

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ-ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ,  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

***ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΟΔΩΝ***

Δημήτριος Τσανακτσίδης

Δημήτριος Τσίτσουλας

Επιβλέπων: Αναστάσιος Μουρατίδης, Καθηγητής

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2003**

Στις οικογένειές μας

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε από τους υπογράφοντες κατά το Ακαδημαϊκό Έτος 2002-'03, στα πλαίσια των προπτυχιακών σπουδών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ., και υπό την επίβλεψη του κ. Αναστάσιου Μουρατίδη, Καθηγητή του Τομέα Μεταφορών, Συγκοινωνιακής Υποδομής, Διαχείρισης Έργων και Ανάπτυξης. Σκοπός του παρόντος είναι η επισκόπηση των περισσότερων, κατά το δυνατόν, συστημάτων Εξοπλισμού που δύνανται να συναντηθούν σε ένα σύγχρονο οδικό περιβάλλον, λειτουργώντας σαν μία πρώτη εισαγωγή στο εν λόγω πεδίο της Διαχείρισης των εν λειτουργία οδικών έργων.

Η ανάγκη για Διαχείριση των εν λειτουργία οδικών έργων επιβλήθηκε από την αλματώδη αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων κατά τις τελευταίες δεκαετίες, σε συνδυασμό με την απαίτηση για διαρκή ποιότητα, όχι μόνο στην κατασκευή, αλλά και στις παρεχόμενες υπηρεσίες, που ούτως ή άλλως ένα οδικό σύστημα εξακολουθεί να προσφέρει στο πεδίο των μεταφορών καθ'όλη τη διάρκεια ζωής του. Ένα επιμέρους στοιχείο στο πλαίσιο της Διαχείρισης είναι και ο Εξοπλισμός της οδού, ως συστατικό του οδικού περιβάλλοντος που επιδρά σε σημαντικό βαθμό στην ασφάλεια και λειτουργικότητα του συστήματος. Ο Εξοπλισμός είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με το όλο σύστημα της οδού, που ως ένα ιδίομορφο είδος ζωντανού περιβάλλοντος αναπτύσσεται, μεταβάλλεται, προσαρμόζεται, φθείρεται, εκδικείται.

Στην Ελλάδα, όπου μέχρι πρότινος η αντίληψη για ποιότητα τόσο στην υποδομή, όσο και στη λειτουργία του οδικού περιβάλλοντος, βρίσκονταν σε λανθάνουσα κατάσταση, το επίπεδο του Εξοπλισμού ήταν αντίστοιχα υποβαθμισμένο, τη στιγμή, μάλιστα, που επιπλέον ο ρόλος του ήταν και παρεξηγημένος. Ωστόσο, η έναρξη της υλοποίησης της υποδομής των νέων δικτύων αυτοκινητοδρόμων και υπεραστικών οδών στα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας, αποκάλυψε την ανάγκη για υψηλό επίπεδο στον Εξοπλισμό, με ταυτόχρονη αποκατάσταση του χαρακτήρα του.

Στόχος του παρόντος συγγράμματος είναι η προσέγγιση του αναγνώστη στο άγνωστο πεδίο του Εξοπλισμού των οδών, ένα πεδίο που ίσως δεν έχει τύχει της κατάλληλης προσοχής. Ο χαρακτήρας του είναι εισαγωγικός, πλην όμως παρουσιάζει εποπτικά όλα τα απαραίτητα στοιχεία σχετικά με κάθε επιμέρους είδους.

Στο σημείο αυτό οι υπογράφοντες αισθάνονται την ανάγκη να εκφράσουν τις ευχαριστίες τους προς όλους όσους βοήθησαν στην πραγματοποίηση του παρόντος. Πρώτα απ' όλους, ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στον επιβλέπων της παρούσας εργασίας, Καθηγητή κ. Αναστάσιο Μουρατίδη, για την ευκαιρία που παρείχε για την ενασχόληση με ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον αντικείμενο, καθώς και για την καθοδήγηση επί δύο συναπτά ακαδημαϊκά εξάμηνα, καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης. Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται, ακόμη, προς τον κ. Άγγελο Νικηφοριάδη της 3<sup>ης</sup> ΔΕΚΕ Θεσσαλονίκης για την ευγενική παραχώρηση στοιχείων και προδιαγραφών, καθώς και στο συνάδελφο κ. Παναγιώτη Κυριακίδη για τη συμβολή του στη

συγγραφή μέρους του Κεφαλαίου 2 στα πλαίσια της εργασίας του μαθήματος «Διαχείριση Οδικών Έργων».

Θερμότατες ευχαριστίες, επίσης, προς το φίλο και συνάδελφο κ. Κώστα Κωστινάκη, που ως γνήσιος φυσιολάτρης συμμετείχε σε όλες τις εξορμήσεις και διέθεσε το φωτογραφικό εξοπλισμό.

Τέλος, οι υπογράφοντες νιώθουν την ανάγκη να ευχαριστήσουν και τις οικογένειές τους για την υπομονή που επέδειξαν στους δύσκολους καιρούς της συγγραφής.

*Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2003*

*Δημήτριος Κ. Τσανακτσίδης*

*Δημήτριος Α. Τσίτσουλας*

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|                            |   |
|----------------------------|---|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....             | 3 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ..... | 5 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....             | 8 |

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

|               |    |
|---------------|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 10 |
|---------------|----|

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

|   |    |
|---|----|
| ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΧΑΙΤΙΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ-ΣΤΗΘΑΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ .....  | 13 |
| 1.1 Εισαγωγή - Πεδίο εφαρμογής .....  | 13 |
| 1.2 Βασικές αρχές σχεδιασμού .....  | 14 |
| 1.3 Τοποθέτηση στηθαίων .....   | 15 |
| 1.4 Τύποι συστημάτων αναχαίτισης .....  | 18 |
| 1.5 Μεταλλικά στηθαία ασφαλείας .....   | 19 |
| 1.6 Στηθαία ασφαλείας από σκυρόδεμα .....   | 22 |
| 1.7 Στηθαία γεφυρών .....   | 23 |
| 1.8 Μεταλλικά θωράκια ασφαλείας οδών .....  | 25 |
| 1.9 Πλαστικά στηθαία ασφαλείας οδών .....   | 26 |
| 1.10 Συστήματα απορρόφησης κινητικής ενέργειας.....   | 26 |
| 1.11 Επιλογή του κατάλληλου τύπου συστήματος αναχαίτισης οχημάτων - Η ελληνική<br>πραγματικότητα..... | 28 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

|  |    |
|--|----|
| ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΗΜΑΝΣΗ ΟΔΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΕΙΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ .....                            | 31 |
| 2.1 Εισαγωγή .....   | 31 |
| 2.2 Μορφές διαγραμμίσεων.....  | 32 |
| 2.3 Γεωμετρικά στοιχεία διαγραμμίσεων .....  | 34 |
| 2.4 Επιθυμητές ιδιότητες διαγραμμίσεων .....                                       | 36 |
| 2.5 Υλικά και μέθοδοι εφαρμογής διαγραμμίσεων.....                                 | 41 |
| 2.6 Η ελληνική πραγματικότητα - Η επιλογή του κατάλληλου υλικού διαγράμμισης ..... | 45 |
| 2.7 Ανάγλυφες διαγραμμίσεις.....   | 47 |
| 2.8 Ανακλαστικές οδοστρώματος.....   | 48 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

|   |    |
|---|----|
| ΚΑΘΕΤΗ ΣΗΜΑΝΣΗ ΟΔΩΝ-ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ .....  | 50 |
| 3.1 Εισαγωγή .....  | 50 |
| 3.2 Είδη πινακίδων σήμανσης .....   | 50 |
| 3.3 Μέγεθος πινακίδων.....  | 51 |
| 3.4 Ορατότητα και αντανakλαστικότητα των πινακίδων σήμανσης κατά τις νυχτερινές ώρες..... | 52 |
| 3.5 Υλικά και μέθοδοι κατασκευής πινακίδων σήμανσης.....                                  | 56 |
| 3.6 Διατάξεις στήριξης πινακίδων κυκλοφορίας .....  | 56 |
| 3.7 Εγκάρσια τοποθέτηση πινακίδων .....   | 59 |
| 3.8 Διαμήκης τοποθέτηση πινακίδων .....   | 61 |
| 3.9 Σήματα επάνω από την οδό .....  | 63 |
| 3.10 Η αποτελεσματική σήμανση .....   | 64 |
| 3.11 Η πληροφοριακή σήμανση αυτοκινητοδρόμων .....  | 68 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ΚΑΘΕΤΗ ΣΗΜΑΝΣΗ ΟΔΩΝ-ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ (VMS) .....</b>   | <b>76</b> |
| 4.1 Εισαγωγή .....  | 76        |
| 4.2 Πεδίο εφαρμογής .....   | 77        |
| 4.3 Τεχνικά στοιχεία εγκαταστάσεων πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων ..... | 78        |
| 4.4 Τοποθέτηση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων .....                     | 84        |
| 4.5 Σχεδιασμός μηνυμάτων .....  | 86        |
| 4.6 Διαδικασία σχεδιασμού νέας εγκατάστασης.....                        | 92        |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ΦΩΤΕΙΝΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ.....</b>                                   | <b>94</b> |
| 5.1 Εισαγωγή .....   | 94        |
| 5.2 Πεδίο εφαρμογής - Τοποθέτηση σηματοδοτών .....                 | 95        |
| 5.3 Συστήματα σηματοδότησης.....                                   | 96        |
| 5.4 Είδη φωτεινών ενδείξεων .....                                  | 96        |
| 5.5 Στοιχεία χρώματος και φωτεινότητας - Πρότυπο EN 12368.....     | 98        |
| 5.6 Θέσεις κεφαλών σηματοδότησης και διατάξεις στήριξής τους ..... | 100       |
| 5.7 Λεπτομέρειες κεφαλής σηματοδότησης .....                       | 104       |
| 5.8 Ανιχνευτές κινήσεων (φορατές).....                             | 109       |
| 5.9 Επίλογος - Νέες τάσεις στη σηματοδότηση.....                   | 112       |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

|  |            |
|--|------------|
| <b>ΠΡΟΣΩΡΙΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΩΝ .....</b> | <b>113</b> |
| 6.1 Εισαγωγή .....   | 113        |
| 6.2 Γενικά χαρακτηριστικά περιοχών εκτέλεσης έργων.....        | 114        |
| 6.3 Προσωρινός εξοπλισμός περιοχών εκτέλεσης έργων.....        | 117        |
| 6.4 Συσκευές καθοδήγησης - Δείκτες καθοδήγησης και κώνοι.....  | 119        |
| 6.5 Προσωρινές διαγραμμίσεις οδοστρωμάτων.....                 | 121        |
| 6.6 Κάθετη σήμανση περιοχών εκτέλεσης έργων.....               | 122        |
| 6.7 Προσωρινή σηματοδότηση περιοχών εκτέλεσης έργων .....      | 128        |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

|   |            |
|---|------------|
| <b>ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΟΔΩΝ.....</b>                  | <b>130</b> |
| 7.1 Εισαγωγή - Πεδίο εφαρμογής .....              | 130        |
| 7.2 Ορολογία φωτομετρικών στοιχείων.....          | 131        |
| 7.3 Απαιτήσεις σε φωτομετρικά χαρακτηριστικά..... | 133        |
| 7.4 Τεχνικά στοιχεία φωτιστικών συνόλων .....     | 134        |
| 7.5 Εγκάρσια και διαμήκης τοποθέτηση στύλων.....  | 140        |
| 7.6 Γενικές αρχές εφαρμογής.....                  | 142        |
| 7.7 Συστήματα διαχείρισης φωτισμού .....          | 146        |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

|  |            |
|--|------------|
| <b>ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ.....</b>   | <b>149</b> |
| 8.1 Εισαγωγή .....   | 149        |
| 8.2 Είδη ηχοπετασμάτων ως προς τον τρόπο λειτουργίας.....              | 149        |
| 8.3 Αποτελεσματικότητα ηχοπετασμάτων - Μορφές και διαστάσεις.....      | 150        |
| 8.4 Γενικές αρχές τοποθέτησης ηχοπετασμάτων.....                       | 152        |
| 8.5 Η στατική των ηχοπετασμάτων - Φέρων οργανισμός και θεμελίωση ..... | 153        |
| 8.6 Η αρχιτεκτονική και αισθητική διάσταση - Υλικά κατασκευής .....    | 154        |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

|  |            |
|--|------------|
| <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ .....</b>                  | <b>156</b> |
| 9.1 Εισαγωγή .....   | 156        |
| 9.2 Τύποι συστημάτων παρακολούθησης.....                           | 156        |
| 9.3 Μαγνητικοί ανιχνευτές .....                                    | 157        |
| 9.4 Συσκευές ανίχνευσης έξω από το οδόστρωμα .....                 | 158        |
| 9.5 Κλειστά αναλογικά κυκλώματα τηλεόρασης.....                    | 159        |
| 9.6 Παρακολούθηση με ψηφιακή επεξεργασία εικόνας .....             | 160        |
| 9.7 Παρακολούθηση με τη βοήθεια καρτών ανταπόκρισης οχημάτων ..... | 164        |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

|   |            |
|---|------------|
| <b>ΛΟΙΠΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΟΔΩΝ.....</b>         | <b>165</b> |
| 10.1 Αντιθαμβωτικές διατάξεις .....                 | 165        |
| 10.2 Οριοδείκτες οδών.....                          | 167        |
| 10.3 Τηλέφωνα ανάγκης.....                          | 169        |
| 10.4 Συστήματα θέρμανσης καταστρωμάτων γεφυρών..... | 171        |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

|   |            |
|---|------------|
| <b>ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΟΔΩΝ.....</b>                               | <b>177</b> |
| 11.1 Εισαγωγή .....   | 177        |
| 11.2 Αυτοκινήτοδρομος ΠΑΘΕ - Ανισόπεδος κόμβος Κλειδιού .....                                   | 179        |
| 11.3 Παράδειγμα ισόπεδου σηματοδοτούμενου υπεραστικού κόμβου.....                               | 185        |
| 11.4 Ισόπεδοι αστικοί κόμβοι Βαρδαρίου και συμβολής οδών Κ. Καραμανλή και Α. Παπαναστασίου..... | 190        |
| 11.5 Ορεινή διάβαση Καστανιάς .....   | 195        |

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| <b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....</b> | <b>203</b> |
|---------------------------------------|------------|

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b> | <b>205</b> |
|---------------------------|------------|

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| <b>ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ Κ.Ο.Κ. ....</b> | <b>208</b> |
|---------------------------------------|------------|

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

|  |            |
|--|------------|
| <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΩΝ .....</b> | <b>231</b> |
|--|------------|

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ως **Εξοπλισμός της οδού** νοείται ένα σύνολο βοηθητικών τεχνικών διατάξεων που τοποθετούνται επάνω στην οδό ή δίπλα από αυτήν, και χωρίς να ανήκουν μορφολογικά στο σώμα της, οι οποίες συντελούν με ουσιαστικό τρόπο στην αναβάθμιση της λειτουργικότητας και ασφάλειας που παρέχει το περιβάλλον της οδού.

Τα **συστήματα αναχαίτισης οχημάτων** έχουν σκοπό τη συγκράτηση παρεκκλινόντων από το οδόστρωμα οχημάτων, όταν οι συνέπειες από την έξοδο μπορεί να είναι δυσμενέστερες από την ίδια τη σύγκρουση με το στηθαίο. Στόχος κατά τη λειτουργία των εν λόγω συστημάτων είναι η απορρόφηση της κινητικής ενέργειας των οχημάτων μέσω της παραμόρφωσής τους, καθοδηγώντας το όχημα κατά μήκος τους. Για το λόγο αυτό υπάρχουν συστήματα διαφόρων δυσκαμψιών και αντοχών, καλύπτοντας ένα μεγάλο εύρος συνθηκών σύγκρουσης. Τα συνήθη είδη στηθαίων που χρησιμοποιούνται είναι τα μεταλλικά και τα από σκυρόδεμα, ενώ κατά περίπτωση συναντώνται και στηθαία από πλαστικό, μεταλλικά θωράκια και ειδικές διατάξεις απορρόφησης ενέργειας.

Σκοπός των **διαγραμμίσεων** των οδοστρωμάτων είναι η καθοδήγηση και ρύθμιση της κυκλοφορίας. Στην Ελλάδα οι τρέχοντες κανονισμοί δεν είναι σαφείς ως προς τη διαμόρφωση των διαγραμμίσεων, με αποτέλεσμα την ύπαρξη πολυποίκιλων μορφών σε παρόμοιες οδούς. Στην Ευρώπη και τον υπόλοιπο κόσμο η νέα τάση στο πεδίο εφαρμογής των διαγραμμίσεων είναι η υιοθέτηση προδιαγραφών τελικών ιδιοτήτων, για χαρακτηριστικά μεγέθη όπως η οπισθανάκλαση, και όχι συνταγών σύνθεσης και εφαρμογής. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι βαφές, τα θερμοπλαστικά και ψυχροπλαστικά, καθώς και οι προκατασκευασμένες ταινίες. Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά οι βαφές, που είναι φθηνές και εύχρηστες, αλλά ανεπαρκείς στις περισσότερες περιπτώσεις.

Οι **πινακίδες** κάθετης σήμανσης τοποθετούνται με σκοπό την προειδοποίηση για κινδύνους, τη ρύθμιση της κυκλοφορίας και την πληροφόρηση σχετικά με προορισμούς και εγκαταστάσεις. Σημαντικότερη ιδιότητά τους είναι η οπισθανάκλαση, για την επαρκή ορατότητα κατά τη νύχτα. Το βασικό κεφάλαιο στη σήμανση μίας οδού είναι η ορθή τοποθέτηση των σημάτων, κατά την εγκάρσια και τη διαμήκη έννοια, ενώ θα πρέπει να ακολουθούνται και ορισμένες βασικές αρχές για την αποτελεσματική σήμανση. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελούν οι πληροφοριακές πινακίδες αυτοκινητοδρόμων.

Οι **πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (VMS)** αποτελούν μία νέα εξέλιξη στο πεδίο του Εξοπλισμού, παρέχοντας τη δυνατότητα προβολής οποιουδήποτε επιθυμητού μηνύματος, ρυθμιζόμενου από κάποιο κέντρο ελέγχου, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν εν γένει για την προειδοποίηση απρόσμενων και προσωρινών καταστάσεων, χωρίς να αντικαθιστούν τη συμβατική σήμανση. Οι οθόνες που χρησιμοποιούνται αξιοποιούν διάφορες τεχνολογίες και διαθέτουν διάφορες δυνατότητες. Καίριας σημασίας είναι η σωστή τοποθέτηση των πινακίδων και ο εύστοχος σχεδιασμός των μηνυμάτων.

Η **φωτεινή σηματοδότηση** αποτελεί αναπόσπαστη δραστηριότητα σε περιπτώσεις που υπάρχει απαίτηση για τη ρύθμιση αλληλοεμπλεκόμενων κινήσεων, ενώ για τη βελτιστοποίησή της σε αστικό περιβάλλον έχουν αναπτυχθεί διάφορες στρατηγικές διαχείρισης. Βασικής σημασίας στους φωτεινούς σηματοδότες είναι η προτυποποίηση των οπτικών χαρακτηριστικών, ενώ μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες διατάξεις για τη βελτιστοποίηση της διάταξης των κεφαλών και την αντιμετώπιση των διαφόρων προβλημάτων ορατότητας. Σε περίπτωση επενέργειας

από την κυκλοφορία, απαραίτητη είναι η ύπαρξη και των κατάλληλων ανιχνευτών. Η νέα εξέλιξη στο χώρο της φωτεινής σηματοδότησης είναι η εφαρμογή φωτεινών πηγών τύπου LED.

Το πεδίο του **προσωρινού εξοπλισμού** σε περιοχές εκτέλεσης έργων και όχι μόνο, περιλαμβάνει διάφορες διατάξεις πληροφόρησης, προειδοποίησης, καθοδήγησης, ρύθμισης της κυκλοφορίας και ασφάλειας των χρηστών της οδού και του εργατικού προσωπικού. Ιδιαίτερης σημασίας κατηγορίες του σχετικού εξοπλισμού αποτελούν οι συσκευές καθοδήγησης, οι διαγραμμίσεις, οι πινακίδες σήμανσης και οι προσωρινοί φωτεινοί σηματοδότες, στοιχεία με ιδιαίτερες απαιτήσεις εφαρμογής.

Για το νυχτερινό **ηλεκτροφωτισμό** των οδών υπάρχουν διάφορα κριτήρια εφαρμογής, καθώς και διάφορες προδιαγραφές σχετικά με απαιτήσεις σε φωτομετρικές ιδιότητες. Σήμερα χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι λαμπτήρων, με συχνότερους τους αντίστοιχους με νάτριο υψηλής πίεσης, καθώς και διάφοροι τύποι φωτιστικών σωμάτων. Ιδιαίτερες απαιτήσεις φωτισμού προβάλλουν περιοχές όπως οι ισόπεδοι και ανισόπεδοι κόμβοι, οι γέφυρες, οι σήραγγες και οι σταθμοί διοδίων, ενώ για τη βελτιστοποίηση της συντήρησης και την εξοικονόμηση ενέργειας έχουν αναπτυχθεί συστήματα διαχείρισης και ελέγχου του φωτισμού.

Τα **ηχοπετάσματα** αποτελούν διατάξεις απομείωσης του οδικού θορύβου στο περιβάλλον μίας οδού. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, τα ηχοπετάσματα μπορεί να είναι ανακλαστικά, απορροφητικά, διασποράς ήχου ή ειδικής διαμόρφωσης της κορυφής τους, ενώ πέρα από την ακουστική, σημαντικές παραμέτρους αποτελούν και η στατική και αισθητική διάσταση.

Στα πλαίσια της **παρακολούθησης της κυκλοφορίας** μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες διατάξεις απόκτησης κυκλοφοριακών δεδομένων, όπως και επιτήρησης. Τέτοιες διατάξεις είναι οι μαγνητικοί ανιχνευτές βρόχου, συσκευές ανίχνευσης έξω από το οδόστρωμα, κλειστά κυκλώματα τηλεόρασης, καθώς και συστήματα ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας.

Τέλος, διάφορες άλλες διατάξεις Εξοπλισμού οδών είναι τα **αντιθαμβωτικά πετάσματα**, που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό της θάμβωσης από αντιθέτως κινούμενα οχήματα, διαμορφούμενα συνήθως με κατακόρυφους στύλους στον ενδιάμεσο χώρο ή δίπλα από τη οδό, οι **οριοδείκτες**, που χρησιμεύουν στην υπόδειξη των ορίων και της χάραξης της οδού, τα **τηλέφωνα ανάγκης**, τοποθετούμενα το πολύ ανά 1000 m, καθώς και διάφορα **συστήματα θέρμανσης** καταστρωμάτων γεφυρών, για την αντιμετώπιση του επικίνδυνου φαινομένου του επιλεκτικού σχηματισμού πάγου επάνω σε αυτά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα το πεδίο του Εξοπλισμού των οδών δεν αποτέλεσε εξαίρεση στον κανόνα της γενικότερα μονίμως υποβαθμισμένης ποιότητας στα έργα οδοποιίας, με αποτέλεσμα σε αρκετές περιπτώσεις να σημειώνονται αδυναμίες ακόμη και σε τυπικές περιπτώσεις. Σαν παράδειγμα αναφέρονται ελλείψεις στη σήμανση ισόπεδων αστικών και υπεραστικών κόμβων, ανυπαρξία προδιαγραφών και προβληματική εφαρμογή σήμανσης αυτοκινητοδρόμων, αδυναμία κατανόησης της φιλοσοφίας λειτουργίας των διαφόρων τύπων στηθαίων, εμμονή στη χρήση των φθηνών αλλά ανεπαρκών βαφών διαγραμμίσεων. Ωστόσο, η έναρξη της υλοποίησης του νέου δικτύου αυτοκινητοδρόμων και υπεραστικών οδών έχει αρχίσει να οδηγεί σε αναθεώρηση και στο πεδίο του Εξοπλισμού.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Συνήθως ως βασικές δραστηριότητες στα πλαίσια της οδοποιίας νοούνται ο σχεδιασμός της χάραξης της οδού, η διαστασιολόγηση της υποδομής και του οδοστρώματος και η εφαρμογή τους στην πράξη, κατά την κατασκευή. Επίσης, ιδιαίτερη θέση κατέχουν και τα διάφορα τεχνικά έργα, όπως οι γέφυρες, οι οχετοί και οι σήραγγες. Πέρα, όμως, από τη βασική διαμόρφωση του σώματος της οδού και της επιφάνειας κυκλοφορίας, για την εύρυθμη και ασφαλή λειτουργία της κυκλοφορίας είναι απαραίτητη η εφαρμογή και λειτουργία και μίας σειράς λοιπών τεχνικών διατάξεων και δραστηριοτήτων.

Μία σειρά από τις διατάξεις αυτές είναι και τα διάφορα στοιχεία **εξοπλισμού της οδού**. Ως εξοπλισμός μίας οδού νοείται ένα σύνολο βοηθητικών τεχνικών διατάξεων που τοποθετούνται επάνω στην οδό ή δίπλα από αυτήν, και χωρίς να ανήκουν μορφολογικά στο σώμα της, οι οποίες συντελούν με ουσιαστικό τρόπο στην αναβάθμιση της λειτουργικότητας και ασφάλειας που παρέχει το περιβάλλον της οδού. Ειδικότερα, τα επιμέρους στοιχεία εξοπλισμού των οδών είναι τα εξής:

- **Οι διατάξεις σήμανσης:** Η σήμανση μίας οδού χρησιμεύει στη συνεχή κατατόπιση του οδηγού, είτε ως προς τη θέση του επάνω στο οδόστρωμα, είτε ως προς την πορεία που ακολουθεί, και διακρίνεται σε **οριζόντια** και **κάθετη**. Στην οριζόντια σήμανση ανήκουν οι **διαγραμμίσεις** και οι **ανακλαστήρες οδοστρώματος**, ενώ στην κάθετη οι πάσης φύσεως **πινακίδες σήμανσης**.
- **Οι διατάξεις ασφάλισης:** Είναι διατάξεις που χρησιμεύουν στην αναβάθμιση του επιπέδου της ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας της οδού. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα **συστήματα αναχαίτισης οχημάτων**, οι **οριοδείκτες** της οδού, καθώς και οι **πινακίδες προειδοποίησης απότομων στροφών** (ψαροκόκαλα).
- **Οι διατάξεις σηματοδότησης:** Είναι οι διατάξεις που ρυθμίζουν την κίνηση σε μία οδό ή σε κάποιο σημείο εμπλοκής, όπως οι συνήθεις **φωτεινοί σηματοδότες**.
- **Οι διατάξεις φωτισμού:** Είναι οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για τον τεχνητό φωτισμό της οδού.
- **Διάφορες άλλες διατάξεις**, με διάφορους σκοπούς, όπως τα **ηχοπετάσματα**, τα **αντιθαμβωτικά πετάσματα**, τα **τηλέφωνα ανάγκης** κλπ.

Στο παρόν σύγγραμμα αναπτύσσονται όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία εξοπλισμού των οδών.

Ειδικότερα, στο **Κεφάλαιο 1** παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων. Αναφέρεται ο τρόπος της δυναμικής συμπεριφοράς των σύγχρονων στηθαίων, περιγράφονται αναλυτικά τα είδη τους και παρατίθενται οδηγίες σχετικά με την επιλογή και τοποθέτηση του κατάλληλου είδους στηθαίου για κάθε περίπτωση.

Στο **Κεφάλαιο 2** περιγράφονται τα συστήματα οριζόντιας σήμανσης, ήτοι οι διαγραμμίσεις και οι ανακλαστές οδοστρώματος. Δίνονται οι μορφές και τα γεωμετρικά στοιχεία των διαγραμμίσεων, σχολιάζονται οι επιθυμητές τους ιδιότητες και παρατίθενται τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και οι μέθοδοι εφαρμογής τους στο οδόστρωμα.

Το **Κεφάλαιο 3** ασχολείται με το υπόλοιπο τμήμα της σήμανσης, δηλαδή την κάθετη, και ειδικότερα με τις συνήθεις πινακίδες των οδών. Παρουσιάζονται τα είδη και οι διαστάσεις των σημάτων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα, καθώς και τεχνικά στοιχεία που τα αφορούν. Πραγματοποιείται μία εκτενής ανάλυση σχετικά με τη βασική απαίτηση από τις πινακίδες σήμανσης, δηλαδή την ορατότητα υπό οποιεσδήποτε συνθήκες, και επιχειρείται μία ανασκόπηση ορισμένων βασικών αρχών σχετικά με την τοποθέτησή τους, στην αναζήτηση μίας ολοένα και πιο αποτελεσματικής σήμανσης.

Σε αντιστοιχία, το **Κεφάλαιο 4** αναφέρεται στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, ένα νέο στοιχείο εξοπλισμού, όπου περιγράφεται η φύση και ο χαρακτήρας της μεταβλητής σήμανσης και δίνεται το πεδίο εφαρμογής της. Επίσης, περιγράφονται τα είδη, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και η τοποθέτηση των εν λόγω πινακίδων, ενώ επισκοπούνται διάφορες αναζητήσεις σχετικά με την κατάλληλη διαμόρφωση και παρουσίαση των μεταβλητών μηνυμάτων.

Στο **Κεφάλαιο 5** περιγράφονται οι φωτεινοί σηματοδότες. Αναφέρονται τα διάφορα συστήματα σηματοδότησης, παρατίθενται τα διάφορα είδη, οι επιθυμητές ιδιότητες και τα προβλήματα των φωτεινών ενδείξεων, καθώς επίσης και οι θέσεις και διατάξεις στήριξης των κεφαλών, ενώ περιγράφεται αναλυτικά η δομή και τα στοιχεία που απαρτίζουν την κεφαλή του σηματοδότη.

Το **Κεφάλαιο 6** πραγματεύεται τον προσωρινό εξοπλισμό των περιοχών εκτέλεσης έργων σε οδούς, με ιδιαίτερη έμφαση στην προσωρινή σήμανση και σηματοδότηση. Παρατίθενται ορισμένα γενικά στοιχεία σχετικά με τη μορφή και τις απαιτήσεις των εν λόγω περιοχών, αναφέρονται τα είδη και ο σκοπός του προσωρινού εξοπλισμού και πραγματοποιείται μία εκτενής ανάλυση σχετικά με τη σήμανση, οριζόντια και κάθετη, καθώς και τη σηματοδότηση.

Στο **Κεφάλαιο 7** θίγεται ο φωτισμός των οδών, με αναφορά στα επιθυμητά σημεία που χρίζουν φωτισμού κατά τη νύχτα και τις αντίστοιχες απαιτήσεις τους σε φωτομετρικές ιδιότητες, δίνονται τεχνικά στοιχεία σχετικά με τα φωτιστικά σώματα, παρουσιάζονται μερικές βασικές αρχές σχετικά με την τοποθέτηση των στύλων ηλεκτροφωτισμού και περιγράφονται σε συντομία τα συστήματα διαχείρισης φωτισμού των οδών.

Στα **Κεφάλαια 8 και 9** πραγματοποιείται μία σύντομη αλλά περιεκτική περιγραφή των ηχοπετασμάτων και των διατάξεων παρακολούθησης της κυκλοφορίας αντίστοιχα, ενώ στο **Κεφάλαιο 10** παρατίθενται στοιχεία σχετικά με ορισμένα λοιπά στοιχεία εξοπλισμού των οδών, και ειδικότερα τα αντιθαμβωτικά πετάσματα, τους οριοδείκτες, τα τηλέφωνα ανάγκης και τα συστήματα θέρμανσης καταστρωμάτων γεφυρών.

Στο **Κεφάλαιο 11** λαμβάνει χώρα η παρουσίαση μερικών περιπτώσεων εξοπλισμού εφαρμοσμένων στην πράξη, σε διάφορα σημεία των ελληνικών υπεραστικών και αστικών οδικών δικτύων. Σκοπός της παρουσίασης αυτής είναι η παράθεση ολοκληρωμένων λύσεων, αλλά και η άσκηση κριτικής στον εξοπλισμό της σύγχρονης ελληνικής πραγματικότητας.

Τέλος, το σύγγραμμα διαθέτει δύο **Παραρτήματα**, όπου παρατίθενται όλες οι πινακίδες σήμανσης του Κ.Ο.Κ., καθώς και μερικά ολοκληρωμένα ενδεικτικά διαγράμματα προσωρινής σήμανσης σε περιοχές εκτέλεσης έργων σε οδούς.

Ωστόσο, πριν από όλα θα πρέπει να τεθεί υπόψη του αναγνώστη ότι το παρόν σύγγραμμα δεν πραγματοποιεί μία ολοκληρωμένη προσέγγιση στο πεδίο του εξοπλισμού των οδών, αλλά μία ανασκόπηση των βασικών στοιχείων που αφορούν κάθε επιμέρους διάταξη του πεδίου αυτού. Το παρόν σύγγραμμα απευθύνεται σε αυτόν που επιθυμεί να αποκτήσει μία σφαιρική εικόνα σχετικά με τα βασικά χαρακτηριστικά, μορφές, απαιτήσεις και προδιαγραφές κάθε επιμέρους στοιχείου. Πλην όμως, η γενική αυτή ανασκόπηση περιλαμβάνει πάντα και τα στοιχεία εκείνα που καθορίζουν την *ποιότητα* στον εξοπλισμό της οδού, ένα ευαίσθητο σημείο στο οποίο η χώρα μας βρίσκεται σχεδόν πάντοτε ένα βήμα πίσω. Έτσι, ο αναγνώστης έχει διπλό κέρδος, αφενός μεν αποκτώντας τη γενική εικόνα για κάθε διάταξη, αφετέρου δε κατανοώντας το πώς επιτυγχάνεται η επιθυμητή ποιότητά της.

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΧΑΙΤΙΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ-ΣΤΗΘΑΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

### 1.1 Εισαγωγή - Πεδίο εφαρμογής

Τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων, ή συστήματα παθητικής ασφάλειας οδών, έχουν σκοπό τη συγκράτηση κάθε οχήματος που παρεκκλίνει από την κανονική του πορεία και κινδυνεύει είτε να περάσει έξω από το κατάστρωμα της οδού, είτε να βρεθεί στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, σε διαχωρισμένες οδούς. Κύριος εκπρόσωπος των εν λόγω συστημάτων είναι τα γνωστά στηθαία. Τα στηθαία είναι επιμήκεις διατάξεις που τοποθετούνται στις οριογραμμές του οδοστρώματος ή του ενδιάμεσου χώρου, και σκοπό έχουν να αποτρέψουν την έξοδο του οχήματος, υποχρεώνοντάς το να κινηθεί κατά μήκος του μετά από τη σύγκρουση. Στο παρόν Κεφάλαιο οι περισσότερες αναφορές αφορούν στα στηθαία.

Ουσιαστικά, τα εν λόγω συστήματα έχουν λόγο ύπαρξης μόνο σε περιπτώσεις όπου η ενδεχόμενη έξοδος ενός οχήματος γίνεται σε κάποιο επικίνδυνο σημείο. Τέτοια σημεία είναι, γενικά, ακλόνητα αντικείμενα κοντά στην οριογραμμή του οδοστρώματος, όπως στύλοι ηλεκτροφωτισμού, πινακίδες και γέφυρες σήμανσης, στύλοι δικτύων κοινής ωφέλειας ή φράκτες (όπου μία σύγκρουση του οχήματος με αυτά θα είχε δυσάρεστες συνέπειες), επιχώματα με απότομες κλίσεις (όπου υπάρχει κίνδυνος ανατροπής ή απότομης πτώσης του οχήματος), σημεία παραπλεύρως υδάτινων οδών ή χαραδρών, υψηλά επιχώματα και γέφυρες. Επίσης, τοποθετούνται σε περιπτώσεις όπου επιδιώκεται η προστασία πεζών, ιδίως σε σημεία με αυξημένο ιστορικό εξόδων οχημάτων. Τέλος, δεδομένων των δυσμενών συνθηκών σύγκρουσης αντιθέτως κινούμενων οχημάτων, είναι φανερό ότι η τοποθέτηση στηθαίων σε αυτοκινητοδρόμους με σχετικά μικρό πλάτος ενδιάμεσου χώρου, είναι εκ των ων ουκ άνευ.

Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι η εφαρμογή των στηθαίων πρέπει να γίνεται με σύνεση. Το ίδιο το στηθαίο αποτελεί κι αυτό ένα αντικείμενο το οποίο προκαλεί ζημία στο προσκρούον όχημα. Βασικό κριτήριο για την τοποθέτησή του είναι το ότι η ζημία που αναμένεται να προκληθεί στο όχημα κατά την έξοδό του θα πρέπει να είναι σοβαρότερη από την αντίστοιχη κατά την πρόσκρουση στο στηθαίο. Έτσι, προστασία με στηθαία δεν ενδείκνυται π.χ. σε επιχώματα με κλίση 1:3 ή ηπιότερη [1], καθώς ο οδηγός είναι σε θέση να ανακτήσει τον έλεγχο του οχήματος επάνω τους, και με την προϋπόθεση πως δεν υπάρχει περαιτέρω κίνδυνος από αντικείμενα ή λόγω έντονης τραχύτητας του εδάφους.

Εν γένει, με βάση τα παραπάνω, σε μία νέα οδό τα σημεία όπου θα χρειαστεί η κατασκευή στηθαίων φαίνονται στα σχέδια της μελέτης, μία επιτόπια έρευνα, όμως, θα καθορίσει καλύτερα τις θέσεις όπου αυτά απαιτούνται. Η κατασκευή των στηθαίων θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν από την παράδοση της οδού σε κυκλοφορία.

Σήμερα έχουν επινοηθεί διάφοροι τύποι συστημάτων αναχαίτισης, που περιλαμβάνουν εύκαμπτες, ημιάκαμπτες και άκαμπτες διατάξεις. Τα εύκαμπτα συστήματα έχουν βασικό σκοπό να απορροφήσουν την ενέργεια της σύγκρουσης

μέσω της παραμόρφωσής τους, επιτρέποντας στο όχημα να επιβραδύνει ηπιότερα και να μην εκτιναχθεί βίαια πίσω στο χώρο κυκλοφορίας. Τα άκαμπτα συστήματα εφαρμόζονται σε περιπτώσεις όπου το κύριο ζητούμενο είναι το όχημα, που μπορεί να είναι οποιουδήποτε μεγέθους, να μην περάσει επουδενί πίσω από το στήθαιο, όπως σε γέφυρες ή παραπλεύρως χαραδρών, όμως οι συνέπειες της σύγκρουσης με το στήθαιο μπορεί να είναι δυσμενείς.

Στην Ελλάδα οι πιο συνηθείς νέοι τύποι συστημάτων είναι τα χαλύβδινα, καθώς και τα από σκυρόδεμα (New Jersey), στήθαία. Άλλα είδη είναι τα μεταλλικά θωράκια, τα πλαστικά στήθαία, καθώς και συστήματα απορρόφησης ενέργειας.

## 1.2 Βασικές αρχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός και η τοποθέτηση των συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων οφείλουν να ικανοποιούν μία σειρά από βασικές απαιτήσεις, προκειμένου αυτά να εκπληρώσουν το σκοπό τους. Συνοπτικά, οι απαιτήσεις αυτές έχουν ως εξής [1], [4]:

- Τα στήθαία πρέπει να είναι σε θέση να συγκρατούν όλα τα οχήματα, ανεξάρτητα από το βάρος, την ταχύτητα και τη γωνία πρόσκρουσης. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει κατά την πρόσκρουση σε στήθαιο το όχημα να ακινητοποιείται απότομα, ούτε να επαναφέρεται ανεξέλεγκτα στο οδόστρωμα. Μετά την πρόσκρουση, το όχημα πρέπει να κινείται σε μία προκαθορισμένα στενή λωρίδα κατά μήκος του συστήματος.
- Κατά την πρόσκρουση, τα συστήματα αναχαίτισης πρέπει να εξασφαλίζουν στους επιβάτες μία ανεκτή καταπόνηση εξαιτίας της βίαιης επιβράδυνσης του οχήματος.
- Οι υλικές ζημιές που προκαλούνται από την πρόσκρουση πρέπει να είναι κατά το δυνατόν περιορισμένες τόσο για το όχημα, όσο και για το σύστημα αναχαίτισης. Εξαιτίας της πρόσκρουσης επιτρέπονται μόνο μικρές παραμορφώσεις στην καμπίνα επιβατών του οχήματος. Επίσης, δεν επιτρέπονται θραύσεις ή αποσπάσεις βασικών στοιχείων του συστήματος αναχαίτισης.
- Τα στήθαία πρέπει να τοποθετούνται εν γένει όσο το δυνατόν πιο μακριά από το οδόστρωμα, ώστε να δίνεται στον οδηγό μέχρι την τελευταία στιγμή δυνατότητα να συγκρατήσει το όχημα, αποφεύγοντας την πρόσκρουση.
- Η ελάχιστη απόσταση από την οριογραμμή του οδοστρώματος πρέπει να είναι τόση, ώστε ο οδηγός να μην απομακρύνεται ασυναίσθητα από αυτήν, ούτε να ελαττώνει την ταχύτητα του οχήματος.
- Σε περίπτωση που εφαρμόζεται στήθαιο με ορθοστάτες επάνω σε επίχωμα, οι εν λόγω ορθοστάτες πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον 0,6 m από το φρύδι του πρανούς, για λόγους σταθερότητας.
- Εύκαμπτα στήθαία, όπως τα συνηθή μεταλλικά, κατά τη σύγκρουση παρουσιάζουν βέλη παραμόρφωσης τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον καθορισμό της απόστασης μεταξύ στήθαιου και επικίνδυνου αντικειμένου.

Σημειώνεται ότι προτού προωθηθεί στο εμπόριο κάποιος τύπος στήθαιου, πρέπει να προηγηθούν έλεγχοι και πραγματικής κλίμακας δοκιμές σύγκρουσης. Πολλοί φορείς του εξωτερικού έχουν αναπτύξει προτεινόμενες διαδικασίες σχετικά

με τους εν λόγω ελέγχους, όπου παράγοντες που υπεισέρχονται είναι ο τύπος και η μάζα του συγκρουόμενου οχήματος, η γωνία πρόσκρουσης, η ταχύτητα κ.ά.

### 1.3 Τοποθέτηση στηθαιών

Τα συστήματα αναχαίτισης οχημάτων δεν προλαμβάνουν τα τροχαία ατυχήματα, αλλά ελαττώνουν τις συνέπειές τους. Κατά συνέπεια, οι θέσεις όπου επιβάλλεται η τοποθέτησή τους προκύπτουν από τη συχνότητα ή την πιθανότητα πρόκλησης ατυχημάτων εξαιτίας εκτροπής οχημάτων.

Για την αναγκαιότητα τοποθέτησης ενός στηθαίου μεγάλη σημασία έχει η απόσταση μεταξύ της οριογραμμής του οδοστρώματος και του επικίνδυνου σημείου. Οι γερμανικές τεχνικές προδιαγραφές διαφοροποιούν την εν λόγω απόσταση για δύο περιπτώσεις:

- A1: ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση σε περίπτωση κινδύνου τρίτων, ή ιδιαίτερα δυσμενών συνεπειών τροχαίου ατυχήματος εξαιτίας παρέκκλισης οχήματος από το οδόστρωμα (π.χ. πτώση σε βαθιά νερά)
- A2: ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση σε περίπτωση πτώσης ή πρόσκρουσης σε επικίνδυνα εμπόδια

Οι τιμές των απαιτούμενων αποστάσεων A1 και A2 δίνονται στον **Πίνακα 1.1** και εξαρτώνται από το είδος και τη χάραξη της οδού, καθώς επίσης και από την κλίση των πρανών στη συγκεκριμένη θέση της οδού.

**Πίνακας 1.1:** Ελάχιστη απαιτούμενη ελεύθερη απόσταση μεταξύ ορίου οδοστρώματος και επικίνδυνου σημείου [6].

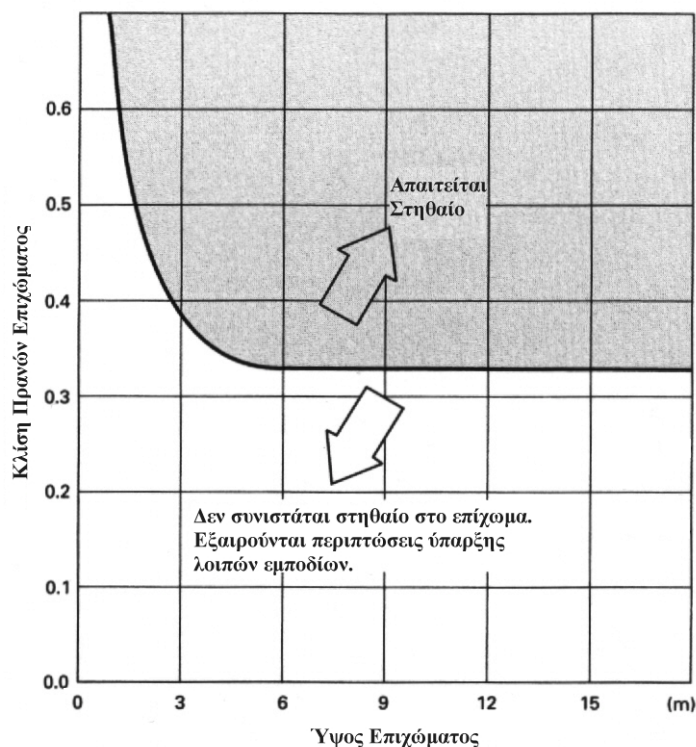
| <b>ΟΛΟΙ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ</b>                             |                                    |                        |                        |
|--|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>ΧΑΡΑΞΗ ΟΔΟΥ</b>   | <b>ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ</b>                | <b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ A1 (m)</b> | <b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ A2 (m)</b> |
| ευθεία ή εξωτερική καμπύλη με R>500 m ή εσωτερική καμπύλη  | όρυγμα ή επίχωμα με κλίση <1:8     | 7,50                   | 4,50                   |
|  | επίχωμα με κλίση από 1:8 μέχρι 1:5 | 9,00                   | 6,00                   |
|  | επίχωμα με κλίση >1:5              | 12,00                  | 8,00                   |
| εξωτερική καμπύλη με R<500 m                               | όρυγμα ή επίχωμα με κλίση <1:8     | 12,00                  | 10,00                  |
|  | επίχωμα με κλίση από 1:8 μέχρι 1:5 | 14,00                  | 12,00                  |
|  | επίχωμα με κλίση >1:5              | 16,00                  | 14,00                  |
| <b>ΟΛΟΙ ΜΕ ΔΥΟ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΥΣ ΚΛΑΔΟΥΣ</b>                    |                                    |                        |                        |
| <b>ΧΑΡΑΞΗ ΟΔΟΥ</b>   | <b>ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ</b>                | <b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ A1 (m)</b> | <b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ A2 (m)</b> |
| ευθεία ή εξωτερική καμπύλη με R>1500 m ή εσωτερική καμπύλη | όρυγμα ή επίχωμα με κλίση <1:8     | 10,00                  | 6,00                   |
|  | επίχωμα με κλίση από 1:8 μέχρι 1:5 | 12,00                  | 8,00                   |
|  | επίχωμα με κλίση >1:5              | 14,00                  | 10,00                  |
| εξωτερική καμπύλη με R<1500 m                              | όρυγμα ή επίχωμα με κλίση <1:8     | 12,00                  | 10,00                  |
|  | επίχωμα με κλίση από 1:8 μέχρι 1:5 | 14,00                  | 12,00                  |
|  | επίχωμα με κλίση >1:5              | 16,00                  | 14,00                  |

Με βάση τις τιμές των ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων A1 και A2 παρουσιάζονται στον **Πίνακα 1.2** συνοπτικά τα κριτήρια επιλογής τμημάτων οδών, όπου επιβάλλεται η τοποθέτηση συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων, σε συνάρτηση με το είδος του κινδύνου ή του παρόδιου επικίνδυνου εμποδίου, σύμφωνα πάντα με τις γερμανικές τεχνικές οδηγίες.

**Πίνακας 1.2:** Κριτήρια επιλογής θέσεων σε οδούς για την τοποθέτηση συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων [6].

| ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ Ή ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΜΠΟΔΙΟΥ   | ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ   |                     |                      |                           |
|---|--|---------------------|----------------------|---------------------------|
|   | ΟΛΟΙ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤ/ΝΣΗΣ   | ΟΛΟΙ ΜΕ ΔΥΟ ΚΛΑΔΟΥΣ | ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΔΟΥ (km/h) | ΚΡΙΣΙΜΗ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ |
| υδροβιότοποι  | κατά κανόνα  |                     | -                    | -                         |
| όριο οδοστρώματος σε γέφυρες (εξαιρούνται οχετοί και γέφυρες πολύ μικρού μήκους) και σε τοίχους αντιστήριξης προς την πλευρά γκρεμών  | κατά κανόνα  |                     | > 50                 | -                         |
| επικίνδυνα για κατάρρευση φέροντα στοιχεία κατασκευών ηχοπετάσματα  | κατά κανόνα  |                     | > 50                 | A1                        |
| σιδηροδρομικές γραμμές εκτός κατοικημένων περιοχών, σιδηροδρομικές γραμμές εντός κατοικημένων περιοχών (γραμμές με περισσότερους από 30 συρμούς/24h και μέσα σταθερής τροχιάς με ταχύτητα >80 km/h) | κατά κανόνα  |                     | > 60                 | A1                        |
| διαχωριστικές νησίδες   | κατά κανόνα  |                     | > 70                 | -                         |
| άλλες οδοί ή επιφάνειες κυκλοφορίας (παράλληλες οδοί, πρατήρια καυσίμων, χώροι στάθμευσης και ανάπαυσης κλπ.), περιοχές παραμονής ανθρώπων (π.χ. στάσεις, σχολεία), λοιπές προστατευόμενες περιοχές | κατά κανόνα  |                     | > 70                 | A1                        |
| θάλασσες, λίμνες ή ποταμοί με μέση στάθμη >1m ή με επικίνδυνη διαμόρφωση (π.χ. ανοιχτοί αγωγοί ή όχθες με απότομες κλίσεις, χείμαρροι)  | ανάλογα με τις συνθήκες τροχιαίων ατυχημάτων ή την πιθανότητα παρέκκλισης οχημάτων | κατά κανόνα         | > 70                 | A1                        |
| δέντρα, ιστοί, τηλέφωνα οδικής βοήθειας   |  | κατά κανόνα         | > 70                 | A2                        |
| στύλοι στήριξης πινακίδων σήμανσης βαριάς κατασκευής (π.χ. από πρότυπες διατομές ή από σωλήνες με εξωτερική διάμετρο >76mm και πάχος >2,9mm, πλαισιακές κατασκευές)                                 |  | κατά κανόνα         | > 70                 | A2                        |
| τοίχοι, κτίσματα, πασσαλοδιαφράγματα  |  | κατά κανόνα         | > 70                 | A2                        |
| απότομα πρανή γκρεμών με κλίση >1:3 και ύψος από τη βάση >3m  |  | κατά κανόνα         | > 70                 | A2                        |
| ανερχόμενα απότομα πρανή με κλίση >1:3, εφόσον η βάση του πρανού δεν είναι επαρκώς στρωγγυλεμένη ή ανερχόμενα βραχώδη πρανή   | κατά κανόνα  | > 70                | A2                   |                           |

Εκτός από τις γερμανικές τεχνικές οδηγίες, υποδείξεις σχετικά με την τοποθέτηση στηθαίων δίνουν και οι αμερικανικές προδιαγραφές. Σε περιπτώσεις οδού σε επίχωμα, η απόφαση εφαρμογής στηθαίου εξαρτάται από την κλίση των πρανών και από το ύψος του επιχώματος, όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 1.1**. Στο εν



**Διάγραμμα 1.1:** Απόφαση τοποθέτησης στηθαίου σε επίχωμα κατά AASHTO [1]

λόγω διάγραμμα φαίνεται ότι δεν συνιστάται η κατασκευή στηθαίου σε επίχωμα με κλίση πρανών 1:3 ή ηπιότερη. Σε αυτήν την περίπτωση μία ενδεχόμενη έξοδος του οχήματος από το κατάστρωμα κυκλοφορίας δεν θα είχε και τόσο δυσμενείς συνέπειες. Βεβαίως, αυτό δεν ισχύει σε περίπτωση που παραπλεύρως της οδού υπάρχουν επικίνδυνα εμπόδια.

Στις αμερικανικές προδιαγραφές δίνεται, επίσης, και η **ελάχιστη απόσταση** που πρέπει να υπάρχει **μεταξύ οριογραμμής λωρίδας κυκλοφορίας και στηθαίου**. Η απόσταση αυτή δίνεται συναρτήσει της ταχύτητας μελέτης στον **Πίνακα 1.3**. Ο λόγος ύπαρξης της εν λόγω απόστασης είναι το ότι ο οδηγός τείνει ασυναίσθητα να απομακρύνεται από το άκρο της οδού εάν το στηθαίο είναι πολύ κοντά του, καθώς και ο περιορισμός της πιθανότητας πτώσης επάνω στο ίδιο το στηθαίο.

**Πίνακας 1.3:** Συνιστώμενη ελάχιστη απόσταση μεταξύ δεξιάς οριογραμμής λωρίδας κυκλοφορίας και στηθαίου, κατά AASHTO [1].

| ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΟΔΟΥ<br>km/h (mph) | ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗΣ-<br>ΣΤΗΘΑΙΟΥ<br>m (ft) |
|-------------------------------------|---|
| 129 (80)                            | 3,7 (12,0)                                  |
| 112 (70)                            | 3,0 (10,0)                                  |
| 96 (60)                             | 2,4 (8,0)                                   |
| 80 (50)                             | 2,0 (6,5)                                   |
| 64 (40)                             | 1,5 (5,0)                                   |
| 48 (30)                             | 1,1 (3,5)                                   |

Τέλος, ένα σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή είναι τα άκρα των στηθαίων, καθώς και οι μεταβάσεις μεταξύ διαφορετικής ακαμψίας συστημάτων αναχαίτισης. Ένα εκτεθειμένο ακραίο τμήμα ενός στηθαίου είναι εξαιρετικά επικίνδυνο, καθώς σε μία ενδεχόμενη σύγκρουση με αυτό ενός οχήματος, η αιχμή του είναι δυνατόν να διεμβολίσει το όχημα και να απειλήσει άμεσα τη σωματική ακεραιότητα των επιβατών. Για το λόγο αυτό, τα ακραία τμήματα των μεταλλικών στηθαίων είτε βυθίζονται στο έδαφος, με χρήση ενός κεκλιμένου τμήματος, είτε απομακρύνονται από το οδόστρωμα, είτε εφοδιάζονται με διατάξεις απορρόφησης ενέργειας. Παρόμοιες διατάξεις εφαρμόζονται και στα άκρα των άκαμπτων συστημάτων. Όσον αφορά στις μεταβάσεις μεταξύ συστημάτων διαφορετικής ακαμψίας, χρειάζεται προσεκτικός σχεδιασμός, ώστε τα προσκρούοντα οχήματα να καθοδηγούνται και επαναφέρονται βαθμιαία από δύο συστήματα διαφορετικής δυναμικής λειτουργίας. Το κυριότερο πρόβλημα εντοπίζεται στη μετάβαση από μεταλλικά στηθαία σε στηθαία από σκυρόδεμα, όπου το όχημα μπορεί να συγκρουστεί στην αιχμή του ακλόνητου τοίχου επειδή το μεταλλικό στηθαίο υποχώρησε καμπτόμενο. Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιαστούν συνοπτικά διατάξεις και μέσα για την αντιμετώπιση των δύο αυτών προβλημάτων. Για την αναλυτικότερή του ενημέρωση σχετικά με τα άκρα και τις μεταβάσεις των συστημάτων αναχαίτισης, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο εγχειρίδιο *Roadside Design Guide, Copyright 1989 AASHTO, Washington DC*.

#### 1.4 Τύποι συστημάτων αναχαίτισης

Όπως συνοπτικά αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, σήμερα έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται διάφοροι τύποι συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων σε οδούς, με σκοπό να συγκρατούνται και να επαναφέρονται στο οδόστρωμα οχήματα διαφόρων μεγεθών και βάρους, καθώς επίσης για διάφορες συνθήκες πρόσκρουσης, δηλαδή γωνία και ταχύτητα πρόσπτωσης. Οι περισσότερο διαδεδομένοι τύποι συστημάτων αναχαίτισης είναι οι εξής [4]:

- **Μεταλλικά Στηθαία Ασφαλείας**
  - Απλά μονόπλευρα, απλά αμφίπλευρα
  - Ενισχυμένα μονόπλευρα, ενισχυμένα αμφίπλευρα
  - Ειδικά στηθαία γεφυρών
- **Στηθαία Ασφαλείας Σκυροδέματος**
  - Μονόπλευρη διατομή New Jersey
  - Αμφίπλευρη διατομή New Jersey
- **Μεταλλικά Θωράκια Ασφαλείας**
  - Ολόσωμα θωράκια
  - Κινητά στηθαία με βάση-θωράκιο
- **Πλαστικά Στηθαία**
- **Απορροφητές Κινητικής Ενέργειας**
  - Συστήματα αδράνειας
  - Συστήματα παραμόρφωσης

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι τύποι στηθαίων, είτε για το άκρο του οδοστρώματος, είτε για τις διαχωριστικές νησίδες, είναι τα μεταλλικά στηθαία και τα στηθαία από σκυρόδεμα. Οι υπόλοιποι τύποι συστημάτων αναχαίτισης χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, όπως θα αναπτυχθεί στις επόμενες παραγράφους.

## 1.5 Μεταλλικά στηθαία ασφαλείας

Τα μεταλλικά στηθαία ασφαλείας οδών αποτελούν από τα μέσα της δεκαετίας του '50 το πιο διαδεδομένο σύστημα αναχαίτισης οχημάτων. Τοποθετούνται κατά μήκος της οδού και κατά την πρόσκρουση του οχήματος λειτουργούν σαν ελκυστήρας, για να επαναφέρουν ομαλά το όχημα στο οδόστρωμα. Βασικά στοιχεία των μεταλλικών στηθαίων αποτελούν:

-Η αυλακωτή λεπίδα, η οποία παραλαμβάνει αρχικά την καταπόνηση εξαιτίας της πρόσκρουσης και τη μεταβιβάζει στους ορθοστάτες.

-Οι ορθοστάτες, οι οποίοι μεταφέρουν τελικά την καταπόνηση εξαιτίας της πρόσκρουσης στο έδαφος. Η μεταξύ των ορθοστατών απόσταση ανέρχεται σε 4,0 m κατά κανόνα, συχνά όμως διατάσσονται σε μικρότερες αποστάσεις (2,0 ή 1,33 m), ώστε σε περίπτωση πρόσκρουσης να περιορίζεται το βέλος της παραμόρφωσης.

-Οι αποστάτες, που είναι πρόσθετα τεμάχια μικρού μήκους που μερικές φορές τοποθετούνται μεταξύ του ορθοστάτη και της αυλακωτής λεπίδας.

Τα μεταλλικά στηθαία που χρησιμοποιούνται σήμερα διακρίνονται σε τέσσερις τύπους, που φαίνονται στην **Εικόνα 1.1**:

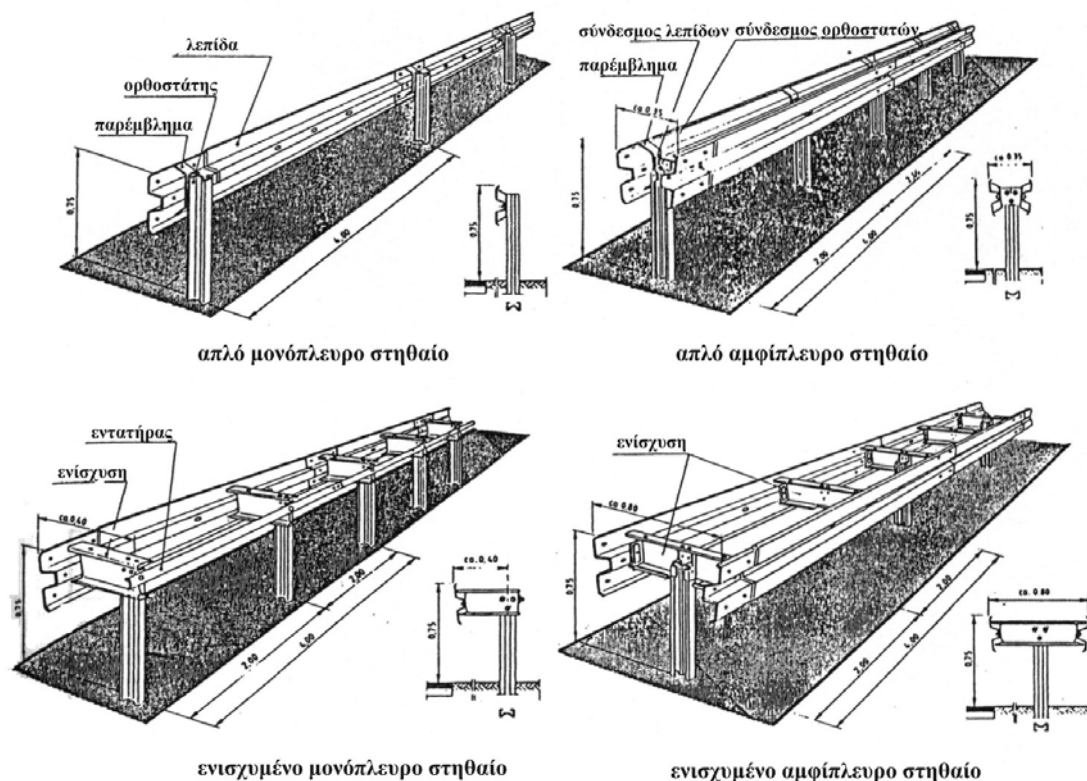
- **Απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία:** Αποτελούν τη βασική λύση για την προστασία του δεξιού άκρου της οδού.
- **Απλά αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία:** Τοποθετούνται σε διαχωριστικές νησίδες μικρού πλάτους (μικρότερο από 1,80 m), όπου δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση ενισχυμένων αμφίπλευρων μεταλλικών στηθαίων.
- **Ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία:** Εφαρμόζονται για την προστασία των ορίων της οδού, εφόσον επιβάλλεται οπωσδήποτε η συγκράτηση οχημάτων για δυσμενείς συνθήκες πρόσκρουσης (ιδιαίτερα υψηλή ταχύτητα, μεγάλη μάζα οχήματος, σχετικά μεγάλη γωνία πρόσκρουσης).
- **Ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία:** Τοποθετούνται σε διαχωριστικές νησίδες με επαρκές πλάτος (μεγαλύτερο από 1,80 m).

Όλοι οι τύποι των μεταλλικών στηθαίων έχουν συνολικό ύψος 0,75 m επάνω από το έδαφος.

Εκτεταμένες πειραματικές δοκιμές [4] απέδειξαν ότι τα **απλά μεταλλικά στηθαία** ανταπεξέρχονται με επιτυχία σε προσκρούσεις επιβατικών οχημάτων, καθώς και φορτηγών με γωνία μέχρι 12°, ενώ αντίθετα τα **ενισχυμένα μεταλλικά στηθαία** αντιμετωπίζουν με μεγάλη αποτελεσματικότητα προσκρούσεις και των πλέον βαρέων φορτηγών με γωνία μέχρι 15°.

Για την επιλογή του κατάλληλου μεταλλικού στηθαίου ανάλογα με την περίπτωση, ο αναγνώστης παραπέμπεται στην **Παράγραφο 1.11**.

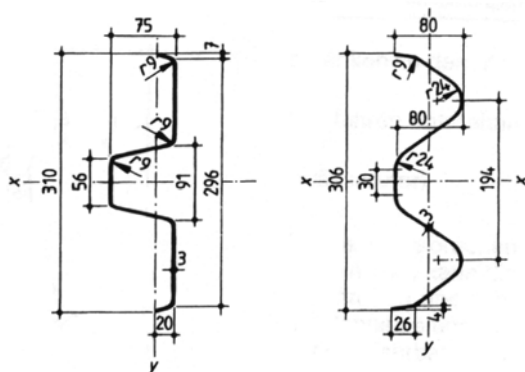
Οι αυλακωτές λεπίδες των στηθαίων κατασκευάζονται σε δύο διαφορετικά προφίλ, που φαίνονται στην **Εικόνα 1.2**. Σε διάφορες χώρες του εξωτερικού, στη θέση της αυλακωτής λεπίδας μπορεί να τοποθετούνται κοιλοδοκοί ορθογωνικής



Εικόνα 1.1: Τύποι μεταλλικών στηθαίων ασφαλείας οδών [4].

διατομής ή καλώδια τάνυσης. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, το χαρακτηριστικό της εν λόγω διαμήκου διάταξης είναι η σχετικά αυξημένη παραμορφωσιμότητα.

Όσον αφορά στους ορθοστάτες, μπορεί να χρησιμοποιούνται στοιχεία από ξύλο ή σκυρόδεμα, κατά κανόνα, όμως, εφαρμόζονται συνήθη μεταλλικά προφίλ τύπου U, IPE ή Σ. Οι ελληνικοί κανονισμοί επιτρέπουν διατομές U120 και IPE120~140, ενώ από τη διεθνή εμπειρία έχει αποδειχθεί η αποτελεσματικότητα των διατομών IPE100 και Σ100 [4], που είναι λιγότερο άκαμπτες και επιτρέπουν μεγαλύτερη παραμορφωσιμότητα στο σύστημα. Ουσιαστικά, η συμπεριφορά του όλου συστήματος του στηθαίου εξαρτάται από τη διατομή της αυλακωτής λεπίδας και από τη διατομή και την απόσταση μεταξύ των ορθοστατών. Κατά συνέπεια, για



Εικόνα 1.2: Χρησιμοποιούμενες διατομές αυλακωτής λεπίδας [2].

δεδομένο τύπο στηθαίου (απλό ή ενισχυμένο, μονόπλευρο ή αμφίπλευρο) και αυλακωτής λεπίδας, τον καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν οι ορθοστάτες. Συνιστάται εν γένει η ακαμψία να μην ρυθμίζεται με χρήση μεγαλύτερων διατομών,

αλλά με μείωση των αποστάσεων μεταξύ των ορθοστατών (ή, φυσικά, με εφαρμογή ενισχυμένου στηθαίου). Υπενθυμίζεται ότι οι ορθοστάτες μπορεί να απέχουν μεταξύ τους 4,0 m, 2,0 m ή 1,33 m. Επίσης, συνιστάται το βάθος έμπηξης να είναι 1,20 m, όπως προβλέπεται από τους γερμανικούς κανονισμούς, και όχι 0,75 m κατά τους αντίστοιχους ελληνικούς, καθώς υπάρχει κίνδυνος αποξήλωσης.

Τέλος, στις περισσότερες περιπτώσεις, μεταξύ ορθοστάτη και λεπίδας παρεμβάλλεται και ένας βραχύς αποστάτης, συνήθως διατομής U65 ή U80.

Ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί κατά την τοποθέτηση ενός μεταλλικού στηθαίου, όπως προαναφέρθηκε και στην Παράγραφο 1.4, είναι η μεταχείριση των άκρων της λεπίδας, τα οποία μπορεί να αποβούν εξαιρετικά επικίνδυνα για τα προσκρούοντα οχήματα. Ενδεικνυόμενοι τρόποι αντιμετώπισης είναι είτε η προσαρμογή συστημάτων απορρόφησης ενέργειας (βλ. επόμενες Παραγράφους), είτε η απομάκρυνση των άκρων του στηθαίου από το οδόστρωμα, είτε, στις περισσότερες περιπτώσεις, το χαμήλωμα του στηθαίου στο έδαφος. Ειδικότερα, στο σημείο όπου παύει συμβατικά η ανάγκη ύπαρξης του στηθαίου, η λεπίδα συνεχίζεται καμπτόμενη για μήκος 12 m, μέχρι την (κατά προτίμηση) έμπηξή της στο έδαφος, έτσι ώστε να μην προεξέχει περισσότερο από 5 cm από αυτό. Στο μήκος των 12 m οι ορθοστάτες τοποθετούνται σε βαθμιαία μειούμενες αποστάσεις. Ειδικότερα, διαμορφώνεται ένα ανοίγμα των 4 m, δύο ανοίγματα των 2 m, και τρία ανοίγματα των 1,33 m [5]. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις το μήκος βύθισης μπορεί να περιοριστεί σε 4,37 m.

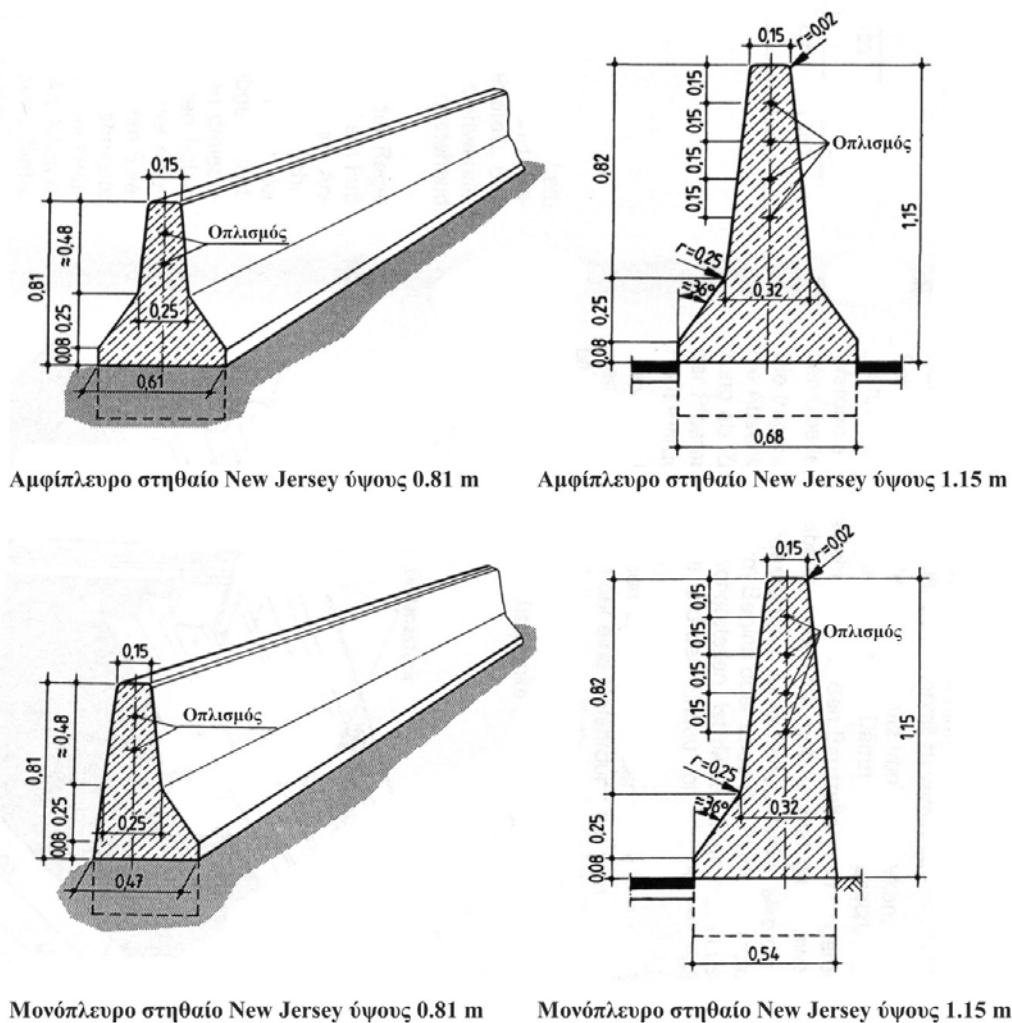
Επίσης, ειδικής αντιμετώπισης χρίζουν και τα τμήματα μετάβασης από μεταλλικά στηθαία σε άκαμπτα συστήματα, όπως τα στηθαία από σκυρόδεμα, για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην Παράγραφο 1.3. Το πέρας του στηθαίου σκυροδέματος συνδέεται με ένα τεμάχιο προσαρμογής από σκυρόδεμα συνδυασμένο με μεταλλικό στηθαίο, ώστε να επιτυγχάνεται η ήπια καθοδήγηση και επαναφορά των προσκρούοντων οχημάτων. Στο τεμάχιο αυτό δίνεται προσοχή στην κοιλίωση της λεπίδας επάνω στο μπλοκ σκυροδέματος, ώστε να επιτευχθούν συνθήκες πάκτωσής της και αποφυγής στροφών της, που αυξάνουν το βέλος παραμόρφωσης αμέσως πριν από το στηθαίο σκυροδέματος, ενώ στο τελευταίο τμήμα του καθαρού μεταλλικού στηθαίου οι ορθοστάτες τοποθετούνται σε πυκνές αποστάσεις. Το συνολικό μήκος προσαρμογής ανέρχεται σε 24 m [1],[5].



**Εικόνα 1.3:** Ενισχυμένο αμφίπλευρο στηθαίο σε ενδιάμεσο χώρο αυτοκινητοδρόμου.

## 1.6 Στηθαία ασφαλείας από σκυρόδεμα

Τα στηθαία ασφαλείας από σκυρόδεμα κατασκευάζονται με ειδική διατομή, η οποία χαρακτηρίζεται ως διατομή New Jersey και η οποία δίνεται στην **Εικόνα 1.4**. Το ύψος των εν λόγω στηθαίων είναι είτε 0,81 m, είτε 1,15 m, για μεγαλύτερη ασφάλεια σε περίπτωση πρόσκρουσης βαρέων οχημάτων, ενώ μορφώνονται σε δύο είδη διατομής, **μονόπλευρη και αμφίπλευρη**, αναλόγως του αν υπάρχει κυκλοφορία ή όχι και στις δύο πλευρές.



**Εικόνα 1.4:** Μονόπλευρη και αμφίπλευρη διατομή New Jersey [2].

Τα εν λόγω στηθαία κατασκευάζονται από ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής, είτε επί τόπου, με χρήση ολισθαινόντων ξυλοτύπων, είτε με τη μέθοδο της προκατασκευής. Στη δεύτερη περίπτωση τα μεμονωμένα στοιχεία έχουν περιορισμένο μήκος, ώστε να είναι δυνατή η διαμόρφωση του στηθαίου σε καμπύλη, και επαρκή οπλισμό, για την παραλαβή των καταπονήσεων εξαιτίας ανύψωσης κατά τη μεταφορά και τοποθέτηση.

Βασικό χαρακτηριστικό των στηθαίων ασφαλείας από σκυρόδεμα είναι η πολύ μεγάλη δυσκαμψία, αλλά και αντοχή τους, που τα κάνει κατάλληλα σε περιπτώσεις που απαιτείται τα οχήματα να μην το διαπεράσουν. Αντιμετωπίζουν με μεγάλη αποτελεσματικότητα, και χωρίς παραμόρφωση, προσκρούσεις επιβατικών οχημάτων με ταχύτητα μέχρι 100 km/h και για γωνίες μέχρι 20°. Κίνδυνος ανατροπής

επιβατικού οχήματος υπάρχει σε περίπτωση πρόσπτωσης με γωνία περίπου  $25^\circ$ , όμως το 90% των προσκρούσεων πραγματοποιούνται με γωνία μικρότερη από  $15^\circ$  [4]. Όπως αποδείχθηκε στην πράξη, τα στηθαία ασφαλείας από σκυρόδεμα είναι σε θέση να συγκρατήσουν και να επαναφέρουν στο οδόστρωμα και τα πιο βαριά οχήματα, χωρίς να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες. Αντίθετα, η επιβράδυνση των οχημάτων είναι μεγάλη, και κατά συνέπεια ο κίνδυνος τραυματισμού των επιβατών αυξημένος.

Τα στηθαία σκυροδέματος μπορούν να τοποθετηθούν είτε σε ενδιάμεσους χώρους διαχωριστικών νησίδων, είτε παραπλεύρως της οριογραμμής του οδοστρώματος.

- **Στηθαία σκυροδέματος σε διαχωριστική νησίδα οδού:** Τοποθετούνται σε οδούς με δύο ανεξάρτητους κλάδους κυκλοφορίας, με διαχωριστική νησίδα μικρού πλάτους (μικρότερο από 1,80 m), όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης ενισχυμένων αμφίπλευρων μεταλλικών στηθαίων. Επίσης, σε οδούς με δύο ανεξάρτητους κλάδους κυκλοφορίας και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο (μεγαλύτερο από 30.000 οχ / 24h), επειδή η επισκευή των μεταλλικών στηθαίων απαιτεί πρόσθετα μέτρα ασφαλείας και προκαλεί κυκλοφοριακά προβλήματα, ή, τέλος, σε οδούς διπλής κατεύθυνσης με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, για να διαχωριστούν τα ρεύματα κυκλοφορίας. Αναλόγως του διαθέσιμου πλάτους της νησίδας, μπορεί να κατασκευαστεί είτε ένα αμφίπλευρο στηθαίο, είτε δύο μονόπλευρα.
- **Στηθαία σκυροδέματος στο δεξιό άκρο της οδού:** Τοποθετούνται σε περιοχές οδών όπου πιθανή παρέκκλιση οχήματος προκαλεί εξαιρετικά μεγάλους κινδύνους για τρίτους (π.χ. σε υδροβιότοπους, χημικές εγκαταστάσεις, οικισμούς ή άλλες οδούς με πυκνή κυκλοφορία) ή σε ιδιαίτερα επικίνδυνες θέσεις (π.χ. γκρεμοί δίπλα στο οδόστρωμα, σε ορεινές οδούς, σε οδούς δίπλα σε θάλασσες, ποταμούς ή λίμνες) ή δίπλα σε ηχοπετάσματα.

Σημειώνεται ότι και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει το πρόβλημα του άκρου του στηθαίου. Μία λύση που μπορεί να εφαρμοστεί είναι η εφαρμογή απορροφητών ενέργειας, ενώ απαραίτητη είναι η επαρκής σήμανση του άκρου με τις κατάλληλες προειδοποιητικές πινακίδες. Εξαιρετική προσοχή χρειάζεται στο σημείο έναρξης στηθαίων διαχωριστικών νησίδων, και προπαντός σε περιπτώσεις όπου οδός δύο λωρίδων διαπλατύνεται σε οδό τεσσάρων λωρίδων με παράπλευρη μετατόπιση του ρεύματος που προσεγγίζει τη νησίδα, όπου υπάρχει αυξημένος κίνδυνος πρόσκρουσης στο στηθαίο οχημάτων των οποίων ο οδηγός δεν διέκρινε έγκαιρα τη διαπλάτυνση. Απαιτείται επαρκής σήμανση, κατάλληλη διαγράμμιση αποκλεισμού και καθοδήγησης των λωρίδων, και, ει δυνατόν, φωτισμός του επίμαχου σημείου.

## 1.7 Στηθαία γεφυρών

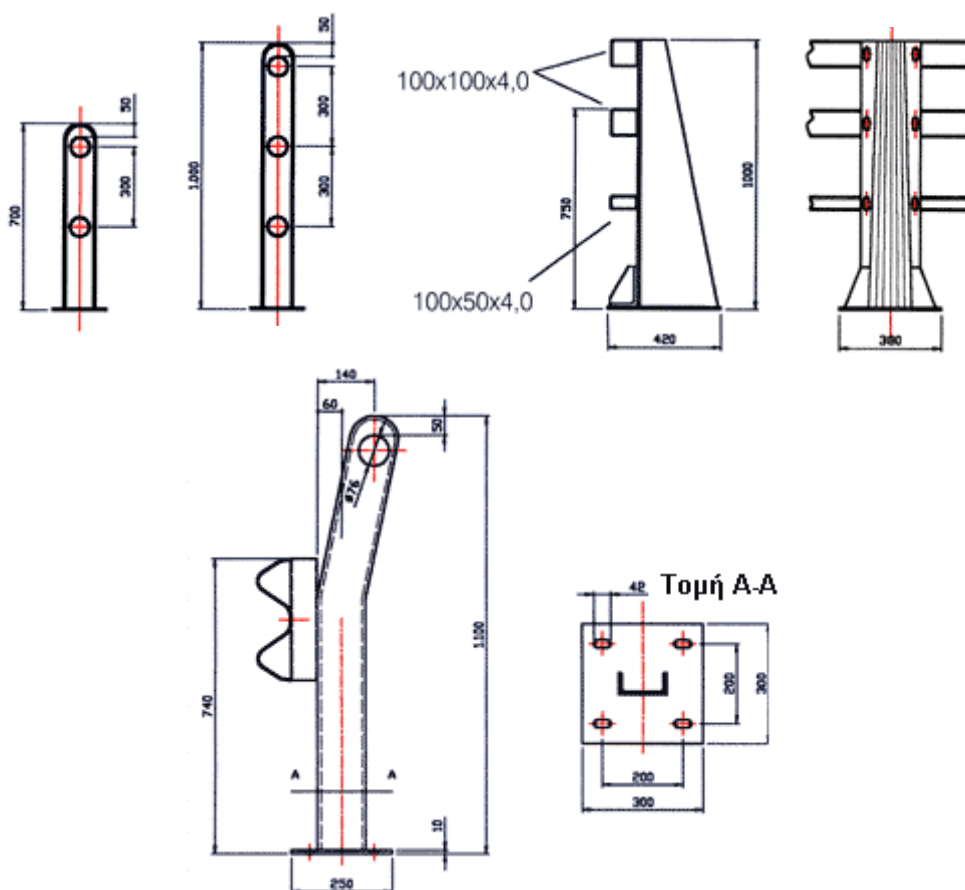
Όπως πολύ εύκολα μπορεί να διαπιστώσει κανείς, ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους είναι απαραίτητα τα προστατευτικά στηθαία σε γέφυρες είναι η προστασία των οχημάτων από πτώση<sup>1</sup>. Κατά συνέπεια, το κύριο ζητούμενο από τα εν λόγω συστήματα είναι η υψηλή αντοχή και η μικρή παραμορφωσιμότητα.

