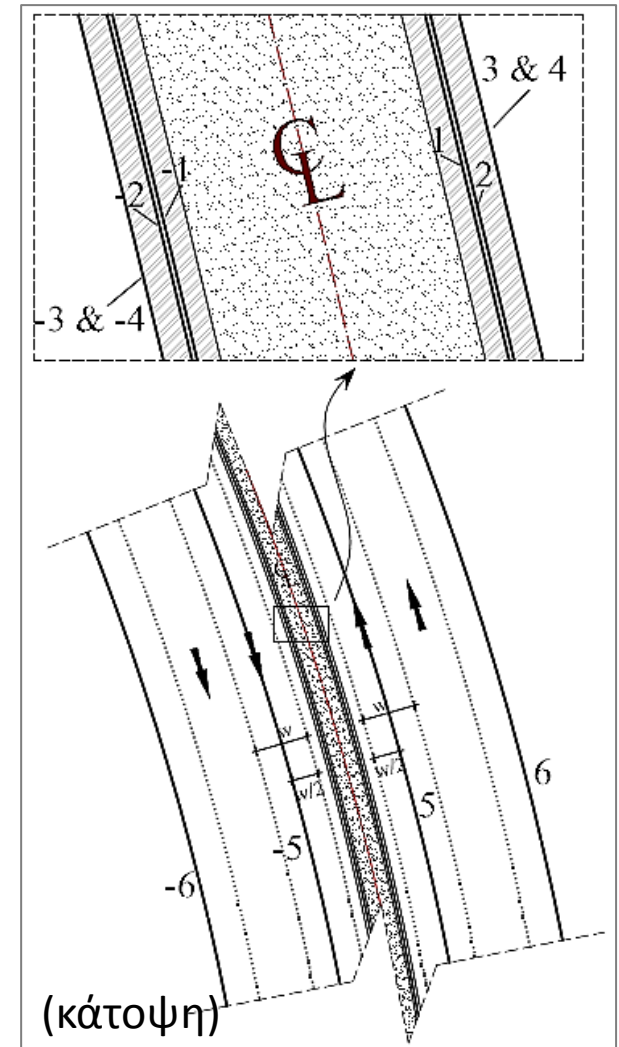
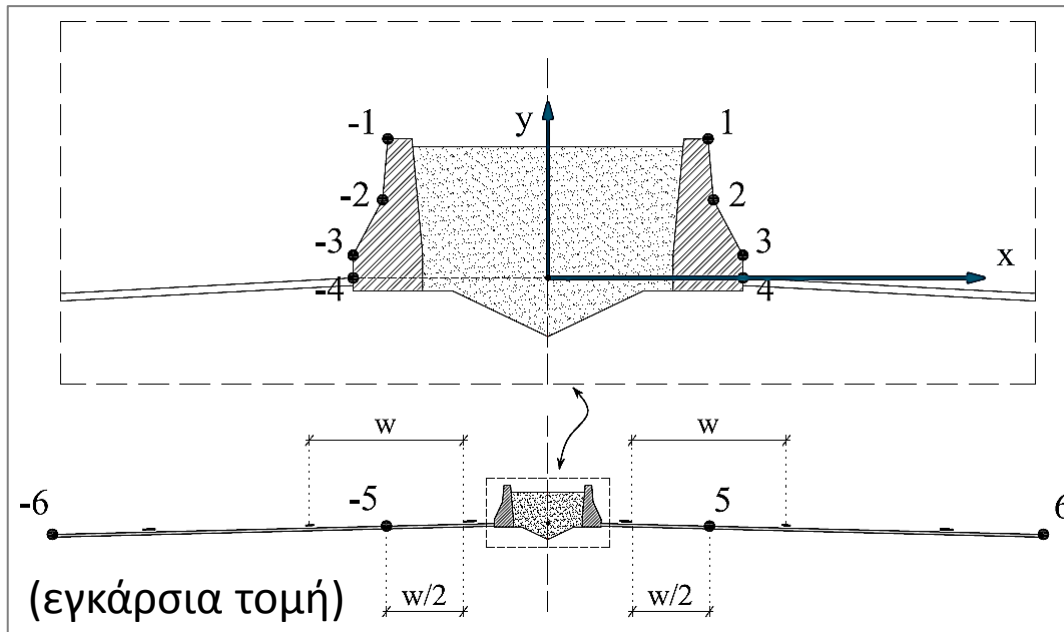
- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1. Κυκλοφοριακός χώρος | 4. Διαμορφώσεις του εδάφους |
| 2. Διαμορφώσεις της οδού | 5. Έδαφος |
| 3. Πρανή | |



Τρισδιάστατο Προσομοίωμα Οδού (2)

19

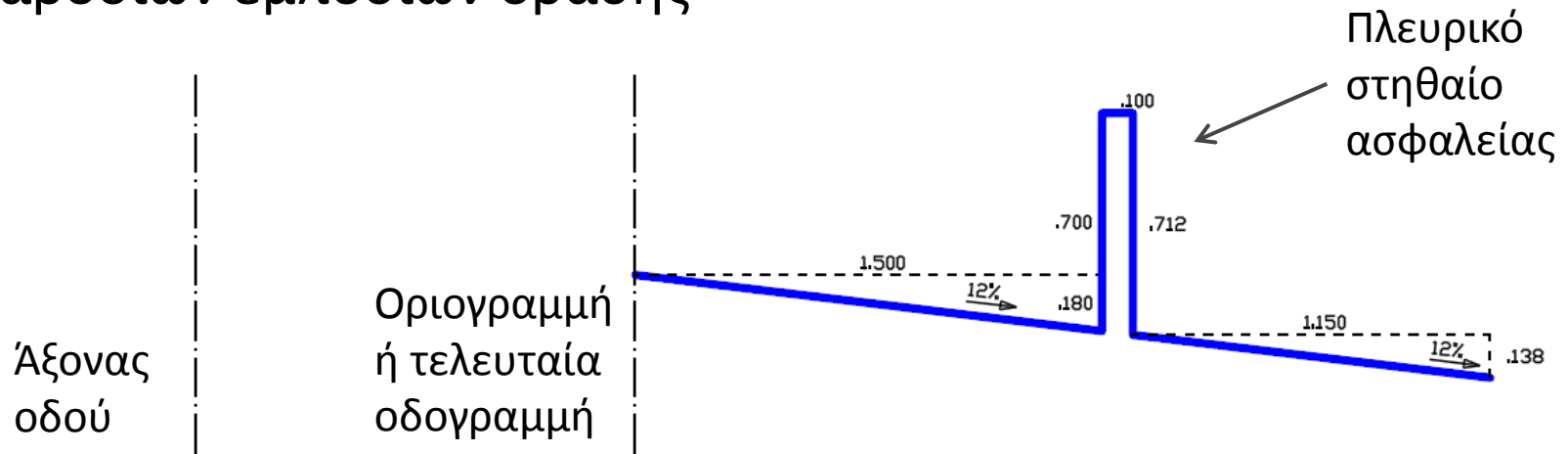
- Χρήση «οδογραμμών»: ακριβής περιγραφή της διατομής και τοποθέτηση οφθαλμού & εμποδίου σε οποιαδήποτε εγκάρσια απόσταση από τον άξονα της οδού



Τρισδιάστατο Προσομοίωμα Οδού (3)

20

- **Γεωμετρία Διαμορφώσεων:** λεπτομερής επεξεργασία των παρόδων εμποδίων όρασης



- **Πρανή / Διαμορφώσεις:**

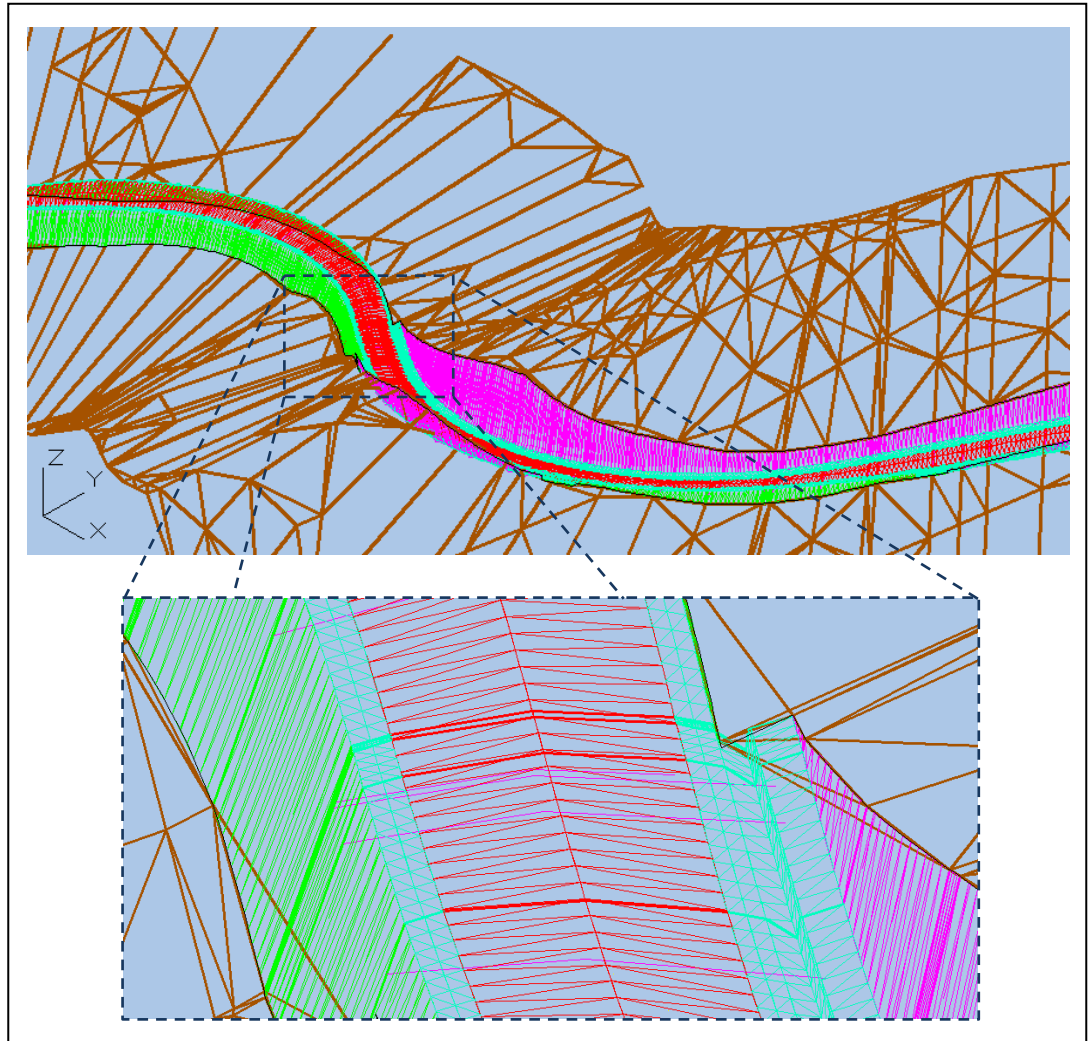
Από ΧΘ	Έως ΧΘ	Από ΔΗ	Έως ΔΗ	Διαμόρφωση Δρόμου	Κλίση Πρανούς	Διαμόρφωση Εδάφους
0,000	8000,000	0,000	10,000	Ε	0,6667	0
0,000	8000,000	-10,000	0,000	Τ	-2,0000	0

Τρισδιάστατο Προσομοίωμα Οδού (4)

21

□ Μέθοδος τριγωνισμού:

- Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DTM)
- Δημιουργία του μοντέλου της οδού (τριγωνισμός στοιχείων τυπικής διατομής)
- Υπέρθεση του μοντέλου της οδού στο μοντέλο του εδάφους



Προσδιορισμός Απαιτούμενου ΜΟΣ (1)

22

- **Βελτιωμένη προσέγγιση της υφιστάμενης πρακτικής**, με εμπλουτισμό των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη στον προσδιορισμό του απαιτούμενου ΜΟΣ
- Λαμβάνονται επιπλέον υπόψη:
 - Επιρροή **καμπυλότητας κατά την οριζοντιογραφία** (υπάρχει αλληλοδέσμευση μεταξύ διαμήκους & εγκάρσιου συντελεστή τριβής κατά την κίνηση σε καμπύλη)
 - Επιρροή **μεταβλητής κατά μήκος κλίσης** σε κυρτές & κοίλες καμπύλες μηκοτομής
- **Βελτίωση ακρίβειας του υπολογιζόμενου μήκους πέδησης**

Προσδιορισμός Απαιτούμενου ΜΟΣ (2)

23

- **Κύκλος τριβής** (Krempel, 1965): κατά την κίνηση σε καμπύλη τροχιά, τα αποθέματα των συνιστωσών τριβής διατίθενται ταυτόχρονα κατά την εγκάρσια & διαμήκη διεύθυνση κίνησης
- **Απαιτούμενη τριβή κατά τη διαμήκη διεύθυνση κίνησης:**

$$f_T = \sqrt{\left(\frac{a}{g}\right)^2 - \left(\frac{V^2}{gR} - e\right)^2}$$

- $V(m/s)$: ταχύτητα του οχήματος (ταχύτητα μελέτης)
- $g(m/s^2)$: σταθερά παγκόσμιας έλξης
- $a(m/s^2)$: ρυθμός επιβράδυνσης του οχήματος ($3,4m/s^2$ κατά AASHTO)
- $R(m)$: ακτίνα οριζοντιογραφικής καμπύλης
- $e(\%/100)$: εγκάρσια κλίση οδού

Προσδιορισμός Απαιτούμενου ΜΟΣ (3)

24

- **Επιρροή μεταβλητής κατά μήκος κλίσης κατά την πέδηση:**
προσδιορισμός στιγμιαίας ταχύτητας & απόστασης κατά την πέδηση ανά 0,01s

$$V_{i+1} = V_i - g(f_T + s)t \quad BD_i = V_i t - \frac{1}{2} g(f_T + s)t^2$$

- $V_i(m/s)$ ταχύτητα του οχήματος στη χιλιομετρική θέση i
- $V_{i+1}(m/s)$: ταχύτητα του οχήματος μειωμένη σύμφωνα με τον ρυθμό επιβράδυνσης για $t = 0,01s$
- $BD_i(m)$: απόσταση που διανύεται κατά την πέδηση
- f_T : απαιτούμενη τριβή κατά τη διαμήκη διεύθυνση κίνησης
- $t(s)$: βήμα αύξησης του χρόνου ($t = 0,01s$)
- $g(m/s^2)$: σταθερά παγκόσμιας έλξης
- $s(\%/100)$: κατά μήκος κλίση οδού στη χιλιομετρική θέση i

Προσδιορισμός Απαιτούμενου ΜΟΣ (4)

25

- Επαναλαμβανόμενη εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων μέχρι να μηδενιστεί η ταχύτητα
- **Το απαιτούμενο ΜΟΣ προκύπτει αθροίζοντας τη συνολική απόσταση πέδησης με την απόσταση που διανύεται κατά τον χρόνο αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού**

$$ΜΟΣ_{απαιτ.} = V_o t + \sum BD_{k-1}$$

- $V_o (m/s)$: αρχική ταχύτητα του οχήματος
- $t(s)$: χρόνος αντίληψης – αντίδρασης του οδηγού (2,5s κατά AASHTO)
- $\sum BD_{k-1} (m)$: συνολική απόσταση πέδησης για την αρχική ταχύτητα του οχήματος