---

<sup>1</sup> Ο άλλος βασικός λόγος έχει να κάνει με την ψυχολογία του οδηγού, ο οποίος, εάν δεν υπάρχουν στηθαία, μπορεί να χάσει το αίσθημα ασφαλείας περνώντας σε μεγάλο ύψος επάνω από το έδαφος, ή αν κάτω από τη γέφυρα διέρχονται την ίδια στιγμή άλλα οχήματα, συρμοί κλπ. [3]

Έτσι, για την ικανοποίηση αυτής της απαίτησης εφαρμόζονται είτε ειδικές άκαμπτες μεταλλικές διατάξεις, είτε διατομές από σκυρόδεμα, όπως η New Jersey που αναπτύχθηκε στη Παράγραφο 1.6. Πρέπει, πάντως, να σημειωθεί ότι τα στηθαία των γεφυρών διαφέρουν από τα συνήθη στο ότι είναι συνδεδεμένα με το φορέα της γέφυρας και στο ότι έχουν και αισθητικές, εκτός των άλλων, απαιτήσεις.

Σήμερα υπάρχουν διάφοροι τύποι μεταλλικών στηθαίων γεφυρών, που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα απαιτήσεων με βάση την ταχύτητα κυκλοφορίας, τον κυκλοφοριακό φόρτο και το ποσοστό των βαρέων οχημάτων. Οι πιο συνήθεις μεταλλικές διατάξεις σε γέφυρες αποτελούνται από δύο ή τρεις οριζόντιες κοιλοδοκούς κυκλικής διατομής, οι οποίες στηρίζονται επάνω σε ορθοστάτες διατομής U που απέχουν 2,0 m μεταξύ τους. Σε άλλες περιπτώσεις οι οριζόντιες δοκοί μπορεί να είναι ορθογωνικής διατομής. Επίσης, είναι δυνατόν στον ίδιο φορέα να στηρίζονται και αυλακωτές λεπίδες, οι οποίες συνεχίζονται επάνω στη γέφυρα και μετά το πέρας του συμβατικού στηθαίου. Και σε αυτήν την περίπτωση, πάντως, εξακολουθεί να ισχύει η απαίτηση συναρμογής των δύο συστημάτων, δηλαδή συμβατικού στηθαίου και στηθαίου γέφυρας. Στην **Εικόνα 1.5** δίνονται διάφοροι τύποι μεταλλικών στηθαίων γεφυρών.



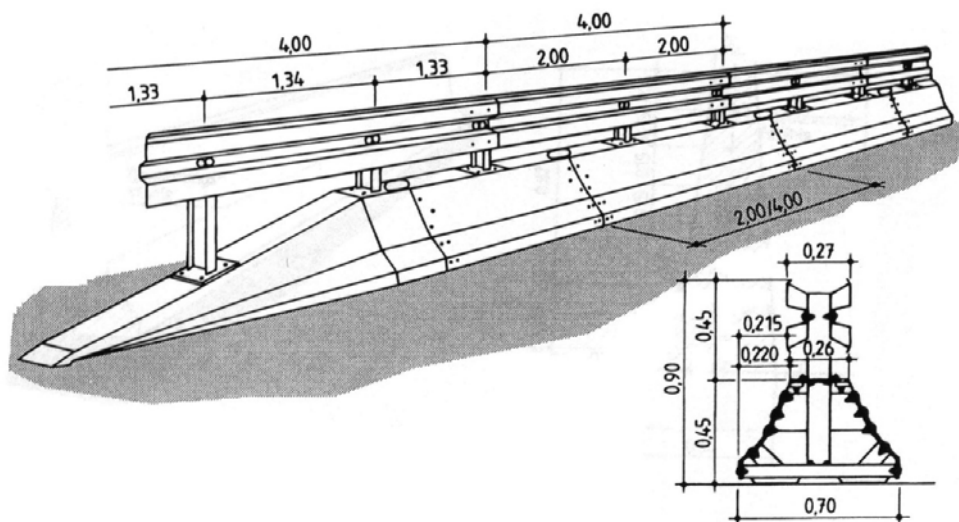
**Εικόνα 1.5:** Διάφοροι τύποι μεταλλικών στηθαίων γεφυρών.

Σε περιπτώσεις που οι συνθήκες ταχύτητας, φόρτου και βαρέων οχημάτων επιβάλλουν τελείως άκαμπτα συστήματα με μεγάλη αντοχή, χρησιμοποιούνται στηθαία από σκυρόδεμα. Και σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να εφαρμοστεί η μονόπλευρη διατομή New Jersey, χωρίς να αποκλείονται και διατομές κατακόρυφου μετώπου. Σε πολλές περιπτώσεις, επάνω από το στηθαίο σκυροδέματος τοποθετείται και μία πρόσθετη κυλινδρική δοκός.

## 1.8 Μεταλλικά θωράκια ασφαλείας οδών

Τα μεταλλικά θωράκια ασφαλείας είναι κινητές, συνήθως, διατάξεις που εφαρμόζονται σε περιοχές έργων σε οδούς, όταν είναι αναγκαία η εκτροπή της κυκλοφορίας. Έτσι, επιτυγχάνεται ασφαλής διαχωρισμός των αντίθετων ρευμάτων κυκλοφορίας και σαφής οπτική καθοδήγηση, σε περιπτώσεις που μειώνεται το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας και οι διαγραμμίσεις ενδεχομένως προκαλούν σύγχυση.

Αν και έχουν αναπτυχθεί διάφορες μορφές μεταλλικών θωρακίων που διαφέρουν ως προς τις διαστάσεις και το βαθμό ασφάλειας, κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι αποτελούνται από τη χαλύβδινη βάση και το στηθαίο. Η βάση είναι κιβωτοειδούς διατομής, που προσομοιάζει στη διατομή τύπου New Jersey. Συντίθεται από επιμέρους στοιχεία μήκους 4 m, 2 m ή 1,33 m, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίες, σχηματίζοντας μία ενιαία συνεχή μονάδα, ενώ τα ακραία στοιχεία βύθισης έχουν μήκος 2,66 m. Πάνω στη χαλύβδινη βάση κοχλιώνονται ανά 2 m ορθοστάτες με πλάκα έδρασης, και επάνω σε αυτούς οι αυλακωτές λεπίδες των στηθαίων. Μέσα στην κιβωτοειδή βάση, και ακριβώς κάτω από το σημείο σύνδεσης των ορθοστατών, στερεώνονται με συγκόλληση χαλύβδινα πλαίσια ακαμψίας, η δε έδραση της βάσης επάνω στο οδόστρωμα πραγματοποιείται με χαλύβδινα στοιχεία διατομής U, τα οποία συγκολλώνται κάτω από τα πλαίσια ακαμψίας, αφήνοντας, έτσι, ελεύθερο χώρο περίπου 2 cm για την ανεμπόδιση ροή των υδάτων. Λεπτομέρειες ενός μεταλλικού θωρακίου δίνονται στην **Εικόνα 1.6**.



Εικόνα 1.6: Μετακινητό μεταλλικό θωράκιο ασφαλείας [2].

Από πειραματικές δοκιμές προέκυψε [5] ότι τα εν λόγω στηθαία παρέχουν εν γένει ικανοποιητική ασφάλεια σε περίπτωση πρόσκρουσης επιβατικών οχημάτων, ακόμη και με γωνίες μεγαλύτερες από 20°. Η επιβράδυνση των οχημάτων έχει μεγαλύτερη τιμή συγκρινόμενη με τα ενισχυμένα αμφίπλευρα στηθαία, αλλά ασφαλώς μικρότερη από τα στηθαία σκυροδέματος. Σε φορτηγά οχήματα παρέχεται επαρκής ασφάλεια, εφόσον η γωνία πρόσκρουσης δεν υπερβαίνει τις 15°. Η αποτελεσματικότητα είναι περίπου η ίδια με εκείνη των απλών αμφίπλευρων στηθαίων, αλλά χαμηλότερη σε σύγκριση με τα ενισχυμένα.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία των μεταλλικών μετακινητών θωρακίων είναι η καλή αγκύρωση στα δύο τους άκρα. Αυτό επιτυγχάνεται

είτε με σύνδεση σε υπάρχοντα στηθαία, είτε με έμπηξη ή κοχλίωση των ορθοστατών του ακραίου φατνώματος.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, εκτός από την αποτελεσματικότητά τους, τα μεταλλικά θωράκια επιδεικνύουν εύκολη μεταφορά, τοποθέτηση και αφαίρεση, και δεν προκαλούν βλάβες στο οδόστρωμα ή στους φέροντες οργανισμούς γεφυρών. Επίσης, ορισμένοι τύποι που επιδεικνύουν υψηλό βαθμό ασφάλειας και μικρό πλάτος, χρησιμοποιούνται και για το μόνιμο διαχωρισμό μη διαιρεμένων οδών πολλών λωρίδων κυκλοφορίας, με ελάχιστο περιορισμό του πλάτους των λωρίδων κυκλοφορίας.

## 1.9 Πλαστικά στηθαία ασφαλείας οδών

Στηθαία ασφαλείας από πλαστικό υλικό εφαρμόζονται για τον αποκλεισμό και την οριοθέτηση περιοχών σε οδούς όπου εκτελούνται έργα. Κατασκευάζονται από ανθεκτικά πλαστικά υλικά, όπως το σκληρό πολυαιθυλένιο, και κατά κανόνα έχουν τη μορφή χαμηλού στηθαίου New Jersey. Έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα της εύκολης μεταφοράς, τοποθέτησης και αφαίρεσης. Το βάρος τους αυξάνεται με την πλήρωσή τους με νερό ή άμμο. Σε σχέση με τους πλαστικούς κώνους η χρήση τους προτιμάται, καθώς αποκλείουν ολοκληρωτικά την περιοχή του εργοταξίου, ενώ σε περίπτωση πλάγιας πρόσκρουσης οχήματος είναι σε θέση να το επαναφέρουν ομαλά στο οδόστρωμα, ανάλογα με τις συνθήκες πρόσκρουσης.

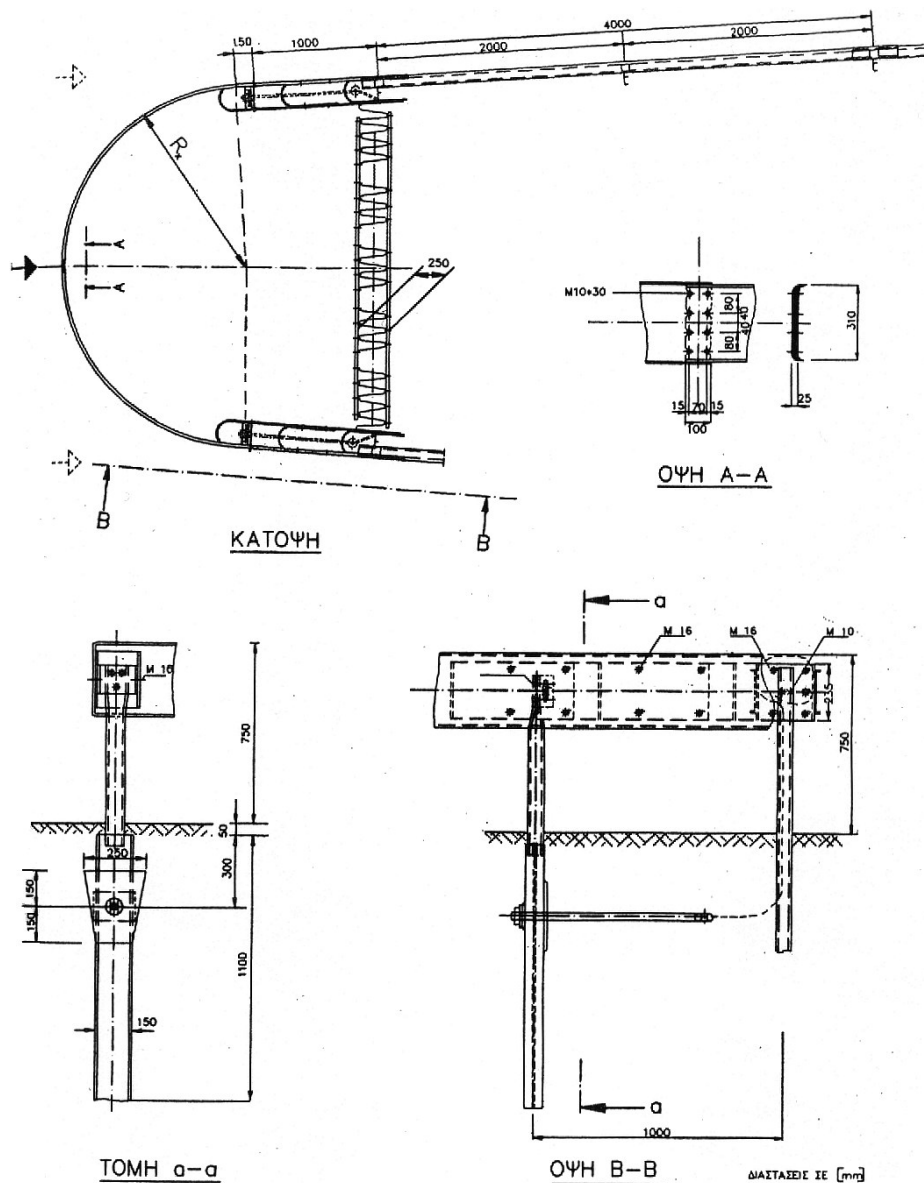
## 1.10 Συστήματα απορρόφησης κινητικής ενέργειας

Τα συνήθη στηθαία ασφαλείας, μεταλλικά ή από σκυρόδεμα, προσφέρουν ικανοποιητική προστασία σε περίπτωση πλευρικής, υπό μικρή γωνία της τάξης των 15°-20°, πρόσκρουσης. Σε περιπτώσεις, όμως, που υπάρχει αυξημένη πιθανότητα πρόσκρουσης με μεγαλύτερη γωνία, η αποτελεσματικότητα των εν λόγω στηθαίων περιορίζεται σημαντικά. Τέτοιες θέσεις είναι, κατά κύριο λόγο, η αρχή διαχωριστικών νησίδων και οι νησίδες διαδρόμων εξόδου, ιδιαίτερα όταν στις θέσεις αυτές υπάρχουν κατασκευές επικίνδυνες για την οδική ασφάλεια, όπως βάθρα γεφυρών, στύλοι ή γέφυρες σήμανσης, στύλοι ηλεκτροφωτισμού, άκρα στηθαίων κλπ. Μία ουσιαστική αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων, τα οποία είναι σε θέση να απορροφούν την κινητική ενέργεια των οχημάτων που προσκρούουν και να τη μετατρέπουν σε ενέργεια παραμόρφωσης.

Σε παλιότερα συστήματα η απορρόφηση της κινητικής ενέργειας επιτυγχάνονταν χάρη στη μεγάλη τους μάζα (συστήματα αδράνειας). Σήμερα έχει επικρατήσει η χρήση των προαναφερθέντων συστημάτων παραμόρφωσης. Τα τελευταία διακρίνονται σε δύο ομάδες:

- **Τηλεσκοπικά συστήματα:** Αποτελούνται από μεταλλικά εγκάρσια διαφράγματα και μεταλλικές πλευρικές λεπίδες, που αγκυρώνονται σε θεμέλιο σκυροδέματος και έχουν τη δυνατότητα καταμήκους μετακίνησης. Η απορρόφηση της κινητικής ενέργειας εξαρτάται από το είδος του συστήματος (π.χ. με κιβώτια από αφρό πολυουρεθάνης, με λεπτότοιχους σωλήνες ή με προεντεταμένα καλώδια μεταξύ των εγκάρσιων διαφραγμάτων). Τα συστήματα αυτά τοποθετούνται μπροστά από μεμονωμένα εμπόδια, ή στην αρχή στηθαίων ασφαλείας.

- Αρθρωτά τόξα με ελατηριωτή χορδή:** Τοποθετούνται σε νησίδες διαδρόμων εξόδου. Αποτελούνται από δύο επίπεδα ελάσματα που συνδέονται αρθρωτά στην κορυφή του τόξου. Τα πέρατα των ελασμάτων ενώνονται μεταξύ τους κατά τη χορδή, με χαλύβδινο έλασμα κυματοειδούς μορφής. Η στήριξη του τόξου πραγματοποιείται με τη βοήθεια δύο ορθοστατών. Αυτοί αποτελούνται από ένα στοιχείο IPE140 μέσα στο έδαφος, και από ένα σωληνωτό  $\varnothing 76\text{mm}$ , που τοποθετείται επάνω στο προηγούμενο και εξέρχεται από το έδαφος. Σε απόσταση 1 m ακολουθούν δύο ορθοστάτες U120 $\times$ 55 $\times$ 5, όπου συνδέονται τα πέρατα των επίπεδων ελασμάτων, το κυματοειδές ελατήριο και τα μεταλλικά στηθαία που ακολουθούν. Πίσω από το κυματοειδές ελατήριο διατάσσεται και καλώδιο ανάσχεσης  $\varnothing 16\text{mm}$ , του οποίου τα πέρατα στερεώνονται μέσα στο έδαφος στα στοιχεία IPE140, με τη βοήθεια ελκυστήρων. Το μήκος του καλωδίου ανάσχεσης είναι ίσο με το μήκος του κυματοειδούς ελατηρίου σε ταυσμένη κατάσταση.



Εικόνα 1.7: Λεπτομέρειες συστήματος αρθρωτού τόξου με ελατηριωτή χορδή [5].

## 1.11 Επιλογή του κατάλληλου τύπου συστήματος αναχαίτισης οχημάτων - Η ελληνική πραγματικότητα

Μετά την παρουσίαση των επιμέρους τύπων συστημάτων αναχαίτισης οχημάτων σε οδούς, και σαν κατακλείδα αυτού του Κεφαλαίου, παρουσιάζονται οδηγίες για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος αναχαίτισης, ανάλογα με το είδος του κινδύνου.

Με βάση αυτά που αναπτύχθηκαν σχετικά με κάθε επιμέρους σύστημα, είναι φανερό ότι οι πιο εφαρμόσιμοι τύποι συστημάτων αναχαίτισης σε συνήθεις οδούς και σε συνήθεις περιπτώσεις είναι τα μεταλλικά στηθαία, καθώς και τα στηθαία από σκυρόδεμα. Πράγματι, τα μεταλλικά θωράκια και τα πλαστικά στηθαία έχουν προσωρινό χαρακτήρα, τοποθετούμενα σε περιοχές εκτέλεσης έργων, ενώ οι απορροφητές κινητικής ενέργειας εφαρμόζονται σε συγκεκριμένες τοπικές θέσεις που υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις απορρόφησης ενέργειας για δυσμενείς συνθήκες σύγκρουσης.

Από εκεί και πέρα, τίθεται το ζήτημα της επιλογής μεταξύ μεταλλικών και από σκυρόδεμα στηθαίων, όπως και της μορφής του στηθαίου, ανάλογα με το είδος του κινδύνου ή του παρόδιου εμποδίου, και για κάθε δυνατή θέση τοποθέτησης των εν λόγω στηθαίων στη διατομή της οδού, δηλαδή σε ενδιάμεσους χώρους διαιρεμένων οδών ή στο άκρο του οδοστρώματος. Τα στοιχεία αυτά δίνονται σύμφωνα με τις γερμανικές προδιαγραφές στους Πίνακες 1.4 και 1.5. Ειδικότερα, στον **Πίνακα 1.4** παρέχονται συνοπτικά στοιχεία για την επιλογή στηθαίου σε ενδιάμεσους χώρους, με βάση το πλάτος και την εγκάρσια κλίση της διαχωριστικής νησίδας, ενώ στον **Πίνακα 1.5** για την επιλογή στηθαίου στο δεξιό άκρο της οδού, με βάση το είδος του κινδύνου ή του επικίνδυνου εμποδίου και την απόστασή του από το οδόστρωμα.

**Πίνακας 1.4:** Επιλογή τύπου στηθαίου ασφαλείας σε διαχωριστικές νησίδες οδών [6].

| ΠΛΑΤΟΣ<br>ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗΣ<br>ΝΗΣΙΔΑΣ b (m) | ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΛΙΣΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ                  |  |  |
|--|---|--|--|
|  | 1:n < 1:10  | 1:10 < 1:n < 1:5   | 1:n > 1:5  |
| b > 4,80                                 | ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)        | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)   | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)<br><i>για υψομετρική διαφορά &gt; 1m:</i> |
| 4,80 > b > 2,80                          | ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)        | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)   | στηθαία σκυροδέματος με διατομή New Jersey   |
| 2,80 > b > 1,80                          | ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)        | <i>ανώτερος κλάδος:</i> ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)<br><i>κατώτερος κλάδος:</i> απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)<br><i>για υψομετρική διαφορά &gt; 1m:</i> στηθαία σκυροδέματος με διατομή New Jersey (ένα αμφίπλευρο ή δύο μονόπλευρα) |  |
| 1,80 > b > 1,30                          | στηθαία σκυροδέματος με αμφίπλευρη διατομή New Jersey |  | δύο μονόπλευρα στηθαία σκυροδέματος με διατομή New Jersey                                |
| b < 1,30                                 | στηθαία σκυροδέματος με αμφίπλευρη διατομή New Jersey |  |  |

*Σημείωση:* Στην παρένθεση αναγράφεται η απόσταση μεταξύ των ορθοστατών.

Πίνακας 1.5: Επιλογή τύπου στηθαίου ασφαλείας στο δεξιό άκρο της οδού [6].

| ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ Ή ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΜΠΟΔΙΟΥ  | ΑΠΟΣΤΑΣΗ a (m) ΜΕΤΑΞΥ ΟΡΙΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΜΠΟΔΙΟΥ                |  |  |                                  |
|--|--|--|--|----------------------------------|
|  | a > 2,5  | 2,5 > a > 1,5                                  | 1,5 > a > 1,0  | a < 1,0                          |
| υδροβιότοποι (εγγύτερη περιοχή)  | ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m), στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey |  |  |                                  |
| υδροβιότοποι (ευρύτερη περιοχή)  | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)                                   |  |  |                                  |
| επικίνδυνα για κατάρρευση φέροντα στοιχεία δομικών κατασκευών, γέφυρες σήμανσης  | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m)                                  |  |  |                                  |
| ηχοπετάσματα   | απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)   |  | a > 1,75m:<br>ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)<br>a < 1,75m:<br>στηθαία σκυροδέματος | στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey |
| σιδηροδρομικές γραμμές   | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)                                   |  | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m), στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey                  |                                  |
| άλλες οδοί   | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)                                   | ενισχυμένα αμφίπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m) | στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey   |                                  |
| άλλες επιφάνειες κυκλοφορίας (παράλληλες οδοί, πρατήρια καυσίμων, χώροι στάθμευσης και ανάπαυσης κλπ.), περιοχές παραμονής ανθρώπων (π.χ. στάσεις, σχολεία), λοιπές προστατευόμενες περιοχές | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)                                   |  | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m), στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey                  |                                  |
| θάλασσες, λίμνες ή ποταμοί   | απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)   | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m) | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m), στηθαία από σκυρόδεμα New Jersey                  |                                  |
| δέντρα, ιστοί, στύλοι στήριξης πινακίδων   | απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)   | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m) | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m)  |                                  |
| τηλέφωνα οδικής βοήθειας   | απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)   |  |  |                                  |
| τοίχοι, κτίσματα, πασσαλοδιαφράγματα   | απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)   | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m) | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (1,33m)  |                                  |
| απότομα πρανή γκρεμών με κλίση >1:3 και ύψος >10m  | ενισχυμένα μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (2,0m)                                   |  |  |                                  |
| απότομα πρανή γκρεμών με κλίση >1:3 και ύψος >3m και <10m  | απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)   |  |  |                                  |
| ανερχόμενα απότομα πρανή   | απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (4,0m)   |  |  |                                  |

Σημείωση: Στην παρένθεση αναγράφεται η απόσταση μεταξύ των ορθοστατών.

Στην Ελλάδα, από τα μέσα της δεκαετίας του '50 η βασικότερη προστασία σε οδούς κάθε είδους είναι τα απλά μεταλλικά στηθαία, είτε στις περισσότερες περιπτώσεις μονόπλευρα, και μάλιστα με αποστάσεις ορθοστατών σχεδόν αποκλειστικά 4,0 m, είτε αμφίπλευρα. Στην πραγματικότητα, το σύστημα αναχαίτισης των μεταλλικών στηθαίων αποτελείται από δύο επιμέρους τύπους στηθαίων, τα απλά και τα ενισχυμένα, και με ρυθμιζόμενες αποστάσεις ορθοστατών, επιλογές που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα συνθηκών σύγκρουσης. Η υιοθέτηση του εν λόγω συστήματος σημαίνει υιοθέτηση όλων των τύπων, και εφαρμογή του κατάλληλου με βάση τις περιστάσεις. Χρήση αποκλειστικά και μόνο των απλών στηθαίων προφανώς θα οδηγήσει σε ανεπαρκή προστασία σε ορισμένες θέσεις. Επίσης, ανεπαρκείς είναι και οι ελληνικές προδιαγραφές αναφορικά με τα επιμέρους τμήματα των στηθαίων, και ειδικά με τους ορθοστάτες, όπως αναπτύχθηκε στην Παράγραφο 1.5.

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι ένα εκτεταμένο μήκος του ελληνικού οδικού δικτύου είναι εφοδιασμένο με **τοιχία από σκυρόδεμα ή από λιθοδομή**, υλικά και τεχνολογίες που ήταν ουσιαστικά τα μόνα διαθέσιμα και εφαρμοζόμενα τις εποχές που κατασκευάστηκαν τα εν λόγω οδικά τμήματα. Σήμερα, που υπάρχει διαθέσιμη ευρύτερη ποικιλία συστημάτων και τεχνογνωσίας, είναι απαραίτητος ο επανέλεγχος της καταλληλότητας των εν λόγω κατασκευών.

Ουσιαστικά, το πρόβλημα της εφαρμογής προστατευτικών στηθαίων τέθηκε σε νέα βάση με την έναρξη της κατασκευής των μεγάλων έργων οδοποιίας κατά τη δεκαετία του '90, όπου η ανάγκη κατασκευής αυτοκινητοδρόμων υψηλής στάθμης αποκάλυψε τις ελλείψεις στο συγκεκριμένο πεδίο. Έτσι, οι διατομές από σκυρόδεμα τύπου New Jersey, που σπάνια συναντώνταν σε ελληνικές οδούς, εξελίχθηκαν σε πρώτη επιλογή για τις νησίδες αυτοκινητοδρόμων, δεδομένης και της οικονομικής στενότητας που απαγορεύει την υιοθέτηση ευρέων ενδιάμεσων χώρων. Επίσης, οι βελτιώσεις υφιστάμενων τμημάτων, που μετέτρεψαν τα εν λόγω τμήματα σε εκτεταμένα εργοτάξια, οδήγησαν σε ανάγκη εφαρμογής μετακινητών προσωρινών στηθαίων. Τέλος, πρόοδος επιδεικνύεται και στο πεδίο εφαρμογής των διατάξεων απορρόφησης ενέργειας, οι οποίες ήδη τοποθετούνται σε αιχμές διαδρόμων εξόδου και σε άλλες επικίνδυνες θέσεις.

## ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΗΜΑΝΣΗ ΟΔΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΕΙΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

### 2.1 Εισαγωγή

Η οριζόντια σήμανση των οδών είναι το τμήμα της σήμανσης που αποτελείται από ενδείξεις επάνω στο οδόστρωμα. Σκοπός της είναι, είτε από μόνη της, είτε σε συνδυασμό με άλλες διατάξεις ελέγχου της κυκλοφορίας, να καθοδηγήσει τον οδηγό, να ρυθμίσει την κυκλοφορία, να καθορίσει ειδικές περιοχές του οδοστρώματος και να καταστήσει εμφανή ορισμένα επικίνδυνα σημεία της οδού. Οι βασικές διατάξεις που αποτελούν την οριζόντια σήμανση είναι οι *διαγραμμίσεις* και οι *ανακλαστήρες οδοστρώματος*.

Οι διαγραμμίσεις συναντώνται σχεδόν σε οποιοδήποτε οδικό περιβάλλον, σε αστικές ή υπεραστικές οδούς, και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργικότητα και ασφάλεια της κίνησης. Διαγραμμίσεις που υποδεικνύουν τα άκρα της οδού και διαχωρίζουν τις λωρίδες κίνησης προσφέρουν σημαντική βοήθεια στον οδηγό, όσον αφορά στο έργο του ελέγχου της θέσης επάνω στο οδόστρωμα, τόσο σε σχέση με τα άκρα του οδοστρώματος και των λωρίδων κυκλοφορίας, όσο και προς τα άλλα αυτοκίνητα που βρίσκονται γύρω του. Τα πλεονεκτήματα της διαγράμμισης για την οπτική καθοδήγηση γίνονται ιδιαίτερα σημαντικά όταν οι καιρικές συνθήκες δεν είναι καλές, ή τη νύχτα, όταν το μάτι δεν μπορεί να διακρίνει τα στοιχεία που περιβάλλουν την οδό. Επίσης, αν ο οδηγός θαμνωθεί από τους φανούς αυτοκινήτου που έρχεται από τη αντίθετη κατεύθυνση, μπορεί να ελέγχει τη θέση του με βάση τη διαγράμμιση στην άκρη της οδού, αποφεύγοντας έτσι να κοιτά εμπρός.

Οι διαγραμμίσεις τοποθετούνται, επίσης, για να ρυθμίζουν την κυκλοφορία στην οδό, υποδεικνύοντας, για παράδειγμα, τις λωρίδες επιτάχυνσης, επιβράδυνσης ή στάθμευσης, ή σαν απαγορευτικά σήματα, όπως συνεχής γραμμή που απαγορεύει τη διάβασή της. Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος τους και για τη διευθέτηση της κυκλοφορίας σε διασταυρώσεις, όπου συναντώνται βέλη, επιφάνειες αποκλεισμού και γραμμές στάσης. Όλες αυτές οι διαγραμμίσεις καθοδηγούν την κυκλοφορία, διευκολύνουν ή επιβάλλουν τη λήψη αποφάσεων για την πορεία του αυτοκινήτου και προειδοποιούν τον οδηγό για τον κίνδυνο που αντιμετωπίζει αφήνοντας μια συγκεκριμένη λωρίδα.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερή η σημασία τόσο του ορθού σχεδιασμού των διαγραμμίσεων, όσο και της πρόσδοσης σε αυτές των επιθυμητών χαρακτηριστικών που θα διατηρούν τη χρηστικότητα τους σε υψηλά επίπεδα. Η σημασία αυτή γίνεται περισσότερο έντονη, δεδομένου ότι οι διαγραμμίσεις καλούνται να λειτουργήσουν ικανοποιητικά σε ένα ευρύ φάσμα καιρικών συνθηκών και ορατότητας.

Συνοπτικά αναφέρεται ότι τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία μίας διαγράμμισης είναι το χρώμα, η λαμπρότητα, η οπισθανάκλαση, η αντίσταση σε ολίσθηση και η διάρκεια ζωής. Ως *οπισθανάκλαση* χαρακτηρίζεται η ικανότητα του υλικού της διαγράμμισης να αντανακλά το προσπίπτον φως στην ίδια διεύθυνση της πρόσπτωσης, και είναι μία ιδιότητα καθοριστικής σημασίας στη νυχτερινή οδήγηση.

Στο παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μορφές και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διαγραμμίσεων, γίνεται νύξη σχετικά με τις ιδιότητές τους και παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τα υλικά και τις μεθόδους εφαρμογής τους.

## 2.2 Μορφές διαγραμμίσεων

Από την καθημερινή εμπειρία, εύκολα διαπιστώνεται ότι υπάρχει ένα ευρύ φάσμα ειδών και χρωμάτων διαγραμμίσεων στα οδοστρώματα κυκλοφορίας.

Ως προς τις μορφές τους, οι διαγραμμίσεις διακρίνονται *σε διαμήκεις, εγκάρσιες και ειδικές διαγραμμίσεις*. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μορφές που συναντώνται στην Ελλάδα, σύμφωνα με τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας [9] και σχετική Υπουργική Απόφαση [12]. Παρόμοιες είναι και οι διαγραμμίσεις στο εξωτερικό.

Οι *διαμήκεις διαγραμμίσεις* συνιστώνται από γραμμές που σχεδιάζονται κατά μήκος της οδού, συνήθως στον άξονα ή στις οριογραμμές της:

- *Συνεχής γραμμή στο άκρο του οδοστρώματος*, που λειτουργεί ως οριογραμμή.
- *Συνεχής μονή ή διπλή γραμμή στον άξονα της οδού*, που διαχωρίζει τις αντίθετες κατευθύνσεις κυκλοφορίας και απαγορεύει την υπέρβασή της.
- *Διακεκομμένη γραμμή στον άξονα της οδού*, που διαχωρίζει τις αντίθετες κατευθύνσεις και επιτρέπει το προσπέρασμα.
- *Μικτή γραμμή στον άξονα της οδού*, αποτελούμενη από μία συνεχή και μία διακεκομμένη γραμμή, που διαχωρίζει τις αντίθετες κατευθύνσεις και ρυθμίζει ανάλογα το προσπέρασμα.
- *Διακεκομμένες γραμμές διαχωρισμού λωρίδων ίδιας κατεύθυνσης*, που χαράσσονται σε οδούς με πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.
- *Διακεκομμένη γραμμή διαχωρισμού λωρίδας επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης*, που διαχωρίζει τις εν λόγω λωρίδες από την κυρίως οδό, και έχει πυκνότερη διάταξη από τις συνήθεις διακεκομμένες γραμμές των προηγούμενων περιπτώσεων.
- *Διακεκομμένη γραμμή προειδοποίησης*, σε προσέγγιση διπλής ή συνεχούς γραμμής, ή σε άλλο τμήμα της οδού με ιδιαίτερο κίνδυνο, και έχει ακόμα πιο πυκνή διάταξη.
- *Διπλές διακεκομμένες γραμμές διαχωρισμού λωρίδων*, όταν η κατεύθυνση σε αυτές δύναται να αντιστραφεί.

Οι *εγκάρσιες διαγραμμίσεις* είναι διαγραμμίσεις τις οποίες ο οδηγός συναντάει εγκάρσια προς την πορεία του:

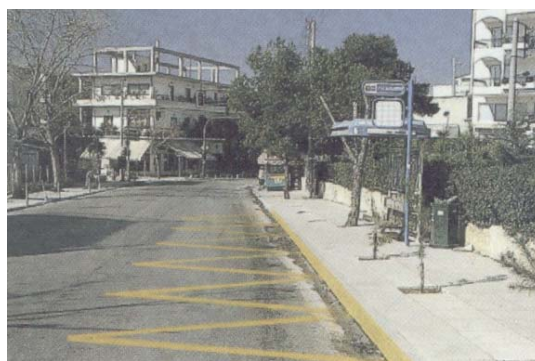
- *Συνεχής γραμμή κάθετη στη λωρίδα κυκλοφορίας*, που λειτουργεί ως γραμμή στάσης.
- *Διακεκομμένη γραμμή κάθετα στη λωρίδα κυκλοφορίας*, που επιβάλλει παραχώρηση προτεραιότητας (π.χ. σε ισόπεδους κόμβους).
- *Διαγραμμίσεις διαβάσεων πεζών*
- *Γραμμή αποτελούμενη από τετράγωνα ή παραλληλόγραμμα σύμβολα*, σε διαβάσεις ποδηλατιστών.

Τέλος, υπάρχουν και οι λοιπές **ειδικές διαγραμμίσεις**, οι οποίες περιλαμβάνουν είτε γραμμές, είτε επιγραφές, είτε διάφορα σύμβολα επάνω στο οδόστρωμα:

- *Παράλληλες λοξές συνεχείς γραμμές*, που υποδηλώνουν επιφάνεια αποκλεισμού επάνω στο οδόστρωμα, **Εικόνα 2.1**.
- *Τεθλασμένη γραμμή στο άκρο του οδοστρώματος*, που απαγορεύει τη στάθμευση, **Εικόνα 2.2**.
- *Συνεχής ή διακεκομμένη γραμμή*, είτε για διαχωρισμό λωρίδας αποκλειστικής κίνησης οχημάτων, είτε κίτρινου χρώματος στο άκρο του οδοστρώματος για περιορισμό στάσης και στάθμευσης.
- *Βέλη εκτροπής ή επιλογής λωρίδας*, όπως στην **Εικόνα 2.3**.
- *Αναγραφές λέξεων στο οδόστρωμα*, όπως STOP, BUS, TAXI κλπ.
- *Διάφορα σύμβολα ή σχήματα*, όπως ποδήλατο, λεωφορείο, σύμβολο για ΑΜΕΑ, ή τρίγωνα, ρόμβοι κλπ., αντίστοιχα.
- *Διαγραμμίσεις χώρων στάθμευσης*
- *Πλέγμα διαγώνιων γραμμών σε ισόπεδους κόμβους*, όπως στην **Εικόνα 2.4**.
- *Σύμβολα πινακίδων κυκλοφορίας επάνω στο οδόστρωμα*, από ειδικές μεμβράνες, τα οποία επαναλαμβάνουν αντίστοιχα σήματα πινακίδων, όπως στην **Εικόνα 2.5**.



**Εικόνα 2.1:** Διαγράμμιση επιφάνειας αποκλεισμού οδοστρώματος.



**Εικόνα 2.2:** Τεθλασμένη γραμμή στο άκρο του οδοστρώματος.



**Εικόνα 2.3:** Βέλη επιλογής λωρίδας.



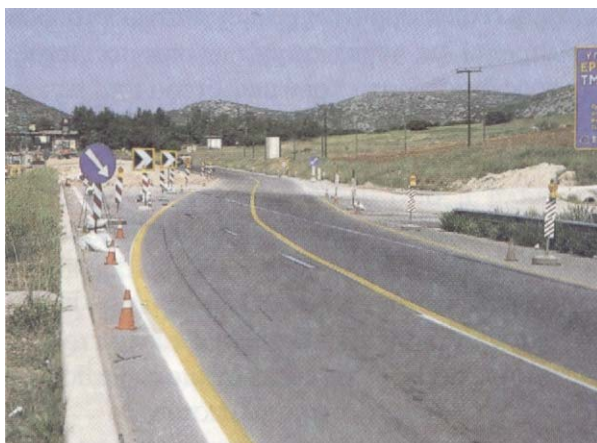
**Εικόνα 2.4:** Πλέγμα γραμμών σε πολυσύχναστο ισόπεδο κόμβο. Η είσοδος στην περιοχή απαγορεύεται εάν το όχημα πρόκειται να παραμείνει εκεί.



**Εικόνα 2.5:** Επανάληψη επάνω στο οδόστρωμα σήματος πινακίδας.

Το **χρώμα** των διαγραμμίσεων μπορεί να είναι **λευκό, κίτρινο ή κυανό**, ενώ στο εξωτερικό χρησιμοποιείται κατά περίπτωση και το κόκκινο.

Στην Ελλάδα το χρώμα που εφαρμόζεται στην πλειοψηφία των διαγραμμίσεων είναι το λευκό. Κίτρινο και κυανό εφαρμόζονται κυρίως σε διαγραμμίσεις που σχετίζονται με έλεγχο στάθμευσης. Κίτρινες είναι, επίσης, διαγραμμίσεις σε περιοχές με συχνές ομίχλες, καθώς και οι προσωρινές διαγραμμίσεις σε περιοχές έργων, οι οποίες υπερισχύουν των υπαρχουσών λευκών, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στην **Εικόνα 2.6**.



**Εικόνα 2.6:** Κίτρινη διαγράμμιση σε περιοχή εκτελούμενων έργων, η οποία υπερισχύει της λευκής.

### 2.3 Γεωμετρικά στοιχεία διαγραμμίσεων

Τα γεωμετρικά στοιχεία των εφαρμοζόμενων διαγραμμίσεων είναι τα χαρακτηριστικά που ουσιαστικά προσδιορίζουν τη μορφή και «προσωπικότητά» τους. Τα γεωμετρικά αυτά στοιχεία είναι το πάχος των γραμμών, τα μήκη και οι αποστάσεις των διακεκομμένων γραμμών, η διαμόρφωση των διαβάσεων και διαγραμμίσεων αποκλεισμού, και η μορφή των συμβόλων, γραμμάτων και σχημάτων που χρησιμοποιούνται. Για την Ελλάδα όλα τα παραπάνω στοιχεία καθορίζονται από σχετική Υπουργική Απόφαση [12]. Ανάλογες προδιαγραφές εφαρμόζονται και στο εξωτερικό.

Ειδικότερα, κατά τις **ελληνικές προδιαγραφές** ισχύουν, μεταξύ άλλων, και τα εξής:

- Το πλάτος των γραμμών που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 cm. Οι γραμμές που διαχωρίζουν μια λωρίδα κυκλοφορίας από μια λωρίδα επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης πρέπει να έχουν ελάχιστο πάχος 20 cm.

-Η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών κατά μήκος γραμμών πρέπει να είναι μεταξύ 10 και 18 cm.

-Σε μία διακεκομμένη γραμμή που χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει δυο λωρίδες κυκλοφορίας, ο λόγος του μήκους της γραμμής προς το μήκος του διάκενου πρέπει να είναι μεταξύ 1:2 και 1:4, το μήκος της γραμμής μεταξύ 1 και 9 m, το δε μέγιστο μήκος διακένου 12 m. Για τη διαμόρφωση λαμβάνεται υπόψη η ταχύτητα μελέτης της οδού.

-Μία συνεχής απλή ή διπλή διαχωριστική γραμμή δεν πρέπει να έχει μήκος μικρότερο από 20 m. Η ακριβής διαμόρφωση της διαγράμμισης, όσον αφορά τις συνθήκες προσπέρασης, εξαρτάται από την ταχύτητα και ορατότητα στα εν λόγω σημεία (π.χ. οριζόντιες και κατακόρυφες καμπύλες).

-Το πάχος της γραμμής διακοπής πορείας κυμαίνεται μεταξύ 20 και 60 cm (συνιστάται πάχος 30 cm). Η εγκάρσια γραμμή διακοπής πορείας μπορεί να συνοδεύεται και από κατά μήκος διαγράμμιση, καθώς επίσης και από την λέξη STOP που αναγράφεται επάνω στο οδόστρωμα.

-Το πάχος των διακεκομμένων γραμμών παραχώρησης προτεραιότητας πρέπει να είναι μεταξύ 20 και 60 cm, το δε μήκος τους τουλάχιστο διπλάσιο του πλάτους.

-Στις διαβάσεις πεζών τύπου “Zebra” το διάστημα μεταξύ των ραβδώσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το πλάτος των γραμμών και όχι μεγαλύτερο από το διπλάσιό του. Το πλάτος μίας τέτοιας γραμμής και ενός κενού μαζί πρέπει να είναι μεταξύ 80 και 140 cm. Σαν ελάχιστο πλάτος της διαβάσεως συνιστώνται για τις μεν οδούς με όριο ταχύτητας μέχρι 60 km/h τα 2,5 m, για τις δε οδούς με όριο ταχύτητας μεγαλύτερο από 60 km/h, τα 4,0 m.

Παρατηρείται ότι οι ελληνικές προδιαγραφές παρουσιάζουν γενικά μία ασάφεια σε κάποια χαρακτηριστικά μεγέθη, και ειδικά όσον αφορά το πάχος των γραμμών και τη διάταξη των διακεκομμένων λωρίδων, αφήνοντας την επιλογή στην κρίση του μελετητή. Το αποτέλεσμα είναι να έχουν διαμορφωθεί στην Ελλάδα διαγραμμίσεις μεταβλητών γεωμετρικών στοιχείων σε παρόμοιες μεταξύ τους οδούς.

Οι **γερμανικές τεχνικές οδηγίες** [13] είναι πιο συγκεκριμένες στο εν λόγω πεδίο. Κατά τις οδηγίες αυτές, ορίζονται δύο ονομαστικά πάχη **διαμήκων** γραμμών, οι λεπτές με πάχος 12 cm και οι φαρδιές με πάχος 25 cm. Ειδικά για τους αυτοκινητοδρόμους, τα εν λόγω πάχη είναι 15 cm και 30 cm αντίστοιχα. Εν γένει, οι λεπτές συνεχείς γραμμές εφαρμόζονται ως οριογραμμές σε συνήθεις οδούς, καθώς και για το διαχωρισμό λωρίδων κυκλοφορίας. Οι λεπτές διακεκομμένες γραμμές εφαρμόζονται για διαχωρισμό λωρίδων της ίδιας ή διαφορετικής κατεύθυνσης κυκλοφορίας. Αντίστοιχα, οι φαρδιές συνεχείς γραμμές εφαρμόζονται ως οριογραμμές σε αυτοκινητοδρόμους ή για διαχωρισμό ειδικών λωρίδων, ενώ οι φαρδιές διακεκομμένες για διαχωρισμό λωρίδων επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης ή ειδικών λωρίδων.

Συγκεκριμένη είναι και η διαμόρφωση των διακεκομμένων λωρίδων, όπου ορίζονται τρεις λόγοι μήκους γραμμής προς μήκος διακένου, και ειδικότερα 1:2, 1:1 και 2:1. Η αναλογία 1:2 εφαρμόζεται σε διακεκομμένες γραμμές διαχωρισμού συνήθων λωρίδων κίνησης, σε κάθε είδος οδού. Η αναλογία 1:1 εφαρμόζεται στις ίδιες γραμμές σε θέσεις κόμβων, καθώς και για το διαχωρισμό λωρίδων επιτάχυνσης

και επιβράδυνσης, ενώ η αναλογία 2:1 (πυκνή διάταξη) σε ειδικές περιπτώσεις. Συγκεκριμένα είναι και τα αντίστοιχα μήκη των γραμμών και διακένων.

Σαν παράδειγμα αναφέρονται οι εξής περιπτώσεις, πάντα κατά τις γερμανικές τεχνικές οδηγίες:

-Οι οριογραμμές των αυτοκινητοδρόμων είναι συνεχείς, πάχους 30 cm.

-Οι συνήθεις διακεκομμένες γραμμές διαχωρισμού λωρίδων σε αυτοκινητοδρόμους έχουν πάχος 15 cm και διαστάσεις **γραμμής/διακένου** ίσες με 6,0/12,0 (m).

-Οι ίδιες γραμμές σε συνήθεις οδούς έχουν πάχος 12 cm και αντίστοιχες διαστάσεις 4,0/8,0 (m) εκτός κατοικημένων και 3,0/6,0 (m) εντός κατοικημένων περιοχών. Σε θέσεις ισόπεδων κόμβων οι διαστάσεις γίνονται 3,0/3,0 (m).

-Οι γραμμές διαχωρισμού λωρίδων επιτάχυνσης και επιβράδυνσης σε αυτοκινητοδρόμους έχουν πάχος 30 cm και διαστάσεις 6,0/6,0 (m).

-Η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών διαμήκων γραμμών είναι όση και τα πάχος των εν λόγω γραμμών, δηλαδή 12 ή 15 cm.

Ανάλογα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ορίζονται και στις **αμερικανικές προδιαγραφές** [8]. Τα πάχη των λεπτών γραμμών είναι 10-15 cm, ενώ των φαρδιών τουλάχιστον το διπλάσιο. Στις συνήθεις διακεκομμένες γραμμές διαχωρισμού λωρίδων η αναλογία μήκους γραμμής/διακένου είναι 1:3 και, ακριβέστερα, τα αντίστοιχα μήκη 3,0/9,0 (m).

## 2.4 Επιθυμητές ιδιότητες διαγραμμίσεων

Ως στοιχείο του οποίου η εγκατάσταση και συντήρηση κοστίζει, και το οποίο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργικότητα και ασφάλεια του οδικού περιβάλλοντος, οι διαγραμμίσεις οφείλουν να πληρούν τις προδιαγραφόμενες ιδιότητες, οι δε προδιαγραφές να αναβαθμίζονται στο πέρασμα του χρόνου, ανταποκρινόμενες στις εκάστοτε απαιτήσεις και συνθήκες.

Οι βασικές ιδιότητες που συνήθως σχετίζονται με τις διαγραμμίσεις των οδοστρωμάτων είναι οι ακόλουθες:

- **Χαρακτηριστικά ορατότητας**, το βασικότερο πεδίο ιδιοτήτων, αφού οι διαγραμμίσεις λειτουργούν για τον οδηγό κυρίως βλέποντάς τις.
- **Ανθεκτικότητα**, καθώς οι διαγραμμίσεις έχουν συνήθως πολύ περιορισμένο χρόνο ζωής σε σχέση με τα υπόλοιπα στοιχεία της οδού.
- **Ολισθηρότητα** κατά τη διέλευση των οχημάτων από επάνω τους.
- **Ενόχληση κατά την τοποθέτηση**, καθώς ο περιορισμένος χρόνος ζωής τους επιβάλλει συχνή συντήρηση με αναγκαστική παρενόχληση της κυκλοφορίας.
- **Ευκολία αφαίρεσης**, καθώς πολλές φορές απαιτείται επαναδιευθέτηση της κυκλοφορίας σε μία οδό, ή εφαρμογή προσωρινής διαγράμμισης.

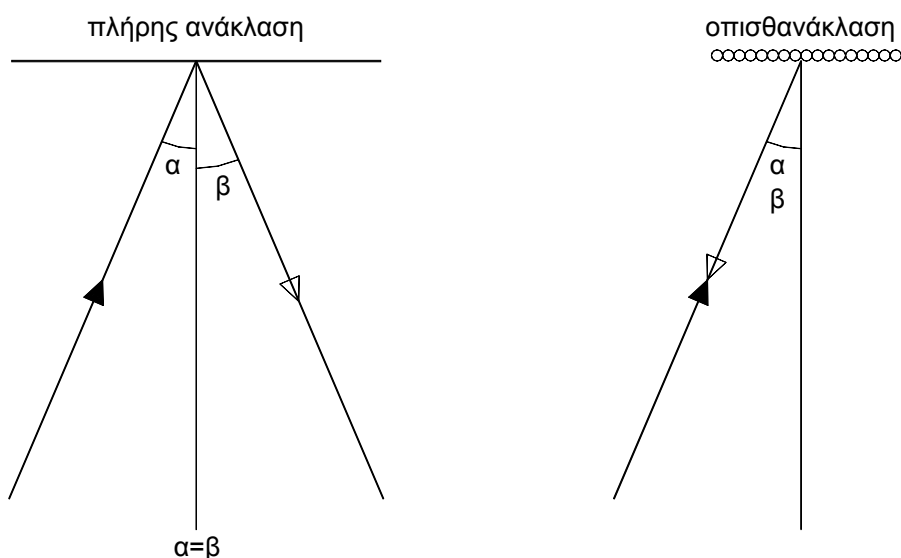
Η σύγχρονη βιομηχανία έχει δημιουργήσει πληθώρα υλικών και μεθόδων εφαρμογής, που καλύπτουν σε διάφορους βαθμούς τις παραπάνω απαιτήσεις. Στη συνέχεια αναπτύσσονται διεξοδικότερα οι προαναφερθείσες ιδιότητες<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Επειδή στις Υποπαραγράφους που ακολουθούν γίνονται μερικές πρωθύστερες αναφορές σε διάφορα υλικά και μεθόδους εφαρμογής, τίθεται υπόψη του αναγνώστη ότι το πεδίο των υλικών καλύπτεται διεξοδικά στην **Παράγραφο 2.5**.

### 2.4.1 Χαρακτηριστικά ορατότητας

Οι διαγραμμίσεις πρέπει να είναι και να παραμένουν ορατές κάθε στιγμή του εικοσιτετραώρου και υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες. Η ορατότητα των διαγραμμίσεων εξασφαλίζεται κυρίως με την **αντίθεση** του χρώματος με την επιφάνεια του οδοστρώματος. Η **φωτεινότητα** των διαγραμμίσεων προέρχεται από την αντανάκλαση του φυσικού φωτισμού την ημέρα, και του φωτισμού των οδών ή των φανών των αυτοκινήτων τη νύχτα, και εξαρτάται όχι μόνο από το χρώμα, αλλά και από την υφή της επιφάνειάς τους και τη διεύθυνση φωτισμού.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας υπάρχει διάχυτος φωτισμός, οπότε η αντανάκλαση γίνεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Παρομοίως συμβαίνει και σε οδούς που φωτίζονται με συνεχή φωτισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας. Όταν, όμως, η οδός δεν φωτίζεται τη νύχτα, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η φωτεινή δέσμη των φανών του αυτοκινήτου που προσπίπτει επάνω στη διαγράμμιση, αντανακλάται προς την κατεύθυνση του οδηγού. Η ιδιότητα αυτή είναι γνωστή ως **οπισθανάκλαση** (retroreflection). Όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2.7**, η οπισθανάκλαση, μακροσκοπικά, είναι εκ διαμέτρου αντίθετη με την πλήρη ανάκλαση των λείων υλικών, αφού η



**Εικόνα 2.7:** Πλήρης ανάκλαση και οπισθανάκλαση: στη δεύτερη περίπτωση το φως επιστρέφει απευθείας πίσω στον οδηγό.

φωτεινή δέσμη ανακλάται πίσω, προς την ίδια διεύθυνση και με την ίδια γωνία. Για την επίτευξη της οπισθανάκλασης διασπείρονται επάνω στη διαγράμμιση **γυάλινα σφαιρίδια**, κατά τη διέλευση από το εσωτερικό των οποίων οι φωτεινές δέσμες των φανών των οχημάτων υφίστανται διαδοχικές διαθλάσεις και ανακλάσεις, ώστε να ανακλώνται μακροσκοπικά υπό την επιθυμητή γωνία. Τα γυάλινα αυτά σφαιρίδια είτε αναμιγνύονται με το υλικό της διαγράμμισης πριν από την τοποθέτησή του, είτε διασκορπίζονται επάνω του αμέσως μετά, είτε χρησιμοποιείται συνδυασμός των δύο μεθόδων.

Σε περίπτωση βροχής οι διαγραμμίσεις συχνά καλύπτονται από νερό, οπότε τα περισσότερα υλικά χάνουν την αποτελεσματικότητά τους. Σε αυτήν την περίπτωση, περισσότερο επιτυχείς θεωρούνται οι **ανάγλυφες διαγραμμίσεις**, οι οποίες προεξέχουν από το στρώμα του νερού. Οι ανάγλυφες διαγραμμίσεις αναπτύσσονται περαιτέρω στην **Παράγραφο 2.7**.

### 2.4.2 Ανθεκτικότητα και φθορές διαγραμμίσεων

Μία διαγράμμιση αντικαθίσταται πολλές φορές κατά τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος. Γενικεύσεις σχετικά με το χρόνο αντικατάστασης είναι δύσκολο να γίνουν, καθώς οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής της διαγράμμισης είναι πολλοί. Οι σημαντικότεροι από αυτούς θεωρείται ότι είναι **η σύνθεση και πυκνότητα της κυκλοφορίας, το είδος και το πάχος του υλικού της διαγράμμισης, η τεχνική τοποθέτησης και οι καιρικές συνθήκες**.

Ένας αρχικός παράγοντας που μπορεί να προκαλέσει πρόωρη αστοχία της διαγράμμισης είναι η κακή πρόσφυση του υλικού στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Συνήθως τα προβλήματα πρόσφυσης σχετίζονται όχι τόσο με τα ασφατικά οδοστρώματα, όσο με αυτά από σκυρόδεμα. Τα τελευταία δημιουργούν συνθήκες που είναι πολύ πιθανό να οδηγήσουν σε αποτυχία της διαγράμμισης λόγω κακής συγκόλλησης. Τέτοιες συνθήκες μπορεί να είναι η τάση του νερού που ανέρχεται στην επιφάνεια, η συγκέντρωση ανόργανων αλάτων, ή η ψύξη του νερού κάτω από τις ταινίες διαγράμμισης. Στα ασφατικά οδοστρώματα αποτυχία στην πρόσφυση μπορεί να εμφανιστεί όταν η εφαρμογή γίνει σε φρεσκοστρωμένη οδό.

Η ανθεκτικότητα της διαγράμμισης επηρεάζεται και από στοιχεία όπως η σκόνη, οι ακαθαρσίες, η λάσπη και τα σημάδια από ελαστικά, που επηρεάζουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό την ανθεκτικότητα, ανάλογα και με τη θέση και το υλικό κατασκευής της διαγράμμισης. Για παράδειγμα, η διαγράμμιση των οριογραμμών της οδού καλύπτεται πολύ γρήγορα με λάσπη που εκτινάσσεται από τα διερχόμενα αυτοκίνητα, με αποτέλεσμα να καταστρέφεται γρηγορότερα. Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι μερικά υλικά έχουν μεγαλύτερη τάση να συγκρατούν ακαθαρσίες, όπως τα θερμοπλαστικά, τα οποία παρουσιάζουν τραχεία επιφάνεια, με αποτέλεσμα τη συγκράτηση ακαθαρσιών στους πόρους τους.

Όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες, καθοριστικός παράγοντας φθοράς των διαγραμμίσεων είναι οι χιονοπτώσεις, αν και όχι τόσο αυτές καθ'αυτές, όσο οι συνέπειές τους. Έτσι, σε περιοχές με συχνές χιονοπτώσεις τα αποχιονιστικά μηχανήματα, οι αλυσίδες και τα ειδικά ελαστικά χιονιού προξενούν τη γρήγορη φθορά των διαγραμμίσεων, οδηγώντας στην ανάγκη εφαρμογής χαμηλότερων παχών διαγραμμίσεων, όπως με την τεχνική της βαφής, ή του ψεκασμού πλαστικού.

Σχετικά με τις φθορές, τρεις χαρακτηριστικές περιπτώσεις που μπορούν, τελικά, να αχρηστέψουν μία διαγράμμιση, είναι οι εξής:

- **Διήθηση του ασφατικού υλικού (bleeding):** Συμβαίνει συχνά, όταν οι διαγραμμίσεις εφαρμόζονται σε ασφατικό οδόστρωμα. Το ασφατικό υλικό λιώνει λόγω της θερμοκρασίας ή λόγω της επίδρασης κάποιου διαλύτη, και εισχωρεί στη διαγράμμιση. Γενικά, μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση υλικών διαγράμμισης που δεν περιέχουν ενώσεις που διαλύουν τα ασφατικά προϊόντα, ή με τη μείωση της θερμοκρασίας εφαρμογής, για υλικά που τοποθετούνται εν θερμώ.
- **«Σύρσιμο» (greeping):** Είναι η περίπτωση όπου οι διαγραμμίσεις παραμορφώνονται και αλλάζουν σχήμα. Μπορεί να συμβεί όταν, με ζεστό καιρό, θερμοπλαστικές διαγραμμίσεις παραδοθούν στην κυκλοφορία πολύ γρήγορα μετά από την τοποθέτησή τους. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται, επίσης, και στις διαγραμμίσεις από ταινίες, που μπορεί να παραμορφωθούν ή να μετακινηθούν.

- **Ρηγμάτωση (cracking):** Προκαλείται μερικές φορές σε ανάγλυφες διαγραμμίσεις, κάτω από ψυχρές καιρικές συνθήκες. Τα υλικά καθίστανται εύθραυστα και σπάζουν όταν πιεστούν.

### 2.4.3 Ολισθηρότητα

Αν και η διαγράμμιση καταλαμβάνει μικρό μέρος της επιφάνειας του οδοστρώματος, είναι σημαντικό να ελέγχεται η ολισθηρότητά της. Η σημασία της τελευταίας είναι ιδιαίτερη σε κρίσιμα σημεία, όπως οι κόμβοι, οι διαβάσεις πεζών και άλλα σημεία, όπου τα οχήματα καλούνται και να τροχοπεδήσουν επάνω στη διαγράμμιση.

Το υλικό της διαγράμμισης πρέπει κατά το δυνατόν να είναι τουλάχιστον της ίδιας αντίστασης σε ολισθηρότητα σε σχέση με το οδόστρωμα. Έτσι, είναι βασικής σημασίας οποιοδήποτε υλικό να παρουσιάζει τραχιά επιφάνεια, η οποία ενισχύει την πρόσφυση σε στεγνές και υγρές συνθήκες. Η χρήση χρώματος σε παχύ στρώμα δημιουργεί λεία, και συνεπώς ολισθηρή, επιφάνεια. Αντίθετα, τα θερμοπλαστικά υλικά παρουσιάζουν ικανοποιητική αντίσταση σε ολίσθηση.

Για την αντίσταση σε ολίσθηση συνιστάται η εξασφάλιση τιμών SRV=45 για τις διαμήκεις γραμμές και SRV=55 για τις λοιπές διαγραμμίσεις.

### 2.4.4 Ενόχληση κατά την τοποθέτηση

Η πολύ χαμηλή, σχετικά με τα υπόλοιπα στοιχεία που απαρτίζουν ή εξοπλίζουν μία οδό, διάρκεια ζωής των διαγραμμίσεων οδηγεί σε ανάγκη για πολύ συχνή συντήρησή τους, η οποία, αναγκαστικά, προκαλεί και ενόχληση στη κυκλοφορία. Έτσι, εκτός από απαίτηση μεγαλύτερης διάρκειας ζωής, μία διαγράμμιση θα πρέπει και να εφαρμόζεται γρήγορα.

Τα περισσότερα υλικά διαγράμμισης τοποθετούνται σε υγρή ή ημιστερεή μορφή, και για τη στερεοποίησή τους απαιτείται η μεσολάβηση κάποιου χρονικού διαστήματος. Για την ελάττωση του εν λόγω διαστήματος στο ελάχιστο δυνατό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα πρόσμικτα. Θέρμανση της επιφάνειας του οδοστρώματος και του υλικού της διαγράμμισης επιταχύνει την πήξη και, κατά συνέπεια, ελαττώνει και το χρόνο διακοπής της κυκλοφορίας.

Ορισμένες καιρικές συνθήκες μπορούν, επίσης, να σταθούν εμπόδιο ή να καθυστερήσουν την τοποθέτηση της διαγράμμισης. Έτσι, πρέπει, γενικά, να αποφεύγεται η εφαρμογή υπό βροχή, όταν η θερμοκρασία του οδοστρώματος είναι χαμηλή, και, για τα υλικά σε υγρή μορφή, όταν φυσάει αέρας.

### 2.4.5 Ευκολία αφαίρεσης

Η αφαίρεση των διαγραμμίσεων είναι πολλές φορές αναγκαία για κάποια νέα διευθέτηση της κυκλοφορίας, αλλά παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες, χωρίς να είναι πάντα και επιτυχημένη. Η αφαίρεση ή εξαφάνιση των διαγραμμίσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με **ξύσιμο ή θρυμμάτισμα, κάψιμο, επεξεργασία με κατάλληλα χημικά μέσα, αμμοβολή, ή κάλυψη με μαύρα χρώματα και ασφαλτικά υλικά**. Πιο αποτελεσματική θεωρείται η μέθοδος της αμμοβολής.

Σε κάθε περίπτωση, πάντως, η αφαίρεση υπάρχουσας διαγράμμισης είναι μία αρκετά επίπονη διαδικασία, οπότε σε περιπτώσεις που προβλέπεται η αλλαγή της

διαγράμμισης στο άμεσο μέλλον, όπως σε περιοχές έργων επάνω στην οδό, μπορεί να χρησιμοποιείται διαγράμμιση από αυτοκόλλητες ταινίες, η οποία αφαιρείται εύκολα.

#### 2.4.6 Ιδιότητες διαγραμμίσεων και σύγχρονα Πρότυπα

Τα τελευταία χρόνια, στο πεδίο των διαγραμμίσεων λαμβάνει χώρα μία νέα εξέλιξη, που μεταβάλλει ουσιαστικά τον τρόπο κατασκευής και συντήρησής τους, παγκοσμίως. Η εξέλιξη αυτή οδηγεί στην αντιμετώπιση των χαρακτηριστικών των διαγραμμίσεων από τη σκοπιά του **τελικού χρήστη**, είναι, δηλαδή, μία αντιμετώπιση ως προς την ποιότητα του τελικού προϊόντος (performance criteria), και όχι πλέον μία αντίληψη συνταγής εφαρμογής και τεχνικών χαρακτηριστικών συγκεκριμένων συστατικών στοιχείων της ίδιας της διαγράμμισης.

Η πορεία προς αυτήν την κατεύθυνση είναι σχετικά απλή, και συνίσταται στην ανίχνευση των πραγματικών αναγκών και απαιτήσεων του χρήστη-οδηγού, στη μεταφορά της εν λόγω φιλοσοφίας στις συμβάσεις με τους εκάστοτε υπεύθυνους κατασκευής των διαγραμμίσεων, και στην υλοποίηση της σύμβασης, με τελικό έλεγχο. Έτσι, πλέον, δεν ισχύει η προσέγγιση του παρελθόντος, όπου ορίζονταν σαν συνταγή το τι θα έπρεπε επακριβώς να κάνει ο κατασκευαστής, ο οποίος και επιβλέπονταν σε αυτό, παρά μόνο επιζητείται να πληρούνται τελικά χαρακτηριστικά από την παραγόμενη διαγράμμιση. Η φιλοσοφία αυτή ήδη διακατέχει και τα νέα ευρωπαϊκά Πρότυπα που σχετίζονται με τις διαγραμμίσεις.

Το βασικότερο σχετικό Πρότυπο είναι το **EN 1436**. Το εν λόγω Πρότυπο ορίζει τα χαρακτηριστικά απόδοσης των διαγραμμίσεων από τη σκοπιά των χρηστών (Road marking performance for road users), καθώς και τις μεθόδους μέτρησής τους. Κατά το EN 1436, για κάθε επιμέρους χαρακτηριστικό ορίζονται επίπεδα απόδοσης. Από εκεί και πέρα έγκειται στην κρίση του μελετητή (ή στις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη), το ποιο επίπεδο ποιότητας θα πρέπει να διαθέτει κάθε επιμέρους χαρακτηριστικό, ανάλογα με το είδος της οδού. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- Η **αντανακλαστικότητα** κατά τη μέρα, ή με διάχυτο νυχτερινό φωτισμό.
- Η **οπισθανάκλαση** του φωτός των φανών των οχημάτων σε ξηρές συνθήκες, υγρές συνθήκες και συνθήκες βροχής.
- Το **χρώμα** της διαγράμμισης.
- Η **αντίσταση σε ολίσθηση**.

Στον **Πίνακα 2.1** δίνονται ενδεικτικά ορισμένα από αυτά τα χαρακτηριστικά, με τις απαιτούμενες τιμές τους για κάθε επίπεδο απόδοσής τους.

**Πίνακας 2.1:** Χαρακτηριστικά διαγραμμίσεων και αντίστοιχα επίπεδα απόδοσης, κατά το EN 1436.

| Οπισθανάκλαση<br>(ξηρές συνθήκες) |                         | Οπισθανάκλαση<br>(υγρές συνθήκες) |                         | Λαμπρότητα           |                | Αντίσταση σε<br>ολίσθηση |                         |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|
| Επίπεδο<br>ποιότητας              | Απαιτ.<br>τιμή<br>(mcd) | Επίπεδο<br>ποιότητας              | Απαιτ.<br>τιμή<br>(mcd) | Επίπεδο<br>ποιότητας | Απαιτ.<br>τιμή | Επίπεδο<br>ποιότητας     | Απαιτ.<br>τιμή<br>(SRV) |
| R0                                | -                       | RW0                               | -                       | B0                   | -              | S0                       | -                       |
| R2                                | 100                     | RW1                               | 25                      | B2                   | 30             | S1                       | 45                      |
| R4                                | 200                     | RW2                               | 35                      | B3                   | 40             | S2                       | 50                      |
| R5                                | 300                     | RW3                               | 50                      | B4                   | 50             | S3                       | 55                      |
|                                   |                         |                                   |                         | B5                   | 60             | S4                       | 60                      |
|                                   |                         |                                   |                         |                      |                | S5                       | 65                      |

Κατά το EN 1436 ορίζεται, επίσης, και ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό των διαγραμμίσεων, η **λειτουργική διάρκεια ζωής**, δηλαδή το χρονικό διάστημα κατά το οποίο όλα τα παραπάνω ορισμένα χαρακτηριστικά διατηρούνται αναλλοίωτα.

Άλλο ένα σχετικό ευρωπαϊκό Πρότυπο είναι το **EN 1871**, το οποίο προδιαγράφει τα φυσικά χαρακτηριστικά των υλικών διαγράμμισης. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι, για παράδειγμα, το σημείο μάλθωσης, το σημείο παγοπληξίας και η αντοχή σε αλκαλικά. Τονίζεται ότι οι εν λόγω απαιτήσεις είναι και αυτές απαιτήσεις ποιότητας (physical performance requirements), και όχι απαιτήσεις σχετικές με την ίδια τη σύνθεση των υλικών, όπως θα ήταν, για παράδειγμα, το ποσοστό αδρανών ή γυάλινων σφαιριδίων, και οι οποίες ίσχυαν παλιότερα.

Άλλες προδιαγραφές που ισχύουν είναι η **EN 1824**, που προδιαγράφει τους τελικούς ελέγχους των διαγραμμίσεων, και οι **EN 1423** και **EN 1424**, που προδιαγράφουν τις απαιτήσεις των γυάλινων σφαιριδίων και των αδρανών.

## 2.5 Υλικά και μέθοδοι εφαρμογής διαγραμμίσεων

Στη σύγχρονη οδοσήμανση, οι προαναφερθείσες στην Παράγραφο 2.4 απαιτήσεις των διαγραμμίσεων έχουν οδηγήσει πλέον στην παραγωγή και χρήση συγκεκριμένων ειδών υλικών διαγράμμισης. Καθένα από αυτά τα υλικά έχει τη δική του μορφή και τεχνική εφαρμογή, και τα δικά του προτερήματα και ελαττώματα. Έτσι, τα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τα εξής:

- **Θερμοπλαστικά:** Υλικά των οποίων το συνδετικό υλικό είναι πλαστικό, εφαρμοζόμενο εν θερμώ.
- **Ψυχοπλαστικά:** Παρόμοιας μορφής υλικά, τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν χωρίς θέρμανση.
- **Βαφές:** Διάφορα είδη χρωματικών βαφών, βασισμένα σε οργανικές ενώσεις.
- **Προκατασκευασμένα κολλητά φύλλα:** Έτοιμα για προσκόλληση ή ενσωμάτωση στο οδόστρωμα φύλλα, σε μορφή λωρίδων, συμβόλων, γραμμάτων κλπ.

Εκτός από αυτά, χρησιμοποιούνται σε μικρότερο βαθμό και άλλα υλικά, όπως χρωματισμένες πέτρες και τεχνητοί λίθοι, αλλά όχι σε συνήθεις οδούς.

Καθένα από τα παραπάνω υλικά μπορεί να εφαρμοστεί ως συμβατικά **αντανεκλαστικό** ή μη, με τη χρήση ή μη γυάλινων σφαιριδίων αντίστοιχα, και ως **ανάγλυφο** ή μη, για τη βελτίωση της ορατότητάς του σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες (βλ. **Παράγραφο 2.7**). Ωστόσο, θεωρείται πλέον αδιανόητη η εφαρμογή μη αντανεκλαστικών διαγραμμίσεων σε οδούς με σημαντικούς κυκλοφοριακούς φόρτους.

Τέλος, όσον αφορά στην ακριβή σύνθεση και διαδικασία παραγωγής κάθε είδους διαγράμμισης από τα παραπάνω, υπενθυμίζεται ότι, όπως τονίστηκε και στην Υποπαράγραφο 2.4.6, οι παλιές προδιαγραφές που όριζαν την εφαρμογή υπό μορφή συνταγής, βρίσκονται πλέον υπό εγκατάλειψη. Έτσι, η επιλογή του κατάλληλου υλικού και της κατάλληλης σύνθεσης και τεχνικής εφαρμογής έγκειται πλέον στην κρίση των κατασκευαστών, οι οποίοι, σε συνεργασία με τους παραγωγούς υλικών διαγραμμίσεων οφείλουν να προχωρούν στη δημιουργία των δικών τους βάσεων δεδομένων σχετικά με τα στοιχεία αυτά.

### 2.5.1 Θερμοπλαστικά υλικά

Η εφαρμογή των θερμοπλαστικών υλικών είναι ουσιαστικά η νέα τάση σχετικά με τα υλικά των διαγραμμίσεων, υποσκελίζοντας τις βαφές που μέχρι σήμερα

χρησιμοποιούνται ευρέως. Ήδη σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες οι θερμοπλαστικές διαγράμμισεις είναι κοινός τόπος, σε αντίθεση, ωστόσο, με την Ελλάδα, όπου τη μερίδα του λέοντος διακατέχουν πάντα οι βαφές.

Το υλικό της διαγράμμισης αποτελείται από ένα μίγμα *ελαφρά χρωματισμένων αδρανών, λευκής χρωστικής* (διοξειδιο τιτανίου) και *γυάλινων σφαιριδίων*, τα οποία συνδέονται με τη βοήθεια του *θερμοπλαστικού υλικού*. Τα γυάλινα σφαιρίδια τοποθετούνται είτε κατά τη φάση της ανάμιξης, είτε διασκορπίζονται αμέσως μετά την εφαρμογή στο οδόστρωμα, είτε γίνεται συνδυασμός των δύο μεθόδων. Για την παρασκευή του μίγματος ρίχνονται μέσα στη συσκευή μίξης τα αδρανή, η χρωστική, ενδεχομένως τα γυάλινα σφαιρίδια, καθώς και το συνδετικό θερμοπλαστικό υλικό, μέσα στην πλαστική του συσκευασία. Το μίγμα θερμαίνεται στους 180-200° C.

Η διαγράμμιση από θερμοπλαστικό υλικό μπορεί είτε να εφαρμοστεί απευθείας επάνω στο οδόστρωμα, οπότε έχει πάχος 1-3 mm, είτε να εγκιβωτιστεί μέσα σε αυτό, οπότε απαιτείται η εκσκαφή του οδοστρώματος σε βάθος 7-20 mm και στο πλάτος της διαγράμμισης. Στην πρώτη περίπτωση, το οδόστρωμα όπου θα εφαρμοστεί η διαγράμμιση πρέπει να είναι καθαρό και στεγνό. Η εγκιβωτισμένη μορφή χρησιμοποιείται κυρίως σε αστικές οδούς.

Για την εφαρμογή στο οδόστρωμα του θερμοπλαστικού μίγματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι *έγχυσης, εξόλκευσης ή ψεκασμού*.

Κατά τη μέθοδο έγχυσης χρησιμοποιούνται χειροκίνητα (**Εικόνες 2.8, 2.9**) ή αυτοκίνητα μηχανήματα. Η έγχυση στο οδόστρωμα γίνεται από μία μικρή πλάκα ρυθμιζόμενου πλάτους και κλίσης, χαρακτηριστικά τα οποία, σε συνάρτηση με την



**Εικόνα 2.8:** Χειροκίνητος μηχανισμός έγχυσης θερμοπλαστικού υλικού.

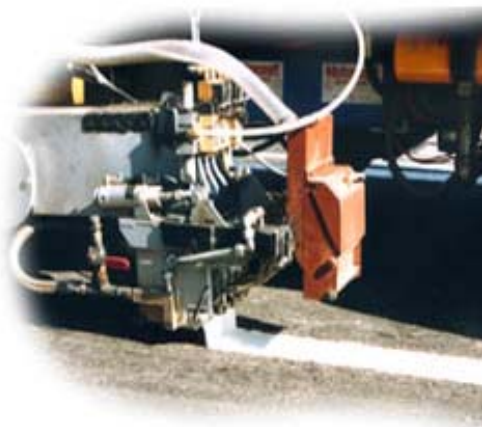


**Εικόνα 2.9:** Λεπτομέρεια του μηχανισμού. Στο πίσω μέρος διακρίνεται η θήκη με τα γυάλινα σφαιρίδια, τα οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση διασπείρονται μετά την έγχυση του υλικού στο οδόστρωμα.

ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος, καθορίζουν και το πάχος της διαγράμμισης.

Η μέθοδος της εξόλκευσης εξασφαλίζει διαγράμμιση σταθερού πλάτους και πάχους, όντας καταλληλότερη για πιο εκτεταμένες εργασίες. Το θερμοπλαστικό μίγμα εξολκεύεται υπό πίεση μέσα από μία σχισμή ρυθμιζόμενου ανοίγματος, και η όλη εργασία πραγματοποιείται από αυτοκινούμενο μηχανήμα, **Εικόνα 2.10**.

Κατά τη μέθοδο ψεκασμού, το θερμοπλαστικό μίγμα ψεκάζεται από ένα ή περισσότερους ψεκαστήρες, ενώ τα γυάλινα σφαιρίδια διασπείρονται κατόπιν, **Εικόνα 2.11**. Το πάχος της διαγράμμισης εξαρτάται κυρίως από την πίεση ψεκασμού, όπως και από την ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος εφαρμογής.



**Εικόνα 2.10:** Εφαρμογή θερμοπλαστικής διαγράμμισης με εξόλκευση.



**Εικόνα 2.11:** Εφαρμογή θερμοπλαστικής διαγράμμισης με ψεκασμό. Διακρίνεται και η διασπορά των γυάλινων σφαιριδίων.

Βασικό πλεονέκτημα των θερμοπλαστικών υλικών είναι το γρήγορο στέγνωμα. Η σκλήρυνση του χυτού θερμοπλαστικού διαρκεί περίπου 10 min, ενώ με τη μέθοδο ψεκασμού όχι παραπάνω από 1 min. Έτσι, λόγω της μεγάλης ταχύτητας κατασκευής, η κυκλοφορία διαταράσσεται στο ελάχιστο.

Αρκετά ικανοποιητική είναι και η αντοχή σε φθορά των θερμοπλαστικών, όπως και η διάρκεια ζωής τους, που είναι το λιγότερο 1-3 έτη, ανάλογα με την ποιότητα του υλικού και τον κυκλοφοριακό φόρτο. Για τις εγκιβωτισμένες διαγραμμίσεις η διάρκεια ζωής είναι ακόμη πιο μεγάλη.

Όσον αφορά στην πρόσφυση της διαγράμμισης στο οδόστρωμα, αυτή είναι αρκετά καλή στα ασφαλτικά οδοστρώματα, στα δε από σκυρόδεμα απαιτείται συνήθως μία κατάλληλη υπόστρωση.

Η ορατότητα των θερμοπλαστικών διαγραμμίσεων είναι ελαφρώς μικρότερη από την αντίστοιχη των βαφών, καθώς το χρώμα τους συχνά δεν είναι τόσο έντονο, ενώ ορισμένα υλικά έχουν και την τάση να συγκεντρώνουν ακαθαρσίες. Ωστόσο, η αντανakλαστικότητα τους είναι πολύ καλή.

Τέλος, η αντίσταση σε ολίσθηση των ελαστικών θεωρείται ικανοποιητική, εκτός από τις πρώτες ημέρες μετά την τοποθέτηση.

### 2.5.2 Ψυχοπλαστικά υλικά

Τα υλικά αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από δύο επιμέρους συστατικά και η κατασκευή τους απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και εξειδικευμένους χειριστές, όπως, άλλωστε, συμβαίνει και με τα θερμοπλαστικά. Το υλικό πρέπει να τοποθετηθεί αμέσως μετά από την ανάμιξη των συστατικών, σε απόλυτα στεγνή και καθαρή

επιφάνεια. Για διαμήκεις διαγραμμίσεις χρησιμοποιείται ειδικό μηχάνημα που διαθέτει δύο δοχεία, ένα για κάθε συστατικό, και ένα συλλέκτη για την ανάμιξη και εφαρμογή του προϊόντος στο οδόστρωμα. Τα γυάλινα σφαιρίδια εφαρμόζονται αμέσως μετά.

Οι ψυχοπλαστικές διαγραμμίσεις που κατασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο έχουν πάχος 1,5-3 mm, ενώ για τις εγκάρσιες και λοιπές ειδικές διαγραμμίσεις η εφαρμογή μπορεί να γίνει με μυστρί, οπότε επιτυγχάνεται πάχος 3 mm. Η εφαρμογή των ψυχοπλαστικών διαγραμμίσεων μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες 0-40° C, ενώ η διάρκεια παρεμπόδισης της κυκλοφορίας μέχρι το στέγνωμα του υλικού είναι περίπου 30 min.

Η διάρκεια ζωής είναι τουλάχιστον 3-4 έτη, ενώ και η συμπεριφορά σε φθορά θεωρείται από τις κορυφαίες. Η προσκόλλησή τους είναι συνήθως καλή και στα ασφαλτικά, και στα από σκυρόδεμα οδοστρώματα.

Η ορατότητα είναι ιδιαίτερα καλή την ημέρα, γιατί το υλικό δεν έχει την τάση να συγκρατεί ακαθαρσίες, όπως και υπό βροχή, λόγω του πάχους τους.

Το κύριο μειονέκτημα των ψυχοπλαστικών είναι ότι με τον καιρό χάνουν την αντίστασή τους σε ολισθηρότητα, καθώς η βαριά κυκλοφορία έχει ως αποτέλεσμα τη λείανση της επιφάνειάς τους.

### 2.5.3 Βαφές

Οι βαφές είναι σχεδόν το μοναδικό υλικό διαγράμμισης που εφαρμόζεται στον ελληνικό χώρο, λόγω του χαμηλού κόστους και της ευχρηστίας τους. Μπορεί να είναι διαφόρων τύπων, όπως αλκυδικές, ακρυλικές, ή βασισμένες σε διάφορα έλαια.

Οι βαφές συνήθως προσκολλώνται καλά, τόσο στα ασφαλτικά, όσο και στα από σκυρόδεμα οδοστρώματα, χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερη προετοιμασία της επιφάνειας της οδού, και θεωρούνται κατάλληλες και ανθεκτικές σε περιπτώσεις που το οδόστρωμα είναι σε κακή κατάσταση. Το βασικό τους μειονέκτημα είναι η χαμηλή ορατότητα σε βροχή, ιδίως τη νύχτα. Υπό οποιεσδήποτε άλλες συνθήκες, η ορατότητά τους θεωρείται ικανοποιητική.

Η αντίσταση σε ολίσθηση εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας του υποκείμενου οδοστρώματος, ιδιαίτερα όταν το πάχος της διαγράμμισης είναι μικρό. Γενικά, πάντως, πρέπει να αποφεύγεται μεγάλο πάχος, γιατί έχει ως αποτέλεσμα λεία και ολισθηρή επιφάνεια. Συνήθως το πάχος κυμαίνεται μεταξύ 0,25-0,40 mm.

Το χρώμα εφαρμόζεται με διάφορα μηχανήματα, ανάλογα με την έκταση της εργασίας. Συνήθως χρησιμοποιούνται χειροκίνητες μηχανές για μικρές επιφάνειες, αυτόματες μηχανές για μεγαλύτερες εφαρμογές, ενώ για τη διαγράμμιση αυτοκινητοδρόμων υπάρχουν ακόμη πιο αποδοτικά μηχανήματα, με δοχεία μεγάλης περιεκτικότητας χρώματος και σφαιριδίων, τα οποία, μάλιστα, δεν απαιτούν ιδιαίτερα ειδικευμένο προσωπικό.

Τέλος, ένα ακόμη σοβαρό μειονέκτημα των βαφών είναι και ο περιορισμένος χρόνος ζωής των 6-12 μηνών, ιδιαίτερα κάτω από βαριά κυκλοφορία. Συνιστώνται, επομένως, για διαγράμμιση οδών χαμηλής κυκλοφορίας, και για οριογραμμές.

### 2.5.4 Προκατασκευασμένα κολλητά φύλλα

Τα κολλητά φύλλα είναι προκατασκευασμένη διαγράμμιση που επικολλάται στο οδόστρωμα. Το πάχος των εν λόγω φύλλων είναι μεταξύ 1,5-3 mm και συνήθως έχουν τη μορφή λωρίδων συγκεκριμένου πλάτους.

Τα φύλλα αυτά μπορούν είτε να ενσωματωθούν στο οδόστρωμα κατά την ασφαλτοστρώση, είτε να επικολληθούν σε ήδη υπάρχον οδόστρωμα. Η πρώτη μέθοδος εξασφαλίζει πολύ καλή πρόσφυση και διάρκεια ζωής. Για την επικόλληση επάνω στο οδόστρωμα χρησιμοποιείται κόλλα. Η επιφάνεια επικόλλησης πρέπει να είναι στεγνή, καθαρή και λεία. Μετά την εξάτμιση του διαλύματος της κόλλας οι δύο επιφάνειες, του φύλλου και του οδοστρώματος, θερμαίνονται και το φύλλο πιέζεται με κύλινδρο. Η όλη διαδικασία διαρκεί 30-60 min, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα χρήσης αυτοκόλλητων φύλλων, που επιταχύνει την εφαρμογή.

Το προτέρημα των προκατασκευασμένων φύλλων είναι η βιομηχανική τους ελεγχόμενη παραγωγή, που εξασφαλίζει σταθερή ποιότητα.

Η διάρκεια ζωής των εν λόγω διαγραμμίσεων είναι τουλάχιστον 3 έτη, ενώ για τα ενσωματωμένα φύλλα ακόμη μεγαλύτερη. Το κυριότερο πρόβλημα που μπορεί να παρουσιάσουν είναι η αποκόλληση λόγω εξασθένησης της συγκόλλησης. Επίσης, σε ζώνες τροχοπέδησης και επιτάχυνσης είναι πολύ πιθανό οι ταινίες να παραμορφωθούν ή να μετακινηθούν.

Η ορατότητά τους είναι εξαιρετική τόσο την ημέρα, όσο και τη νύχτα για τους αντανακλαστικούς τύπους, αλλά λόγω αποκόλλησης των γυάλινων σφαιριδίων φθίνει μετά τον πρώτο χρόνο. Λόγω του πάχους τους έχουν ικανοποιητική συμπεριφορά και υπό βροχή. Η αντίστασή τους σε ολισθηρότητα δεν θεωρείται ικανοποιητική, επειδή με την πάροδο του χρόνου και την επίδραση της βαριάς κυκλοφορίας η επιφάνειά τους λειαιίνεται.

Τα κολλητά φύλλα χρησιμοποιούνται κυρίως σε αστικές οδούς. Παρά το υψηλό τους κόστος, θεωρούνται πολύ κατάλληλα για προσωρινές διαγραμμίσεις, αφού μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα.

## 2.6 Η ελληνική πραγματικότητα - Η επιλογή του κατάλληλου υλικού διαγράμμισης

Για τη διαγράμμιση των ελληνικών οδών έχει επικρατήσει σχεδόν ολοκληρωτικά η χρήση βαφών, ενώ κατά τη δεκαετία του '70 εφαρμόστηκαν σε περιορισμένη κλίμακα θερμοπλαστικά υλικά και κολλητά φύλλα. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '90 η εφαρμογή των βαφών, σύμφωνα και με τις ισχύουσες προδιαγραφές, δεν έδινε ικανοποιητικά αποτελέσματα, οπότε ξεκίνησε η χρησιμοποίηση χρωμάτων διαγράμμισης που έχουν υποστεί με επιτυχία δοκιμές πεδίου σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. Η χρήση στην Ελλάδα των εν λόγω πιστοποιημένων βαφών είχε στις περισσότερες περιπτώσεις θετικά αποτελέσματα, δεν έλειψαν, όμως, οι περιπτώσεις εκτεταμένων αστοχιών, ιδιαίτερα σε οδούς με υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.

Πέρα από όλα αυτά, συγκρινόμενη με την αντίστοιχη άλλων ευρωπαϊκών χωρών, η ποιότητα της ελληνικής διαγράμμισης παραμένει ακόμη σε χαμηλό επίπεδο. Είναι αλήθεια ότι οι βαφές διαγράμμισης παρουσιάζουν μεγάλα πλεονεκτήματα, εξαιτίας κυρίως της εύκολης επεξεργασίας και του χαμηλού κόστους. Παράλληλα, όμως, έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής, που κατά κανόνα δεν ξεπερνάει το 1 έτος, ενώ επιβαρύνουν και το περιβάλλον. Για οδούς με υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, όπως οι περισσότερες ελληνικές εθνικές οδοί, επιβάλλεται η εφαρμογή υλικών με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Τέτοια υλικά είναι τα θερμοπλαστικά, τα ψυχροπλαστικά και τα κολλητά φύλλα. Στον **Πίνακα 2.2** παρέχονται κατευθυντήριες οδηγίες για την επιλογή του κατάλληλου υλικού διαγράμμισης σε υπεραστικές οδούς, ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Από τον πίνακα αυτόν είναι φανερή η σχετική

υπεροχή των ψυχροπλαστικών υλικών, τα οποία σε ψεκαζόμενη μορφή παρουσιάζουν, επιπλέον, εξαιρετικά αποτελέσματα αναφορικά με την ταχύτητα και το κόστος εφαρμογής τους.

**Πίνακας 2.2:** Αναμενόμενη διάρκεια ζωής διαγράμμισης διαχωρισμού λωρίδων (διακεκομμένη) σε έτη, ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο σε υπεραστικές οδούς [19].

| ΕΜΗΚ<br>(ΜΕΑ/ημέρα)   |  | <2.000        | 2.000-5.000    | 5.000-10.000  | 20.000-30.000  |                       |
|---|--|---------------|----------------|---------------|----------------|-----------------------|
| <b>ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ<br/>ΒΑΡΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ</b><br>[φορτηγά >5 t και λεωφορεία] |  | <100          | 100-500        | 500-3.000     | >3.000         |                       |
| <b>ΥΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΗΣ</b>   |  | *Χάρ.<br>Τετ. | *Χάρ.<br>Καμπ. | *Χάρ.<br>Τετ. | *Χάρ.<br>Καμπ. | Αυτοκινητό-<br>δρόμος |
| ΒΑΦΗ ΕΝΟΣ Κανονική  |  | 2             | 1-2            | 1-2           | 1              | -                     |
| ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ Ανθεκτική  |  | 3             | 2              | 2             | 1-2            | 1                     |
| ΒΑΦΗ ΔΥΟ Κανονική   |  | 3             | 2-3            | 2-3           | 2              | 1                     |
| ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ Ανθεκτική  |  | 4             | 3              | 3-4           | 2-3            | 2                     |
| ΨΕΚΑΖΟΜΕΝΟ Κανονικό   |  | 5             | 4              | 4-5           | 3              | 2                     |
| ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΟ Ανθεκτικό   |  | -             | 5              | 6             | 4              | 3                     |
| ΔΙΑΣΤΡΩΝΟΜΕΝΟ Κανονικό  |  | -             | -              | 6             | 5              | 4                     |
| ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΟ Ανθεκτικό   |  | -             | -              | -             | 7              | 5                     |
| ΔΙΑΣΤΡΩΝΟΜΕΝΟ Κανονικό  |  | -             | -              | -             | -              | 7                     |
| ΨΥΧΡΟΠΛΑΣΤΙΚΟ Ανθεκτικό   |  | -             | -              | -             | -              | 7                     |
| ΕΓΚΙΒΩΤΙΣΜΕΝΕΣ<br>ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΕΙΣ   |  | -             | -              | -             | -              | 8                     |

\*Χάρ. Τετ.: Χάραξη Τεταμένη  
\*Χάρ. Καμπ.: Χάραξη με Καμπύλες

Καθοριστικός, επίσης, παράγοντας για την καταπόνηση της διαγράμμισης είναι και η θέση της επάνω στο οδόστρωμα. Κατ' αυτήν την έννοια οι διαγραμμίσεις μπορούν εν γένει να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες αναμενόμενης κυκλοφοριακής καταπόνησης:

- **Σπάνια καταπονούμενες διαγραμμίσεις:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι διαγραμμίσεις που θεωρητικά δεν καταπονούνται από την κυκλοφορία, επειδή δεν επιτρέπεται η διέλευση οχημάτων επάνω από αυτές. Τέτοιες διαγραμμίσεις είναι οι συνεχείς οριογραμμές, οι περιοχές αποκλεισμού, καθώς και οι συνεχείς απλές ή διπλές αξονικές γραμμές.
- **Συχνά καταπονούμενες διαγραμμίσεις:** Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι υπόλοιπες διαγραμμίσεις, που επιτρέπουν τη διέλευση οχημάτων επάνω τους. Τέτοιες είναι οι διακεκομμένες γραμμές διαχωρισμού λωρίδων, οι μικτές αξονικές γραμμές, καθώς και οι διακεκομμένες οριογραμμές.
- **Διαρκώς καταπονούμενες διαγραμμίσεις:** Αποτελούνται από τις εγκάρσιες διαγραμμίσεις, οι οποίες υπόκεινται σε συνεχή καταπόνηση από την κυκλοφορία, καθώς όλα τα οχήματα διέρχονται αναγκαστικά επάνω από αυτές. Στις εγκάρσιες διαγραμμίσεις συμπεριλαμβάνονται οι γραμμές αναμονής και οι διαβάσεις πεζών. Η καταπόνηση βελών, συμβόλων και αναγραφών εξαρτάται από τη συγκεκριμένη θέση τους, είναι σκόπιμο, όμως, να συμπεριλαμβάνονται σε αυτήν την κατηγορία, ιδιαίτερα σε οδούς εντός κατοικημένων περιοχών.

## 2.7 Ανάγλυφες διαγραμμίσεις

Η ευκρίνεια της διαγράμμισης κάτω από δυσμενείς καιρικές συνθήκες βελτιώνεται σημαντικά με την εφαρμογή καταλλήλων υλικών, τα οποία δεν παρουσιάζουν επίπεδη επιφάνεια, αλλά εμφανίζουν ανωμαλίες, οι οποίες σε περίπτωση βροχής εξέχουν από το στρώμα του νερού και έτσι είναι ευδιάκριτες από τους οδηγούς, **Εικόνα 2.12**. Για την κατασκευή των ανάγλυφων διαγραμμίσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν **όλα τα συνηθισμένα υλικά**, δηλαδή χρώματα, ψυχοπλαστικά και θερμοπλαστικά υλικά, κολλητά φύλλα.



**Εικόνα 2.12:** Εικόνα ανάγλυφης διαγράμμισης υπό βροχή.

Από τα μέσα της δεκαετίας του '70 μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '80 πραγματοποιήθηκαν πολλές συστηματικές δοκιμαστικές εφαρμογές των ανάγλυφων διαγραμμίσεων σε πολλές χώρες της Ευρώπης, και κυρίως σε Γαλλία, Γερμανία, Ολλανδία και Μ. Βρετανία. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν κρίθηκαν θετικά, και στα κράτη αυτά άρχισε η συστηματική χρήση των ανάγλυφων διαγραμμίσεων. Παράλληλα με την εφαρμογή τους, συνεχίζονται εργαστηριακές μελέτες με στόχο τη συνεχή βελτίωση και εξέλιξη των διαγραμμίσεων αυτών. Επίσης, βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο η σύνταξη ενιαίων ευρωπαϊκών τεχνικών προδιαγραφών για τις ανάγλυφες διαγραμμίσεις. Όπως προαναφέρθηκε, τα συμπεράσματα είναι θετικά:

-Η ευκρίνειά τους κατά την νύχτα σε βρεγμένο οδόστρωμα είναι πολύ καλύτερη από εκείνη των συμβατικών, επίπεδων διαγραμμίσεων.

-Οι κραδασμοί που προκαλούνται κατά τη διέλευση των τροχών ενός οχήματος πάνω από τις εξάρσεις των ανάγλυφων διαγραμμίσεων αποτελούν μία ακουστική και μηχανική βοήθεια στον οδηγό, όταν το όχημα παρεκκλίνει από την πορεία του.

-Σε περιοχές με συχνό αποχιονισμό παρατηρήθηκαν βλάβες στις εξάρσεις των ανάγλυφων διαγραμμίσεων, οι οποίες είχαν μικρή μόνο επίπτωση στην ποιότητά τους.

Η ανάγλυφη επιφάνεια των διαγραμμίσεων μπορεί να παρουσιάζει διάφορες μορφές. Ανάλογα με την μορφή της επιφάνειας, οι ανάγλυφες διαγραμμίσεις διακρίνονται στους εξής βασικούς τύπους:

- **Ανάγλυφες διαγραμμίσεις με ομοιόμορφες εξάρσεις:** Αρχικά κατασκευάζεται μία επίπεδη διαγράμμιση από ψυχοπλαστικό ή θερμοπλαστικό υλικό, ή χρώμα. Ακολουθεί η δημιουργία ανάγλυφης επιφάνειας από ομοιόμορφες εξάρσεις ψυχοπλαστικού ή θερμοπλαστικού υλικού, που διατάσσονται σε

κανονικές αποστάσεις. Οι εξάρσεις μπορεί να έχουν διάφορες μορφές (σαμαράκια, κυκλικοί πλακούντες, σειρές σβώλων κλπ.), σε εγκάρσια ή λοξή διάταξη. Η κατασκευή τέτοιων διαγραμμίσεων πραγματοποιείται σε μια ή δύο το πολύ φάσεις.

- **Ανάγλυφες διαγραμμίσεις με ανομοιόμορφη τραχεία επιφάνεια:** Η επιφάνεια των διαγραμμίσεων αυτού του τύπου δεν παρουσιάζει ομοιόμορφες ανωμαλίες. Αρχικά κατασκευάζεται μια επίπεδη διαγράμμιση από χρώμα ή ψυχροπλαστικό, και ακολουθεί η ανομοιόμορφη διάστρωση ψυχροπλαστικού υλικού και γυάλινων σφαιριδίων. Η κατασκευή των διαγραμμίσεων αυτών πραγματοποιείται, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, σε μία ή δύο φάσεις.
- **Ανάγλυφες διαγραμμίσεις με ευμεγέθεις κόκκους αδρανών:** Οι εν λόγω διαγραμμίσεις κατασκευάζονται από χρώμα, ψεκαζόμενο θερμοπλαστικό, ή ψεκαζόμενο ψυχροπλαστικό υλικό. Η ανάγλυφη επιφάνεια δημιουργείται χάρη στη διάστρωση κόκκων αδρανούς με μέγεθος μεγαλύτερο των 2 mm.
- **Ανάγλυφες μεμβράνες:** Η ανάγλυφη επιφάνεια στα κολλητά φύλλα δημιουργείται κατά το στάδιο της κατασκευής τους, με τη διαμόρφωση ομοιόμορφων προεξοχών (π.χ πυραμίδες) σε όλη τους την έκταση. Μεμβράνες αυτού του τύπου κατασκευάζονται, επίσης, από επίπεδες ταινίες, πάνω στις οποίες επικολλώνται σε κανονικές αποστάσεις ταινίες που φέρουν φακούς υψηλής οπισθανακλαστικότητας από πλαστικό υλικό.

Παρά τα αδιαμφισβήτητα πλεονεκτήματα των ανάγλυφων διαγραμμίσεων σε σχέση με τις συμβατικές επίπεδες, δεν είναι δυνατή η καθολική εφαρμογή τους, για οικονομικούς και τεχνικούς λόγους. Κατά συνέπεια κρίνεται σκόπιμο η κατασκευή τους να περιορίζεται σε τμήματα ή θέσεις όπου κρίνεται επιτακτική η ανάγκη επαρκούς οπτικής καθοδήγησης υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Σε διαχωρισμένες οδούς τέτοιες περιπτώσεις αποτελούν η δεξιά οριογραμμή σε θέσεις μεταβολής της επίκλισης και η διακεκομμένη γραμμή διαχωρισμού λωρίδων επιτάχυνσης και επιβράδυνσης, ενώ σε οδούς διπλής κατεύθυνσης με υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους οι εν λόγω διαγραμμίσεις μπορούν να εφαρμοστούν σε συνεχείς αξονικές γραμμές, σε οριογραμμές οριζόντιων καμπύλων, σε οριογραμμές διαχωρισμού της οδού από γειτονικούς πεζοδρόμους ή ποδηλατοδρόμους, σε διαγραμμίσεις περιοχών στένωσης ή εκτροπής, καθώς και στις περιμετρικές γραμμές περιοχών αποκλεισμού του οδοστρώματος.

## 2.8 Ανακλαστήρες οδοστρώματος

Οι ανακλαστήρες οδοστρώματος, γνωστοί και ως «μάτια γάτας», είναι αντανακλαστικές συσκευές χαμηλού ύψους που τοποθετούνται επάνω στο οδόστρωμα, είτε ως υποκατάστατο των διαγραμμίσεων, είτε, συνήθως, ως συνοδευτική επισήμανσή τους.

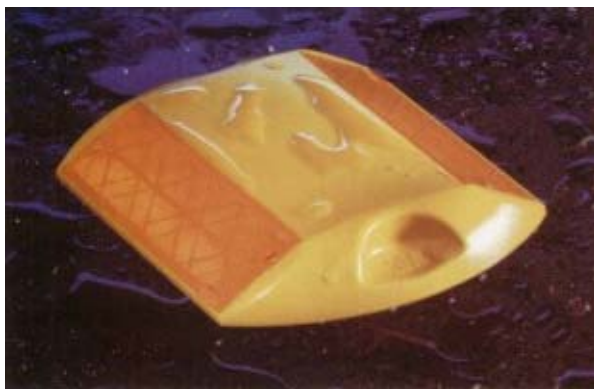
Οι εν λόγω συσκευές λειτουργούν με διπλό τρόπο, αφενός όντας ορατές στον οδηγό, αφετέρου παράγοντας ήχο και κραδασμό κατά τη διέλευση του οχήματος από επάνω τους. Έτσι, οι συσκευές αυτές έχουν ζωηρό χρώμα, ώστε να γίνονται εύκολα ορατές την ημέρα, και φέρουν ένα ή δύο αντανακλαστικά στοιχεία στραμμένα προς τις πλευρές της κυκλοφορίας, ώστε να γίνονται ορατά τη νύχτα, υπό το φως των φανών του αυτοκινήτου. Το χρώμα του ανακλαστήρα και των αντανακλαστικών του στοιχείων μπορεί να είναι λευκό, κόκκινο, πορτοκαλί, πράσινο ή κίτρινο.

Οι διαστάσεις των ανακλαστήρων οδοστρώματος σε κάτοψη είναι κατά μέγιστο 15×20 cm, ενώ το ύψος τους δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 20 mm, ώστε να μην γίνονται επικίνδυνα για τους τροχούς των οχημάτων. Για τον ίδιο λόγο χρειάζεται και όλες οι ακμές τους να είναι στρογγυλεμένες. Το υλικό κατασκευής τους πρέπει να πληροί κάποιες απαιτήσεις αντοχών, καθώς αρκετές φορές οι ανακλαστήρες είναι εκτεθειμένοι σε βαριά κυκλοφορία, συνήθως δε αυτό είναι πλαστικό ή μεταλλικό.

Για τη στερέωσή τους στο οδόστρωμα οι ανακλαστήρες είτε επικολλούνται, είτε επικολλούνται και πακτώνονται με τη βοήθεια κορμού έμπηξης, ταυτόχρονα.

Οι ανακλαστήρες οδοστρώματος μπορεί να τοποθετούνται είτε ανά ένα, επάνω στον άξονα της διαγράμμισης, είτε κατά ζεύγη, εκατέρωθέν της. Η κατά μήκος περίοδος επανάληψής τους είναι, κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές [8], ίση με N το πολύ, για συνεχείς γραμμές, και 2N το πολύ, για διακεκομμένες, όπου N η περίοδος της διακεκομμένης που χρησιμοποιείται (μήκος μίας γραμμής και ενός διακένου). Οι αποστάσεις αυτές γίνονται πολύ μικρότερες σε περίπτωση που οι ανακλαστήρες υποκαθιστούν εντελώς τη διαγράμμιση.

Τα μειονεκτήματα των ανακλαστήρων είναι η ταχύτατη απώλεια των, αρχικά εξαιρετικών, φωτοτεχνικών χαρακτηριστικών τους, η συχνή τους βύθιση στο οδόστρωμα λόγω της καταπόνησης από την κυκλοφορία, η δυσχέρεια της διαδικασίας εντοπισμού και αντικατάστασης των φθαρμένων ή κατεστραμμένων από αυτούς, καθώς και η μειωμένη αντοχή στη διέλευση αποχιονιστικών λεπίδων.



**Εικόνα 2.13:** Ανακλαστήρας οδοστρώματος.

## ΚΑΘΕΤΗ ΣΗΜΑΝΣΗ ΟΔΩΝ-ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ

### 3.1 Εισαγωγή

Η οδική κάθετη σήμανση διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια των οδικών μεταφορών, στον τομέα της αποτροπής τροχαίου ατυχήματος, και κατά δεύτερον στη σωστή ενημέρωση του οδηγού σχετικά με τον σκοπό της κατεύθυνσής του. Στην κάθετη σήμανση οφείλεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό και η σωστή ρύθμισή της κυκλοφορίας, όπως και η τήρηση των κανόνων της.

Η κάθετη σήμανση ενός οδικού δικτύου αποτελείται από τις πινακίδες σήμανσης, δηλαδή κωδικοποιημένα μηνύματα-σύμβολα τα οποία είναι γραμμένα σε ειδικές πινακίδες σε συγκεκριμένα σημεία της οδού. *Στο παρόν Κεφάλαιο, κάθε αναφορά στη Σήμανση θα αφορά συγκεκριμένα στην κάθετη Σήμανση, εκτός κι αν αναφέρεται διαφορετικά.*

Οι προσπάθειες για την καθιέρωση διεθνών κανόνων σήμανσης χρονολογούνται από τα πρώτα χρόνια που άρχισε να κυκλοφορεί το αυτοκίνητο (Σύμβαση Παρισίων, 1909). Στην Ελλάδα, η πρώτη σήμανση των Ελληνικών δρόμων έγινε από την ΕΛΠΑ το 1924, και μόλις το 1974 εκπονήθηκαν οι πρώτες σοβαρές προδιαγραφές σήμανσης.

Με την έναρξη της κατασκευής των αυτοκινητοδρόμων, προκειμένου να αντιμετωπισθούν μεταξύ άλλων και τα προβλήματα σήμανσης που δεν προβλέπονταν από τις μέχρι τότε ισχύουσες προδιαγραφές, συντάχθηκε ο πρώτος Κανονισμός Μελετών Έργων (ΚΜΕ). Μετά από κοινή διαπίστωση από το ΥΠΕΧΩΔΕ και τους μελετητές ότι δεν κάλυπτε πλήρως τις ανάγκες για ολοκληρωμένη σήμανση και ασφάλιση του έργου, εκπονήθηκαν κατόπιν ανάθεσης από το ΥΠΕΧΩΔΕ νέες προδιαγραφές κάθετης σήμανσης, που αφορούν τους αυτοκινητοδρόμους, και εφαρμόστηκαν σε τμήματα των αυτοκινητοδρόμων Κορίνθου-Τριπόλεως, Αθηνών-Λαμίας και Αθηνών-Κορίνθου.

Τα τελευταία χρόνια, με την αναβάθμιση στο πεδίο διαχείρισης της κατασκευής των νέων αυτοκινητοδρόμων, όπως η Εγνατία Οδός, η Αττική Οδός και ο αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ, οι αντίστοιχες διαχειρίστριες εταιρίες έχουν συντάξει τις δικές τους προδιαγραφές και οδηγίες σχετικά με τη σήμανση των αυτοκινητοδρόμων.

### 3.2 Είδη πινακίδων σήμανσης

Ανάλογα με το περιεχόμενο του μηνύματός τους, οι πινακίδες διακρίνονται από τους ελληνικούς κανονισμούς σε τέσσερις κατηγορίες, τις Πινακίδες Αναγγελίας Κινδύνου, τις Ρυθμιστικές Πινακίδες Κυκλοφορίας, τις Πληροφοριακές Πινακίδες και τις Πρόσθετες:

- **Πινακίδες Αναγγελίας Κινδύνου:** Δηλώνουν επικίνδυνες θέσεις, προσβάσεις οδικών κόμβων και προσβάσεις ισόπεδων σιδηροδρομικών διαβάσεων.

Τοποθετούνται για να προειδοποιούν εκείνους που χρησιμοποιούν το οδικό δίκτυο ότι στην κατεύθυνση της κίνησής τους υπάρχει κίνδυνος.

- **Ρυθμιστικές Πινακίδες Κυκλοφορίας:** Δηλώνουν την προτεραιότητα, την απαγόρευση ή τους περιορισμούς, και τις υποχρεώσεις των οδηγών. Τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία της οδού, για την αποτελεσματική ενημέρωση των οδηγών για τις υποχρεώσεις και τους περιορισμούς που πρέπει να ακολουθούν πιστά.
- **Πληροφοριακές Πινακίδες:** Τοποθετούνται για την παροχή πληροφοριών που σχετίζονται με την οδό, κυρίως για θέματα κατεύθυνσης, χιλιομέτρησης, τοπωνυμίων και εγκαταστάσεων. Ειδικότερα, αυτές οι πινακίδες δηλώνουν προειδοποίηση κατεύθυνσης, κατεύθυνση, αρίθμηση οδών και χιλιομέτρηση, τοπωνύμια, επιβεβαιώσεις, χρήσιμες πληροφορίες για τους οδηγούς, διάφορες εγκαταστάσεις.
- **Πρόσθετες Πινακίδες:** Είναι μικρές πινακίδες που τοποθετούνται πάντοτε σε συνδυασμό με άλλες πινακίδες σήμανσης από τις παραπάνω, για να συμπληρώσουν το μήνυμά τους.

Στην Ελλάδα, το είδος, η μορφή, οι διαστάσεις, τα σχέδια και τα υλικά κατασκευής των πινακίδων σήμανσης των οδών έχουν καθοριστεί με σχετική Υπουργική Απόφαση [16] και μεταγενέστερες πρότυπες τεχνικές προδιαγραφές, περιλαμβάνονται δε εν μέρει και στον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας [9].

**Όλες οι πινακίδες σήμανσης του ελληνικού Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας δίνονται στο Παράρτημα Α΄ του παρόντος.**

### 3.3 Μέγεθος πινακίδων

Το μέγεθος των πινακίδων επιλέγεται συνήθως σε σχέση με την ταχύτητα που κινούνται τα οχήματα, δηλαδή με την κατηγορία της οδού. Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η πινακίδα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η οπτική εντύπωση που προκαλεί, άρα και ασφαλέστερη η μεταβίβαση του μηνύματος. Το μέγεθος των πινακίδων σήμανσης περιορίζεται κυρίως από λόγους διαθέσιμου χώρου, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, και αισθητικής. Στους ελληνικούς κανονισμούς όλες οι διαστάσεις πινακίδων, αριθμών, λέξεων, σημάτων κλπ., δίνονται σε τρία μεγέθη (τρεις αριθμοί για κάθε διάσταση), έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του μεγέθους ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες κατά περίπτωση. Συγκεκριμένα, ανάλογα με το μέγεθος οι πινακίδες διακρίνονται σε:

- **Μικρού μεγέθους:** Κυκλικές διαμέτρου 450 mm, ισόπλευρες τριγωνικές πλευράς 600 mm, πληροφοριακές με γράμματα ύψους 100 mm, οκταγωνική STOP περιγραμμένη σε κύκλο διαμέτρου 600 mm. Τοποθετούνται σε χωριά, μικρές πόλεις, ιδιωτικές και αγροτικές οδούς, και σε ιδιωτικούς χώρους. Τέτοιες πινακίδες μπορούν να τοποθετηθούν μερικές φορές και σε επαρχιακές οδούς, με έγκριση της αρμόδιας Υπηρεσίας.
- **Μεσαίου μεγέθους:** Κυκλικές διαμέτρου 650 mm, ισόπλευρες τριγωνικές πλευράς 600 mm, πληροφοριακές με γράμματα ύψους 100 mm, οκταγωνική STOP περιγραμμένη σε κύκλο διαμέτρου 900 mm. Τοποθετούνται κυρίως σε μεγάλες πόλεις και σε επαρχιακές και εθνικές οδούς.
- **Μεγάλου μεγέθους:** Κυκλικές διαμέτρου 900 mm, ισόπλευρες τριγωνικές πλευράς 1200 mm, πληροφοριακές με γράμματα ύψους 200 mm, οκταγωνική

STOP περιγραμμένη σε κύκλο διαμέτρου 1200 mm. Τοποθετούνται σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας.

Μία ιδιαίτερη κατηγορία πινακίδων σήμανσης ως προς το μέγεθος είναι οι Πληροφοριακές Πινακίδες Κατευθύνσεων σε αυτοκινητοδρόμους, που τοποθετούνται είτε παραπλεύρως, είτε επάνω από την οδό. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το μέγεθος της πινακίδας, όπως και το μέγεθος των γραμμάτων και η γραμματοσειρά, απαιτούν ιδιαίτερη αντιμετώπιση, λόγω των διαφορετικών απαιτήσεων που επιβάλλει η οδήγηση σε αυτοκινητοδρόμους.

### 3.4 Ορατότητα και αντανakλαστικότητα των πινακίδων σήμανσης κατά τις νυχτερινές ώρες

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα που αφορούν την κάθετη σήμανση είναι η ορατότητα των πινακίδων κατά τις νυχτερινές ώρες. Συνήθως οι πινακίδες βρίσκονται μέσα στο πεδίο της δέσμης των φανών των οχημάτων, ωστόσο αυτό δεν είναι αρκετό για την επαρκή τους ορατότητα. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος ακολουθούνται οι παρακάτω τεχνικές:

- **Εσωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες:** Είναι πινακίδες από κατάλληλα ημιδιαφανή υλικά, οι οποίες φωτίζονται από εσωτερικά φωτιστικά σώματα, **Εικόνα 3.1.**
- **Εξωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες:** Πινακίδες που φωτίζονται από προβολείς στραμμένους επάνω τους.
- **Πινακίδες με αντανakλαστικά υλικά:** Πινακίδες των οποίων μέρος ή όλο το τμήμα είναι από κατάλληλη αντανakλαστική μεμβράνη.



Εικόνα 3.1: Εσωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες.

Οι **εσωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες** είναι οι αποτελεσματικότερες πινακίδες κατά τη νύχτα. Ωστόσο, το βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια, άρα έχουν επιπλέον κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Επιπλέον, σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος ή βλάβης των φωτιστικών τους σωμάτων, η λειτουργία τους παύει τελείως, χωρίς να είναι πλέον ορατές, καθώς το υλικό επικάλυψής τους δεν είναι αντανακλαστικό. Έτσι, η εφαρμογή αυτών των πινακίδων περιορίζεται κυρίως σε αστικές περιοχές, όπου υπάρχει έτοιμο ηλεκτρικό δίκτυο, και σε συγκεκριμένα σημεία υπεραστικών δικτύων υψηλής επικινδυνότητας, καθώς οι εν λόγω πινακίδες είναι ορατές από μεγάλη απόσταση.

Παρόμοια προβλήματα σχετικά με τη λειτουργία με ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζουν και οι **εξωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες**. Η εφαρμογή των πινακίδων αυτών γίνεται σε σημεία όπου δύσκολα προσεγγίζει η φωτεινή δέσμη των αυτοκινήτων, όπως οι υπεράνω του οδοστρώματος γέφυρες σήμανσης, ή όπου απαιτείται το σήμα να γίνεται ορατό από μεγάλη απόσταση.

Έτσι, για την επίλυση του προβλήματος της νυχτερινής ορατότητας, κατά τη συντριπτική τους πλειοψηφία οι πινακίδες σήμανσης είναι εφοδιασμένες με **αντανακλαστικές μεμβράνες**. Οι πινακίδες αυτές για να λειτουργήσουν απλώς αξιοποιούν το φως των φανών των οχημάτων.

#### 3.4.1 Είδη αντανακλαστικών πινακίδων

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής του σήματός τους (αντανακλαστική ή μη μεμβράνη), οι πινακίδες διακρίνονται σε μη αντανακλαστικές, ημιαντανακλαστικές και αντανακλαστικές:

- **Μη αντανακλαστικές:** Είναι οι πινακίδες όπου ολόκληρη η επιφάνεια της κύριας όψης είναι μη αντανακλαστική. Ως μη αντανακλαστικές μπορούν να κατασκευαστούν οι πινακίδες που τοποθετούνται σε οδούς που φωτίζονται το βράδυ. Γενικά η χρήση των μη αντανακλαστικών πινακίδων είναι περιορισμένη γιατί υπάρχει η πιθανότητα να μην τις προσέξει ο οδηγός σε περίπτωση μη επαρκούς φωτισμού.
- **Ημιαντανακλαστικές:** Είναι οι πινακίδες όπου το υπόβαθρο (φόντο) είναι μη αντανακλαστικό, ενώ τα σύμβολα ή γράμματα είναι. Όλες οι πληροφοριακές πινακίδες στην Ελλάδα είναι ημιαντανακλαστικές, δηλαδή το γαλάζιο φόντο δεν είναι αντανακλαστικό, ενώ οι αναγραφές που ενδιαφέρουν τον οδηγό (λευκά και κίτρινα γράμματα, αριθμοί, βέλη και περιθώρια) κατασκευάζονται αντανακλαστικές.
- **Αντανακλαστικές:** Ως αντανακλαστικές χαρακτηρίζονται οι πινακίδες όπου ολόκληρη η επιφάνεια της κύριας όψης, εκτός από τα σύμβολα μαύρου χρώματος, είναι αντανακλαστική. Όλες οι Πινακίδες Αναγγελίας Κινδύνου, οι περισσότερες Ρυθμιστικές της κυκλοφορίας και οι Πληροφοριακές Πινακίδες αρχής και τέλους κατοικημένης περιοχής κατασκευάζονται με αντανακλαστική μεμβράνη. Με την αντανακλαστική μεμβράνη η εμφάνιση της πινακίδας δεν έχει πρακτικά καμία διαφορά μεταξύ μέρας και νύχτας.

#### 3.4.2 Τύποι αντανακλαστικών μεμβρανών

Το βασικό χαρακτηριστικό που ζητείται από τις αντανακλαστικές μεμβράνες των πινακίδων σήμανσης είναι η **οπισθανάκλαση**. Το φαινόμενο της οπισθανάκλασης αναπτύχθηκε στην **Υποπαράγραφο 2.4.1** του Κεφαλαίου περί Διαγραμμίσεων. Υπενθυμίζεται ότι οπισθανάκλαση είναι η ικανότητα επιστροφής της φωτεινής

δέσμης μακροσκοπικά στην ίδια κατεύθυνση της πρόσπτωσης. Η δυνατότητα αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενσωματωμένων στις μεμβράνες *μικροσκοπικών γυάλινων σφαιριδίων*, διαμέτρου 0,01-0,1 mm, ενώ σκληρό διαφανές εξωτερικό πλαστικό περίβλημα προστατεύει τη μεμβράνη από τη γρήγορη γήρανση λόγω των ατμοσφαιρικών συνθηκών.

Αυτή η αντανακλαστική μεμβράνη χαρακτηρίζεται από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) ως μεμβράνη *Τύπου I (Type I)*. Η τεχνολογική εξέλιξη οδήγησε στη δημιουργία της αντανακλαστικής μεμβράνης *Τύπου II (Type II)*, που διαθέτει πολλαπλάσια ικανότητα οπισθανάκλασης, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και καλύτερη συμπεριφορά στην υπό γωνία πρόσπτωση των φωτεινών ακτίνων. Ο τύπος αυτός αποτελεί πλέον κοινό τόπο σε όλα τα ευρωπαϊκά κράτη. Τέλος, τα τελευταία χρόνια έχει επινοηθεί και ένας ακόμη τύπος αντανακλαστικών μεμβρανών, ο *Τύπος III (Type III)*, ο οποίος έχει ακόμη καλύτερη συμπεριφορά, και που μπορεί να συγκριθεί σε απόδοση ακόμη και με τις εσωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες. Στον **Πίνακα 3.1** γίνεται μία ενδεικτική σύγκριση μεταξύ των τριών τύπων αντανακλαστικών μεμβρανών.

**Πίνακας 3.1:** Ενδεικτική σύγκριση απόδοσης των τριών τύπων αντανακλαστικών μεμβρανών πινακίδων σήμανσης [17].

|  | Τύπος III | Τύπος II | Τύπος I |
|--|-----------|----------|---------|
| Αρχική αντανακλαστικότητα υπό γωνία 4° (cd/lux/m <sup>2</sup> )          | 800       | 250      | 70      |
| Αρχική αντανακλαστικότητα υπό γωνία 30° (cd/lux/m <sup>2</sup> )         | 400       | 150      | 30      |
| Συμβατική διάρκεια ζωής (έτη)  | 10        | 10       | 7       |
| Αντανακλαστικότητα στο τέλος της διάρκειας ζωής (cd/lux/m <sup>2</sup> ) | 400       | 200      | 35      |

Οι διαφορές μεταξύ των τριών τύπων είναι φανερές και στις **Εικόνες 3.2, 3.3**.



**Εικόνα 3.2:** Οι τρεις τύποι αντανακλαστικών μεμβρανών, υπό το φως προβολέων οχήματος.



**Εικόνα 3.3:** Αποψη υπό οξεία γωνία των τύπων της Εικόνας 3.2.

Όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3.3**, ο Τύπος III είναι αποτελεσματικός ακόμη και σε άποψη της πινακίδας υπό γωνία, όντας, κατά συνέπεια, κατάλληλος και για περιπτώσεις θέσης της πινακίδας σε σχετικά μεγάλη απόσταση από το άκρο της οδού, ή για γέφυρες σήμανσης. Στον **Πίνακα 3.2** παρατίθεται μία προτεινόμενη εφαρμογή

των τριών τύπων, συναρτήσει του είδους της πινακίδας, του είδους της οδού και της περιφερειακής όχλησης από άλλες φωτεινές πηγές, φαινόμενο γνωστό και ως φωτορύπανση.

**Πίνακας 3.2:** Προτεινόμενη εφαρμογή επιμέρους αντανακλαστικών τύπων μεμβρανών πινακίδων σήμανσης, αναλόγως τύπου σήματος, οδού και φωτεινής όχλησης (Πηγή: ΣΗΜΑ Α.Ε.Β.Ε.).

| ΓΕΝΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ         |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
|-------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| ΘΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟ   | ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡ.       |                      | ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟΣ     |                      | ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟΣ         |                      |
|                         | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση |
| Δεξιά                   | II                  | II                   | II                  | I                    | II ή III            | I ή II               |
| Αριστερά                | III                 | II ή III             | II ή III            | II                   | III                 | II                   |
| Υπεράνω                 | III                 | III                  | II ή III            | II                   | III                 | II                   |
| ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΙ        |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| ΘΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟ   | ΑΝΑΓΓ. ΚΙΝΔΥΝΟΥ     |                      | ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ          |                      | ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΗ        |                      |
|                         | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση |
| Δεξιά                   | III                 | II                   | II                  | II                   | II                  | II                   |
| Αριστερά                | III                 | II                   | III                 | II                   | III                 | III                  |
| Υπεράνω                 | (III)               | (III)                | (III)               | (III)                | III                 | III                  |
| ΚΥΡΙΟ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| ΘΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟ   | ΑΝΑΓΓ. ΚΙΝΔΥΝΟΥ     |                      | ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ          |                      | ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΗ        |                      |
|                         | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση |
| Δεξιά                   | II                  | II                   | II                  | I                    | II                  | II                   |
| Αριστερά                | III                 | II                   | II                  | II                   | II                  | II                   |
| Υπεράνω                 | (III)               | (II)                 | (II)                | (II)                 | II                  | II                   |
| ΛΟΙΠΟ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| ΘΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟ   | ΑΝΑΓΓ. ΚΙΝΔΥΝΟΥ     |                      | ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ          |                      | ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΗ        |                      |
|                         | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση | Υψηλή περιφ. όχληση | Χαμηλή περιφ. όχληση |
| Δεξιά                   | II                  | I                    | I ή II              | I                    | II                  | I                    |
| Αριστερά                | (II ή III)          | (II)                 | (II)                | (I ή II)             | II                  | I ή II               |

Εκτός από τις συνήθεις αντανακλαστικές μεμβράνες, που αποτελούν τον κανόνα στην κατακόρυφη σήμανση, υπάρχουν και οι **φθορίζουσες** αντανακλαστικές μεμβράνες, που χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιστάσεις. Οι μεμβράνες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της εξαιρετικής ευκρίνειας, ημέρα και νύχτα, και χρησιμοποιούνται



**Εικόνα 3.4:** Πινακίδες με υπόβαθρο από φθορίζουσα μεμβράνη.

ως υπόβαθρο για σχολικές πινακίδες ή πινακίδες που υποδηλώνουν σημαντικούς κινδύνους, **Εικόνα 3.4**. Το μειονέκτημα των φθοριζουσών μεμβρανών είναι η ταχύτατη απώλεια της αντανακλαστικότητάς τους, εντός λίγων μηνών στις πιο συνήθεις περιπτώσεις.

### 3.5 Υλικά και μέθοδοι κατασκευής πινακίδων σήμανσης

Τα υλικά κατασκευής των αντανακλαστικών και ημιαντανακλαστικών πινακίδων σήμανσης για την Ελλάδα είναι:

-φύλλα αλουμινίου από κράμα τύπου AlMg<sub>2</sub> κατά DIN 1725, Blatt 1

-φύλλα αλουμινίου τύπου SIC-H<sub>4</sub> κατά B.S. 1470/1972, πάχους 3 mm

Για το σχηματισμό του σήματος χρησιμοποιείται η ανάλογη μεμβράνη, από αντανακλαστικό ή μη υλικό, ανάλογα με το είδος της πινακίδας.

Σε άλλες χώρες δεν υπάρχει αυστηρός περιορισμός στη χρήση υλικών, αρκεί αυτά να πληρούν τις υπάρχουσες στη χώρα εκείνη προδιαγραφές αντοχής. Έτσι, στις Η.Π.Α. και στον Καναδά χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα σιδηρούχα ή μη μέταλλα, κυρίως φύλλα αλουμινίου και χάλυβα. Συχνά, όμως, χρησιμοποιούνται και φάιμπεργκλας ή πλαστικά υλικά, κυρίως για παροδική σήμανση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επίσης, πινακίδες από κόντρα πλακέ, επενδυμένες με αδιάβροχη ρητίνη, κ.ά. Γενικά οι κανονισμοί των χωρών αυτών παραμένουν ανοικτοί για οποιοδήποτε νέο υλικό, με την προϋπόθεση, βέβαια, να πληροί τις διάφορες σχετικές προδιαγραφές.

Για την κατασκευή του σήματος, οι μεμβράνες κόβονται στις κατάλληλες διαστάσεις και σχήματα, όπως επιβάλλεται από τους κανονισμούς, και ακολουθεί η επικόλληση της μεμβράνης στο αλουμίνιο με δύο διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με το είδος της:

-Μεμβράνη αυτοκόλλητη, όπου αρκεί απλή εφαρμογή πίεσης.

-Επικολλάται η μεμβράνη και εν συνεχεία οι πινακίδες τοποθετούνται σε ειδικό θάλαμο, όπου δημιουργείται κενό αέρα και θερμοκρασία 90-100° C.

Πριν από την παράδοση των πινακίδων γίνεται έλεγχος της ποιότητάς τους δειγματοληπτικά .

Τέλος, οι φθοριζουσες μεμβράνες είναι, συνήθως, αυτοκόλλητα υλικά τοποθετημένα επάνω στο αλουμίνιο, και σε χρώματα φωσφορίζοντος λευκού, κίτρινου ή πορτοκαλί.

### 3.6 Διατάξεις στήριξης πινακίδων κυκλοφορίας

#### 3.6.1 Απλές πινακίδες

Για τις συνηθισμένες πινακίδες που τοποθετούνται παραπλεύρως της οδού, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του στύλου στήριξης είναι συνήθως το *ατσάλι*, σε μορφή κοιλοδοκών, και το *ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα*, σε κυκλικές διατομές. Σε χώρες του εξωτερικού συναντάται και το ξύλο. Αν το πλάτος της πινακίδας είναι μεγάλο, μπορεί να απαιτούνται δύο ή και περισσότεροι στύλοι για τη στήριξή της.

Επίσης, οι πινακίδες είναι δυνατόν, αν δεν επιτρέπεται για διάφορους λόγους η εφαρμογή του δικού τους στύλου, να τοποθετούνται επάνω σε υπάρχοντες στύλους,

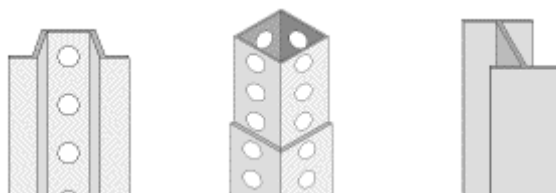
όπως φωτεινών σηματοδοτών ή κοινωφελών δικτύων, και γενικά σε υπάρχουσες κατασκευές.

Για την εφαρμογή της πινακίδας επάνω στο στύλο της συνιστάται η στήριξη του σώματος της πινακίδας επάνω σε οριζόντιες δοκίδες, οι οποίες με τη σειρά τους στηρίζονται επάνω στο στύλο. Η απευθείας στήριξη της πινακίδας επάνω στο στύλο, με δύο ή τρεις κοχλίες σε κατακόρυφη διάταξη, αντενδείκνυται, γιατί με την πάροδο του χρόνου μπορεί να οδηγήσει στο φαινόμενο της σύνθλιψης άντυγας του ελάσματος της πινακίδας.

### 3.6.2 Πινακίδες μεγάλου μεγέθους

Όπου απαιτείται η εφαρμογή πινακίδων κυκλοφορίας μεγάλου μεγέθους, όπως οι πληροφοριακές πινακίδες σε αυτοκινητοδρόμους ή σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας, ή οι γέφυρες και οι βραχίονες σήμανσης, υιοθετείται, πλέον, διαφορετική αντιμετώπιση για τη στήριξή τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται ολοκληρωμένη στατική μελέτη της όλης διάταξης στήριξης, που λαμβάνει υπόψη και δράσεις όπως η ανεμοπίεση ή και ο σεισμός, ενώ τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ο συνήθης δομικός χάλυβας και το αλουμίνιο, σε διατομές που καθορίζονται επίσης από τη στατική μελέτη.

Για τις συνήθεις περιπτώσεις πινακίδων μεγάλου μεγέθους δίπλα από την οδό, εφαρμόζονται συστήματα στήριξης από στοιχεία με ελαφρές διατομές, όπως οι L, U, διπλού ταυ, οι αυλακωτές διατομές και οι τετραγωνικές κοιλοδοκοί, **Εικόνα 3.5**.



**Εικόνα 3.5:** Χρησιμοποιούμενες διατομές σε διατάξεις στήριξης μεγάλων πινακίδων.

Το πλεονέκτημα των ελαφρών διατάξεων στήριξης είναι η δυνατότητα να καταλύονται εύκολα σε περίπτωση σύγκρουσης οχήματος επάνω τους, αρκεί, βέβαια, η πτώση τους να μην γίνεται μέσα στο οδόστρωμα και να μην βλάπτει άλλες παράπλευρες κατασκευές και δραστηριότητες.

### 3.6.3 Γέφυρες και βραχίονες σήμανσης πάνω από την οδό

Οι διατάξεις γεφυρών και βραχιόνων σήμανσης πινακίδων υπεράνω της οδού είναι ακόμη πιο σοβαρές κατασκευές σε σχέση την προηγούμενη περίπτωση, αν και εν γένει πιο απλές μορφολογικά, καθώς ενδεχόμενη αστοχία απειλεί άμεσα τη σωματική ακεραιότητα των οδηγών. Σήμερα η πλειοψηφία των κατασκευών αυτών είναι καθαρά πλαισιακές, με διατομές διπλού ταυ ή ορθογωνικές κοιλοδοκούς για τα ζυγώματα, και ορθογωνικές κοιλοδοκούς μεταβλητής διατομής για τους ορθοστάτες. Για τη θεμελίωση των τελευταίων εφαρμόζεται κοχλίωση επάνω σε βάση από σκυρόδεμα. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ο συνήθης δομικός χάλυβας και το αλουμίνιο, με το δεύτερο να τείνει, πλέον, να υποσκελίζει τον πρώτο.

Έτσι, μερικές βασικές αρχές σχεδιασμού, σύμφωνα με τις νεότερες θεωρήσεις περί παθητικής ασφάλειας, οικονομίας (διάρκεια ζωής, κόστος συντήρησης κλπ.), αλλά και αισθητικής, έχουν ως εξής:

- Για την κατασκευή των γεφυρών σήμανσης δεν πρέπει να προβλέπονται δικτυώματα, αλλά μονοί ορθοστάτες μεταβλητής ορθογωνικής διατομής, δηλαδή κατασκευές από κοιλοδοκούς.
- Θα πρέπει να διασφαλίζεται η δυνατότητα αντικατάστασης των φερόντων στοιχείων της κατασκευής, γεγονός που υποδηλώνει ότι για την συναρμολόγηση ορθοστατών και ζυγώματος στο εργοτάξιο θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κοχλίες σαν στοιχεία σύνδεσης. Με αυτό τον τρόπο καθίστανται δυνατές συμπληρωματικές εργασίες στην κατασκευή οποιαδήποτε στιγμή.
- Σαν υλικό κατασκευής των γεφυρών σήμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν χάλυβας ή κράματα αλουμινίου. Σε πολλές χώρες η χρησιμοποίηση του χάλυβα σαν υλικό κατασκευής έχει καταργηθεί ή θεωρείται πλέον αδόκιμη. Ιδιαίτερα στη Γερμανία έχει καταργηθεί η χρήση του εδώ και αρκετά χρόνια, μετά από γεγονότα ατυχημάτων και σε συνδυασμό με τα μειονεκτήματα του έναντι των κραμάτων αλουμινίου.

Ειδικά στο πεδίο της σύγκρισης μεταξύ χάλυβα και αλουμινίου, παρουσιάζεται παρακάτω μία συνοπτική σύγκριση των πλεονεκτημάτων του κράματος αλουμινίου με τα μειονεκτήματα του χάλυβα:

- Σχετικά με την προστασία από διάβρωση, η συνολική κατασκευή από αλουμίνιο, τόσο εξωτερικά, όσο και εσωτερικά, είναι εξαιρετικά ανθεκτική στη διάβρωση. Αντίθετα, ο χάλυβας εκτίθεται σε μόνιμη βάση σε διάβρωση. Υπάρχει, δε, πλήρης αδυναμία ελέγχου και εξυγίανσης των εσωτερικών επιφανειών των χαλύβδινων στοιχείων.
- Σχετικά με το χρόνο ζωής, το αλουμίνιο χωρίς συντήρηση έχει διάρκεια ζωής πλέον των τριάντα ετών. Ο χάλυβας, επιψευδαργυρωμένος εν θερμώ, έχει διάρκεια ζωής κατά μέγιστο επτά έως δέκα χρόνια. Πέραν αυτού του ορίου χρειάζεται αποσυναρμολόγηση της κατασκευής για μεγάλο χρονικό διάστημα, προκειμένου οι εξωτερικές επιφάνειες να καθαριστούν και στη συνέχεια να βαφούν με χρώματα υψηλής ποιότητας. Στο εσωτερικό της κατασκευής δεν είναι δυνατόν να γίνει προστατευτική βαφή.
- Η μεταφορά, συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση της κατασκευής από αλουμίνιο είναι ταχεία και οικονομική, λόγω του γεγονότος ότι έχει μόνο το ένα τρίτο του βάρους του χάλυβα. Επιπλέον, είναι πάντοτε δυνατές συμπληρωματικές εργασίες στην κατασκευή.
- Για τη μεταφορά, τη συναρμολόγηση και την αποσυναρμολόγηση των στοιχείων από χάλυβα χρειάζεται βαρύς μηχανολογικός εξοπλισμός. Επίσης, για την εκτέλεση συμπληρωματικών εργασιών δεν είναι δυνατόν να αποφευχθούν καταστροφές στην επιφάνεια των γαλβανισμένων τμημάτων.
- Στο αλουμίνιο δεν απαιτείται ψευδαργύρωση εν θερμώ, ούτε άλλη επιφανειακή κατεργασία προστασίας. Η κατασκευή δεν αποχρωματίζεται, καθώς αποκτά βαθμιαία ένα ενιαίο φαιό χρώμα στην διάρκεια του χρόνου. Αντίθετα, στο χάλυβα απαιτείται εν θερμώ ψευδαργύρωση. Σε κάθε γέφυρα σήμανσης προστίθενται περίπου 120 kg ψευδαργύρου. Στη διάρκεια των 7-10 ετών αυτό το υλικό φθείρεται, με αντίστοιχη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Λόγω δε της περιεκτικότητας του χάλυβα σε πυρίτιο, συνήθως εμφανίζονται και αντιαισθητικοί λεκέδες.

Πάντως, θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι πέρα από την προσοχή στη μελέτη και κατασκευή των γεφυρών και βραχιόνων σήμανσης, θα πρέπει να ληφθεί

μέριμνα και για την αδιάλειπτη συντήρηση αυτών των κατασκευών, η οποία δεν θα περιορίζεται μόνο στα βασικά δομικά στοιχεία, αλλά και σε κάθε επιμέρους. Είναι ενδεικτικό ότι πολλά προβλήματα σε ανάλογες κατασκευές προήλθαν από αστοχίες στις κοχλιώσεις των βάσεων στη θεμελίωση ή από πτώσεις στο οδόστρωμα τμημάτων της πινακίδας!

### 3.7 Εγκάρσια τοποθέτηση πινακίδων

#### 3.7.1 Γενικά

Ο καθορισμός της θέσης των πινακίδων είναι, ίσως, το σημαντικότερο θέμα που αφορά τη σήμανση του οδικού δικτύου. Οι επιπτώσεις μίας κακής τοποθέτησης των πινακίδων σήμανσης είναι σημαντικές, όχι μόνο για την ασφάλεια της κυκλοφορίας και την αποφυγή καθυστερήσεων, αλλά και για την αισθητική του περιβάλλοντος χώρου, ιδίως στις αστικές περιοχές. Σε αυτήν την Παράγραφο εξετάζεται το θέμα της τοποθέτησης των πινακίδων σήμανσης κατά **την εγκάρσια έννοια της οδού**, ενώ η διαμήκης τοποθέτηση αναλύεται στην **Παράγραφο 3.8**.

Οι πινακίδες πρέπει κατά κανόνα να τοποθετούνται στην πιο πλεονεκτική θέση από άποψη ορατότητας. Γενικά τοποθετούνται στο δεξιό μέρος της οδού, όπου ο οδηγός έχει συνηθίσει να τις αναζητά. Σε μερικές περιπτώσεις μπορούν να τοποθετηθούν σε διαχωριστικές νησίδες ή πάνω από την οδό, ή τέλος, σε ειδικές περιπτώσεις, και στην αριστερή πλευρά, όπως, για παράδειγμα, σε πολύ κλειστές δεξιές στροφές ή σε μονόδρομους. Στην τελευταία περίπτωση η σήμανση πρέπει να είναι γενικά πιο ευδιάκριτη από ότι στις προηγούμενες.

Πινακίδες στηριγμένες στους τοίχους των παρόδιων κτισμάτων τοποθετούνται όταν η οδός έχει περιορισμένο πλάτος ή υπάρχει στενό πεζοδρόμιο με ανεπαρκή χώρο για σήμανση εδάφους. Στις περιπτώσεις αυτές, όμως, πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την κατάλληλη στερέωση της πινακίδας και να μελετηθεί το πόσο θα πρέπει να εξέρχεται από τον τοίχο, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης επάνω της μεγάλων οχημάτων.

Όλες οι πινακίδες τοποθετούνται κάθετα προς την κυκλοφορία, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις του σήματος απαγόρευσης της στάθμευσης που προβλέπονται στον Κ.Ο.Κ.

#### 3.7.2 Γωνία τοποθέτησης

Όπως ειπώθηκε παραπάνω, οι πινακίδες τοποθετούνται συνήθως κάθετα στην κυκλοφορία. Ωστόσο, οι αντανakλαστικές πινακίδες του δεξιού άκρου θα πρέπει να τοποθετούνται με μια ελαφρά κλίση προς τα έξω, ώστε η αντανάκλαση να μην ενοχλεί τους οδηγούς.

Έτσι, σε **ευθυγραμμίες** δίδεται μία κλίση  $92^{\circ}$ - $95^{\circ}$  της πινακίδας προς τον άξονα της οδού, η οποία σε **δεξιές καμπύλες** μπορεί να γίνει ελαφρώς μεγαλύτερη. Σε **αριστερές καμπύλες** δεν χρειάζεται επιπλέον κλίση, καθώς ο οδηγός προσεγγίζει ήδη υπό οξεία γωνία την πινακίδα, οπότε η πινακίδα τοποθετείται κάθετα στην εφαπτομένη του άξονα της οδού.

### 3.7.3 Ύψος τοποθέτησης

Οι *παραπλεύρως της οδού πινακίδες* θα πρέπει εν γένει να τοποθετούνται σε τέτοιο ύψος, ώστε να βρίσκονται στο ύψος εστίασης του βλέμματος οδηγού για την έγκαιρη διαπίστωση της ύπαρξής τους, χωρίς, όμως, να γίνονται ενοχλητικές για τους πεζούς σε αστικό περιβάλλον.

Κατά τις οδηγίες σήμανσης ελληνικών οδών, το ύψος της χαμηλότερης ακμής της πινακίδας πάνω από τη μέση γραμμή του οδοστρώματος (ελεύθερο ύψος) δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2,2 m, και στην ύπαιθρο να μην είναι μικρότερο από 0,6 m. Στις ίδιες οδηγίες συνιστάται το ύψος αυτό να τηρείται σταθερό κατά μήκος της ίδιας οδού.

Κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές [8], το ελάχιστο ελεύθερο ύψος από το άκρο του οδοστρώματος είναι 1,5 m εκτός πόλεων (1,2 m για πρόσθετες πινακίδες) και 2,1 m στις πόλεις, **Εικόνα 3.6**. Ανάλογα ύψη προβλέπουν και οι γερμανικοί κανονισμοί, όπου, όμως, το ελεύθερο ύψος κάτω από πινακίδες τοποθετημένες σε νησίδες όπου δεν διέρχονται πεζοί μπορεί να φθάσει και τα 0,6 m.

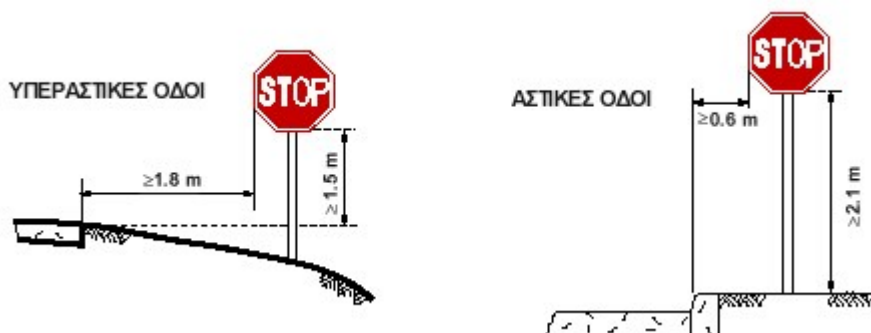
Οι πινακίδες που τοποθετούνται *επάνω από την οδό* πρέπει να έχουν ελεύθερο ύψος από το οδόστρωμα τουλάχιστον 5,0 m, όσο, δηλαδή, και το ελεύθερο ύψος που επιβάλλεται από τους ελληνικούς κανονισμούς κάτω από γέφυρες.

### 3.7.4 Απόσταση από την οριογραμμή

Η απόσταση των πινακίδων από το άκρο της οδού θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να διακρίνονται εύκολα από τον οδηγό, όχι, όμως, τόσο μικρή ώστε να γίνονται επικίνδυνες για οχήματα που εκτρέπονται από την πορεία τους.

Κατά τις οδηγίες σήμανσης ελληνικών οδών, σε κατοικημένες περιοχές η απόσταση του άκρου της πινακίδας από το κατακόρυφο επίπεδο που περνά από το άκρο του οδοστρώματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,5 m, εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις, ενώ σε υπεραστικές οδούς ο κατακόρυφος άξονας των πινακίδων πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση μεγαλύτερη ή ίση των 2,0 m.

Ανάλογες οδηγίες δίνουν και οι αμερικανικές προδιαγραφές [8], **Εικόνα 3.6**.



**Εικόνα 3.6:** Εγκάρσια τοποθέτηση πινακίδων, κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές [8].

## 3.8 Διαμήκης τοποθέτηση πινακίδων

### 3.8.1 Γενικά

Η παρούσα Παράγραφος πραγματεύεται το ζήτημα της *διαμήκους τοποθέτησης των πινακίδων*, δηλαδή της επιλογής της χιλιομετρικής θέσης τοποθέτησης, κατά την κατά μήκος έννοια του άξονα της οδού. Αρχικά μπορούν να παρατεθούν ορισμένες βασικές αρχές σχετικά με τη διαμήκη τοποθέτηση.

Πρώτον, η τοποθέτηση των πινακίδων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αποφεύγεται η σύγχυση των οδηγών ως προς τα μεταβιβαζόμενα μηνύματα. Ειδικότερα, οι πινακίδες δεν θα πρέπει να τοποθετούνται πολύ κοντά στο σημείο στο οποίο αναφέρονται, δεν θα πρέπει να τοποθετούνται όλες μαζί, κλπ.

Επίσης, στο σημείο τοποθέτησής της η πινακίδα δεν θα πρέπει να μοιάζει χρωματικά ή σχηματικά με το περιβάλλον και να μην καλύπτεται ή να μην υπάρχει προοπτική κάλυψης της από φυτά, δέντρα, κλπ.

Τέλος, θα πρέπει να εξετάζεται στην περίπτωση οδών με κατεύθυνση περίπου ανατολής-δύσης, η περίπτωση θάμβωσης των οδηγών που έχουν ήλιο αντίθετο και δεν μπορούν να διακρίνουν τις πινακίδες. Θα πρέπει, τότε, να λαμβάνεται πρόνοια ώστε οι πινακίδες να τοποθετούνται στη σκιά, αν αυτό είναι δυνατό, ή εκτός της γραμμής ήλιου-οδηγού.

### 3.8.2 Απόσταση πινακίδων από το σημείο αναφοράς τους

Για τις περιπτώσεις πινακίδων που η οργάνωση τους επιβάλλει τη λήψη κάποιας απόφασης από τον οδηγό, κυρίως Πινακίδων Αναγγελίας Κινδύνου και κατά δεύτερο λόγο Πληροφοριακών, η απόσταση τοποθέτησης από το σημείο που θα εφαρμοστεί η απόφαση αυτή μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια απλής γεωμετρικής μεθόδου (Πηγή: [7]). Σύμφωνα με αυτήν, η εν λόγω απόσταση καθορίζεται από τρεις παράγοντες χρόνου:

-Το χρόνο ( $T_{\delta}$ ) που απαιτείται για να διαβαστεί το περιεχόμενο τους.

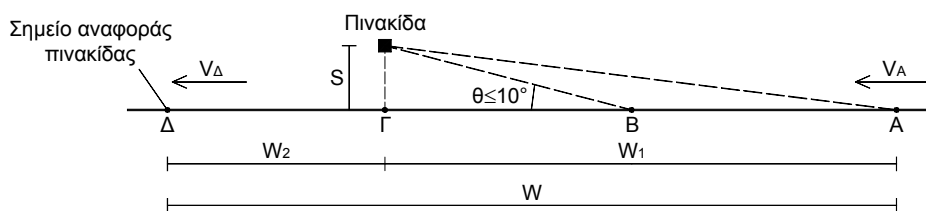
-Το χρόνο ( $T_{\alpha}$ ) που απαιτείται για να αντιδράσει ο οδηγός και να αποφασίσει σχετικά με το περιεχόμενο της πινακίδας.

-Το χρόνο ( $T_{\epsilon}$ ) που απαιτείται για την πραγματοποίηση της κατάλληλης ενέργειας που απαιτεί η συμμόρφωση προς το περιεχόμενο της πινακίδας (π.χ. για στάση, στροφή κλπ.).

Για το χρόνο διαβάσματος ( $T_{\delta}$ ), προκειμένου για μία ή δύο λέξεις γίνεται γενικά δεκτός χρόνος 1 sec, δεδομένου ότι η ανάγνωση γίνεται σχεδόν ακαριαία. Για περισσότερες από δύο λέξεις λαμβάνεται χρόνος ίσος με  $N/3$  sec, όπου  $N$  ο αριθμός των λέξεων. Πινακίδες με μηνύματα που έχουν περισσότερες από τέσσερις λέξεις πρέπει αρχικά να αποφεύγονται. Ο χρόνος αντίδρασης ( $T_{\alpha}$ ) λαμβάνεται συνήθως ίσος με 1-1,5 sec. Τέλος, ο χρόνος ενέργειας ( $T_{\epsilon}$ ) εξαρτάται από το είδος της απαιτούμενης ενέργειας, π.χ. 3 sec για αλλαγή λωρίδας.

Το άθροισμα των μηκών που θα διανύσει ένα όχημα κινούμενο με τη μέση ταχύτητα κίνησης κατά την διάρκεια των παραπάνω τριών χρόνων, θα καθορίσει και την απόσταση της πινακίδας από το σημείο αναφοράς της (π.χ. διασταύρωση, ράμπα εξόδου από αυτοκινητόδρομο κλπ.). Στην **Εικόνα 3.7** φαίνεται σχηματικά η διάταξη για τον προσδιορισμό του εν λόγω μήκους. Το σημείο A είναι το σημείο που είναι δυνατή και αρχίζει η ανάγνωση της πινακίδας. Το σημείο B είναι το σημείο που τελειώνει η ανάγνωση, και που η γωνία στροφής  $\theta$  της κεφαλής του οδηγού δεν

πρέπει να είναι μεγαλύτερη από  $10^\circ$ , ειδάλλως υπάρχει κίνδυνος απόσπασης της προσοχής από το δρόμο.



Εικόνα 3.7: Σχηματική διάταξη τοποθέτησης πινακίδας σήμανσης.

Η συνολική απόσταση  $W$  δίνεται από τη σχέση:

$$W = V_A \cdot (2T_\delta + T_a) + (V_A + V_\Delta) \cdot T_\varepsilon / 2$$

όπου  $V_A$  και  $V_\Delta$  οι ταχύτητες στα σημεία  $A$  και  $\Delta$  αντίστοιχα. Ο συντελεστής ( $\times 2$ ) του χρόνου  $T_\delta$  αποτελεί συντελεστή ασφαλείας για περιπτώσεις αργής ανάγνωσης.

Η ζητούμενη απόσταση  $W_2$  είναι ίση με  $(W - W_1)$ , όπου:

$$W_1 = (AB) + (B\Gamma) = V_A \cdot (2T_\delta) + S \cdot \cot\theta$$

Πέρα από τον παραπάνω θεωρητικό καθορισμό της απόστασης τοποθέτησης μιας πινακίδας, κρίνεται σκόπιμο να δοθούν και ορισμένοι πρακτικοί κανόνες, που έχουν προκύψει από την καθημερινή εμπειρία στο θέμα αυτό, στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

- Οι **πινακίδες προτεραιότητας** και οι **πινακίδες STOP** τοποθετούνται περίπου στο σημείο που αναφέρονται, ή συνήθως 1,5-15 m από το σημείο αυτό (το μικρότερο εφαρμόζεται σε δευτερεύουσες υπεραστικές ή αγροτικές οδούς). Στην περίπτωση των πινακίδων STOP σχεδιάζονται στο οδόστρωμα γραμμές στάσης που είναι συνήθως μία ή δύο συνεχείς άσπρες γραμμές, ακριβώς στο σημείο που πρέπει να γίνει η στάση. Σε περιπτώσεις διασταυρώσεων με πολλά σκέλη, όπου η κατεύθυνση κίνησης δεν είναι σαφής, η τοποθέτηση των σημάτων STOP συνδυάζεται με διοχετευτική διαρρύθμιση της διασταύρωσης. Σε διαβάσεις πεζών η πινακίδα STOP τοποθετείται περίπου 1,0-1,5 m πριν από τη διάβαση.
- Οι **Πινακίδες Αναγγελίας Κινδύνου** τοποθετούνται κατά κανόνα σε κάποια απόσταση πριν από το σημείο αναφοράς τους. Στις αστικές οδούς η απόσταση αυτή είναι 50-70 m, ενώ στις υπεραστικές οδούς, που οι ταχύτητες είναι μεγαλύτερες, η απόσταση αυτή μπορεί να κυμαίνεται στα 200-400 m, ανάλογα με την ταχύτητα. Ο ακριβής υπολογισμός, πάντως, γίνεται όπως έχει ήδη περιγραφεί προηγουμένως.
- Οι **Πληροφοριακές Πινακίδες** που δείχνουν τοπωνύμια και κατευθύνσεις κίνησης τοποθετούνται τουλάχιστον 60 m πριν από την διασταύρωση, αλλά στις αστικές περιοχές, όπου συνήθως υπάρχει στενότητα χώρου, η απόσταση αυτή μπορεί να ελαττωθεί αρκετά. Στους αυτοκινητοδρόμους και σε άλλες ταχείες υπεραστικές οδούς οι πινακίδες αυτές πρέπει να τοποθετούνται περισσότερες από μία φορές, αρχίζοντας από αποστάσεις 1 ή 2 km από το σημείο αναφοράς τους. Για κάθε τέτοια περίπτωση θα πρέπει να υπάρχουν

τουλάχιστον τρεις πινακίδες, και κατά μέγιστο πέντε. Οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ τους πρέπει να είναι της τάξης των 250 m περίπου.

### 3.9 Σήματα επάνω από την οδό

Η σήμανση πάνω από την οδό με πληροφοριακές, κατά κανόνα, πινακίδες είναι πολύ κοινή σε Αμερική και Ευρώπη, αλλά μέχρι πρόσφατα συναντώνταν ελάχιστα στην Ελλάδα, όπου μάλιστα κάποτε ήταν απαγορευμένη. Τα τελευταία, ωστόσο, χρόνια, με την κατασκευή των νέων αυτοκινητοδρόμων, πινακίδες επάνω από την οδό συναντώνται πλέον πολύ συχνά και στο ελληνικό οδικό δίκτυο.

Παράγοντες που επιβάλλουν την τοποθέτηση σημάτων επάνω από την οδό μπορεί να είναι:

- κυκλοφοριακός φόρτος κοντά στην κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού
- πολύπλοκος σχεδιασμός ανισόπεδων κόμβων
- τρεις ή περισσότερες λωρίδες ανά κατεύθυνση
- περιορισμένο μήκος ορατότητας
- ανισόπεδες έξοδοι σε μικρά διαστήματα
- έξοδοι πολλών λωρίδων
- μεγάλο ποσοστό οδηγών που περιορίζουν την πλάγια ορατότητα
- μεγάλη ταχύτητα κυκλοφορίας
- ανεπαρκής χώρος για σήμανση εδάφους
- διασταύρωση αυτοκινητοδρόμων

Όταν υπάρχουν ένας ή περισσότεροι παράγοντες από τους παραπάνω, ενδείκνυται η χρησιμοποίηση σημάτων επάνω από την οδό.



**Εικόνα 3.8:** Γέφυρα σήμανσης σε αυτοκινητόδρομο.

Τα είδη διατάξεων στήριξης σημάτων επάνω από την οδό είναι οι γέφυρες και οι βραχίονες στήριξης, συστήματα τα οποία αναπτύχθηκαν αναλυτικά στην Υποπαράγραφο 3.6.3.

Τα χρώματα που χρησιμοποιούνται στις πινακίδες επάνω από την οδό αντιστοιχούν στα χρώματα της κατηγορίας των πληροφοριακών πινακίδων στην οποία ανήκουν, δηλαδή, για την Ελλάδα πράσινο σε αυτοκινητοδρόμους και κυανό σε λοιπές οδούς. Το κυριότερο πλεονέκτημα του πράσινου χρώματος είναι η δυνατότητα αναγνώρισης από μεγάλη απόσταση. Όπως αναφέρθηκε και στην Υποπαράγραφο 3.8.1, θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε η πινακίδα να μην μοιάζει χρωματικά με το φυσικό περιβάλλον. Έτσι, το γαλάζιο χρώμα αντενδείκνυται

γιατί συγγέεται με το γαλάζιο του ουρανού, σε συνδυασμό και με το ύψος τοποθέτησης των πινακίδων.

Επειδή η απόσταση από την οποία ο οδηγός διαβάζει μια πινακίδα επάνω από την οδό είναι μεγαλύτερη από αυτήν που χρειάζεται για μια συμβατική πινακίδα εδάφους, πρέπει τόσο οι πινακίδες, όσο και τα γράμματα, να είναι μεγαλύτερου μεγέθους από τις συνήθεις περιπτώσεις. Τόσο οι αμερικάνικοι, όσο και οι γερμανικοί κανονισμοί δίνουν το μέγεθος των γραμμάτων πινακίδων πάνω από την οδό σε συνάρτηση με τον αριθμό των λέξεων και το ύψος τοποθέτησης.

### 3.10 Η αποτελεσματική σήμανση

Στην παρούσα Παράγραφο επιχειρείται μία εμβάθυνση στην έννοια και στις απαιτήσεις της αποτελεσματικής σήμανσης, που έχει προκύψει από την εμπειρία και τεχνογνωσία στο χώρο της σήμανσης.

#### 3.10.1 Βασικές αρχές αποτελεσματικής σήμανσης

Οι πινακίδες σήμανσης των δρόμων πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο εκεί όπου υπάρχουν οι ανάγκες και οι προϋποθέσεις από πραγματικά δεδομένα και κατόπιν επιτόπιας αυτοψίας.

**Ορισμένες θέσεις απαιτούν οπωσδήποτε την ύπαρξη σήμανσης:**

- Όπου υπάρχουν κίνδυνοι ατυχημάτων στο δρόμο, που δεν είναι φανεροί από μόνοι τους.
- Όπου εφαρμόζονται ειδικές ρυθμίσεις, περιορισμοί ή απαγορεύσεις (για ταχύτητα, διέλευση, στροφές, προσπεράσματα, σταθμεύσεις, μονοδρομήσεις κλπ.), μόνιμες ή προσωρινές, όπως, για παράδειγμα, εκτέλεση έργων ή ύπαρξη ειδικών συνθηκών.
- Όπου απαιτούνται πληροφορίες για τις περιοχές που διασχίζουν οι δρόμοι, για τις διαδρομές τους, τις κατευθύνσεις τους, τους προορισμούς τους, για θέσεις που παρουσιάζουν ενδιαφέρον, σε θέσεις που πρέπει να ληφθούν αποφάσεις για την κατεύθυνση της πορείας, κλπ.

Τονίζεται ότι γενικά οι πινακίδες δεν χρησιμοποιούνται για να υπενθυμίζουν ή επισημαίνουν κανόνες κυκλοφορίας του Κ.Ο.Κ.

Για να είναι αποτελεσματική η τοποθέτηση κάθε πινακίδας σήμανσης των δρόμων στην ασφάλεια ή στη ρύθμιση της κυκλοφορίας, ή και στην πληροφόρηση των οδηγών, πρέπει να πληρούνται ορισμένες βασικές απαιτήσεις:

- να εκπληρώνεται μία ανάγκη
- να προκαλείται η προσοχή των οδηγών των οχημάτων
- να εμπνέεται σεβασμός στους χρήστες της οδού
- να δίνεται αρκετός χρόνος στους οδηγούς για ανταπόκριση, με έγκαιρη και σταδιακή ενημέρωση και προειδοποίησή τους

Τέλος, για να εξασφαλιστεί ότι πληρούνται οι παραπάνω απαιτήσεις αποτελεσματικής σήμανσης, χρησιμοποιούνται πέντε βασικά μέσα, **η μελέτη του σχεδίου της πινακίδας, η τοποθέτηση, η λειτουργικότητα, η συντήρηση και η ομοιομορφία:**

- **Η μελέτη του σχεδίου** κάθε πινακίδας (σχήμα, μέγεθος, χρώματα με τις αντιθέσεις τους, σύνθεση, φωτισμός και αντανακλαστικότητα) έχουν

συνδυαστεί στα πρότυπα, ώστε να εξασφαλίζεται η πρόκληση της προσοχής του οδηγού. Επίσης, το σχήμα, το μέγεθος, τα χρώματα και η απλότητα στο συμβολισμό, έχουν συνδυαστεί ώστε να παράγουν ένα σαφές μήνυμα. Η ευκολία ανάγνωσης και το μέγεθος πρέπει να συνδυάζονται με τη θέση τοποθέτησης και με την ταχύτητα κυκλοφορίας, ώστε να παρέχεται αρκετός χρόνος για ανταπόκριση, η δε ομοιομορφία, το μέγεθος, η ευχέρεια ανάγνωσης και το σωστό για την κάθε περίπτωση μήνυμα, συνδυάζονται για να εμπνέουν σεβασμό στη σήμανση.

- **Η τοποθέτηση της πινακίδας** πρέπει να εξασφαλίζει ότι αυτή βρίσκεται μέσα στον κώνο ορατότητας του παρατηρητή, ώστε να προκαλεί την προσοχή του, και σε θέση σχετική με το σημείο, το αντικείμενο ή την κατάσταση για την οποία χρησιμοποιείται, ώστε να βοηθήσει στο σωστό μήνυμα. Επίσης, πρέπει να εξασφαλίζει ότι η θέση της, συνδυασμένη με ευκολία ανάγνωσης, είναι τέτοια, ώστε ένας οδηγός που κινείται με κανονική ταχύτητα να έχει αρκετό χρόνο για να κάνει τη σωστή ενέργεια που επιβάλλει το μήνυμα της πινακίδας.
- **Η λειτουργικότητα** κάθε πινακίδας εξασφαλίζεται με τη χρησιμοποίηση της πάντα για να ανταποκρίνεται σε ίδιες κυκλοφοριακές συνθήκες σε μία δεδομένη θέση. Για να εξασφαλιστεί στο μέγιστο δυνατό ότι οι οδηγοί των οχημάτων αναμένεται πως θα ανταποκριθούν σωστά σε μία πινακίδα, πρέπει να βασίζονται σε προηγούμενη όμοια εμπειρία τους από τοποθέτηση της σε όμοιες κυκλοφοριακές καταστάσεις. Δηλαδή, κάθε πινακίδα πρέπει να τοποθετείται και να λειτουργεί με ομοιόμορφο και σταθερό τρόπο.
- **Η συντήρηση** κάθε πινακίδας πρέπει να γίνεται με αυστηρά πρότυπα, ώστε να εξασφαλίζεται ότι παραμένει εύκολη η ανάγνωση της, ότι η πινακίδα παραμένει ορατή, και ότι έχει αφαιρεθεί εάν δεν χρειάζεται πλέον. Καθαρή, ευανάγνωστη, σωστά μελετημένη πινακίδα, και σε καλή κατάσταση συντήρησης, επιβάλλει τον σεβασμό των οδηγών, καθώς και των πεζών. Το γεγονός ότι μία πινακίδα είναι σε καλή φυσική κατάσταση δεν αποτελεί λόγο αναβολής της αφαίρεσης ή αλλαγής της, εάν λειτουργικοί λόγοι το επιβάλλουν. Επιπλέον, αμελής συντήρηση μπορεί να καταστρέψει την αξία μιας ομάδας πινακίδων, με το να τις αφήσει εκτός ισορροπίας. Η αντικατάσταση μίας πινακίδας σε μια σειρά πινακίδων, κατά τη συντήρηση, από μία που είναι δυσανάλογα μεγαλύτερη, μπορεί να προκαλέσει την υποβάθμιση άλλων πινακίδων που βρίσκονται κοντά της.
- **Η ομοιομορφία** των πινακίδων σήμανσης απλοποιεί το έργο εκείνων που χρησιμοποιούν το δρόμο, διότι βοηθάει στην αναγνώριση και την κατανόησή τους. Βοηθάει τους οδηγούς, την τροχαία και τα δικαστήρια, με το να δίνουν σε όλους την ίδια εύνοια και την ίδια μετάφραση στο μήνυμα. Βοηθάει, επίσης, τους υπαλλήλους των υπηρεσιών δημοσίων έργων και κυκλοφορίας στη βιομηχανική κατασκευή, εγκατάσταση, συντήρηση και διοίκηση των πινακίδων. Με απλά λόγια, όμοιες καταστάσεις ή περιπτώσεις αντιμετωπίζονται κατά τον ίδιο τρόπο. Επισημαίνεται, πάντως, ότι η χρήση ομοιόμορφων πινακίδων δεν αποτελεί καθεαυτό ομοιομορφία. Μία πρότυπη πινακίδα όταν χρησιμοποιείται εκεί που δεν είναι κατάλληλη, είναι τόσο απαράδεκτη, όσο και μία μη πρότυπη πινακίδα. Στην πραγματικότητα αυτό μπορεί να είναι χειρότερο, γιατί μια τέτοια κακή χρήση μπορεί να προκαλέσει έλλειψη σεβασμού σε άλλες θέσεις που η πινακίδα αυτή χρειάζεται.