Προσδιορισμός Διατιθέμενου ΜΟΣ

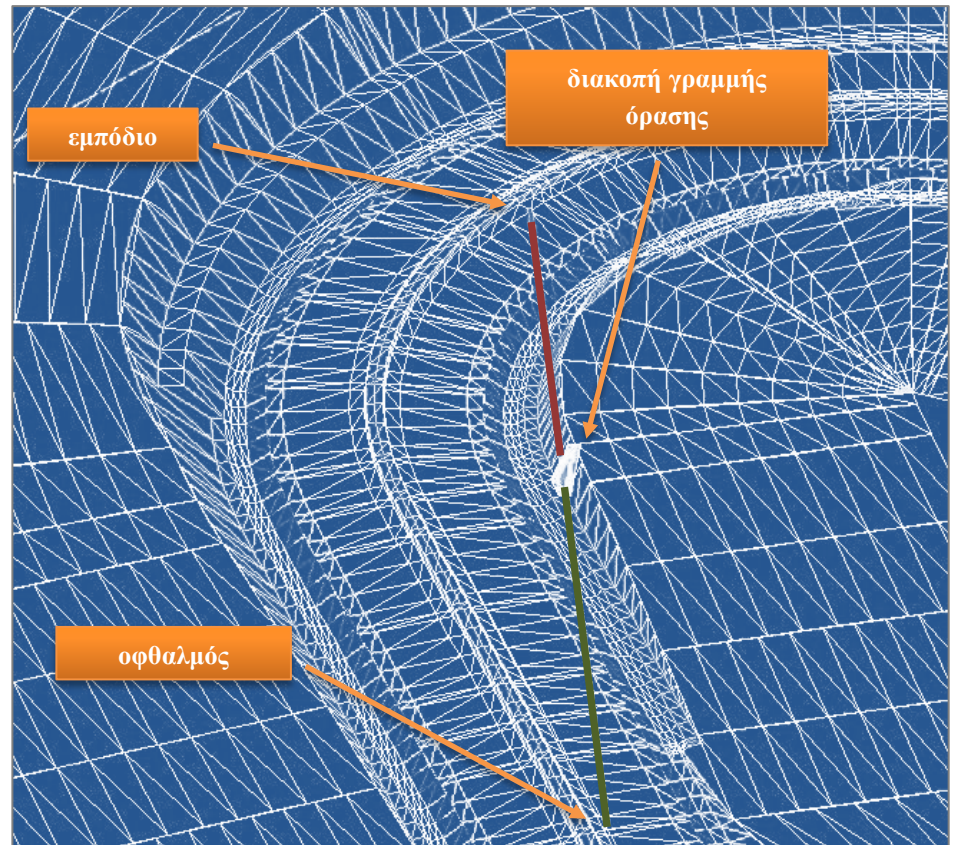
26

- Το διατιθέμενο ΜΟΣ:
 - Περιγράφεται μέσω **γραμμών όρασης στον χώρο**, μεταξύ των οφθαλμών του οδηγού και ενός αντικειμένου – εμποδίου στο οδόστρωμα στην κατάντη διεύθυνση
 - Εξαρτάται από τα ύψη οφθαλμών & εμποδίου, την εγκάρσια απόστασή τους από τον άξονα, και από τις θέσεις & ύψη πιθανών εμποδίων όρασης επί ή πλευρικά της οδού
- Ο υπολογισμός του διατιθέμενου ΜΟΣ βασίζεται στον **προσδιορισμό πιθανών σημείων τομής μεταξύ των γραμμών όρασης και των τριγώνων του μοντέλου της οδού**
- Χρήση εξισώσεων αναλυτικής γεωμετρίας για την περιγραφή των γραμμών όρασης και των σημείων τομής

Αλγόριθμος Υπολογισμού ΜΟΣ

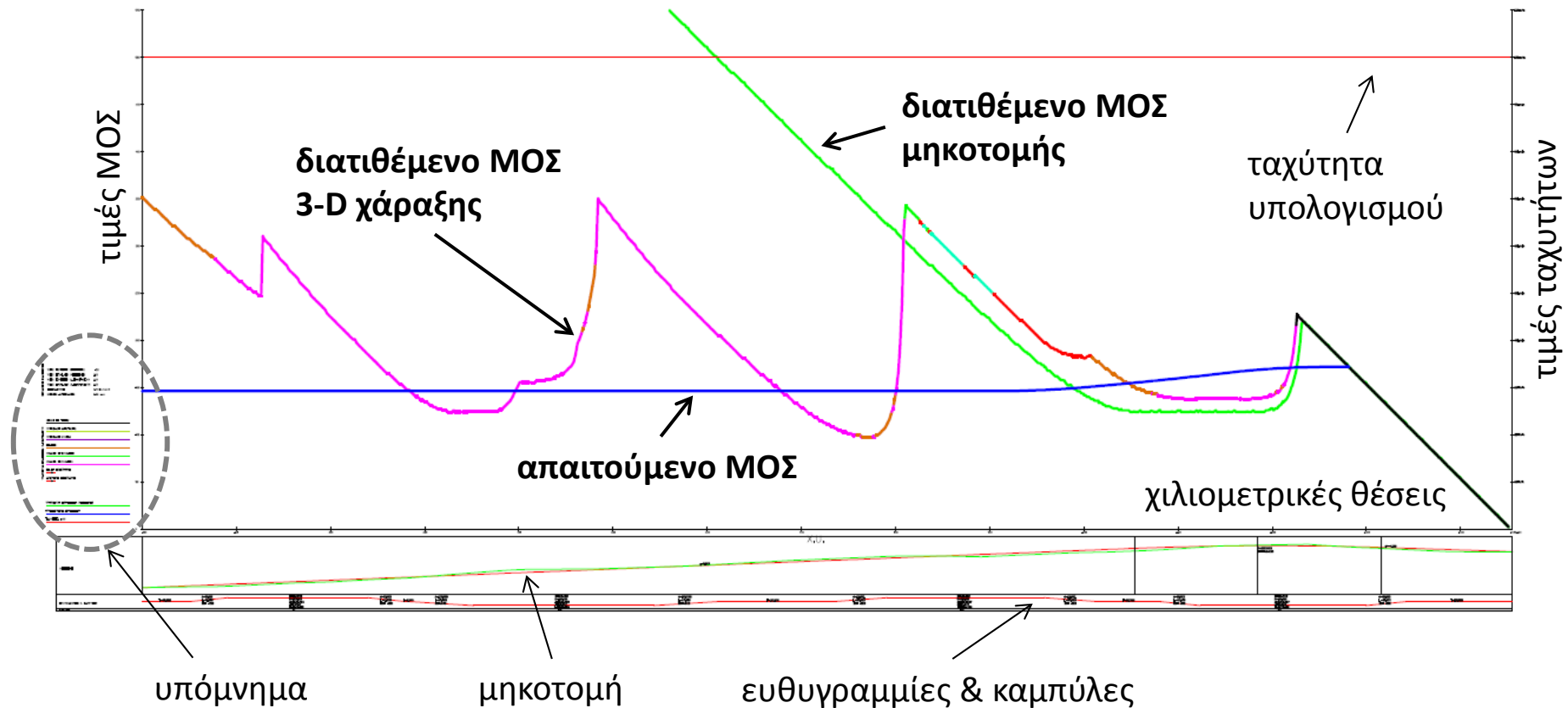
27

- ❑ Εκτέλεση επαναληπτικού αλγόριθμου
- ❑ Προσδιορισμός περιοχών κατά μήκος της οδού όπου οι γραμμές όρασης μεταξύ οφθαλμών οδηγού και εμποδίου διακόπτονται από κάποιο εμπόδιο και το μήκος τους είναι μικρότερο από το απαιτούμενο ΜΟΣ



Διαγράμματα Ορατότητας

28



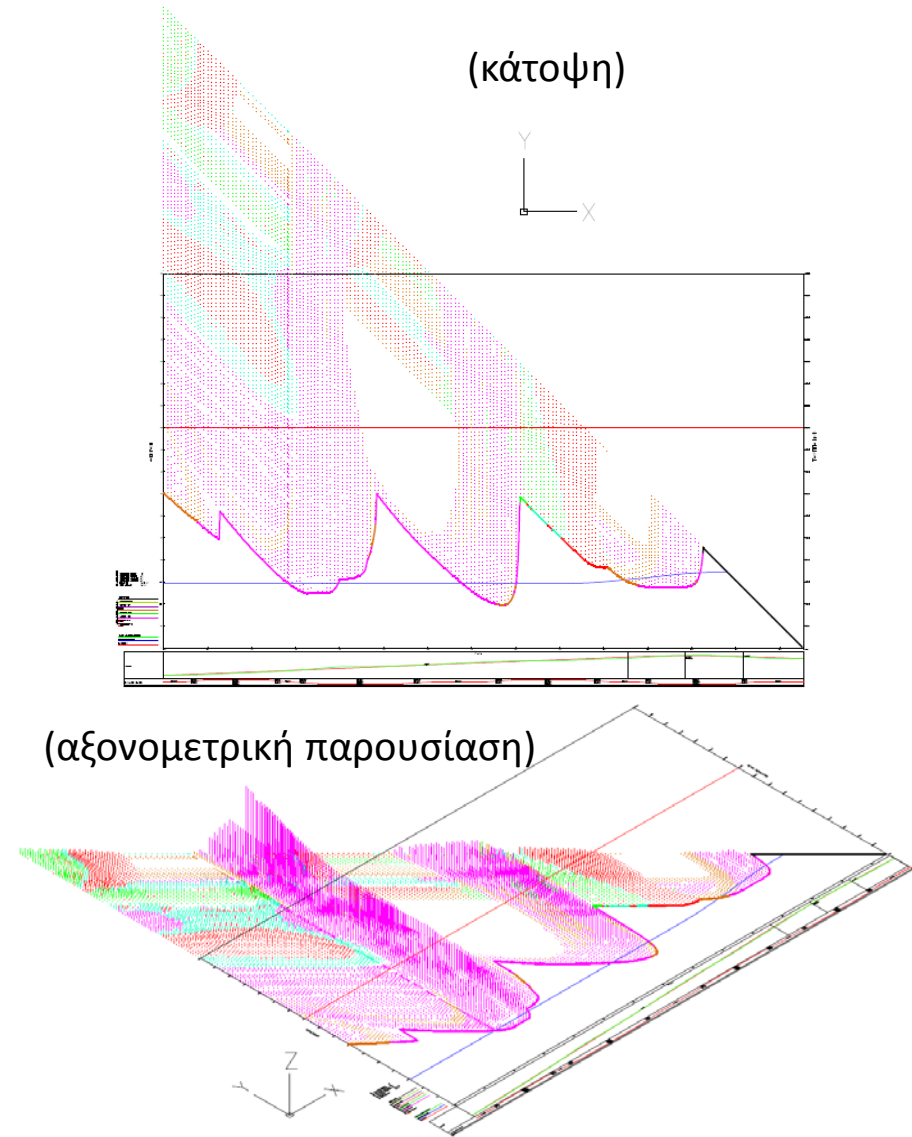
- **Επισήμανση αιτίου περιορισμού ή ανεπάρκειας ΜΟΣ σε κάθε θέση της οδού, μέσω της χρωματικής διαφοροποίησης**

Επέκταση Διαγραμμάτων Ορατότητας (1)

29

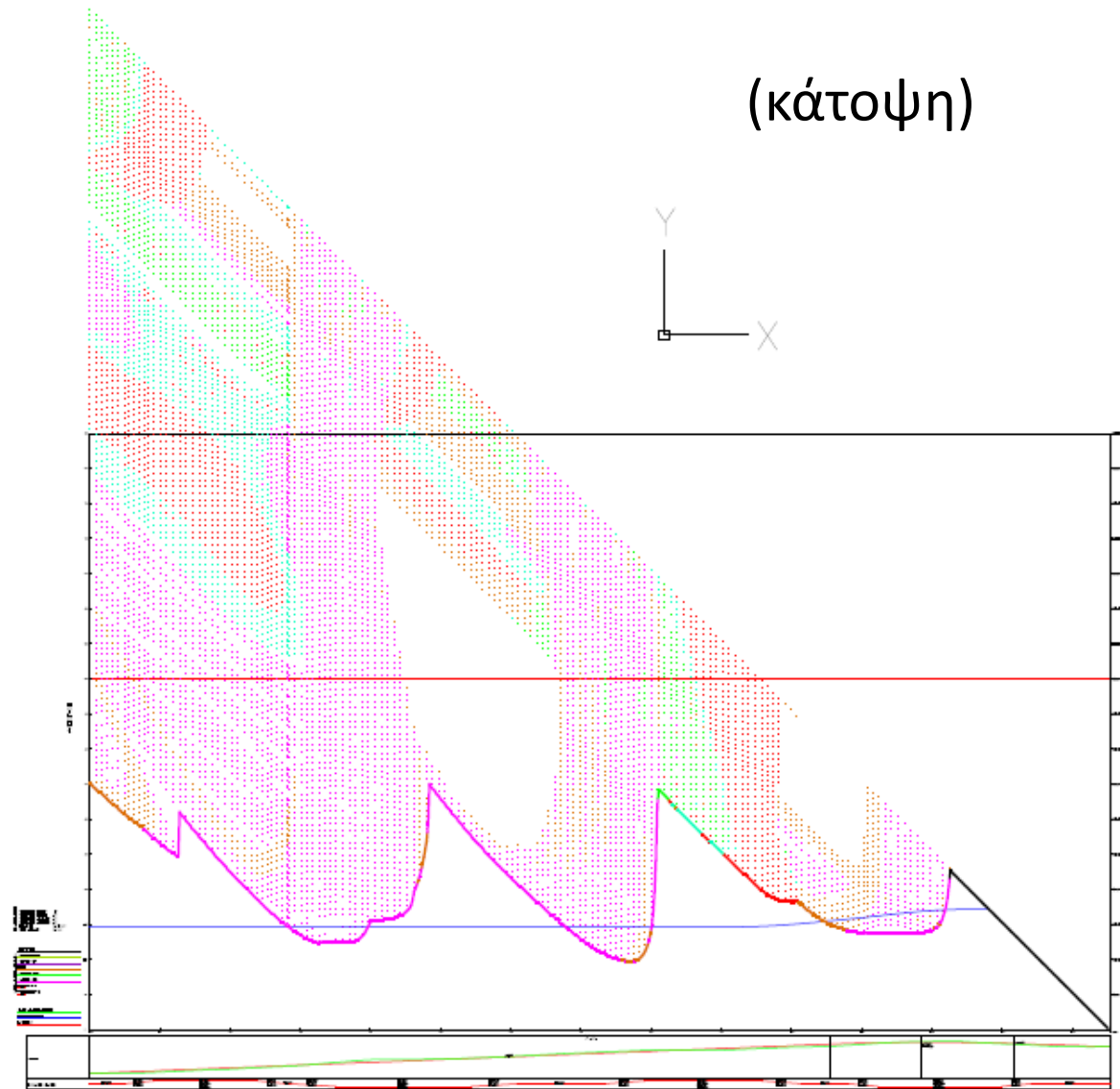
□ Περιγράφονται για κάθε σημείο της οδού οι συνθήκες ορατότητας στο υπολειπόμενο τμήμα της, δηλαδή:

- Το συνολικό μήκος έμπροσθεν του οδηγού που είναι ορατό
- Το αίτιο που προκαλεί περιορισμό του διατιθέμενου ΜΟΣ
- Το έλλειμμα ορατότητας στις θέσεις που δεν είναι ορατές



Επέκταση Διαγραμμάτων Ορατότητας (2)

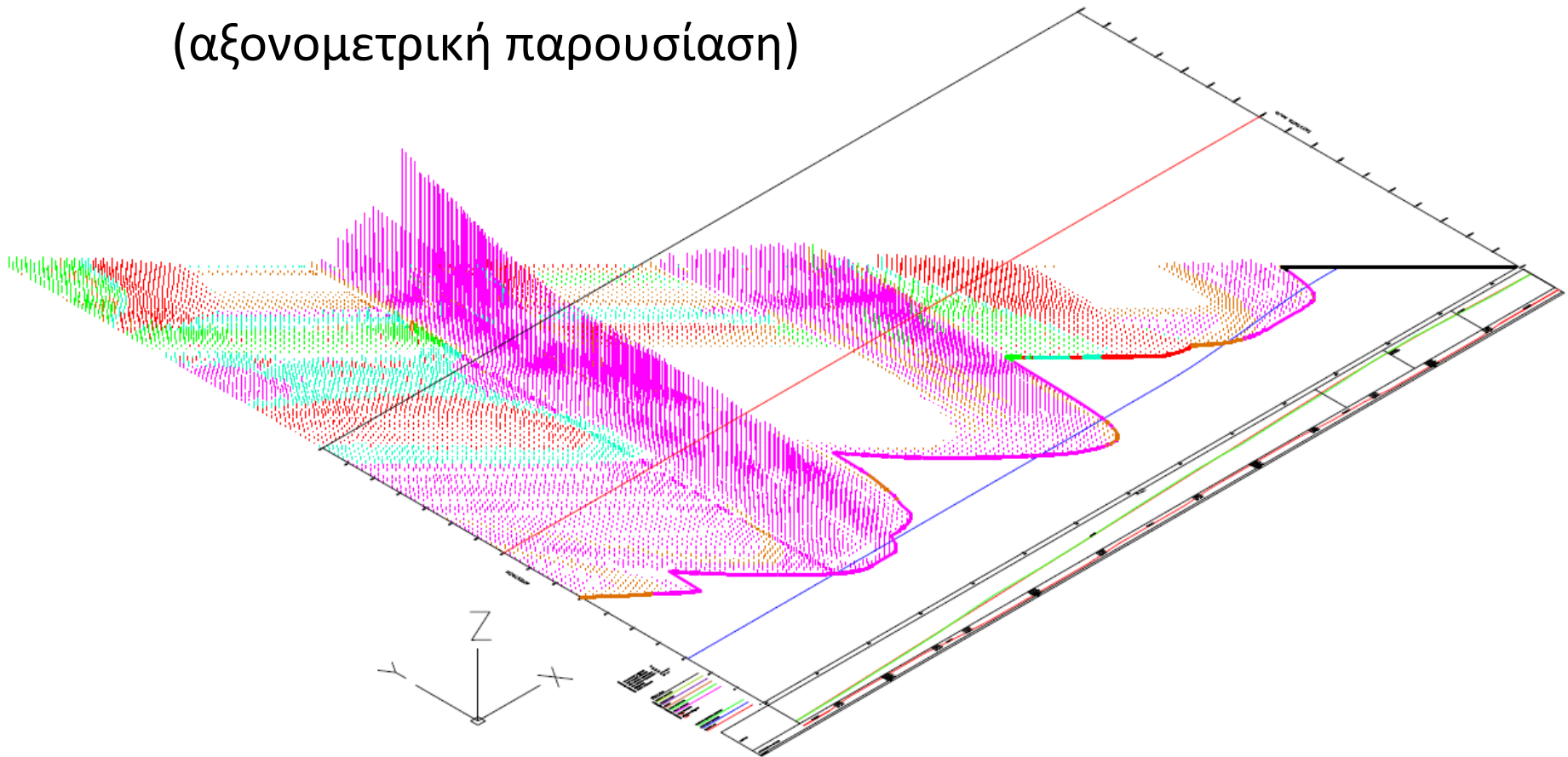
30



Επέκταση Διαγραμμάτων Ορατότητας (3)

31

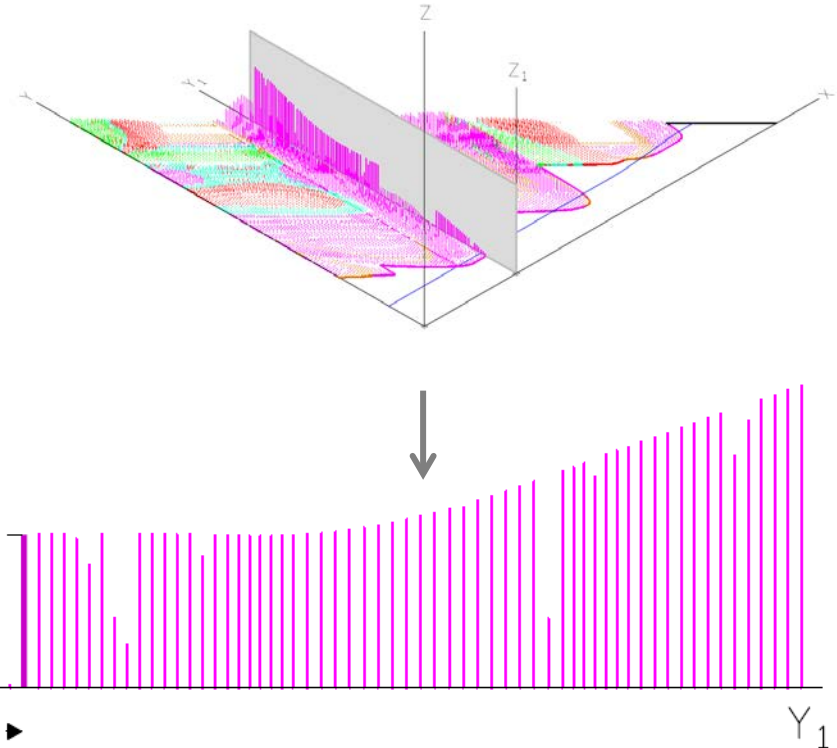
(αξονομετρική παρουσίαση)



Επέκταση Διαγραμμάτων Ορατότητας (4)

32

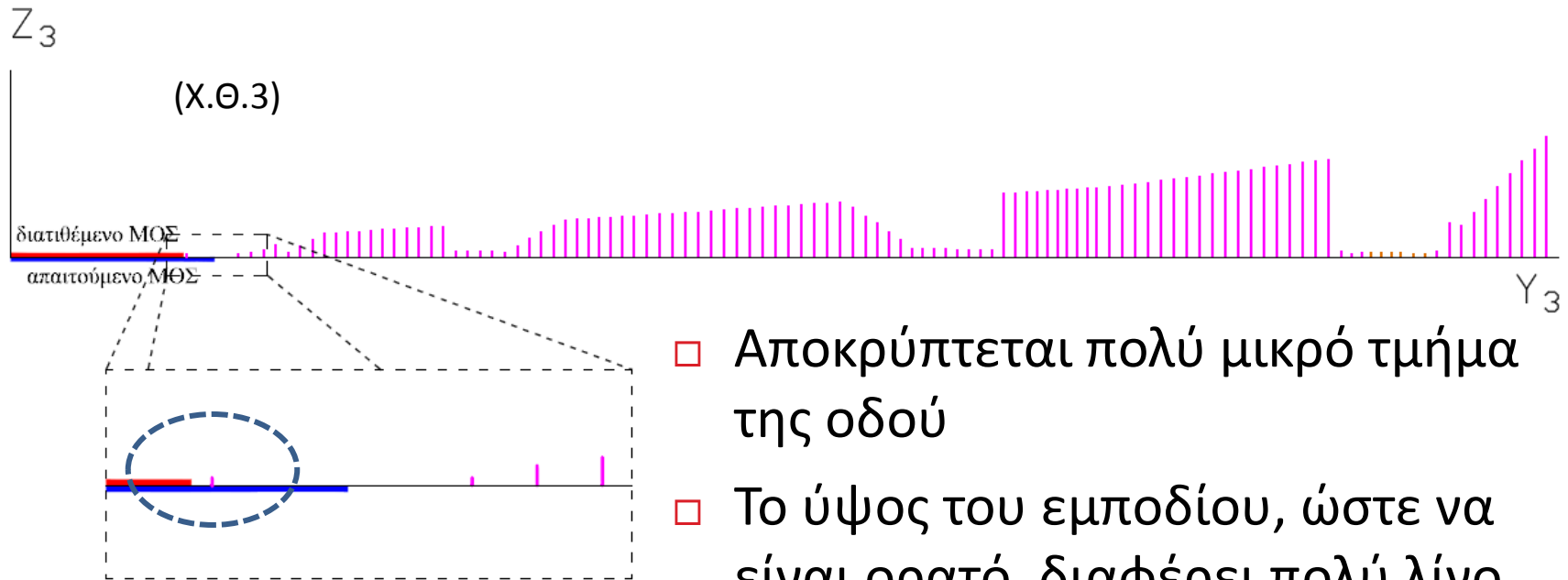
- Ανάλυση του διαγράμματος για κάποια χιλιομετρική θέση, με προβολή του στο αντίστοιχο κατακόρυφο επίπεδο



- **Σημασία:** Όταν ο οδηγός βρίσκεται στη Χ.Θ.1, το εμπόδιο που βρίσκεται στη $(X.Θ.1+d)$ θα πρέπει να έχει ύψος h προκειμένου να είναι ορατό
- Το χρώμα υποδηλώνει το **αίτιο περιορισμού της ορατότητας**

Επέκταση Διαγραμμάτων Ορατότητας (5)

33

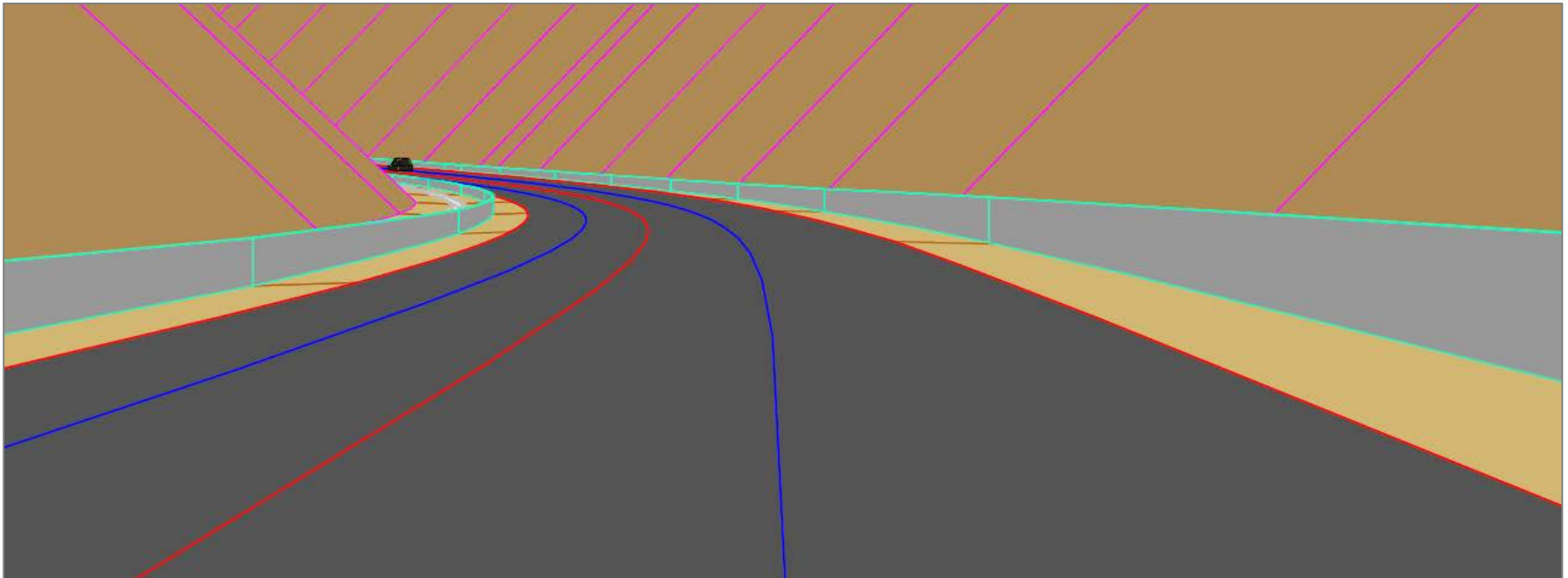


- Αποκρύπτεται πολύ μικρό τμήμα της οδού
- Το ύψος του εμποδίου, ώστε να είναι ορατό, διαφέρει πολύ λίγο από το πραγματικό του ύψος
- Επομένως, η έλλειψη επαρκούς ΜΟΣ όπως υπολογίστηκε, ενδεχομένως να μην είναι αντιληπτή και να μην επηρεάζει τον οδηγό

Προοπτικές Εικόνες

34

- Απεικόνιση της οδού και του περιβάλλοντός της **από τη θέση του οδηγού**
- Απεικόνιση ενός οχήματος έμπροσθεν του οδηγού, στη θέση που αντιστοιχεί στο απαιτούμενο ΜΟΣ → **επάρκεια ΜΟΣ υπάρχει μόνο όταν εμφανίζεται το όχημα**



Λογισμικό Οδοποιίας «H12» (1)

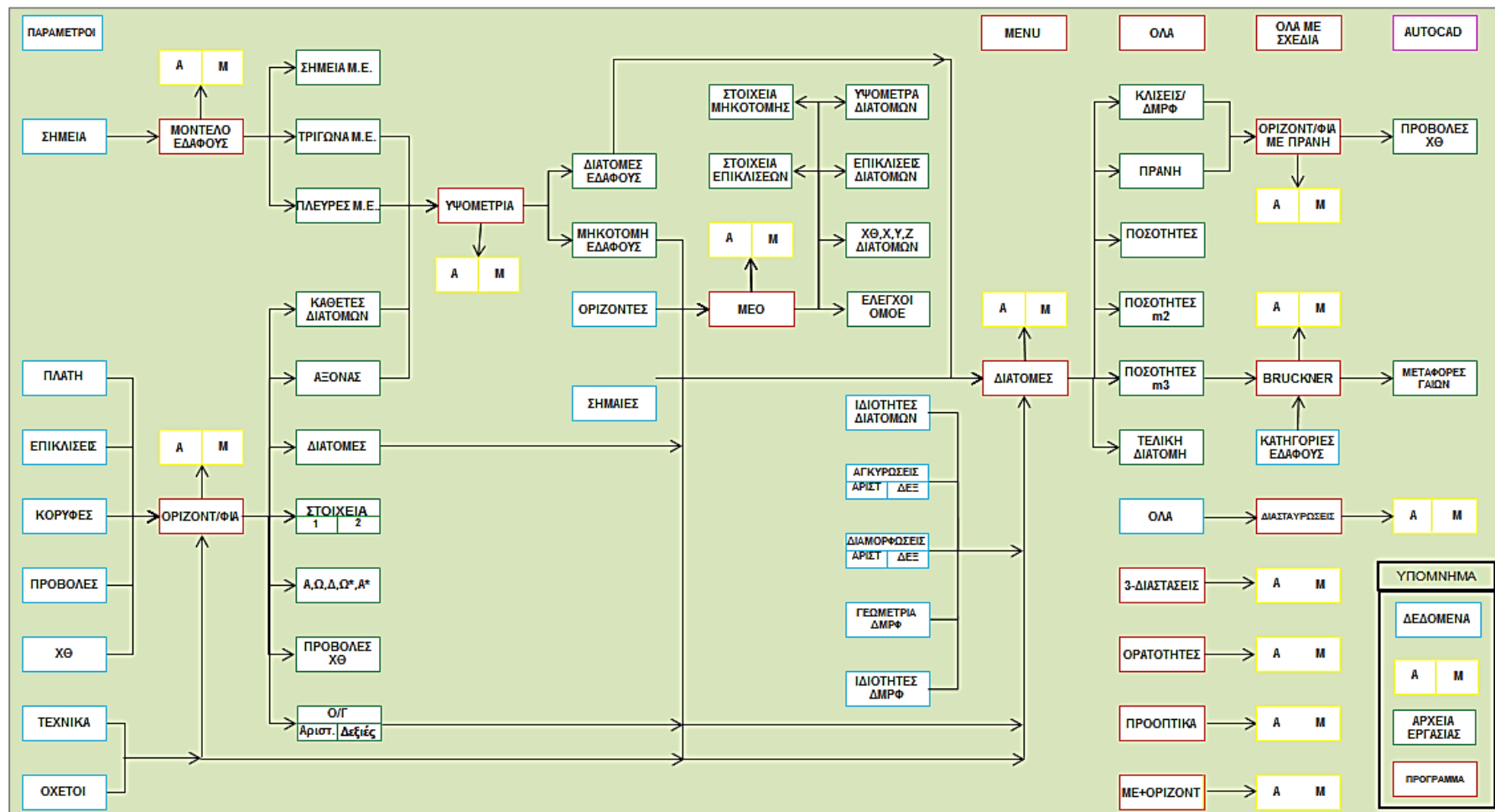
35

- Παρέχεται η δυνατότητα εκτέλεσης όλων των εργασιών που σχετίζονται με τη μελέτη μιας οδού (μοντέλο εδάφους, οριζοντιογραφία, μηκοτομή, διατομές, διαγράμματα επικλίσεων, ορατότητας & λειτουργικών ταχυτήτων, βελτιστοποίηση χωματουργικών εργασιών)
- **Ενσωματώνεται η προτεινόμενη μέθοδος ανάλυσης ορατότητας**
- Ροή εργασίας:
 - Εισαγωγή των απαιτούμενων **δεδομένων** σε λογιστικά φύλλα
 - Εκτέλεση του αντίστοιχου **προγράμματος**
 - Άνοιγμα του αντίστοιχου **σχεδίου** και **αρχείων εργασίας**

Λογισμικό Οδοποιίας «Η12» (2)

36

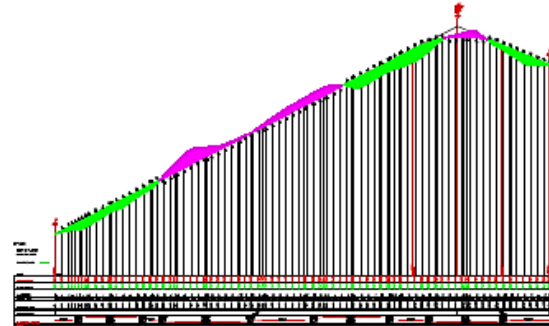
□ Περιβάλλον εργασίας λογισμικού:



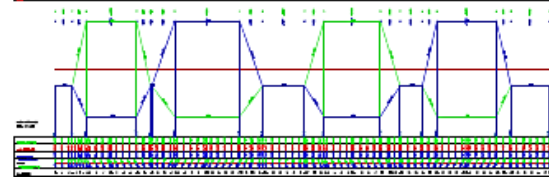
Λογισμικό Οδοποιίας «H12» (3)

37

□ Πρόγραμμα ΜΕΟ (Μηκοτομή – Επικλίσεις – ΟΜΟΕ):



Μηκοτομή



Επικλίσεις



Διαπλατύνσεις



s-Δs αριστερά



s-Δs δεξιά



s > 0,7-1,0%



Σύνθετη κλίση

Λογισμικό Οδοποιίας «H12» (4)

38

□ Παράμετροι προγράμματος ΟΡΑΤΟΤΗΤΕΣ:

- Χ.Θ. αρχής & τέλους υπολογισμών
- Οδηγίες υπολογισμών (Γερμανικές, Αμερικανικές, Ελληνικές, Αυστραλιανές)
- Κλίμακες μηκών & υψών
- Οδογραμμές οφθαλμού & εμποδίου
- Συντελεστής τριβής
- Επιτάχυνση & επιβράδυνση οχήματος
- Χρόνος αντίδρασης
- Ύψη οφθαλμού & εμποδίου 3-D
- Ύψη οφθαλμού & εμποδίου μηκοτομής
- Απόσταση αναζήτησης τριγώνων
- Γωνία όρασης
- Ταχύτητα (3 μέθοδοι)

Λογισμικό Οδοποιίας «H12» (5)

39

□ Παράμετροι προγράμματος ΠΡΟΟΠΤΙΚΑ:

- Χ.Θ. αρχής & τέλους δημιουργίας προοπτικών εικόνων
- Οδογραμμή & ύψος φωτομηχανής (θέση οφθαλμών του οδηγού)
- Εστιακό βάθος
- Έμπροσθεν & όπισθεν κατακόρυφα επίπεδα (θεωρείται ότι το πεδίο ορατότητας του οδηγού περιορίζεται μεταξύ τους)
- Πλάτος & ύψος προοπτικών εικόνων

Εφαρμογές Μεθόδου Ανάλυσης Ορατότητας (1)

40

□ Εξέταση δύο θεωρητικών χαράξεων:

- Διαφορετική τυπική διατομή (ΟΜΟΕ-Δ, 2001 & RAA-R1, 2008)
- Οριακές τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)
- Όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί καμπυλότητας ταυτόχρονα σε οριζοντιογραφία & μηκοτομή
- Εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου και της μεθόδου με βάση τη μηκοτομή της χάραξης (RAL-R1, 2012)

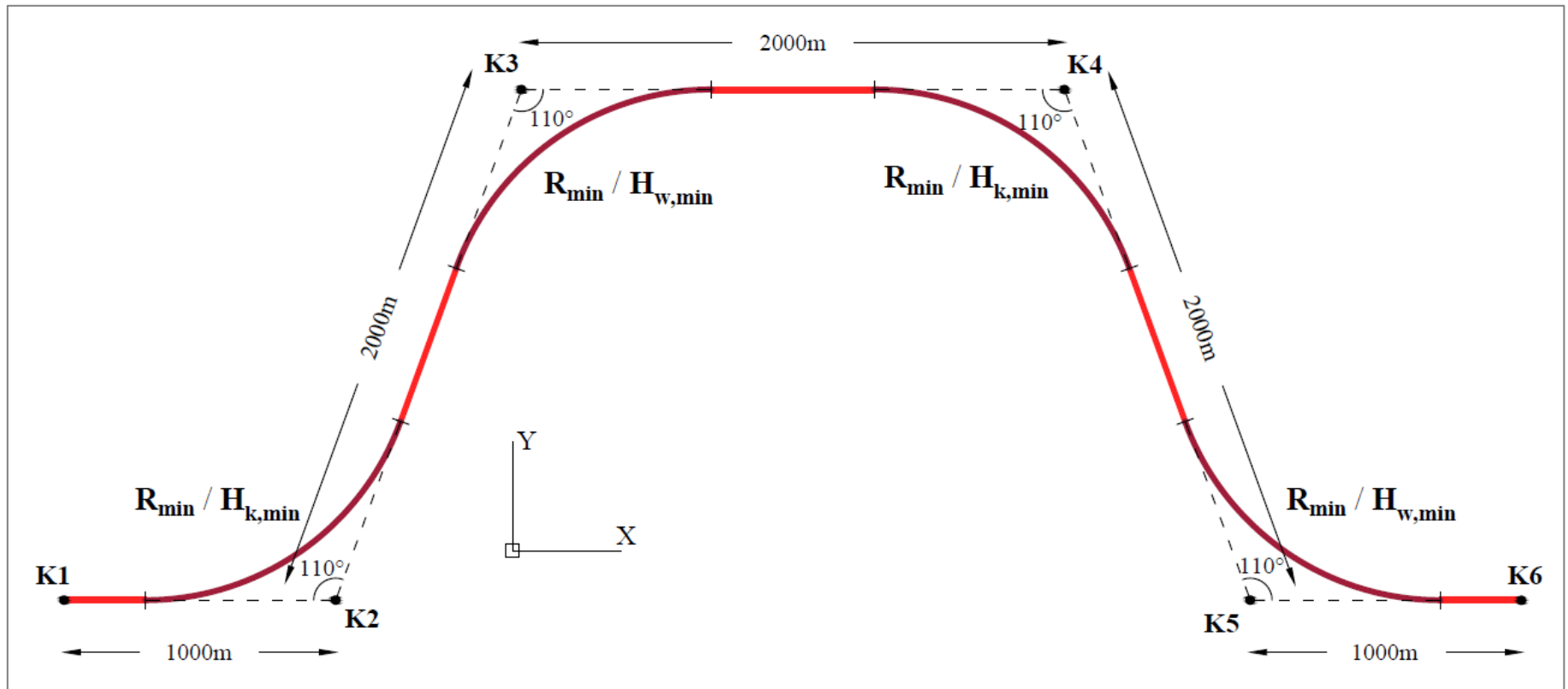
□ Θέματα προς διερεύνηση:

- Σε ποιον βαθμό εξασφαλίζεται η επάρκεια ΜΟΣ
- Σύγκριση αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων ανάλυσης ορατότητας (τρισδιάστατη & με βάση τη μηκοτομή)
- Επιρροή στο ΜΟΣ στοιχείων από τον παρόδιο χώρο

Εφαρμογές Μεθόδου Ανάλυσης Ορατότητας (2)

41

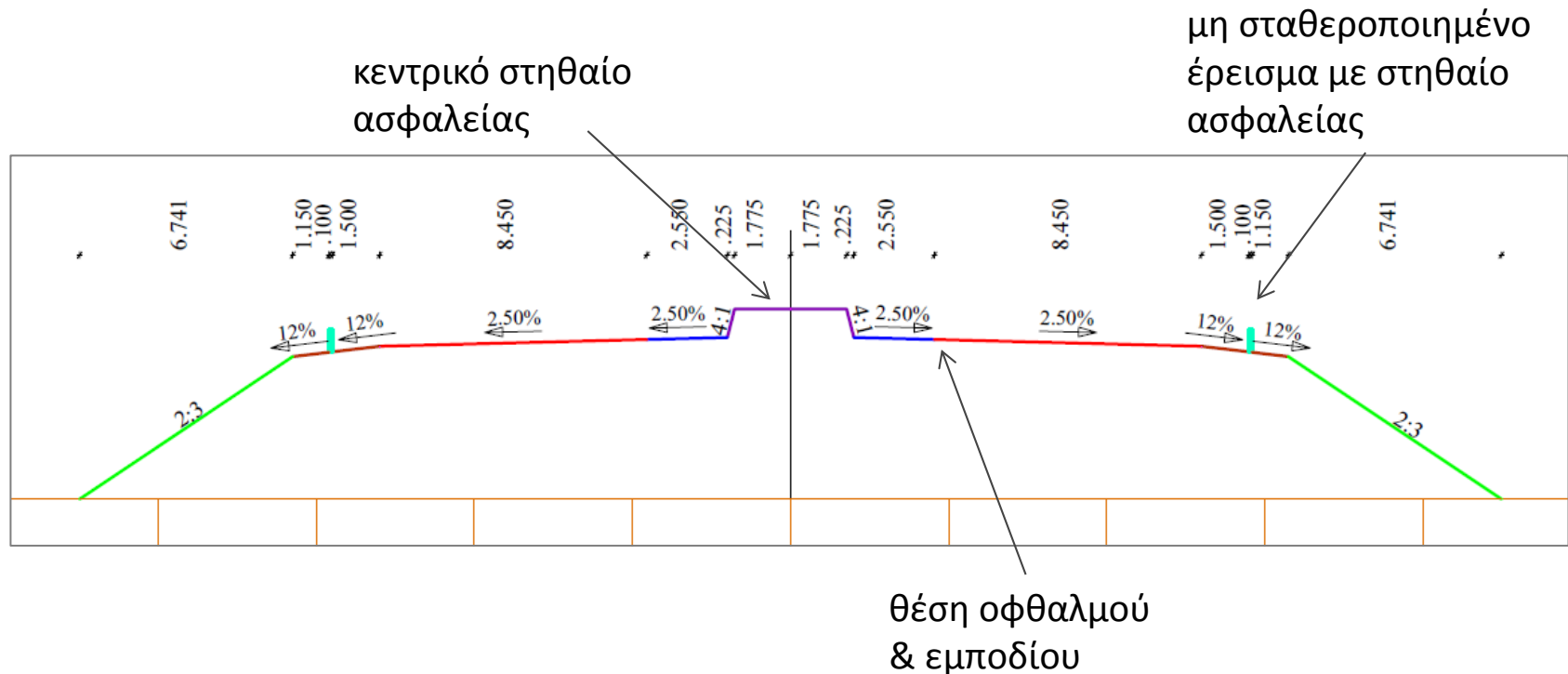
□ Γενικά στοιχεία χάραξης εφαρμογών:



Εφαρμογή Π.1 (1)

42

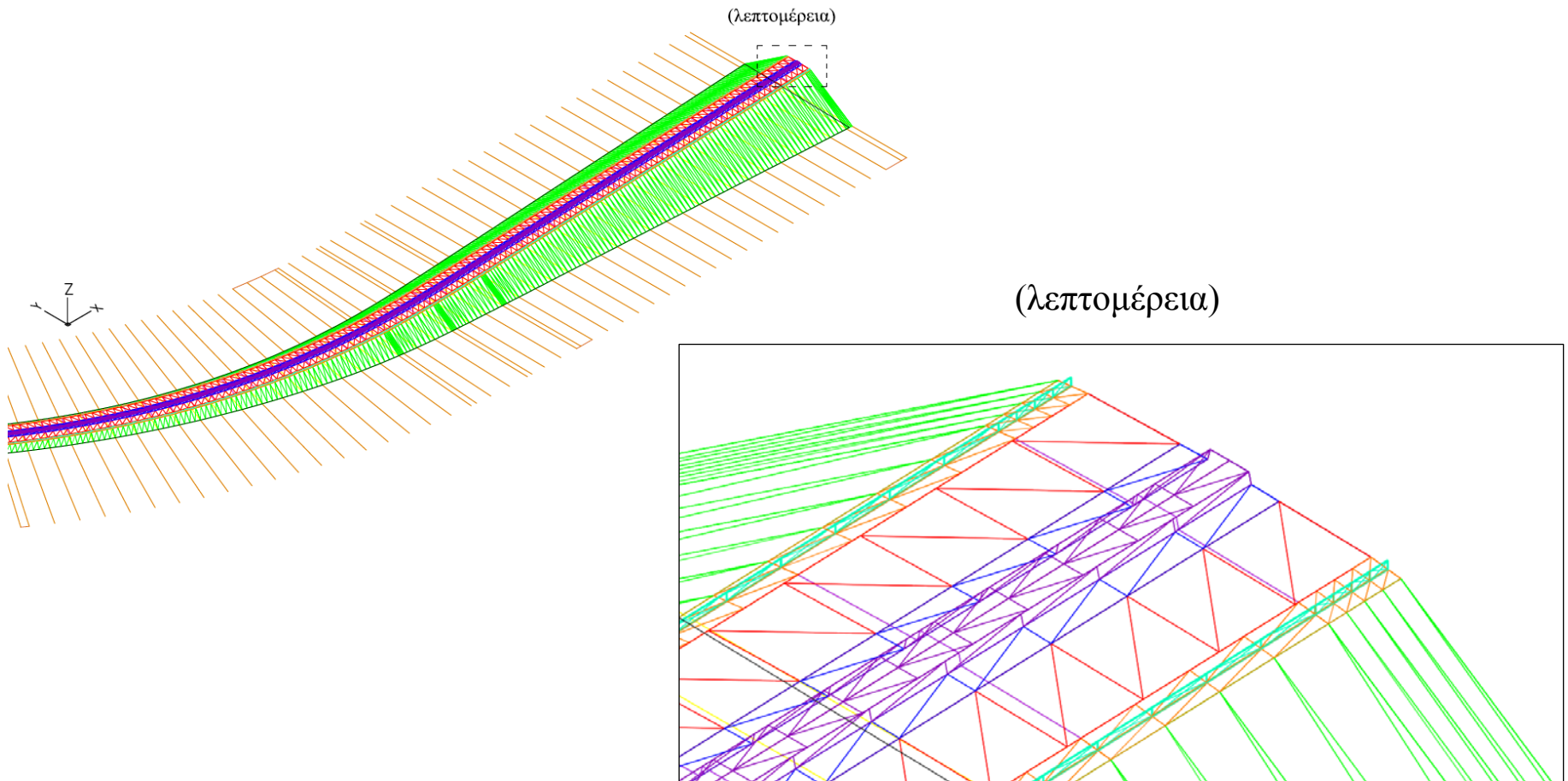
- Τυπική διατομή: διαχωρισμένες επιφάνειες κυκλοφορίας με κεντρικό στηθαίο ασφαλείας τύπου Jersey και 2 λωρίδες κυκλοφορίας + ΛΕΑ ανά κατεύθυνση
- Οδός σε **επίχωμα** σε όλο το μήκος της



Εφαρμογή Π.1 (2)

43

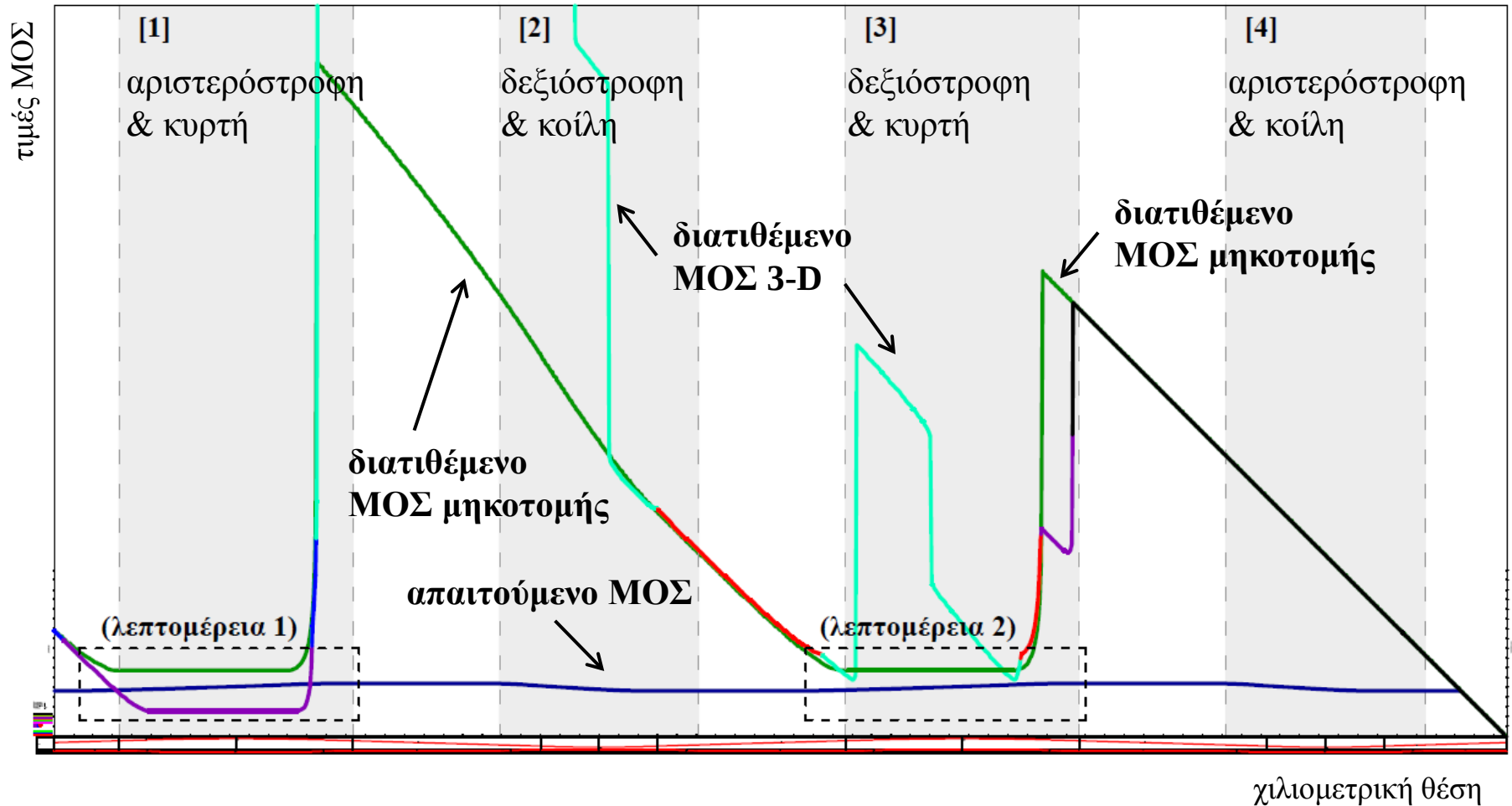
- Απόσπασμα και λεπτομέρεια του **τρισδιάστατου προσομοιώματος** της οδού:



Εφαρμογή Π.1 (3)

44

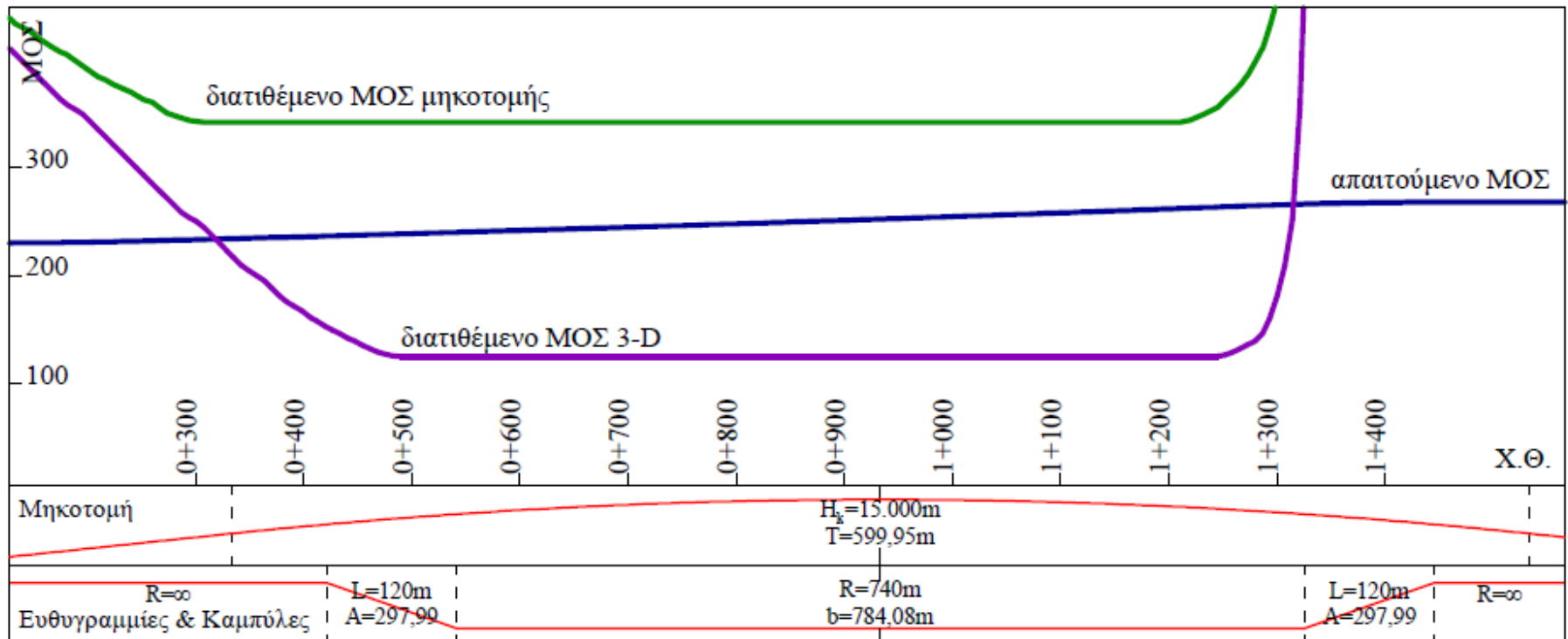
- **Διάγραμμα ΜΟΣ:** τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων διαφέρουν



Εφαρμογή Π.1 (4)

45

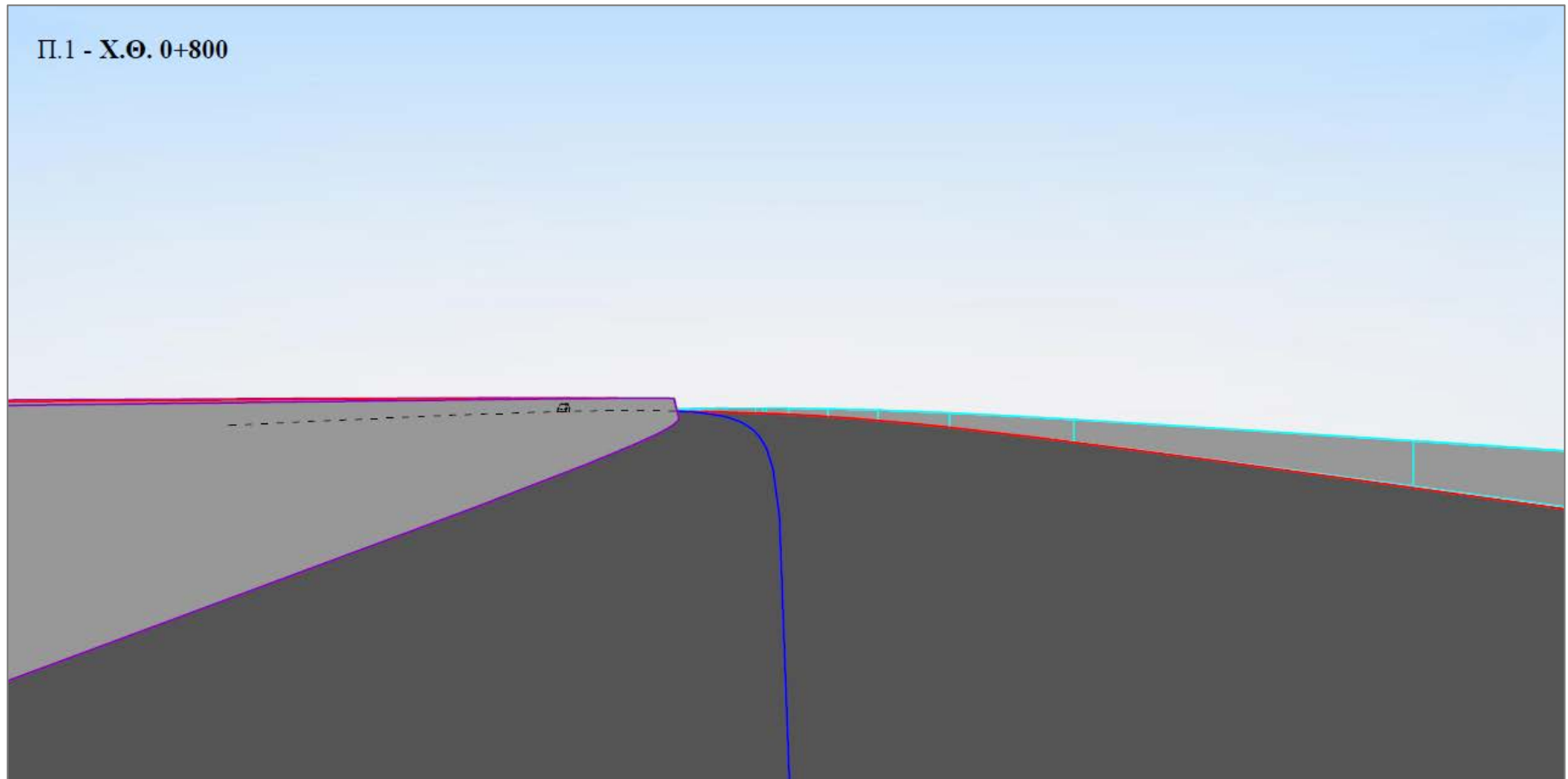
- Λεπτομέρεια 1 (αριστερόστροφη & κυρτή καμπύλη):
 - 3-D: ανεπαρκές ΜΟΣ λόγω του κεντρικού στηθαίου ασφαλείας (μωβ χρώμα)
 - Μηκοτομή: το ΜΟΣ επαρκεί



Εφαρμογή Π.1 (5)

46

- Προοπτική εικόνα στην περιοχή επαλληλίας **αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης & κυρτής καμπύλης μηκοτομής:**

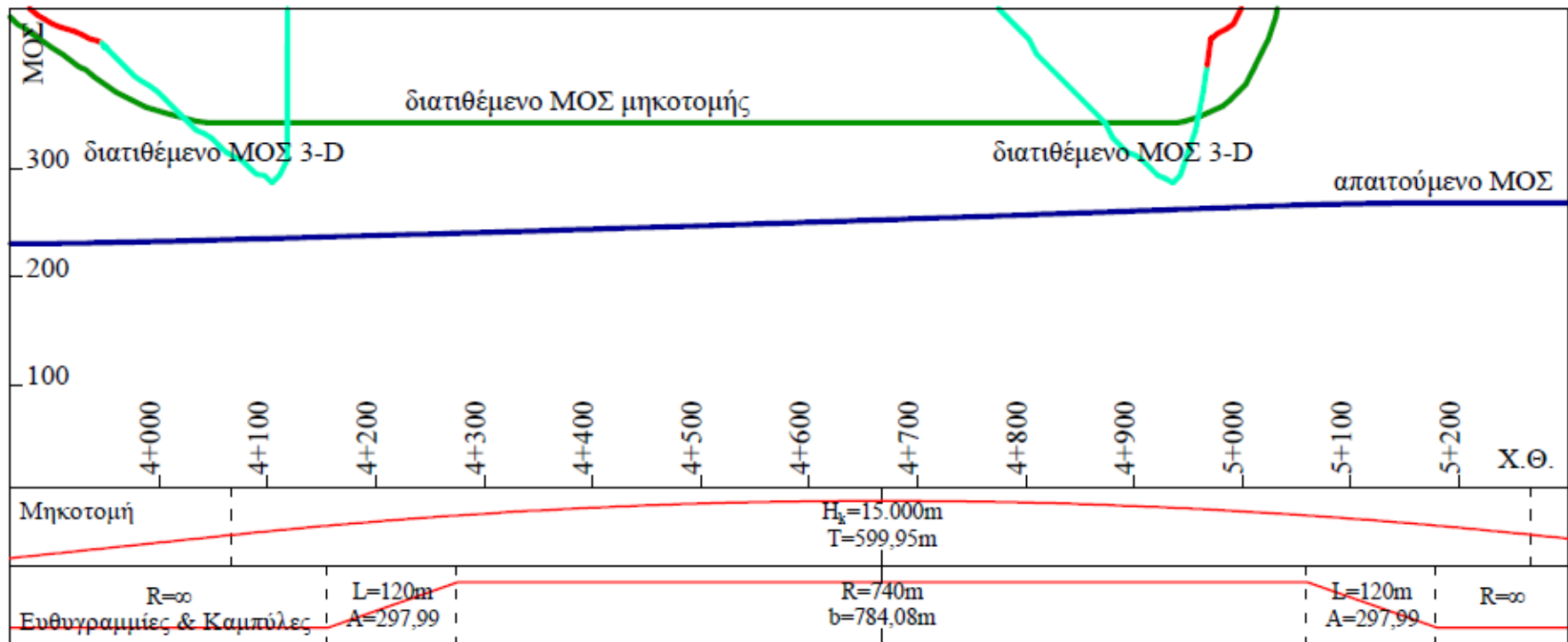


Εφαρμογή Π.1 (6)

47

□ Λεπτομέρεια 2 (δεξιόστροφη & κυρτή καμπύλη):

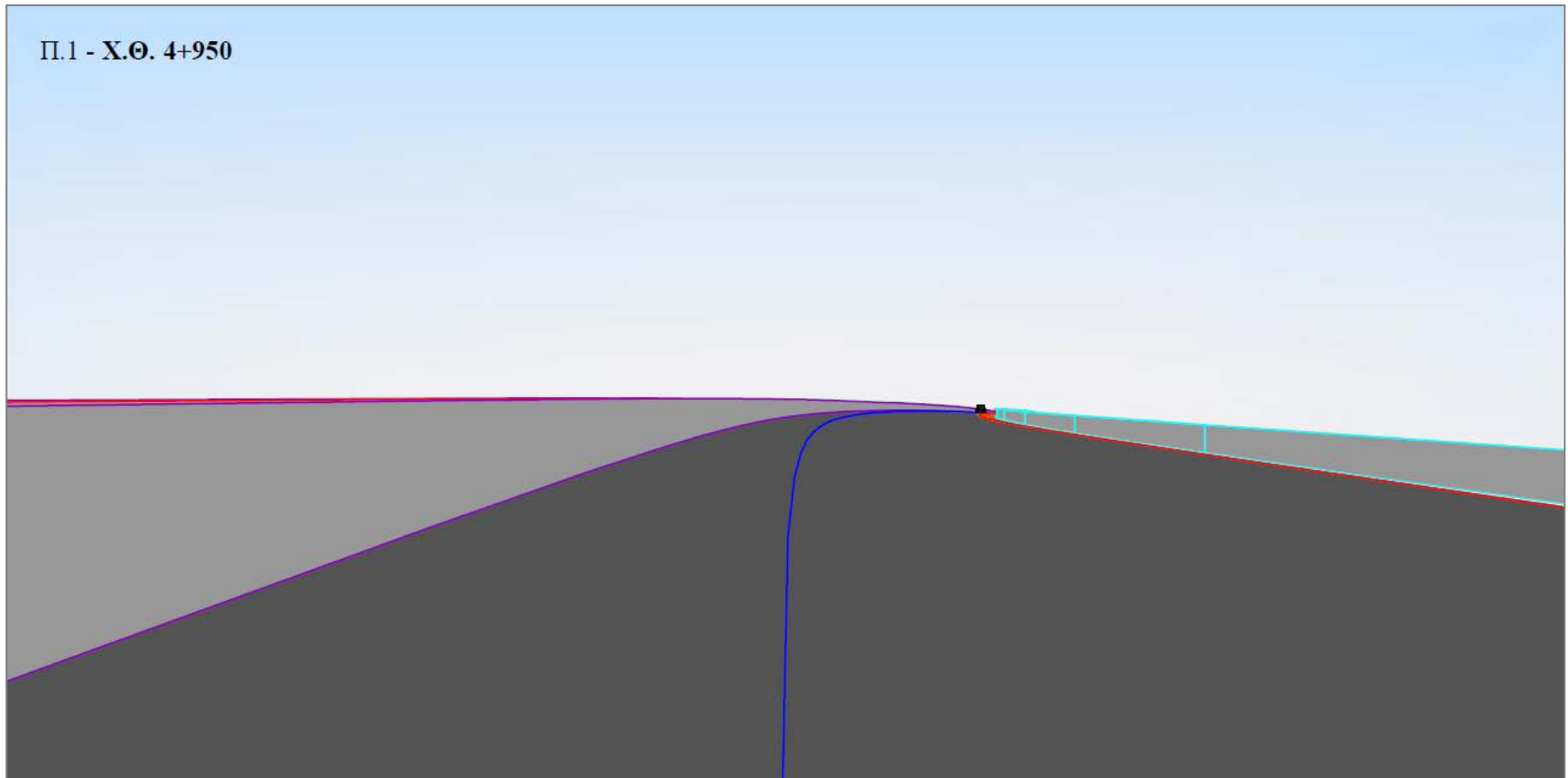
- 3-D: το ΜΟΣ επαρκεί και περιορίζεται λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας (κυανό χρώμα)
- Μηκοτομή: το ΜΟΣ επαρκεί (γενικά είναι μικρότερο)