### 3.10.2 Πινακίδες ορίων ταχύτητας

Οι πινακίδες που καθορίζουν τα όρια ταχύτητας είναι από τις πιο σημαντικές υποδείξεις σε μία οδό, η δε τήρησή τους συντελεί κατά τα μέγιστα στην οδική ασφάλεια του σημείου που αφορούν. Για να είναι, όμως, αποτελεσματική η σήμανση με όρια ταχύτητας, θα πρέπει να ακολουθούνται ορισμένες βασικές αρχές.

Θα πρέπει, επομένως, τα επιβαλλόμενα όρια να αντιστοιχούν ακριβώς στην επιθυμητή ταχύτητα, γιατί μεγαλύτερα όρια υποβαθμίζουν την ασφάλεια, ενώ υπερβολικά χαμηλά εκνευρίζουν τον οδηγό και με τον καιρό τον οδηγούν, πλέον, σε συστηματική έλλειψη εμπιστοσύνης και σεβασμού προς αυτά. Επίσης, πινακίδες ορίου που τοποθετούνται για συγκεκριμένο κίνδυνο, που μπορεί να σημειωθεί και με ανάλογη Πινακίδα Αναγγελίας Κινδύνου, καλό είναι να συνοδεύονται και από την εν λόγω πινακίδα. Μετά από την απομάκρυνση από την περιοχή του περιορισμού της ταχύτητας, το όριο θα πρέπει να επαναπροσδιορίζεται με νέα πινακίδα, ή με πινακίδα κατάργησης του παλιού ορίου. Τέλος, σε περιπτώσεις που για κάποιο λόγο χρειάζεται μεγάλη μείωση του ορίου, όπως σε προσέγγιση σε σταθμούς διοδίων και σε περιοχές έργων σε αυτοκινητοδρόμους, θα πρέπει να τοποθετούνται διαδοχικές πινακίδες βαθμιαίας ελάττωσης ταχύτητας.

### 3.10.3 Πινακίδες για επικίνδυνες στροφές

Οι πινακίδες αυτές δεν πρέπει να τοποθετούνται σε όλες τις στροφές, παρά μόνο σε αυτές που είναι πραγματικά επικίνδυνες. Η ακριβής θέση τοποθέτησης καθορίζεται από τη φύση της στροφής και τη χάραξη της οδού. Τα τελευταία χρόνια επιδιώκεται χάραξη καμπύλων με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακτίνα, για να υπάρχει μεγαλύτερη ορατότητα και άνεση. Σε παλαιότερες χαράξεις οδών οι στροφές μπορεί να έχουν πολύ μικρές ακτίνες καμπυλότητας, συνεπώς παρουσιάζεται μεγαλύτερος κίνδυνος και απαιτείται εντονότερη σήμανση.

### 3.10.4 Πινακίδες προσβάσεων ισόπεδων σιδηροδρομικών διαβάσεων

Οι πολύ επικίνδυνες αυτές θέσεις των οδών σε ισόπεδες σιδηροδρομικές διαβάσεις με ή χωρίς προστατευτικές μπάρες, είναι ανάγκη να επισημαίνονται για να πληροφορούνται οι οδηγοί των οχημάτων και να λαμβάνουν έγκαιρα τα απαιτούμενα μέτρα. Η σήμανση περιλαμβάνει και σειρά επαναληπτικών πινακίδων, που τοποθετούνται διαδοχικά σε αποστάσεις 100, 200 και 300 m από τη διάβαση.

### 3.10.5 Πινακίδες υποχρεωτικής διακοπής πορείας (STOP) και παραχώρησης προτεραιότητας

Τα κριτήρια για την τοποθέτηση της πινακίδας STOP καθορίζονται από τις αρμόδιες υπηρεσίες για τη σήμανση των οδών. Τέτοιες περιπτώσεις είναι η ύπαρξη διασταυρώσεων ή διακλαδώσεων με κύριες αρτηρίες, όπου οι οδηγοί πρέπει να σταματούν και να ελέγχουν τη κατάσταση πριν περάσουν, παραχωρώντας και την προτεραιότητα, ισόπεδες σιδηροδρομικές διαβάσεις, και, γενικά, σημεία που είναι απαραίτητη η στάση των οχημάτων.

Η πινακίδα παραχώρησης προτεραιότητας (ανεστραμμένου τριγώνου) τοποθετείται σε περιπτώσεις όπου επιβάλλεται η ρύθμιση προτεραιότητας χωρίς να απαιτείται απαραίτητα η διακοπή της πορείας των οχημάτων, αρκεί, βέβαια, και η μορφολογία του κόμβου να επιτρέπει κάτι τέτοιο. Τέτοιες θέσεις είναι συνήθως

είσοδοι σε οδούς με λωρίδα επιτάχυνσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις τοποθετείται η εν λόγω πινακίδα, και όχι η πινακίδα STOP, όπως πολύ άστοχα συμβαίνει σε πλήθος εισόδων αυτοκινητοδρόμων και οδών ταχείας κυκλοφορίας στην Ελλάδα.

Για την τοποθέτηση της πινακίδας STOP ισχύουν τα όσα αναφέρθηκαν στην Υποπαράγραφο 3.8.2. Απλώς προστίθεται ότι σε υπεραστικές οδούς μπορεί να προηγείται και σε απόσταση έως και 100-150 m από την θέση στάσης, μαζί με πρόσθετη πινακίδα που να αναγράφει την απόσταση αυτή.

### 3.10.6 Πινακίδα απαγόρευσης εισόδου

Κριτήριο για την τοποθέτηση της πινακίδας από τις αρμόδιες και υπεύθυνες υπηρεσίες είναι η ύπαρξη μονοδρόμων, η κατασκευή σοβαρών έργων, και γενικά όπου λόγοι ασφάλειας επιβάλλουν μία τέτοια ρύθμιση. Η πινακίδα αυτή τοποθετείται στην αρχή του τμήματος του δρόμου που είναι κλειστό στην κυκλοφορία, πρέπει δε σε πλατείς δρόμους να τοποθετείται τόσο δεξιά, όσο και αριστερά. Ο συνδυασμός της σε κόμβους με πινακίδα υποχρεωτικής κατεύθυνσης πορείας διευκολύνει την κίνηση των οδηγών που αντικρίζουν την απαγόρευση εισόδου.

### 3.10.7 Πινακίδες προειδοποίησης κατευθύνσεων σε κόμβους, σε συνήθεις οδούς

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν δύο είδη, οι τοποθετούμενες πριν από τον κόμβο και οι τοποθετούμενες επάνω στον κόμβο. Οι πινακίδες αυτές παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις κατευθύνσεις των οδών στους κόμβους και είναι απαραίτητες γιατί οι οδηγοί πρέπει να παίρνουν αποφάσεις για το ποια κατεύθυνση θα ακολουθήσουν.

Οι πινακίδες πριν από τον κόμβο δίνουν στους οδηγούς πληροφορίες πριν προσεγγίσουν το κόμβο, οπότε έτσι έχουν τη δυνατότητα να αποφασίσουν έγκαιρα και να μην καθυστερήσουν ή χάσουν την προσοχή τους επάνω στον κόμβο. Οι εν λόγω πινακίδες είναι ορθογώνιες με μπλε φόντο. Οι ελληνικές αναγραφές γίνονται με κίτρινα γράμματα και αριθμούς, οι δε λατινικές με άσπρα. Οι αποστάσεις των προειδοποιητικών αυτών πινακίδων από τους κόμβους σε μέτρα αναγράφονται στο κάτω μέρος των πινακίδων. Τοποθετούνται πριν από τους κόμβους σε αποστάσεις 200-400 m και 100-150 m, ανάλογα με την πινακίδα. Είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται διπλές πινακίδες, χωριστή με ελληνικά και χωριστή με λατινικά γράμματα, που τοποθετούνται κοντά, χωρίς να εμποδίζει η μία την ορατότητα της άλλης.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι πινακίδες που τοποθετούνται επάνω στον κόμβο. Οι πινακίδες αυτές έχουν την μορφή βέλους ή είναι ορθογώνιες με σχεδιασμένο βέλος στο εσωτερικό τους. Τοποθετούνται ακριβώς στο πέρας κάθε δρόμου σε κόμβους, διακλαδώσεις ή διασταυρώσεις, και κατά τρόπο ώστε να είναι καλά ορατές από όλους τους οδηγούς που πλησιάζουν στον κόμβο, από όλες τις κατευθύνσεις. Κανένας κόμβος και καμία διασταύρωση δεν μπορεί να μείνει ούτε μία μέρα χωρίς τις πινακίδες αυτές.

Κατά τη μελέτη των πληροφοριακών πινακίδων κατευθύνσεων η ονομασία του προορισμού που δίδεται σε μία πληροφοριακή πινακίδα πρέπει να επαναλαμβάνεται σε όλες τις πινακίδες κατευθύνσεων που ακολουθούν μέχρι τον προορισμό αυτό (κανόνας συνέχειας).

### 3.10.8 Πινακίδες αρίθμησης και χιλιομέτρησης οδών

Πληροφορίες για την αρίθμηση και χιλιομέτρηση των οδών διευκολύνουν και κατατοπίζουν τους οδηγούς, ιδιαίτερα τους ξένους.

Οι πινακίδες για την αρίθμηση των εθνικών οδών έχουν σχήμα θυρεού, με άσπρο φόντο και μπλε περιθώριο και αριθμούς που δίνουν την αρίθμηση της οδού. Οι πινακίδες για την αρίθμηση των διεθνών αρτηριών είναι ορθογωνικές, με πράσινο φόντο και άσπρους αριθμούς. Είναι σκόπιμο οι αριθμήσεις αυτές να αναγράφονται και στις κατευθύνσεις των πληροφοριακών πινακίδων προειδοποίησης κατευθύνσεων σε κόμβους.

## **3.11 Η πληροφοριακή σήμανση αυτοκινητοδρόμων**

Είναι γνωστό ότι μέχρι πολύ πρόσφατα η Ελλάδα διέθετε πολύ λίγα χιλιόμετρα πραγματικών αυτοκινητοδρόμων. Το γεγονός αυτό είχε σαν συνέπεια η έναρξη της μαζικής υλοποίησης της απαιτητικής υποδομής αυτοκινητοδρόμων να συνοδεύει από άγνοια και απειρία σε ένα ευρύ φάσμα σχετικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένου και του πεδίου της πληροφοριακής σήμανσης, όπου δεν υπήρχε καμία προδιαγραφή και καμία γνώση σχετικά με την εφαρμογή της. Ταυτόχρονα, για τον ίδιο ακριβώς λόγο η σταδιακή παράδοση νέων τμημάτων βρήκε αδιάβαστους και τους Έλληνες οδηγούς, οι οποίοι αποδεικνύεται ότι όχι μόνο αντιμετωπίζουν πρόβλημα στην κίνησή τους στο πρωτόγνωρο οδικό περιβάλλον, αλλά αγνοούν συστηματικά και την έννοια των πληροφοριακών πινακίδων σήμανσης των αυτοκινητοδρόμων.

Η πρόοδος στο πεδίο της πληροφοριακής σήμανσης των αυτοκινητοδρόμων πραγματοποιήθηκε με την έρευνα και σύνταξη νέων σχετικών προδιαγραφών από τις επιφορτισμένες με την κατασκευή και διαχείριση των νέων αυτοκινητοδρόμων εταιρίες, καθώς και με την εισαγωγή της νέας σήμανσης στον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας και στο σύστημα εκπαίδευσης νέων οδηγών. Παρόλα αυτά, όμως, εξακολουθούν να υφίστανται συστηματικές ελλείψεις σε υπάρχοντα τμήματα αυτοκινητοδρόμων, ενώ και η έννοια των σημάτων εξακολουθεί να παραμένει άγνωστη στην πλειοψηφία των οδηγών. Σκοπός αυτής της Παραγράφου είναι η παρουσίαση των εν λόγω πινακίδων και η παράθεση στοιχείων σχετικά με την έννοια και την εφαρμογή τους.

### 3.11.1 Γενικά χαρακτηριστικά πληροφοριακών πινακίδων αυτοκινητοδρόμων

Οι πληροφοριακές πινακίδες των αυτοκινητοδρόμων είναι τα σήματα με το χαρακτηριστικό πράσινο υπόβαθρο, που έχει σκοπό τη γρήγορη αναγνώριση από μεγάλες αποστάσεις, αλλά και την πρόσδοση μίας ιδιαίτερης προσωπικότητας στην οδό. Οι βασικές διαφορές των εν λόγω πινακίδων σε σχέση με τις αντίστοιχες των συνήθων οδών συνίστανται τόσο στο μέγεθος, όσο και στον τρόπο παρουσίασης των μηνυμάτων.

Ειδικότερα, καθώς η οδήγηση σε έναν αυτοκινητόδρομο χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη ταχύτητα κίνησης, οι πινακίδες θα πρέπει να είναι αναγνώσιμες ήδη από μεγάλη απόσταση. Το γεγονός αυτό επιβάλλει αυξημένο μέγεθος στην ίδια την πινακίδα, αλλά και στους χαρακτήρες και στα σύμβολα που απεικονίζονται. Ταυτόχρονα, τα μηνύματα θα πρέπει να είναι ευανάγνωστα, σαφή και άμεσα, ώστε να μην αποσπούν για αρκετή ώρα την προσοχή του οδηγού από την οδήγηση κατά τη

διαδικασία της ανάγνωσης και κατανόησης. Σχετικά στοιχεία που προδιαγράφονται από τους διάφορους κανονισμούς ανά τον κόσμο είναι οι γραμματοσειρές, το μέγεθος των χαρακτήρων και των συμβόλων, οι αποστάσεις μεταξύ των διαδοχικών χαρακτήρων και γραμμών, η χρήση κεφαλαίων και πεζών χαρακτήρων, ο μέγιστος αριθμός αναγραφών και προορισμών κ.ά.

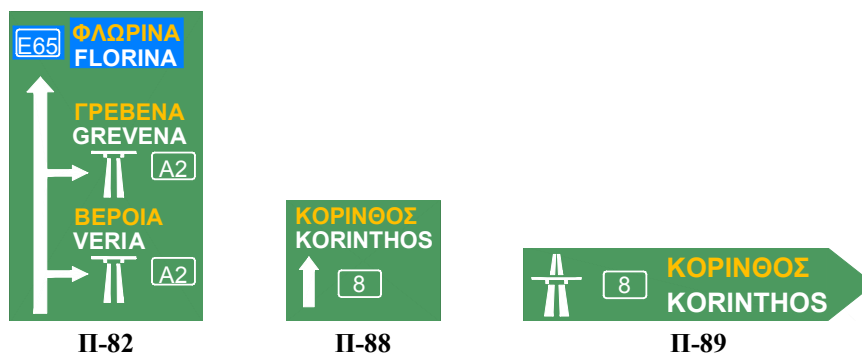
Επίσης, βασικό στοιχείο θα πρέπει να αποτελούν και η ακρίβεια και επάρκεια στις αναγραφές, καθώς ενδεχόμενο λάθος στοιχίζει σε έναν οδηγό περιπορεία πολλών δεκάδων χιλιομέτρων, τη στιγμή, μάλιστα, που ένας αυτοκινητόδρομος χρησιμοποιείται συστηματικά για μεγάλου μήκους μετακινήσεις σε εθνικό ή διεθνές επίπεδο, από ημεδαπούς ή αλλοδαπούς οδηγούς που δεν γνωρίζουν επακριβώς τις διαδρομές. Ελλιπής σήμανση μπορεί να έχει ως συνέπεια την ανεπαρκή πληροφόρηση και τη μη κατανόηση των μηνυμάτων, ενώ, στον αντίποδα, η υπερβολική σήμανση ενοχλεί και προκαλεί σύγχυση.

Τέλος, οι αναγραφές και τα σύμβολα όλων των πινακίδων θα πρέπει να αποτελούνται από αντανακλαστικό υλικό, ενώ σε περίπτωση που μία πινακίδα δεν φωτίζεται από εξωτερική πηγή, ομοίως αντανακλαστικό θα πρέπει να είναι και το υπόβαθρο. Τονίζεται ότι σε αυτοκινητοδρόμους με αυξημένους φόρτους, οι μεγάλοι μεγέθους πινακίδες καλό θα ήταν να φωτίζονται ούτως ή άλλως, καθώς λόγω του μεγέθους και της θέσης τους προσεγγίζονται δύσκολα από τις φωτεινές δέσμες των φώτων διασταύρωσης («μεσαία σκάλα») των οχημάτων.

### 3.11.2 Πινακίδες καθοδήγησης προς τον αυτοκινητόδρομο

Οι πινακίδες αυτές δεν τοποθετούνται επάνω στον αυτοκινητόδρομο, αλλά στις δευτερεύουσες οδούς<sup>3</sup> που έχουν πρόσβαση σε αυτόν, για να υποδείξουν τις κατευθύνσεις εισόδου, και είναι ανάλογες με τις αντίστοιχες πληροφοριακές πινακίδες κατευθύνσεων σε συνήθεις οδούς.

Η πινακίδα Π-82 ενέχει το ρόλο της προειδοποιητικής πινακίδας σε απόσταση μερικών εκατοντάδων μέτρων πριν από τον σχετικό κόμβο, και η μορφή της εξαρτάται από τη μορφή του κόμβου της δευτερεύουσας οδού με τους συνδετήριους κλάδους εισόδου. Για παράδειγμα, στη συγκεκριμένη περίπτωση που απεικονίζεται, ο κόμβος επάνω στη δευτερεύουσα οδό απαρτίζεται από δύο διαδοχικές εισόδους προς τον αυτοκινητόδρομο, με έξοδο από τη δευτερεύουσα οδό προς τα δεξιά. Η αναγραφή της κατεύθυνσης προς ευθεία γίνεται σε κυανό υπόβαθρο, αφού προφανώς η αντίστοιχη κίνηση δεν πραγματοποιείται μέσω του αυτοκινητοδρόμου.



Αντίστοιχα, οι πινακίδες Π-88 και Π-89 τοποθετούνται επάνω ακριβώς στον κόμβο των συνδετήριων κλάδων.

<sup>3</sup> Ως δευτερεύουσα οδός εδώ εννοείται η διασταυρούμενη με τον αυτοκινητόδρομο οδός.

### 3.11.3 Πινακίδες αρχής και τέλους αυτοκινητοδρόμου

Οι δύο ίσως πιο γνωστές πληροφοριακές πινακίδες αυτοκινητοδρόμων είναι οι πινακίδες Π-27 και Π-27α, αρχής και τέλους αυτοκινητοδρόμου, αντίστοιχα. Οι



Π-27



Π-27α

πινακίδες αυτές τοποθετούνται στην έναρξη και στο πέρας κάθε αυτοκινητοδρόμου, καθώς και για την αναγγελία εισόδου και εξόδου από αυτόν. Στις περιπτώσεις αυτές η τοποθέτησή τους αφορά μόνο την κυκλοφορία που εισέρχεται ή αποχωρεί αντίστοιχα, και όχι αυτήν που συνεχίζει να κινείται επάνω στον αυτοκινητόδρομο, ως εκ τούτου οι πινακίδες αυτές τοποθετούνται επάνω στους συνδετήριους κλάδους και όχι επάνω στον ίδιο τον αυτοκινητόδρομο.

### 3.11.4 Η σήμανση των ανισόπεδων κόμβων

Η σήμανση των κόμβων αποτελεί την πιο σημαντική εφαρμογή της πληροφοριακής σήμανσης των αυτοκινητοδρόμων, και ταυτόχρονα την πιο παρεξηγημένη από τους Έλληνες άπειρους οδηγούς. Οι κόμβοι των αυτοκινητοδρόμων είναι τα σημεία εκείνα όπου λαμβάνονται οι αποφάσεις από τους οδηγούς σχετικά με την κατεύθυνσή τους, πραγματοποιούνται από τα οχήματα ελιγμοί μετατόπισης και μεταβολής της ταχύτητας, λαμβάνει χώρα αλληλεπίδραση με εισερχόμενα οχήματα, και πολλές φορές τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού υφίστανται μεταβολές, κυρίως ως προς τον αριθμό των λωρίδων.

Η πρώτη πινακίδα που συναντάται σε μία αλληλουχία πληροφοριακών πινακίδων ανισόπεδου κόμβου είναι η Π-80, που πληροφορεί τον οδηγό για την επικείμενη προσέγγιση σε κόμβο, συνήθως σε 2000 m.



Π-80



Π-81

Οι πινακίδες κατευθύνσεων διακρίνονται στις τοποθετούμενες *παραπλεύρως της οδού* και στις *γέφυρες σήμανσης υπεράνω της οδού*. Οι πρώτες (Π-81) τοποθετούνται έξω από τη δεξιά οριογραμμή της οδού, ενώ αν η οδός διαθέτει πολλές λωρίδες και επαρκή ενδιάμεσο χώρο, είναι δυνατή η τοποθέτησή τους και στο αριστερό άκρο, ώστε να είναι εύκολα ορατές από όλους τους κινούμενους επί της οδού. Καθώς οι πινακίδες Π-81 αποτελούν συνήθως την πρώτη γραμμή πληροφόρησης κατευθύνσεων στους κόμβους, θα πρέπει να διακρίνονται από απλότητα και λιτότητα στον αριθμό των αναγραφόμενων προορισμών.

Οι γέφυρες σήμανσης αποτελούν ουσιαστικά το κλειδί στη σήμανση των κόμβων των αυτοκινητοδρόμων. Μερικά από τα πλεονεκτήματα των γεφυρών σήμανσης αναφέρθηκαν στην Παράγραφο 3.9, ωστόσο, ειδικά για τους ανισόπεδους κόμβους αυτοκινητοδρόμων, **η εφαρμογή τους προσδίδει μία ακόμη καθοριστική δυνατότητα στη σήμανση, η οποία συνίσταται στην άμεση οπτική υπόδειξη της πορείας κάθε ξεχωριστής λωρίδας της οδού μέσα στον κόμβο.** Σε έναν ανισόπεδο κόμβο η έξοδος μπορεί να πραγματοποιείται είτε μέσα από πρόσθετη λωρίδα επιβράδυνσης, είτε με απόσπαση μίας ή περισσότερων λωρίδων του ίδιου του αυτοκινητοδρόμου, είτε με λωρίδα επιλογής, είτε με συνδυασμούς των παραπάνω. Ο οδηγός, λοιπόν, θα πρέπει να είναι σε θέση να γνωρίζει έγκαιρα την πορεία κάθε λωρίδας, ώστε να επιλέξει την κατάλληλη θέση ανάλογα με τον προορισμό του, αποφεύγοντας επικίνδυνους και αγχώδεις ελιγμούς της τελευταίας στιγμής. Οι γέφυρες σήμανσης παρέχουν τη δυνατότητα αναγραφής των κατάλληλων βελών επάνω ακριβώς από κάθε λωρίδα, υποδεικνύοντας, έτσι, άμεσα και παραστατικά την πορεία κάθε μίας από αυτές, **Εικόνα 3.9.**



**Εικόνα 3.9:** Γέφυρα σήμανσης σε κόμβο. Τα βέλη αντιστοιχούν σε κάθε λωρίδα του αυτοκινητοδρόμου.

Οι βασικές διατάξεις προειδοποίησης κατευθύνσεων με πινακίδες επάνω από την οδό συνίστανται στα σήματα Π-83 και Π-84. Ειδικότερα, ο τύπος Π-83



Π-83



Π-84

χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η επερχόμενη έξοδος πραγματοποιείται μέσα από πρόσθετη λωρίδα επιβράδυνσης, χωρίς να μεταβάλλεται ο αριθμός των λωρίδων στην οδό μετά από αυτήν. Στην απεικονιζόμενη εικονική περίπτωση ο αυτοκινητοδρόμος διαθέτει δύο λωρίδες, οι οποίες συνεχίζουν απρόσκοπτα, ενώ η δεξιά από αυτές δίνει τη δυνατότητα και για προαιρετική έξοδο, μέσα όμως από τη λωρίδα επιβράδυνσης. Ο τύπος Π-84 χρησιμοποιείται σε περίπτωση που η έξοδος πραγματοποιείται από αποσπώμενη λωρίδα του αυτοκινητοδρόμου. Όπως φαίνεται ενδεικτικά, οι δύο αριστερές λωρίδες συνεχίζουν την πορεία τους, ενώ η δεξιά αποσπάται. Επαναλαμβάνεται ότι τα βέλη των κατευθύνσεων βρίσκονται ακριβώς επάνω από

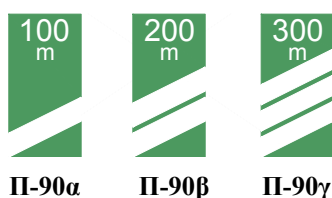
κάθε λωρίδα, ενώ ανάλογα με τη μορφή της εξόδου είναι δυνατές διάφορες μορφές των παραπάνω διατάξεων σήμανσης. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν πολλές λανθασμένες εφαρμογές των εν λόγω σημάτων στην Ελλάδα, ενώ λίγοι είναι οι οδηγοί που γνωρίζουν την έννοια των παραπάνω συμβολισμών, αξιοποιώντας τη για τη διευκόλυνση της κίνησής τους στους κόμβους των αυτοκινητοδρόμων ή όπου αλλού υπάρχουν.

Μία ακόμη διάταξη σήμανσης επάνω από την οδό είναι και η Π-85, η οποία τοποθετείται στην αρχή της λωρίδας επιβράδυνσης ή λίγο πριν από την έξοδο για αποσπώμενη λωρίδα, και έχει σκοπό την επιβεβαίωση του οδηγού σχετικά με τις αποφάσεις που έλαβε, καθώς και την επανάληψη της υποδειχθείσας σήμανσης, επάνω στην έξοδο, πλέον.



Π-85

Αμέσως πριν από το σημείο έναρξης της λωρίδας επιβράδυνσης, ή το σημείο εξόδου για αποσπώμενη λωρίδα, και σε αποστάσεις 100, 200 και 300 m αντίστοιχα, τοποθετούνται κατά σειρά οι τρεις πινακίδες Π-90α, β, γ. Πολλοί οδηγοί που επιθυ-



Π-90α

Π-90β

Π-90γ

μούν να εξέλθουν από έναν αυτοκινητόδρομο σε κάποιον κόμβο, μη γνωρίζοντας την ακριβή θέση της λωρίδας επιβράδυνσης και αναμένοντάς την από στιγμή σε στιγμή, οδηγούν υπό καθεστώς αβεβαιότητας και συχνά ελαττώνουν ταχύτητα νωρίτερα από ο,τι πρέπει, παρενοχλώντας την υπόλοιπη διερχόμενη κυκλοφορία και αχρηστεύοντας μήκος της λωρίδας επιβράδυνσης. Τα σήματα της σειράς Π-90 έχουν σκοπό ακριβώς να υποδείξουν νωρίτερα στον οδηγό το σημείο έναρξης της λωρίδας επιβράδυνσης, ώστε να προγραμματίσει κατάλληλα την κίνησή του.

Ακριβώς επάνω στο σημείο εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο, είτε αυτή πραγματοποιείται από λωρίδα επιβράδυνσης, είτε με απόσπαση λωρίδας, τοποθετεί-



Π-86

ται η πινακίδα Π-86. Το σήμα αυτό μπορεί να τοποθετηθεί είτε αμέσως πριν από το σημείο εξόδου, στη δεξιά οριογραμμή, είτε επάνω στην αιχμή όπου αποσπάται ο συνδετήριος κλάδος. Το πλεονέκτημα της δεύτερης εκδοχής είναι ότι η πινακίδα βρίσκεται ακριβώς μπροστά στον οδηγό που κινείται προς την έξοδο και υποδεικνύει την τελευταία με σαφήνεια, καθώς το βλέμμα ακολουθώντας το βέλος πηγαίνει προς το διάδρομο εξόδου. Ωστόσο, αν η έξοδος πραγματοποιείται με σχετικά αμβλεία γωνία, το μέγεθος της πινακίδας είναι δυνατόν να αναγκάζει σε τοποθέτηση αρκετά πιο πίσω από το επίμαχο σημείο, πιθανόν μερκευώντας τον οδηγό, ο οποίος ούτως ή άλλως έχει συνηθίσει οι πινακίδες να βρίσκονται πριν από τα σημεία αναφοράς τους. Κατά συνέπεια, η θέση της εν λόγω πινακίδας καθορίζεται τελικά από την τοπική διαμόρφωση της περιοχής εξόδου.

Τέλος, μία ακόμη πληροφοριακή πινακίδα σε αυτοκινητοδρόμους είναι και η Π-87, που τοποθετείται αμέσως μετά από κάποιον κόμβο για να επιβεβαιώσει τον



Π-87

οδηγό σχετικά με τον προορισμό του τμήματος στο οποίο κινείται, ή και οπουδήποτε είναι επιθυμητό για ενημέρωση προορισμών και χιλιομετρικών αποστάσεων, ενώ μπορούν να συναντηθούν και πινακίδες διάφορων εγκαταστάσεων, όπως οι σταθμοί εξυπηρέτησης αυτοκινητιστών ή οι χώροι στάθμευσης.

### 3.11.5 Η ορθή διάταξη των πληροφοριακών πινακίδων σε ανισόπεδους κόμβους

Στην προηγούμενη Υποπαράγραφο παρουσιάστηκαν όλα τα είδη πληροφοριακών πινακίδων που συναντώνται σε ανισόπεδους κόμβους αυτοκινητοδρόμων και αναφέρθηκε η λογική της εφαρμογής τους. Έχει αναφερθεί, επίσης, η ανάγκη για ακριβή και επαρκή σήμανση, γεγονός που σε αρκετές περιπτώσεις καταστρατηγείται με ανεπαρκή, υπερβολική ή και λανθασμένη σήμανση. Παρακάτω παρουσιάζεται και προτείνεται η πλέον ενδεικνυόμενη, επαρκής και ακριβής σήμανση των περιοχών κόμβων, τακτική που εφαρμόζεται και στους κόμβους της Εγνατίας Οδού.

- Σε απόσταση 2000 m πριν από τον κόμβο τοποθετείται η πινακίδα αναγγελίας ανισόπεδου κόμβου Π-80, ώστε ο οδηγός να είναι προετοιμασμένος για την κατάσταση που θα αντιμετωπίσει.
- Σε απόσταση 1000 m πριν από τον κόμβο τοποθετείται η πρώτη πληροφοριακή πινακίδα κατευθύνσεων, **Εικόνα 3.10**. Η πινακίδα αυτή θα πρέπει να είναι απλή, σαφής και λιτή, ώστε να ενημερώνει πρώτα από όλα για τους εντελώς βασικούς προορισμούς της εξόδου και της συνέχειας του αυτοκινητοδρόμου, και κατά δεύτερο λόγο για την πλευρά της οδού από την οποία θα πραγματοποιηθεί η έξοδος, ώστε ο οδηγός να έχει όλο το χρόνο στη διάθεσή του για να πραγματοποιήσει την ενδεχόμενη απαραίτητη μετατόπιση κατά πλάτος της οδού. Η ιδανική πινακίδα που πληροί όλες αυτές τις προϋποθέσεις είναι η Π-81, που τοποθετείται παραπλεύρως της οδού. Η



**Εικόνα 3.10:** Πινακίδα κατευθύνσεων (Π-81) παραπλεύρως της οδού.

πινακίδα αυτή θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες αναγραφές προορισμών, και κατά προτίμηση μία ανά κατεύθυνση.

- Σε απόσταση 500 m πριν από τον κόμβο (και συγκεκριμένα, 500 m πριν από το σημείο έναρξης της λωρίδας επιβράδυνσης ή το σημείο απόσπασης λωρίδας) τοποθετείται η δεύτερη σειρά πληροφοριακών πινακίδων κατευθύνσεων, που αναλαμβάνει πλέον την αναλυτική ενημέρωση τόσο για τους προορισμούς, όσο και για την πορεία κάθε λωρίδας, **Εικόνες 3.9 και 3.11**. Θα πρέπει ασφαλώς να χρησιμοποιείται η σωστή από τις δύο διατάξεις γεφυρών σήμανσης Π-83 ή Π-84 ή ο κατάλληλος συνδυασμός τους, βάσει των όσων παρατέθηκαν σχετικά με την έννοια των συμβολισμών τους. Οι πινακίδες αυτές μπορούν να αναγράφουν μέχρι δύο προορισμούς ανά κατεύθυνση (πάντως όσο λιγότεροι, τόσο καλύτερα).



**Εικόνα 3.11:** Γέφυρα σήμανσης, το βασικότερο στοιχείο της σήμανσης ενός κόμβου. Ο συγκεκριμένος τύπος (Π-84) προειδοποιεί για απόσπαση της δεξιάς λωρίδας.

- Πριν από το σημείο έναρξης της λωρίδας επιβράδυνσης ή της απόσπασης της λωρίδας, τοποθετείται η τριάδα των δεικτών Π-90, σε αποστάσεις 100, 200 και 300 m αντίστοιχα, ώστε να γνωρίζει ο οδηγός το ακριβές σημείο έναρξης της τροχοπέδησης, **Εικόνα 3.12**.



**Εικόνα 3.12:** Δείκτες απόστασης σημείου έναρξης λωρίδας επιβράδυνσης (Π-90).

- Ακριβώς επάνω στο σημείο που ορίστηκε παραπάνω, τοποθετείται η δεύτερη γέφυρα σήμανσης Π-85, που θα πρέπει να έχει τις ίδιες ακριβώς αναγραφές με την προηγούμενη, **Εικόνες 3.13 και 3.14**.



**Εικόνα 3.13:** Γέφυρα σήμανσης (Π-85) πριν από το σημείο απόσπασης λωρίδας.



**Εικόνα 3.14:** Γέφυρα σήμανσης (Π-85) στο σημείο έναρξης της λωρίδας επιβράδυνσης.

- Επάνω στην έξοδο τοποθετείται η χαρακτηριστική πινακίδα εξόδου Π-86, ενώ μετά το πέρας του κόμβου μπορεί να τοποθετηθεί η επιβεβαιωτική πινακίδα Π-87.

Η διάταξη σήμανσης που παρατέθηκε παραπάνω καλύπτει άνετα όλες τις συνήθεις περιπτώσεις ανισόπεδων κόμβων μίας εξόδου. Στην περίπτωση κάποιου σημαντικού κόμβου μπορεί να επαναληφθεί άλλη μία φορά στα 1500 m το βασικό ζεύγος παράπλευρης πινακίδας-γέφυρας σήμανσης, ενώ για διάφορες μορφές κόμβων μπορούν να υπάρχουν διάφορες παραλλαγές στη σήμανση.

## ΚΑΘΕΤΗ ΣΗΜΑΝΣΗ ΟΔΩΝ-ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ (VMS)

### 4.1 Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάστηκαν διεξοδικά οι συμβατικές πινακίδες κάθετης σήμανσης των οδών και τονίστηκε ο καθοριστικός τους ρόλος στην ασφάλεια και λειτουργικότητα του οδικού δικτύου. Βασικό χαρακτηριστικό, όμως, των εν λόγω συστημάτων -χωρίς να υποβαθμίζεται σε καμία περίπτωση ο ρόλος τους- είναι ότι το μήνυμα που παρουσιάζουν στον οδηγό είναι πάντα σταθερό, οπότε αναγκαστικά αφορά αποκλειστικά και μόνο στην κατάσταση της οδικής υποδομής και των μόνιμων κυκλοφοριακών ρυθμίσεων που επιβάλλονται. Για παράδειγμα, μπορούν να δοθούν προειδοποιήσεις για επικίνδυνες θέσεις της χάραξης μίας οδού ή για τις σταθερές κατευθύνσεις ενός κόμβου, ή να επισημανθούν οι, επίσης μόνιμες, κυκλοφοριακές ρυθμίσεις σε μία θέση.

Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη της τεχνολογίας και της τηλεματικής, σε συνδυασμό με την υιοθέτηση της φιλοσοφίας διαχείρισης των οδικών δικτύων, επέτρεψαν την ανάπτυξη νέων συστημάτων κάθετης σήμανσης, που έρχονται να λειτουργήσουν συμπληρωματικά στο πεδίο των συμβατικών πινακίδων, ικανοποιώντας την ανάγκη για, κατά περίπτωση, πιο ευέλικτη και καιρία σήμανση. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά ως *Συστήματα Μεταβλητής Σήμανσης*, οι δε πινακίδες ως *Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων (VMS-Variable Message Signs)*. Χαρακτηριστικό της μεταβλητής σήμανσης είναι ότι δεν δεσμεύεται σε κάποιο σταθερό μήνυμα, αλλά μπορεί να σημάνει οποιοδήποτε μήνυμα είναι επιθυμητό, αρκεί να πληρούνται κάποιες βασικές αρχές, και βέβαια όσο επιτρέπει η διαμόρφωση της κατά περίπτωση χρησιμοποιούμενης πινακίδας.

Έτσι, μπορεί, για παράδειγμα, να εφαρμοστεί μεταβλητή σήμανση σε εισόδους σιράγγων για ενημέρωση σχετικά με την κατάσταση που επικρατεί στο εσωτερικό τους, σε υπεραστικές οδούς για ενημέρωση σχετικά με κυκλοφοριακές συνθήκες, εργασίες και ατυχήματα που έπονται, σε αστικές αρτηρίες για πληροφόρηση σχετικά με τη συμφόρηση του δικτύου και τις προτεινόμενες διαδρομές, και, εν γένει, όπου επιθυμείται ενημέρωση και ειδοποίηση του οδηγού σε πραγματικό χρόνο.

Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (VMS), που αποτελούν την αιχμή του δόρατος σε ένα σύστημα μεταβλητής σήμανσης, είναι κατ' ουσία οθόνες που μπορούν να απεικονίζουν γράμματα, αριθμούς και σύμβολα, συνθέτοντας τα προκαθορισμένα μηνύματα, και τοποθετούνται συνήθως επάνω από την οδό. Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων συναντώνται στη βιβλιογραφία και ως *CMS (Changeable Message Signs)* ή *DMS (Dynamic Message Signs)*, λόγω, ακριβώς, της παρεχόμενης δυνατότητας να απεικονίζουν μηνύματα που μπορούν να μεταβάλλονται με δυναμικό και άμεσο τρόπο, καθοριζόμενα από κάποιο κέντρο ελέγχου.

Τέλος, αξίζει να τονιστεί ότι η μεταβλητή σήμανση είναι μία νέα τεχνική στα πλαίσια της διαχείρισης της κυκλοφορίας, η οποία εν γένει βρίσκεται ακόμη στα πρώτα της βήματα, σε όλον τον κόσμο. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει ακόμη ενιαία

στρατηγική αντιμετώπισης του προβλήματος της εφαρμογής, τοποθέτησης και επιβολής τεχνικών προδιαγραφών στον εν λόγω χώρο.

## 4.2 Πεδίο εφαρμογής

Ένα από τα προβλήματα που απορρέουν από την προαναφερθείσα στην Εισαγωγή νεανικότητα των συστημάτων μεταβλητής σήμανσης είναι και το γεγονός της έλλειψης εξοικείωσης των οδηγών με τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων. Αυτό καθιστά την εφαρμογή των εν λόγω πινακίδων μία αρκετά ευαίσθητη διαδικασία, καθώς είναι άγνωστος ο βαθμός κρισιμότητας των μηνυμάτων που μπορούν να σημειθούν, δεδομένου ότι οι οδηγοί, για παράδειγμα, μπορεί να μην λάβουν σοβαρά υπόψη το μήνυμα, ή και να μην το προσέξουν καθόλου. Η μορφή της πινακίδας και η νέα επικοινωνιακή τεχνική, με νέα σύμβολα και με ολόγραφα μηνύματα, είναι μία πρωτόγνωρη, για τους χρήστες της οδού, προσέγγιση της σήμανσης.

Έτσι, οι διάφοροι φορείς που είναι κατά περίπτωση επιφορτισμένοι με την τοποθέτηση και διαχείριση συστημάτων μεταβλητής σήμανσης επιχειρούν να τυποποιήσουν το πεδίο τόσο της εφαρμογής, όσο και της μη εφαρμογής μεταβλητών σημάτων. Αν και κάθε ένας από αυτούς τους φορείς -ακόμη και μέσα στο ίδιο κράτος- έχει καταλήξει στα δικά του πρότυπα εφαρμογής, που εξαρτώνται από τα τοπικά δεδομένα και τη φιλοσοφία που ακολουθείται, σε γενικές γραμμές μία κοινή διερεύνηση μπορεί να καταλήξει στο ότι ***ο σκοπός της εφαρμογής μεταβλητής σήμανσης είναι η προειδοποίηση των οδηγών σχετικά με απρόσμενες κυκλοφοριακές, οδικές και περιβαλλοντικές συνθήκες, με την παροχή κατάλληλων, καίριων και μη δεσμευμένων πληροφοριών.***

Παραδείγματα περιπτώσεων που η μεταβλητή σήμανση μπορεί να αποβεί ***αποτελεσματική*** είναι [30]:

- Περιορισμοί και μεταβολές στη χάραξη και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, καθώς και στις επιφανειακές συνθήκες του οδοστρώματος.
- Δυσμενείς συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης και καθυστερήσεων.
- Αναγγελίες τρεχουσών ή προγραμματισμένων για το εγγύς μέλλον εργασιών κατασκευής ή συντήρησης.
- Πληροφόρηση για παρακάμψεις και εναλλακτικές διαδρομές.
- Προειδοποιήσεις για δυστυχήματα και πάσης φύσεως συμβάντα που επηρεάζουν την κυκλοφορία και την ασφάλεια στην οδό.
- Προειδοποιήσεις για εξαιρετικά δυσμενή καιρικά φαινόμενα.
- Πληροφορίες σχετικά με χρόνους διαδρομής.
- Πληροφόρηση ***σε πραγματικό χρόνο*** σχετικά με τις κυκλοφοριακές συνθήκες.

Αντίθετα, η εφαρμογή μεταβλητής σήμανσης ***αντενδείκνυται*** και θα πρέπει να αποφεύγεται στις εξής περιπτώσεις [30]:

- Για αντικατάσταση πάσης φύσεως συμβατικού συστήματος οριζόντιας ή κατακόρυφης σήμανσης, όπως συμβατικές πινακίδες ή διαγραμμίσεις.
- Για διαφημίσεις.
- Για μετάδοση γενικής φύσεως, αυτονόητων ή αχρείαστων για τον οδηγό μηνυμάτων (όπως, για παράδειγμα, μηνύματα καλωσορίσματος σε πόλεις ή για προειδοποίηση βροχής).

- Για απεικόνιση ημερομηνίας, ώρας και θερμοκρασίας.
- Για μετάδοση δοκιμαστικών μηνυμάτων.

Τονίζεται η εξαιρετική σημασία της πρώτης από τις προαναφερθείσες αντενδείξεις, που αφορά στην αποφυγή αντικατάστασης συμβατικής σήμανσης, καθώς από τα όσα εκτέθηκαν παραπάνω είναι φανερό ότι ο προσανατολισμός της μεταβλητής σήμανσης είναι διαφορετικός από το πεδίο της αντίστοιχης συμβατικής. Ξεκαθαρίζεται ότι μία οδός θα πρέπει πρωτίστως να σημαίνεται ορθά με σταθερή σήμανση, η δε μεταβλητή να έρχεται να λειτουργήσει εντελώς συμπληρωματικά, και κατά τρόπο ώστε η οδός να είναι όσο ασφαλής και λειτουργική απαιτείται, χωρίς την απαραίτητη εφαρμογή της τελευταίας.

### 4.3 Τεχνικά στοιχεία εγκαταστάσεων πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων

Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων είναι οι τερματικές συσκευές ενός συστήματος μεταβλητής σήμανσης, αποτελώντας το μοναδικό και κρίσιμο μέσο αλληλεπίδρασης του οδηγού με αυτό. Κατά συνέπεια, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε εφαρμοζόμενης πινακίδας είναι και αυτά που καθορίζουν την ποιότητα της σήμανσης.

Μία επιτόπια εγκατάσταση πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων περιλαμβάνει, εκτός από την πινακίδα, τη *διάταξη στήριξης* της, το *κουτί ελέγχου* της σήμανσης, το *δίαιλο επικοινωνίας* με το κέντρο ελέγχου και, βέβαια, την *ηλεκτρική εγκατάσταση*.

#### 4.3.1 Είδη πινακίδων μεταβλητής σήμανσης και θέση τους στην οδό

Οι πινακίδες μεταβλητής σήμανσης διακρίνονται σε *σταθερές* και *φορητές (PVMS-Portable VMS)*. Οι πρώτες καλύπτουν όλες τις συνήθεις περιπτώσεις που έχουν προαναφερθεί, ενώ οι δεύτερες εφαρμόζονται σε περιπτώσεις που απαιτείται προσωρινή μεταβλητή σήμανση.



**Εικόνα 4.1:** Πινακίδα VMS σε γέφυρα σήμανσης επάνω από το οδόστρωμα.



**Εικόνα 4.2:** Πινακίδα VMS δίπλα από την οδό.

Η θέση των πινακίδων μεταβλητής σήμανσης είναι είτε, συνήθως, σε βραχίονες στήριξης ή γέφυρες υπεράνω της οδού, **Εικόνα 4.1**, είτε δίπλα από αυτήν, **Εικόνα 4.2**. Οι φορητές πινακίδες τοποθετούνται στο πλάι της οδού, ή και επάνω σε υπηρεσιακά οχήματα. Εκτενέστερα στοιχεία σχετικά με την τοποθέτηση των πινακίδων μεταβλητής σήμανσης παρατίθενται στην **Παράγραφο 4.4**.

#### 4.3.2 Πινακίδες και διατάξεις στήριξης

Η συσκευή της πινακίδας περιλαμβάνει την οθόνη απεικόνισης μαζί με το προστατευτικό της περίβλημα και τα συστήματα εξαερισμού. Οι οθόνες απεικόνισης είναι ευαίσθητα μηχανικά ή ηλεκτρομαγνητικά μέσα, τα οποία είναι επιφορτισμένα με την προβολή στην κυκλοφορία του εκάστοτε μηνύματος. Ως εκ τούτου, υπάρχει ανάγκη για επιμελή παρακολούθηση και συντήρησή τους. Περισσότερα σχετικά με τις οθόνες απεικόνισης παρατίθενται στις **Υποπαραγράφους 4.3.3 και 4.3.4**.

Το περίβλημα της πινακίδας πρέπει να παρέχει επαρκή προστασία από σκόνη, υγρασία, χιόνι και έντομα, διαθέτοντας ταυτόχρονα μία αποδεκτή αισθητική. Το συνηθέστερο υλικό κατασκευής είναι το αλουμίνιο, με μαύρη επικάλυψη. Για την προστασία από υπερθέρμανση, το περίβλημα πρέπει να διαθέτει σχισμές εξαερισμού με προστατευτικά φίλτρα, καθώς και ανεμιστήρες ρυθμιζόμενους από θερμοστάτη, ενώ για την απορροή τυχόν εισρεόντων υδάτων μπορεί να υπάρχουν οπές στη βάση της πινακίδας. Μπροστά από την οθόνη απεικόνισης, οι πινακίδες φέρουν σκούρο διαφανές ακρυλικό ή πολυκαρβονικό φύλλο, κατάλληλα επεξεργασμένο κατά της υπεριώδους ακτινοβολίας και με αντιθαμβωτική επικάλυψη. Το φύλλο αυτό μπορεί να είναι και θερμαινόμενο, για την παρεμπόδιση σχηματισμού πάγου επάνω στην επιφάνειά του.

Τέλος, οι διατάξεις στήριξης των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων δεν διαφέρουν από τις αντίστοιχες των συμβατικών πινακίδων σταθερής σήμανσης (βλ. **Κεφάλαιο 3**), απλά σημειώνεται ότι σε πολλές περιπτώσεις οι εν λόγω διατάξεις περιλαμβάνουν και πλατφόρμες για την πρόσβαση προσωπικού συντήρησης στην πινακίδα.

#### 4.3.3 Τεχνολογίες απεικόνισης μηνυμάτων

Οι εφαρμοζόμενες τεχνολογίες για την απεικόνιση των μηνυμάτων στις πινακίδες VMS είναι οι ακόλουθες:

- **Περιστρεφόμενοι δίσκοι (flip disk):** Το μήνυμα συντίθεται με τη βοήθεια κυκλικών, τετραγωνικών ή ορθογωνικών δίσκων, οι οποίοι στη μία τους πλευρά φέρουν φωσφορίζουσα αντανακλαστική επικάλυψη. Για το σχεδιασμό των χαρακτήρων περιστρέφονται οι κατάλληλοι δίσκοι, ενώ οι υπόλοιποι μένουν στραμμένοι με τη μαύρη τους όψη. Βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου απεικόνισης είναι το ότι η πινακίδα δεν είναι αυτόφωτη, οπότε κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι επιθυμητός ο εξωτερικός φωτισμός της. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της τεχνολογίας αποτελούν οι πινακίδες δρομολογίου επάνω στα λεωφορεία του ΟΑΣΘ.
- **Δίοδοι τύπου LED:** Σε αυτήν την περίπτωση, κάθε εικονοστοιχείο (pixel) της οθόνης της πινακίδας συντίθεται από μία ή περισσότερες λυχνίες LED, οι οποίες φωτοβολούν όταν διαρρέονται από ηλεκτρική ενέργεια, και οι οποίες μπορεί να είναι κόκκινου, κίτρινου, πράσινου ή λευκού χρώματος. Στην **Εικόνα 4.3** δίνεται μία πινακίδα με διόδους LED.



Εικόνα 4.3: Πινακίδα Μεταβλητών Μηνυμάτων με διόδους LED.

- **Οπτικές ίνες (fiber optics):** Η τεχνολογία αυτή αξιοποιεί δέσμες οπτικών ινών, τοποθετημένων ανάμεσα σε κάθε εικονοστοιχείο (pixel) της οθόνης, που φωτίζονται από λαμπτήρα. Ένας μεμονωμένος λαμπτήρας χρησιμοποιείται για να φωτίσει πολλά γειτονικά εικονοστοιχεία ταυτόχρονα, οπότε για τον έλεγχο της φωτοβολίας κάθε μεμονωμένου εικονοστοιχείου, καθένα από αυτά καλύπτεται από ένα κλείστρο. Έτσι, στην πραγματικότητα όλα τα εικονοστοιχεία είναι πάντοτε ενεργοποιημένα και απλώς ανοίγουν τα κατάλληλα κλείστρα για τη διαμόρφωση του μηνύματος.
- **Υβριδικές τεχνολογίες:** Συνδυάζεται η εφαρμογή περιστρεφόμενων δίσκων με διόδους LED ή οπτικές ίνες. Κάθε δίσκος έχει μία οπή στο κέντρο του για τη διέλευση του φωτός, το οποίο παράγεται από τη λυχνία LED ή το σύστημα οπτικών ινών. Όταν το εικονοστοιχείο είναι ενεργοποιημένο, ο δίσκος είναι στραμμένος με την αντανακλαστική του πλευρά προς την κυκλοφορία, ενώ επιτρέπεται η διέλευση του φωτός από την οπή. Με την απενεργοποίηση του εικονοστοιχείου ο δίσκος περιστρέφεται κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να αποτρέπει τη διέλευση του φωτός.

Η εφαρμογή μέχρι σήμερα των διαφόρων τεχνολογιών απεικόνισης καταδεικνύει τη σταδιακή επικράτηση των διόδων LED, είτε αυτούσιων, είτε σε υβριδικό σύστημα μαζί με περιστρεφόμενους δίσκους. Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί και συστήματα LED με ικανότητα απεικόνισης δύο διαφορετικών χρωμάτων για κάθε εικονοστοιχείο (dual colour LED matrix), που αναβαθμίζουν τις δυνατότητες απεικόνισης της πινακίδας, **Εικόνες 4.4 και 4.5**, καθώς και πλήρως έγχρωμες οθόνες, με τεχνολογία διαφορετική, πλέον, από τις προαναφερθείσες.



Εικόνα 4.4: Λεπτομέρεια από σύστημα απεικόνισης dual colour LED.



Εικόνα 4.5: Εφαρμογή του συστήματος dual colour LED.

Στον Πίνακα 4.1 γίνεται μία ενδεικτική σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων συνηθέστερων τεχνολογιών που περιγράφηκαν παραπάνω.

Πίνακας 4.1: Σύγκριση εφαρμοζόμενων τεχνολογιών απεικόνισης σε Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων [31].

| Τεχνολογία             | Πλεονεκτήματα  | Μειονεκτήματα   |
|------------------------|--|---|
| Περιστρεφόμενοι δίσκοι | -Αποδεδειγμένη τεχνολογία<br>-Χαμηλή κατανάλωση<br>-Ορατά και ευανάγνωστα μηνύματα   | -Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης, λόγω κινούμενων μερών<br>-Οι αντανακλαστικές επιφάνειες ξεθωριάζουν από τον ήλιο<br>-Χαμηλή ορατότητα σε μεγάλες αποστάσεις κατά τη νύχτα |
| Δίοδοι LED             | -Καλή ορατότητα στις περισσότερες περιπτώσεις<br>-Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης<br>-Μεγάλη διάρκεια ζωής των διόδων LED (μέχρι 100.000 ώρες) | -Μικρός κώνος ορατότητας<br>-Οι δίοδοι μπορεί να είναι ευαίσθητοι σε θερμοκρασιακές μεταβολές   |
| Οπτικές ίνες           | -Καλή ορατότητα στις περισσότερες περιπτώσεις<br>-Ορατά και ευανάγνωστα μηνύματα   | -Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης, λόγω κινούμενων μερών<br>-Οι λαμπτήρες έχουν χαμηλή διάρκεια ζωής (8.000 έως 10.000 ώρες)<br>-Αδυναμία ρύθμισης έντασης φωτισμού          |
| Υβριδικές τεχνολογίες  | -Το σύστημα εξακολουθεί να λειτουργεί σε ενδεχόμενη αστοχία της φωτεινής πηγής<br>-Ορατά και ευανάγνωστα μηνύματα                            | -Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης, λόγω κινούμενων μερών<br>-Οι αντανακλαστικές επιφάνειες ξεθωριάζουν από τον ήλιο  |

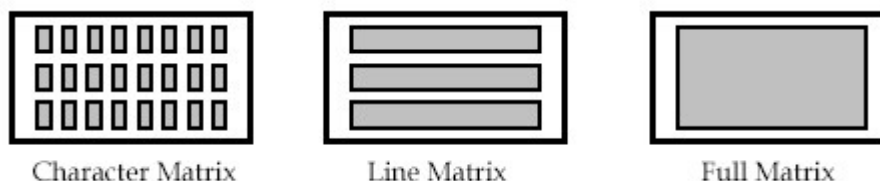
#### 4.3.4 Διατάξεις ταξινόμησης εικονοστοιχείων

Για την ταξινόμηση επάνω στην οθόνη (matrix) των εικονοστοιχείων που ενεργοποιούνται προς σχηματισμό του μηνύματος, μπορούν να εφαρμοστούν οι παρακάτω διατάξεις:

- **Διάταξη χαρακτήρα (character matrix):** Τα εικονοστοιχεία ομαδοποιούνται ανά χαρακτήρα που απεικονίζεται, δηλαδή αυτές οι οθόνες μπορούν ουσιαστικά να απεικονίσουν μόνο κείμενο και αριθμούς. Συνήθως υπάρχουν μέχρι τρεις γραμμές κειμένου, με αριθμό στοιχείων ανά γραμμή ποικίλο από 8 έως 16 στοιχεία. Τέτοιου είδους οθόνη είναι αυτή της **Εικόνας 4.3**.
- **Διάταξη γραμμής (line matrix):** Τα εικονοστοιχεία ομαδοποιούνται ανά γραμμή κειμένου, υπάρχει, δηλαδή, διαχωρισμός μόνο μεταξύ των γραμμών. Και σε αυτήν την περίπτωση διατίθενται συνήθως μέχρι τρεις γραμμές.
- **Διάταξη πλήρους οθόνης (full matrix):** Σε αυτήν την περίπτωση δεν υπάρχει κανένας περιορισμός από ομαδοποίηση των εικονοστοιχείων.

Οι επιμέρους διατάξεις φαίνονται στην **Εικόνα 4.6**. Ουσιαστικά, στις δύο πρώτες διατάξεις υπάρχει περιορισμός ως προς το δυνατό μέγεθος των χαρακτήρων, ενώ στη διάταξη χαρακτήρα υπάρχει επιπλέον περιορισμός και ως προς τον αριθμό τους. Στη διάταξη πλήρους οθόνης δεν υπάρχει περιορισμός στο μέγεθος ή στο διαθέσιμο αριθμό χαρακτήρων, ενώ είναι δυνατόν να απεικονίζονται και γραφικά,

κάτι που καθιστά τις εν λόγω οθόνες ιδιαίτερα ευέλικτες. Ωστόσο, οι δύο πρώτοι τύποι εξακολουθούν να είναι πάντα στο προσκήνιο, καθώς ούτως ή άλλως σε πολλές περιπτώσεις μεταβλητής σήμανσης δεν υπάρχει απαίτηση για κάτι παραπάνω από κείμενο, και μάλιστα σύντομο.



**Εικόνα 4.6:** Οι τρεις δυνατές διατάξεις ταξινόμησης εικονοστοιχείων σε πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων.

#### 4.3.5 Σύστημα αυτόματης ρύθμισης φωτεινής έντασης (dimming)

Καθώς οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων καλούνται να λειτουργήσουν αποτελεσματικά, όντας ορατές στον οδηγό κάτω από ένα ευρύ φάσμα συνθηκών ορατότητας και φωτισμού, κάθε πινακίδα εφοδιάζεται με ένα ειδικό σύστημα που ρυθμίζει αυτόματα τη φωτεινή ένταση της απεικόνισης. Τη δυνατότητα αυτή, βέβαια, μπορούν να παρέχουν μόνο οι οθόνες με διόδους LED.

Το σύστημα αποτελείται από μία σειρά φωτοηλεκτρικών αισθητήρων, τοποθετημένων στο εμπρός, πίσω και άνω μέρος της πινακίδας, ώστε να γίνεται ανά πάσα στιγμή αισθητή η ένταση του περιβάλλοντος φωτισμού και η θέση του ήλιου. Οι εν λόγω αισθητήρες θα πρέπει να τοποθετούνται σε στεγανά σημεία και να έχουν τη δυνατότητα να μην φθείρονται από τη συνεχή έκθεσή τους στο άμεσο ηλιακό φως.

Οι ενδείξεις των αισθητήρων αποστέλλονται συνεχώς στο κουτί ελέγχου της εγκατάστασης, το οποίο αποτελεί τον τοπικό σταθμό επεξεργασίας της πινακίδας, και το οποίο αποφασίζει για την υιοθέτηση του κατάλληλου επιπέδου φωτεινής έντασης της σήμανσης. Συνήθως η οθόνη παρέχει τη δυνατότητα για έναν ορισμένο αριθμό διαδοχικών διακριτών φωτεινών εντάσεων.

#### 4.3.6 Κουτί ελέγχου και επικοινωνίες

Το **κουτί ελέγχου** αποτελεί το ηλεκτρονικό κέντρο επεξεργασίας σε μία εγκατάσταση πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων, που είναι επιφορτισμένο με τη διαρκή ρύθμιση του περιεχομένου της οθόνης απεικόνισης της πινακίδας. Το εν λόγω κουτί περιέχει ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα, το οποίο μπορεί να χειριστεί το υπεύθυνο προσωπικό *είτε επί τόπου, είτε από το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου*, μέσω κατάλληλου τηλεπικοινωνιακού διαύλου.

Για τον **επιτόπιο χειρισμό** της σήμανσης, το κουτί ελέγχου περιλαμβάνει ένα πληκτρολόγιο και μία οθόνη, μαζί με το κατάλληλο λογισμικό διαχείρισης του συστήματος. Το σύστημα έχει συνήθως μία σειρά από εργοστασιακά αποθηκευμένα μηνύματα, οπότε μπορεί να επιλεγεί από το χειριστή η απεικόνιση κάποιου από αυτά, ή ο προγραμματισμός της διαδοχής κάποιων από αυτά. Επίσης, μέσω του πληκτρολογίου είναι δυνατή η σύνθεση και αποθήκευση νέων μηνυμάτων, ενώ παρέχεται και δυνατότητα σύνδεσης με συνήθη υπολογιστή, για εύκολη εισαγωγή προαποθηκευμένων εκεί μηνυμάτων. Επίσης, το σύστημα παρέχει στον επιτόπιο χειριστή τη δυνατότητα να ρυθμίσει ο ίδιος το επίπεδο φωτεινής έντασης (dimming)

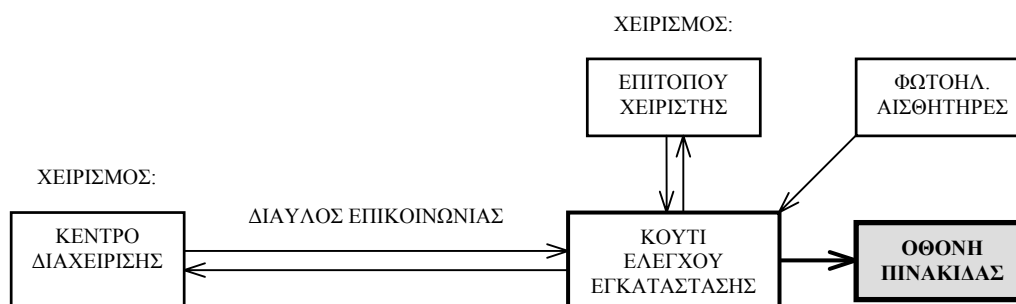
των ενδείξεων της πινακίδας, ενώ υπάρχει και αυτοδιαγνωστικό πρόγραμμα για την παρακολούθηση της σωστής λειτουργίας της οθόνης.

Το κουτί ελέγχου τοποθετείται σε σημείο και ύψος που να επιτρέπει εύκολη πρόσβαση και χειρισμό από το προσωπικό χειρισμού. Σε αστικές και συνήθεις υπεραστικές οδούς, λόγω αναγκαστικών περιορισμών η θέση αυτή είναι συνήθως δίπλα από την πινακίδα, συχνά δε και επάνω σε κάποιο κατακόρυφο στοιχείο της διάταξης στήριξής της. Σε αυτοκινητοδρόμους προτείνεται η τοποθέτησή του έξω από την παράπλευρη ελεύθερη ζώνη, και σε μία απόσταση της τάξης των 30 m από την πινακίδα [31], ώστε αυτή να είναι άμεσα ορατή από το χειριστή. Αποστάσεις μεγαλύτερες της προαναφερθείσας, ωστόσο, θα πρέπει να αποφεύγονται, λόγω επικοινωνιακών δυσχερειών μεταξύ του κουτιού ελέγχου και της πινακίδας.

Όλα όσα αναφέρθηκαν σχετικά με τον επιτόπιο χειρισμό της πινακίδας μέσω του κουτιού ελέγχου της εγκατάστασης θα πρέπει να ισχύουν και για τη **διαχείρισή της και από απόσταση**, ήτοι από το **απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου**. Ούτως ή άλλως, όπως τονίστηκε και στην Εισαγωγή, αυτή είναι και η πεμπτουσία της μεταβλητής σήμανσης, ο έλεγχος, δηλαδή, του μεταβλητού σήματος από ένα κέντρο που συλλέγει ανά πάσα στιγμή τα απαραίτητα στοιχεία και προβαίνει στη διαχείριση της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Έτσι, είναι παρομοίως δυνατή από το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου η επιλογή του σήματος που θα απεικονιστεί, η αποστολή νέων μηνυμάτων, η επιλογή του επιπέδου φωτεινής έντασης και η παρακολούθηση της κατάστασης της πινακίδας. Τονίζεται ότι σε αυτήν την περίπτωση της διαχείρισης από απόσταση δεν λαμβάνει χώρα άμεσος έλεγχος της πινακίδας από το απομακρυσμένο κέντρο, παρακάμπτοντας το κουτί ελέγχου της επιτόπιας εγκατάστασης, αλλά ο έλεγχος εξακολουθεί να πραγματοποιείται από το τελευταίο. Το απομακρυσμένο κέντρο απλώς αποστέλλει εντολές στο κουτί ελέγχου, το οποίο αναλαμβάνει να τις εκτελέσει, ενώ ακόμη και στην περίπτωση που επιθυμείται η προβολή ενός νέου μηνύματος που δεν υπάρχει αποθηκευμένο στο κουτί, πρώτα αποστέλλεται και αποθηκεύεται το μήνυμα σε αυτό και στη συνέχεια αιτείται από το απομακρυσμένο κέντρο η προβολή του.

Ασφαλώς, για την πραγματοποίηση της εν λόγω διαχείρισης της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων από απόσταση είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου **διαύλου επικοινωνίας** μεταξύ του κουτιού ελέγχου και του απομακρυσμένου κέντρου διαχείρισης. Για το σκοπό αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί μία κοινή τηλεφωνική γραμμή σταθερής ή κινητής τηλεφωνίας, δηλαδή επίγειου ή κυψελικού τύπου αντίστοιχα, ή και ενδεχόμενη ιδιωτική γραμμή συνήθους ή ομοαξονικού καλωδίου, οπτικών ινών ή ασύρματης ραδιοεπικοινωνίας.

Στην **Εικόνα 4.7** παρατίθεται το διάγραμμα αλληλεπιδράσεων κατά τη λειτουργία και διαχείριση μίας πινακίδας μεταβλητής σήμανσης.



**Εικόνα 4.7:** Διάγραμμα αλληλεπιδράσεων κατά τη λειτουργία και διαχείριση μίας πινακίδας μεταβλητής σήμανσης.

## 4.4 Τοποθέτηση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων

Όπως αναφέρθηκε και στην Υποπαράγραφο 4.3.1, οι πινακίδες μεταβλητής σήμανσης τοποθετούνται υπεράνω της οδού ή δίπλα από αυτήν. Η συνήθης πρακτική επιβάλλει για λόγους ορατότητας την τοποθέτησή τους κατά την πρώτη έννοια, οπότε συνήθως δίπλα από την οδό συναντώνται μόνο φορητές πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (PVMS).

Αν και σε σχέση με τις αντίστοιχες συμβατικές, οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων έχουν παρόμοια μεγέθη, τοποθετούνται σε παρόμοιες θέσεις ως προς την οδό και έχουν παρόμοιο σκοπό (την υπόδειξη κάποιου μηνύματος μέσα στα όριά τους), μεταξύ των δύο τύπων υπάρχουν κάποιες ουσιώδεις διαφορές, που επιβάλλουν μία ειδική αντιμετώπιση του θέματος της τοποθέτησης των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων. Το βασικό χαρακτηριστικό των εν λόγω πινακίδων είναι ότι τα μηνύματα που απεικονίζουν είναι συνήθως γραπτά κείμενα, τα οποία πρέπει να διαβαστούν και να κατανοηθούν έγκαιρα από τον οδηγό. Επιπλέον, η φύση της μεταβλητής σήμανσης επιβάλλει συχνά και την έγκαιρη λήψη μίας απόφασης από τον οδηγό για κάποια απρόσμενη κατάσταση, ενώ, συν τοις άλλοις, τίθεται και το ζήτημα της έλλειψης εξοικείωσης του τελευταίου με τις εν λόγω πινακίδες, που παρουσιάστηκε και στην Παράγραφο 4.2. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές αυτές συνθήκες, παρακάτω επιχειρείται μία προσέγγιση του θέματος της τοποθέτησης των συγκεκριμένων πινακίδων.

### 4.4.1 Τοποθέτηση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων και χάραξη της οδού

Για τη διασφάλιση της επαρκούς ορατότητάς τους, οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων θα πρέπει να βρίσκονται σε ευθυγραμμίες, όπως επίσης ευθύγραμμο θα πρέπει να είναι και ένα επαρκές τμήμα πριν από την πινακίδα, έτσι ώστε ο οδηγός να βλέπει την τελευταία κάθετα, και όχι υπό γωνία. Η ύπαρξη έστω και μικρής οριζόντιας καμπύλης πριν από την πινακίδα μπορεί να περιορίσει την **ικανότητα ανάγνωσης** του μηνύματός της από τον οδηγό, καθώς οι σύγχρονες τεχνολογίες απεικόνισης με διόδους LED, που είναι και οι συνηθέστερες, επιτρέπουν μόνο ένα μικρό κώνο ορατότητας από το πλάι. Οι αμερικανικές προδιαγραφές [8] επιβάλλουν την επαρκή ορατότητα του μηνύματος από όλες τις λωρίδες κυκλοφορίας σε μία απόσταση τουλάχιστον 200 m πριν από αυτό, ενώ για αυτοκινητοδρόμους η απόσταση αυτή προτείνεται να είναι τουλάχιστον 300 m [30], [31]. Οι απαιτούμενες αυτές αποστάσεις κρίνεται ότι καλύπτουν και την απαίτηση για **επαρκή χρόνο ανάγνωσης** του μηνύματος, καθώς, όπως προαναφέρθηκε, στη μεταβλητή σήμανση είναι αρκετά συνηθισμένα τα μηνύματα κειμένου. Μάλιστα, όπως επιβάλλουν και οι περισσότεροι σχετικοί φορείς, τα μηνύματα θα πρέπει να είναι αναγνώσιμα τουλάχιστον δύο φορές.

Παρόμοιο πρόβλημα, λόγω του περιορισμένου κώνου ορατότητας, υφίσταται όσον αφορά και στην κατακόρυφη χάραξη της οδού. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι περισσότερο επιθυμητές οι ανωφέρειες, και γενικά τμήματα με **κλίσεις μικρότερες από 1%**. Η τοποθέτηση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων σε τμήματα με κλίση μεγαλύτερη από 4% θα πρέπει να αποφεύγεται.

### 4.4.2 Τοποθέτηση πριν από κομβικά σημεία

Τόσο σε αστικά, όσο και σε υπεραστικά δίκτυα, μία από τις συνηθέστερες εφαρμογές των πινακίδων μεταβλητής σήμανσης αφορά στην ενημέρωση του οδηγού

σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις κυκλοφοριακές και ειδικές συνθήκες που επικρατούν, με προφανή σκοπό την προτροπή του στη λήψη μίας απόφασης για την επικείμενη κίνησή του. Πολλές φορές, μάλιστα, η ίδια η σήμανση προτείνει ή επιβάλλει αλλαγή του δρομολογίου, με χρήση κάποιας εναλλακτικής διαδρομής. Κατά συνέπεια, οι εν λόγω πινακίδες θα πρέπει να τοποθετούνται **πριν από κομβικά σημεία** όπου μπορεί ο οδηγός να αλλάξει την προγραμματισμένη του διαδρομή, και μάλιστα σε **επαρκή απόσταση** από αυτά, ώστε να έχει όσο χρόνο χρειάζεται για να επεξεργαστεί το μήνυμα που έλαβε. Σε αυτοκινητοδρόμους η απόσταση αυτή θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1600 m [30], ενώ ανάλογη αντιμετώπιση εφαρμόζεται και σε συνήθεις υπεραστικές ή αστικές οδούς.

#### 4.4.3 Αλληλεπίδραση με υφιστάμενες συσκευές ελέγχου κυκλοφορίας

Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων δεν θα πρέπει να παρενοχλούν τη λειτουργία των **υφιστάμενων διατάξεων σήμανσης και σηματοδότησης**, και ομοίως να μην παρενοχλούνται από αυτές. Κατά συνέπεια, για την τοποθέτηση μίας εν λόγω πινακίδας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διάταξη των υφιστάμενων συσκευών κυκλοφοριακού ελέγχου, και μάλιστα όχι τοπικά, αλλά σε ένα τμήμα εκατέρωθεν της εξεταζόμενης θέσης. Στα πλαίσια αυτά ίσως απαιτηθεί και η μετατόπιση κάποιας υφιστάμενης συσκευής, χωρίς, όμως, να επιτρέπεται σε καμία περίπτωση η αφαίρεσή της, ή έστω και η υποβάθμιση της λειτουργικότητάς της μετά από την εφαρμογή της σε νέα θέση. Ενδεικτικά, προτείνεται σε αυτοκινητοδρόμους οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων να απέχουν τουλάχιστον 250 m από λοιπές Πληροφοριακές Πινακίδες, ενώ σε λοιπές υπεραστικές οδούς η απόσταση αυτή να είναι τουλάχιστον 120 m [31].

#### 4.4.4 Τοποθέτηση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων ως προς την οδό

Η τοποθέτηση σε σχέση με το οδόστρωμα των εν λόγω πινακίδων δεν έχει να παρουσιάσει διαφορές σε σχέση με την αντίστοιχη των συνήθων συμβατικών, οπότε ισχύουν οι αποστάσεις που εφαρμόζονται για τις τελευταίες. Έτσι, αναφέρεται ότι κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές [8] οι πινακίδες μεταβλητής σήμανσης που τοποθετούνται επάνω από την οδό θα πρέπει να εξασφαλίζουν ελεύθερο ύψος 5,1 m ως το κατώτατο όριο της διάταξης, ενώ για τοποθέτηση παραπλεύρως το ύψος αυτό θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,1 m. Στη δεύτερη περίπτωση ισχύει και η ελάχιστη εγκάρσια απόσταση των 1,8 m από το άκρο του οδοστρώματος, η οποία, πάντως, θα πρέπει να τονιστεί ότι λόγω του προβλήματος του περιορισμένου κώνου ορατότητας, θα πρέπει να περιορίζεται, ώστε να πληρούνται τα όρια ορατότητας της **Υποπαραγράφου 4.4.1**. Προτείνεται μέγιστη απόσταση 6,0 m [30].

#### 4.4.5 Σύνοψη βασικών αρχών τοποθέτησης

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με τις ιδιαιτερότητες της μεταβλητής σήμανσης, και με όσα προτείνουν οι διάφοροι σχετικοί φορείς [30], παρατίθενται αμέσως παρακάτω συνοπτικά οι βασικές αρχές τοποθέτησης των πινακίδων μεταβλητής σήμανσης:

- Η ύπαρξη της πινακίδας μεταβλητής σήμανσης θα πρέπει να μπορεί να γίνει αντιληπτή από απόσταση τουλάχιστον 800 m σε καλές καιρικές συνθήκες, ημέρα και νύχτα.

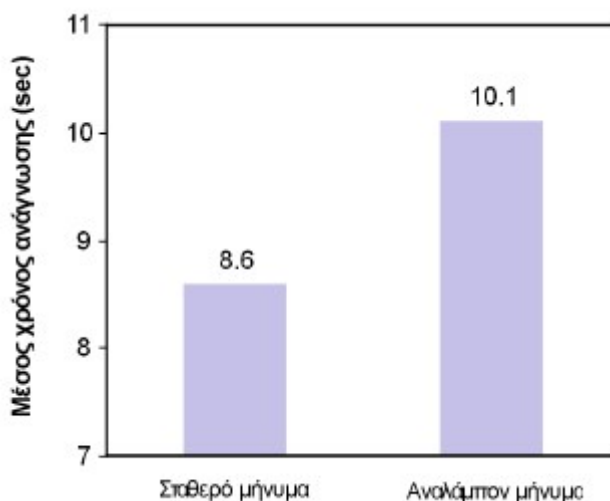
- Το μήνυμα θα πρέπει να είναι αναγνώσιμο από όλες τις λωρίδες κυκλοφορίας από απόσταση τουλάχιστον 300 m σε αυτοκινητοδρόμους και 200 m σε λοιπές υπεραστικές οδούς.
- Οι εν λόγω πινακίδες θα πρέπει να τοποθετούνται κατά το δυνατόν σε σημεία με κλίση μικρότερη από 1%, και πάντως όχι μεγαλύτερη από 4%.
- Τα μηνύματα που οδηγούν σε λήψη απόφασης για αλλαγή δρομολογίου από τον οδηγό θα πρέπει να δίνονται έγκαιρα πριν από το κρίσιμο κομβικό σημείο. Σε αυτοκινητοδρόμους η απόσταση αυτή είναι τουλάχιστον 1600 m.
- Φορητές πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (PVMS) που προειδοποιούν για εργασίες κατασκευής ή συντήρησης, θα πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση τουλάχιστον 300 m πριν από το σημείο έναρξης των εργασιών.
- Δεν πρέπει να τοποθετούνται στο ίδιο σημείο της οδού δύο πινακίδες με σκοπό την υπόδειξη του ίδιου μηνύματος (π.χ. αριστερά και δεξιά).
- Πολλές φορές απαιτούνται για τον ίδιο κύκλο μηνύματος δύο διαδοχικές πινακίδες (βλ. Παράγραφο 4.5). Σε τέτοιες περιπτώσεις τα δύο σήματα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 300 m μεταξύ τους και να βρίσκονται στην ίδια πλευρά της οδού.
- Πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε να μην παρενοχλείται η υφιστάμενη σήμανση και σηματοδότηση.
- Το ύψος τοποθέτησης είναι τουλάχιστον 5,1 m για σήματα επάνω από το οδόστρωμα και 2,1 m για πινακίδες δίπλα από αυτό. Επιπλέον, για τη δεύτερη περίπτωση το σήμα θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση από 1,8 έως 6,0 m από την οριογραμμή του οδοστρώματος και κατά το δυνατόν έξω από την ελεύθερη ζώνη. Σε διαφορετική περίπτωση, η διάταξη στήριξής του προστατεύεται από το κατάλληλο στηθαίο (βλ. Κεφάλαιο 1).
- Οι εν λόγω πινακίδες δεν τοποθετούνται εντελώς κατακόρυφα, αλλά η πρόσοπή τους έχει κλίση  $\sim 3^\circ$  ως προς την κατακόρυφη, στραμμένη προς το οδόστρωμα.
- Αν ο προσανατολισμός μίας πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων είναι κατά τον άξονα Ανατολής-Δύσης, θα πρέπει να διασφαλίζεται η μη θάμβωση των οδηγών από αντανάκλαση του ήλιου επάνω της.
- Αν πάψει να χρησιμοποιείται μία πινακίδα μεταβλητής σήμανσης, θα πρέπει να απομακρύνεται.

#### 4.5 Σχεδιασμός μηνυμάτων

Η μορφή των απεικονιζόμενων μηνυμάτων αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές ιδιομορφίες της μεταβλητής σήμανσης. Παρότι στη σταθερή σήμανση τα περισσότερα σήματα έχουν τη μορφή απλών και τυποποιημένων συμβόλων, η σημασία των οποίων γίνεται αμέσως αντιληπτή με ένα γρήγορο βλέμμα, στις περισσότερες περιπτώσεις μεταβλητής σήμανσης απαιτείται η απεικόνιση μηνυμάτων με τη μορφή γραπτού κειμένου. Το γεγονός αυτό ανακινεί αυτομάτως ένα μεγάλο κεφάλαιο, που αφορά στην **αναγνωσιμότητα** και στην απαίτηση επαρκούς **κατανόησης** του μηνύματος, δεδομένου ότι η όλη διαδικασία αλληλεπίδρασης του οδηγού με τη σήμανση γίνεται εν κινήσει και με την προσοχή του στραμμένη πρωτίστως στην οδήγηση. Το ευρύτερο πεδίο ερευνών σχετικά με τη μεταβλητή σήμανση στρέφεται γύρω από τη στρατηγική απεικόνισης των μηνυμάτων.

Η **αναγνωσιμότητα** του μηνύματος, δηλαδή το κατά πόσο είναι δυνατόν σε πρώτη φάση να αναγνωσθεί όλο το μήνυμα, είναι κάτι που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά τοποθέτησης που αναφέρθηκαν στην Παράγραφο 4.4, από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των χαρακτήρων, καθώς και από την όλη διάταξη του μηνύματος επάνω στην οθόνη απεικόνισης. Η ανάγνωση είναι μία τελείως παθητική διαδικασία, που μοιάζει με φωτογραφική αποτύπωση. Από το περιεχόμενο αυτής της αποτύπωσης εξαρτάται η επιτυχία της διαδικασίας **κατανόησης**, η οποία ακολουθεί αμέσως μετά και η οποία είναι μία επεξεργασία που πραγματοποιείται αυτόνομα, από τον ίδιο τον οδηγό. Κατά συνέπεια, η επιτυχής κατανόηση ενός μηνύματος εξαρτάται από τον τρόπο και το σύνθετο της παρουσιάσής του. Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι ο οδηγός θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αναγνώσει δύο φορές το μήνυμα, ώστε να είναι σε θέση να επαναλάβει την ανάγνωση κατά τη διάρκεια της φάσης επεξεργασίας.

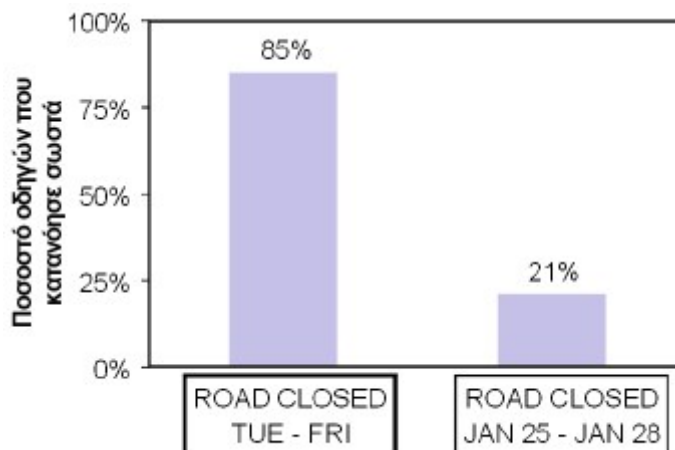
Τη σημασία των παραπάνω παραγόντων στην απεικόνιση των μεταβλητών μηνυμάτων υποδεικνύουν και τα αποτελέσματα διαφόρων στατιστικών ερευνών [32]. Στο **Διάγραμμα 4.1** απεικονίζονται τα αποτελέσματα μίας διερεύνησης της αποτελεσματικότητας διαφόρων οπτικών τεχνασμάτων, και ειδικότερα της αναλαμπής (flashing) ολόκληρου του απεικονιζόμενου μηνύματος, με σκοπό την πρόκληση μεγαλύτερης εντύπωσης. Όπως φαίνεται, ένα αναλάμπον μήνυμα απαιτεί περισσότερο χρόνο ανάγνωσης σε σχέση με το ίδιο σε σταθερή μορφή. Επιπλέον, οι



**Διάγραμμα 4.1:** Μέσος χρόνος ανάγνωσης για σταθερό και αναλάμπον μήνυμα [32].

έρευνες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αναλαμπή εν τέλει δεν προκαλεί απαραίτητα την αίσθηση επείγοντος, οπότε η τεχνική αυτή θα πρέπει να αποφεύγεται, κάτι που ήδη προτείνεται από τους διάφορους φορείς. Αντίστοιχα, στο **Διάγραμμα 4.2** φαίνονται τα αποτελέσματα κατά τη διερεύνηση του τρόπου παρουσίασης μελλοντικών χρονικών περιόδων, όπως για τον προγραμματισμό εργασιών. Είναι φανερό ότι ο οδηγός αντιλαμβάνεται πολύ καλύτερα μηνύματα που προσδιορίζουν ημέρες της εβδομάδας, παρά ημερομηνίες.

Με βάση αυτά τα δεδομένα μπορούν να διαμορφωθούν ορισμένες **βασικές αρχές σχετικά με το περιεχόμενο και τον τρόπο παρουσίασης των μηνυμάτων** στους οδηγούς μέσα από τις πινακίδες μεταβλητής σήμανσης. Οι αρχές αυτές συνοψίζονται συγκεντρωτικά στα παρακάτω σημεία [8], [30], [32], [33]:



**Διάγραμμα 4.2:** Βαθμός επιτυχημένης κατανόησης για δύο διαφορετικές εκδοχές προσδιορισμού χρονικού διαστήματος.

- Ο οδηγός θα πρέπει να είναι σε θέση να **αναγνώσει το μήνυμα δύο φορές**, κινούμενος με την ταχύτητα μελέτης της οδού. Η απαίτηση αυτή γενικά καλύπτεται από τις αποστάσεις τοποθέτησης της Παραγράφου 4.4, δηλαδή ότι η πινακίδα θα πρέπει να γίνεται αντιληπτή από απόσταση 800 m, και το ίδιο το μήνυμα να είναι αναγνώσιμο από απόσταση 300 m σε αυτοκινητοδρόμους και 200 m σε λοιπές υπεραστικές οδούς.
- Το **ύψος των χαρακτήρων** θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 265 mm, και σε οδούς με ταχύτητα μελέτης άνω των 90 km/h ή υπό δυσμενείς καιρικές και οδικές συνθήκες, τουλάχιστον 450 mm.
- Η οθόνη θα πρέπει να απεικονίζει το πολύ **τρεις γραμμές κειμένου**, και όχι περισσότερους από 20 έως 24 χαρακτήρες ανά γραμμή. Το μήνυμα θα πρέπει να είναι στοιχισμένο στο κέντρο της γραμμής.
- Εάν το μήνυμα το απαιτεί, μπορεί να απεικονίζεται και σε **δύο φάσεις** στην ίδια οθόνη, με επαρκή χρόνο ανάγνωσης για κάθε μία. Κάθε φάση είναι αυτόνομα αναγνώσιμη. Αν ούτε αυτό επαρκεί, μπορεί να τοποθετηθεί και **δεύτερο σήμα**, σε απόσταση τουλάχιστον 300 m και στην ίδια πλευρά της οδού (αυτή η διάταξη εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις φορητών πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων). Πάντως, είναι εν γένει προτιμότερο ένα σήμα σε μία φάση.
- Η εφαρμογή σε μία οθόνη **δύο φάσεων** με περιεχόμενο **άσχετο** μεταξύ τους είναι **ανεπίτρεπτη**.
- Μία προτεινόμενη διαμόρφωση στη συνήθη περίπτωση μηνυμάτων τριών γραμμών και σε μία φάση, είναι η **άνω γραμμή** να παρουσιάζει το **πρόβλημα**, η **κεντρική τη θέση ή την απόστασή του** εν όψει, και η **κάτω** την προτεινόμενη **δράση**. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, το κείμενο κάθε γραμμής είναι αυτόνομο, χωρίς να συνεχίζεται στην επόμενη.
- Θα πρέπει να **αποφεύγονται οπτικά τεχνάσματα** όλου του μηνύματος ή έστω και μίας μεμονωμένης γραμμής, όπως αναλαμπή (flashing), έκρηξη, κύλιση του κειμένου κλπ.
- Τα μηνύματα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο **σύντομα, σαφή, ακριβή και καίρια**. Δεν θα πρέπει να επιδιώκεται η διάσπαση σε δύο φάσεις.

- Πρέπει να επιδιώκεται η χρήση **τυποποιημένων εκφράσεων** και η αποφυγή **περιττών λέξεων, άρθρων κλπ.**, ενώ οι τυχόν **συντομογραφίες** θα πρέπει να είναι ευνόητες.
- Οι **χρονικές αναφορές** θα πρέπει να γίνονται σε **ημέρες**, και όχι σε ημερομηνίες (π.χ. «ΔΕΥ-ΤΕΤ» αντί «23-25 ΙΑΝ»).
- Όταν απεικονίζεται ο **εκτιμώμενος χρόνος** μίας διαδρομής, θα πρέπει να δίνεται και η **ώρα** κατά την οποία μετρήθηκε, **Εικόνα 4.8**.
- Εάν η πινακίδα ενημερώνει για κάποια **ειδική κυκλοφοριακή ρύθμιση**, θα πρέπει να δίνεται και η **ώρα** από την οποία αυτή ξεκίνησε, **Εικόνα 4.9**.
- Η ώρα δίνεται σε 12-ωρη μορφή, με χρήση των συντομογραφιών «ΠΜ, ΜΜ».
- Θα πρέπει να αποφεύγεται η απεικόνιση προτεινόμενης ταχύτητας κίνησης σε ειδικές καταστάσεις. Αντί αυτού, είναι προτιμότερη η χρήση των όρων «ΑΡΓΑ» ή «ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ» (π.χ. «ΠΥΚΝΗ ΟΜΙΧΛΗ / ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ»).



**Εικόνα 4.8:** Απεικόνιση της ώρας κατά την οποία μετρήθηκε ο υποδεικνυόμενος χρόνος διαδρομής.



**Εικόνα 4.9:** Απεικόνιση της ώρας έναρξης ισχύος της κυκλοφοριακής ρύθμισης που μεταδίδει η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η αίσθηση του αξιόπιστου και καίριου του απεικονιζόμενου μηνύματος.

Πέρα από τις παραπάνω αρχές, που γίνονται εν γένει κοινά παραδεκτές για μία αποτελεσματική μεταβλητή σήμανση, υπάρχει και το ζήτημα των **εκφράσεων** στα απεικονιζόμενα μηνύματα. Όπως αναφέρθηκε, θα πρέπει να επιδιώκεται η χρήση τυποποιημένων, σύντομων και άμεσα κατανοητών εκφράσεων, χωρίς περιττές λέξεις, ενώ και οι προτεινόμενες συντομογραφίες είναι ένα ιδιαίτερο αντικείμενο μελέτης, ώστε να μην συγχέεται η έννοιά τους.

Δυστυχώς, οι εφαρμογές και η ανάλογη εμπειρία στο εξωτερικό, που έχουν οδηγήσει σε σειρές προτεινόμενων εκφράσεων και συντομογραφιών, μοιραία δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν και στην Ελλάδα, λόγω διαφορών στη γλώσσα, ενώ και η ανάλογη εγχώρια εμπειρία είναι ανύπαρκτη. Έτσι, το πεδίο της σύνθεσης μηνυμάτων στην Ελλάδα είναι τελείως ανοιχτό, χωρίς να υπάρχει καμία τυποποίηση επιτρεπόμενων εκφράσεων.

Στον **Πίνακα 4.2** που ακολουθεί, γίνεται μία άτυπη καταγραφή εκφράσεων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων. Τονίζεται ότι η καταγραφή αυτή δεν ενέχει το ρόλο πρότασης -κάτι τέτοιο, άλλωστε, μπορεί να γίνει μόνο έπειτα από εμπειρία και ιδιαίτερη μελέτη- αλλά είναι τελείως ενδεικτική, με σκοπό απλώς να δείξει τι είδους μηνύματα μπορεί να συναντήσει κανείς στη μεταβλητή σήμανση.

**Πίνακας 4.2:** Άτυπη παράθεση δυνατών εκφράσεων σε ενδείξεις μεταβλητής σήμανσης.

| Εκφράσεις υπόδειξης προβλήματος  | Εκφράσεις υπόδειξης προτεινόμενης δράσης  |
|--|---|
| ΑΤΥΧΗΜΑ ΣΕ *ΧΛΜ<br>ΓΕΦΥΡΑ ΚΛΕΙΣΤΗ<br>ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΛΕΙΣΤΗ<br>ΟΔΟΣ ΚΛΕΙΣΤΗ<br>(ΕΠΟΜΕΝΗ) ΕΞΟΔΟΣ ΚΛΕΙΣΤΗ<br>*ΛΩΡΙΔΑ ΚΛΕΙΣΤΗ<br>ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ<br>ΠΥΚΝΗ ΟΜΙΧΛΗ<br>ΠΑΓΟΣ<br>ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑ<br>ΓΕΦΥΡΑ ΟΛΙΣΘΗΡΗ<br>ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟ<br>ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΗΣ<br>ΜΟΝΟΔΡΟΜΟΣ<br>ΜΕΙΩΣΗ ΛΩΡΙΔΩΝ<br>ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ **ΛΕΠ | ΠΡΟΣΟΧΗ<br>ΜΕΙΝΕΤΕ ΑΡΙΣΤΕΡΑ/ΔΕΞΙΑ<br>ΚΙΝΗΘΕΙΤΕ ΑΡΙΣΤΕΡΑ/ΔΕΞΙΑ<br>ΣΤΑΜΑΤΗΣΤΕ<br>ΕΤΟΙΜΑΣΤΕΙΤΕ ΓΙΑ ΣΤΑΣΗ<br>ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ<br>ΑΡΓΑ<br>ΕΞΟΔΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ<br>ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ<br>ΜΗΝ ΕΙΣΕΡΧΕΣΤΕ<br>ΜΗΝ ΠΡΟΣΠΕΡΝΑΤΕ<br>ΒΑΛΤΕ ΑΛΥΣΙΔΕΣ |

*Σημείωση:* Οι εκφράσεις των δύο στηλών δεν αντιστοιχούν μεταξύ τους.

Εκτός από τις πληροφορίες μορφής κειμένου, που κατέχουν τη βασικότερη θέση στη μεταβλητή σήμανση, αρκετά συχνά συναντώνται και **εικονογράμματα**. Το πλεονέκτημα της εν λόγω τεχνικής είναι ότι, σε αντίθεση με το κείμενο, ένα σύμβολο δεν απαιτεί χρόνο ανάγνωσης, παρά με ένα γρήγορο βλέμμα είναι άμεσα αντιληπτό. Εάν, μάλιστα, υπάρχει και τυποποίηση των συμβολισμών, από συνήθεια πλέον ο οδηγός κατανοεί αυτομάτως το σύμβολο που βλέπει. Άλλωστε, αυτά τα χαρακτηριστικά είναι που αξιοποιούνται και στη συμβατική σήμανση.

Έτσι, εικονογράμματα που είναι δυνατόν να απαντηθούν σε μία μεταβλητή σήμανση, μεταξύ άλλων είναι:

- **Το σύμβολο στάθμευσης (P):** Χρησιμοποιείται σε υποδείξεις σχετικές με χώρους στάθμευσης.
- **Το σύμβολο ΑΜΕΑ:** Για πληροφορίες που απευθύνονται στα συγκεκριμένα άτομα, συνήθως σχετικά με χώρους στάθμευσης.

- **Σύμβολα αντίστοιχα με πινακίδες σταθερής σήμανσης:** Για απεικόνιση της αντίστοιχης προειδοποίησης ή πληροφορίας, δεδομένου ότι οι οδηγοί είναι εξοικειωμένοι με τα αντίστοιχα σύμβολα. Πολύ συχνά συναντώνται μεταβλητά όρια ταχύτητας.
- **Διάφορα σύμβολα** για τις ανάγκες της σήμανσης.

Αυτό που θα πρέπει να τονιστεί και πάλι είναι ότι η μεταβλητή σήμανση δεν έχει σκοπό την υποκατάσταση της σταθερής, ήτοι όπου απαιτείται μία συμβατική πινακίδα σήμανσης, δεν μπορεί αυτή να αντικατασταθεί από αντίστοιχη μεταβλητής.

Στην **Εικόνα 4.10** φαίνεται ο επιτυχημένος συνδυασμός γραπτού μηνύματος και εικονογράμματος, για την ενημέρωση σχετικά με επικείμενο ατύχημα. Το κείμενο ενημερώνει σχετικά με το πρόβλημα (ατύχημα) και τις απαιτούμενες ενέργειες που πρέπει να ακολουθήσει σε πρώτη φάση ο οδηγός (επιβράδυνση), ενώ το εικονόγραμμα απεικονίζει την κατάσταση της οδού στο χώρο του ατυχήματος και δίνει, σιωπηρά, οδηγίες και για μία επιπλέον ενέργεια (η αριστερή λωρίδα κλειστή, άρα ο οδηγός πρέπει προφανώς να προσαρμόσει ανάλογα και τη θέση του στο οδόστρωμα). Όλα αυτά επιτυγχάνονται με τη χρήση τριών λέξεων και ενός απλού συμβόλου.



**Εικόνα 4.10:** Συνδυασμένη χρήση κειμένου και εικονογράμματος, για μετάδοση ολοκληρωμένου μηνύματος.

Στις **Εικόνες 4.11 και 4.12** απεικονίζονται τα μεταβλητά σήματα που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια ενός συστήματος προειδοποίησης καιρικών συνθηκών σε αυτοκινητόδρομο της Φινλανδίας [34]. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μία σειρά πινακίδων μεταβλητών ορίων ταχύτητας, **Εικόνα 4.11**, καθώς και πινακίδων προειδοποίησης, **Εικόνα 4.12**.



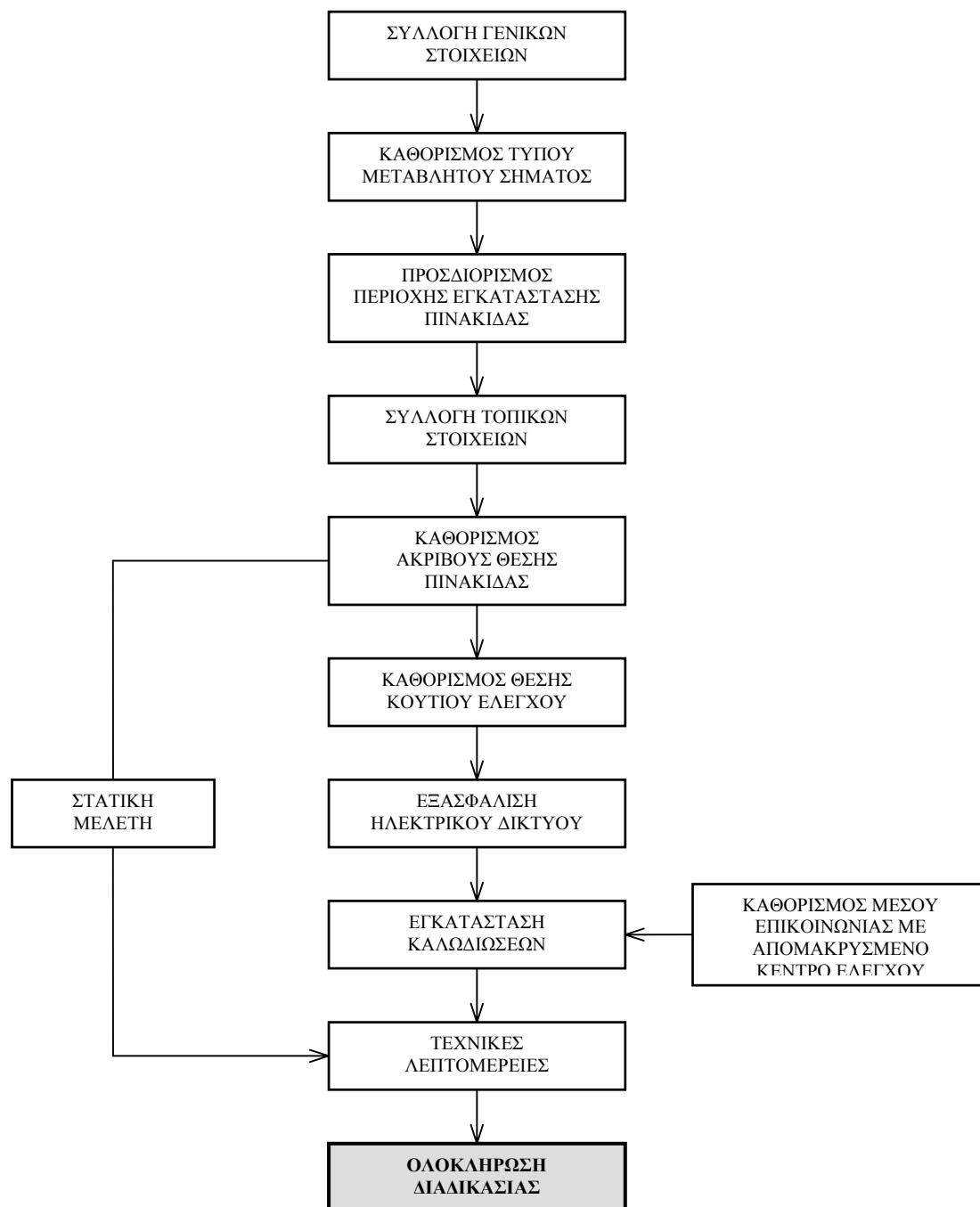
**Εικόνα 4.11:** Πινακίδα μεταβλητού ορίου ταχύτητας.



**Εικόνα 4.12:** Προειδοποιητική πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων σε σύστημα προειδοποίησης καιρικών συνθηκών.

## 4.6 Διαδικασία σχεδιασμού νέας εγκατάστασης

Δεδομένου ότι οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων είναι μία εντελώς νέα τεχνική σήμανσης στον ελληνικό χώρο, δεν υπάρχουν σχετικές οδηγίες ή προτάσεις σχετικά με την εφαρμογή τους. Στην **Εικόνα 4.13** παρατίθεται μία προτεινόμενη διαδικασία σχεδιασμού νέας σχετικής εγκατάστασης [31].



**Εικόνα 4.13:** Προτεινόμενη διαδικασία σχεδιασμού νέας εγκατάστασης VMS [31].

Τα στοιχεία που συνθέτουν τα περισσότερα από τα βήματα της παραπάνω διαδικασίας έχουν αναλυθεί διεξοδικά στο παρόν Κεφάλαιο. Ειδικότερα, τα βήματα αυτά έχουν ως εξής:

- **Συλλογή γενικών στοιχείων:** Τα στοιχεία αυτά χρησιμεύουν στο μετέπειτα προσδιορισμό του τύπου του σήματος και της περιοχής εγκατάστασής του και συνίστανται στον κύριο λόγο τοποθέτησης του σήματος, στη μορφή και ποικιλία των μηνυμάτων που θα απεικονίζονται και στη διάταξη ενδεχόμενων κομβικών σημείων αλλαγής δρομολογίου στην περιοχή.
- **Καθορισμός τύπου μεταβλητού σήματος:** Πριν από τη χωροθέτηση της πινακίδας κατά μήκος της οδού, υπάρχει ανάγκη να προαποφασιστεί ο τύπος και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του σήματος, καθώς αυτά επηρεάζουν την τοποθέτηση της πινακίδας, όπως αναπτύχθηκε και στην Παράγραφο 4.4. Ο καθορισμός αυτός γίνεται βάσει των στοιχείων του προηγούμενου βήματος και αφορά στην τεχνολογία απεικόνισης που θα εφαρμοστεί (σε συνδυασμό με τα κριτήρια πλεονεκτημάτων-μειονεκτημάτων του Πίνακα 4.1) και στο μέγεθος και σχήμα της πινακίδας.
- **Προσδιορισμός περιοχής εγκατάστασης πινακίδας:** Στο στάδιο αυτό προσδιορίζεται χονδρικά η περιοχή που θα τοποθετηθεί η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων. Για παράδειγμα, σε ένα αστικό δίκτυο όπου το σήμα θα ενημερώνει σχετικά με την κατάσταση της κυκλοφορίας και θα προτείνει ενδεχόμενες αλλαγές δρομολογίου, θα πρέπει να τοποθετηθεί χονδρικά πριν από τον κρίσιμο κόμβο.
- **Συλλογή τοπικών στοιχείων:** Μετά από το χονδρικό προσδιορισμό της θέσης εγκατάστασης, ακολουθεί η συλλογή ειδικών τοπικών στοιχείων, για τον καθορισμό του ακριβούς, πλέον, σημείου τοποθέτησης της πινακίδας. Τα στοιχεία που συλλέγονται αφορούν στη διάταξη του τοπικού οδικού δικτύου, στα στοιχεία οριζόντιας και κατακόρυφης χάραξης της οδού, στη διάταξη λοιπών διατάξεων ελέγχου της κυκλοφορίας και στη θέση του ηλεκτρικού δικτύου. Η σημασία των περισσότερων από αυτά τα χαρακτηριστικά τονίστηκε στην Παράγραφο 4.4.
- **Καθορισμός ακριβούς θέσης πινακίδας:** Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στο προηγούμενο στάδιο αξιολογούνται και καθορίζεται η ακριβής θέση τοποθέτησης της πινακίδας.
- **Καθορισμός θέσης κουτιού ελέγχου:** Γίνεται με βάση τα όσα αναφέρθηκαν στην Υποπαράγραφο 4.3.6.
- **Εξασφάλιση ηλεκτρικού δικτύου:** Γίνονται οι απαραίτητες ενέργειες για την εξασφάλιση γραμμής ηλεκτρικής ενέργειας από το σχετικό παροχέα.
- **Καθορισμός μέσου επικοινωνίας με απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου:** Σύμφωνα με τα σχετικά της Υποπαραγράφου 4.3.6, ως διάυλος επικοινωνίας μεταξύ κουτιού ελέγχου και απομακρυσμένου κέντρου ελέγχου μπορεί να επιλεγεί δίκτυο σταθερής ή κινητής τηλεφωνίας, ιδιωτική γραμμή ή ασύρματη επικοινωνία.
- **Εγκατάσταση καλωδιώσεων:** Εγκαθίστανται οι γραμμές ενέργειας και επικοινωνίας από τη θέση της πινακίδας στη θέση του κουτιού ελέγχου, και από το κουτί ελέγχου στο ηλεκτρικό δίκτυο και στο απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου, αντίστοιχα.
- **Τεχνικές λεπτομέρειες:** Αφορούν τόσο τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες, όσο και τις λοιπές τεχνικές προδιαγραφές της πινακίδας και της λοιπής εγκατάστασης.

## ΦΩΤΕΙΝΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

### 5.1 Εισαγωγή

Η φωτεινή σηματοδότηση είναι η δραστηριότητα στα πλαίσια του ελέγχου της κυκλοφορίας, που δίνει οδηγίες για την κίνηση των χρηστών της οδού με τη βοήθεια φωτεινών ενδείξεων. Η σηματοδότηση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια συσκευών που συνήθως λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια, των φωτεινών σηματοδοτών. Βασικό χαρακτηριστικό της σηματοδότησης είναι ότι χρησιμοποιεί απλές χρωματικές ενδείξεις ή απλά κωδικοποιημένα σύμβολα, και συνήθως έχει σκοπό τη ρύθμιση της κυκλοφορίας απλώς σταματώντας ή επιτρέποντας τη διέλευση των χρηστών της οδού σε σημεία εμπλοκής.

Τα επιμέρους στοιχεία που αποτελούν ένα σύστημα σηματοδότησης είναι οι κεφαλές σηματοδότησης, που δίνουν τις φωτεινές ενδείξεις, οι διατάξεις στήριξής τους και οι κεντρικές μονάδες, που αναλαμβάνουν τη διαχείριση της σηματοδότησης. Σε περιπτώσεις επενεργούμενης σηματοδότησης απαραίτητοι είναι και οι κατάλληλοι ανιχνευτές, ενώ είναι δυνατόν η λειτουργία της σηματοδότησης μίας εκτεταμένης περιοχής να πραγματοποιείται από κάποιο κέντρο διαχείρισης σηματοδότησης.

Από τον τρόπο λειτουργίας της και από το σκοπό που επιτελεί, είναι φανερό ότι η σηματοδότηση σε πολλές περιπτώσεις είναι τελείως απαραίτητη για την απρόσκοπτη και ασφαλή λειτουργία ενός οδικού σημείου. Ωστόσο, στην περίπτωση των ισόπεδων κόμβων, που είναι και το πεδίο της ευρύτερης εφαρμογής της, απαιτείται σύνεση στην εγκατάστασή της. Εν γένει, σε έναν κόμβο μία κατάλληλα μελετημένη και εγκατεστημένη φωτεινή σηματοδότηση παρουσιάζει πληθώρα πλεονεκτημάτων, καθώς εξασφαλίζει την ισόρροπη εξυπηρέτηση όλων των κατευθύνσεων, αυξάνει την κυκλοφοριακή ικανότητα των κόμβων, μειώνει τον αριθμό συγκεκριμένων ειδών ατυχημάτων (πρόσθιες υπό γωνία), εξασφαλίζει συνεχή ροή μεταξύ διαδοχικών κόμβων και επιτρέπει την ασφαλή διασταύρωση δευτερευόντων ρευμάτων οχημάτων ή πεζών. Αντίθετα, η ανεξέλεγκτη και αδικαιολόγητη σηματοδότηση κόμβων μπορεί να προκαλέσει αύξηση των καθυστερήσεων, παραβιάσεις των ενδείξεων, εκτροπή της κυκλοφορίας σε τοπικές οδούς και αύξηση κάποιων άλλων τύπων ατυχημάτων (νωτομετωπικές) [8].

Η φωτεινή σηματοδότηση είναι δυνατόν να απευθύνεται σε οποιοδήποτε χρήστη μίας οδού, είτε οδηγό, είτε πεζό. Έτσι, η σημασία της προτυποποίησης και του σωστού σχεδιασμού ενός συστήματος σηματοδότησης γίνεται κατανοητή λαμβάνοντας υπόψη την επιρροή της στην οδική ασφάλεια, όπως και το ότι στους πεζούς συγκαταλέγονται άτομα μεγάλης ηλικίας, άτομα με κινητικές δυσκολίες και άτομα με προβλήματα στην όραση. Επίσης, σημασία έχει και το γεγονός ότι οι σηματοδότες απαιτείται να δουλεύουν με ορθότητα και σαφήνεια υπό οποιοδήποτε συνθήκες καιρού και ορατότητας. Στο παρόν Κεφάλαιο επιχειρείται μία ανασκόπηση στα χαρακτηριστικά και στον τεχνικό εξοπλισμό της σηματοδότησης, σε συνάρτηση με διάφορα διεθνή πρότυπα και κανονισμούς.

## 5.2 Πεδίο εφαρμογής - Τοποθέτηση σηματοδοτών

Όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, φωτεινή σηματοδότηση εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου απαιτείται η ρύθμιση της διέλευσης ή μη, κατά κύριο λόγο οχημάτων, σε συγκεκριμένα σημεία μίας οδού και για συγκεκριμένους λόγους. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι οι εξής:

- Ισόπεδοι κόμβοι με μεγάλους φόρτους κυκλοφορίας ή χωρίς ασφαλή διαμόρφωση, ή κόμβοι όπου επιθυμείται επενεργούμενη σηματοδότηση λόγω υψηλού φόρτου στη μία διεύθυνση και χαμηλού στην άλλη.
- Σε ισόπεδες διαβάσεις σιδηροδρόμων.
- Σε σταθμούς διοδίων, για έγκαιρη επιλογή της κατάλληλης λωρίδας.
- Σε εισόδους αυτοκινητοδρόμων, για έλεγχο της προσπέλασης.
- Στις προσβάσεις στενών τμημάτων με μία λωρίδα κυκλοφορίας, όπως στενές γέφυρες ή σήραγγες, ή περιοχές εκτέλεσης έργων, για την εναλλάξ κίνηση των δύο αντίθετων ρευμάτων κυκλοφορίας.
- Μπροστά από κινητές γέφυρες, για ακινητοποίηση των οχημάτων.
- Σε περιπτώσεις εφαρμογής αντιστροφής κατεύθυνσης λωρίδων, για υπόδειξη των επιτρεπόμενων λωρίδων κίνησης.
- Σε συνδυασμό με αυτόματες κινητές πύλες.
- Μέσα σε περιοχές φορτοεκφορτώσεων, για την ασφαλή κίνηση των οχημάτων.
- Μπροστά και κοντά σε σταθμούς οχημάτων άμεσης ανάγκης, για παραχώρηση προτεραιότητας σε αυτά.
- Σε διαβάσεις με αυξημένο φόρτο πεζών.
- Σε περιπτώσεις που απαιτείται απλή προειδοποίηση, με παλλόμενη κίτρινη ένδειξη.

Η καθημερινή εμπειρία δείχνει, βέβαια, ότι μία από τις συνηθέστερες εφαρμογές της σηματοδότησης γίνεται σε κόμβους αστικών περιοχών. Σε τέτοιες περιπτώσεις, για την απόφαση σηματοδότησης, όπως και για τη λεπτομερή σηματορρύθμιση, απαιτούνται εκτεταμένες συγκοινωνιακές μελέτες, που περιλαμβάνουν μετρήσεις οχημάτων και πεζών, διερεύνηση ατυχημάτων, μελέτη της μορφής του κόμβου και του ευρύτερου δικτύου κλπ. Στη διαδικασία προσδιορίζονται στοιχεία όπως η περίοδος σηματοδότησης, η διαδοχή και οι χρόνοι των φάσεων, οι συνδυασμοί κινήσεων, οι χρόνοι καθυστερήσεων και τα μήκη ουράς, η ανάγκη επενέργειας και συντονισμού κλπ., στοιχεία που καθορίζουν, εκτός των άλλων, και την τοποθέτηση ή μη συγκεκριμένων κεφαλών, τη μορφή των σηματοδοτών και το είδος του λοιπού εξοπλισμού.

**Σημείωση:** Στο παρόν Κεφάλαιο δεν θα εξεταστούν τα κυκλοφοριακά και λοιπά στοιχεία που καθορίζουν τη σηματορρύθμιση, δεδομένου ότι το παρόν σύγγραμμα έχει περισσότερο τεχνικό προσανατολισμό. Για όλα τα συναφή, ο αναγνώστης παραπέμπεται σε οποιοδήποτε εγχειρίδιο Συγκοινωνιακής Τεχνικής (π.χ. [7]), όπου και θα βρει όλα τα στοιχεία για τον υπολογισμό.

### 5.3 Συστήματα σηματοδότησης

Τα συστήματα σηματοδότησης διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, με βάση το είδος *επενέργειας* από την κυκλοφορία και το είδος του *συντονισμού* μεταξύ διαφορετικών κόμβων. Το είδος του εφαρμοζόμενου συστήματος επηρεάζει τον απαιτούμενο τεχνικό εξοπλισμό.

Ως προς το είδος *επενέργειας*, διακρίνονται οι παρακάτω τύποι:

- **Σηματοδότηση σταθερού χρόνου (*pretimed ή fixed time*):** Ο χρόνος κάθε φάσης σηματορρύθμισης είναι σταθερός. Μπορεί να υπάρχουν απλώς διαφορετικά προγράμματα με βάση την περίοδο της ημέρας.
- **Σηματοδότηση ημιεπενεργούμενη από την κυκλοφορία (*semi-actuated*):** Στην περίπτωση αυτή καταγράφεται η κυκλοφορία σε μία ή περισσότερες, αλλά όχι σε όλες, προσβάσεις. Με βάση τις καταγραφές αυτές είναι δυνατό να μεταβληθούν δυναμικά και επί τόπου οι χρόνοι σηματοδότησης. Συνήθως η καταγραφή γίνεται στις προσβάσεις των ασθενέστερων κινήσεων, ώστε να διακόπτονται οι κύριες κινήσεις μόνο όταν παρουσιάζονται οχήματα ή πεζοί στις προσβάσεις αυτές.
- **Σηματοδότηση πλήρως επενεργούμενη (*full actuated*):** Η καταγραφή γίνεται σε όλες τις προσβάσεις.

Η ύπαρξη επενέργειας καθιστά υποχρεωτική τη χρήση των κατάλληλων ανιχνευτών, καθώς και των κατάλληλων κεντρικών μονάδων. Τυπικό παράδειγμα συσκευών επενέργειας είναι τα πλήκτρα των πεζών.

Ως προς το είδος του *συντονισμού*, διακρίνονται οι εξής τύποι:

- **Μη συντονισμένη σηματοδότηση:** Κάθε κόμβος σε ένα δίκτυο εκτελεί το δικό του ανεξάρτητο πρόγραμμα.
- **Σηματοδότηση συντονισμένη κατά μήκος αρτηρίας:** Η σηματοδότηση των διαδοχικών κόμβων μίας οδού γίνεται κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να εξασφαλιστεί συνεχής ροή (πράσινο κύμα). Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται μία κύρια μονάδα ρύθμισης που συντονίζει τις τοπικές μονάδες κάθε κόμβου.
- **Συστήματα καθολικής ρύθμισης κυκλοφορίας:** Αποτελούν την πιο σύγχρονη εξέλιξη στο χώρο της σηματοδότησης ενός αστικού δικτύου. Ένα τέτοιο σύστημα καταγράφει ανά πάσα στιγμή τους φόρτους σε διάφορα σημεία του δικτύου, ενώ μία κεντρική μονάδα αναλαμβάνει τη σηματορρύθμιση όλης της περιοχής, με τρόπο ώστε να πληρούνται κάποια κριτήρια, όπως η ελαχιστοποίηση του κόστους καθυστερήσεων και των στάσεων. Και σε αυτήν την περίπτωση απαραίτητη είναι η χρήση ανιχνευτών.

### 5.4 Είδη φωτεινών ενδείξεων

Όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, σκοπός της φωτεινής σηματοδότησης είναι να περάσει στον οδηγό, όπως εν γένει και σε οποιονδήποτε χρήστη της οδού, απλά και σαφή μηνύματα, με τη βοήθεια απλών και σαφών ενδείξεων. Έτσι, στα πλαίσια της φωτεινής σηματοδότησης εφαρμόζονται είτε *απλές χρωματικές ενδείξεις*, είτε *συμβολικές ενδείξεις*, είτε *συνδυασμός τους*.

Όσον αφορά στις χρωματικές ενδείξεις, στην Ελλάδα, όπως και παγκοσμίως, εφαρμόζονται τρία διαφορετικά χρώματα, **πράσινο, κίτρινο και κόκκινο, σε σταθερή και αναλάμπουσα μορφή**. Κατά τον ελληνικό Κ.Ο.Κ. [9], υπάρχουν οι παρακάτω ενδείξεις:

- **Πράσινη (green) σταθερή ένδειξη:** Επιτρέπει την κίνηση.
- **Κόκκινη (red) σταθερή ένδειξη:** Δηλώνει υποχρέωση στάσης.
- **Κίτρινη (yellow) σταθερή ένδειξη:** Επιτρέπει την κίνηση μόνο εάν προφταίνεται η κόκκινη ένδειξη.
- **Πράσινη αναλάμπουσα ένδειξη:** Συναντάται μόνο σε ενδείξεις για πεζούς και τους επιτρέπει την κίνηση, με ιδιαίτερη προσοχή.
- **Κόκκινη αναλάμπουσα ένδειξη:** Επιβάλλει ακινητοποίηση λόγω ιδιαίτερου κινδύνου.
- **Κίτρινη αναλάμπουσα ένδειξη:** Επιτρέπει την κίνηση, με ιδιαίτερη προσοχή και με παραχώρηση προτεραιότητας προς όλους τους χρήστες.

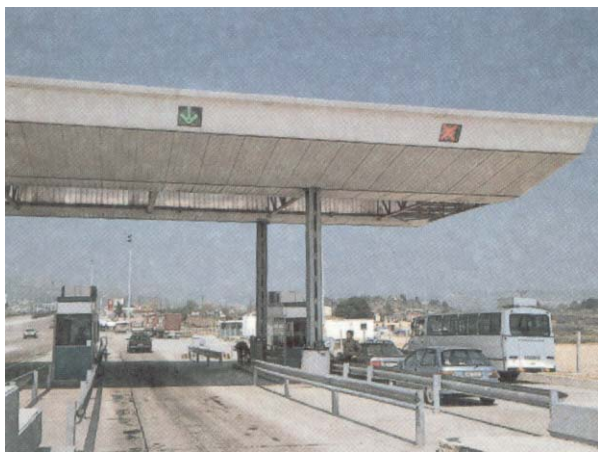
Τα σύμβολα που είναι δυνατόν να εμφανίζονται στις ενδείξεις των φωτεινών σηματοδοτών είναι **βέλη πορείας, σύμβολα για πεζούς, ενδείξεις απαγόρευσης ή υποχρεωτικής πορείας, ενδείξεις προειδοποίησης**. Επίσης, υπάρχουν **ειδικές ενδείξεις για επιλογή λωρίδας (Εικόνα 5.3)**.



**Εικόνα 5.1:** Τυπικές μορφές φωτεινών σημάτων απευθυνόμενων σε οχήματα (κυκλικής μορφής και βέλη πορείας).



**Εικόνα 5.2:** Φωτεινός σηματοδότης με σύμβολο προειδοποίησης.



**Εικόνα 5.3:** Ειδική σήμανση για υπόδειξη λωρίδων σε σταθμούς διόδων.

## 5.5 Στοιχεία χρώματος και φωτεινότητας - Πρότυπο EN 12368

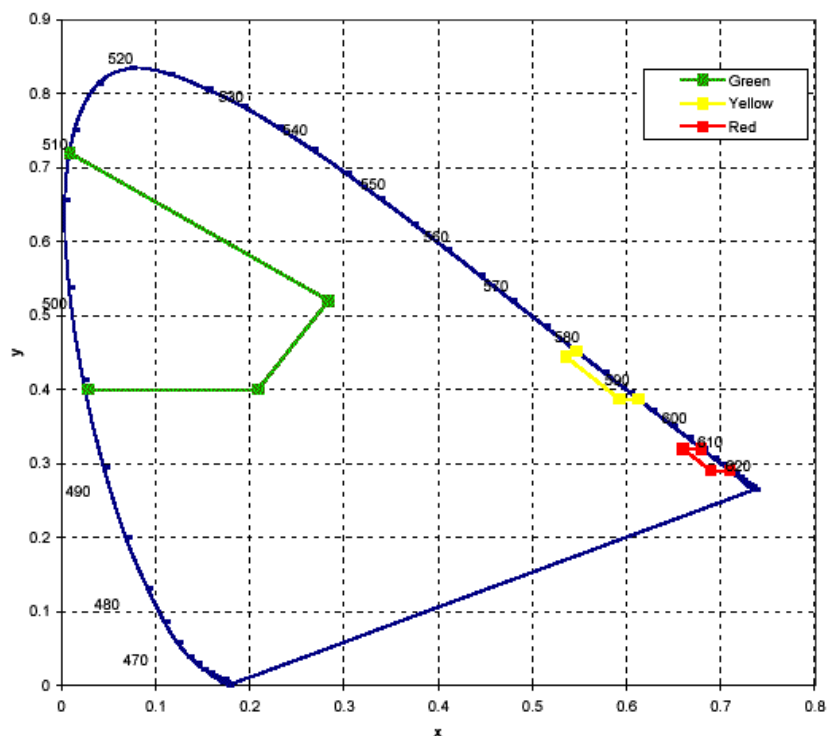
Όπως έχει γίνει κατανοητό, ένας φωτεινός σηματοδότης είναι ένα στοιχείο εξοπλισμού της οδού με πρωτεύουσα σημασία στη ρύθμιση της κυκλοφορίας των χρηστών της οδού, όπως και γενικότερα στην οδική ασφάλεια. Κατά συνέπεια, είναι επιτακτική η ανάγκη για προτυποποίηση των βασικών στοιχείων της σηματοδότησης, δηλαδή των οπτικών χαρακτηριστικών των σηματοδοτών.

Η προτυποποίηση του **χρώματος** επιτρέπει την εξοικείωση των οδηγών με τη σηματοδότηση και την εύκολη αναγνώρισή της κάθε φορά που το όχημα προσεγγίζει ένα σηματοδοτούμενο σημείο, αφού ουσιαστικά όλοι οι σηματοδότες έχουν πάντα τις ίδιες αποχρώσεις των χρωμάτων τους. Η προτυποποίηση των **στοιχείων φωτεινότητας** επιτρέπει στον οδηγό την έγκαιρη αντίληψη του σηματοδότη από απόσταση, καθώς και την απρόσκοπτη λειτουργία σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών, όπως μειωμένη ορατότητα, πρόσπτωση ηλιακών ακτίνων απευθείας επάνω στο σηματοδότη ή θάμβωση του οδηγού, ή λειτουργία κατά τη νύχτα, όπου δεν πρέπει ο σηματοδότης να εκπέμπει έντονο φως.

Στον ευρωπαϊκό χώρο εφαρμόζεται τα πρότυπα EN 12368 και DIN 67527. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά σημεία του EN 12368, το οποίο καθορίζει τα οπτικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των σηματοδοτών, τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις και τις απαιτούμενες επιδόσεις κατά τους ελέγχους. Σημειώνεται ότι τα αναφερόμενα στο εν λόγω πρότυπο σχετικά με τα φωτεινά χαρακτηριστικά δεν καλύπτουν τους σηματοδότες με φωτεινή πηγή τύπου LED.

### 5.5.1 Χρωματικές αποχρώσεις

Τα όρια αποχρώσεως κάθε χρώματος -πράσινου, κόκκινου και κίτρινου- δίνονται σύμφωνα με τις συντεταγμένες τους x και y στο χρωματικό διάγραμμα, κατά



**Διάγραμμα 5.1:** Όρια χρωματικών αποχρώσεων φωτεινών σηματοδοτών κατά το πρότυπο EN 12368.

τη μέθοδο της CIE, 1931 (Commission Internationale d' Eclairage) και φαίνονται στο **Διάγραμμα 5.1** και στον **Πίνακα 5.1**.

**Πίνακας 5.1:** Όρια χρωματικών αποχρώσεων φωτεινών σηματοδοτών κατά το πρότυπο EN 12368.

| <b>Πράσινη Ένδειξη (Green)</b>  |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| Κίτρινο (Yellow)                | $y = 0.726 - 0.726x$ |
| Άσπρο (White)                   | $x = 0.625y - 0.041$ |
| Γαλάζιο (Blue)                  | $y = 0.400$          |
| <b>Κίτρινη Ένδειξη (Yellow)</b> |                      |
| Κόκκινο (Red)                   | $y = 0.387$          |
| Άσπρο (White)                   | $y = 0.980 - x$      |
| Πράσινο (Green)                 | $y = 0.727x + 0.054$ |
| <b>Κόκκινη Ένδειξη (Red)</b>    |                      |
| Κόκκινο (Red)                   | $y = 0.290$          |
| Πορφυρό (Purple)                | $y = 0.980 - x$      |
| Κίτρινο (Yellow)                | $y = 0.320$          |

### 5.5.2 Χαρακτηριστικά φωτεινότητας

Τα βασικά χαρακτηριστικά είναι η **φωτεινή ένταση (luminous intensity)**, η **αντίθεση με το περιβάλλον (contrast)** και ο **περιορισμός της θάμβωσης λόγω απευθείας πρόσπτωσης του ηλιακού φωτός (phantom effect)**.

Όσον αφορά στη φωτεινή ένταση, ορίζονται τρεις κατηγορίες ελάχιστης και δύο κατηγορίες μέγιστης φωτεινής έντασης με τα αντίστοιχα όρια, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 5.2**. Έτσι, υπάρχουν οι κατηγορίες 1/1, 1/2, 2/1, 2/2, 3/1, 3/2. Για παράδειγμα, ο τύπος 3/2 έχει  $I_{\min}=400$  cd και  $I_{\max}=2500$  cd. Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα οι συνηθέστεροι εφαρμοζόμενοι τύποι είναι οι 2/2 και 3/2.

**Πίνακας 5.2:** Όρια φωτεινής έντασης κατά κλάση, κατά το πρότυπο EN 12368.

| κλάση της $I_{\min}$ | 1       | 2       | 3       |
|----------------------|---------|---------|---------|
| $I_{\min}$           | 100 cd  | 200 cd  | 400 cd  |
| $I_{\max}$ , κλάση 1 | 400 cd  | 800 cd  | 1000 cd |
| $I_{\max}$ , κλάση 2 | 1100 cd | 2000 cd | 2500 cd |

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η ακτινική διασπορά της φωτεινής έντασης. Ορίζονται τέσσερις κατηγορίες διασποράς, E (Extra-wide beam signal), W (Wide beam signal), M (Medium wide beam signal) και N (Narrow beam signal). Στο πρότυπο EN 12368 αναφέρεται το ποσοστό διασποράς για κάθε κατηγορία, καθώς και οι επιτρεπόμενοι συνδυασμοί κατηγοριών διασποράς και φωτεινής έντασης.

Για εξασφάλιση επαρκούς αντίθεσης με το περιβάλλον επιβάλλεται η εφαρμογή ειδικού πλαισίου όπισθεν της κεφαλής σηματοδότησης, οι διαστάσεις του οποίου δίνονται με βάση τέσσερις κατηγορίες αντίθεσης, και συναρτήσει της διαμέτρου των σημάτων, **Πίνακας 5.3**.

**Πίνακας 5.3:** Διαστάσεις πλαισίου αντίθεσης κατά το πρότυπο EN 12368, για κεφαλή με τρία σήματα.

| Κατηγορία αντίθεσης περιβάλλοντος | Διαστάσεις πλαισίου αντίθεσης (mm) |                                 |
|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
|                                   | Για διάμετρο σημάτων $d=200$ mm    | Για διάμετρο σημάτων $d=300$ mm |
| C1                                | 222×647                            | 336×980                         |
| C2                                | 350×995                            | 650×1367                        |
| C3                                | 450×982                            | 800×1517                        |
| C4                                | 500×1000                           | 900×1500                        |

Τέλος, για τον περιορισμό της θάμβωσης, στο πρότυπο αναφέρονται οι ελάχιστοι επιτρεπόμενοι λόγοι  $I / I_{phantom}$ , για πέντε κατηγορίες του φαινομένου.

Αυτά ήταν τα βασικά στοιχεία που δίνει το πρότυπο EN 12368 σχετικά με τα οπτικά χαρακτηριστικά των φωτεινών σηματοδοτών σε οδούς. Για περισσότερες λεπτομέρειες ο αναγνώστης παραπέμπεται στο ίδιο το πρότυπο.

## 5.6 Θέσεις κεφαλών σηματοδότησης και διατάξεις στήριξής τους

### 5.6.1 Θέσεις κεφαλών σηματοδότησης

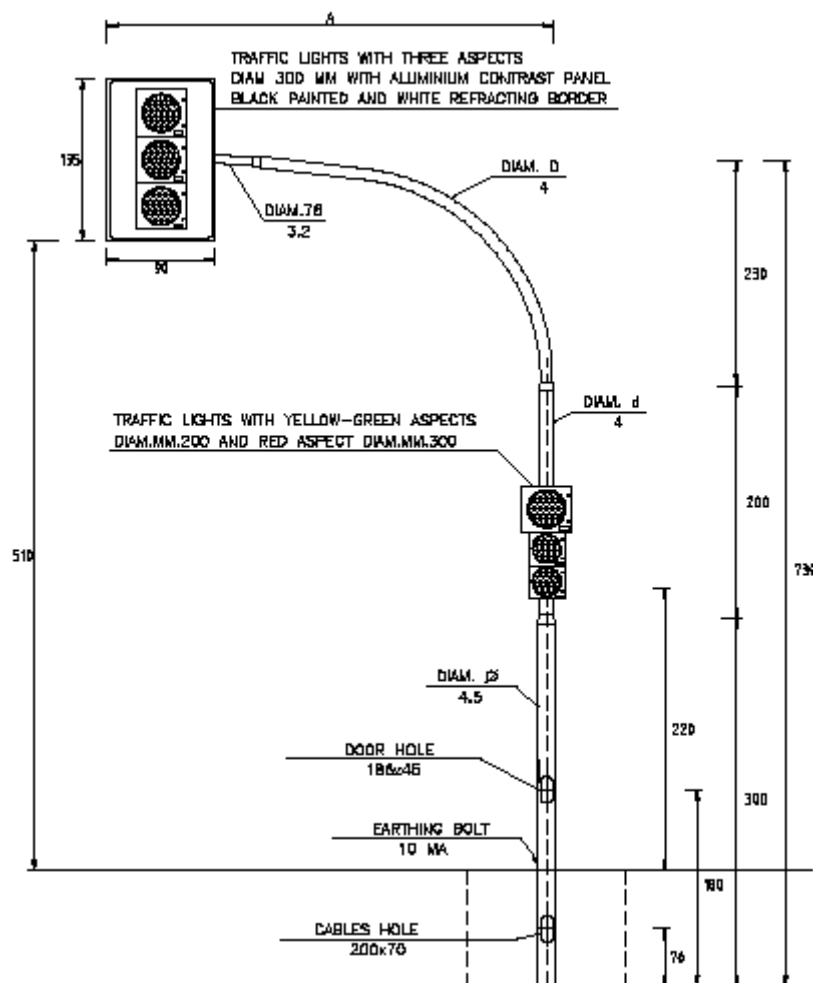
Ουσιαστικά, τα βασικά στοιχεία εξοπλισμού σε μία σηματοδότηση είναι οι κεφαλές με τα φωτεινά σήματα, αφού αυτές δίνουν τα εν λόγω σήματα ρύθμισης της κυκλοφορίας. Κατά συνέπεια, βασικής σημασίας στη σηματοδότηση είναι η θέση των κεφαλών σε σχέση με την κυκλοφορία.

Υπάρχουν δύο εναλλακτικές δυνατότητες τοποθέτησης μίας κεφαλής, **επάνω από το οδόστρωμα** και **δίπλα από το οδόστρωμα** (είτε αριστερά, είτε δεξιά). Κεφαλές τοποθετούνται επάνω από το οδόστρωμα όταν επιθυμείται η έγκαιρη αντίληψή τους από τους οδηγούς από μακρινές αποστάσεις, καθώς και σε περιπτώσεις που απαιτείται σηματοδότηση για κάθε λωρίδα ξεχωριστά (όπως σε σταθμούς διοδίων με πολλαπλές λωρίδες, ή σε περιπτώσεις ελέγχου της χρήσης των λωρίδων). Επίσης, η εν λόγω διάταξη έχει το πλεονέκτημα ότι η κεφαλή διακρίνεται από περισσότερες λωρίδες σε κόμβους. Η διάταξη της κεφαλής δίπλα από το οδόστρωμα, όπου συνήθως τοποθετείται και χαμηλότερα σε σχέση με την προηγούμενη διάταξη, έχει το πλεονέκτημα της ευκολότερης παρακολούθησης της ένδειξης όταν τα οχήματα είναι σταματημένα μπροστά στο φωτεινό σηματοδότη. Συνήθως, σε όλους τους ισόπεδους κόμβους με αξιόλογο κυκλοφοριακό φόρτο τοποθετούνται κεφαλές και υπεράνω και δεξιά από το οδόστρωμα, ενώ αν το οδόστρωμα έχει μεγάλο πλάτος, υπάρχει κεφαλή και αριστερά, στην πιθανή διαχωριστική νησίδα, ή διαγώνια αριστερά, μετά τη διασταύρωση.

Το **ύψος τοποθέτησης** των κεφαλών σηματοδότησης θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να μην προκαλείται πρόβλημα στα διερχόμενα από κάτω οχήματα ή πεζούς. Επίσης, θα πρέπει να βρίσκεται μέσα σε όρια που να κάνουν την κεφαλή ορατή από ένα εκτεταμένο εύρος αποστάσεων από αυτήν. Κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές, για σηματοδότες με κατακόρυφη διάταξη των ενδείξεων, που είναι και ο κανόνας για τα ελληνικά δεδομένα, ισχύουν τα εξής μεγέθη [8]:

- **Για κεφαλές συνήθων σηματοδοτών υπεράνω της οδού**, η κάτω βάση του σώματος της κεφαλής πρέπει να βρίσκεται σε ύψος τουλάχιστον 4,6 m από το οδόστρωμα, ενώ η άνω βάση το πολύ 7,8 m από αυτό.
- **Για κεφαλές συνήθων σηματοδοτών δίπλα από την οδό**, η κάτω βάση του σώματος της κεφαλής πρέπει να βρίσκεται σε ύψος τουλάχιστον 2,4 m από το πεζοδρόμιο ή από το οδόστρωμα (ή 1,4 m από το επίπεδο της νησίδας, εάν ο σηματοδότης είναι τοποθετημένος εκεί), ενώ η άνω βάση το πολύ 5,8 m από αυτά.
- **Για κεφαλές σηματοδοτών σε προσβάσεις αυτοκινητοδρόμων**, οι οποίοι τοποθετούνται δίπλα από την οδό πρόσβασης, η κάτω βάση του σώματος της κεφαλής πρέπει να βρίσκεται σε ύψος από 1,4 m έως 1,8 m από το οδόστρωμα.
- **Για κεφαλές σηματοδοτών που βρίσκονται επάνω από κάθε λωρίδα κυκλοφορίας** (όπως σε σταθμούς διοδίων ή σε περιπτώσεις ελέγχου της χρήσης των





Εικόνα 5.5: Τυπική περίπτωση στύλου με κυκλική διατομή και οριζόντιο βραχίονα.

3,0 m ύψος στύλου). Χρησιμεύουν για τη στήριξη σηματοδοτών δίπλα από την οδό, η σηματοδοτών πεζών.

Οι στύλοι με οριζόντιο βραχίονα χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται η τοποθέτηση κεφαλής σηματοδότησης επάνω από το οδόστρωμα (στήριξη κεφαλής στο βραχίονα). Χρησιμοποιούνται είτε πολυγωνικές διατομές μεταβλητών διαμέτρων της τάξεως των 200-100 mm, είτε κυκλικές διατομές μεταβλητών διαμέτρων της τάξεως των 170-140 mm. Το μήκος του χρησιμοποιούμενου βραχίονα εξαρτάται από το πλάτος της οδού, καθώς σε οδούς με πολλαπλές λωρίδες απαιτείται η κεφαλή να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο εσωτερικά στην οδό. Συνήθη μήκη βραχιόνων είναι περί τα 3,5-7,0 m (αυτό δεν είναι βέβαια και το βάθος της κεφαλής μέσα στην οδό, αφού ο κατακόρυφος στύλος τοποθετείται σε απόσταση από το άκρο της οδού). Οι βραχίονες είναι συνήθως κυκλικής διατομής, διαμέτρου περί τα 75-140 mm.

Τονίζεται ότι σε κάθε περίπτωση ο στύλος στήριξης -κάτι που ισχύει και για όλες τις υπόλοιπες διατάξεις στήριξης πέραν των μεταλλικών- πρέπει να βρίσκεται σε μία ελάχιστη απόσταση από το άκρο της οδού. Κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές, η απόσταση του στύλου από το άκρο του πεζοδρομίου, ή αν δεν υπάρχει, από το άκρο του ερείσματος, πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,6 m [8].

Τέλος, για τη στήριξη των στύλων στο έδαφος εφαρμόζεται είτε έμπηξη του στύλου σε βάθος περί το 1 m με επιφανειακό θεμέλιο από σκυρόδεμα, είτε κοχλίωση επάνω σε βάση από σκυρόδεμα, με κατάλληλη απόληξη του στύλου.

Στις Εικόνες 5.4 και 5.5 δίνονται τυπικές διατάξεις στήριξης στύλων.

#### 5.6.4 Στερέωση της κεφαλής επάνω στη διάταξη στήριξης

Όταν η κεφαλή στηρίζεται επάνω σε μεταλλικούς στύλους, ή και απευθείας σε εξωτερικές επιφάνειες, η στήριξη επιτυγχάνεται με τη βοήθεια τοπικών βραχιόνων που συνδέουν το σώμα της κεφαλής με την επιφάνεια στήριξης.

Σε περίπτωση που η κεφαλή στηρίζεται επάνω σε **κατακόρυφο στύλο ή εξωτερική επιφάνεια**, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω διατάξεις στερέωσης:

- **Απλοί βραχίονες:** Για τη στερέωση ενός μεμονωμένου σώματος σηματοδότησης.
- **Διπλοί βραχίονες:** Για τη στερέωση σε μία θέση, δύο όμοιων σωμάτων σηματοδότησης (με ίδιο αριθμό σημάτων, ίδιας διαμέτρου).
- **Απλοί βραχίονες με επέκταση:** Για τη στερέωση σε μία θέση, δύο σωμάτων σηματοδότησης, όπου το δεύτερο έχει μικρότερο αριθμό σημάτων (π.χ. σώμα με τρία σήματα, συνοδευόμενο από δεύτερο σώμα με δύο σήματα αναλάμπωντων κίτρινων βελών).
- **Βραχίονες προέκτασης:** Πρόκειται για βραχίονες με μεγάλο άνοιγμα στήριξης, για τη στερέωση του σώματος σηματοδότησης σε απόσταση από τον κατακόρυφο στύλο όταν υπάρχουν εμπόδια που εμποδίζουν την ορατότητα.

Όλοι οι βραχίονες επιτρέπουν την περιστροφή του σώματος γύρω από τον κατακόρυφο άξονα, για τη βέλτιστη ρύθμιση του προσανατολισμού του.

Οι εν λόγω βραχίονες εφαρμόζονται όταν το σώμα στερεώνεται στο πλάι του κατακόρυφου στύλου. Υπάρχει και μία δυνατότητα για στερέωση επάνω στην κορυφή του στύλου, με κατάλληλη διάταξη.



**Εικόνα 5.6:** Αριστερά στερέωση με απλό βραχίονα και δεξιά με βραχίονα προέκτασης.



**Εικόνα 5.7:** Στερέωση με βραχίονα με επέκταση.



**Εικόνα 5.8:** Διάταξη στερέωσης επάνω σε οριζόντιο βραχίονα.

Σε περίπτωση που η κεφαλή στηρίζεται επάνω σε οριζόντιο βραχίονα, χρησιμοποιείται η διάταξη της **Εικόνας 5.8**, με δυνατότητα περιστροφής γύρω από τον οριζόντιο άξονα για ρύθμιση της κλίσης της κεφαλής.

## 5.7 Λεπτομέρειες κεφαλής σηματοδότησης

Σε αυτήν την Παράγραφο γίνεται μία λεπτομερής προσέγγιση στα επιμέρους εξαρτήματα που συνθέτουν την κεφαλή της σηματοδότησης.

### 5.7.1 Αριθμός, διάταξη και μέγεθος σημάτων

Ο απαιτούμενος αριθμός των σημάτων σε μία κεφαλή καθορίζεται βασικά από το σκοπό της σηματοδότησης και από τις φάσεις που έχουν αποφασιστεί για την προσεγγίζουσα κυκλοφορία. Μία κεφαλή μπορεί να έχει *ένα, δύο ή τρία φωτεινά σήματα*. Στις περισσότερες περιπτώσεις, κεφαλές που απευθύνονται σε αυτοκίνητα σε θέσεις κόμβων διαθέτουν τρία σήματα, από ένα για κάθε χρώμα. Επίσης, τρία σήματα μπορούν να βρεθούν σε κεφαλές με κόκκινο βέλος και δύο αντίστοιχα βέλη αναλάμποντος κίτρινου, σε συνοδευτική σηματοδότηση συγκεκριμένου ελιγμού. Δύο σήματα βρίσκονται σε κεφαλές με δύο σήματα (κυκλικά ή μορφής βέλους) αναλάμποντος κίτρινου, ή όπου δεν απαιτείται η ύπαρξη κίτρινου σήματος, παρά μόνο πράσινου και κόκκινου. Τέτοιες περιπτώσεις είναι, για παράδειγμα, σηματοδότες σε εισόδους αυτοκινητοδρόμων ή σε σταθμούς διοδίων, ή σηματοδότες για πεζούς και ποδηλάτες. Επίσης, σηματοδότες σε ισόπεδες σιδηροδρομικές διαβάσεις, με εναλλάξ αναλάμπουσες κόκκινες ενδείξεις. Περιπτώσεις με ένα φωτεινό σήμα συναντώνται σε σηματοδότες με απλό αναλάμπον κίτρινο, καθώς και σε σηματοδότες ελέγχου χρήσεων λωρίδων, όπου συνυπάρχουν στο ίδιο σήμα η ένδειξη του πράσινου βέλους και του κόκκινου X.

Η διάταξη των σημάτων είναι τις περισσότερες φορές κατακόρυφη, χωρίς να αποκλείονται και περιπτώσεις οριζόντιας διάταξης, κυρίως σε περιπτώσεις σηματοδοτών με πράσινη και κόκκινη ένδειξη. Επίσης, οριζόντια είναι η διάταξη σηματοδοτών ισόπεδων σιδηροδρομικών διαβάσεων. Πάντως, αυτή η διάταξη, αν και δεν συνηθίζεται στην Ευρώπη, είναι κοινός τόπος στην Αμερική.

Το σχήμα του σήματος είναι στη συντριπτική πλειοψηφία κυκλικό, ακόμη και στις περιπτώσεις που απεικονίζεται σύμβολο. Τετραγωνικό είναι το σχήμα των σημάτων που περιέχουν πράσινο βέλος - κόκκινο X. Στις περιπτώσεις κυκλικών σημάτων υπάρχουν τρεις δυνατές διαμέτροι, κοινές για τα περισσότερα κράτη του κόσμου. **Οι διαμέτροι αυτές είναι 100 mm, 200 mm και 300 mm**. Από αυτές, σε όλες τις συνήθεις περιπτώσεις σηματοδότησης οχημάτων χρησιμοποιούνται **μόνο οι διαμέτροι 200 mm και 300 mm**, και κυρίως αυτή των 200 mm. Η διάμετρος 300 mm χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που απαιτείται ο σηματοδότης να φαίνεται από μακρινές αποστάσεις, ή σε οδούς με μεγάλη ταχύτητα κίνησης. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται πράσινα και κίτρινα σήματα των 200 mm, με κόκκινο σήμα των 300 mm στην ίδια κεφαλή. Οι σηματοδότες των πεζών είναι διαμέτρου 200 mm, ενώ σήματα των 100 mm χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

### 5.7.2 Σώμα κεφαλής σηματοδότησης

Το σώμα είναι το βασικό δομικό στοιχείο μίας κεφαλής σηματοδότησης, καθώς επάνω του στηρίζονται όλες οι λοιπές διατάξεις του σηματοδότη. Για τη

διαμόρφωσή του υπάρχουν δύο δυνατότητες. Στην πρώτη περίπτωση το σώμα είναι ενιαίο ανεξάρτητα από το πλήθος των σημάτων, ενώ στη δεύτερη κάθε σήμα βρίσκεται στο δικό του διαμέρισμα, με τα επιμέρους διαμερίσματα να συνδέονται μεταξύ τους με κατάλληλη διαμόρφωση των βάσεων τους.

Το υλικό κατασκευής του σώματος μπορεί να είναι μεταλλικό ή πλαστικό, το δε χρώμα του τέτοιο, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή αντίθεση με το περιβάλλον. Με αυτήν την προϋπόθεση, το καταλληλότερο χρώμα είναι το σκούρο πράσινο, χωρίς να αποκλείονται και κάποια άλλα.

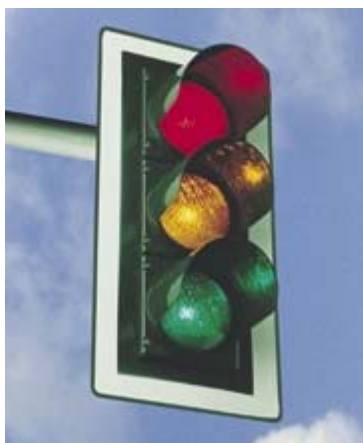
Στην μπροστινή όψη του σώματος, δηλαδή στην όψη που είναι ορατή στους χρήστες, εφαρμόζονται θυρίδες που κλείνουν τα διάκενα μεταξύ των κυκλικών σημάτων και του σώματος. Τα υλικά κατασκευής και το χρώμα είναι τα ίδια όπως και του σώματος.

Σημειώνεται ότι σε ένα σηματοδότη η λειτουργικότητα και το κόστος συντήρησης εξαρτώνται, εκτός των άλλων, και από τη γενικότερη ποιότητα κατασκευής του σώματος. Οι ενδείξεις ενός σηματοδότη εναλλάσσονται συνεχώς, και η εσωτερική θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία του, αν δεν υπάρχει επαρκής στεγανότητα, προκαλεί ρεύματα αέρα που μεταφέρουν σκόνη και υγρασία στο εσωτερικό του σηματοδότη, που επικάθονται στις επιφάνειες και μειώνουν τη χρηστικότητα του συστήματος. Για το σκοπό αυτό έχουν συνταχθεί και ανάλογες προδιαγραφές.

### 5.7.3 Διατάξεις υποβοήθησης οπτικών χαρακτηριστικών

Όπως αναφέρθηκε και στην Παράγραφο 5.5, δύο σοβαρά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά την εγκατάσταση ενός φωτεινού σηματοδότη είναι η απαίτηση αντίθεσης με το περιβάλλον, καθώς και η θάμβωση που προκαλείται κατά την απευθείας πρόσπτωση των ηλιακών ακτίνων επάνω στο σηματοδότη. Τα δύο αυτά φαινόμενα προκαλούν δυσκολίες στην οπτική αναγνώριση των σημάτων.

Για την εξασφάλιση επαρκούς αντίθεσης, βασικής σημασίας είναι αρχικά το χρώμα της πρόσθιας επιφάνειας του σώματος της κεφαλής (θυρίδες). Από εκεί και πέρα, σε περιπτώσεις που ο προσανατολισμός και το περιβάλλον του σηματοδότη επιτείνει το πρόβλημα, τοποθετείται περιμετρικά της κεφαλής ειδικό πλαίσιο αντίθεσης κατάλληλων διαστάσεων. Συνήθως σε κεφαλές που τοποθετούνται χαμηλά, όπως οι σηματοδότες δίπλα από την οδό, δεν απαιτείται ένα τέτοιο πλαίσιο, ενώ σε κεφαλές που τοποθετούνται επάνω από την οδό, οι οποίες φαίνονται πολλές φορές με φόντο τον ουρανό, τα εν λόγω πλαίσια είναι κοινός τόπος. Ένα τέτοιο πλαίσιο φαίνεται στην **Εικόνα 5.9**.



**Εικόνα 5.9:** Φωτεινός σηματοδότης επάνω από την οδό, όπου διακρίνεται το λευκό πλαίσιο αντίθεσης και το σκιάδιο επάνω από κάθε σήμα.

Η θάμβωση είναι εν γένει ένα από τα πιο συνήθη προβλήματα, συνήθως κατά τις πρωινές ώρες όπου ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, και είναι περισσότερο έντονο σε χώρες με άφθονη ηλιοφάνεια, όπως η Ελλάδα. Οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν απευθείας επάνω στο κρύσταλλο, με αποτέλεσμα, λίγο ως πολύ, σήματα που είναι αναμμένα να μην φαίνονται ως αναμμένα, και το αντίστροφο.

Για την αντιμετώπιση της θάμβωσης απαιτείται καταρχήν να ληφθεί πρόνοια κατά το σχεδιασμό του κρυστάλλου επικάλυψης, καθώς και γενικά του όλου οπτικού συστήματος. Επειδή, όμως, αυτό δεν είναι αρκετό, κάθε σήμα του σηματοδότη εφοδιάζεται και με ένα **σκιάδιο (visor)**, το οποίο αντιμετωπίζει, συνήθως, επαρκώς το φαινόμενο. Τα σκιάδια είναι τα χαρακτηριστικά σώματα που καλύπτουν κάθε σήμα, όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 5.9**. Ωστόσο, πολλές φορές παραλείπονται αδικαιολόγητα σε σηματοδότες πεζών (πιθανόν θεωρούνται μικρότερης σημασίας), με αποτέλεσμα οι πεζοί αρκετές φορές να αντιμετωπίζουν μεγάλο πρόβλημα αναγνώρισης των ενδείξεων. Τα εν λόγω σώματα επιτελούν και μία δεύτερη λειτουργία, περιορίζοντας την ορατότητα των ενδείξεων από πολύ πλάγιες θέσεις, αποτρέποντας έτσι την αναγνώρισή τους από οδηγούς στους οποίους δεν απευθύνονται.

Σε περιπτώσεις που ούτε τα σκιάδια επαρκούν, μπορούν να εφαρμοστούν στο εσωτερικό του σήματος κατάλληλες **αντιθαμβωτικές μάσκες (anti-phantom masks)**, οι οποίες φαίνονται στις **Εικόνες 5.10** και **5.11**. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι πολλές φορές οι εν λόγω μάσκες προκαλούν ελάττωση της φωτεινότητας των ενδείξεων, γι' αυτό και πρέπει να εφαρμόζονται με σύνεση. Κατασκευαστικές εταιρίες του εξωτερικού έχουν επινοήσει συστήματα προγραμματιζόμενης ρύθμισης των σχισμών της μάσκας, για την εφαρμογή της μόνο όταν χρειάζεται.



**Εικόνα 5.10:** Αντιθαμβωτική μάσκα με κυψέλες.

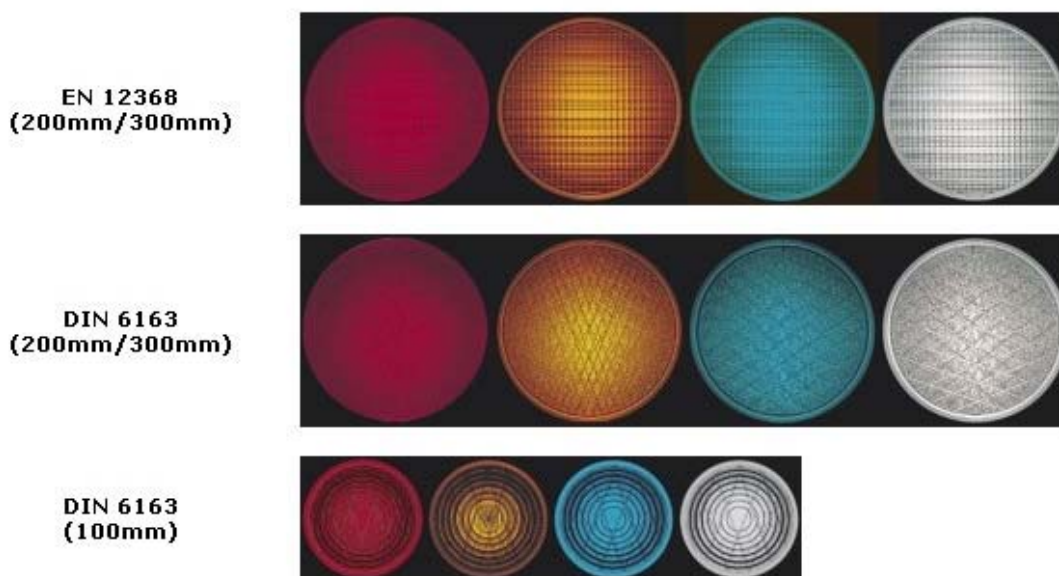


**Εικόνα 5.11:** Αντιθαμβωτική μάσκα με σχισμές.

#### 5.7.4 Κρύσταλλα επικάλυψης, διαφράγματα συμβόλων και ανακλαστήρες

Τα κρύσταλλα, εκτός από την κάλυψη των οπών του σηματοδότη, επιτελούν και τη βασικότερη λειτουργία της παραγωγής του χρώματος της ένδειξης. Όλα όσα αναφέρθηκαν στην Παράγραφο 5.5 σχετικά με τις χρωματικές απαιτήσεις, ουσιαστικά ζητούνται από το κρύσταλλο της επικάλυψης. Τα εν λόγω κρύσταλλα κατασκευάζονται από γυαλί ή πολυκαρβονικό πλαστικό και διαθέτουν ραβδώσεις για

την καλύτερη διασπορά του φωτός σε όλη την επιφάνειά τους. Στην **Εικόνα 5.12** δίνονται διάφορες μορφές και αποχρώσεις κρυστάλλων, κατά διάφορα ισχύοντα πρότυπα.



**Εικόνα 5.12:** Μορφές και αποχρώσεις κρυστάλλων κατά τα πρότυπα EN 12368 και DIN 6163.

Για την εμφάνιση διαφόρων συμβόλων στους σηματοδότες, όπως βέλη και ενδείξεις πεζών, απλώς τοποθετούνται διαφράγματα με το αντίστοιχο σύμβολο στο εσωτερικό του σήματος.

Τέλος, απαραίτητος σε ένα σήμα είναι και ένας ανακλαστήρας (κάτοπτρο) φωτός, για τη συγκέντρωση του φωτός του λαμπτήρα. Σημειώνεται ότι σε περιπτώσεις χρήσης φωτεινής πηγής με στοιχεία τύπου LED δεν απαιτείται ανακλαστήρας, αφού η ομοιομορφία φωτισμού όλης της επιφάνειας του σήματος επιτυγχάνεται ούτως ή άλλως.



**Εικόνα 5.13:** Ανακλαστήρες φωτός σηματοδότη, αριστερά με λαμπτήρα πυρακτώσεως και δεξιά με λαμπτήρα αλογόνου.

### 5.7.5 Φωτεινές πηγές

Οι φωτεινές πηγές που χρησιμοποιούνται σε έναν σηματοδότη είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας στο ζήτημα του κόστους λειτουργίας του συστήματος σηματοδότησης. Η φωτεινή πηγή θα πρέπει να συνδυάζει χαμηλή κατανάλωση, ικανοποιητικά φωτεινά χαρακτηριστικά, διάρκεια στην απόδοση και αξιοπιστία λειτουργίας.

Οι τύποι φωτεινών πηγών που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι εξής:

- **Λαμπτήρες πυρακτώσεως:** Είναι οι παλαιότεροι τύποι λαμπτήρων σε σηματοδότες. Λειτουργούν με τάση 220 V και έχουν ισχύ 25-100 Watt (για σηματοδότες οχημάτων, 75-100 Watt). Έχουν διάρκεια ζωής περί τις **8.000 ώρες**.
- **Λαμπτήρες αλογόνου:** Βελτιωμένη εκδοχή λαμπτήρων, με πολύ χαμηλότερη κατανάλωση και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Λειτουργούν με τάση 10-15 V, με χρήση μετασχηματιστή, και έχουν ισχύ 20-30 Watt σε κάθε εφαρμογή. Έχουν διάρκεια ζωής περί τις **15.000 ώρες**.
- **Φωτεινές πηγές με διόδους LED:** Η τελευταία εξέλιξη στο χώρο της φωτεινής σηματοδότησης. Έχουν ισχύ 10-15 Watt, αλλά με πολύ χαμηλές απώλειες, και διάρκεια ζωής περί τις **100.000 ώρες**.

Η εφαρμογή των διόδων τύπου LED κερδίζει συνεχώς έδαφος στην Αμερική, όπου ήδη σε πολλές περιπτώσεις οι κλασικές κεφαλές με λαμπτήρες αντικαθίστανται μαζικά από συστήματα LED. Τα εν λόγω συστήματα συνδυάζουν πολύ χαμηλή κατανάλωση και πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, κάτι που ελαχιστοποιεί το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Αλλά και από τεχνικής απόψεως, τα συστήματα LED προσφέρουν μεγάλη φωτεινή ένταση και διάρκεια των χαρακτηριστικών τους σε βάθος χρόνου και φωτεινή ομοιομορφία της επιφάνειας του σήματος. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί και ότι η μη απαίτηση του ανακλαστήρα και η χρήση διαφορετικού είδους κρυστάλλων, εξαλείφουν και το πρόβλημα της θάμβωσης.

Στην περίπτωση του συστήματος LED, οι εν λόγω λυχνίες τοποθετούνται διάσπαρτα σε όλη την επιφάνεια του σήματος, **Εικόνα 5.16**.



**Εικόνα 5.14:** Λαμπτήρες σηματοδοτών. Αριστερά διακρίνεται λαμπτήρας πυρακτώσεως και δεξιά λαμπτήρας αλογόνου.



**Εικόνα 5.15:** Σήμα με σύστημα φωτισμού τύπου LED.



Εικόνα 5.16: Μορφή σηματοδότη με φωτισμό τύπου LED.

Στην **Εικόνα 5.17** δίνεται ένα ενδεικτικό κατασκευαστικό διάγραμμα κεφαλής φωτεινής σηματοδότησης.

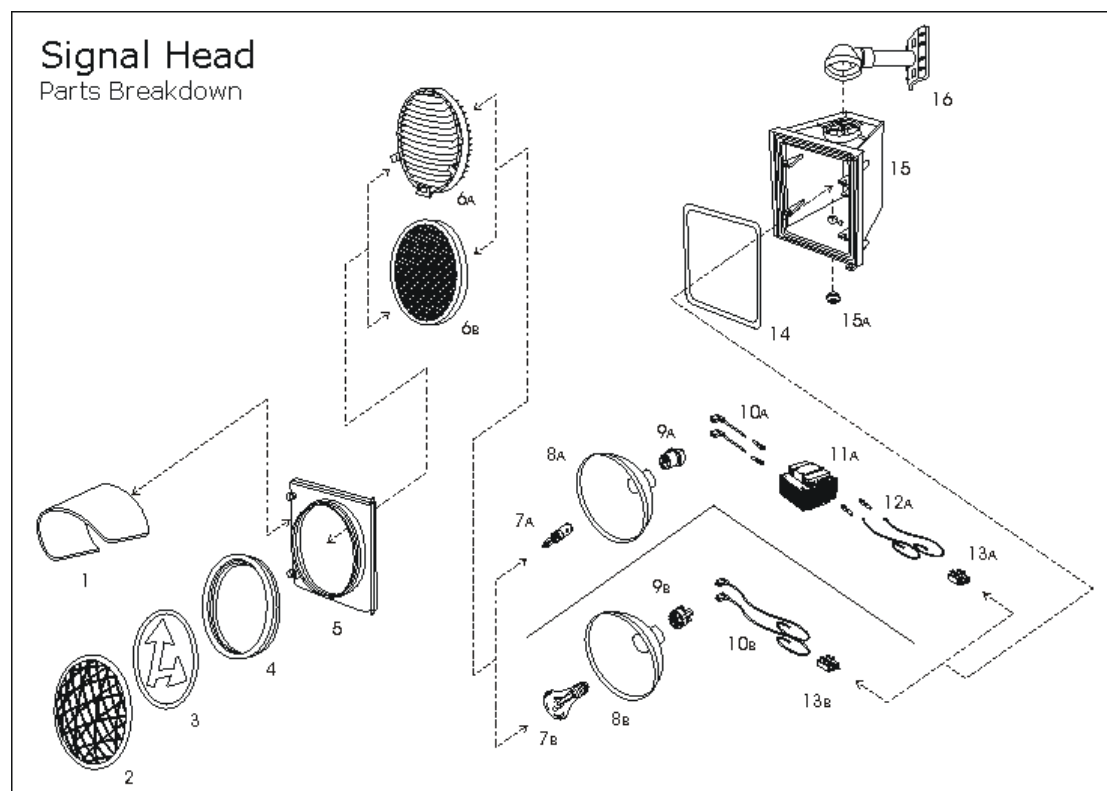
## 5.8 Ανιχνευτές κινήσεων (φωρατές)

Όπως αναφέρθηκε στην Παράγραφο 5.3, η σηματοδότηση μπορεί να διακριθεί σε κατηγορίες με βάση το αν ο χρονισμός της είναι σταθερός, βάσει ενός ή περισσότερων προγραμμάτων, ή το αν υφίσταται επενέργεια από την κυκλοφορία, δηλαδή δυνατότητα άμεσης δυναμικής μεταβολής του χρονισμού επιτόπου. Όπως καταλαβαίνει κανείς, απαραίτητη προϋπόθεση σε αυτήν την τελευταία περίπτωση είναι η ύπαρξη του ειδικού τεχνικού εξοπλισμού που θα αναλαμβάνει την **ανίχνευση και μέτρηση των χρηστών της οδού**. Στη συνέχεια, τα δεδομένα που λαμβάνονται από αυτούς τους ανιχνευτές αξιοποιούνται από τις μονάδες επεξεργασίας, που αναλαμβάνουν τη ρύθμιση της σηματοδότησης.

### 5.8.1 Είδη ανιχνευτών

Οι ανιχνευτές διακρίνονται σε τοποθετούμενους εντός του οδοστρώματος και υπεράνω αυτού. Υπάρχουν οι εξής τύποι ανιχνευτών:

- **Μαγνητικού πεδίου:** Η λειτουργία τους βασίζεται στη μεταβολή που προκαλεί η διέλευση ενός οχήματος σε ένα μαγνητικό πεδίο που υλοποιεί η διάταξη του ανιχνευτή. Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι οι μαγνητικοί βρόχοι, που τοποθετούνται σε σχισμή μέσα στο οδόστρωμα (inductive loops), και είναι ο πιο δημοφιλής τύπος ανιχνευτών παγκοσμίως. Το πηνίο έχει ορθογωνική μορφή, με εγκάρσια διάσταση περί τα 1,8 m και διαμήκη 1,8-7,5 m, και τοποθετείται σε σχισμή μέσα στο οδόστρωμα, η οποία κλείνει με εποξειδικό υλικό. Άλλοι τύποι μαγνητικών ανιχνευτών είναι τα μαγνητόμετρα (magnetometers) και οι αυτόνομοι ανιχνευτές οχημάτων (SPVD).
- **Ανιχνευτές με πλήκτρο (push-buttons):** Οι πιο συνηθισμένοι τύποι ανιχνευτών για πεζούς, αλλά μπορεί να χρησιμοποιούνται και για οχήματα. Οι



- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1 σκιάδιο                          | 9A λυχνιολαβή λαμπτήρα αλογόνου          |
| 2 κρύσταλλο επικάλυψης             | 9B λυχνιολαβή λαμπτήρα πυρακτώσεως       |
| 3 διάφραγμα συμβόλων               | 10A καλωδίωση                            |
| 4 στεγανωτικός δακτύλιος           | 10B καλωδίωση                            |
| 5 θυρίδα                           | 11A μετασχηματιστής                      |
| 6A αντιθαμβωτική μάσκα, με σχισμές | 12A καλωδίωση                            |
| 6B αντιθαμβωτική μάσκα, κυψελωτή   | 13A, 13B συνδετήρες καλωδίωσης           |
| 7A λαμπτήρας αλογόνου              | 14 στεγανωτικός δακτύλιος θυρίδας        |
| 7B λαμπτήρας πυρακτώσεως           | 15 σώμα διαμερίσματος                    |
| 8A κάτοπτρο λαμπτήρα αλογόνου      | 15A στεγανωτικός δακτύλιος οπής καλωδίων |
| 8B κάτοπτρο λαμπτήρα πυρακτώσεως   | 16 βραχίονας στερέωσης                   |

Εικόνα 5.17: Ενδεικτικό κατασκευαστικό διάγραμμα κεφαλής σηματοδότησης (Πηγή: VRX S.A.).