Εφαρμογή Π.1 (7)

48

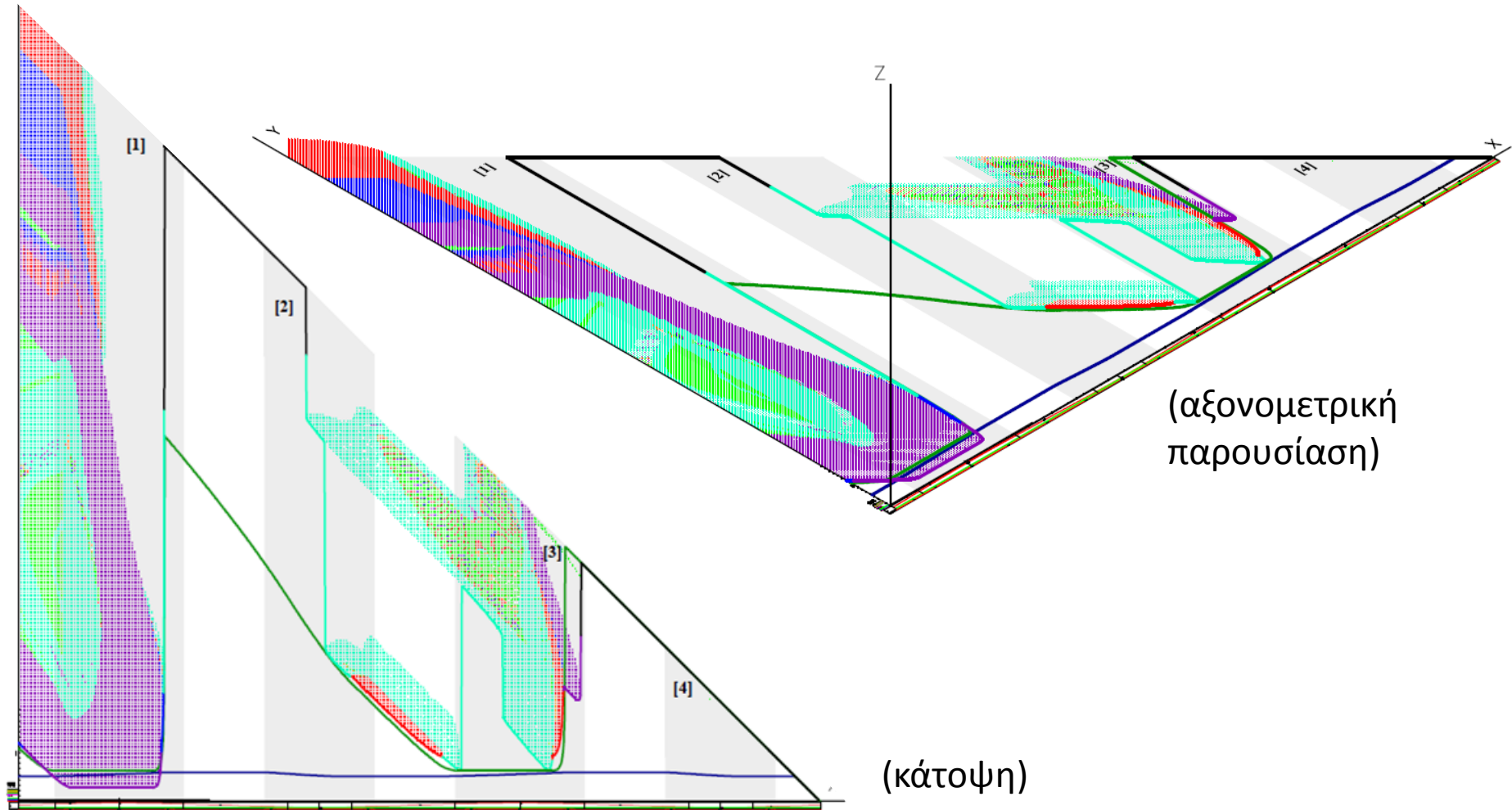
- Προοπτική εικόνα στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης & κυρτής καμπύλης μηκοτομής:



Εφαρμογή Π.1 (8)

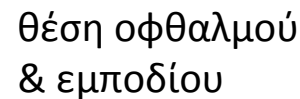
49

- Επέκταση διαγράμματος ορατότητας:



50

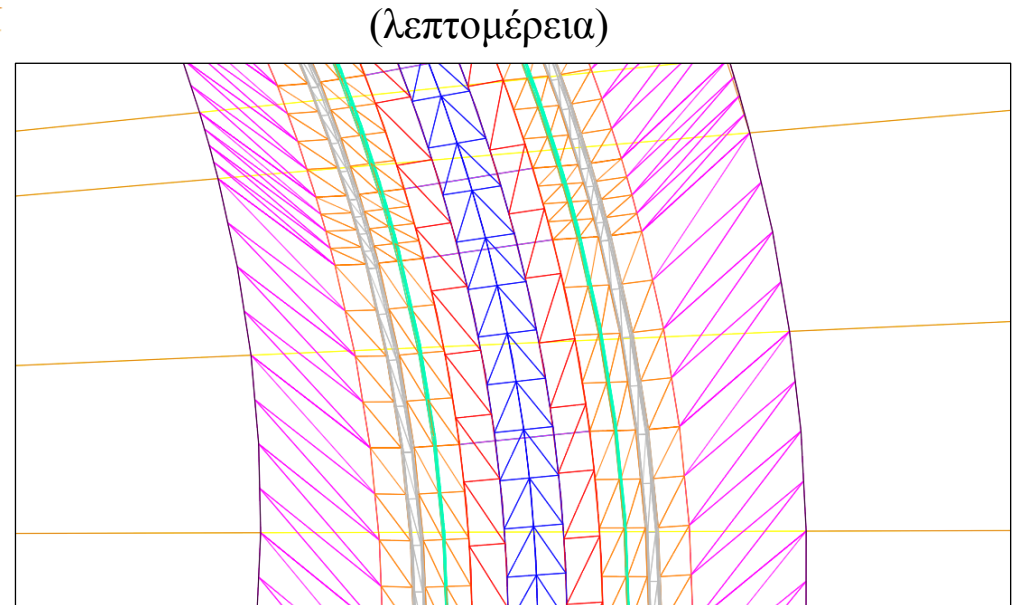
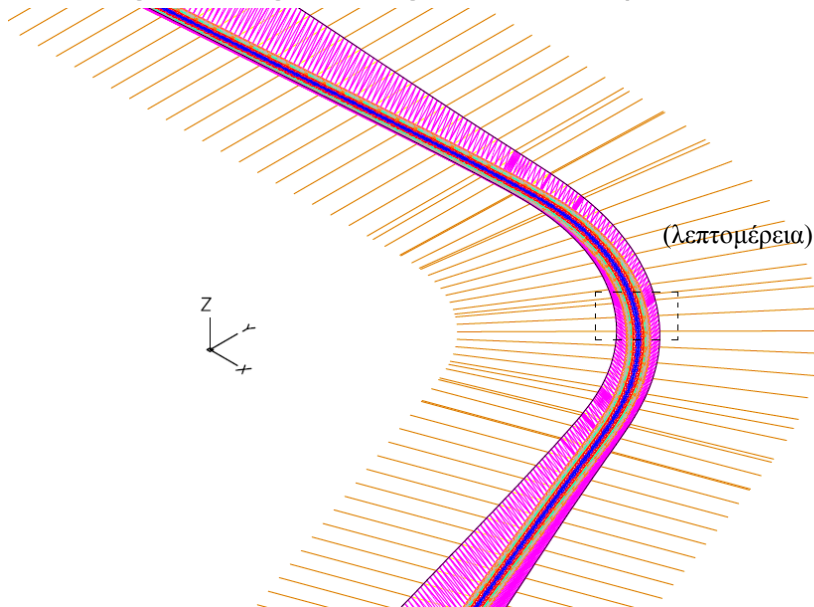
- μη σταθεροποιημένο
έρεισμα με στηθαίο
ασφαλείας



Εφαρμογή Π.2 (2)

51

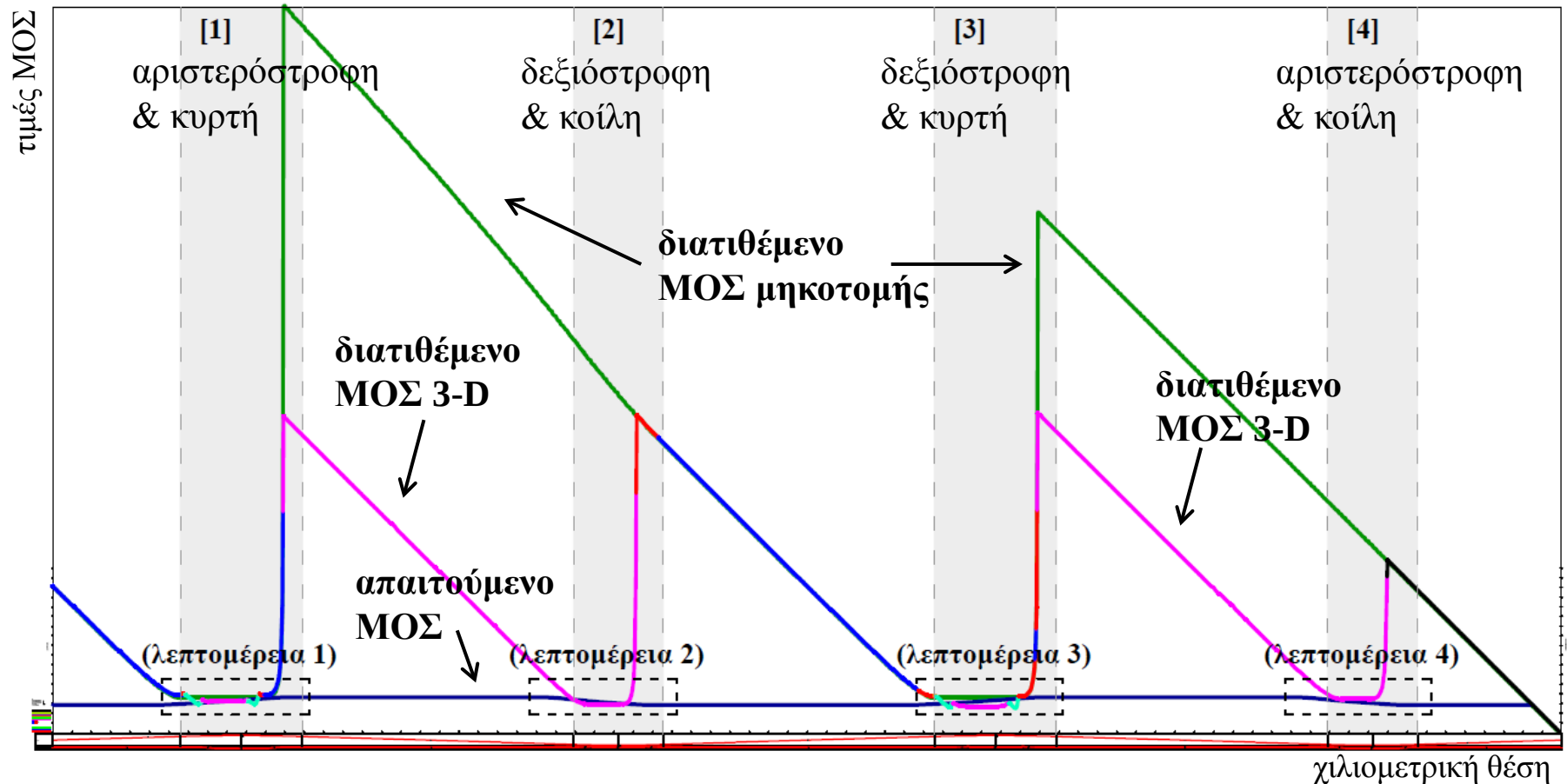
- Απόσπασμα και λεπτομέρεια του **τρισδιάστατου προσομοιώματος** της οδού:



Εφαρμογή Π.2 (3)

52

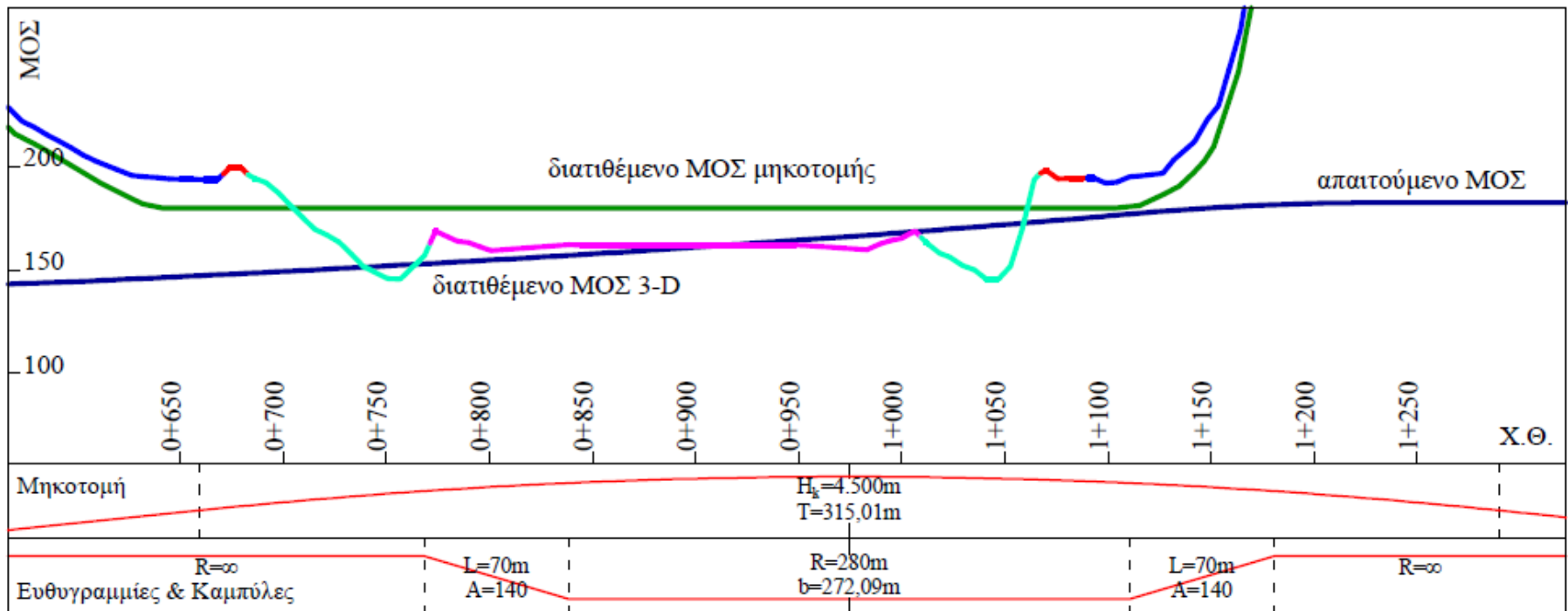
- **Διάγραμμα ΜΟΣ:** τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων διαφέρουν στις περιπτώσεις ύπαρξης κοίλης καμπύλης στη μηκοτομή



Εφαρμογή Π.2 (4)