διακόπτες πεζών τοποθετούνται επάνω στο στύλο του σηματοδότη, σε ύψος περί τα 1,1 m.

- **Πιεζοδιακόπτες (pressure-sensitive):** Χρησιμοποιούνται παλιότερα, αλλά πλέον η χρήση τους έχει εξασθενήσει, λόγω της φθοράς στο οδόστρωμα. Ουσιαστικά αποτελούνται από μία επιφάνεια-διακόπτη, την οποία το όχημα ενεργοποιεί πιέζοντάς την.
- **Ανιχνευτές μικροκυμάτων (microwave):** Τοποθετούνται επάνω από το οδόστρωμα και αποτελούνται από μία συσκευή εκπομπής μικροκυμάτων.
- **Ανιχνευτές λέιζερ:** Ανιχνευτές με δυνατότητα μεγάλης ακρίβειας στις μετρήσεις, αλλά και μεγάλο κόστος.
- **Ανιχνευτές φωτός (high-intensity light receivers):** Ενεργοποιούνται όταν ανιχνεύουν φως ισχυρής έντασης. Χρησιμοποιούνται κυρίως όταν επιθυμείται η επενέργεια από οχήματα άμεσης ανάγκης, τα οποία εφοδιάζονται με ανάλογη φωτεινή πηγή.

- **Ανιχνευτές με βίντεο:** Ουσιαστικά βασίζονται στην επεξεργασία εικόνας που λαμβάνεται από κάμερα, με τη βοήθεια υπολογιστή.
- **Ανιχνευτές υπερήχων**
- **Ανιχνευτές υπερύθρων (infrared)**
- **Φωτοκύτταρα (photocells)**

Κάθε τύπος ανιχνευτή μπορεί να παρουσιάζει διαφορετικές δυνατότητες ανίχνευσης. Στοιχεία που μπορεί να ανιχνευτούν από κάποιον ανιχνευτή είναι η διέλευση οχημάτων, η κίνηση με μικρή ταχύτητα, οχήματα σε στάση, η κατάληψη λωρίδων, η ταχύτητα κίνησης και ο κυκλοφοριακός φόρτος. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους ανιχνευτές μπορούν να βρεθούν στο **Κεφάλαιο 9** του παρόντος.

### 5.8.2 Τοποθέτηση ανιχνευτών

Όπως αναφέρθηκε, οι ανιχνευτές μπορεί να τοποθετούνται είτε μέσα στο οδόστρωμα, είτε επάνω από αυτό. Στην πρώτη περίπτωση απαιτείται η εκσκαφή ή χάραξη του οδοστρώματος για την εγκατάσταση του συστήματος, που συνήθως είναι τύπου μαγνητικού βρόχου. Στη δεύτερη περίπτωση η εγκατάσταση της συσκευής ανίχνευσης μπορεί να γίνει είτε σε κάποιον στύλο τοποθετημένο ειδικά για αυτόν το σκοπό, είτε σε υπάρχον στύλο κοινωφελούς δικτύου, είτε στο στύλο του ίδιου του σηματοδότη. Το πλεονέκτημα των συσκευών ανίχνευσης υπέργειας τοποθέτησης είναι η δυνατότητα ρύθμισης της διεύθυνσής τους, οπότε μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα ευρύ φάσμα θέσεων γύρω από την οδό.

Σε κάθε περίπτωση, πάντως, βασικό στοιχείο αναφορικά με την τοποθέτηση ενός ανιχνευτή είναι **το σημείο ανίχνευσης**, δηλαδή το σημείο στο οποίο ένα όχημα θα ανιχνευθεί, μόλις βρεθεί επάνω του. **Η απόσταση του σημείου αυτού από τη θέση του σηματοδότη** εξαρτάται επακριβώς από την ταχύτητα κίνησης και από το είδος της ανίχνευσης. Στο εν λόγω σημείο τοποθετείται η υπό το οδόστρωμα διάταξη ανίχνευσης ή, αντίστοιχα, στο σημείο αυτό στρέφεται η υπέργεια συσκευή ανίχνευσης.

Μία απλή μέθοδος προσδιορισμού του σημείου τοποθέτησης δίνεται κατά το εγχειρίδιο *Traffic Manual* του Τμήματος Συγκοινωνιών της Καλιφόρνια [11], κατά την οποία θεωρείται ότι ο ανιχνευτής τοποθετείται στο σημείο όπου ο οδηγός αντιλαμβάνεται την ύπαρξη του σηματοδότη και ξεκινάει να επιβραδύνει σε περίπτωση κόκκινης ένδειξης. Το σημείο αυτό απέχει από το σηματοδότη τόση απόσταση, όση η απόσταση επιβράδυνσης επαυξημένη κατά την απόσταση αντίδρασης μετά την αντίληψη της ένδειξης. Η επιβράδυνση θεωρείται  $d=3,6 \text{ m/s}^2$  και ο χρόνος αντίδρασης  $t=1 \text{ sec}$ . Η απόσταση υπολογίζεται με τους απλούς τύπους της κινηματικής και είναι  $S=V^2/2d+V \cdot t$ , όπου  $V$  η ταχύτητα κίνησης. Στον **Πίνακα 5.4** δίνονται οι προτεινόμενες αποστάσεις κατά τη μέθοδο, ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί ότι για τα ευρωπαϊκά δεδομένα η μέθοδος μάλλον οδηγεί σε μεγαλύτερες αποστάσεις, καθώς η επιβράδυνση που γίνεται δεκτή πιθανότατα αναφέρεται στα εν γένει μεγαλύτερα αμερικάνικα αυτοκίνητα.

**Πίνακας 5.4:** Συνιστώμενη απόσταση ανιχνευτή από το σηματοδότη [11].

| Ταχύτητα κίνησης στην οδό (km/h)      | 40 | 50 | 60 | 70 | 80  | 90  | 100 | 110 |
|---------------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Απόσταση ανιχνευτή από σηματοδότη (m) | 30 | 45 | 60 | 80 | 105 | 130 | 155 | 185 |

Πάντως, υπάρχουν περιπτώσεις όπου ενδεχόμενη απόπειρα ανίχνευσης σε απόσταση από το σηματοδότη ενδέχεται να είναι προβληματική. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι χαμηλή ταχύτητα κίνησης, εισροή οχημάτων από διασταύρωση στην υπό ανίχνευση οδό μετά από τη θέση ανίχνευσης, καμπύλη πρόσβαση όπου τα απομακρυνόμενα από τον κόμβο οχήματα ανιχνεύονται και αυτά, κλπ. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρειάζεται και ένα δεύτερο σύστημα ανίχνευσης, στη θέση του σηματοδότη.



**Εικόνα 5.18:** Σύστημα ανιχνευτών για ταυτόχρονη κάλυψη πολλαπλών προσβάσεων, τοποθετημένο επάνω στο στύλο του σηματοδότη.

## 5.9 Επίλογος - Νέες τάσεις στη σηματοδότηση

Από τα όσα εκτέθηκαν στο παρόν Κεφάλαιο, γίνεται κατανοητό ότι η εξέλιξη της σηματοδότησης λαμβάνει χώρα σε δύο βασικού άξονες, στο τεχνικό μέρος της σηματοδότησης και στις εφαρμογές της.

Όσον αφορά στο πρώτο, το ζητούμενο είναι η εφαρμογή ολοένα και πιο ποιοτικών σηματοδοτών, καθώς και ολοένα και πιο αξιόπιστων και πλήρων ανιχνευτών. Ποιότητα σε ένα σηματοδότη νοείται ουσιαστικά το τρίπτυχο οικονομία-αξιοπιστία-ανθεκτικότητα στις κλιματικές συνθήκες, ενώ, αντίστοιχα, αξιοπιστία και πληρότητα σε έναν ανιχνευτή θεωρείται η δυνατότητα επιτυχούς ανίχνευσης όσο το δυνατόν περισσότερων στοιχείων της κυκλοφορίας. Η βασικότερη νέα τεχνολογία που έχει ήδη αρχίσει να εφαρμόζεται στο εξωτερικό, και που αναμένεται πλέον και στην Ελλάδα, είναι η εφαρμογή των φωτεινών πηγών τύπου LED, οι οποίες συνδυάζουν χαμηλή ισχύ λειτουργίας με ταυτόχρονα χαμηλές απώλειες ενέργειας, μεγάλη διάρκεια ζωής, καλύτερη αξιοπιστία και βέλτιστα οπτικά χαρακτηριστικά.

Ταυτόχρονα, το διαρκώς αυξανόμενο κυκλοφοριακό πρόβλημα όλων των μεγάλων πόλεων του κόσμου επιβάλλει μία νέα προσέγγιση στη διαχείριση της σηματοδότησης, που ξεφεύγει από την κλασική αντιμετώπιση με τους στατικούς σηματοδότες, και που οδηγεί στην εφαρμογή ολοκληρωμένων «έξυπνων» συστημάτων καθολικής διαχείρισής της, στα πλαίσια ευρύτερων περιοχών μέσα σε ένα αστικό δίκτυο. Προς το σκοπό αυτό, την καθοριστική ώθηση δίνουν η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, της τηλεματικής και των τηλεπικοινωνιών.

## ΠΡΟΣΩΡΙΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΩΝ

### 6.1 Εισαγωγή

Είναι κοινά παραδεκτό ότι η εκτέλεση έργων στην οδό είναι από τις δυσμενέστερες καταστάσεις που μπορούν να συναντηθούν σε ένα οδικό δίκτυο. Οι έντονοι περιορισμοί των γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών της οδού, σε συνδυασμό με την απαίτηση διαρκούς επαγρύπνησης και, πολλές φορές, πραγματοποίησης δύσκολων ελιγμών από τους οδηγούς, υποβαθμίζουν το επίπεδο ασφάλειας και καθιστούν το περιβάλλον επικίνδυνο, τόσο για τους χρήστες της οδού, όσο και για το προσωπικό που εργάζεται και κινείται εκεί. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο σε μία τέτοια περιοχή να λαμβάνονται πάντα ιδιαίτερα μέτρα προστασίας και ελέγχου της κυκλοφορίας.

Ως *περιοχή εκτέλεσης έργων* θεωρείται ένα διάστημα της οδού όπου λαμβάνει χώρα οποιασδήποτε μορφής παρενόχληση της κυκλοφορίας ή μεταβολή των γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών της οδού, που οφείλονται σε εργασίες κατασκευής ή συντήρησης πραγματοποιούμενες επάνω ή δίπλα από το οδόστρωμα. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να αποτελούν, για παράδειγμα, οι περιορισμοί των διαστάσεων των λωρίδων κυκλοφορίας, των ερεισμάτων ή των πεζοδρομίων, η μείωση του αριθμού των λωρίδων, η μετατόπιση των ρευμάτων κυκλοφορίας, ο περιορισμός του μήκους ορατότητας ή των πλευρικών ελεύθερων διαστημάτων, ή και η απλή χρήση της οδού από τα εργοταξιακά οχήματα.

Για την αποτελεσματική διαχείριση των προβλημάτων ασφάλειας που συνοδεύουν την πραγματοποίηση εργασιών στην οδό, είναι απαραίτητη η κίνηση εν γένει σε τρεις βασικούς άξονες, ήτοι στο σωστό γεωμετρικό σχεδιασμό της ζώνης εργασιών, στην αποτελεσματική διαχείριση της κυκλοφορίας, σε συνδυασμό με την εφαρμογή του κατάλληλου εξοπλισμού στην οδό, και στην κατάλληλη συμπεριφορά του εργαζόμενου προσωπικού.

Το παρόν Κεφάλαιο πραγματεύεται το ζήτημα της εφαρμογής διατάξεων προσωρινού εξοπλισμού στις περιοχές εκτέλεσης έργων. Σκοπός του προσωρινού εξοπλισμού στις εν λόγω περιοχές είναι η *πληροφόρηση, προειδοποίηση και καθοδήγηση* των οδηγών, η *ρύθμιση της κυκλοφορίας*, καθώς και η *προστασία* των χρηστών και του περιβάλλοντος χώρου. Τονίζεται, πάντως, ότι στο πεδίο της επιλογής και εφαρμογής των εν λόγω διατάξεων δεν υπάρχουν πολλές συγκεκριμένες συνταγές, παρά μόνο βασικές αρχές που θα πρέπει να ακολουθούνται, καθώς κάθε περίπτωση έργου είναι ξεχωριστή. Ο σχεδιασμός και η διαχείριση μίας περιοχής εκτέλεσης έργων αποτελεί μία κατεξοχήν διαδικασία κρίσης μηχανικού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή των όσων παρατίθενται στο παρόν Κεφάλαιο δεν περιορίζεται μόνο στις περιπτώσεις εκτέλεσης εργασιών στην οδό, αλλά μπορεί να καλύψει όλες τις περιπτώσεις που απαιτείται εν γένει προσωρινός κυκλοφοριακός έλεγχος σε μία οδό. Απλώς οι περιοχές εκτέλεσης έργων είναι οι συνηθέστερες από αυτές τις περιπτώσεις.

## 6.2 Γενικά χαρακτηριστικά περιοχών εκτέλεσης έργων

Σε αυτήν την Παράγραφο παρατίθενται ορισμένες βασικές έννοιες σχετικά με τα είδη, τη διάταξη και τα χαρακτηριστικά των περιοχών εκτέλεσης έργων σε οδούς.

### 6.2.1 Διάκριση εργασιών ως προς χρονική διάρκεια και κίνηση

Η διάκριση των εργασιών σε μία οδό ως προς τη χρονική τους διάρκεια, αλλά και ως προς το αν είναι κινητές ή όχι, επηρεάζει το είδος του απαιτούμενου προσωρινού εξοπλισμού στην περιοχή.

Ειδικότερα, ως προς τη **χρονική τους διάρκεια** οι εργασίες διακρίνονται εν γένει σε:

- **Μεγάλης διάρκειας:** Όταν διαρκούν περισσότερο από μία ημέρα.
- **Μικρής διάρκειας:** Όταν διαρκούν λιγότερο από μία ημέρα.

Αντίστοιχα, ως προς το **αν κινούνται ή όχι**, οι εργασίες διακρίνονται σε:

- **Σταθερές:** Όταν αφορούν την ίδια περιοχή, καθ' όλη τη διάρκειά τους.
- **Κινητές:** Όταν ολόκληρο το εργοτάξιο κινείται προοδευτικά επάνω στην οδό, κατά την πρόοδο των εργασιών.

Η επιρροή του είδους της χρονικής διάρκειας των εργασιών γίνεται φανερή αν αναλογιστεί κανείς ότι σε μία περιοχή έργων μεγάλης διάρκειας, και ιδιαίτερα μερικών ημερών ή εβδομάδων, συνήθως υπάρχει αρκετός χρόνος για την εγκατάσταση του εξοπλισμού, ενώ είναι περισσότερο ορατά και τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή διατάξεων από ολόκληρο το διαθέσιμο εύρος, χωρίς περιορισμούς. Έτσι, σε αυτές τις περιπτώσεις συνήθως χρησιμοποιούνται συσκευές μεγαλύτερου μεγέθους, οι οποίες, μάλιστα, πολλές φορές είναι σταθερού, και όχι φορητού, τύπου. Αντίθετα, σε μικρής διάρκειας εργασίες, όπου η ίδια η εγκατάσταση και απομάκρυνση του εξοπλισμού διαρκεί σημαντικό χρονικό διάστημα, είναι ανάγκη οι διαδικασίες να τελούνται απλούστερα και γρηγορότερα. Έτσι, είναι δυνατόν, για παράδειγμα, να χρησιμοποιούνται φορητές πινακίδες για τη σήμανση και απλοί κώνοι για την καθοδήγηση της κυκλοφορίας, ή η προτεραιότητα, όπου απαιτείται, να ρυθμίζεται από ειδικό προσωπικό, αντί προσωρινών φωτεινών σηματοδοτών. Άλλα χαρακτηριστικά στοιχεία είναι ότι σε εργασίες μεγάλης διάρκειας, όπου η προσωρινή εγκατάσταση παραμένει τουλάχιστον για μία νύχτα, οι πινακίδες θα πρέπει να είναι αντανakλαστικές, ενώ θα πρέπει να διερευνάται και το ενδεχόμενο αφαίρεσης των υφιστάμενων διαγραμμίσεων πριν από την εφαρμογή των προσωρινών, σε περιπτώσεις πολύ μεγάλης διάρκειας.

Παρόμοια επιρροή στην επιλογή του εξοπλισμού ασκεί και η διάκριση ως προς την κίνηση. Έτσι, σε περιπτώσεις κινητών εργοταξίων ο επιλεγμένος εξοπλισμός θα πρέπει να είναι εύκολα μετακινήσιμος. Σχετικό παράδειγμα αποτελούν οι εργασίες διαγράμμισης, όπου η προειδοποιητική σήμανση για το κινούμενο όχημα εφαρμογής μπορεί να υλοποιείται απλώς με την κίνηση ενός δεύτερου ακολουθούστος οχήματος, εφοδιασμένου με περιστρεφόμενους φάρους ή προειδοποιητικά σήματα στο πίσω μέρος του.

**Πάντως, θα πρέπει να καταστεί σαφές ότι σε καμία απολύτως περίπτωση δεν επιτρέπεται η υποβάθμιση της ασφάλειας ή λειτουργικότητας που απορρέει από την επιλογή του εξοπλισμού. Η διαφοροποίηση, δηλαδή, της επιλογής του έγκειται απλώς στο είδος, και όχι στην απαιτούμενη ποσότητα ή διάταξή του.**

### 6.2.2 Θέση εργασιών σε σχέση με το οδόστρωμα

Ως προς τη σχετική τους θέση με το οδόστρωμα και το εγκάρσιο διάστημα κατάληψης, οι εργασίες μπορούν να διακριθούν σε:

- *Εργασίες έξω από το έρεισμα*
- *Εργασίες επάνω στο έρεισμα, χωρίς επιρροή στην παράπλευρη διερχόμενη λωρίδα κυκλοφορίας*
- *Εργασίες επάνω στο έρεισμα, με μικρή επιρροή και στην παράπλευρη διερχόμενη λωρίδα κυκλοφορίας*
- *Εργασίες επάνω σε διερχόμενη λωρίδα κυκλοφορίας*
- *Εργασίες στον ενδιάμεσο χώρο διαιρεμένων οδών*
- *Εργασίες στο πεζοδρόμιο ή στον ποδηλατόδρομο*

Όπως φαίνεται και από την παραπάνω κατηγοριοποίηση, λαμβάνονται υπόψη και περιπτώσεις εργασιών έξω από το κατάστρωμα της οδού. Αυτό οφείλεται στο ότι αν και φαινομενικά δεν υπάρχει μεταβολή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού, μπορεί αυτές οι περιπτώσεις εργασιών να περιορίσουν το περιτύπωμά της, να μειώσουν το μήκος ορατότητας και να αποσπάσουν την προσοχή του οδηγού, ενώ υφίσταται πάντοτε και η ανάγκη προστασίας του προσωπικού από τα πλησίον διερχόμενα οχήματα. Εν γένει, το όριο πέρα από το οποίο δεν απαιτείται η λήψη μέτρων σε αυτές τις περιπτώσεις είναι τα 4,5 m από την οριογραμμή του οδοστρώματος [8].

### 6.2.3 Επιπτώσεις προσωρινών εργασιών στην κυκλοφορία

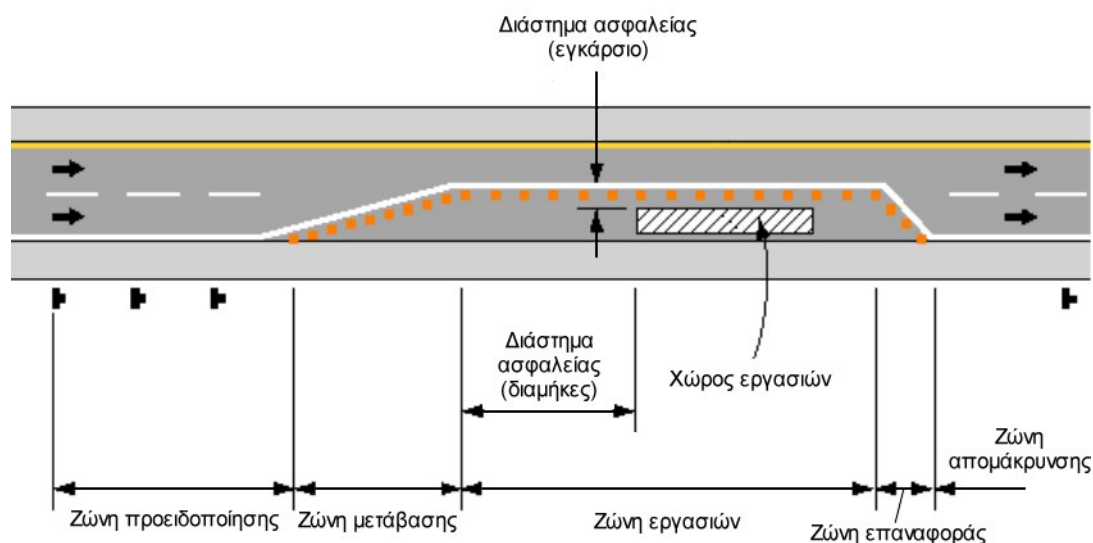
Τα είδη των άμεσων επιπτώσεων στην κυκλοφορία σε περιπτώσεις εκτέλεσης εργασιών επάνω στο οδόστρωμα μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- *Μείωση πλάτους λωρίδων ή ερεισμάτων*
- *Ελάττωση αριθμού λωρίδων*
- *Παράκαμψη:* Μπορεί να είναι είτε παράκαμψη όλης της περιοχής εκτέλεσης εργασιών μέσα από το υφιστάμενο οδικό δίκτυο (detour), είτε κάποια τοπική μετατόπιση της διαδρομής πλησίον της οδού, μέσα από γειτονικές οδούς υπάρχουσες ή διανοιγμένες για αυτό το σκοπό (diversion).
- *Κίνηση μέσα στο αντίθετο ρεύμα (contraflow ή crossover):* Σε αυτές τις περιπτώσεις η κίνηση του ενός από τα δύο ρεύματα διοχετεύεται εν μέρει ή εξολοκλήρου στο κατάστρωμα του αντίθετου, δεσμεύοντας ανάλογο αριθμό λωρίδων.
- *Εναλλασσόμενη κίνηση δύο κατευθύνσεων:* Όταν διατίθεται μόνο μία λωρίδα και για τα δύο ρεύματα, οπότε η διέλευση γίνεται εναλλάξ.
- *Δέσμευση χώρου σε κόμβους*

### 6.2.4 Επιμέρους ζώνες περιοχής εκτέλεσης έργων

Κάθε περιοχή εκτέλεσης έργων μπορεί εν γένει να θεωρηθεί ότι αποτελείται από μία σειρά από επιμέρους ζώνες (βλ. και **Εικόνα 6.1**):

- **Ζώνη προειδοποίησης (advance warning area):** Είναι το διάστημα που προηγείται της περιοχής εκτέλεσης έργων και στο οποίο οι οδηγοί προειδοποιούνται με μία σειρά από σχετικά σήματα για τα επερχόμενα έργα, καθώς και για την οδηγική συμπεριφορά που θα πρέπει να υιοθετήσουν. Για τις συνήθεις περιπτώσεις μπορεί να θεωρηθεί ότι ξεκινάει από το πρώτο προειδοποιητικό σήμα και τερματίζεται στο σημείο που λαμβάνει χώρα η πρώτη μεταβολή στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού.
- **Ζώνη μετάβασης (transition area):** Είναι το διάστημα στο οποίο συμβαίνει η μεταβολή της διατομής της οδού από τη φυσιολογική της μορφή στην αντίστοιχη της περιοχής των εργασιών. Η μεταβολή αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα ή περισσότερα βήματα.
- **Ζώνη εργασιών (activity area):** Είναι το διάστημα παράλληλα στις εργασίες, όπου η οδός έχει αποκτήσει και διατηρεί σταθερά τα νέα προσωρινά της χαρακτηριστικά. Ο χώρος κυκλοφορίας διαχωρίζεται από το χώρο πραγματοποίησης των εργασιών με τα **διαστήματα ασφαλείας (buffer areas)**, διαμήκη και εγκάρσια. Στα διαστήματα αυτά δεν λαμβάνει χώρα καμία εργασία, ούτε αποθήκευση υλικών και εξοπλισμού του εργοταξίου.
- **Ζώνη επαναφοράς (termination area):** Είναι το διάστημα όπου συμβαίνει η επαναφορά της διατομής της οδού στη φυσιολογική της μορφή. Θεωρείται ότι ξεκινάει από το σημείο που αντιστοιχεί στη λήξη των εργασιών και τελειώνει στο σημείο όπου η οδός αποκτάει και πάλι τα αρχικά της χαρακτηριστικά. Το σημείο αυτό αποτελεί την έναρξη της **ζώνης απομάκρυνσης (run-off area)**, όπου τοποθετούνται σήματα λήξης όλων των περιορισμών και η κυκλοφορία ομαλοποιείται.



Εικόνα 6.1: Επιμέρους ζώνες σε περιοχές εκτέλεσης έργων.

### 6.2.5 Γεωμετρικός σχεδιασμός περιοχών εκτέλεσης έργων-Διαμόρφωση λωρίδων παράλληλης εκτροπής (tapers)

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες στην ασφαλή και λειτουργική διαμόρφωση μίας περιοχής εκτέλεσης έργων, καθώς ουσιαστικά καθορίζει την τροχιά και την άνεση του διαδρόμου που καλούνται να ακολουθήσουν τα οχήματα σε αυτό το αβέβαιο διάστημα. Στο γεωμετρικό

σχεδιασμό υπεισέρχονται η διαμόρφωση των λωρίδων παράλληλων εκτροπών, τα διαστήματα ασφαλείας του χώρου εργασίας, ο αριθμός και τα πλάτη των λωρίδων κυκλοφορίας, η εφαρμογή φυσικών μέτρων καθορισμού της οδηγικής συμπεριφοράς, η εξασφάλιση ασφαλούς διέλευσης για τους ενδεχόμενους πεζούς και, γενικά, όλα εκείνα τα στοιχεία που καθορίζουν τη μορφή της οδού σε όλο το μήκος επιρροής των εργασιών. Η πρακτική δείχνει ότι **ο γεωμετρικός σχεδιασμός και ο προσωρινός εξοπλισμός είναι αλληλένδετοι μεταξύ τους στις εν λόγω περιοχές.**

Στις περιοχές εκτέλεσης έργων ίσως η πιο συχνά απαντώμενη ενέργεια που καλείται να πραγματοποιήσει ένας οδηγός είναι η **εγκάρσια εκτροπή**, λόγω παράλληλης μετατόπισης του οδοστρώματος ή λόγω διακοπής και επανέναρξης μίας λωρίδας ή ερείσματος. Οι μετατοπίσεις αυτές (tapers) λαμβάνουν χώρα στις ζώνες μετάβασης ή επαναφοράς, πραγματοποιούνται με τη βοήθεια είτε διαγραμμίσεων, είτε κατάλληλων συσκευών καθοδήγησης, και η κλίση τους ως προς τον άξονα της οδού είναι καθοριστικής σημασίας στο γεωμετρικό σχεδιασμό της περιοχής.

Κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές [8], το ελάχιστο μήκος έκτασης  $L$  των διαγώνιων μετατοπίσεων προκύπτει από τους τύπους:

$$L=W \cdot U^2/150 \text{ για ταχύτητα κίνησης μικρότερη των } 60 \text{ km/h και}$$

$$L=W \cdot U/1,6 \text{ για ταχύτητα κίνησης μεγαλύτερη των } 70 \text{ km/h,}$$

όπου  $W$  το πλάτος της μετατόπισης σε m και  $U$  η ταχύτητα κίνησης σε km/h

Το μήκος αυτό  $L$  χρησιμοποιείται σε διαγώνιους διακοπής λωρίδας κυκλοφορίας, που αποτελούν τη δυσμενέστερη περίπτωση, λόγω συγχώνευσης. Σε διαγώνιους απλής παράλληλης μετατόπισης χρησιμοποιείται το  $0,5 \cdot L$ , σε περιπτώσεις διακοπής του ερείσματος το  $0,33 \cdot L$ , ενώ για επανέναρξη λωρίδας λαμβάνεται  $L=30$  m. Πάντως τονίζεται ότι γενικά πιο επιμήκεις διαγώνιοι δεν είναι απαραίτητα και περισσότερο αποτελεσματικοί, και ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές, καθώς σε αυτές οι οδηγοί τείνουν να αλλάζουν λωρίδα καθυστερημένα.

### 6.3 Προσωρινός εξοπλισμός περιοχών εκτέλεσης έργων

Οι ειδικές συνθήκες που επικρατούν σε ένα οδικό τμήμα όπου εκτελούνται έργα επιβάλλουν αυξημένες ανάγκες προειδοποίησης, καθοδήγησης και ασφάλειας μέσα από την αβέβαιη διαδρομή της περιοχής. Όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, μαζί με το γεωμετρικό σχεδιασμό ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός και η κατάλληλη τοποθέτησή του είναι καθοριστικά στοιχεία στη διαχείριση μίας εν λόγω περιοχής.

Στο πεδίο του προσωρινού εξοπλισμού περιοχών εκτέλεσης έργων ανήκουν τόσο συμβατικά συστήματα που εφαρμόζονται και στα συνήθη οδικά τμήματα, όσο και διάφορες ειδικές διατάξεις, επιβαλλόμενες από τις ειδικές συνθήκες. Γενικά μπορεί να αναφερθεί ότι ο προσωρινός εξοπλισμός έχει τους εξής στόχους:

- **Πληροφόρηση** για τις συνθήκες που θα συναντηθούν και για τις ενδεχόμενες παρακάμψεις που μπορούν να ακολουθηθούν.
- **Προειδοποίηση** για τις επερχόμενες συνθήκες και εμπόδια, όπως στένωση ή μείωση λωρίδων.
- **Καθοδήγηση** της κυκλοφορίας μέσα στην περιοχή επιρροής των εργασιών.
- Επιβολή **κυκλοφοριακών ρυθμίσεων**, όπως όρια ταχύτητας.
- **Προστασία** των χρηστών της οδού, των εργαζομένων και του περιβάλλοντος.









Οι πιο συνήθεις διατάξεις εξοπλισμού περιοχών εκτέλεσης έργων δίνονται στον **Πίνακα 6.1.**

Πίνακας 6.1: Συνήθεις διατάξεις εξοπλισμού περιοχής εκτέλεσης έργων.

| ΕΙΔΟΣ                          | ΕΙΚΟΝΑ  | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ  |
|--------------------------------|---|--|
| Φορητοί φωτεινοί σηματοδότες   |    | Χρησιμοποιούνται για την εναλλάξ ρύθμιση της διέλευσης σε περιπτώσεις που διατίθεται μόνο μία λωρίδα για αμφότερα τα ρεύματα κυκλοφορίας.  |
| Ανακλαστικές οδοστρώματος      |    | Χρησιμοποιούνται συνήθως σαν συνοδευτικό των διαγραμμίσεων, αλλά μπορούν και να τις υποκαταστήσουν πλήρως.   |
| Δείκτες τροχιάς                |    | Πινακίδες που υποδεικνύουν με τη βοήθεια βελών τις αλλαγές στον αριθμό και την τροχιά των λωρίδων.   |
| Διαγραμμίσεις οδοστρώματος     |    | Η εφαρμογή τους μπορεί να κριθεί σκόπιμη όπου η διάρκεια των εργασιών είναι μεγάλη. Συνήθως εφαρμόζονται διαγραμμίσεις κίτρινου χρώματος.  |
| Πινακίδες σήμανσης             |   | Το πιο σύνηθες μέσο σήμανσης στις περιοχές εκτέλεσης έργων. Όπου οι εργασίες διαρκούν άνω του 24ώρου, θα πρέπει να είναι υψηλής αντανάκλαστικότητας, ενώ προτείνεται και να περιβάλλονται από φθορίζον υπόβαθρο.                                       |
| Πινακίδες Μεταβλητών Μηνομάτων |  | Δίνουν πληροφορίες στους οδηγούς σε πραγματικό χρόνο, χωρίς να υποκαθιστούν τη συμβατική σήμανση. Συνήθως χρησιμοποιούνται φορητού τύπου πινακίδες.  |
| Φωτεινά παλλόμενα βέλη         |  | Χρησιμοποιούνται για προειδοποίηση εμποδίων. Η εφαρμογή τους είναι εξαιρετικά αποτελεσματική κατά τη νύχτα ή υπό δυσμενείς συνθήκες ορατότητας.  |
| Φώτα                           |  | Φωτεινές πηγές κίτρινου χρώματος, διαμέτρου 200 mm και άνω. Χρησιμοποιούνται είτε μόνα τους, είτε σε συνδυασμό με άλλες συσκευές, για προειδοποίηση. Όταν τοποθετούνται σε σειρά συσκευών καθοδήγησης συνιστάται να είναι σταθερά και όχι αναλάμποντα. |
| Κινητές γέφυρες                |  | Βασικός τους προορισμός είναι η υπόδειξη του μέγιστου επιτρεπόμενου ύψους για κάθε λωρίδα, αλλά εγκιβωτίζοντας την κυκλοφορία βοηθούν και στη μείωση της ταχύτητας.  |
| Μειωτές ταχύτητας              |  | Εγκάρσια εμπόδια επάνω στο οδόστρωμα, που χρησιμοποιούνται κατά βάση σε αστικές περιοχές με σκοπό τον εξαναγκασμό σε μείωση της ταχύτητας.   |
| Ταινίες                        |  | Χρησιμοποιούνται για οπτική καθοδήγηση και για υπόδειξη των ορίων του χώρου εργασίας.  |

(συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)

(συνέχεια Πίνακα 6.1: Συνήθεις διατάξεις εξοπλισμού περιοχής εκτέλεσης έργων.)

| ΕΙΔΟΣ                                | ΕΙΚΟΝΑ  | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ  |
|--------------------------------------|---|--|
| <i>Δείκτες καθοδήγησης</i>           |    | Από τις βασικότερες διατάξεις καθοδήγησης, τοποθετούνται ανά κατάλληλα διαστήματα στα όρια της διαθέσιμης τροχιάς για να υποδείξουν την πορεία της κίνησης. Ενέχουν και το ρόλο διαχωριστικών αντίθετων ρευμάτων.  |
| <i>Σωλήνες καθοδήγησης</i>           |    | Εφαρμόζονται κυρίως σε αυτοκινητοδρόμους, για διαχωρισμό των ρευμάτων κυκλοφορίας. Μπορούν να φέρουν επάνω τους και δείκτες καθοδήγησης.   |
| <i>Πλαστικά στηθαία</i>              |    | Χρησιμοποιούνται σε αυτοκινητοδρόμους και σε άλλες οδούς με υψηλούς φόρτους για το διαχωρισμό των αντίθετων ρευμάτων και την καθοδήγηση της κυκλοφορίας. Πλεονέκτημά τους η εύκολη μεταφορά και τοποθέτηση, ενώ το βάρος τους αυξάνεται με πλήρωση με άμμο ή νερό. |
| <i>Κινητά εμπόδια</i>                |    | Τοποθετούνται εγκάρσια για να αποκλείσουν τμήματα της διατομής, η χρήση τους, όμως, δεν συνιστάται σε οδούς με υψηλές ταχύτητες.   |
| <i>Κινητά ρυμουλκούμενα σήμανσης</i> |  | Ρυμουλκούμενα οχήματα με σήματα στο πίσω μέρος τους. Πλεονέκτημά τους το μέγεθος της όλης διάταξης σήμανσης, που την καθιστά ορατή από μεγάλη απόσταση.  |
| <i>Κώνοι</i>                         |  | Οι πιο απλοϊκές συσκευές καθοδήγησης, που όμως είναι και αναντικατάστατες σε εργασίες μικρής διάρκειας. Η επανάληψή τους δίνει την εντύπωση συνεχούς γραμμής.  |
| <i>Φράκτες</i>                       |  | Διατάξεις για το διαχωρισμό του χώρου εργασιών από το διάδρομο κίνησης των πεζών. Τα οριζόντια στοιχεία βρίσκονται σε κατάλληλο ύψος, ώστε το άνω να λειτουργεί ως χειρολισθήρας και το κάτω να ανιχνεύεται εύκολα από ραβδί τυφλού.                               |
| <i>Μεταλλικά μετακινητά στηθαία</i>  |  | Διατάξεις ασφαλείας για οδούς με μεγάλους φόρτους. Μεταφέρονται και τοποθετούνται εύκολα, χωρίς να στερεώνονται στο έδαφος, ενώ η συμπεριφορά τους σε σύγκρουση είναι αρκετά αποτελεσματική.   |

Στο πεδίο του εξοπλισμού της οδού σε περιοχές εκτέλεσης έργων μπορούν να συμπεριληφθούν κατά κρίση και άλλες διατάξεις, όπως, για παράδειγμα, οι απορροφητές ενέργειας.

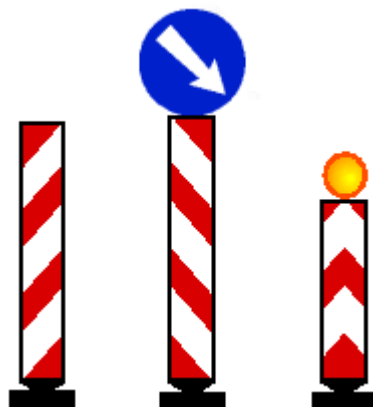
#### 6.4 Συσκευές καθοδήγησης - Δείκτες καθοδήγησης και κώνοι

Είναι πολύ σύνηθες φαινόμενο σε μία περιοχή εκτέλεσης έργων τα όρια των λωρίδων και του οδοστρώματος να είναι λιγότερο ή περισσότερο μετατοπισμένα σε

σχέση με την κανονική κατάσταση λειτουργίας. Οι υπάρχουσες διαγραμμίσεις παύουν να ισχύουν και γεννάται η ανάγκη για εφαρμογή νέων, προσωρινών διατάξεων καθοδήγησης για την οριοθέτηση της νέας χάραξης.

Για την εν λόγω υλοποίηση των ορίων του χώρου κυκλοφορίας, και ιδιαίτερα των λωρίδων εγκάρσιας εκτροπής, μπορούν να εφαρμοστούν πολλές από τις διατάξεις του Πίνακα 6.1, ωστόσο οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες είναι οι **δείκτες καθοδήγησης** και οι **κώννοι**, καθώς προσφέρουν τη δυνατότητα για γρήγορη και εύκολη μεταφορά, τοποθέτηση, μετατόπιση και απομάκρυνση. Ασφαλώς, όπου η διάρκεια των εργασιών σε συνδυασμό με την ταχύτητα και το φόρτο το επιβάλλουν, μπορούν να εφαρμοστούν και μεγαλύτερης βαρύτητας διατάξεις, όπως **διαγραμμίσεις** ή **πλαστικά και μεταλλικά στηθαία**. Το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των στοιχείων είναι η κατά μήκος συνέχειά τους, οπότε προσφέρουν την καλύτερη καθοδήγηση χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα τοποθέτησης. Αντιθέτως, οι κώννοι και οι δείκτες καθοδήγησης είναι σημειακές συσκευές, γεγονός που επιβάλλει μία ιδιαίτερη αντιμετώπιση της επί τόπου εφαρμογής τους.

Οι **δείκτες καθοδήγησης** είναι κατακόρυφα στενόμακρα σήματα με διαγώνιες λωρίδες, η κλίση των οποίων υποδεικνύει το όριο του χώρου κίνησης. Η αποτελεσματικότητα των δεικτών καθοδήγησης έγκειται στο ότι εκτείνονται σε



Εικόνα 6.2: Δείκτες καθοδήγησης.

αρκετό ύψος επάνω από το οδόστρωμα (τουλάχιστον 0,9 m), οπότε η αλληλουχία τους δημιουργεί ένα είδος τείχους μέσα στο οπτικό πεδίο του οδηγού, που υποδεικνύει την επερχόμενη τροχιά της οδού. Για να είναι, όμως, αποτελεσματική αυτή η καθοδήγηση, θα πρέπει να είναι κατάλληλο και το **βήμα επανάλιψης** των συσκευών, καθώς αν είναι αραιά τοποθετημένες υπάρχει κίνδυνος σύγχυσης. Κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές [8] η απόσταση αυτή επανάλιψης (όπως και για όλες τις σημειακές συσκευές καθοδήγησης) σε (m) θα πρέπει να είναι τουλάχιστον:

$S=0,2 \cdot U$  σε διαγώνιες λωρίδες εγκάρσιας μετατόπισης (tapers) και

$S=0,4 \cdot U$  σε κανονικά ευθύγραμμα τμήματα,

όπου  $U$  η ταχύτητα κίνησης σε (km/h)

Για μεγαλύτερη έμφαση της σήμανσης, οι δείκτες καθοδήγησης μπορούν να φέρουν στην κορυφή τους τις χαρακτηριστικές Ρυθμιστικές Πινακίδες αποφυγής εμποδίου, ή φώτα, τα οποία θα πρέπει να είναι σταθερά αναμμένα, και όχι αναλάμποντα, για την αποφυγή σύγχυσης (**Εικόνα 6.2**).

Παρόμοια δυνατότητα καθοδήγησης προσφέρουν και οι **κώννοι**, **Εικόνα 6.3**, οι οποίοι προτιμούνται σε μικρής διάρκειας ή κινητές εργασίες λόγω της απλότητας της εφαρμογής τους. Οι κώννοι κατασκευάζονται από κατάλληλο πλαστικό υλικό, καθώς αρκετά συχνά παρασύρονται από οχήματα, το δε ύψος τους θα πρέπει να είναι

τουλάχιστον 450 mm για εφαρμογές ημέρας σε οδούς χαμηλής ταχύτητας και τουλάχιστον 700 mm για όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις. Σε περίπτωση που απαιτηθεί η παραμονή τους και κατά τις νυχτερινές ώρες, θα πρέπει να προτιμούνται κώνοι που φέρουν λωρίδες από αντανακλαστικό υλικό.



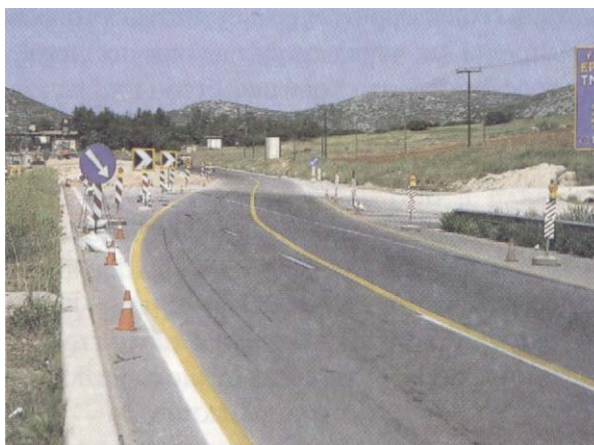
Εικόνα 6.3: Κώνοι καθοδήγησης.

Σχετικά με τις αποστάσεις τοποθέτησης των κώνων ισχύουν οι ίδιες συνθήκες με τους δείκτες καθοδήγησης, ενώ και στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν να διατίθενται φώτα στην κορυφή των κώνων, τα οποία, για να διατηρείται η απλότητα της εγκατάστασης, είναι ενεργειακά αυτόνομα.

## 6.5 Προσωρινές διαγραμμίσεις οδοστρωμάτων

Η εφαρμογή προσωρινών διαγραμμίσεων σε μία περιοχή εκτέλεσης έργων συνήθως δικαιολογείται οικονομικά και πρακτικά μόνο σε σταθερές εργασίες μεγάλης διάρκειας, καθώς απαιτείται τόσο η τοποθέτηση, όσο και η, συνήθως επίπονη, αφαίρεσή τους μετά το πέρας των εργασιών. Διαγραμμίσεις μπορούν να εφαρμοστούν για την υπόδειξη των οριογραμμών του χώρου κυκλοφορίας, για το διαχωρισμό λωρίδων ίδιας ή αντίθετης κατεύθυνσης και για την προειδοποίηση σύμπτυξης λωρίδων, υπό μορφή βελών. Σε συνδυασμό με το ότι οι οδηγοί είναι εξοικειωμένοι με το μέσο αυτό σήμανσης, οι προσωρινές διαγραμμίσεις αποτελούν μία αποτελεσματική διάταξη καθοδήγησης, προειδοποίησης και ρύθμισης της κυκλοφορίας.

Το πιο σύνηθες πρόβλημα στην εφαρμογή των προσωρινών διαγραμμίσεων αποτελεί η ύπαρξη των αντίστοιχων από την κανονική λειτουργία της οδού, οπότε συνιστάται οι νέες διαγραμμίσεις να είναι κίτρινου χρώματος για να διακρίνονται, **Εικόνα 6.4**. Ωστόσο, παρόλη αυτή τη χρωματική διαφοροποίηση, η συνύπαρξη των



Εικόνα 6.4: Προσωρινή διαγράμμιση σε περιοχή εκτέλεσης έργων.

δύο ειδών είναι και πάλι δυνατόν να επιφέρει σύγχυση, ιδιαίτερα σε δυσμενείς συνθήκες ορατότητας και με κακής ποιότητας υλικά. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο κάλυψης ή, ακόμη καλύτερα, αφαίρεσης των υπαρχουσών διαγραμμίσεων, ενώ όπου αυτό δεν είναι δυνατόν, θα πρέπει να εφαρμόζονται οπωσδήποτε συνοδευτικές διατάξεις καθοδήγησης της κυκλοφορίας.

Για την υλοποίηση των προσωρινών διαγραμμίσεων συνιστάται η χρήση βαφών ή κολλητών ταινιών, καθώς η χρήση των θερμοπλαστικών ή ψυχροπλαστικών καθίσταται ασύμφορη λόγω της σχετικά αυξημένης διάρκειας ζωής τους. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, τα υλικά θα πρέπει να είναι αντανακλαστικά και όσο το δυνατόν καλύτερης ποιότητας.

Αναφέρεται ότι οι προσωρινές διαγραμμίσεις μπορούν να συνοδεύονται αποτελεσματικά και από ανακλαστήρες οδοστρώματος, ή σε αρκετές περιπτώσεις και να αντικαθίστανται από αυτούς.

Τέλος, η γεωμετρική διαμόρφωση των προσωρινών διαγραμμίσεων δεν παρουσιάζει διαφορές σε σχέση με τις συνήθεις εφαρμογές, οπότε ισχύουν τα όσα παρατίθενται στο **Κεφάλαιο 2**.

## 6.6 Κάθετη σήμανση περιοχών εκτέλεσης έργων

Η κάθετη σήμανση, ως γνωστό, διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στην ασφάλεια και λειτουργικότητα ενός οποιουδήποτε οδικού τμήματος. Στην περίπτωση των περιοχών εκτέλεσης έργων η σημασία της αυξάνεται ακόμη περισσότερο, δεδομένων των ειδικών απαιτήσεων των περιοχών αυτών, και δεδομένου ότι αποτελεί το βασικότερο κρίκο στην ενημέρωση και καθοδήγηση του οδηγού. Η κάθετη σήμανση αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο των περισσότερων περιοχών εκτέλεσης έργων, ενώ δεν θα πρέπει να νοείται σε καμία περίπτωση η ελλιπής ή ελαττωματική της παρουσία.

Η λειτουργία της σήμανσης σε μία σχετική περιοχή έχει σκοπό την έγκαιρη, έγκυρη και αξιόπιστη *πληροφόρηση, προειδοποίηση και καθοδήγηση*, καθώς και την επιβολή *κυκλοφοριακών ρυθμίσεων* για την εξασφάλιση της ομαλής και ασφαλούς κίνησης των χρηστών της οδού.

### 6.6.1 Σήμανση και γεωμετρική διαμόρφωση περιοχής εργασιών

Συνήθως ο σχεδιασμός της σήμανσης σε μία οδό είναι μία διαδικασία που ακολουθεί χρονικά και λειτουργικά το σχεδιασμό της χάραξης. Με δεδομένη την πλήρη γεωμετρική διαμόρφωση της οδού και του περιβάλλοντός της στο χώρο, μπορεί να πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός της σήμανσης, που προκύπτει από τα στοιχεία της διαμόρφωσης αυτής. Ωστόσο, σε μία περιοχή εκτέλεσης έργων οι ειδικές περιστάσεις μετατρέπουν τη σχέση αυτή μεταξύ σήμανσης και διαμόρφωσης από μονόδρομη σε αμφίδρομη. Η σήμανση δεν έρχεται απλώς να συμπληρώσει τη γεωμετρική διαμόρφωση, αλλά και ο ίδιος ο σχεδιασμός του οδικού περιβάλλοντος μέσα στην εν λόγω περιοχή είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει κάποιους περιορισμούς που επιβάλλονται από αυτήν. Με άλλα λόγια, *η γεωμετρική διαμόρφωση και η σήμανση της περιοχής εκτέλεσης έργων είναι αλληλένδετες μεταξύ τους*.

Αιτία για αυτήν την αμφίδρομη θεώρηση στέκεται η οδική συμπεριφορά του χρήστη που κινείται μέσα στην περιοχή, που καθιστά εν μέρει αδύναμη τη σήμανση να του επιβληθεί. Έχει αποδειχθεί ότι κατά τη διέλευσή τους μέσα από περιοχές

εκτέλεσης έργων, οι οδηγοί κινούνται αυτόβουλα, δίνοντας μικρό βάρος σε κάποια συγκεκριμένα στοιχεία σήμανσης, κάτι που, ωστόσο, τους θέτει σε αντικειμενικούς κινδύνους. Έτσι, η αδυναμία αυτή της σήμανσης υποχρεώνει σε αναθεώρηση τον ίδιο το γεωμετρικό σχεδιασμό της περιοχής. Ειδικότερα, σχετικές μελέτες σε διεθνές επίπεδο [8], [35] καταδεικνύουν ότι, από τη σκοπιά τους, οι οδηγοί θεωρούν πως κινούνται με την απαραίτητη προσοχή, επιλέγουν την κατάλληλη ταχύτητα και αντιδρούν σωστά. Πλην, όμως, στην πραγματικότητα η πλειοψηφία προσεγγίζει την περιοχή εκτέλεσης εργασιών πολύ πιο γρήγορα από ότι αντικειμενικά πρέπει, βάσει των συνθηκών που θα αντιμετωπίσει, και συχνά πολύ ταχύτερα από το επιβαλλόμενο όριο. Επιπλέον, δεν επιβραδύνει, παρά μόνο απότομα σε κάποια άμεση μεταβολή των συνθηκών. Επίσης, μεγάλες μειώσεις στο όριο ταχύτητας (της τάξης των 50 km/h), προκαλούν μεγάλες διακυμάνσεις στις ταχύτητες των οχημάτων, με ορατό τον κίνδυνο ατυχημάτων. Ακόμη, οι οδηγοί είναι ευαίσθητοι και στο ζήτημα της απαγόρευσης προσπεράσματος, που θα πρέπει να αποφεύγεται για μεγάλα διαστήματα, ενώ, τέλος, σε επιμήκη τμήματα υπό καθεστώς εργασιών, με περιοδικά επαναλαμβανόμενες πινακίδες, τείνουν πλέον να παύουν να παρακολουθούν τη σήμανση, με κίνδυνο να αγνοήσουν ενδεχόμενες προειδοποιητικές πινακίδες που θα χρειαστούν πραγματικά.

Όλα αυτά τα στοιχεία επιβάλλεται να λαμβάνονται υπόψη κατά το στάδιο του αρχικού σχεδιασμού της περιοχής εργασιών. Για παράδειγμα, θα πρέπει κατά το δυνατόν να αποφεύγεται η διαμόρφωση της περιοχής κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να χρειάζεται η ελάττωση της ταχύτητας κατά μεγάλα ποσά προκειμένου η διέλευση να γίνεται αντικειμενικά με ασφάλεια. Σε αυτήν την περίπτωση είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν πρόβλημα αρκετοί οδηγοί που μετά την πινακίδα ορίου συνεχίσουν χωρίς επιβράδυνση, μη βλέποντας οι ίδιοι το λόγο να το κάνουν.

### 6.6.2 Βασικές αρχές σήμανσης

Όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, το πεδίο του εξοπλισμού μίας οδού κατά μήκος μίας περιοχής εκτέλεσης έργων δεν επιδέχεται συνταγές ακριβούς εφαρμογής, καθώς κάθε περίπτωση είναι και διαφορετική. Κάτι παρόμοιο ισχύει ειδικότερα και για τη σήμανση, η οποία, πέρα από τις συγκεκριμένες υποδείξεις εφαρμογής που ισχύουν σε κάθε κράτος, στηρίζεται περισσότερο σε ορισμένες βασικές αρχές που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό της. Η προσωρινή σήμανση είναι μία σοβαρή διαδικασία, η οποία απαιτεί πρωτίστως κρίση και εμπειρία.

Εν γένει οι βασικές αρχές της σήμανσης των συνήθων οδών θα πρέπει να ισχύουν και στο πεδίο της αντίστοιχης προσωρινής. Για παράδειγμα, μεταβάσεις σε τμήματα που απαιτούν χαμηλότερες ταχύτητες κίνησης θα πρέπει να είναι επαρκώς σημασμένα, ή όπου η απόσταση ορατότητας δεν είναι δυνατόν να συμβαδίζει με την ταχύτητα λειτουργίας, να υπάρχει κατάλληλη προειδοποιητική σήμανση. Από εκεί και πέρα, μπορούν να αναφερθούν ορισμένες **γενικές αρχές** για την αποτελεσματικότητα της σήμανσης [35]:

- **Ακρίβεια:** Η σήμανση θα πρέπει να συμφωνεί επακριβώς με ο,τι επακολουθεί και να παρακολουθεί την πρόοδο των εργασιών στο χώρο και στο χρόνο. Όλες οι απαραίτητες και κρίσιμες πληροφορίες θα πρέπει να προβάλλονται καθαρά και αξιόπιστα, χωρίς να προκαλείται σύγχυση ή αλληλοσυγκρούσεις μεταξύ των μηνυμάτων, ενώ σήματα που δεν έχουν πλέον εφαρμογή θα πρέπει να απομακρύνονται.

- **Κατάλληλη τοποθέτηση στο χώρο και στο χρόνο:** Η αλληλουχία των σημάτων, τόσο μεταξύ τους, όσο και με τα υπόλοιπα στοιχεία του εξοπλισμού, θα πρέπει να δίνει στον οδηγό επαρκή χρόνο για να επεξεργαστεί τα μηνύματα, να αποφασίσει και να δράσει, ενώ οι αποφάσεις θα πρέπει να λαμβάνονται από μία κάθε φορά. Οι απαιτούμενες αποστάσεις μεταξύ των σημείων αυτών εξαρτώνται από την ταχύτητα λειτουργίας και τον τύπο της οδού, οπότε όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα, τόσο αραιότερη η διάταξη των σημάτων. Επιπλέον, θα πρέπει να δίνεται πληροφόρηση στο χρήστη σε επαρκή χρόνο πριν από τις εργασίες, δείχνοντάς του τι επακολουθεί και για πόσο διάστημα, πληροφόρηση που θα πρέπει και να επαναλαμβάνεται κατά μήκος της περιοχής.
- **Σήμανση αισθητή, αναγνώσιμη και κατανοήσιμη:** Σε συνάρτηση και με τη διαμόρφωση της περιοχής, τα σήματα θα πρέπει να είναι εύκολα ανιχνεύσιμα και αναγνώσιμα, ενώ το περιεχόμενό τους θα πρέπει να γίνεται εύκολα κατανοητό. Πινακίδες σήμανσης με τους συνήθεις συμβολισμούς δεν προκαλούν προβλήματα κατανόησης, σε αντίθεση με το κείμενο, το οποίο χρειάζεται προσοχή στη διαχείρισή του και το οποίο αποκλείει την ανάγνωσή του από τους αλλοδαπούς. Τα στοιχεία αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων.
- **Εξασφάλιση επαγρύπνησης:** Δεδομένου ότι η οδήγηση είναι μία κατά βάση αυτοματοποιημένη διαδικασία, είναι σημαντικό η προσέγγιση στην περιοχή εργασιών να σχεδιαστεί κατάλληλα, ώστε οι οδηγοί να κατανοήσουν την είσοδό τους σε μία περιοχή όπου απαιτείται πιο ενεργή οδήγηση εκ μέρους τους. Κατά συνέπεια, η έναρξη και το πέρας της περιοχής εκτέλεσης έργων θα πρέπει να σημαίνονται κατάλληλα.
- **Σωστή ποσότητα:** Εκτός από την «ποιότητα» της σήμανσης, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η ποσότητα. Υπερβολικό πλήθος πινακίδων εξασφαλίζει ότι κάποιες από αυτές δεν θα διαβαστούν και ότι η προσοχή του οδηγού θα είναι αποσπασματική ή θα εκλείψει εντελώς από κάποιο σημείο και έπειτα. Βασική αρχή είναι πως θα πρέπει να εφαρμόζονται όσο λιγότερα σήματα είναι δυνατόν, αλλά και όσα χρειάζονται.

Πέρα από αυτές τις γενικές απαιτήσεις της προσωρινής σήμανσης, μπορούν να διατυπωθούν και ορισμένες **ειδικές αρχές**:

- Η διάκριση των τύπων των προσωρινών πινακίδων είναι, για λόγους συμβατότητας, η ίδια με τις αντίστοιχες συνήθειες, ήτοι Αναγγελίας Κινδύνου, Ρυθμιστικές, Πληροφοριακές και Πρόσθετες.
- Όπως και για τις διαγραμμίσεις, προτείνεται πανευρωπαϊκά η χρήση του κίτρινου χρώματος ως υπόβαθρο για τις πινακίδες σήμανσης περιοχών εκτέλεσης έργων. Ανάλογα με την τοπική πρακτική κάθε κράτους μπορεί να είναι κίτρινο είτε το εσωτερικό υπόβαθρο της πινακίδας, είτε το τετραγωνικό περίβλημά της.
- Για τις αυξημένες ανάγκες της προσωρινής σήμανσης απαιτούνται υλικά υψηλότερης ποιότητας, και προπαντός σε δυσχερείς περιπτώσεις όπως δυσμενείς καιρικές συνθήκες, διαβάσεις πεζών, σχολικές ζώνες. Εάν τα σήματα παραμείνουν και νύχτα, οι πινακίδες θα πρέπει να είναι οπωσδήποτε υψηλής αντανάκλαστικότητας ή φθορίζουσες. Εκτός αυτού, θα πρέπει να διασφαλίζεται και η επαρκή τους συντήρηση.
- Θα πρέπει να διασφαλίζεται ένα ελάχιστο επίπεδο σήμανσης σε κάθε περιοχή εκτέλεσης έργων. Η ελάχιστη σήμανση αποτελείται από τα σήματα που

ενημερώνουν για την *ύπαρξη των έργων*, από τα ενδεχόμενα *όρια ταχύτητας* και από τα *σήματα* που υποδεικνύουν το *είδος της παραλλαγής στην τροχιά* που θα ακολουθήσει ο οδηγός.

- Η σήμανση θα πρέπει να είναι πάντα συμβατή με την επιδιωκόμενη καθοδήγηση και σύμφωνη με τις τοπικές συνθήκες. Ανεπίκαιρα σήματα θα πρέπει να απομακρύνονται, να καλύπτονται ή να μετακινούνται, εξασφαλίζοντας την ακρίβεια των υποδείξεων.
- Όλα τα σήματα θα πρέπει να είναι σαφώς ορατά, χωρίς η λειτουργία τους να παρεμποδίζεται από τοποθέτηση σε θέσεις όπως καμπύλες ή κόμβοι, ενώ το περιεχόμενό τους δεν θα πρέπει να έρχεται σε σύγκρουση με το αντίστοιχο άλλων σημάτων ή διατάξεων. Οι αρχές αυτές έχουν μεγάλη σημασία, ιδιαίτερα για το πρώτο σήμα προειδοποίησης.
- Εν γένει τα σήματα τοποθετούνται στη δεξιά πλευρά της οδού. Σε διαχωρισμένες οδούς είναι σκόπιμο να τοποθετούνται σε ζεύγη δεξιά και στη νησίδα, τουλάχιστον σε περιπτώσεις εργασιών μεγάλης διάρκειας.
- Σε περιπτώσεις όπου η κυκλοφορία παρακάμπτει, ή προτείνεται να παρακάμπσει, την περιοχή εργασιών μέσω του λοιπού οδικού δικτύου, η παρακαμπτήρια διαδρομή θα πρέπει να είναι σημασμένη με πληροφοριακές πινακίδες σε όλο της το μήκος, για να μην έχει ο οδηγός αμφιβολίες σχετικά με τη θέση του και για να επιστρέψει εύκολα στην αρχική οδό.

Στην Υποπαράγραφο 6.6.1 έγινε αναφορά και σχετικά με τα επιβαλλόμενα **όρια ταχύτητας** και το πώς συμπεριφέρεται ο οδηγός κινούμενος μέσα σε μία περιοχή εκτέλεσης εργασιών. Όπως αναπτύχθηκε, οι οδηγοί συνηθίζουν να κινούνται ενδεχομένως γρηγορότερα από ο,τι πρέπει και επιβραδύνουν μόνο όταν διακρίνουν μία σαφή αιτία για αυτό. Από την άλλη, υπάρχουν επαρκείς λόγοι που επιβάλλουν ούτως ή άλλως επιβολή χαμηλότερων ορίων ταχύτητας, που έχουν να κάνουν με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χώρου κυκλοφορίας, την προστασία των εργαζομένων και την αποφυγή νωτομετωπικών συγκρούσεων σε περίπτωση δημιουργίας ουράς. Κατά συνέπεια, αν και τα διάφορα κράτη έχουν θεσπίσει προκαθορισμένα όρια ταχύτητας για τις περιοχές εργασιών, τα όρια αυτά που επιβάλλονται θα πρέπει να είναι ρεαλιστικά και δικαιολογημένα, για την αποφυγή ή περιορισμό των αρνητικών προεκτάσεων. Κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές [8] θα πρέπει να αποφεύγεται κατά το δυνατόν η μείωση του ορίου παραπάνω από 20 km/h, ενώ μία διεθνώς παραδεκτή πρακτική σε περίπτωση που απαιτούνται μειώσεις μεγαλύτερες από το ποσό αυτό είναι η σταδιακή μείωση σε βήματα των 20 km/h.

### 6.6.3 Διαγράμματα εφαρμογής προσωρινής σήμανσης

Η εμπειρία από τη διαχείριση περιοχών εκτέλεσης έργων, σε συνδυασμό με τις βασικές αρχές της προηγούμενης Υποπαραγράφου, έχουν οδηγήσει πολλά κράτη στη σύνταξη αναλυτικότερων οδηγιών σήμανσης και διαμόρφωσης των περιοχών εκτέλεσης έργων, προς την πλευρά της τυποποίησης. Οι οδηγίες αυτές δίνονται υπό μορφή διαγραμμάτων και υποδεικνύουν τη διάταξη των βασικών στοιχείων σήμανσης και καθοδήγησης. Μία προτεινόμενη σειρά σχετικών διαγραμμάτων παρατίθεται στο **Παράρτημα Β'** του παρόντος.

Τονίζεται ότι τα εν λόγω διαγράμματα καλύπτουν τις βασικές απαιτήσεις των συνήθων περιπτώσεων, ωστόσο δεν θα πρέπει να εφαρμόζονται τυφλά. Επαναλαμβάνεται ότι η σήμανση μίας περιοχής εκτέλεσης έργων είναι μία σοβαρή, ευαίσθητη και πολυσύνθετη διαδικασία, η οποία απαιτεί πρωτίστως κρίση και εμπειρία.

#### 6.6.4 Είδη, υλικά και εγκάρσια τοποθέτηση πινακίδων σήμανσης

Οι πινακίδες προσωρινής σήμανσης μπορεί να είναι **είτε σταθερής τοποθέτησης**, είτε **φορητές**. Η επιλογή μεταξύ των δύο τύπων εξαρτάται από το είδος, τη διάρκεια και την πρόοδο των εργασιών. Πάντως, σε περίπτωση εφαρμογής φορητών πινακίδων θα πρέπει να εξασφαλίζεται η ευστάθεια έναντι ανέμου, καθώς ενδεχόμενη πτώση επάνω σε διερχόμενο όχημα ή στο οδόστρωμα μπορεί να έχει δυσάρεστες συνέπειες.

Γενικά, για λόγους τυποποίησης οι πινακίδες προσωρινής σήμανσης διακρίνονται στις ίδιες **κατηγορίες** με τις συνήθεις, δηλαδή σε πινακίδες Αναγγελίας Κινδύνου, Ρυθμιστικές, Πληροφοριακές και Πρόσθετες, ενώ στην πλειοψηφία τους έχουν και την ίδια μορφή. Πάντως, οι αυξημένες απαιτήσεις της εργοταξιακής σήμανσης επιβάλλουν αρκετές φορές και τη χρήση ειδικών σημάτων.

Όσον αφορά στα **μεγέθη** των πινακίδων, αυτά εν γένει δεν διαφέρουν από τις συνήθεις κατηγορίες που παρατίθενται στην **Παράγραφο 3.3**, αλλά προτείνεται η χρήση κατά το δυνατόν μεγαλύτερου μεγέθους, για προσέλκυση της προσοχής του οδηγού, ορατότητα από μεγαλύτερη απόσταση και σαφήνεια του μηνύματος.

Τα **υλικά** των πινακίδων θα πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας, καθώς η σήμανση των περιοχών εκτέλεσης έργων είναι πολλές φορές κρίσιμης σημασίας για την ασφάλεια των χρηστών και των εργαζομένων. Πινακίδες ξεθωριασμένες ή κατεστραμμένες θα πρέπει να μην τοποθετούνται ή να αντικαθίστανται. Όποτε προβλέπεται η παραμονή της σήμανσης για τουλάχιστον μία νύχτα, οι πινακίδες θα πρέπει να είναι υψηλής αντανakλαστικότητας, ή και φθορίζουσες. Προτείνεται η εφαρμογή Τύπου αντανakλαστικότητας μίας κλάσης ανώτερης από ότι οι λοιπές πινακίδες της οδού, για σαφή διαφοροποίηση.

Τέλος, όσον αφορά στην **εγκάρσια τοποθέτηση** ως προς το οδόστρωμα, κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές [8] ισχύουν τα εξής:

- Σε υπεραστικές οδούς το άκρο της πινακίδας θα πρέπει να απέχει 1,8-3,7 m από την οριογραμμή του οδοστρώματος, ενώ το ελεύθερο ύψος της θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 m από το επίπεδο του οδοστρώματος, με προτεινόμενο τουλάχιστον 2,1 m.
- Σε αστικές οδούς το άκρο της πινακίδας θα πρέπει να απέχει από την ακμή του πεζοδρομίου τουλάχιστον 0,6 m, με ελεύθερο ύψος τουλάχιστον 2,1 m από αυτό, ενώ θα πρέπει και να μην παρεμποδίζεται η κίνηση των πεζών ή ποδηλατών.

Βέβαια, λόγω των χωρικών περιορισμών που επιβάλλουν πολλές φορές οι εργασίες, είναι δυνατόν να μην μπορούν να τηρηθούν τα ως άνω όρια. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι πινακίδες μπορούν να τοποθετηθούν και πλησιέστερα στο οδόστρωμα, οι δε φορητές ακόμη και επάνω σε αυτό, αλλά θα πρέπει να υπάρχουν οι σχετικές προειδοποιήσεις λόγω των γεωμετρικών περιορισμών στο χώρο κυκλοφορίας.

#### 6.6.5 Κατακόρυφη σήμανση με φορητές πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων

Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (VMS) παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της ικανότητας απεικόνισης μίας ευρείας ποικιλίας μηνυμάτων. Στις περιπτώσεις περιοχών εκτέλεσης έργων συνήθως εφαρμόζονται φορητές διατάξεις των εν λόγω συσκευών (PVMS), λόγω της ικανότητας μεταφοράς και εύκολης τοποθέτησης. Οι φορητές αυτές πινακίδες μπορεί να είναι είτε λυόμενες διατάξεις που



**Εικόνα 6.5:** Φορητή πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων σε ρυμουλκούμενο όχημα.

συναρμολογούνται επιτόπου, είτε πινακίδες απευθείας επάνω σε ρυμουλκούμενα, **Εικόνα 6.5.**

Αν και οι δυνατότητες απεικόνισης των φορητών πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων περιορίζονται συνήθως μόνο σε κείμενο, η εφαρμογή τους μπορεί να αποδειχθεί αρκετά λειτουργική, καθώς μπορούν να μεταδώσουν στους οδηγούς πληροφορίες σχετικά με το είδος των εμποδίων που πρόκειται να συναντήσουν, προειδοποιήσεις σχετικά με ατυχήματα ή έκτακτες καταστάσεις μέσα στην περιοχή εργασιών, ενημέρωση για την ύπαρξη εναλλακτικών παρακαμπτηρίων διαδρομών, πληροφόρηση για τον προγραμματισμό των εργασιών. Επίσης, με οθόνες κατάλληλης μορφής μπορούν να επιβληθούν μεταβλητά όρια ταχύτητας, ενώ πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων μπορούν να φέρονται και από υπηρεσιακά οχήματα, **Εικόνα 6.6.**



**Εικόνα 6.6:** Πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων σε υπηρεσιακό όχημα.

Πάντως, θα πρέπει να τονιστεί ότι *σε καμία απολύτως περίπτωση δεν επιτρέπεται η αντικατάσταση στοιχείων σταθερής σήμανσης από ενδείξεις πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων*. Η μεταβλητή σήμανση λειτουργεί απλώς συμπληρωματικά.

Οι βασικές αρχές που διέπουν την εφαρμογή και διαχείριση των φορητών πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων είναι οι ίδιες με τις αντίστοιχες των σταθερών, και

παρουσιάστηκαν εκτενώς στο **Κεφάλαιο 4**. Αναφέρεται συνοπτικά ότι οι φορητές πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων θα πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον 300 m πριν από το σημείο έναρξης των εργασιών, θα πρέπει να γίνονται έγκαιρα αντιληπτές και αναγνώσιμες, η θέση τους να λαμβάνει υπόψη τη χάραξη της οδού, και να μην έρχονται σε διένεξη με τη λοιπή σήμανση. Επιπλέον, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στο σχεδιασμό των απεικονιζόμενων μηνυμάτων. Για περισσότερα στοιχεία ο αναγνώστης παραπέμπεται στο σχετικό Κεφάλαιο του παρόντος.

Τέλος, δεδομένου ότι στις φορητές πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων ενδιαφέρει πρωτίστως η ευελιξία της εγκατάστασης, τα συστήματα είναι ενεργειακά αυτόνομα. Η τροφοδοσία πραγματοποιείται με γεννήτριες και συσσωρευτές, ενώ συναντώνται και ηλιακοί συλλέκτες, όπως στην περίπτωση της **Εικόνας 6.5**. Παρόμοια απεξάρτηση από τις καλωδιώσεις απαιτείται και στο πεδίο της επικοινωνίας, οπότε για τον ενδεχόμενο χειρισμό του σήματος από απόσταση αξιοποιούνται ασύρματες ή κυψελικές γραμμές.

## 6.7 Προσωρινή σηματοδότηση περιοχών εκτέλεσης έργων

Δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις όπου σε κάποια περιοχή εκτέλεσης έργων συμβαίνει να διατίθεται μία μόνο λωρίδα για την κίνηση αμφοτέρων των ρευμάτων κυκλοφορίας, με απλό παράδειγμα την ασφαλτόστρωση σε μία συνήθη οδό, η οποία πραγματοποιείται κατά λωρίδα. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται η κατάλληλη ρύθμιση της προτεραιότητας, ώστε η εναλλασσόμενη διέλευση να διεξάγεται με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

Σε περιπτώσεις που οι κυκλοφοριακοί φόρτοι, το μήκος του τμήματος στένωσης και η διάρκεια εργασιών το επιτρέπουν, συνηθισμένες πρακτικές αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η χρήση της σήμανσης σταθερής προτεραιότητας του ενός ρεύματος ή η σηματοδότηση από κατάλληλο προσωπικό. Σε περιπτώσεις, όμως, που δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστούν οι τεχνικές αυτές, τη μόνη λύση αποτελεί η χρήση *φορητών φωτεινών σηματοδοτών*.



**Εικόνα 6.7:** Φορητή εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης.

Μία φορητή εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης αποτελείται από τους δύο φωτεινούς σηματοδότες με τις διατάξεις στήριξής τους, και τη μονάδα τροφοδοσίας και ελέγχου, επάνω σε ρυμουλκούμενο όχημα, **Εικόνα 6.7**. Η εγκατάσταση είναι συνήθως ενεργειακά αυτόνομη, διαθέτοντας επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές και γεννήτρια. Οι κεφαλές σηματοδότησης συνδέονται με την κεντρική μονάδα με τη βοήθεια καλωδίωσης.

Η σηματορρύθμιση των φορητών σηματοδοτών σε τμήματα με μία διαθέσιμη λωρίδα είναι δυνατόν να πραγματοποιείται με τρεις διαφορετικές μεθόδους:

- **Χειροκίνητα:** Κατά τη μέθοδο αυτή, όπως είναι εύκολα κατανοητό, την ανά πάσα στιγμή ρύθμιση των ενδείξεων πραγματοποιεί χειριστής. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται μόνο περιστασιακά, για την ανακούφιση από καθυστερήσεις και σχηματισμό ουρών, ιδιαίτερα όταν στην εγγύς περιοχή υπάρχουν κόμβοι ή σιδηροδρομικές διαβάσεις.
- **Με προγράμματα σταθερού χρόνου (fixed time):** Στη μέθοδο αυτή εφαρμόζονται, όπως είναι γνωστό, έτοιμα προγράμματα σηματοδότησης σταθερού χρόνου. Καθώς η εν λόγω μέθοδος είναι τελείως ανελαστική στο χρονισμό της, αρκετά συχνά συνοδεύεται και από συμφορήσεις.
- **Με επενέργεια από την κυκλοφορία:** Η μέθοδος αυτή, που απαιτεί και τους κατάλληλους ανιχνευτές, είναι η πιο αποτελεσματική στη διαχείριση της σηματορρύθμισης βάσει των φόρτων που προσεγγίζουν την περιοχή από τις δύο κατευθύνσεις, και σαφώς προτείνεται η εφαρμογή της σε κάθε περίπτωση.

Το βασικό χαρακτηριστικό της σηματοδότησης σε μία περιοχή με μία διαθέσιμη λωρίδα είναι το γεγονός ότι μετά από κάθε διακοπή κάποιας από τις δύο κινήσεις είναι απαραίτητο ένα χρονικό διάστημα καθολικής κόκκινης ένδειξης, ώστε να προλαβαίνει να εκκενώνεται ο χώρος κίνησης πριν από την πράσινη ένδειξη του αντίθετου ρεύματος. Έτσι, αν το τμήμα της στένωσης έχει μεγάλο μήκος, υπάρχει κίνδυνος να απαιτούνται εκτεταμένοι απολυμένοι χρόνοι καθολικής κόκκινης ένδειξης, που μειώνουν τη χρηστικότητα της σηματοδότησης. **Για το λόγο αυτό, προτείνεται το μήκος του τμήματος στένωσης να περιορίζεται κατά μέγιστο στα 300 m, κάτι που θα πρέπει ασφαλώς να λαμβάνεται υπόψη και στο στάδιο γεωμετρικού σχεδιασμού της ίδιας της περιοχής εκτέλεσης έργων.** Στον Πίνακα 6.2 παρατίθενται προτεινόμενοι χρόνοι της καθολικής κόκκινης ένδειξης, συναρτήσει της απόστασης μεταξύ των δύο σηματοδοτών.

**Πίνακας 6.2:** Προτεινόμενοι χρόνοι καθολικής κόκκινης ένδειξης, συναρτήσει της απόστασης μεταξύ των δύο σηματοδοτών.

|                                 |      |        |         |         |         |         |
|---------------------------------|------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Απόσταση μεταξύ σηματοδοτών (m) | 0-50 | 50-100 | 100-150 | 150-200 | 200-250 | 250-300 |
| Καθολική κόκκινη ένδειξη (sec)  | 5    | 10     | 15      | 20      | 25      | 30      |

## ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΟΔΩΝ

### 7.1 Εισαγωγή - Πεδίο εφαρμογής

Η οδήγηση κατά τις νυκτερινές ώρες είναι μία από τις δυσκολότερες συνθήκες στις οποίες καλείται να ανταπεξέλθει ένας οδηγός. Το περιορισμένο βάθος ορατότητας, η ανικανότητα διάκρισης του περιβάλλοντος χώρου, η φτωχή αντίθεση του φωτιζόμενου τμήματος, η δυσκολία διάκρισης της οριζόντιας και κατακόρυφης σήμανσης, η θάμβωση και η συνεχής εναλλαγή των φανών του οχήματος, είναι μερικές μόνο από τις καταστάσεις που καθορίζουν το πρόβλημα της νυκτερινής οδήγησης.

Για την αντιμετώπιση του εν λόγω προβλήματος επιστρατεύεται ο τεχνητός ηλεκτροφωτισμός, η συμβολή του οποίου στην αναβάθμιση της οδικής ασφάλειας είναι δεδομένη και αποδεδειγμένη από συνεχείς στατιστικές έρευνες και δεν πρόκειται να παρουσιαστεί στο παρόν Κεφάλαιο. Έτσι, ο σωστός φωτισμός εξασφαλίζει ένα επιθυμητό επίπεδο ορατότητας που επιτρέπει στους χρήστες της οδού να διακρίνουν έγκαιρα, με καθαρότητα και σαφήνεια όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες για την ασφαλή τους κίνηση, και κυρίως την τροχιά και το περιβάλλον της οδού, τα εμπόδια στο δρόμο και την κίνηση που βρίσκεται επάνω στην οδό, ή που προτίθεται να εισέλθει σε αυτήν. Επίσης, ο φωτισμός βρίσκει εφαρμογή και κατά τη διάρκεια της ημέρας, στην περίπτωση των σηράγγων, ενώ, τέλος, δευτερευόντως διευκολύνει την κίνηση των πεζών και την ανάπτυξη εμπορικών δραστηριοτήτων παρά την οδό, σε αστικό περιβάλλον.

Μία εγκατάσταση φωτισμού πρέπει να παρέχει στον οδηγό τη δυνατότητα να καθορίζει:

- την κατάσταση της οδού στο τμήμα που πρόκειται να διανύσει στα επόμενα 5 έως 10 sec
- τη θέση του οχήματός του και την κίνησή του στο εν λόγω τμήμα
- την αντίστοιχη θέση και κίνηση των λοιπών οχημάτων
- την ύπαρξη τυχόν εμποδίων επάνω στο οδόστρωμα
- τη σήμανση της οδού, κάθετη και οριζόντια

Πρέπει να σημειωθεί ότι αν και σε κάθε περίπτωση ο φωτισμός είναι επιθυμητός, σπανίως δικαιολογείται οικονομικά σε τμήματα υπεραστικών οδών, πλην αυτών με μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους. Έτσι, περιορίζεται σε συγκεκριμένα κρίσιμα σημεία, για τα οποία οι έρευνες δείχνουν σαφή βελτίωση της οδικής ασφάλειας με την εφαρμογή του, ή σε διάφορες άλλες περιπτώσεις που είναι ευνόητα απαραίτητος. Τα σημεία αυτά είναι:

- *Οδοί με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο ( $EMHK > 30.000$  ΜΕΑ/ημ.)*
- *Σημεία οδών με έντονες αλλαγές χάραξης ή με φτωχά γεωμετρικά χαρακτηριστικά*
- *Κόμβοι με αξιόλογη κίνηση ή με διαρρύθμιση, καθώς και κυκλικοί κόμβοι*

- *Ανισόπεδοι κόμβοι αυτοκινητοδρόμων*
- *Μακρές γέφυρες*
- *Σήραγγες και υπόγεια τμήματα*
- *Περιοχές στάθμευσης και εξυπηρέτησης αυτοκινητιστών*
- *Σταθμοί διόδων*
- *Αστικές οδοί με αξιόλογη κίνηση ή παράπλευρη εμπορική δραστηριότητα*
- *Επικίνδυνες κατασκευές, όπως μεσόβαθρα και στενές γέφυρες*
- *Πινακίδες σήμανσης*
- *Τμήματα με αξιόλογη κυκλοφορία πεζών*
- *Γενικώς, σημεία στα οποία απαιτείται η τεταμένη προσοχή του οδηγού, όπως θέσεις μετατροπής οδών ταχείας κυκλοφορίας σε συμβατικές οδούς ή σημεία συχνής διάσχισης πεζών έξω από πόλεις*

Ακριβείς προϋποθέσεις για την εφαρμογή φωτισμού σε κάθε περίπτωση μπορούν να βρεθούν σε πλήθος κανονισμών και προδιαγραφών φωτισμού.

Αυτό που θα πρέπει να καταστεί σαφές είναι πως σε κάθε περίπτωση απαιτείται η σοβαρή αντιμετώπιση του προβλήματος του φωτισμού. Κακώς σχεδιασμένος φωτισμός μπορεί να έχει τα αντίθετα από τα επιθυμητά αποτελέσματα, δυσχεραίνοντας την ορατότητα του οδηγού, ή και προκαλώντας τη θάμβωσή του.

## 7.2 Ορολογία φωτομετρικών στοιχείων

Αν και σκοπός του παρόντος Κεφαλαίου δεν είναι η εκτεταμένη ανάλυση των φωτομετρικών χαρακτηριστικών του οδικού φωτισμού, ούτε η εμβάθυνση στις μεθόδους υπολογισμού του, στις επόμενες Παραγράφους θα παρουσιαστούν κάποια σχετικά στοιχεία, οπότε κρίνεται σκόπιμο να δοθούν μερικοί βασικοί ορισμοί χαρακτηριστικών φωτομετρικών στοιχείων. Έτσι, μερικά μεγέθη έχουν ως ακολούθως:

- **Φωτεινή Ένταση (Luminous Intensity,  $I$ ):** Είναι η φωτεινή ροή ανά μονάδα στερεάς γωνίας, από μία δεδομένη πηγή σε μία δεδομένη κατεύθυνση. Περιγράφει τη δύναμη μίας πηγής να παρέχει φως (δύναμη κεριού) προς κάθε κατεύθυνση, ενώ υπάρχει και η μέση ένταση προς ένα σύνολο κατευθύνσεων. Η μονάδα μέτρησης είναι το **candela (cd)**, όπου  $1 \text{ cd} = 1 \text{ lumen/steradian}$ .
- **Φωτεινή Ροή (Luminous Flux):** Είναι η ακτινοβολούμενη ενέργεια (φως) που εκπέμπεται από μία φωτεινή πηγή ή λαμβάνεται από μία επιφάνεια, ασχέτως των διευθύνσεων κατά τις οποίες αυτό κατανέμεται. Η μονάδα μέτρησης είναι το **lumen (lm)**, το οποίο ορίζεται ως η ροή που εκπέμπεται μέσω στερεάς γωνίας 1 steradian από μία σημειακή πηγή ομοιόμορφης φωτεινής έντασης 1 cd.
- **Φωτισμός ή Ισχύς Φωτισμού (Illuminance,  $E$ ):** Ορίζεται ως η πυκνότητα της φωτεινής ροής, δηλαδή η φωτεινή ροή ανά μονάδα επιφάνειας. Η μονάδα μέτρησης είναι το **lux (lx)**, όπου  $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$ . Είναι το μέτρο της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο οδόστρωμα.
- **Λαμπρότητα (Luminance,  $L$ ):** Ορίζεται ως το πηλίκο  $L=I/S$ , όπου  $I$  η ένταση της φωτεινής πηγής και  $S$  η επιφάνειά της. Είναι η φωτεινή ένταση που ανακλάται από μία μοναδιαία επιφάνεια σε μία καθορισμένη διεύθυνση. Η μονάδα μέτρησης είναι το **cd/m<sup>2</sup>**. Ουσιαστικά η λαμπρότητα θεωρείται το αντικειμενικό μέτρο και το πιο σημαντικό κριτήριο για τον οδικό φωτισμό,

καθώς περιγράφει την κατάσταση ενός φωτιζόμενου οδοστρώματος εξετάζοντας την ακτινοβολία που προέρχεται από ανάκλαση στο οδόστρωμα και κατευθύνεται προς το μάτι του οδηγού, καθιστώντας το οδόστρωμα ορατό.

- **Ομοιομορφία Λαμπρότητας (Uniformity, U):** Για να είναι ένα αντικείμενο ορατό επάνω στο οδόστρωμα, πρέπει η κατανομή της λαμπρότητας στο οδόστρωμα να είναι ομοιόμορφη. Η ομοιομορφία εκφράζεται είτε για διεύθυνση κάθετη στη διεύθυνση του παρατηρητή (εγκάρσια ομοιομορφία), είτε για την ίδια τη διεύθυνση του παρατηρητή (διαμήκης ομοιομορφία) και εκφράζεται ως λόγος μεταξύ των  $L_{min}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_{av}$ , ελάχιστης, μέγιστης και μέσης, αντίστοιχα, λαμπρότητας στο σύνολο του οδοστρώματος.
- **Αντίθεση Λαμπρότητας (Contrast, C):** Η αναγνώριση των αντικειμένων βασίζεται στη διαφορά λαμπρότητας μεταξύ αυτών και του περιβάλλοντός τους. Αυτή η διαφορά λαμπρότητας αποτελεί την Αντίθεση Λαμπρότητας και δίδεται από την εξίσωση  $C=(L_o-L_b)/L_b$ , όπου  $L_o$  η λαμπρότητα του αντικειμένου και  $L_b$  η λαμπρότητα του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο γίνεται αυτό ορατό. Η τιμή της αντίθεσης κυμαίνεται από  $-1$  έως  $+\infty$ . Στις θετικές τιμές το αντικείμενο εμφανίζεται σαν φωτεινή εικόνα μέσα σε σκοτεινό περιβάλλον, ενώ συνήθως ο οδηγός αναγνωρίζει ένα αντικείμενο σαν σκοτεινή φιγούρα μέσα στο φωτεινό περιβάλλον της επιφάνειας του οδοστρώματος, δηλαδή η αντίθεση λαμβάνει αρνητικές τιμές.
- **Φωτεινότητα (Luminosity):** Είναι η οπτική αίσθηση που υποδεικνύει ότι μία περιοχή φαίνεται ότι εκπέμπει περισσότερο ή λιγότερο φως.
- **Ακτινοβολία (Beam):** Είναι το τμήμα της φωτεινής ροής που εκπέμπεται από μία πηγή φωτός, όταν αυτή περιέχεται σε μία στερεά γωνία. Η στερεά γωνία εκτείνεται ως το λειτουργικό κέντρο του φωτός της πηγής, συμπεριλαμβανομένης της μέγιστης έντασης.
- **Φωτεινή Απόδοση:** Ορίζεται ως ο λόγος της συνολικής φωτεινής ροής που εκπέμπεται από ένα ηλεκτρικό φωτιστικό σώμα, προς τη συνολική ηλεκτρική ισχύ της πηγής. Μονάδα μέτρησης είναι το **lumen/Watt**.
- **Συντελεστής Χρησιμοποίησης:** Είναι το ποσοστό της φωτεινής ροής ενός φωτιστικού σώματος που χρησιμοποιείται για το φωτισμό του οδοστρώματος.
- **Συντελεστής Συντήρησης:** Είναι ο λόγος της τρέχουσας φωτεινής απόδοσης σε lumens του συστήματος φωτισμού προς την αντίστοιχη αρχική, μετά από απώλεια φωτός από διάφορους παράγοντες, όπως η συσσώρευση σκόνης, η βλάβη κάποιων λαμπτήρων, η ρύπανση των τοιχωμάτων της σήραγγας κλπ.
- **Στάθμη Φωτισμού:** Είναι η φωτεινή ροή που δέχεται το οδόστρωμα ανά μονάδα επιφάνειάς του.
- **Θάμβωση:** Θάμβωση δημιουργείται όταν οι συνθήκες ορατότητας είναι τέτοιες ώστε να προκαλείται ενόχληση και μείωση της ικανότητας του παρατηρητή να διακρίνει αντικείμενα, εξαιτίας ακατάλληλης κατανομής της λαμπρότητας ή εξαιτίας υπερβολικών αντιθέσεων. Ένα από τα είδη θάμβωσης είναι η «φυσιολογική» θάμβωση, που προκαλείται από τη δημιουργία ενός ομοιόμορφου πέπλου φωτός στο οπτικό πεδίο, μειώνοντας την αντίθεση μεταξύ αντικειμένου και περιβάλλοντος. Δείκτης της εν λόγω μορφής θάμβωσης είναι το ποσοστό κατά το οποίο πρέπει να αυξηθεί η λαμπρότητα του περιβάλλοντος για να αποκατασταθεί η ορατότητα του αντικειμένου (Threshold Increment, TI).

### 7.3 Απαιτήσεις σε φωτομετρικά χαρακτηριστικά

Για το σωστό φωτισμό ενός οδικού σημείου απαιτείται να πληρούνται σε αυτό ορισμένες μέγιστες και ελάχιστες τιμές φωτομετρικών στοιχείων του εφαρμοζόμενου φωτισμού. Διάφοροι κανονισμοί δίνουν πίνακες με τα απαιτούμενα αυτά στοιχεία, τα οποία εξαρτώνται από το είδος του φωτιζόμενου τμήματος.

Κατά τα βρετανικά πρότυπα (BS 5489) διαμόρφωνονται κλάσεις οδικού φωτισμού, ανάλογα με το είδος και την κατάσταση της οδού, **Πίνακας 7.1**. Τα στοιχεία του εν λόγω Πίνακα αφορούν μόνο διαμήκη τμήματα οδών.

**Πίνακας 7.1:** Κλάσεις φωτισμού για διάφορα επίπεδα οδών [20].

| <b>ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΙ</b>                            |                       |
|--|-----------------------|
| <b>Πυκνότητα και πολυπλοκότητα κυκλοφορίας</b>     | <b>Κλάση Φωτισμού</b> |
| Υψηλή  | M1                    |
| Μέση   | M2                    |
| Χαμηλή   | M3                    |
| <b>ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΕΝΕΣ ΟΔΟΙ ΤΑΧΕΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ</b>      |                       |
| <b>Έλεγχος κυκλοφορίας και διαχωρισμός χρηστών</b> | <b>Κλάση Φωτισμού</b> |
| Φτωχός   | M1                    |
| Καλός  | M2                    |
| <b>ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΑΡΤΗΡΙΕΣ</b>   |                       |
| <b>Έλεγχος κυκλοφορίας και διαχωρισμός χρηστών</b> | <b>Κλάση Φωτισμού</b> |
| Φτωχός   | M2                    |
| Καλός  | M3                    |
| <b>ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΙΕΣ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΕΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΙ</b>       |                       |
| <b>Έλεγχος κυκλοφορίας και διαχωρισμός χρηστών</b> | <b>Κλάση Φωτισμού</b> |
| Φτωχός   | M4                    |
| Καλός  | M5                    |

Με βάση την κλάση φωτισμού που αντιστοιχεί στην οδό ορίζονται τα απαιτούμενα φωτομετρικά χαρακτηριστικά, **Πίνακας 7.2**.

**Πίνακας 7.2:** Απαιτήσεις φωτισμού κατά Κλάση Φωτισμού του Πίνακα 7.1 [20].

| <b>Κλάση Φωτισμού</b> | <b>Μέση Λαμπρότητα <math>L_{av}</math> (cd/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Συνολική Ομοιομορφία <math>U_o</math> (<math>L_{min}/L_{av}</math>)</b> | <b>Αρχικό ΤΙ (θάμβωση)</b> | <b>Διαμήκης Ομοιομορφία <math>U_L</math> (<math>L_{min}/L_{max}</math>)</b> | <b>Λαμπρότητα περιβάλλοντος χώρου SR</b> |
|-----------------------|---|--|----------------------------|---|--|
|                       | για όλες τις οδούς  | για όλες τις οδούς   | για όλες τις οδούς         | για οδούς χωρίς, ή με λίγους κόμβους  | για οδούς με διαβάσεις πεζών             |
| M1                    | >2,0  | >0,4   | <10 %                      | >0,7  | >0,5                                     |
| M2                    | >1,5  | >0,4   | <10 %                      | >0,7  | >0,5                                     |
| M3                    | >1,0  | >0,4   | <10 %                      | >0,5  | >0,5                                     |
| M4                    | >0,75   | >0,4   | <15 %                      | -   | -  |
| M5                    | >0,5  | >0,4   | <15 %                      | -   | -  |

Ανάλογα στοιχεία δίνονται και κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές του AASHTO, **Πίνακας 7.3**. Στον εν λόγω Πίνακα δίνονται οι απαιτήσεις φωτισμού διαμήκων τμημάτων οδών, βάσει του είδους της οδού και της πυκνότητας κίνησης πεζών και οχημάτων και σε σχέση με χρήσεις γης, **για ασφαλτικό οδόστρωμα**.

**Πίνακας 7.3:** Απαιτήσεις φωτισμού για ασφαλτικό οδόστρωμα, κατά AASHTO [22].

| Είδος οδού          | Πυκνότητα κίνησης | Φωτισμός (lux) | Συνολική Ομοιομορφία $U_o (L_{min}/L_{av})$ |
|---------------------|-------------------|----------------|---|
| Αυτοκινητόδρομος    |                   | 9              | 1:3   |
| Ταχείας κυκλοφορίας | Μεγάλη            | 14             | 1:3   |
|                     | Μέτρια            | 12             |   |
|                     | Περιοχή Κατοικίας | 9              |   |
| Κύρια               | Μεγάλη            | 17             | 1:3   |
|                     | Μέτρια            | 13             |   |
|                     | Περιοχή Κατοικίας | 9              |   |
| Συλλεκτήρια         | Μεγάλη            | 12             | 1:4   |
|                     | Μέτρια            | 9              |   |
|                     | Περιοχή Κατοικίας | 6              |   |
| Τοπική              | Μεγάλη            | 9              | 1:6   |
|                     | Μέτρια            | 7              |   |
|                     | Περιοχή Κατοικίας | 4              |   |

## 7.4 Τεχνικά στοιχεία φωτιστικών συνόλων

Ως φωτιστικό σύνολο νοείται η όλη διάταξη που περιλαμβάνει τη συσκευή ή τις συσκευές φωτισμού, μαζί με τη διάταξη στήριξης και προσανατολισμού τους, καθώς επίσης και την καλωδίωση και τα λοιπά ηλεκτρολογικά στοιχεία. Σε ένα δίκτυο φωτισμού υπάρχει, ακόμη, και το κουτί ελέγχου του δικτύου.

### 7.4.1 Πηγές φωτισμού

Οι πηγές φωτισμού αποτελούν ουσιαστικά το πιο σημαντικό στοιχείο ενός συστήματος ηλεκτροφωτισμού, καθώς καθορίζουν στο μεγαλύτερο βαθμό την οπτική ποιότητα του φωτισμού, την οικονομία, την απόδοση, και γενικά την ενεργειακή θεώρηση του εφαρμοζόμενου συστήματος φωτισμού. Ως πηγές φωτισμού σε ένα σύστημα ηλεκτροφωτισμού χρησιμοποιούνται διαφόρων ειδών ηλεκτρικοί λαμπτήρες. Σήμερα έχουν απομείνει ή χρησιμοποιούνται σε νέες εφαρμογές, λαμπτήρες *πυρακτώσεως, φθορισμού και εκκένωσης*.

Αναλυτικότερα, όλα τα χρησιμοποιούμενα είδη λαμπτήρων έχουν ως εξής:

- **Λαμπτήρες Πυρακτώσεως (Incandescent):** Οι λαμπτήρες αυτού του είδους ήταν κάποτε οι πιο δημοφιλείς, καθώς ήταν απλοί, φθηνοί και εύκολα εγκαταστάσιμοι. Αναπαρήγαγαν σωστά τα χρώματα και το μικρό τους μέγεθος επέτρεπε εύκολο έλεγχο του φωτός. Ωστόσο, η χαμηλή τους φωτεινή απόδοση και ο περιορισμένος τους χρόνος ζωής τις έχουν θέσει, πλέον, ανεπιθύμητες σε νέες εγκαταστάσεις.
- **Λαμπτήρες Φθορισμού (Fluorescent):** Ομοίως, δεν χρησιμοποιούνται πλέον ούτε αυτοί σε νέες εγκαταστάσεις, εξακολουθούν, ωστόσο, να χρησιμοποιούνται για φωτισμό σιηράγγων και πινακίδων. Το μεγάλο τους μέγεθος δυσκολεύει τον έλεγχο του φωτισμού. Οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν επιπλέον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό ελέγχου της τάσης, η δε φωτεινή τους απόδοση επηρεάζεται από τις χαμηλές θερμοκρασίες περισσότερο από κάθε άλλο τύπο λαμπτήρα. Πλεονέκτημά τους είναι η απόδοση του φωτός τους επάνω σε βρεγμένο οδόστρωμα.

- **Λαμπτήρες Υδραργύρου (Mercury):** Οι λαμπτήρες υδραργύρου υποσκέλισαν τους λαμπτήρες πυρακτώσεως στις περισσότερες περιπτώσεις. Αν και το αρχικό τους κόστος είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των λαμπτήρων πυρακτώσεως, καθότι είναι ακριβότεροι και απαιτούν και ελεγκτές τάσης, η πολύ καλή τους απόδοση και η μεγάλη διάρκεια ζωής τους καθιστούν πολύ πιο συμφέροντες. Το ελαφρά κυανό χρώμα που παράγουν είναι γενικά αποδεκτό, ενώ το μέγεθός τους επιτρέπει ικανοποιητικό φωτεινό έλεγχο. Μία πιο βελτιωμένη εκδοχή αυτού του τύπου είναι οι λαμπτήρες με επικάλυψη φωσφόρου.
- **Λαμπτήρες Μετάλλων Αλογονιδίων (Metal Halide):** Είναι μία μορφή λαμπτήρων υδραργύρου όπου μαζί με τον υδράργυρο συνυπάρχουν και στοιχεία ιωδίου, που αναβαθμίζουν τόσο τη φωτεινή απόδοση, όσο και τη χρωματική απόδοση των επιφανειών, ενώ οι λαμπτήρες αυτού του είδους επιτρέπουν και ικανοποιητικό φωτεινό έλεγχο. Μειονέκτημά τους είναι η σχετικά περιορισμένη διάρκεια ζωής.
- **Λαμπτήρες Νατρίου Υψηλής Πίεσης (High Pressure Sodium):** Υποσκέλισαν τους λαμπτήρες υδραργύρου. Χαρακτηρίζονται από το λευκόχρυσο φως που αποδίδουν, ενώ η χρωματική απόδοση των επιφανειών είναι μέτρια. Χρειάζονται συσκευές ελέγχου τάσης. Μερικοί κατασκευαστές παρέχουν διατάξεις με αναβαθμισμένη χρωματική απόδοση και βοηθητικούς λαμπτήρες που λειτουργούν μετά από στιγμιαίες πτώσεις τάσης, μέχρι να αποκατασταθεί ποσοστό της πλήρους λειτουργίας του κανονικού λαμπτήρα.
- **Λαμπτήρες Νατρίου Χαμηλής Πίεσης (Low Pressure Sodium):** Κύριο τους χαρακτηριστικό αποτελεί το έντονο φως που παράγουν, και στο οποίο οφείλεται και η φτωχή χρωματική απόδοση των επιφανειών, ωστόσο είναι ιδανικό για περιπτώσεις ομίχλης. Βασικό τους μειονέκτημα είναι το μεγάλο μήκος τους, που τους καθιστά δύσχρηστους.

Στον **Πίνακα 7.4** δίνονται μερικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων, σήμερα, τύπων λαμπτήρων για οδικό φωτισμό.

**Πίνακας 7.4:** Χαρακτηριστικά απόδοσης λαμπτήρων οδικού φωτισμού [22].

| Τύπος Λαμπτήρα                   | Αρχική Φωτεινή Ροή (lumens) | Φωτεινή Απόδοση (lumens/Watt) | Διάρκεια ζωής (ώρες) |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Υδραργύρου                       | 3.700-57.000                | 37-57                         | 18.000-28.000        |
| Υδραργύρου με επικάλυψη Φωσφόρου | 4.000-63.000                | 40-63                         | 18.000-28.000        |
| Μετάλλων Αλογονιδίων             | 34.000-100.000              | 85-100                        | 10.000-15.000        |
| Νατρίου Υψηλής Πίεσης            | 9.500-140.000               | 95-140                        | 15.000-28.000        |
| Νατρίου Χαμηλής Πίεσης           | 1.800-33.000                | 100-183                       | 10.000-18.000        |

Οι παράγοντες που συντελούν στην επιλογή του κατάλληλου τύπου λαμπτήρα είναι η φωτεινή απόδοση, δηλαδή ο βαθμός αξιοποίησης της ηλεκτρικής ενέργειας, η ικανότητα του λαμπτήρα να διατηρεί τα φωτεινά του χαρακτηριστικά σε βάθος χρόνου, η διάρκεια ζωής, το χρώμα και η διασπορά του φωτός.

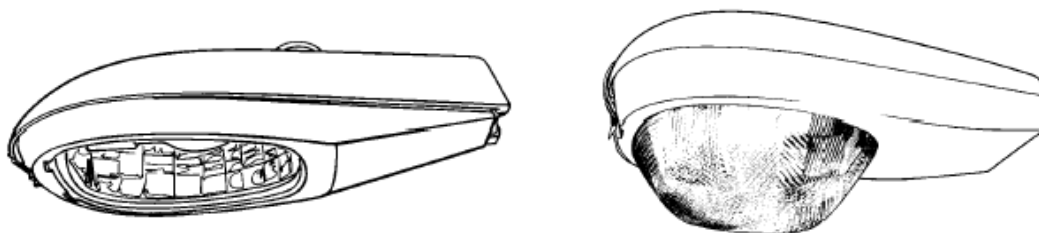
Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κυρίως λαμπτήρες **Νατρίου Υψηλής Πίεσης**, και σε μικρότερο βαθμό **Νατρίου Χαμηλής Πίεσης** και **Υδραργύρου**, ενώ δεν αποκλείονται περιπτώσεις άλλων τύπων που απέμειναν από το παρελθόν.

### 7.4.2 Φωτιστικά σώματα

Το φωτιστικό σώμα αποτελεί ουσιαστικά τη συσκευή φωτισμού, καθώς περιέχει τη φωτεινή πηγή, όπως και διατάξεις υποβοήθησης των οπτικών χαρακτηριστικών. Τα βασικά στοιχεία που αποτελούν το φωτιστικό σώμα είναι η φωτεινή πηγή, στοιχείο που αναλύθηκε στην προηγούμενη Υποπαράγραφο, ο ανακλαστήρας, το διαφανές κάλυμμα της διάταξης και το σώμα. Οι λαμπτήρες εκκένωσης και φθορισμού απαιτούν και συσκευές ελέγχου της τάσης του ρεύματος, οι οποίες συνήθως τοποθετούνται και αυτές μέσα στο φωτιστικό σώμα.

Ο *ανακλαστήρας* χρησιμεύει στη συγκέντρωση της φωτεινής ακτινοβολίας και κατεύθυνσή της προς την επιθυμητή περιοχή φωτισμού. Κατασκευάζεται από αλουμίνιο.

Όσον αφορά το *διαφανές κάλυμμα*, αυτό κατασκευάζεται από γυαλί ή πλαστικό (μόνο γυαλί για υψηλή ισχύ λαμπτήρα), και μπορεί να είναι επίπεδου (cutoff), ημιεξέχοντος (semi-cutoff), ή εξέχοντος (non-cutoff) τύπου, ανάλογα με το αν επιθυμείται διασπορά του φωτός και επάνω από τη γωνία των 90°, δηλαδή επάνω από το ύψος του σώματος. Όταν κάτι τέτοιο δεν αποτελεί πρόβλημα, το διαφανές κάλυμμα είναι εξέχοντος τύπου, δηλαδή επεκτείνεται προς τα κάτω, και μπορεί να είναι πρισματικό, ώστε να λειτουργεί σαν διαθλαστήρας για έλεγχο και ανακατανομή του φωτός. Όταν η διασπορά άνω των 90° είναι ανεπιθύμητη, εφαρμόζεται επίπεδο κάλυμμα από καθαρά διαφανές υλικό. Στην **Εικόνα 7.1** φαίνονται δύο τύποι φωτιστικών σωμάτων, με καλύμματα επίπεδου και εξέχοντος τύπου, αντίστοιχα.



**Εικόνα 7.1:** Αριστερά κάλυμμα επίπεδου (cutoff) τύπου. Δεξιά κάλυμμα εξέχοντος τύπου (non-cutoff).

Μερικά είδη λαμπτήρων, όπως οι λαμπτήρες εκκένωσης και φθορισμού, από τη φύση τους απαιτούν, επιπλέον, και ειδικές *συσκευές έλεγχου της τάσης* του ρεύματος. Οι συσκευές αυτές παρέχουν την απαιτούμενη υψηλή αρχική τάση για την έναρξη λειτουργίας της συσκευής και επιτρέπουν τη λειτουργία του λαμπτήρα στα επιθυμητά επίπεδα ισχύος. Συνήθως τοποθετούνται και αυτές μέσα στο φωτιστικό σώμα.

Τέλος, το *σώμα* που περικλείει την όλη διάταξη κατασκευάζεται από διάφορα υλικά, συνήθεστερα, δε, από αλουμίνιο επικαλυμμένο από ηλεκτροστατική βαφή.

Τα είδη φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται στον οδικό φωτισμό είναι κυρίως τα οριζόντιου (“cobra head”) και κατακόρυφου τύπου, όπως και τα φωτιστικά σώματα για υψηλούς ιστούς. Υπάρχουν, επίσης, φωτιστικά σώματα για σήραγγες και υπόγεια περάσματα, προβολείς για φωτισμό πινακίδων σήμανσης και μεμονωμένων σημείων, καθώς και διακοσμητικού τύπου φωτιστικά. Διάφορες περιπτώσεις φωτιστικών σωμάτων δίνονται στις **Εικόνες 7.2 έως 7.7**.



**Εικόνα 7.2:** Φωτιστικό σώμα οριζόντιας διάταξης.



**Εικόνα 7.3:** Φωτιστικό σώμα κατακόρυφης διάταξης.



**Εικόνα 7.4:** Φωτιστικά σώματα υψηλού ιστού.



**Εικόνα 7.5:** Φωτιστικό σώμα διακοσμητικού τύπου.



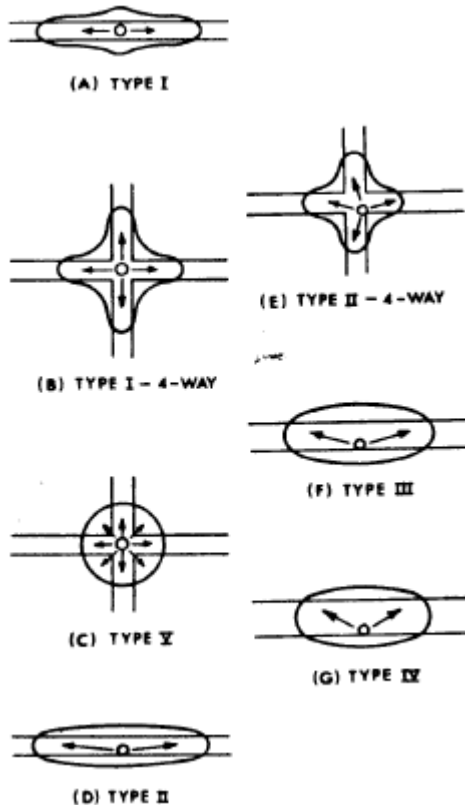
**Εικόνα 7.6:** Φωτιστικό σώμα χώρου στάθμευσης.



**Εικόνα 7.7:** Φωτιστικό σώμα για σήραγγα.

Με την ύπαρξη των οπτικών βοηθημάτων που προαναφέρθηκαν γίνεται πλέον σαφές ότι η ολική απόδοση και τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου φωτισμού δεν εξαρτώνται μόνο από τη φωτεινή πηγή, αλλά και από το σχεδιασμό ολόκληρου του φωτιστικού σώματος, που λειτουργεί ως ενιαίο σύνολο. Τα βασικά φωτομετρικά χαρακτηριστικά και στοιχεία φωτιστικής λειτουργίας των σωμάτων δίνονται από τους κατασκευαστές, και τα πιο συνήθη από αυτά είναι τα εξής:

- **Συντελεστής Χρήσης (Coefficient of Utilization, CU):** Είναι το ποσοστό της συνολικής φωτεινής ροής (lumens) που φτάνει στην εξεταζόμενη επιφάνεια του οδοστρώματος (π.χ. λωρίδες κυκλοφορίας ή έρεισμα).
- **Διάγραμμα καμπυλών ίσου φωτισμού (Isofootcandle chart):** Χρησιμεύει στην περιγραφή του φωτεινού αποτελέσματος επάνω στο οδόστρωμα, ενός φωτιστικού σώματος τοποθετημένου σε δεδομένο ύψος.
- **Κατακόρυφη διασπορά:** Χαρακτηρίζεται ως βραχεία, μέση ή μακρά, βάσει της απόστασης από το φωτιστικό σώμα που προσπίπτει η ακτίνα μέγιστης φωτεινής έντασης. Με βάση την κατάταξη του φωτιστικού σώματος ως προς την κατακόρυφη διασπορά, υπολογίζεται η μέγιστη απόσταση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων.
- **Πλευρική διασπορά:** Με βάση την πλευρική διασπορά, τα φωτιστικά σώματα διακρίνονται σε πέντε τύπους, οι οποίοι αναφέρονται, κυρίως, στο πλάτος της οδού και στην τοποθέτηση των σωμάτων, **Εικόνα 7.8**. Σε γενικές γραμμές, οι Τύποι I και V περιλαμβάνουν τα σώματα που τοποθετούνται στο κέντρο της φωτιζόμενης περιοχής, με τον Τύπο I, διαμήκου κατανομής, να εφαρμόζεται σε στενές οδούς και τον Τύπο V για φωτισμό προς κάθε κατεύθυνση. Οι Τύποι V και τροποποιημένος I εφαρμόζονται σε υψηλούς ιστούς. Οι Τύποι II, III, και IV αναφέρονται σε σώματα που τοποθετούνται κοντά στην ακμή της φωτιζόμενης περιοχής, με τον Τύπο II να εφαρμόζεται σε στενές οδούς, τον Τύπο III σε οδούς μέτριου πλάτους, και τον Τύπο IV σε φαρδιές.



**Εικόνα 7.8:** Διάκριση φωτιστικών σωμάτων βάσει της πλευρικής διασποράς φωτός.

- **Συντελεστές απαξίωσης φωτισμού:** Περιγράφουν την απώλεια των φωτεινών χαρακτηριστικών του σώματος με το πέρασ του χρόνου. Η απαξίωση αυτή προέρχεται από διάφορους παράγοντες, εσωτερικούς ή εξωτερικούς.

### 7.4.3 Διατάξεις στήριξης φωτιστικών σωμάτων

Για την τοποθέτηση του φωτιστικού σώματος στο επιθυμητό σημείο χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις πρόσθετες διατάξεις στήριξης. Ωστόσο, δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις όπου το φωτιστικό σώμα στηρίζεται είτε σε υπάρχοντες στύλους ή κατασκευές, με τη χρήση απλώς ενός βραχίονα, είτε απευθείας, χωρίς βραχίονα, όπως σε σήραγγες. Στις περιπτώσεις ολοκληρωμένης διάταξης στήριξης, αυτή αποτελείται συνήθως από δύο επιμέρους τμήματα, **το στύλο** και **το βραχίονα**.

Τα **υλικά κατασκευής** ενός συνήθους **στύλου** ηλεκτροφωτισμού είναι το αλουμίνιο και ο γαλβανισμένος ή ανοξείδωτος χάλυβας. Για την προστασία του υλικού πολλές φορές ο στύλος βάφεται ή επικαλύπτεται από ειδικές πλαστικές επικαλύψεις. Επίσης, πολλές φορές χρησιμοποιείται και το οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο, όμως, αντιμετωπίζει προβλήματα διάβρωσης, ειδικά σε παραθαλάσσιες περιοχές. Οι **διατομές** των στύλων μπορεί να είναι κυκλικές, σταθερής ή μεταβλητής διαμέτρου, ή πολυγωνικές, εκτός των στύλων από σκυρόδεμα που είναι πάντα κυκλικής διατομής. Για τη **στήριξή** τους, οι στύλοι από σκυρόδεμα εμπύγνυται στο έδαφος, ενώ οι μεταλλικοί κοχλιώνονται σε βάση από σκυρόδεμα.

Το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού σώματος, και κατ' επέκταση το ύψος του στύλου, επηρεάζει τα φωτεινά χαρακτηριστικά του παραγόμενου φωτισμού, καθώς και το εύρος της φωτιζόμενης περιοχής. Μεγαλύτερα ύψη προσφέρουν μεγαλύτερη και πιο ομοιόμορφη κάλυψη, καθώς και μείωση της θάμβωσης, αλλά χαμηλότερη φωτεινότητα. Χαμηλότερα ύψη οδηγούν σε μεγαλύτερο πλήθος φωτιστικών σωμάτων και σε τοποθέτηση πιο κοντά στο οδόστρωμα. Το σύνηθες **ύψος** των στύλων ηλεκτροφωτισμού κυμαίνεται στα 9-15 m, ενώ για υψηλούς ιστούς εφαρμόζονται πολύ μεγάλα ύψη, της τάξης των 30 m και άνω. Παράγοντες που μπορεί να περιορίζουν το ύψος είναι η ύπαρξη υπέργειων γραμμών κοινής ωφέλειας, παράπλευρα αεροδρόμια και η τοποθέτηση μέσα σε κατοικημένες περιοχές.

Οι προαναφερθέντες **υψηλοί ιστοί** δεν είναι απλώς πολύ ψηλά τοποθετημένα φωτιστικά σώματα, αλλά μία διαφορετική αντίληψη φωτισμού. Με τη χρήση τέτοιων ιστών αρκεί η τοποθέτηση λίγων στύλων, και όχι απαραίτητα κοντά στο οδόστρωμα, για τον ομοιόμορφο φωτισμό μίας εκτεταμένης περιοχής, σε αντίθεση με το συνήθη γραμμικό φωτισμό των οδών. Φωτισμός επί υψηλών ιστών ενδείκνυται σε περιπτώσεις κόμβων, ισόπεδων και ανισόπεδων, σε σταθμούς διοδίων και στάθμευσης, σε οδούς με πολύ μεγάλα πλάτη και πολλές λωρίδες κυκλοφορίας, και εν γένει όπου απαιτείται ο φωτισμός ή η ορατότητα μίας εκτεταμένων διαστάσεων περιοχής, ενώ αντενδείκνυται για κατοικημένες περιοχές, όπου μπορεί να είναι ενοχλητικός.

Ο **βραχίονας στήριξης** του φωτιστικού σώματος αποτελεί, συνήθως, ξεχωριστό τεμάχιο από το στύλο, και στηρίζεται στην κορυφή του. Μπορεί να είναι ευθύγραμμος ή με καμπύλη, οριζόντιος ή ελαφρά κεκλιμένος. Το μήκος του κυμαίνεται από 1,2-4,5 m, ανάλογα με την απόσταση του στύλου από το οδόστρωμα και την επιθυμητή θέση του φωτιστικού σώματος σε σχέση με αυτό. Τέλος, οι βραχίονες μπορεί να είναι μονοί ή διπλοί (μονοπροέχοντες ή αμφιπροέχοντες).

Στις **Εικόνες 7.9 έως 7.12** δίνονται διάφορα είδη διατάξεων στήριξης φωτιστικών σωμάτων.



**Εικόνα 7.9:** Στύλος φωτισμού με καμπύλο βραχίονα.



**Εικόνα 7.10:** Στύλος φωτισμού με ευθύγραμμο βραχίονα.



**Εικόνα 7.11:** Στύλος φωτισμού με διπλό βραχίονα.



**Εικόνα 7.12:** Φωτισμός επί υψηλών ιστών.

## 7.5 Εγκάρσια και διαμήκης τοποθέτηση στύλων

### 7.5.1 Εγκάρσια τοποθέτηση

Πέρα από τη χρησιμότητά τους για τη στήριξη των σωμάτων φωτισμού, οι στύλοι παραπλεύρως του οδοστρώματος αποτελούν ένα πρόβλημα για την κυκλοφορία, καθώς περιορίζουν την ορατότητα και μπορεί να αποδειχθούν επικίνδυνοι για οχήματα που εκτρέπονται από την πορεία τους.

Έτσι, οι στύλοι θα πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατόν μακρύτερα από την οριογραμμή της διερχόμενης κυκλοφορίας, σε συνάρτηση, βέβαια, και με τα διαθέσιμα μήκη βραχιόνων και τα απαιτούμενα φωτομετρικά χαρακτηριστικά. Από εκεί και πέρα, σε οδούς με μεγάλες ταχύτητες οι στύλοι ηλεκτροφωτισμού θα πρέπει να προστατεύονται από στηθαία ασφαλείας, εκτεταμένα σε όλο το μήκος

τοποθέτησης στύλων. Οι στύλοι θα πρέπει να βρίσκονται σε τέτοια απόσταση από το στηθαίο, ώστε να μπορεί αυτό να παραμορφώνεται ελεύθερα. Η ελάχιστη αυτή απόσταση είναι 0,6 m, ενώ για συνήθεις περιπτώσεις προτείνεται απόσταση 2,0 m.

Σε τμήματα με πεζοδρόμια, η ελάχιστη απόσταση των στύλων από την ακμή του πεζοδρομίου θα πρέπει να είναι 0,8 m, και όχι μικρότερη από την αντίστοιχη απόσταση λοιπών στύλων δικτύων κοινής ωφέλειας.

Κατά τους αμερικανικούς κανονισμούς, οι στύλοι επιτρέπεται και να μην προστατεύονται από στηθαίο, σε αυτήν, όμως, την περίπτωση θα πρέπει να εφαρμόζονται ειδικά μελετημένες διατάξεις στήριξης, που έχουν τη δυνατότητα να καταλύονται μετά από σύγκρουση οχήματος.

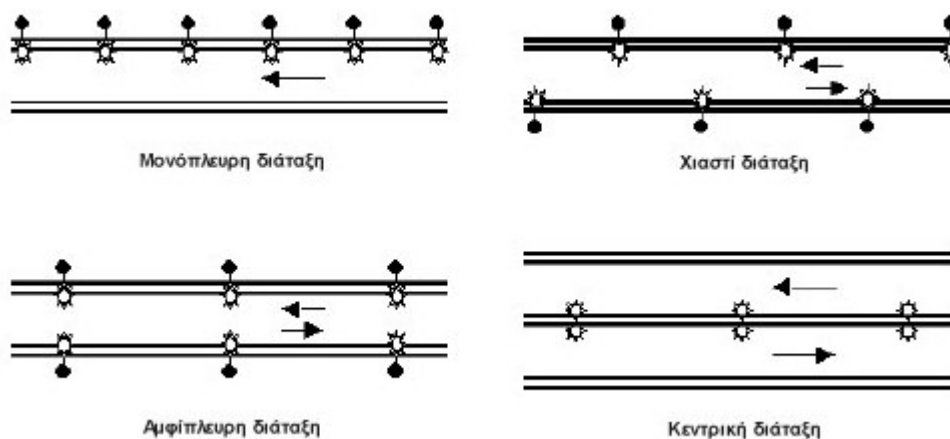
Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα στηθαία, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο Κεφάλαιο 1 του παρόντος.

### 7.5.2. Διαμήκης τοποθέτηση

Σχετικά με τη διαμήκη τοποθέτηση τίθενται δύο ζητήματα, το *είδος της διάταξης* των φωτιστικών σωμάτων και η *απόσταση επανάληψής* τους.

Τα *είδη διάταξης* δίνονται στην **Εικόνα 7.13** και έχουν ως εξής:

- **Μονόπλευρη διάταξη:** Όλα τα φωτιστικά σώματα βρίσκονται στην ίδια πλευρά της οδού.
- **Χιαστί διάταξη:** Τα φωτιστικά τοποθετούνται και στις δύο πλευρές, σε εναλλάξ θέσεις.
- **Αμφίπλευρη διάταξη:** Τα φωτιστικά τοποθετούνται και στις δύο πλευρές της οδού, γενικά σε απέναντι θέσεις.
- **Κεντρική διάταξη:** Οι στύλοι τοποθετούνται στον ενδιάμεσο χώρο διαιρεμένων οδών και διαθέτουν διπλούς βραχίονες.



**Εικόνα 7.13:** Είδη διατάξεων φωτιστικών σωμάτων.

Η επιλογή της διάταξης που θα εφαρμοστεί εξαρτάται κυρίως από το είδος και πλάτος της οδού, καθώς και από το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού. Η μονόπλευρη διάταξη εφαρμόζεται κυρίως σε οδούς μικρού πλάτους ( $<1-1,5 \times \text{Ύψος Ανάρτησης}$ ), ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές φορές το απέναντι άκρο μπορεί να μην είναι επαρκώς ορατό. Η χιαστί διάταξη δίνει πολύ καλή φωτεινή κατανομή σε οδούς με μέτριο πλάτος ( $1,5-2 \times \text{Ύψος Ανάρτησης}$ ), χρειάζεται, όμως, έλεγχο για αποφυγή σχηματισμού σκοτεινών κυματοειδών κηλίδων. Η αμφίπλευρη διάταξη εφαρμόζεται σε οδούς με μεγάλα πλάτη, ενώ η κεντρική βρίσκει εφαρμογή σε διαχωρισμένες

οδούς, όπου επιτυγχάνεται ελάττωση του αριθμού στύλων και του μήκους της καλωδίωσης. Επίσης, η κεντρική διάταξη μπορεί να συνδυαστεί και με αμφίπλευρη, για μεγάλα πλάτη των εκατέρωθεν οδοστρωμάτων, ενώ για μεγάλους ενδιάμεσους χώρους, όπου οι κεντρικά τοποθετημένοι στύλοι θα βρίσκονταν πολύ μακριά από τα δύο οδοστρώματα, οι δύο κλάδοι φωτίζονται θεωρούμενοι ως ξεχωριστές οδοί, συνήθως με αμφίπλευρη διάταξη έκαστος.

Τέλος, το **μήκος επανάληψης** των φωτιστικών σωμάτων, δηλαδή η μεταξύ των στύλων απόσταση, είναι ένα μέγεθος που καθορίζεται με βάση τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Οι αμερικανικές προδιαγραφές δίνουν τον εξής τύπο [22]:

$$S = \frac{LL \cdot CU \cdot LLD \cdot LDD}{Eh \cdot W} \quad (\text{m})$$

όπου:

- LL (Lamp Lumens): η αρχική φωτεινή ροή του φωτιστικού σώματος, που δίνεται από τον κατασκευαστή (σε lumens)
- CU (Coefficient of Utilization): ο συντελεστής χρήσης
- LLD (Lamp Lumen Depreciation factor): ο συντελεστής απαξίωσης του φωτισμού, που μπορεί να ληφθεί ίσος με 0,80 κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές
- LDD (Luminaire Dirt Depreciation factor): ο συντελεστής απαξίωσης λόγω ρύπανσης και σκόνης, ίσος με 0,90 κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές
- Eh: το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού, κατά την Παράγραφο 7.3 (σε lux)
- W: το πλάτος της οδού, μαζί με τα ερείσματα (σε m)

Τυπικές αποστάσεις προκύπτουν στα 50-80 m για υπεραστικές οδούς.

## 7.6 Γενικές αρχές εφαρμογής

Σε αυτήν την Παράγραφο παρουσιάζονται μερικές γενικές αρχές για την εφαρμογή φωτισμού σε διάφορα σημεία που απαιτείται.

### 7.6.1 Ισόπεδοι κόμβοι

Ο φωτισμός ισόπεδων κόμβων είναι γενικά επιθυμητός σε περιπτώσεις κόμβων με μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους, με ιστορικό ατυχημάτων σε νυχτερινές ώρες, με μεγάλη κίνηση πεζών, καθώς και σε κόμβους με περιορισμούς στην ορατότητα, με σύνθετη χάραξη και με διαρρύθμιση. Σε κυκλικούς κόμβους ο φωτισμός είναι επιβεβλημένος.

Ο φωτισμός των κόμβων θα πρέπει να αποκαλύπτει όλη τη διασταύρωση, τις θέσεις των κρασπέδων, τη σήμανση, τις κατευθύνσεις των οδών και την παρουσία κάθε οχήματος που προσεγγίζει στο χώρο. Μερικές γενικές αρχές έχουν ως εξής:

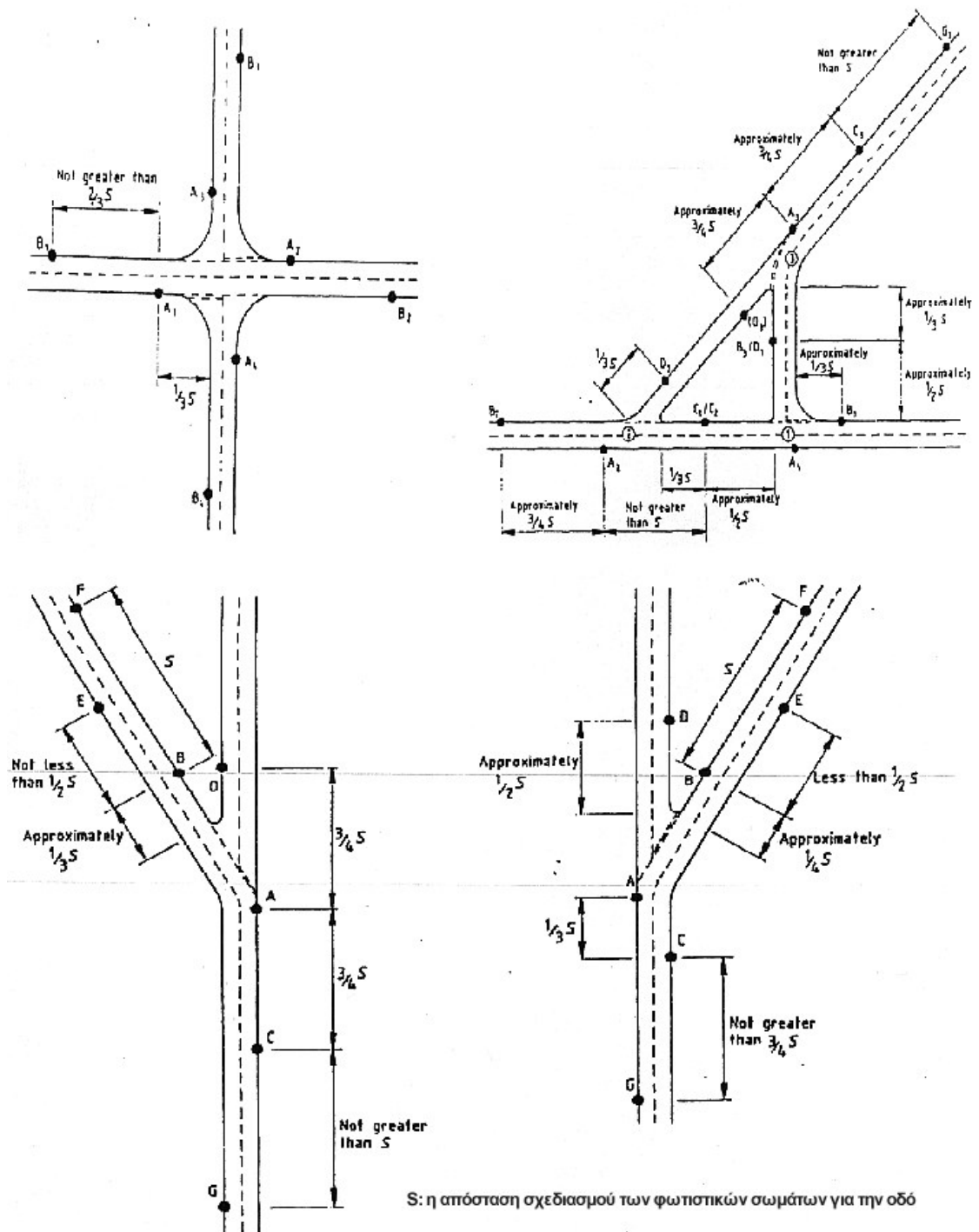
-Βασικός παράγοντας σχεδιασμού είναι οι ταχύτητες των προσβάσεων.

-Ο σχεδιασμός και η ποιότητα του φωτισμού θα πρέπει να συνδέεται με την κυκλοφοριακή σημασία του κόμβου.

-Η λαμπρότητα του οδοστρώματος στην περιοχή του κόμβου δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από την αντίστοιχη των κύριων οδών προσέγγισης του κόμβου.

-Μετά από κάθε κόμβο απαιτείται ένα φωτιστικό σώμα στη αριστερή πλευρά κάθε πρόσβασης. Για οδούς μικρής σημασίας, αυτή μπορεί να είναι και η μοναδική απαίτηση φωτισμού.

-Όπου υπάρχει κίνηση στροφής από οδό προσέγγισης είναι επιθυμητή η τοποθέτηση φωτιστικού σώματος απέναντι από την προσεγγίζουσα κυκλοφορία.  
Στην **Εικόνα 7.14** δίνονται παραδείγματα φωτισμού ισόπεδων κόμβων.



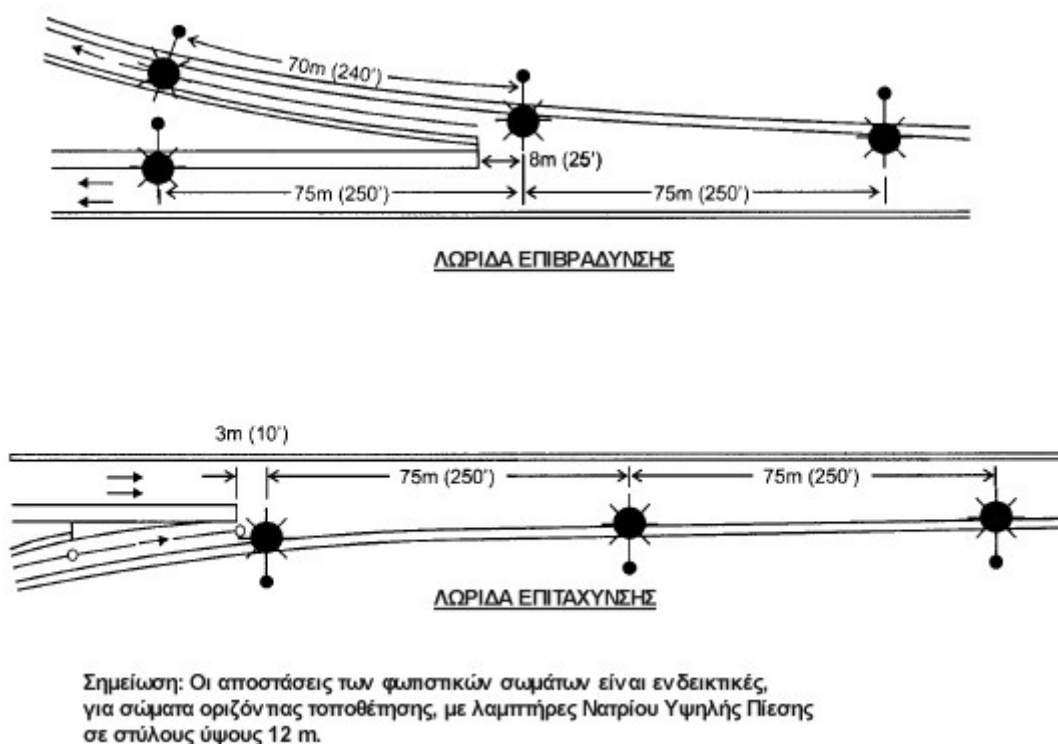
**Εικόνα 7.14:** Τυπικά παραδείγματα θέσεων φωτιστικών σωμάτων σε ισόπεδους κόμβους.

**7.6.2 Ανισόπεδοι κόμβοι**

Σε σχετικά απλούς ανισόπεδους κόμβους, για να αποκτήσει ο οδηγός εικόνα της μορφής του κόμβου και των κρίσιμων σημείων αρκεί ο φωτισμός των εν λόγω σημείων, όπως οι λωρίδες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης και οι τυχόν ισόπεδες

διασταυρώσεις των συνδετήριων οδών στη δευτερεύουσα οδό. Σε πιο σύνθετες μορφές κόμβου, ενδεχομένως απαιτείται πλήρης φωτισμός όλων των οδικών τμημάτων για να σχηματίσει ο οδηγός πλήρη εικόνα του κόμβου. Πολλές φορές, για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται και φωτισμός επί υψηλών ιστών.

Ο σχεδιασμός του συστήματος φωτισμού ενός ανισόπεδου κόμβου σύμφωνα με τα βρετανικά πρότυπα, στηρίζεται στον υπολογισμό της λαμπρότητας, όπου αυτή μπορεί να υπολογιστεί για έναν περιορισμένο αριθμό προκαθορισμένων θέσεων παρατήρησης. Για περιοχές, όμως, όπως οι οξείες καμπύλες, οι διασταυρώσεις και οι αλλαγές στην κλίση, θα πρέπει ο σχεδιασμός να γίνεται με βάση το φωτισμό. Σε περιπτώσεις που οι διασταυρούμενες οδοί είναι πλατιές, ο φωτισμός θα πρέπει να καλύπτει όλη την περιοχή του κόμβου. Βασική αρχή είναι πως τα επίπεδα λαμπρότητας ή φωτισμού της περιοχής του κόμβου δεν πρέπει να είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα των διασταυρούμενων οδών. Επίσης, η διάταξη των φωτιστικών σωμάτων θα πρέπει να αποκλείει τη σύγχυση μεταξύ των πηγών φωτός στα διάφορα επίπεδα και γωνίες προσέγγισης, ενώ στις θέσεις των γεφυρών θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την αποφυγή θάμβωσης από τις πηγές φωτισμού της κατώτερης οδού, στους χρήστες της άνω οδού.



**Εικόνα 7.15:** Προτεινόμενος φωτισμός σε λωρίδες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης ανισόπεδων κόμβων, για περίπτωση μερικού φωτισμού [22].

### 7.6.3 Φωτισμός γεφυρών

Γενικά ο φωτισμός των γεφυρών αντιμετωπίζεται παρόμοια με το λοιπό οδικό τμήμα. Αν δεν υπάρχει φωτισμός στο λοιπό οδικό τμήμα στο οποίο ανήκει η γέφυρα, δεν υφίσταται ανάγκη φωτισμού ούτε στη γέφυρα, με εξαίρεση ειδικές περιπτώσεις γεφυρών, όπως οι μεγάλοι μήκους. Επίσης, επωφελής είναι ο φωτισμός γεφυρών όπου το οπτικό υπόβαθρο του οδηγού είναι κατά μεγάλο ποσοστό ουρανός ή νερό.

Κατά την εφαρμογή φωτισμού σε γέφυρες με έντονη κατακόρυφη καμπυλότητα θα πρέπει να δίνεται προσοχή στην ενδεχόμενη θάμβωση. Τέλος, ο φωτισμός συνεχίζεται και σε μήκος 60-70 m τουλάχιστον, εκατέρωθεν της γέφυρας.

#### 7.6.4 Σήραγγες

Οι σήραγγες έχουν την ιδιομορφία της απαίτησης φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, ενώ ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στα ακραία τμήματα προσέγγισής της, για τον περιορισμό της ενόχλησης των οδηγών. Παράγοντες που επηρεάζουν το φωτισμό των σηράγγων είναι τα χαρακτηριστικά της οδού και της κυκλοφορίας, το είδος και η επικάλυψη των τοιχωμάτων, η μορφή της περιβάλλουσας περιοχής, οι ατμοσφαιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες και ο προσανατολισμός της σήραγγας σε σχέση με τον ουρανό και τον ήλιο. Σήραγγες μήκους μικρότερου των 90 m ενδεχομένως να μην απαιτούν φωτισμό κατά την ημέρα, πρέπει, όμως, να έχουν κατάλληλη επικάλυψη στα τοιχώματά τους.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, για την ομαλή μετάβαση από τον έντονο φωτισμό της ημέρας στον ηπιότερο εντός της σήραγγας και αντίστροφα, τα ακραία τμήματα της σήραγγας θα πρέπει να φωτίζονται ισχυρότερα σε σχέση με το υπόλοιπο εσωτερικό. Παρόμοιο πρόβλημα, αλλά στην αντίστροφή του μορφή, υφίσταται και κατά τη νύχτα, όπου ο οδηγός πρέπει να μεταβεί από το σκότος, στο φως εντός της σήραγγας και αντίστροφα. Για το συγκεκριμένο ζήτημα, οι περισσότερες διεθνείς οδηγίες οδικού φωτισμού υποδεικνύουν την εφαρμογή φωτισμού στα εκατέρωθεν της σήραγγας τμήματα των ανοιχτών προσβάσεων κατά τη διάρκεια της νύχτας. Έτσι, κατά τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE) τα τμήματα εκατέρωθεν της σήραγγας θα πρέπει να φωτίζονται σε μήκος που αντιστοιχεί σε χρόνο τουλάχιστον 5 sec, ενώ κατά τα βρετανικά πρότυπα το μήκος αυτό πρέπει να είναι τουλάχιστον 200 m. Επιπλέον, η λαμπρότητα σε αυτά τα τμήματα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το 1/3 της λαμπρότητας της σήραγγας.

Τέλος, σε περιπτώσεις συνεχόμενων σηράγγων η συνεχής διαδοχή φωτισμένων και σκοτεινών τμημάτων μπορεί να καταστεί κουραστική και ενοχλητική για τον οδηγό. Για το λόγο αυτό συνιστάται να εξασφαλίζεται ένα μη φωτισμένο τμήμα τουλάχιστον 200 m, οπότε δεδομένου ότι τα εκατέρωθεν των σηράγγων τμήματα έχουν ελάχιστο μήκος περί τα 200 m, οδικά τμήματα έως 600 m μεταξύ σηράγγων θα πρέπει να φωτίζονται σε όλο τους το μήκος, με τις ίδιες συνθήκες που υποδείχθηκαν για τα εκατέρωθεν της σήραγγας τμήματα. Το ίδιο ισχύει και σε διαδοχή σηράγγων-γεφυρών ή κόμβων.

#### 7.6.5 Σταθμοί διοδίων

Καθώς τα διόδια αποτελούν περιοχές αυξημένης δραστηριότητας και αποφάσεων, είναι απαραίτητος ο φωτισμός σε υψηλά επίπεδα, ώστε να αυξηθεί η ασφάλεια και το επίπεδο προειδοποίησης των οδηγών. Το μέγεθος και η θέση της εγκατάστασης, σε συνάρτηση με την ύπαρξη παρακείμενων κατοικημένων περιοχών και άλλων ευαίσθητων αποδεκτών, αποτελούν παραμέτρους καθορισμού του φωτισμού της περιοχής των διοδίων.

Στις ζώνες προσέγγισης και αναχώρησης των σταθμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνήθη φωτιστικά σώματα γραμμικού φωτισμού, ενώ για την ανοιχτή περιοχή του σταθμού ενδείκνυται ο φωτισμός επί υψηλών ιστών, που μπορεί να καλύψει ικανοποιητικά μία ευρεία περιοχή με περιορισμό του πλήθους των

στύλων. Ο φωτισμός του υπόστεγου χώρου και των θαλάμων βοηθάει στον καθορισμό των λωρίδων και βελτιώνει την οπτική αντίληψη των οδηγών.

Καθώς η πολυπλοκότητα της γεωμετρίας και του περιβάλλοντος αυξάνεται σε ένα σταθμό διοδίων, η οπτική πληροφορία που αφορά σε οχήματα, ανθρώπους και κατασκευές, γίνεται πιο κρίσιμη. Ο φωτισμός βελτιώνει την ικανότητα διάκρισης του οδηγού, η θάμβωση, όμως, μπορεί να έχει τα αντίθετα αποτελέσματα. Οι συνθήκες αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό, όπως επίσης και η ανάγκη προσαρμογής στο έντονο φως της περιοχής του σταθμού.

## 7.7 Συστήματα διαχείρισης φωτισμού

Ως *σύστημα διαχείρισης φωτισμού* μίας οδού νοείται ένα σύστημα που παρέχει τη δυνατότητα για άμεση δυναμική ρύθμιση στα φωτεινά χαρακτηριστικά του παρεχόμενου φωτισμού, καθώς και για απομακρυσμένη παρακολούθηση της λειτουργίας του. Η ανάγκη για την υλοποίηση τέτοιων συστημάτων υπαγορεύεται από τις απαιτήσεις διαρκούς βελτίωσης των παρεχόμενων υπηρεσιών και ελέγχου του κόστους λειτουργίας, καθώς και από την περιβαλλοντικής και ενεργειακής θεώρησης ώθηση για υιοθέτηση ελαστικότερων συνθηκών λειτουργίας του ενεργοβόρου και δύσκαμπτου αυτού στοιχείου εξοπλισμού της οδού.

Στην πιο απλή του μορφή, ένα σύστημα διαχείρισης φωτισμού παρέχει τη δυνατότητα επιτόπου ρύθμισης του επιπέδου φωτισμού της εγκατάστασης από τη διάταξη ελέγχου, βάσει συγκεκριμένων δεδομένων όπως η φωτεινότητα του περιβάλλοντος, οι καιρικές συνθήκες και ο κυκλοφοριακός φόρτος, με χρήση ανάλογων διατάξεων ανίχνευσης και μέτρησης. Παλιότερα η ρύθμιση του επιπέδου φωτισμού ήταν μακροσκοπική, δηλαδή επιτυγχάνονταν με το σβήσιμο ενός αριθμού λαμπτήρων μετά από μία χρονική στιγμή, έργο το οποίο ήταν εύκολο όταν χρησιμοποιούνταν στύλοι διπλού βραχίονα. Η εγκατάσταση αυτού του είδους, όμως, δεν ήταν αποδοτική, καθώς με το σβήσιμο κάθε δεύτερου λαμπτήρα (για εναλλάξ σβήσιμο λαμπτήρων) ο φωτισμός γινόταν άνισος, ενώ σε περίπτωση αστοχίας ενός λαμπτήρα θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα μεγάλο κενό σκότους. Σήμερα εφαρμόζεται πλέον η τεχνική του “dimming”, όπου η μείωση της φωτεινής απόδοσης πραγματοποιείται με ελαστικό τρόπο, μειώνοντας την τάση του ρεύματος στα φωτιστικά σώματα με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων. Η μεταβολή της φωτεινότητας γίνεται ομαλά, για την αποφυγή ενόχλησης των οδηγών που κινούνται μέσα στο φωτιζόμενο τμήμα.

Η λογική της ρύθμισης του φωτισμού βάσει, πρωτίστως, των κυκλοφοριακών συνθηκών γίνεται κατανοητή αν αναλογιστεί κανείς ότι το απαιτούμενο επίπεδο φωτεινότητας μίας συνήθους εγκατάστασης σταθερού φωτισμού καθορίζεται βάσει ακριβώς αυτών των συνθηκών, και σε ώρες αιχμής, όπου είναι και πιο απαιτητικό το οπτικό έργο του οδηγού. Πέρα από αυτές τις συνθήκες, όμως, όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι λιγότερο ή περισσότερο χαμηλοί, το οριακό αυτό επίπεδο φωτισμού καθίσταται μάλλον υπερβολικό, συνοδευόμενο από αυξημένο ενεργειακό, οικονομικό και περιβαλλοντικό (φωτορύπανση) κόστος, χωρίς ουσιαστικό αντίκρισμα στην ασφάλεια και λειτουργικότητα της οδού (καθώς θεωρείται ότι αυτές συμβαδίζουν με το φόρτο). Έτσι, ένα σύστημα διαχείρισης φωτισμού μπορεί να μειώνει το επίπεδο φωτισμού μέχρι και στο 20~30% της πλήρους λειτουργίας, αναλόγως των τρεχόντων κυκλοφοριακών φόρτων, με αντίστοιχα ενεργειακά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Επίσης, άλλοι παράγοντες που μπορεί να καθορίζουν τη ρύθμιση αυτή είναι οι καιρικές συνθήκες και το επίπεδο φωτισμού του περιβάλλοντος, οπότε είναι δυνατή η ενεργοποίηση του φωτισμού σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες, ή η συγκράτηση της

φωτεινότητας σε χαμηλά επίπεδα νωρίς κατά τη δύση του ηλίου ή αργά κατά την ανατολή. Στην **Εικόνα 7.16** φαίνεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μείωσης του επιπέδου φωτισμού με την ελάττωση του κυκλοφοριακού φόρτου.



**Εικόνα 7.16:** Παράδειγμα ρύθμισης φωτισμού αναλόγως των κυκλοφοριακών συνθηκών στην οδό.

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη της τεχνολογίας και της τηλεματικής επέτρεψε στον τομέα της διαχείρισης οδικού φωτισμού να πραγματοποιήσει ένα ακόμη μεγάλο βήμα, με την υλοποίηση *συστημάτων καθολικής διαχείρισης*. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν, πλέον, όχι μόνο την επιτόπου δυναμική ρύθμιση των φωτεινών χαρακτηριστικών, αλλά την πλήρη διαχείριση της εγκατάστασης από απόσταση, τόσο με ρύθμιση, όσο και με εκτενή παρακολούθησή της.

Κατά τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος, το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου έχει τη δυνατότητα για:

- *Καθορισμό προγραμμάτων λειτουργίας του φωτισμού*
- *Καθορισμό του χρόνου λειτουργίας*
- *Καθορισμό των όρων λειτουργίας του συστήματος “dimming” από την εγκατάσταση, ή και άμεση διαχείρισή του από το απομακρυσμένο κέντρο*
- *Αποστολή κυκλοφοριακών και καιρικών δεδομένων στην εγκατάσταση, σε πραγματικό χρόνο*
- *Προβολή χαρακτηριστικών μεγεθών λειτουργίας της εγκατάστασης, όπως κατανάλωση ενέργειας, τάση και ένταση ρεύματος, ενεργειακή απόδοση*
- *Αναλυτική προβολή κατάστασης κάθε φωτιστικού σώματος και συνολικού χρόνου λειτουργίας κάθε λαμπτήρα, με διατήρηση βάσης δεδομένων συντήρησης*
- *Άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση απώλειας λαμπτήρα ή οποιασδήποτε δυσλειτουργίας*

Ο εξοπλισμός που απαιτείται για την υλοποίηση ενός συστήματος καθολικής διαχείρισης συνίσταται σε μία σειρά από **συσκευές ελέγχου των λαμπτήρων**, στο **κουτί ελέγχου της εγκατάστασης**, στο **δίαιλο επικοινωνίας** με το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου και, βέβαια, στον αντίστοιχο ηλεκτρονικό εξοπλισμό **υλισμικού και λογισμικού** του κέντρου. Οι συσκευές ελέγχου των λαμπτήρων, **Εικόνα 7.17**, είναι διατάξεις που τοποθετούνται στους στύλους του ηλεκτροφωτισμού και κάθε μία από αυτές έχει τη δυνατότητα να ελέγχει ταυτόχρονα πολλούς λαμπτήρες γειτονικών στύλων. Οι συσκευές αυτές αναλαμβάνουν το έργο της ρύθμισης του επιπέδου φωτισμού και της παρακολούθησης της κατάστασης κάθε λαμπτήρα που τους αναλογεί, επικοινωνώντας με το κουτί ελέγχου της εγκατάστασης. Το κουτί ελέγχου, **Εικόνα 7.18**, αποτελεί την καρδιά του συστήματος διαχείρισης, αναλαμβάνοντας την παρακολούθηση και ρύθμιση της εγκατάστασης βάσει των στοιχείων που συλ-

λέγονται. Η επικοινωνία του με το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου πραγματοποιείται από κάποιο διαθέσιμο δίαυλο επικοινωνίας, επίγειο ή ασύρματο.



**Εικόνα 7.17:** Συσκευή ελέγχου λαμπτήρων.



**Εικόνα 7.18:** Κουτί ελέγχου εγκατάστασης συστήματος διαχείρισης φωτισμού.

Τα πλεονεκτήματα από τη λειτουργία ενός συστήματος καθολικής διαχείρισης φωτισμού είναι φανερά. Εκτός από τα προαναφερθέντα οικονομικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη της ρύθμισης του φωτισμού, η στενή παρακολούθηση της εγκατάστασης δίνει τη δυνατότητα για βελτιστοποίηση των διαδικασιών συντήρησης, με πληρέστερη αξιοποίηση του χρόνου ζωής των λαμπτήρων και αποδέσμευση από την ανάγκη για επί τόπου επιθεωρήσεις της εγκατάστασης. Επίσης, η άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση απώλειας οποιουδήποτε λαμπτήρα παρέχει τη δυνατότητα για άμεση αντικατάστασή του, τη στιγμή που στα κλασικά συστήματα φωτισμού ένας καμένος λαμπτήρας παραμένει στη θέση του μέχρι την επόμενη επιθεώρηση, με τις ανάλογες συνέπειες στην ποιότητα του φωτισμού και στο επίπεδο της οδικής ασφάλειας. Η δε αναγκαιότητα των εν λόγω συστημάτων φαίνεται ιδιαίτερα στην περίπτωση των σηράγγων, όπου απαιτείται συνεχής ρύθμιση καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου και όπου το ζήτημα της ασφάλειας είναι πρωτεύον.

## ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ

### 8.1 Εισαγωγή

Ένα από τα πιο συνήθη προβλήματα που αντιμετωπίζει το περιβάλλον από τη λειτουργία ενός οδικού έργου είναι η ενόχληση από τον παραγόμενο θόρυβο της κυκλοφορίας. Ο οδικός θόρυβος, που νοείται ως ένας ανεπιθύμητος ήχος που προκαλεί δυσάρεστο αίσθημα, όχι μόνο παρενοχλεί τους ανθρώπους που βρίσκονται κοντά στην οδό, αλλά μακροχρόνια υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής, τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για πάσης φύσεως οικοσυστήματα παραπλεύρως της οδού.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος μπορούν να ακολουθηθούν διάφορες τακτικές απομείωσης του θορύβου, που αφορούν τα οχήματα, τη γεωμετρία και τα υλικά κατασκευής της οδού και τη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου, ωστόσο ένα από τα πιο συνήθη, και πολλές φορές χωρίς εναλλακτική λύση, μέτρα είναι η εφαρμογή στην οδό *ηχοπετασμάτων*.

Τα ηχοπετάσματα είναι διαμήκεις κατασκευές παραπλεύρως της οδού, στη μία ή και στις δύο πλευρές της, με σκοπό την ελάττωση του επιπέδου του θορύβου που παράγεται από την κυκλοφορία. Η εφαρμογή ηχοπετασμάτων σε μία οδό είναι μία απόφαση που λαμβάνεται κατά βούληση, αφού δεν υπάρχουν, πέρα από γενικές κατευθύνσεις, συγκεκριμένες αριθμητικές υποδείξεις από τους ανά τον κόσμο κανονισμούς και προδιαγραφές.

### 8.2 Είδη ηχοπετασμάτων ως προς τον τρόπο λειτουργίας

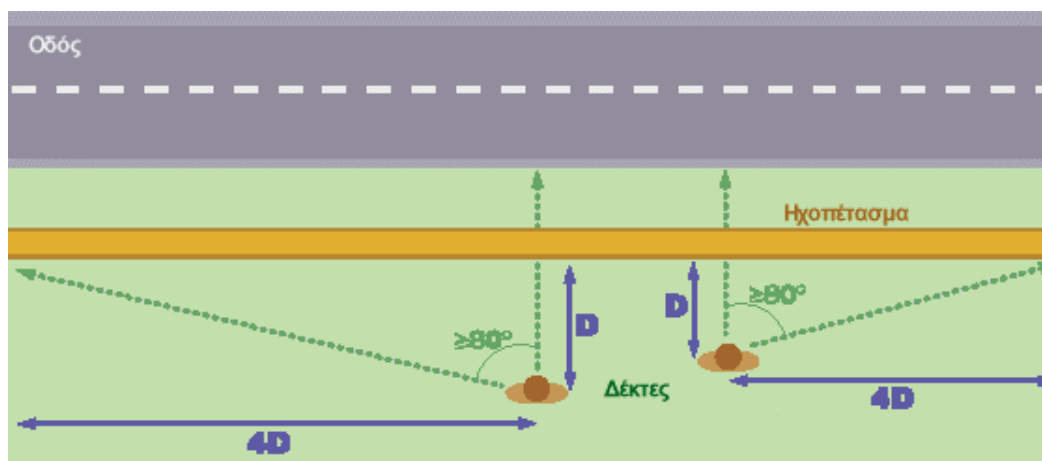
Ως προς τον τρόπο μείωσης του θορύβου, τα ηχοπετάσματα διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Ηχοπετάσματα ανάκλασης:** Τα ηχοπετάσματα αυτά μειώνουν το επίπεδο του θορύβου, ανακλώντας τον ήχο που παράγεται από την πλευρά της οδού.
- **Ηχοπετάσματα απορρόφησης:** Ο ήχος που φτάνει στο ηχοπέτασμα απορροφάται από τα κατάλληλης μορφής υλικά κατασκευής του.
- **Ηχοπετάσματα διασποράς ήχου:** Διατάξεις οι οποίες μέσω της γωνιώδους μορφής τους διασπείρουν τον ήχο σε διάφορες κατευθύνσεις. Πιο συνήθη ηχοπετάσματα αυτού του τύπου είναι τα κεκλιμένα προς τα έξω, τα οποία στέλνουν τον ήχο προς τα πάνω.
- **Ηχοπετάσματα ειδικής διαμόρφωσης κορυφής:** Είναι ηχοπετάσματα με ειδική διαμόρφωση στην κορυφή τους, όπως οριζόντια στοιχεία ή πρόσθετες όψεις.

Για πολλά χρόνια ο μοναδικός τύπος ηχοπετασμάτων που εφαρμόστηκε ήταν ο ανακλαστικός. Με την πάροδο του χρόνου, όμως, η ανάγκη για πιο αποτελεσματικές λύσεις οδήγησε στην ανάπτυξη και των λοιπών τύπων.

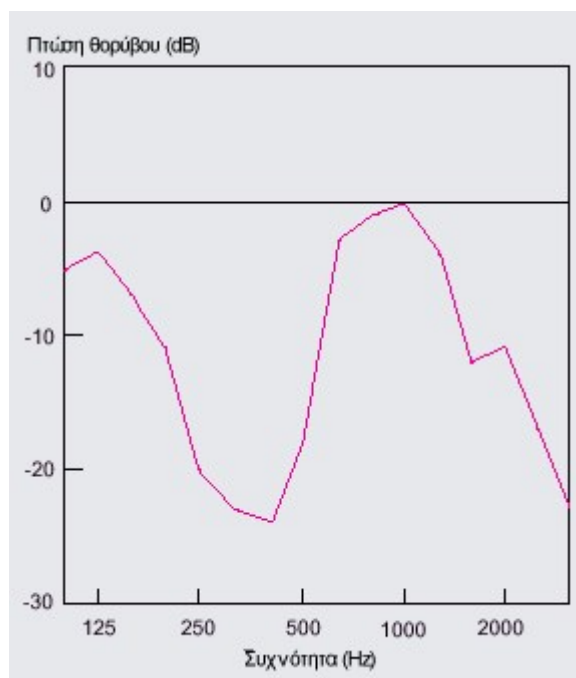
### 8.3 Αποτελεσματικότητα ηχοπετασμάτων - Μορφές και διαστάσεις

Σαν πρώτη αρχή, για να είναι αποτελεσματικό ένα ηχοπέτασμα θα πρέπει να είναι επαρκώς ψηλό και να έχει επαρκές μήκος, ώστε να αποτρέπει την απευθείας μετάδοση των ηχητικών κυμάτων από την οδό στην προστατευόμενη περιοχή. Αυτό σημαίνει ότι ένα ηχοπέτασμα θα πρέπει να εκτείνεται σε όλο το μήκος της εν λόγω περιοχής, με επιπλέον μήκος εκατέρωθεν τουλάχιστον  $4D$ , όπου  $D$  η απόσταση του ηχοπετάσματος από το δέκτη (κατά FHWA), **Εικόνα 8.1**.



**Εικόνα 8.1:** Ελάχιστο μήκος ηχοπετάσματος εκατέρωθεν της προστατευόμενης περιοχής.

Τυπικό ύψος ενός ηχοπετάσματος είναι τα 2 m. Στο **Διάγραμμα 8.1** δίνεται η επιτυγχάνομενη μείωση του θορύβου από ένα απλό ανακλαστικό ηχοπέτασμα του εν λόγω ύψους, η οποία εξαρτάται και από τη συχνότητα του ήχου. Για περαιτέρω



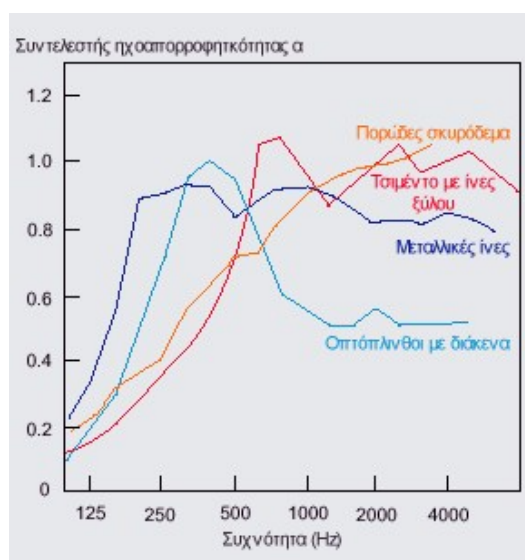
**Διάγραμμα 8.1:** Μείωση θορύβου από απλό ανακλαστικό ηχοπέτασμα ύψους 2 m [25].

μείωση του επιπέδου του θορύβου, το ηχοπέτασμα μπορεί να γίνει πιο ψηλό. Βασική παρατήρηση που προκύπτει από τη μελέτη της συμπεριφοράς των ηχοπετασμάτων

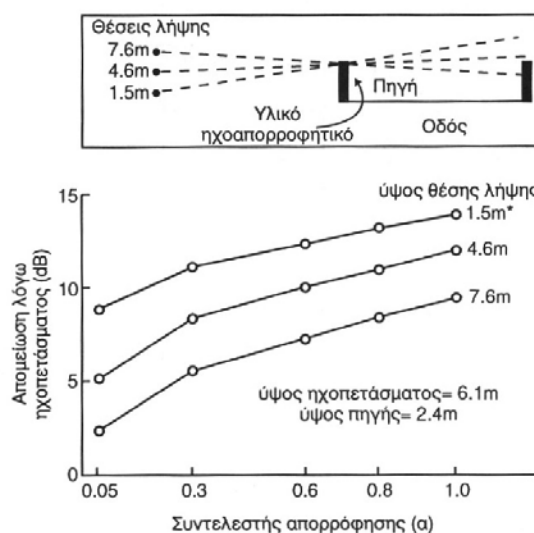
είναι πως μία σημαντική απομείωση επιτυγχάνεται όταν το ηχοπέτασμα έχει τόσο ύψος, ώστε να αποτρέπει την άμεση οπτική επαφή του δέκτη από τα οχήματα. Από εκεί και πέρα, για κάθε επιπλέον (m) αύξησης του ύψους, προκαλείται επιπλέον μείωση κατά περίπου 1,5 dB. Τα συνήθη ύψη των ηχοπετασμάτων φτάνουν το πολύ τα 8-9 m.

Ένα βήμα προς τη βελτίωση της απόδοσης των ηχοπετασμάτων πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή των απορροφητικών διατάξεων. Οι διατάξεις αυτές ενδείκνυνται σε περιπτώσεις όπου τοποθετούνται ηχοπετάσματα σε κάθε πλευρά της οδού, οπότε παρατηρείται το φαινόμενο της αύξησης του θορύβου μέσα στην οδό, λόγω διαδοχικών ανακλάσεων επάνω στα αντικριστά ηχοπετάσματα. Τα απορροφητικά ηχοπετάσματα αποτελούνται από ινώδη ή πορώδη υλικά, τα οποία απορροφούν ποσοστό του προσπίπτοντος ήχου.

Η απορροφητικότητα ενός υλικού εκφράζεται από το **συντελεστή απορρόφησης  $\alpha$** , ο οποίος κυμαίνεται από 0 για πλήρως ανακλαστικό, έως 1 για πλήρως απορροφητικό υλικό. Ο συντελεστής απορρόφησης προσδιορίζεται για συγκεκριμένη συχνότητα, ή για ομάδα συχνοτήτων, όπως στο **Διάγραμμα 8.2**.



**Διάγραμμα 8.2:** Συντελεστές απορροφητικότητας  $\alpha$  για διάφορα υλικά ηχοπετασμάτων [25].



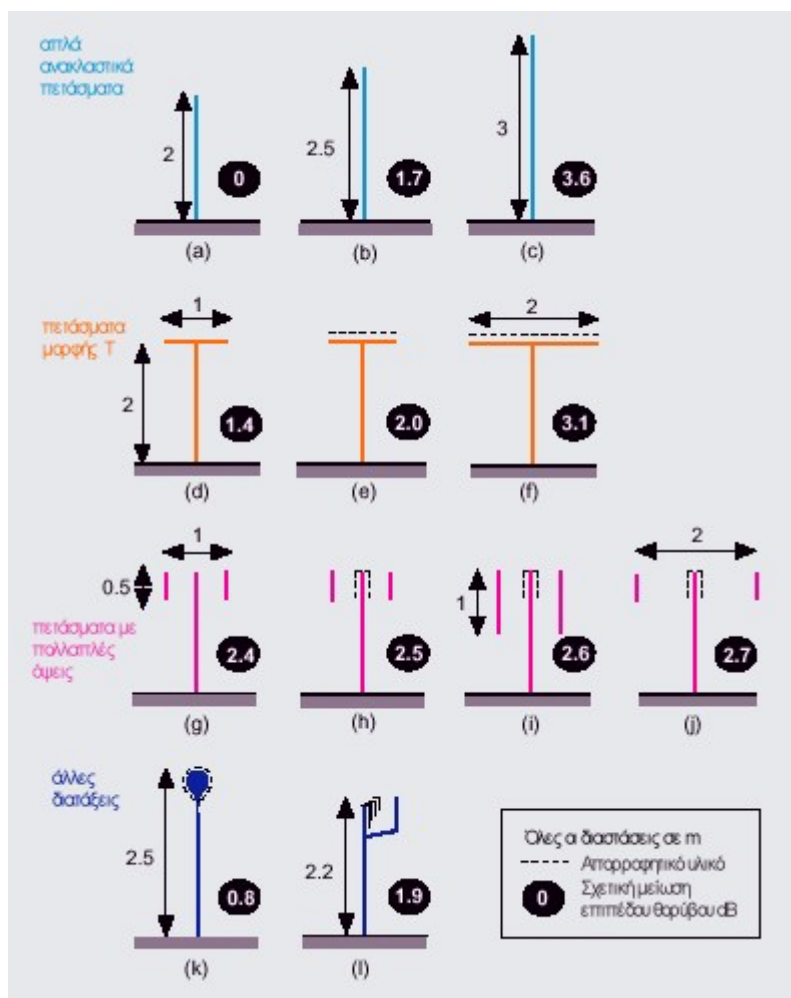
**Διάγραμμα 8.3:** Ηχοεξασθένιση απορροφητικών ηχοπετασμάτων [23].

Στο **Διάγραμμα 8.3** δίνονται τυπικά αποτελέσματα απομείωσης του θορύβου για απορροφητικά ηχοπετάσματα διαφόρων συντελεστών απορροφητικότητας  $\alpha$ . Σε γενικές γραμμές, πειράματα έχουν δείξει ότι η επιπλέον απομείωση του θορύβου από ένα απορροφητικό ηχοπέτασμα, σε σχέση με το αν αυτό ήταν απλώς ανακλαστικό, φτάνει να ισοδυναμεί με άρση περισσότερης από της μισής κυκλοφορίας [25]. Για να είναι αποτελεσματικό ένα απορροφητικό υλικό, θα πρέπει να έχει υψηλό συντελεστή απορροφητικότητας (τουλάχιστον 0,6) στις συχνότητες ήχου που εμφανίζονται περισσότερο στην οδό, να είναι ανθεκτικό στις περιβαλλοντικές συνθήκες και να μην μειώνεται η απορροφητικότητά του με το χρόνο.