53

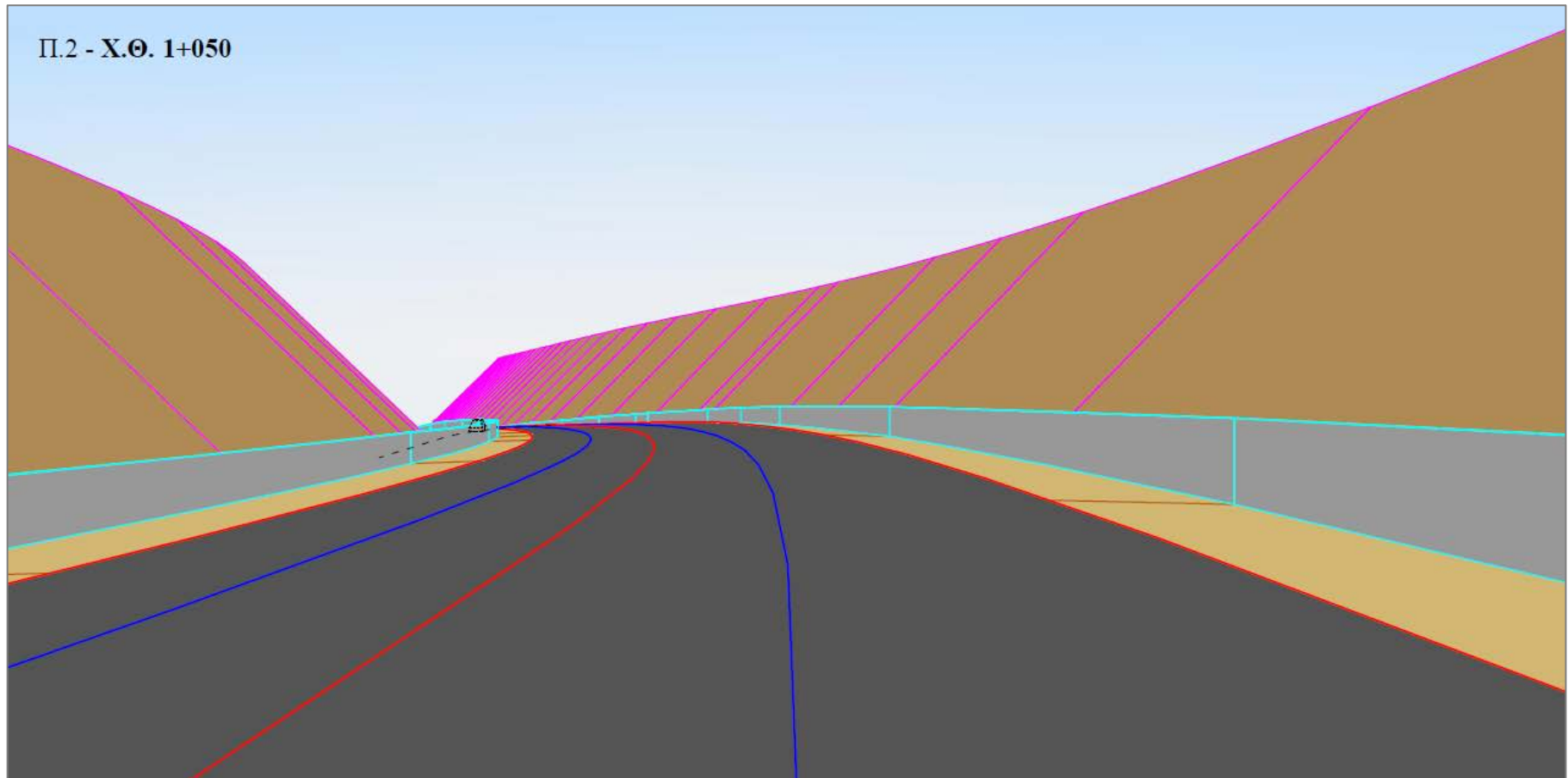
- Λεπτομέρεια 1 (αριστερόστροφη & κυρτή καμπύλη):
 - 3-D: ανεπαρκές ΜΟΣ λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας (κυανό χρώμα) & πρανών σε όρυγμα (φούξια χρώμα)
 - Μηκοτομή: το ΜΟΣ επαρκεί



Εφαρμογή Π.2 (5)

54

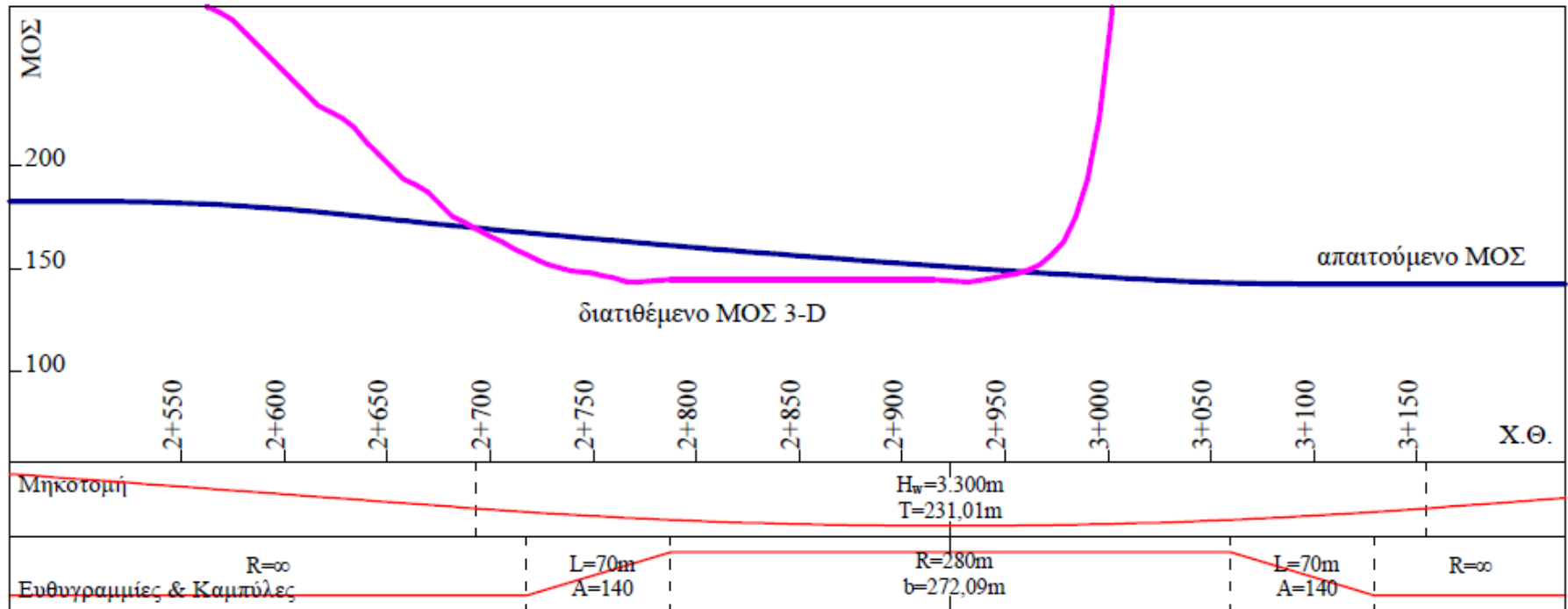
- Προοπτική εικόνα στην περιοχή επαλληλίας **αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης & κυρτής καμπύλης μηκοτομής:**



Εφαρμογή Π.2 (6)

55

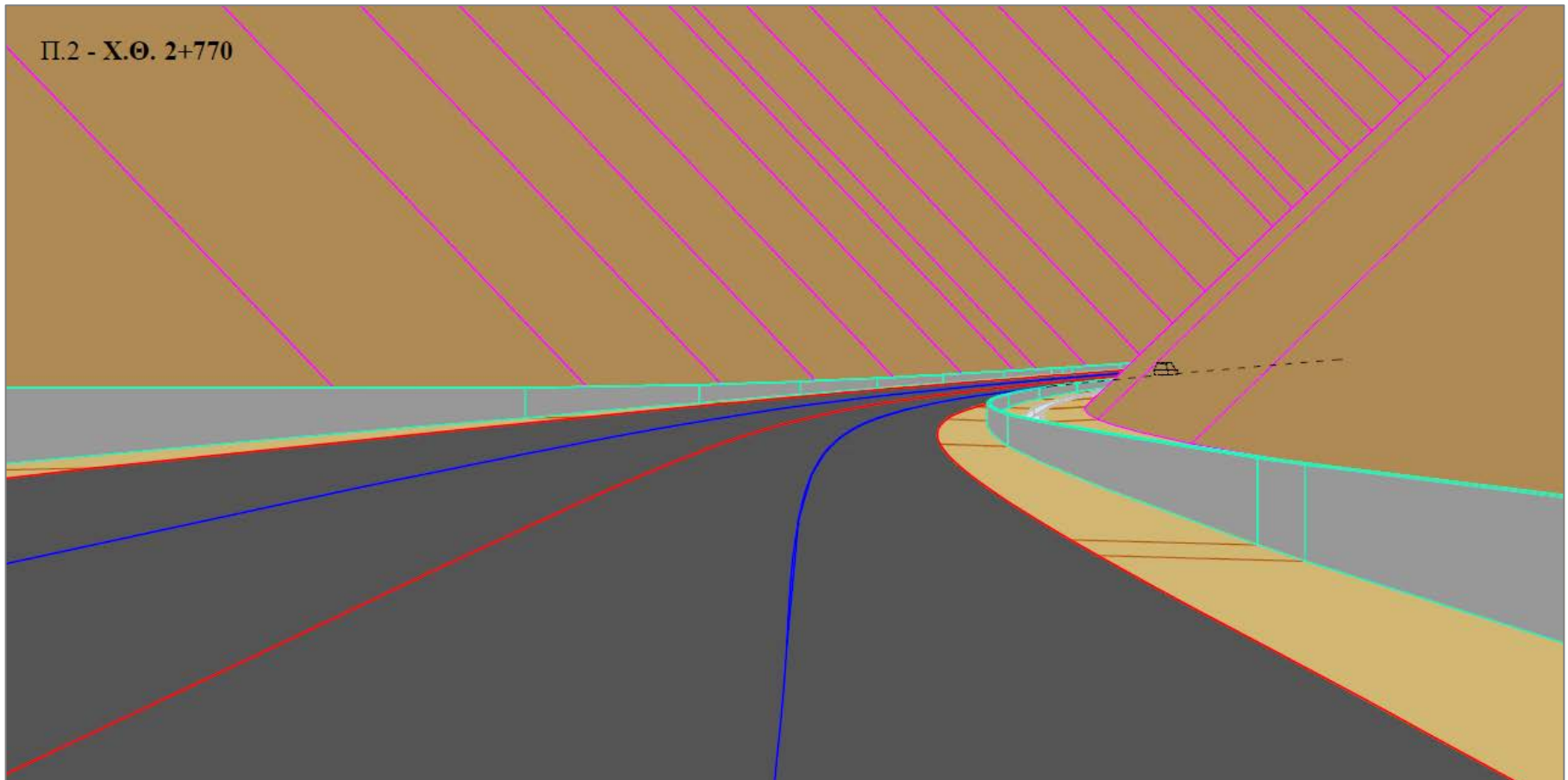
- Λεπτομέρεια 2 (δεξιόστροφη & κοίλη καμπύλη):
 - 3-D: ανεπαρκές ΜΟΣ λόγω των πρανών σε όρυγμα (φούξια χρώμα)
 - Μηκοτομή: το ΜΟΣ επαρκεί (μεγάλη διαφορά)



Εφαρμογή Π.2 (7)

56

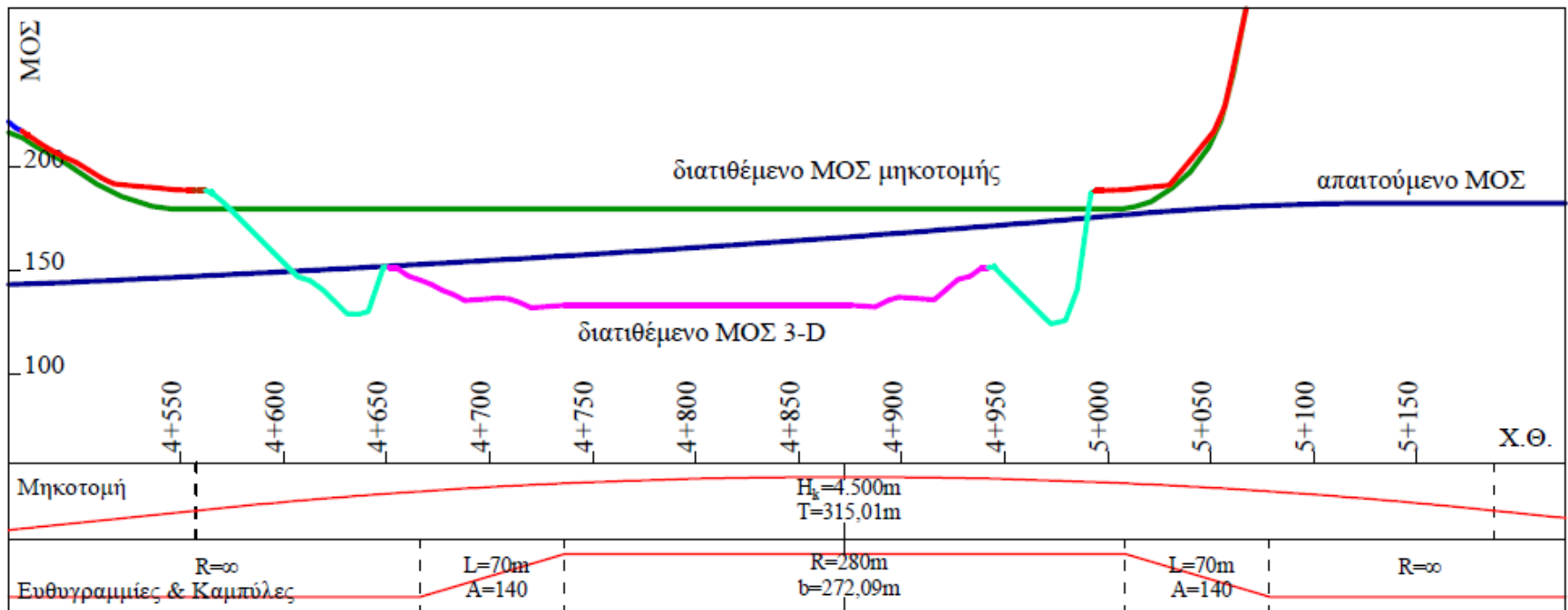
- Προοπτική εικόνα στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης & κοίλης καμπύλης μηκοτομής:



Εφαρμογή Π.2 (8)

57

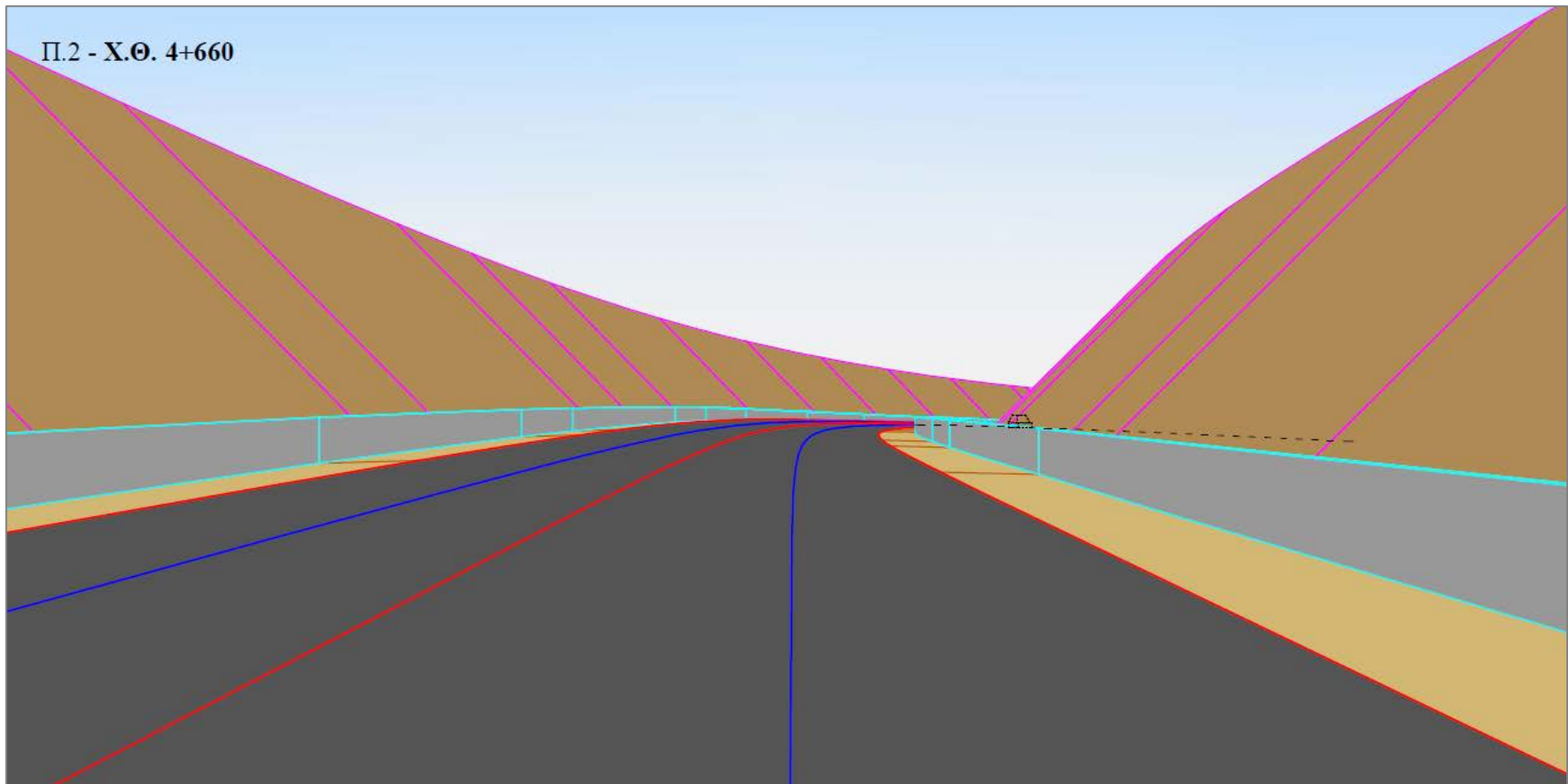
- Λεπτομέρεια 3 (δεξιόστροφη & κυρτή καμπύλη):
 - 3-D: ανεπαρκές ΜΟΣ λόγω του πλευρικού στηθαίου ασφαλείας (κυανό χρώμα) και των πρανών σε όρυγμα (φούξια χρώμα)
 - Μηκοτομή: το ΜΟΣ επαρκεί



Εφαρμογή Π.2 (9)

58

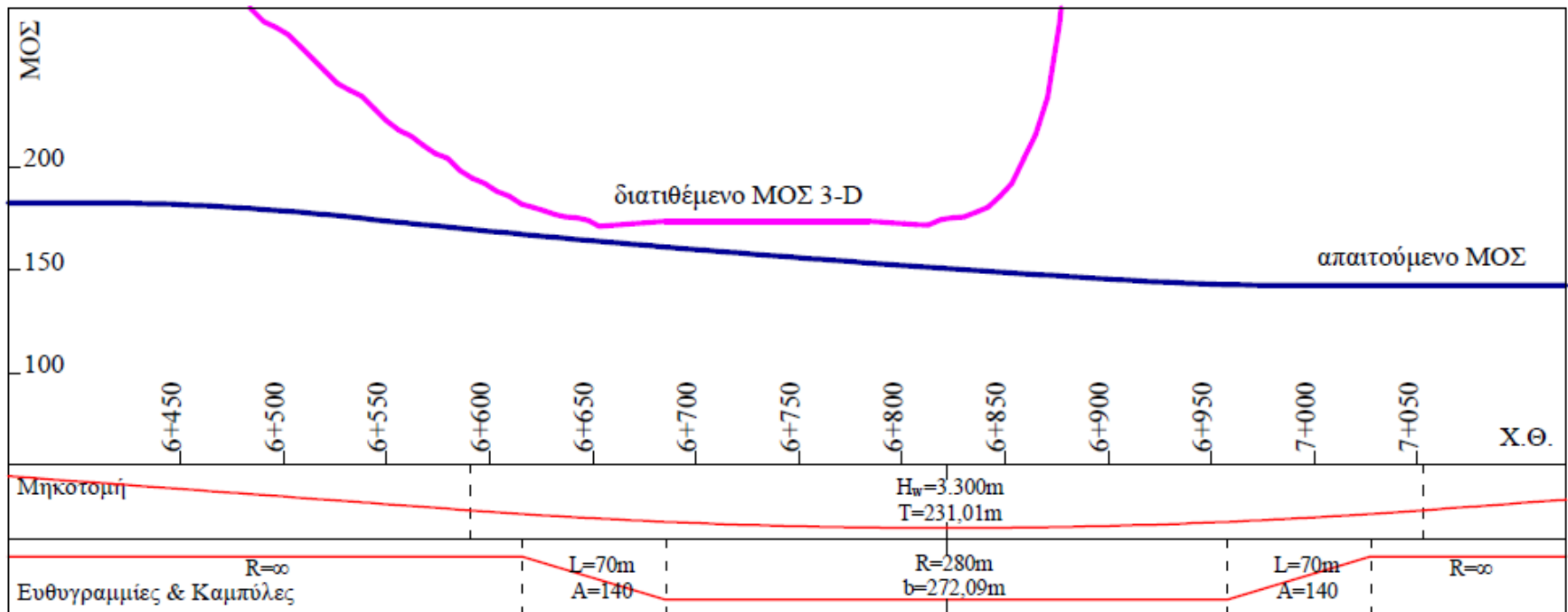
- Προοπτική εικόνα στην περιοχή επαλληλίας δεξιόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης & κυρτής καμπύλης μηκοτομής:



Εφαρμογή Π.2 (10)

59

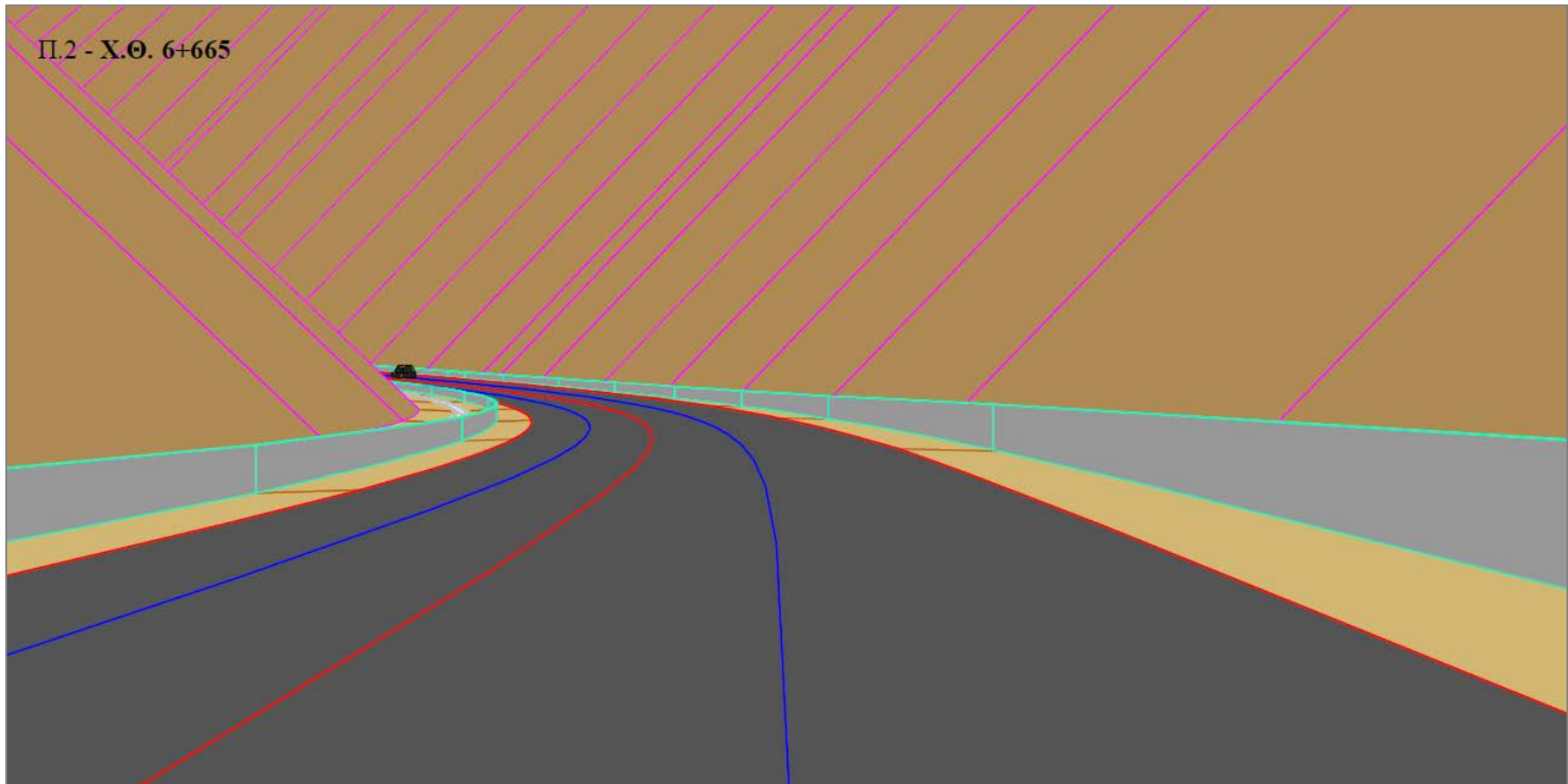
- Λεπτομέρεια 4 (αριστερόστροφη & κοίλη καμπύλη):
 - 3-D: το ΜΟΣ επαρκεί και περιορίζεται λόγω των πρανών σε όρυγμα (φούξια χρώμα)
 - Μηκοτομή: το ΜΟΣ επαρκεί (μεγάλη διαφορά)



Εφαρμογή Π.2 (11)

60

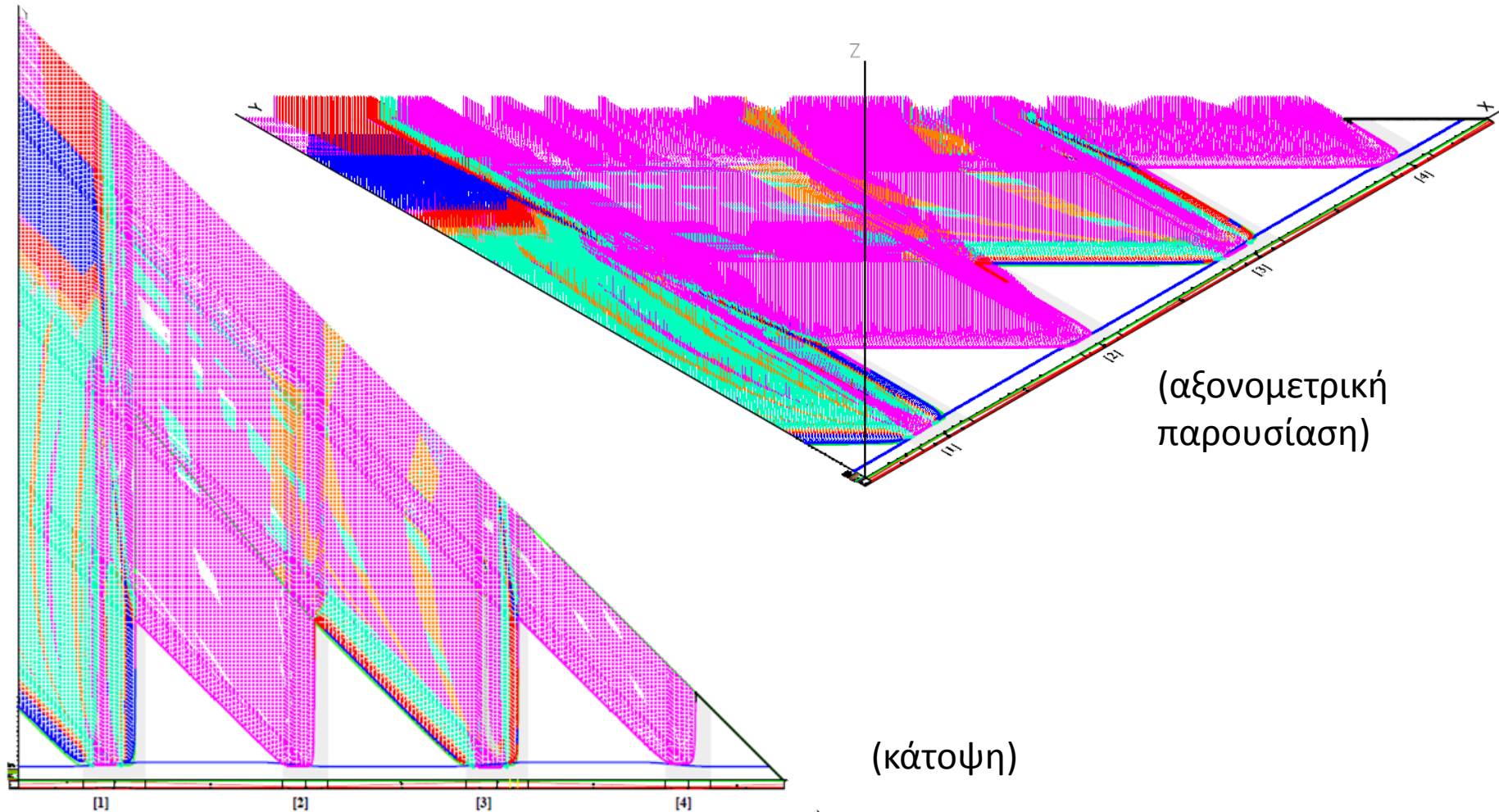
- Προοπτική εικόνα στην περιοχή επαλληλίας **αριστερόστροφης οριζοντιογραφικής καμπύλης & κοίλης καμπύλης μηκοτομής:**



Εφαρμογή Π.2 (12)

61

- Επέκταση διαγράμματος ορατότητας:



Συμπεράσματα (1)

62

- Επιβεβαιώνεται ότι η μέθοδος ανάλυσης της ορατότητας μέσω της μηκοτομής δύναται να οδηγήσει **σε εσφαλμένα αποτελέσματα** σχετικά με το διατιθέμενο ΜΟΣ
- Ο σχεδιασμός με χρήση οριακών τιμών των παραμέτρων χάραξης έχει ως συνέπεια την ύπαρξη **ανεπαρκών μηκών ορατότητας**
- Παράγοντες περιορισμού του διατιθέμενου ΜΟΣ:
 - **Κεντρικό στηθαίο ασφαλείας** (σε αριστερόστροφες & κυρτές καμπύλες αυτοκινητόδρομων)
 - **Πλευρικά στηθαία ασφαλείας & πρανή σε όρυγμα** (κυρίως σε δεξιόστροφες & κυρτές καμπύλες)
 - **Πλάτος μη σταθεροποιημένου ερείσματος**

Συμπεράσματα (2)

63

- Πλεονεκτήματα προτεινόμενης τρισδιάστατης μεθόδου:
 - Δυνατότητα **διερεύνησης της επιρροής στην ορατότητα διαφόρων παραγόντων** / Εκτίμηση επιρροής ταχύτητας
 - Δυνατότητα **ακριβούς προσομοίωσης όλων των στοιχείων της οδού** μέσω των οδογραμμών και των διαμορφώσεων
 - Λαμβάνεται υπόψη η **πραγματική απαίτηση σε τριβή και η πραγματική κατά μήκος κλίση** στο απαιτούμενο ΜΟΣ
 - Υποδεικνύεται σε κάθε θέση της οδού **το στοιχείο που προκαλεί περιορισμό ή ανεπάρκεια ΜΟΣ**
 - **Ολοκληρωμένη μελέτη των συνθηκών ορατότητας** με συνδυαστική χρήση του διαγράμματος ορατότητας και της επέκτασής του, καθώς και των προοπτικών εικόνων

Προτάσεις

64

- Εμπλουτισμός του μοντέλου με **πρόσθετες παραμέτρους** (π.χ. καιρικές συνθήκες, συνθήκες φυσικού φωτισμού)
- Επέκταση του μοντέλου σε συνθήκες **νυκτερινής οδήγησης**
- Διερεύνηση για το **μήκος ορατότητας για προσπέραση**
- Διερεύνηση **συσχέτισης επιπέδων ορατότητας με οδικά ατυχήματα** και ενδεχομένως καθορισμός ορίων (μέγιστων & ελάχιστων) επιτρεπόμενων μηκών ορατότητας
- Διερεύνηση σε περιοχές όπου υπάρχει **απότομη μεταβολή του διατιθέμενου ΜΟΣ**
- Εμπλουτισμός του μοντέλου με **στοιχεία από την οδηγική συμπεριφορά** (π.χ. πραγματικό εύρος του οπτικού πεδίου)



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διδακτορική Διατριβή

Συμβολή στη Διερεύνηση του Μήκους Ορατότητας για Στάση στον Τρισδιάστατο Χώρο

Φώτης Μερτζάνης

Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

MSc in Civil Engineering (Highways & Transport), City University London

Επιστημονικός Συνεργάτης Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 30 Οκτωβρίου 2015