Μία ακόμη εκδοχή ηχοπετασμάτων, και εναλλακτική των απορροφητικών, είναι τα γωνιώδη και κεκλιμένα ηχοπετάσματα. Οι διατάξεις αυτές ανακλούν τον ήχο προς τα πάνω, μειώνοντας το θόρυβο σε θέσεις κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Έρευνες έδειξαν ότι παράλληλα κεκλιμένα προς τα έξω ηχοπετάσματα με κλίση  $10^\circ$  και άνω επιτυγχάνουν παρόμοια απομείωση σε σχέση με παράλληλα, κατακόρυφα και πλήρως απορροφητικά. Παρόμοια απομείωση με τα πλήρως κεκλιμένα μπορεί να επιτύχουν και κατάλληλα μελετημένα μερικώς πτυχωτά ηχοπετάσματα. Το

μειονέκτημα όλων αυτών των διατάξεων είναι πως με συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες είναι δυνατόν ο ήχος να επιστρέφει πίσω στο έδαφος.

Τέλος, μία ακόμη ευρεία κατηγορία ηχοπετασμάτων είναι αυτά που έχουν ειδική διαμόρφωση στην κορυφή τους. Τέτοιες περιπτώσεις είναι μορφές T, οι πολλαπλές όψεις κλπ., οι οποίες προκαλούν απομείωση με διάφορους τρόπους. Στην **Εικόνα 8.2** δίνεται η επιπλέον απομείωση που επιτυγχάνεται από διάφορες μορφές, σε σχέση με απλό ανακλαστικό ηχοπέτασμα ύψους 2 m. Παρατηρείται μία μέση γενική απομείωση της τάξης των 2,5-3,5 dB, που αντιστοιχεί με αύξηση του ύψους του ηχοπετάσματος.



**Εικόνα 8.2:** Επιτυγχανόμενη επιπλέον απομείωση θορύβου από ηχοπετάσματα διαφόρων μορφών, σε σχέση με απλό ανακλαστικό ηχοπέτασμα ύψους 2 m [25].

### 8.4 Γενικές αρχές τοποθέτησης ηχοπετασμάτων

Από τα όσα παρατέθηκαν παραπάνω γίνεται φανερό ότι, λίγο ως πολύ, τόσο οι διαστάσεις ενός ηχοπετάσματος, και πιο συγκεκριμένα το ύψος και το μήκος, όσο και η μορφή του, είναι στοιχεία που καθορίζονται από τις λειτουργικές απαιτήσεις της τοποθέτησης, και ειδικότερα από τις ανάγκες απομείωσης του θορύβου.

Ηχοπετάσματα μπορούν, ανάλογα με τις συνθήκες, να τοποθετηθούν είτε στη μία μόνο πλευρά της οδού, είτε και στις δύο, ενώ δεν λείπουν ηχοπετάσματα και στη

διαχωριστική νησίδα. Όσο πιο κοντά στην οριογραμμή του οδοστρώματος, δηλαδή στην πηγή του ήχου, βρίσκεται ένα ηχοπέτασμα, τόσο πιο αποτελεσματικά λειτουργεί. Από την άλλη, οι απαιτήσεις ασφάλειας και ορατότητας επιβάλλουν την τοποθέτησή του όσο το δυνατόν μακρύτερα. Σε κάθε περίπτωση, αν το ηχοπέτασμα βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από το οδόστρωμα θα πρέπει οπωσδήποτε να προστατεύεται από το κατάλληλο στηθαίο (βλ. Κεφάλαιο 1).

Επίσης, ανοίγματα σε ηχοπετάσματα καταστρέφουν την αποτελεσματικότητά τους και θα πρέπει να αποφεύγονται. Εντούτοις, όπου αυτά επιβάλλονται, όπως σε περιπτώσεις διασταυρώσεων, θα πρέπει να διαμορφώνεται εξωτερικό ηχοπέτασμα που να καλύπτει την περιοχή του ανοίγματος, με ανάλογη διαμόρφωση της διασταύρωσης. Σε μεγάλου μήκους ηχοπετάσματα θα πρέπει να προβλέπονται και θύρες διαφυγής.

### 8.5 Η στατική των ηχοπετασμάτων - Φέρων οργανισμός και θεμελίωση

Από στατικής απόψεως, τα ηχοπετάσματα είναι εκτεταμένες επιφανειακές κατασκευές που δέχονται κυρίως φορτίσεις ανεμοπίεσης, χωρίς να λείπουν και φορτία βαρύτητας λόγω της μορφής. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό του συστήματος παραλαβής οριζόντιων δυνάμεων, κάθετα στο επίπεδο του ηχοπετάσματος, και στη μεταφορά και παραλαβή των εν λόγω φορτίων από τη θεμελίωση.

Ο κανόνας επιβάλλει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις τα ηχοπετάσματα συντίθενται από επιμέρους ελαφρά επιφανειακά τεμάχια, που μεταφέρουν τα φορτία τους σε κατακόρυφους στύλους. Σε άλλες περιπτώσεις το ηχοπέτασμα είναι απλώς ένας επιμήκης τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα, ο οποίος μεταφέρει όλα τα φορτία του απευθείας στη θεμελίωση, ενώ τελευταία η ίδια τεχνική εφαρμόζεται και σε συγκεκριμένα υλικά, που διαμορφώνουν λεπτά επιφανειακά στοιχεία, επίσης απευθείας εδραζόμενα στη θεμελίωση, χωρίς ανάγκη στύλων. Όπου υπάρχουν στύλοι, η μεταξύ τους απόσταση μπορεί να αυξηθεί με εφαρμογή και οριζόντιων φερόντων στοιχείων, στην κορυφή ή στην πλάτη του ηχοπετάσματος.

Η θεμελίωση των διατάξεων είναι και αυτή αρκετά σημαντική παράμετρος στο σχεδιασμό, καθώς μπορεί να χρειαστεί να αντιμετωπίσει αυξημένες ανεμοπιέσεις, δυσμενείς εδαφικές συνθήκες από φτωχής φέρουσας ικανότητας επιχώματα, ή και να συνδυαστεί με το σύστημα αποχέτευσης της οδού.

Επιμήκειες επιφάνειες-πρόβολοι, όπως οι τοίχοι από σκυρόδεμα, εδράζονται επάνω σε γραμμικά θεμέλια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Για τις υπόλοιπες συνήθειες περιπτώσεις, όπου τα φορτία μεταφέρονται στη θεμελίωση από κατακόρυφους στύλους, μπορούν να εφαρμοστούν οι παρακάτω λύσεις θεμελίωσης [24]:

-Σε επίπεδο έδαφος ή σε επιχώματα ύψους το πολύ 3,5 m, και με καλή φέρουσα ικανότητα, αρκούν τοπικά πέδιλα από σκυρόδεμα σε κάθε στύλο.

-Σε ψηλά επιχώματα, και γενικά σε χαμηλής φέρουσας ικανότητας εδάφη ή για υψηλές ανεμοπιέσεις, κάθε στύλος επεκτείνεται σε χαλύβδινο πάσσαλο.

-Εναλλακτικά της προηγούμενης περίπτωσης, και επειδή οι πάσσαλοι κοστίζουν, μπορούν να τοποθετηθούν πάσσαλοι μόνο ανά δύο ή τρεις στύλους, αλλά όλοι οι στύλοι στη βάση τους θα συνδέονται από δοκό οπλισμένου σκυροδέματος, ώστε τα φορτία από τους μη πασσαλωμένους στύλους να μεταφέρονται και αυτά στους υπάρχοντες πασσάλους. Σε αυτήν την περίπτωση οι πάσσαλοι θα είναι μεν λιγότεροι, αλλά μεγαλύτερου μήκους.

-Όπου υπάρχει τοίχος αντιστήριξης, το ηχοπέτασμα μπορεί να εδραστεί επάνω του με κοχλίωση των κατακόρυφων στύλων επάνω σε ειδικές βάσεις, πακτωμένες επάνω στην κορυφή του τοίχου. Η ίδια τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί ούτως ή άλλως, με γραμμικό πέδιλο θεμελίωσης. Πάντως, η επιπλέον φόρτιση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό του τοίχου αντιστήριξης.

-Πάκτωση των κατακόρυφων στύλων μέσα σε στηθαίο τύπου New Jersey, στερεωμένο με τη σειρά του σε γραμμικό πέδιλο από οπλισμένο σκυρόδεμα.

## 8.6 Η αρχιτεκτονική και αισθητική διάσταση - Υλικά κατασκευής

Μέχρι τώρα αφέθηκε να εννοηθεί ότι ο καθολικός σχεδιασμός μίας λύσης με ηχοπετάσματα έγκειται κατά κύριο λόγο στη διαχείριση της ακουστικής, δηλαδή σχετικά με το λόγο που τοποθετούνται. Στην πραγματικότητα, αυτή είναι μόνο η μία όψη του νομίσματος. Τα μεγάλα ύψη των ηχοπετασμάτων, εκτεταμένα σε μεγάλα μήκη, αναμιγνύουν αναγκαστικά και την οπτική διάσταση στο σχεδιασμό. Ένα ηχοπέτασμα μπορεί να είναι μονότονο και αντιαισθητικό, τόσο για τους οδηγούς, όσο και για τους παρόδους. Τα ηχοπετάσματα, πλέον, αντιμετωπίζονται ως αρχιτεκτονικά στοιχεία, τα οποία, μάλιστα, πρέπει να είναι όχι μόνο αισθητικά αποδεκτά, αλλά και να συμβαδίζουν με το χαρακτήρα του περιβάλλοντος χώρου.

Έτσι, στον καθορισμό της μορφής και των υλικών κατασκευής, μαζί με τη λειτουργική υπεισέρχεται πλέον και η αρχιτεκτονική διάσταση. Χαρακτηριστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των ηχοπετασμάτων είναι:

- **Εδαφικά υλικά:** Έχουν πιο αποδεκτή εμφάνιση, δεν προκαλούν αίσθημα περιορισμού, μπορούν να φυτευτούν και έχουν απεριόριστη διάρκεια ζωής. Ωστόσο, απαιτούν πολύ μεγάλη επιφάνεια ανάπτυξης, ενώ πρέπει να εξετάζονται και οι γεωτεχνικές παράμετροι του εδάφους.
- **Ξύλο:** Μπορεί να βρεθεί και σε ανακλαστικούς, και σε απορροφητικούς τύπους. Εξαιρετικά φιλικό, συνδυάζεται αποτελεσματικά με φυσικό υπόβαθρο, είναι όμως ακατάλληλο σε αστικό περιβάλλον. Τα ξύλινα ηχοπετάσματα πρέπει να είναι πάντα κατακόρυφα, ενώ σε μεγάλο μήκος μπορεί να καταντούν μονότονα.
- **Μεταλλικά φύλλα:** Είναι γενικά απορροφητικού τύπου, αλλά μπορεί να βρεθούν και ανακλαστικά ηχοπετάσματα αυτού του είδους. Ταιριάζουν περισσότερο σε αστικό περιβάλλον και μπορούν να συνδυαστούν με διαφανή στοιχεία, ή γενικά να αποκτήσουν ποικιλία στη μορφή τους.
- **Σκυρόδεμα:** Είναι είτε ανακλαστικού, είτε απορροφητικού τύπου. Στεγνές επίπεδες επιφάνειες θα πρέπει να αποφεύγονται, με διαμόρφωση σχημάτων και σχεδίων, ενώ η όψη τους βελτιώνεται σημαντικά σε συνδυασμό με βλάστηση.
- **Οπτόπλινθοι:** Τα ηχοπετάσματα με μορφή τοιχοποιίας αποπνέουν μία διαφορετική αισθητική. Συμπαγείς οπτόπλινθοι είναι ανακλαστικού τύπου, ενώ διάτρητοι, απορροφητικού.
- **Πλαστικά:** Όντας ολοένα και φθηνότερα, και με δεδομένη την ικανότητα να παρέχουν ευρεία ποικιλία σε μορφές, κατέχουν σημαντικό μερίδιο στις εφαρμογές ηχοπετασμάτων.
- **Διαφανή υλικά:** Αποτελούμενα από γυαλί, ακρυλικά ή πολυκαρβονικά υλικά, τα διαφανή ηχοπετάσματα είναι ιδεώδη για περιπτώσεις που απαιτείται η διατήρηση του χαρακτήρα του περιβάλλοντος, λόγω της οπτικής τους

ουδετερότητας, ενώ δεν προκαλούν αίσθημα περιορισμού στον οδηγό και επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός. Ενδείκνυνται για γέφυρες.

- **Φυτικά υλικά:** Τοποθετούνται επάνω σε σκελετό. Η εφαρμογή τους είναι υπό μελέτη. Έχουν το μειονέκτημα της απαίτησης συντήρησης.

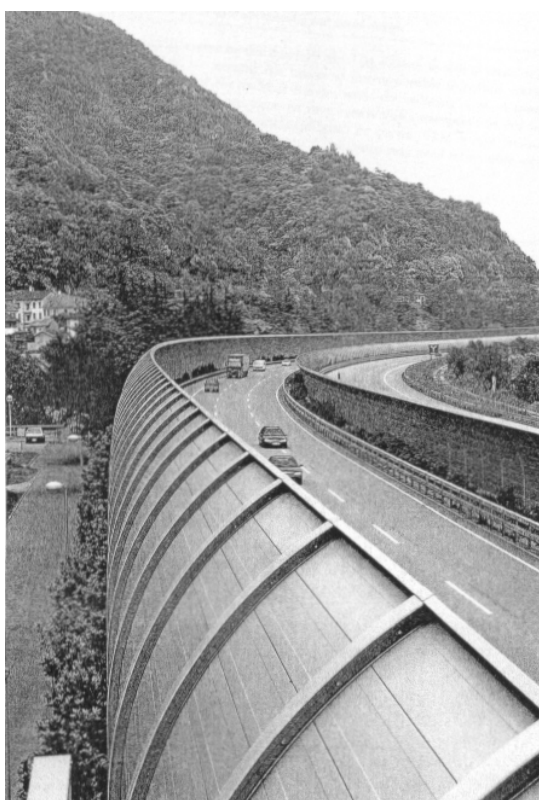
Στις **Εικόνες 8.3** έως **8.6** δίνονται χαρακτηριστικές περιπτώσεις όπου έλαβε χώρα προσπάθεια για αισθητική βελτίωση των ηχοπετασμάτων.



**Εικόνα 8.3:** Ηχοπέτασμα δίπλα από παιδότοπο.



**Εικόνα 8.4:** Διαφανές ηχοπέτασμα με ξύλινα στοιχεία, για περιορισμό της αλλοίωσης της άποψης του περιβάλλοντος.



**Εικόνα 8.5:** Ηχοπέτασμα από αλουμίνιο στην Μπελινζόνα της Ελβετίας.



**Εικόνα 8.6:** Διαφανές ηχοπέτασμα επάνω σε γέφυρα.

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

### 9.1 Εισαγωγή

Η κατακόρυφη αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων που λαμβάνει χώρα τα τελευταία χρόνια σε όλα τα οδικά δίκτυα παγκοσμίως έχει επιβάλλει νέες απαιτήσεις στο χώρο της διαχείρισης των εν λειτουργία οδικών έργων. Η φιλοσοφία της διεύρυνσης της οδικής υποδομής ως λύση στο πρόβλημα έδειξε γρήγορα τη δυσκαμψία της, οπότε ως γόνιμη στρατηγική αντιμετώπισης έχει χριστεί πλέον η φιλοσοφία της διαχείρισης της κυκλοφορίας. Για να πραγματοποιηθεί, όμως, η διαχείριση αυτή, ασφαλώς απαιτείται πρώτα η απόκτηση των σχετικών δεδομένων της κυκλοφορίας, μέσα από την ίδια την οδική υποδομή. Παράλληλα, οι απαιτήσεις ασφάλειας που προβάλλουν οι σύγχρονοι αυτοκινητόδρομοι επιβάλλουν ταχύτερη ανίχνευση και αντιμετώπιση των πάσης φύσεως προβληματικών καταστάσεων στην κυκλοφορία, που φτάνουν ως την άμεση επιτήρηση σε πραγματικό χρόνο.

Οι συνθήκες αυτές έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός ακόμη πεδίου εξοπλισμού των οδών, αυτό του εξοπλισμού παρακολούθησης της κυκλοφορίας. Μέχρι τώρα στο πεδίο αυτό περιλαμβάνονταν μόνο οι ανιχνευτές για τους σκοπούς της φωτεινής σηματοδότησης, καθώς και κάμερες κλειστού τηλεοπτικού κυκλώματος σε επικίνδυνα σημεία, όπως σήραγγες ή γέφυρες. Η σύγχρονη παρακολούθηση αξιοποιεί τόσο τις υπάρχουσες, όσο και νέες τεχνολογίες για τους σκοπούς της, δηλαδή τη *μέτρηση πάσης φύσεως κυκλοφοριακών δεδομένων* και την *επιτήρηση της κυκλοφορίας*.

### 9.2 Τύποι συστημάτων παρακολούθησης

Ο εξοπλισμός των συστημάτων παρακολούθησης της κυκλοφορίας μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στους παρακάτω τύπους:

- **Μαγνητικοί ανιχνευτές:** Είναι παγκοσμίως ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος τύπος, με κύρια εφαρμογή τους σηματοδοτούμενους κόμβους. Χρησιμοποιούνται για μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων.
- **Αισθητήρες ανίχνευσης έξω από το οδόστρωμα:** Είναι συσκευές που τοποθετούνται επάνω από το οδόστρωμα, εφαρμόζοντας διάφορες τεχνολογίες όπως μικροκύματα, λέιζερ ή υπέρυθρες ακτινοβολίες. Χρησιμοποιούνται και αυτοί για μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων.
- **Κλειστά αναλογικά κυκλώματα τηλεόρασης:** Η γνωστή πρακτική όπου αναλογικές κάμερες αποστέλλουν την εικόνα σε οθόνες του κέντρου διαχείρισης, για άμεση παρακολούθηση από το προσωπικό.
- **Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας:** Η πιο σύγχρονη τεχνική, όπου ψηφιακές κάμερες αποστέλλουν την εικόνα σε υπολογιστικά συστήματα τόσο για

εξαγωγή κυκλοφοριακών δεδομένων, όσο και για διαπίστωση ειδικών συμβάντων, σε κάθε περίπτωση μετά από ηλεκτρονική επεξεργασία της εικόνας.

Στο παρόν Κεφάλαιο θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι παραπάνω τύποι συστημάτων.

### 9.3 Μαγνητικοί ανιχνευτές

Οι σπουδαιότεροι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι οι ανιχνευτές βρόχου. Η εφαρμογή των ανιχνευτών αυτών ήταν πολύ συνηθισμένη σε σηματοδοτούμενους κόμβους για τις ανάγκες της επενέργειας, αλλά πλέον έχει επεκταθεί και στο πεδίο της παρακολούθησης της κυκλοφορίας, και ειδικότερα για την απόκτηση κυκλοφοριακών δεδομένων.

Οι εν λόγω ανιχνευτές είναι συσκευές που αποτελούνται από ένα βρόχο καλωδίου, τοποθετημένου κάτω από την οδική επιφάνεια, ο οποίος διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Ένα όχημα που διέρχεται επάνω από το καλώδιο λειτουργεί ως πυρήνας στο πηνίο, μεταβάλλοντας τη χωρητικότητά του, και με αυτό τον τρόπο πιστοποιεί την διέλευση του.



Εικόνα 9.1: Ζεύγη μαγνητικών ανιχνευτών βρόχου.

Στοιχεία που είναι δυνατόν να μετρηθούν με τη βοήθεια των ανιχνευτών βρόχου είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος, η κατανομή κατά λωρίδα, η πυκνότητα των οχημάτων και οι χρονικοί διαχωρισμοί. Επίσης, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 9.1**, τοποθετώντας τους βρόχους σε ζεύγη κατά μήκος της λωρίδας είναι δυνατή και η μέτρηση της ταχύτητας, όπως και του μήκους κάθε οχήματος, επιτρέποντας την κατηγοριοποίηση της κυκλοφορίας κατά τύπο οχημάτων.

Επιπλέον, προχωρημένες τεχνικές διαχείρισης των εν λόγω συστημάτων ανίχνευσης χρησιμοποιούν την προαναφερθείσα ικανότητα μέτρησης του μήκους για ταυτοποίηση της διέλευσης του ίδιου οχήματος σε επόμενα σημεία, επιτρέποντας έτσι την εξαγωγή συμπερασμάτων για τους χρόνους διαδρομής και τις μέσες ταχύτητες κίνησης στην οδό. Το ποσοστό σφάλματος στην αναγνώριση των οχημάτων με αυτή τη μέθοδο δεν ξεπερνάει το 5%. Παρομοίως, η ταυτοποίηση της διέλευσης ενός οχήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί και με τη βοήθεια του μαγνητικού «αποτυπώματος» που αφήνει κάθε ξεχωριστό όχημα κατά τη διέλευσή του από κάθε βρόχο. Με τη διασπορά σημείων ανίχνευσης σε ένα οδικό δίκτυο ή στις εισόδους και εξόδους αυτοκινητοδρόμων είναι δυνατή η εξαγωγή δεδομένων σχετικά με την πρόβλεψη και προορισμό των μετακινήσεων.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μαγνητικών ανιχνευτών βρόχου ως συστήματα παρακολούθησης είναι η απλότητα και το χαμηλό κόστος εγκατάστασης, όπως και η δεδομένη εμπειρία από την πολύχρονη χρήση τους. Επίσης, δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα, ενώ η λειτουργία τους δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες. Μειονέκτημά τους είναι η ανάγκη επέμβασης επάνω στην οδό, τόσο για την εγκατάσταση, όσο και για τη συντήρησή τους.

#### 9.4 Συσκευές ανίχνευσης έξω από το οδόστρωμα

Ως εναλλακτική λύση στους μαγνητικούς ανιχνευτές βρόχου στο πεδίο της απόκτησης κυκλοφοριακών δεδομένων, έχουν επινοηθεί και χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι συσκευών ανίχνευσης, τοποθετούμενοι έξω από το οδόστρωμα. Το χαρακτηριστικό όλων αυτών των συσκευών είναι η παρακολούθηση επάνω ή δίπλα από την οδό, με τοποθέτηση σε δικές τους ή υπάρχουσες διατάξεις στήριξης. Κατά συνέπεια, δεν απαιτείται η παρενόχληση της κυκλοφορίας κατά την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των διατάξεων αυτών.

Μερικές από τις διατάξεις που μπορούν να συναντηθούν είναι:

- **Ανιχνευτές μικροκυμάτων:** Κατά τη λειτουργία τους εκπέμπουν μικροκύματα και μετρούν τη μεταβολή στη συχνότητα του ανακλώμενου επάνω στην επιφάνεια παρακολούθησης σήματος. Η μεταβολή αυτή είναι ανάλογη με την ταχύτητα των οχημάτων και μπορεί να υπολογιστεί με μεγάλη ακρίβεια. Ωστόσο, η μέτρηση είναι δυνατή μόνο σε περίπτωση ελαφράς κυκλοφορίας. Σε πυκνή, αργή ή στάσιμη κυκλοφορία η λειτουργία είναι προβληματική έως αδύνατη.
- **Ανιχνευτές υπερήχων:** Υπολογίζουν την απόσταση από τα οχήματα, με τη βοήθεια υπερήχων που ανακλώνται επάνω σε αυτά και στο οδόστρωμα. Η λειτουργία τους παρεμποδίζεται από παράσιτα πηγών θορύβου.
- **Ενεργητικοί ανιχνευτές υπερύθρων:** Εκπέμπουν μία σειρά από αόρατες υπέρυθρες ακτίνες και αναλύουν τις αντανακλάσεις από τις λείες επιφάνειες των οχημάτων. Μπορούν να μετρήσουν κυκλοφοριακούς φόρτους και ταχύτητες οχημάτων.
- **Παθητικοί ανιχνευτές υπερύθρων:** Υπολογίζουν τις μεταβολές στη θερμική ακτινοβολία που προκαλούνται σε ένα συγκεκριμένο πεδίο λήψης. Οι



Εικόνα 9.2: Παθητικός ανιχνευτής υπερύθρων.

ανιχνευτές αυτοί μπορούν να λειτουργήσουν υπό οποιεσδήποτε συνθήκες κυκλοφορίας, απαιτούν πολύ λίγη ενέργεια και το κόστος τους είναι εξαιρετικά ανταγωνιστικό, ωστόσο πάσχουν στην ακρίβεια υπολογισμού της ταχύτητας.

- **Ανιχνευτές λέιζερ:** Χρησιμοποιούν ακτινοβολία τύπου λέιζερ για να υπολογίσουν την απόσταση από τα οχήματα, ενώ είναι ικανοί να προσδιορίσουν και το περίγραμμά τους. Υπολογίζουν με μεγάλη ακρίβεια φόρτους, ταχύτητα και ταξινόμηση κατά τύπο οχήματος, αλλά το κόστος τους καθιστά απαγορευτική τη μαζική τους χρήση.

Κάθε τύπος από τους προαναφερθέντες παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, καθώς και διάφορες δυνατότητες ανίχνευσης συγκεκριμένων στοιχείων κυκλοφορίας, ενώ σημαντική παράμετρος στη λειτουργία τους είναι και οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Για τη διεύρυνση των δυνατοτήτων ανίχνευσης μπορούν να συνδυαστούν επιμέρους τεχνολογίες, όπως παθητικοί ανιχνευτές υπερύθρων μαζί με υπέρηχους ή μικροκύματα. Πάντως, από τους προαναφερθέντες τύπους ο μόνος που διαθέτει την ικανότητα αναγνώρισης οχημάτων, οπότε μπορεί και να εφαρμοστεί για επεναυτοποίηση, σε αναλογία με τους ανιχνευτές βρόχου, είναι οι ανιχνευτές με λέιζερ, το κόστος των οποίων, όμως, είναι πού υψηλό. Κατά συνέπεια, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι ανιχνευτές βρόχου μάλλον θα παραμείνουν για αρκετό καιρό ακόμη οι δημοφιλέστεροι, με τους ανιχνευτές εκτός οδοστρώματος να αποτελούν απλώς εναλλακτική λύση όπου δεν είναι δυνατή η εφαρμογή τους.

## 9.5 Κλειστά αναλογικά κυκλώματα τηλεόρασης

Η χρήση κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο επιτήρησης σε οποιοδήποτε πεδίο, οπότε και η επιτήρηση της κυκλοφορίας δεν θα μπορούσε να αποτελεί εξαίρεση στον κανόνα. Μία σειρά από αναλογικές κάμερες, που εφαρμόζονται κατά μήκος μίας οδού ή σε συγκεκριμένα σημεία ενός οδικού δικτύου, μεταφέρει την εικόνα σε οθόνες στο κέντρο διαχείρισης, όπου το προσωπικό μπορεί να παρακολουθήσει άμεσα τη διεξαγωγή της κυκλοφορίας, ενώ είναι δυνατή και η εγγραφή σε βίντεο.

Ασφαλώς η μέθοδος αυτή παρακολούθησης, τουλάχιστον άμεσα, μπορεί να εφαρμοστεί μόνο για επίβλεψη, και όχι για απόκτηση κυκλοφοριακών δεδομένων. Κατά την επίβλεψη της κυκλοφορίας με τη μέθοδο κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης, το προσωπικό του κέντρου διαχείρισης είναι σε θέση να διαπιστώσει διάφορες προβληματικές καταστάσεις όπως ατυχήματα, συμφορήσεις, παράνομα ή προβληματικά κινούμενα οχήματα, δυσμενείς καιρικές συνθήκες, και να αντιδράσει άμεσα, γνωρίζοντας και το πραγματικό μέγεθος του προβλήματος. Σαν απλά παραδείγματα, σε περίπτωση κυκλοφοριακής συμφόρησης σε κάποιο σημείο αυτοκινητοδρόμου το προσωπικό μπορεί να κανονίσει εύκολα και άμεσα την απεικόνιση ενός προειδοποιητικού μηνύματος σε πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων, ή να κινήσει άμεσα τις απαραίτητες διαδικασίες σε περίπτωση ατυχήματος. Σημαντικός, επίσης, είναι ο ρόλος της επίβλεψης και στην περίπτωση των σηράγγων, όπου ένα ατύχημα ή μία δυσλειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού μπορεί να αποβούν εξαιρετικά επικίνδυνα.

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία στην απόδοση του όλου συστήματος επίβλεψης είναι η κατάλληλη τοποθέτηση των καμερών. Αυτή εξαρτάται τόσο από τις απαιτήσεις της επίβλεψης, όσο και από τις δυνατότητες της ίδιας της συσκευής

που επιλέγεται. Υπάρχουν συσκευές με δυνατότητες περιστροφής κατά τον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα, καθώς και μεγέθυνσης και εστίασης διαφόρων βαθμών, άμεσα χειριζόμενες σε πραγματικό χρόνο από το προσωπικό του κέντρου. Αυτές οι διατάξεις, βέβαια, απαιτούν πιο σύνθετη υποδομή επικοινωνίας, αλλά επιτρέπουν την κάλυψη ευρύτερης και μεγαλύτερου μήκους περιοχής, μέχρι και 800 m βάθους.

Σοβαρό ελάττωμα της μεθόδου επίβλεψης με κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης αποτελεί η δυσκολία λήψης στο σκοτάδι και υπό δυσμενείς συνθήκες ορατότητας, όπως βροχή, χιόνι, ομίχλη, σκόνη, καπνός. Επειδή, δε, είναι αυτές οι περιπτώσεις που καθίσταται ίσως περισσότερο χρήσιμη η επιτήρηση, αρκετοί κατασκευαστές έχουν προχωρήσει στη δημιουργία συσκευών λήψης με υπέρυθρες ακτίνες, που διαθέτουν βελτιωμένες σχετικές ικανότητες, όπως φαίνεται στις **Εικόνες 9.3 έως 9.5**.



**Εικόνα 9.3:** Άποψη υπό συνήθεις συνθήκες ορατότητας.



**Εικόνα 9.4:** Νυχτερινή άποψη με κάμερα βραχέων υπερύθρων.



**Εικόνα 9.5:** Νυχτερινή άποψη με κάμερα μακρών υπερύθρων.

## 9.6 Παρακολούθηση με ψηφιακή επεξεργασία εικόνας

Η εφαρμογή συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας αποτελεί την πιο σύγχρονη, αποτελεσματική και συγχρόνως ολοκληρωμένη μέθοδο παρακολούθησης της κυκλοφορίας. Κατά τη μέθοδο αυτή, όπως και στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης, λαμβάνεται εικόνα από την οδό με τη βοήθεια κάμερας και αναπαράγεται σε οθόνες του κέντρου διαχείρισης. Πλην όμως, η εικόνα αυτή εισάγεται και σε κατάλληλη ηλεκτρονική υπολογιστική μονάδα, όπου και υφίσταται επεξεργασία για τη λήψη όλων των επιθυμητών στοιχείων, παρακάμπτοντας τον ανθρώπινο παράγοντα. Η παρακολούθηση της κυκλοφορίας με ψηφιακή επεξεργασία εικόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί **τόσο για εξαγωγή κυκλοφοριακών δεδομένων, όσο και για επιτήρηση της κυκλοφορίας**.

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος φαίνεται στην **Εικόνα 9.6**. Κατά την εγκατάσταση του συστήματος, αφού οριστικοποιηθεί η θέση της κάμερας και ξεκινήσει η λήψη της εικόνας, ο χειριστής ορίζει στην οθόνη γραμμές και περιοχές ανίχνευσης, ανάλογα με τα στοιχεία που είναι επιθυμητό να λαμβάνονται. Μόλις κάποιο όχημα πατήσει κάποια γραμμή ή εισέλθει σε κάποια περιοχή, ανιχνεύεται. Στη

συνέχεια, μία σειρά από αλγορίθμους αναλαμβάνει να επεξεργαστεί περαιτέρω την εικόνα και να εξάγει όλα τα επιθυμητά στοιχεία, απεικονίζοντάς τα στην οθόνη, αλλά και αποθηκεύοντάς τα για δημιουργία διαχρονικών δεδομένων.



**Εικόνα 9.6:** Εικόνα λειτουργίας συστήματος ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας. Διακρίνονται οι γραμμές ανίχνευσης.

Συνοπτικά, οι δυνατότητες που παρέχονται από τη χρήση ενός σχετικού συστήματος μπορεί να είναι:

- *Μέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων*
- *Μέτρηση ταχύτητας οχημάτων και μέσης ταχύτητας κίνησης*
- *Κατανομή κυκλοφορίας κατά λωρίδα*
- *Χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί*
- *Πυκνότητα κυκλοφορίας*
- *Εκτίμηση μήκους οχημάτων και αντίστοιχη ταξινόμηση φόρτων*
- *Αναγνώριση παρουσίας οχημάτων σε προσβάσεις κόμβων*
- *Μέτρηση μήκους ουράς αναμονής σε προσβάσεις κόμβων*
- *Αναγνώριση συμφορήσεως*
- *Αναγνώριση προβληματικής κίνησης οχημάτων, όπως υψηλή ή χαμηλή ταχύτητα και απότομη μεταβολή της, στάση, αντίθετη κίνηση*
- *Ανίχνευση αντικειμένων στο οδόστρωμα*
- *Ανίχνευση καπνού ή ομίχλης*
- *Δυνατότητα παρακολούθησης οχήματος βάσει διαστάσεων και χρώματος*

Βέβαια, μία εγκατάσταση ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας δεν είναι απαραίτητο να περιλαμβάνει όλες τις προαναφερθείσες δυνατότητες ταυτόχρονα, παρά μόνο όσες χρειάζονται σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Συνήθως το διαθέσιμο λογισμικό διατίθεται σε τρεις διαφορετικές δυνατότητες, **για μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων**, για **ανίχνευση περιστατικών (επιτήρηση)** και για **διαχείριση σηματοδοτούμενων κόμβων**.

Κατά τη **μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων** μπορούν να μετρηθούν διάφορα στοιχεία όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι ταχύτητες των οχημάτων, η κατανομή κατά λωρίδα, οι χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί, η πυκνότητα κυκλοφορίας. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης του μήκους κάθε οχήματος, με αντίστοιχη κατανομή της κυκλοφορίας κατά κατηγορία. Τα στοιχεία μήκους σε συνδυασμό με το χρώμα, επιτρέπουν και την ταυτοποίηση της διέλευσης ενός συγκεκριμένου οχήματος από επόμενα παρακολουθούμενα σημεία, για την εξαγωγή μέσων ταχυτήτων και χρόνων διαδρομής, όπως και δεδομένων προέλευσης και προορισμού, σε αναλογία με τα όσα εκτέθηκαν σχετικά με τους μαγνητικούς βρόχους στην Παράγραφο 9.3. Το πλεονέκτημα είναι ότι με τη βοήθεια του λογισμικού όλα αυτά τα στοιχεία μπορούν να παρουσιαστούν σε διάφορες μορφές, καθώς και να

αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν για εξαγωγή διαχρονικών στοιχείων, εντελώς αυτόματα.



Εικόνα 9.7: Παρουσίαση στοιχείων κυκλοφορίας.

Η **ανίχνευση διαφόρων ειδών περιστατικών** πραγματοποιείται και αυτή αυτόματα, με τη δυνατότητα διαπίστωσης συμφόρησης, σταματημένων ή κινούμενων αντίθετα οχημάτων, αντικειμένων στο οδόστρωμα. Με την ανίχνευση κάποιου



Εικόνα 9.8: Ανίχνευση περιστατικού.

περιστατικού ενημερώνεται το προσωπικό του κέντρου, το οποίο έχει βέβαια τη δυνατότητα να επιβεβαιωθεί και ιδίως όμμασι από την οθόνη του, διαπιστώνοντας το είδος και την έκτασή του και αποφασίζοντας για τις ενέργειες στις οποίες θα προβεί. Απλώς δεν απαιτείται η συνεχής επαγρύπνησή του, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης. Ιδιαίτερη εφαρμογή της δυνατότητας ανίχνευσης περιστατικών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε επικίνδυνα σημεία, όπως οι σήραγγες, **Εικόνα 9.9**.



Εικόνα 9.9: Ανίχνευση σταματημένου οχήματος σε σήραγγα.

Τέλος, κατά τη δυνατότητα της **διαχείρισης σηματοδοτούμενων κόμβων** το σύστημα επεξεργασίας έχει τη δυνατότητα ανίχνευσης οχημάτων που αναμένουν ή προσεγγίζουν στην παρακολουθούμενη πρόσβαση, τη μέτρησή τους, καθώς και την εκτίμηση του μήκους ενδεχόμενης ουράς. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται στη διαχείριση της επενεργούμενης σηματοδότησης.



**Εικόνα 9.10:** Ανίχνευση αναμένοντων οχημάτων σε σηματοδότη.

Βασικοί παράγοντες στην αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία της ηλεκτρονικής παρακολούθησης είναι το είδος και η θέση των **συσκευών λήψης εικόνας** που χρησιμοποιούνται. Καθώς η ποιότητα της γραφικής επεξεργασίας εξαρτάται από την αντίστοιχη της εικόνας, οι κάμερες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ψηφιακής επεξεργασίας απαιτείται να είναι μεγαλύτερης ευκρίνειας σε σχέση με τις κοινές κάμερες των κλειστών κυκλωμάτων. Έγχρωμες κάμερες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν, αλλά είναι εν γένει λιγότερο ευαίσθητες σε σχέση με τις ασπρόμαυρες.



**Εικόνα 9.11:** Τύποι συσκευών λήψης εικόνας για εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας.

Η βέλτιστη θέση κάθε κάμερας εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής, καθώς και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Γενικά οι κάμερες θα πρέπει να είναι τοποθετημένες όσο το δυνατό υψηλότερα, και στο κέντρο της ζώνης ανίχνευσης. Εάν αυτό δεν είναι δυνατό, προτιμάται η τοποθέτηση κοντά στην εσωτερική λωρίδα, καθώς με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται το γεγονός βραδέα και ογκώδη οχήματα να κλείνουν το οπτικό πεδίο στις παρακείμενες λωρίδες. Η απευθείας πρόσπτωση του ηλιακού φωτός επάνω στο φακό θα πρέπει να αποφεύγεται. Το οπτικό πεδίο εξαρτάται από το ύψος τοποθέτησης, όπως και από το εύρος ανοίγματος του φακού. Ενδεικτικά, για την ανίχνευση σταματημένων οχημάτων η ζώνη ανίχνευσης συνήθως περιορίζεται σε 350 m σε ανοιχτές οδούς και σε 15 φορές το ύψος της κάμερας μέσα σε σήραγγες. Επίσης, μία κάμερα με σχεδόν κατακόρυφη τοποθέτηση (κοιτάζοντας προς τα κάτω) παρέχει σαφέστερη διάκριση των διαδοχικών οχημάτων, μειώνοντας τα σφάλματα αναγνώρισης καθότι φαίνονται τα διάκενα μεταξύ τους, αλλά το εξαιρετικά περιορισμένο πεδίο λήψης την καθιστά ακατάλληλη για επιτήρηση.

Τέλος, αναφέρεται ότι, όπως και στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων, έτσι και εδώ βασική αδυναμία της μεθόδου είναι η δυσκολία ανίχνευσης σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού ή περιορισμένης ορατότητας. Ομοίως, αντιμετώπιση του προβλήματος επιτυγχάνεται με χρήση τεχνολογιών όπως οι υπέρυθρες ακτινοβολίες.

## 9.7 Παρακολούθηση με τη βοήθεια καρτών ανταπόκρισης οχημάτων

Πέρα από τις προαναφερθείσες, μία ακόμη μέθοδος που εφαρμόζεται σε αρκετές περιοχές του κόσμου και χρίζει αναφοράς είναι και η παρακολούθηση με τη βοήθεια καρτών ανταπόκρισης στο εσωτερικό των οχημάτων. Η μέθοδος αυτή είναι ευρύτερα γνωστή με τη μορφή της ηλεκτρονικής χρέωσης διοδίων. Οι οδηγοί που επιθυμούν την αποφυγή της ταλαιπωρίας στάσης σε σταθμούς διοδίων εφοδιάζονται με μία ειδική κάρτα, την οποία τοποθετούν στο εσωτερικό του οχήματος. Σε κάθε σταθμό διοδίων υπάρχει ειδικός αναγνώστης, που αναγνωρίζει το συγκεκριμένο όχημα βάσει της κάρτας και χρεώνει το σχετικό αντίτιμο στον οδηγό.

Η δυνατότητα αυτή αναγνώρισης κάθε συγκεκριμένου οχήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα και για την ταυτοποίηση της διέλευσης του οχήματος και από επόμενους σταθμούς ανάγνωσης, παρέχοντας κυκλοφοριακά δεδομένα. Βέβαια, η μέθοδος αυτή προφανώς συνεργάζεται μόνο με τα εφοδιασμένα με κάρτα οχήματα, άρα τα αξιόπιστα δεδομένα που μπορεί να παρέχει είναι πολύ φτωχά, περιοριζόμενα μόνο σε μέσες ταχύτητες και χρόνους διαδρομής. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή είναι και αντίστοιχα απλή, φθηνή και εύκολης εφαρμογής, καθώς απαιτεί απλώς την τοποθέτηση αναγνωστών σε οποιοδήποτε πρόσφορο σημείο (μαζί με την υποδομή επικοινωνίας, βέβαια) και αξιοποιεί την ήδη υπάρχουσα υποδομή χρηστών-κατόχων κάρτας.



**Εικόνα 9.12:** Λειτουργία συστήματος παρακολούθησης με κάρτες ανταπόκρισης οχημάτων.

## ΛΟΙΠΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

### 10.1 Αντιθαμβωτικές διατάξεις

Σε οδούς με πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας και μεγάλη νυχτερινή κίνηση, η συγκεντρωμένη επίδραση των φανών των οχημάτων του ενός ρεύματος κυκλοφορίας μπορεί να δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες για τους οδηγούς στην αντίθετη κατεύθυνση. Επίσης, οι οδηγοί που κινούνται σε μία διαχωρισμένη οδό ή σε παράπλευρες οδούς έχουν την τάση να μην ρυθμίζουν τους προβολείς τους αναλόγως με τα αντιθέτως κινούμενα οχήματα, καθώς συγκεντρώνονται μόνο στο δικό τους κατάστρωμα κυκλοφορίας, δημιουργώντας παρόμοιο πρόβλημα θάμβωσης. Σε περιπτώσεις που υφίσταται τέτοιο πρόβλημα είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων αντιθαμβωτικής προστασίας, για την αναβάθμιση της οδικής ασφάλειας κατά τη νυχτερινή κίνηση.

Για την αντιμετώπιση του εν λόγω προβλήματος εφαρμόζονται τα *αντιθαμβωτικά πετάσματα*, τα οποία διαμορφώνονται είτε ως πυκνή βλάστηση, είτε, συνήθως, ως τεχνητές κατασκευές. Τα εν λόγω πετάσματα έχουν κατάλληλο ύψος και μπορούν να τοποθετηθούν στους ενδιάμεσους χώρους διαιρεμένων οδών ή παραπλεύρως του οδοστρώματος, ανάλογα με την προέλευση της θάμβωσης.

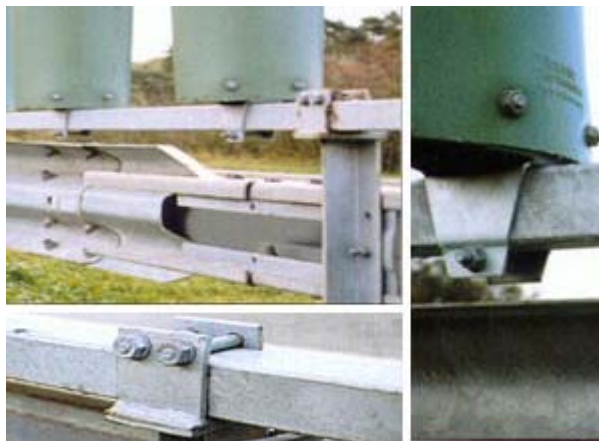
Η πιο συνήθης λύση αντιθαμβωτικής προστασίας είναι *οι κατακόρυφοι στύλοι* από πλαστικό υλικό, **Εικόνα 10.1**. Οι στύλοι αυτοί έχουν ύψος που κυμαίνεται



**Εικόνα 10.1:** Αντιθαμβωτικό πέτασμα από κατακόρυφους στύλους.

στα 60-120 cm, με πιο σύνηθες τα 90 cm, και έχουν το πλεονέκτημα της δυνατότητας τοποθέτησης επάνω σε υπάρχοντα μεταλλικά ή από σκυρόδεμα στηθαία, με κατάλληλες διατάξεις. Έτσι, το συνολικό ύψος κάλυψης κυμαίνεται στα 1,3-2,0 m, το οποίο επιλέγεται ακριβώς, ανάλογα με την κυκλοφορία βαρέων οχημάτων, των οποίων τόσο οι οδηγοί, όσο και οι προβολείς, είναι πιο ψηλά από τα επιβατικά αυτοκίνητα. Άλλες δυνατότητες τοποθέτησης είναι επάνω σε πρόσθετα ζυγώματα που ενώνουν τα απέναντι στηθαία μίας νησίδας, ή απευθείας επάνω στο έδαφος, επάνω σε

προεκτάσεις. Στην **Εικόνα 10.2** δίνονται λεπτομέρειες εφαρμογής επάνω σε μεταλλικό στηθαίο.

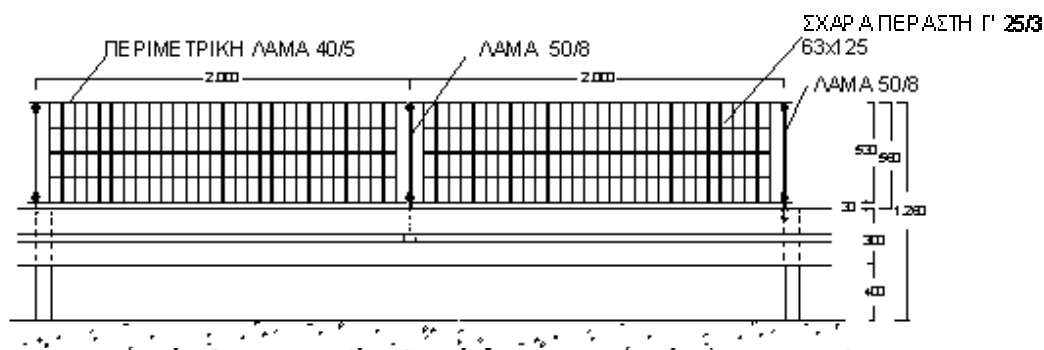


**Εικόνα 10.2:** Λεπτομέρειες εφαρμογής αντιθαμβωτικών στύλων σε μεταλλικό στηθαίο.

Η απόσταση μεταξύ των στύλων είναι κάτι που καθορίζεται από τον επιθυμητό βαθμό προστασίας, σε συνάρτηση με το πάχος των στύλων και την απόσταση των ρευμάτων κυκλοφορίας. Όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 10.1**, ακόμη και αραιές διατάξεις κλείνουν τελείως το οπτικό πεδίο από μία απόσταση και έπειτα. Πάντως, ένας σοβαρός παράγοντας που υπεισέρχεται στον καθορισμό της απόστασης είναι και η πλευρική ορατότητα τις ώρες της ημέρας, η οποία μπορεί να περιορίζεται σημαντικά σε πυκνές διατάξεις. Τυπικές αποστάσεις είναι μέχρι 80 cm.

Το πλαστικό υλικό των στύλων οφείλει να πληροί κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις αντοχής σε ανεμοπίεση, αντίστασης σε φωτιά, ανθεκτικότητας στις καιρικές συνθήκες και διάρκειας ζωής. Το χρώμα τους ποικίλλει, αλλά πιο συνήθεις είναι οι αποχρώσεις του πρασίνου.

Μία εναλλακτική λύση των αντιθαμβωτικών στύλων, αλλά όχι τόσο αποτελεσματική, είναι τα **αντιθαμβωτικά κιγκλιδώματα**. Οι διατάξεις αυτές είναι μεταλλικά πλέγματα, τα οποία τοποθετούνται ομοίως επάνω σε υπάρχοντα στηθαία ή επάνω στο έδαφος. Στην **Εικόνα 10.3** δίνεται μία τυπική λεπτομέρεια αντιθαμβωτικού κιγκλιδώματος σε μεταλλικό στηθαίο.



**Εικόνα 10.3:** Τυπική λεπτομέρεια αντιθαμβωτικού κιγκλιδώματος επάνω σε μεταλλικό στηθαίο.

Τέλος, αντιθαμβωτική προστασία μπορεί να προσφέρει και η κατάλληλη βλάστηση στη νησίδα ή παραπλεύρως της οδού, η οποία, όμως, αν δεν είναι φυσική, έχει ανάγκη από συνεχή συντήρηση.

Στον **Πίνακα 10.1** γίνεται μία ενδεικτική σύγκριση μεταξύ των τριών ειδών αντιθαμβωτικής προστασίας.

**Πίνακας 10.1:** Ενδεικτική σύγκριση μεταξύ των τύπων αντιθαμβωτικής προστασίας.

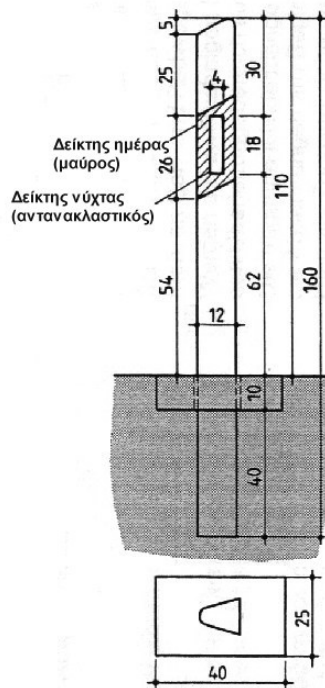
| Ιδιότητα                           | Βλάστηση    | Αντιθαμβωτικά κυκλιδώματα | Αντιθαμβωτικοί στύλοι |
|------------------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|
| Αντιθαμβωτική προστασία            | μέτρια-καλή | μέτρια-κακή               | καλή                  |
| Πλευρική ορατότητα κατά την ημέρα  | μέτρια      | καλή                      | καλή                  |
| Αντίσταση στον άνεμο               | κακή        | κακή                      | καλή                  |
| Οικονομικότητα                     | εξαρτ.      | μέτρια-κακή               | καλή                  |
| Ευκολία εγκατάστασης               | κακή        | κακή                      | μέτρια-καλή           |
| Ανάγκη συντήρησης                  | κακή        | καλή                      | καλή                  |
| Αισθητική                          | καλή        | μέτρια-κακή               | μέτρια                |
| Οπτική συμβατότητα με περιβάλλον   | καλή        | κακή                      | καλή                  |
| Παρεμπόδιση υπερπήδησης από πεζούς | μέτρια      | καλή                      | κακή                  |

## 10.2 Οριοδείκτες οδών

Οι οριοδείκτες είναι οι χαρακτηριστικοί στύλοι που τοποθετούνται εκατέρωθεν της οδού, με σκοπό να υποδείξουν τα όριά της στον οδηγό και να τον καθοδηγήσουν σε περιπτώσεις ασαφούς χάραξης ή αξιόλογης μεταβολής της. Η χρησιμότητά τους γίνεται καθοριστική κατά τις νυχτερινές ώρες ή σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας, όπου με τα αντανακλαστικά τους στοιχεία δίνουν στον οδηγό μία σαφή εικόνα των ορίων και της χάραξης της οδού, από πολύ μακριά. Επίσης, και σε περίπτωση χιονόπτωσης προεξέχουν από το ενδεχόμενο στρώμα χιονιού, εξακολουθώντας να επιτελούν το ρόλο τους.

Η μορφή και οι διαστάσεις των στύλων που χρησιμοποιούνται σήμερα φαίνονται στην **Εικόνα 10.4**. Οι στύλοι είναι λευκού χρώματος, με μία μαύρη επιφάνεια κοντά στην κορυφή τους που χρησιμεύει ως δείκτης ημέρας. Κατά τη νύχτα ο οριοδείκτης γίνεται ορατός από τη χαρακτηριστική αντανακλαστική του επιφάνεια, η οποία είναι από τη μία πλευρά του στύλου κόκκινη, και από την άλλη λευκή. Στην Ελλάδα οι οριοδείκτες τοποθετούνται πάντοτε με τέτοιο τρόπο, ώστε στη δεξιά οριογραμμή κατά την κίνηση του οχήματος να φαίνεται κόκκινος ανακλαστήρας και στην αριστερή λευκός. Τα αντανακλαστικά αυτά στοιχεία είναι είτε πρισματικοί κρύσταλλοι από ακρυλικό υλικό, είτε γυάλινα πρίσματα, είτε αντανακλαστική μεμβράνη υψηλής αντανακλαστικότητας.

Τονίζεται ότι σκοπός των πασσάλων δεν είναι η προστασία των οχημάτων από εκτροπή από την πορεία τους, οπότε κατασκευάζονται από ελαφρό πλαστικό υλικό (PVC) και καταλύονται εύκολα κατά τη σύγκρουση. Παλιότερα θεωρούνταν ότι επιτελούσαν και αυτό το σκοπό, οπότε κατασκευάζονταν από οπλισμένο σκυρόδεμα. Μεγάλο τμήμα του ελληνικού οδικού δικτύου διαθέτει ακόμη τους οριοδείκτες αυτού του τύπου, που είναι οι χαρακτηριστικοί λευκοί κύλινδροι από σκυρόδεμα.



Εικόνα 10.4: Οριοδείκτης οδού.

Οι οριοδείκτες μπορεί να υπάρχουν κατά μήκος εκτεταμένων τμημάτων μίας οδού, ή μόνο σε συγκεκριμένα σημεία που απαιτούνται, ενώ δεν είναι απαραίτητοι σε σημεία που φωτίζονται καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας. Στις ευθείες οι οριοδείκτες τοποθετούνται συνήθως κατά ζεύγη εκατέρωθεν της οδού, ενώ για τις οριζόντιες καμπύλες πολλοί κανονισμοί επιτρέπουν την τοποθέτηση μόνο στην εξωτερική πλευρά της καμπύλης. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, οι οριοδείκτες τοποθετούνται σε σταθερή απόσταση από την οριογραμμή του οδοστρώματος, έτσι ώστε να μην προκαλούν σύγχυση στην εκτίμηση των ορίων της οδού. Κατά τις γερμανικές τεχνικές οδηγίες [2] η ελάχιστη αυτή απόσταση από το άκρο του οδοστρωμένου τμήματος της οδού είναι 0,5 m, ενώ κατά τους αμερικανικούς κανονισμούς [8] κυμαίνεται μεταξύ 0,6-2,4 m. Αν σε κάποιο σημείο υπάρχει εμπόδιο σε μικρότερη απόσταση από το οδόστρωμα από ό,τι η γραμμή των οριοδεικτών, όπως το στηθαίο μίας γέφυρας, αυτοί μετατοπίζονται σταδιακά μέχρι την απόσταση αυτή, ενώ όπου υπάρχει στηθαίο ασφαλείας οι οριοδείκτες τοποθετούνται πίσω από αυτό.

Στις ευθείες η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των οριοδεικτών είναι 50 m και μπορεί να φτάνει μέχρι 160 m [8], θα πρέπει, όμως, να λαμβάνεται πρόνοια ώστε σε κυρτές κατακόρυφες καμπύλες που υπάρχει περιορισμός του μήκους ορατότητας, να είναι πάντα ορατά τουλάχιστον δύο ζεύγη οριοδεικτών. Σε ευθείες συνδετήριων κλάδων η μεταξύ τους απόσταση πρέπει να είναι 30 m.

Τέλος, στις οριζόντιες καμπύλες η εν λόγω απόσταση μειώνεται, ανάλογα με την καμπυλότητα της στροφής, όπως δίνεται στον Πίνακα 10.2 [8].

Πίνακας 10.2: Απόσταση μεταξύ οριοδεικτών σε οριζόντιες καμπύλες [8].

| Ακτίνα<br>καμπυλότητας<br>R (m)  | 15 | 35 | 55 | 75 | 95 | 125 | 155 | 185 | 215 | 245 | 275 | 305 |
|----------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Απόσταση<br>οριοδεικτών<br>S (m) | 6  | 8  | 11 | 13 | 15 | 18  | 20  | 22  | 24  | 26  | 27  | 29  |

Οι παραπάνω τιμές εφαρμόζονται στα κυκλικά τμήματα των καμπυλών. Στις κλωθοειδείς γίνεται μία σταδιακή μετάβαση από την απόσταση της ευθυγραμμίας στην αντίστοιχη του κυκλικού τόξου.

### 10.3 Τηλέφωνα ανάγκης

Ένας αυτοκινητόδρομος εξυπηρετεί, συνήθως, μεγάλου μήκους μετακινήσεις και, ως γνωστόν, δεν διέρχεται ποτέ μέσα από κατοικημένες περιοχές. Έτσι, είναι δύσκολο για κάποιον αυτοκινητιστή που δεν διαθέτει δυνατότητα κινητής επικοινωνίας να αναζητήσει βοήθεια σε περίπτωση ανάγκης. Για το λόγο αυτό, σε αυτοκινητοδρόμους και παρόμοιας φύσεως οδούς θα πρέπει να υπάρχει πάντα υποδομή για τηλεφωνικές συσκευές ανάγκης ανά τακτά διαστήματα.

#### 10.3.1 Περιγραφή τηλεφωνικών συσκευών

Οι τηλεφωνικές διατάξεις ανάγκης αυτοκινητοδρόμων αποτελούνται από έναν ανοιχτό θάλαμο με τηλεφωνική συσκευή, τοποθετημένο ακριβώς δίπλα από το οδόστρωμα, και χρησιμεύουν στην επικοινωνία των χρηστών της οδού σε περίπτωση ανάγκης, **Εικόνα 10.5**. Οι τηλεφωνικές συσκευές δεν είναι συμβατικού τύπου, αλλά ειδικές συσκευές που δίνουν άμεση πρόσβαση σε κάποια γραμμή ανάγκης.



**Εικόνα 10.5:** Τηλεφωνικός θάλαμος ανάγκης σε αυτοκινητόδρομο.

Οι εν λόγω συσκευές ενεργοποιούνται αμέσως με το σήκωμα του ακουστικού, καλώντας αυτόματα την προγραμματισμένη γραμμή στο κέντρο διαχείρισης του αυτοκινητοδρόμου, ενώ όπου κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό, η επικοινωνία θα πρέπει να γίνεται με την Άμεση Δράση. Επίσης, οι συσκευές μπορούν να δεχτούν και οι ίδιες κλήση από τον τηλεφωνητή του κέντρου.

Για τον εύκολο εντοπισμό τους κατά τις νυχτερινές ώρες, τα ακουστικά μπορεί να διαθέτουν ενδεικτική λυχνία LED, ενώ απαραίτητη είναι και η πρόβλεψη για αυτόματη απενεργοποίηση, σε περίπτωση που το ακουστικό δεν κλείσει. Επίσης, η επικοινωνία θα πρέπει να έχει επαρκή ένταση, ώστε να διεξάγεται απρόσκοπτα σε σχέση με το θόρυβο από την κυκλοφορία στην οδό. Όλος ο θάλαμος, καθώς και η τηλεφωνική συσκευή, θα πρέπει να είναι ανθεκτικές στις καιρικές συνθήκες και να αντιστέκονται σε βανδαλισμούς. Για τον ίδιο λόγο, και το καλώδιο του ακουστικού θα πρέπει να βρίσκεται μέσα σε μεταλλικό ελαστικό σωλήνα και να είναι όσο το δυνατόν μικρότερου μήκους.

### 10.3.2 Θέσεις και τοποθέτηση τηλεφώνων ανάγκης

Για την επιλογή των θέσεων εγκατάστασης των τηλεφωνικών θαλάμων ανάγκης πρέπει να γίνει κατανοητή μία βασική λογική αρχή. Ο οδηγός που βρίσκεται στη δυσάρεστη θέση να αναζητήσει έναν τέτοιο θάλαμο, πιθανότατα κάνει την αναζήτηση πεζός μέσα σε έναν αυτοκινητόδρομο, ή δίπλα από αυτόν σε δύσβατο έδαφος, χωρίς, επιπλέον, να γνωρίζει που ακριβώς βρίσκεται ο πλησιέστερος από αυτούς. Κατά συνέπεια, η περίοδος επανάληψης των θαλάμων θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε ακόμη κι αν η αναζήτηση ξεκινήσει από το μέσο περίπου μεταξύ δύο τέτοιων θαλάμων, να μην χρειαστεί ο οδηγός να περπατήσει αρκετή ώρα υπό καθεστώς αβεβαιότητας. Απόψεις που θέλουν τους θαλάμους να εγκαθίστανται σε χώρους στάθμευσης αυτοκινητοδρόμων είναι μάλλον αποτυχημένες, αφού συνήθως οι χώροι αυτοί βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους για να προσεγγιστούν πεζή.

Έτσι, τα τηλέφωνα ανάγκης θα πρέπει να εγκαθίστανται το πολύ σε αποστάσεις **1000 m** μεταξύ τους. Παράγοντες που καθορίζουν την εν λόγω απόσταση είναι ο κίνδυνος για τον πεζό που κινείται κατά μήκος της οδού, καθώς και ο κίνδυνος για τα διερχόμενα οχήματα, λόγω του σταθμευμένου στο έρεισμα οχήματος. Κατά συνέπεια, η απόσταση επανάληψης μπορεί να μειώνεται ακόμη και στα 200 m όπου υπάρχουν υψηλοί κυκλοφοριακοί φόρτοι, στενά ερείσματα και κρίσιμα, από πλευράς οδικής ασφάλειας, σημεία. Επίσης, τηλέφωνα ανάγκης τοποθετούνται κοντά σε κόμβους.

Βασική αρχή κατά την τοποθέτηση είναι πως η εγκατάσταση θα πρέπει να γίνεται **κατά ζεύγη** εκατέρωθεν της οδού, ώστε ο αναζητών να μην έχει κίνητρο διάσχισης του οδοστρώματος, σε περίπτωση που διαπιστώσει την ύπαρξη τηλεφώνου στην απέναντι πλευρά.

Μετά τον καθορισμό της θέσης ενός θαλάμου, το ακριβές σημείο εγκατάστασης στην άμεση γειτονία της επιλεγμένης θέσης καθορίζεται επακριβώς με βάση τις τοπικές συνθήκες, όπως η ύπαρξη πινακίδων σήμανσης που δεν πρέπει να κρύβονται, η ύπαρξη κάποιου στύλου ηλεκτροφωτισμού, οπότε δέον είναι η τοποθέτηση να γίνει κοντά του για να υπάρχει φωτισμός το βράδυ, η ύπαρξη κατάλληλης θέσης παρά την οδό, η εξασφάλιση ορατότητας προς το θάλαμο κλπ. Πάντως, ο θάλαμος δεν πρέπει να τοποθετείται εν γένει μακρύτερα από 50 m από την προαποφασισμένη θέση.

Για τη σήμανση των τηλεφώνων, εκτός από τα σχετικά σύμβολα που υπάρχουν επάνω στο θάλαμο, καλό είναι να υπάρχει πρόσθετη σήμανση 250 m εκατέρωθεν της συσκευής, όπως και στο μέσο της απόστασης μεταξύ δύο διαδοχικών θαλάμων.

Ο θάλαμος τοποθετείται δίπλα από την οδό και προστατεύεται οπωσδήποτε από στηθαίο. Αν υπάρχει ήδη στηθαίο παραπλεύρως της οδού, αυτό διακόπτεται και από τις δύο πλευρές σε κάποια απόσταση εκατέρωθεν του θαλάμου, και στο σημείο αυτό τοποθετείται πρόσθετο στηθαίο, ώστε να υπάρχει υπερκάλυψη, με διαμόρφωση ενός διαδρόμου επαρκούς πλάτους, που να επιτρέπει την κίνηση αναπηρικών αμαξιδίων. Για τον επιπλέον άνετο ελιγμό των τελευταίων μπροστά από τη συσκευή, ο θάλαμος προσανατολίζεται με τρόπο ώστε ο χρήστης του τηλεφώνου να βλέπει προς το οδόστρωμα (βλ. **Εικόνα 10.5**).

## 10.4 Συστήματα θέρμανσης καταστρωμάτων γεφυρών

### 10.4.1 Το φαινόμενο του επιλεκτικού σχηματισμού πάγου στις γέφυρες

Το χειμώνα μία από τις ιδιαίτερες δυσκολίες που μπορεί να παρουσιαστεί στην οδήγηση είναι η ύπαρξη χιονιού ή πάγου επάνω στο οδόστρωμα, που απαιτεί τη μεγαλύτερη δυνατή προσοχή εκ μέρους του οδηγού και καθιστά την κίνηση δυσχερή. Ακόμη χειρότερη δε, είναι η απότομη μετάβαση από καθαρά οδικά τμήματα σε τμήματα με πάγο, όπου ο οδηγός εισέρχεται απροειδοποίητα και υπό όχι και τις καλύτερες συνθήκες ταχύτητας. Μία αρκετά συνηθισμένη εκδήλωση αυτού του φαινομένου, *του επιλεκτικού σχηματισμού πάγου*, παρουσιάζεται στις γέφυρες, λόγω των ειδικών συνθηκών ενεργειακού ισοζυγίου που λαμβάνουν χώρα.

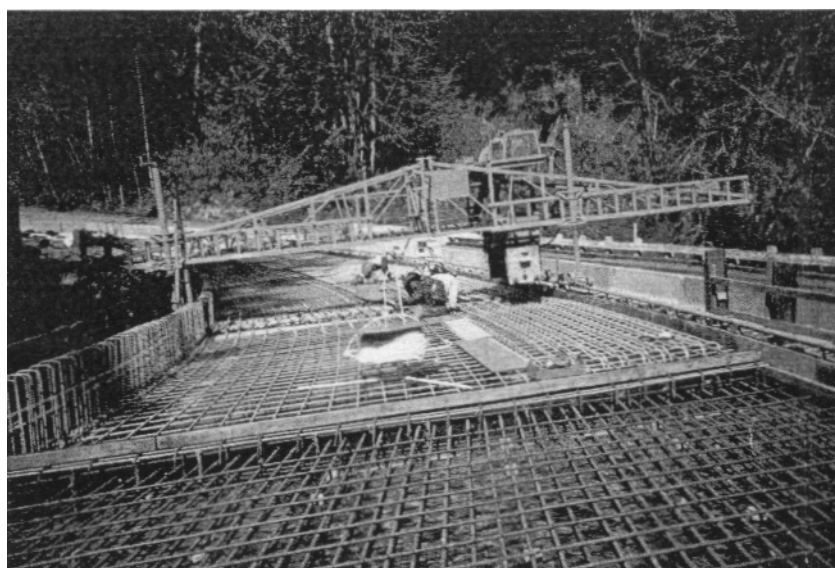
Ειδικότερα, το γεγονός ότι το κατάστρωμα μίας γέφυρας δεν βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος καθιστά τη θερμική του μάζα χαμηλότερη σε σχέση με ένα σύνηθες οδόστρωμα. Όταν συμβαίνουν απότομες μεταβολές στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η θερμοκρασία του καταστρώματος της γέφυρας μειώνεται πιο γρήγορα από την αντίστοιχη ενός συνηθούς οδοστρώματος σε έδαφος, καθώς δεν υπάρχει διαθέσιμη αρκετή αποθηκευμένη ενέργεια για την εξομάλυνση του φαινομένου. Επιπλέον, το γεγονός ότι το κατάστρωμα είναι σε επαφή με τον αέρα και στις δύο όψεις του καθιστά την απώλεια θερμότητας γρηγορότερη. Έτσι, αρκετές φορές ο συνδυασμός συγκεκριμένων συνθηκών του μικροκλίματος της περιοχής οδηγεί στο σχηματισμό του χαρακτηριστικού μαύρου πάγου επάνω στο κατάστρωμα της γέφυρας (και μόνο), φαινόμενο που πολλές φορές διαρκεί λίγη ώρα, αλλά αρκετά ώστε να αποτελεί εξαιρετικό κίνδυνο λόγω της ολισθηρότητάς του για τον αμέριμνο οδηγό.

Για την αντιμετώπιση του σχηματισμού πάγου στα καταστρώματα γεφυρών μπορεί να αξιοποιηθεί μία σειρά από τεχνικές, που περιλαμβάνουν τη χρήση χημικών αλάτων, τη μόνωση της πλάκας του καταστρώματος, καθώς και τη θέρμανσή της. Κάθε τεχνική έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, καθώς και το δικό της βαθμό απόδοσης. Η χρήση των αλάτων, που αποτελεί την πιο διαδεδομένη τεχνική στην απομάκρυνση του χιονιού και του πάγου από τα οδοστρώματα, μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς το φαινόμενο του επιλεκτικού σχηματισμού πάγου στο κατάστρωμα μίας γέφυρας, αρκεί η διασπορά να γίνεται πριν από την έναρξη του φαινομένου, κάτι που, όμως, σπανίζει. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή των αλάτων έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο οπλισμένο σκυρόδεμα του καταστρώματος, καθώς και στο περιβάλλον. Η τεχνική της μόνωσης της κάτω επιφάνειας της πλάκας δεν έχει μεγάλη απόδοση και απλώς εφαρμόζεται μόνο για την καθυστέρηση του φαινομένου και για τη μείωση της ποσότητας άλατος. Τέλος, οι τεχνικές θέρμανσης του καταστρώματος, συνδυαζόμενες με τον κατάλληλο εξοπλισμό παρακολούθησης, μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά το πρόβλημα, και με την ελάχιστη απαιτούμενη ανθρώπινη παρέμβαση, όμως η εφαρμογή τους είναι εξαιρετικά δαπανηρή.

Στην παρούσα Παράγραφο περιγράφονται οι μέθοδοι θέρμανσης των καταστρωμάτων. Όπως προαναφέρθηκε, οι μέθοδοι αυτές είναι εξαιρετικά δαπανηρές, τόσο στην εγκατάσταση, όσο και στη λειτουργία τους, οπότε η εφαρμογή τους βρίσκεται ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο και περιορίζεται αναγκαστικά μόνο σε εξαιρετικά σημαντικές περιπτώσεις γεφυρών. Αξίζει να αναφερθεί ότι αυτή τη στιγμή υπάρχουν μόνο οχτώ συνολικά περιπτώσεις θερμαινόμενων με ρευστό γεφυρών σε όλες τις Η.Π.Α. Επίσης, εφαρμογή της θέρμανσης πέρα από τις γέφυρες είναι θεμιτή, αλλά σε ειδικές περιπτώσεις οδοστρωμάτων, όπως διάδρομοι προσγείωσης, πολύ δυσχερή σημειακά τμήματα οδών, ή σταθμοί διοδίων.

### 10.4.2 Συστήματα θέρμανσης με σωληνώσεις θερμού ρευστού

Τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν τη θέρμανση του καταστρώματος της γέφυρας μέσω σωληνώσεων στις οποίες κυκλοφορεί θερμό ρευστό (υγρό ή αέριο), και οι οποίες τοποθετούνται στο εσωτερικό της πλάκας του καταστρώματος κατά το στάδιο της κατασκευής (**Εικόνα 10.6**), με σκοπό τη διατήρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας σε επίπεδα άνω των 0°C. Η κυκλοφορία του ρευστού μπορεί να γίνεται είτε με αντλία, οπότε τα συστήματα χαρακτηρίζονται και ως *ενεργητικά συστήματα θέρμανσης*, είτε με φυσικό τρόπο, χωρίς εξωτερική μηχανική ενέργεια, οπότε χαρακτηρίζονται και ως *παθητικά συστήματα θέρμανσης*. Η πρόσδοση της αρχικής θερμότητας στο σύστημα, η οποία στη συνέχεια μεταφέρεται μέσω της κυκλοφορίας του ρευστού στο κατάστρωμα, μπορεί να πραγματοποιηθεί με θέρμανση από την κάυση κάποιας καύσιμης ύλης, ή με την αξιοποίηση γεωθερμικής ενέργειας, λύση που είναι αρκετά συνήθης, καθώς παρέχεται δωρεάν από τη φύση.



**Εικόνα 10.6:** Εγκατάσταση σωληνώσεων θερμού ρευστού σε κατάστρωμα γέφυρας.

Τονίζεται ότι για να είναι αποτελεσματική οποιαδήποτε μέθοδος θέρμανσης, θα πρέπει η λειτουργία της να ξεκινάει πριν από το σχηματισμό πάγου στο κατάστρωμα της γέφυρας, ειδάλλως δεν έχει πολύ περισσότερα να προσφέρει σε σχέση με τα κοινά αλάτια απόψυξης. Έτσι, για την έγκαιρη εκκίνησή του το σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να συνοδεύεται πάντοτε από μία σειρά αισθητήρων θερμοκρασίας και καιρικών συνθηκών, τα δεδομένα των οποίων εισάγονται σε κάποιον αλγόριθμο που αποφασίζει για την έναρξη της λειτουργίας. Η επένδυση αυτή του συστήματος παρακολούθησης είναι πολύ χαμηλού κόστους μπροστά στο τεράστιο κόστος του όλου συστήματος.

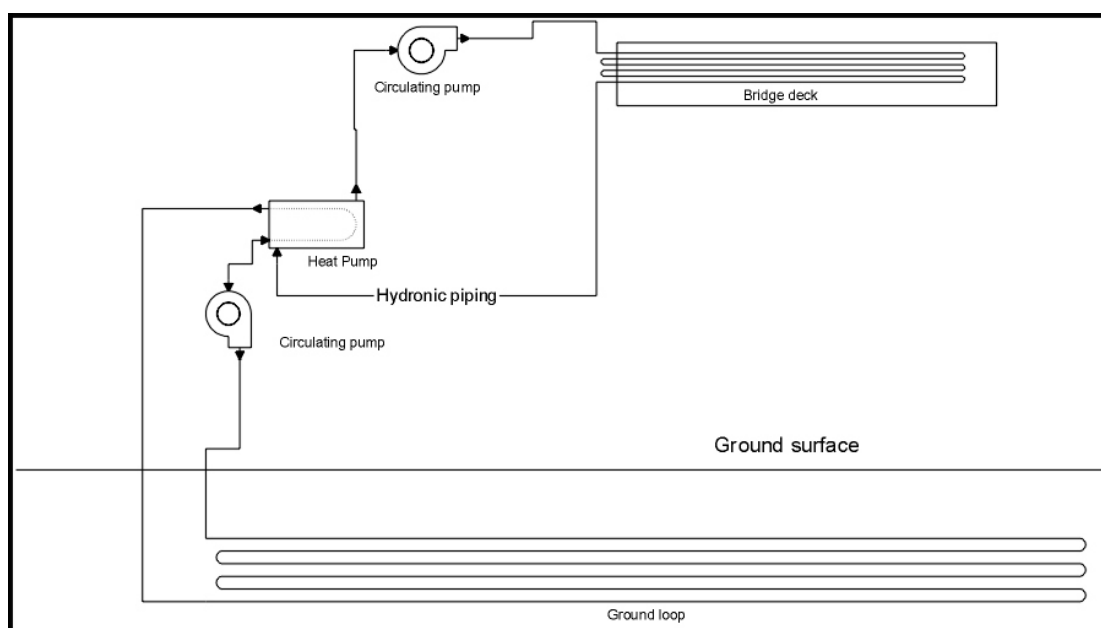
### 10.4.3 Ενεργητικά συστήματα θέρμανσης ρευστού

Στα ενεργητικά συστήματα θέρμανσης, η κυκλοφορία του ρευστού πραγματοποιείται με τη βοήθεια αντλίας. Οι σωλήνες έχουν εγκάρσια διάταξη στο κατάστρωμα και μπορεί να είναι από πλαστικό ή μεταλλικό (συμβατικός ή ανοξείδωτος χάλυβας, σίδηρος, χαλκός) υλικό. Οι πλαστικοί σωλήνες έχουν το πλεονέκτημα της μη οξείδωσης, έχοντας πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, αλλά η θερμοπερατότητά τους είναι

χαμηλότερη σε σχέση με την αντίστοιχη των μεταλλικών, οπότε απαιτείται η κυκλοφορία θερμότερου υγρού. Το πρόβλημα της οξείδωσης των μεταλλικών σωλήνων απαιτεί επαρκή αντιμετώπιση από το στάδιο της κατασκευής, καθώς οποιαδήποτε επέμβαση επισκευής έχει τεράστιο κόστος. Η ενδεικνυόμενη τεχνική είναι η εξασφάλιση της κατάλληλης επικάλυψης σκυροδέματος, πάχους τουλάχιστον 5 cm, ενώ βοηθάει και η επικάλυψη των σωλήνων με εποξειδικά. Η επικάλυψη από το σκυρόδεμα ενισχύει και την αντοχή σε συνάφεια του συστήματος σωλήνων-σκυροδέματος, καθώς υφίσταται κίνδυνος αποξήλωσης λόγω των μεγάλων θερμοκρασιακών δράσεων.

Το υγρό που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της θερμότητας στο κατάστρωμα μπορεί να είναι νερό ή έλαιο, αναμεμιγμένο με αντιψυκτικό, όπως η γλυκόλη. Για τη θέρμανση του υγρού χρησιμοποιούνται συνήθεις καυστήρες πετρελαίου, προπανίου ή φυσικού αερίου.

Μία εναλλακτική λύση θέρμανσης για συμπίεση του κόστους λειτουργίας αποτελεί η αξιοποίηση τυχόν διαθέσιμης πηγής γεωθερμικής ενέργειας. Σε αυτήν την περίπτωση οι σωληνώσεις τοποθετούνται μέσα στο έδαφος σε βάθος 9 m και άνω, όπου η θερμοκρασία προσεγγίζει τη μέση ετήσια της περιοχής, ανεξαρτήτως των επιφανειακών περιβαλλοντικών συνθηκών, ενώ εάν απαιτείται πρόσθετη θερμότητα μπορεί να προσδίδεται με ηλεκτρική ενέργεια. Στην **Εικόνα 10.7** δίνεται ένα σχεδιάγραμμα τυπικής ενεργητικής εγκατάστασης θέρμανσης καταστρώματος με γεωθερμική ενέργεια.



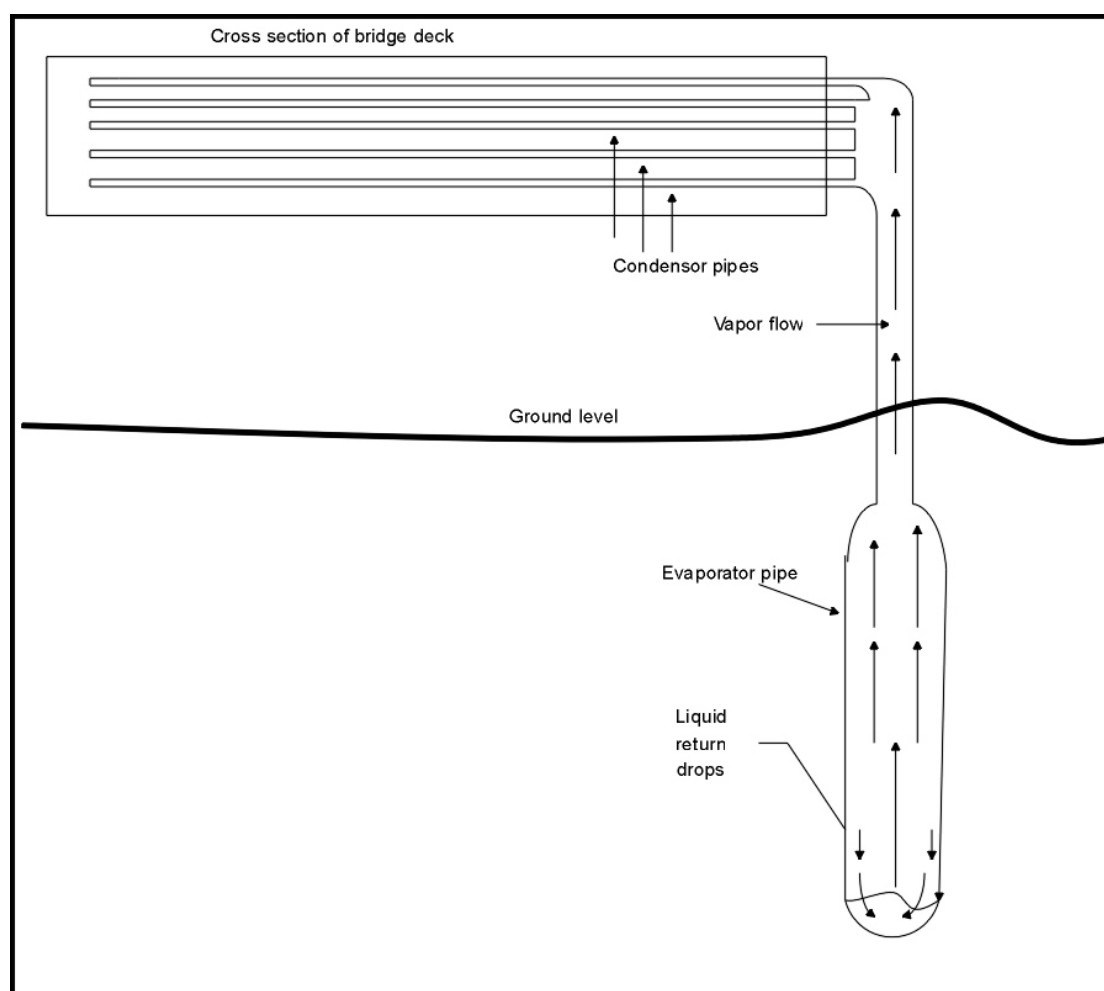
**Εικόνα 10.7:** Τυπικό σχεδιάγραμμα ενεργητικής εγκατάστασης θέρμανσης γέφυρας με γεωθερμική ενέργεια.

#### 10.4.4 Παθητικά συστήματα θέρμανσης ρευστού

Στα παθητικά συστήματα θέρμανσης, η κυκλοφορία του ρευστού πραγματοποιείται με φυσικό τρόπο, μη απαιτώντας εξωτερική ενέργεια. Μετά τη θέρμανσή του από τη σχετική διάταξη, το υγρό εξατμίζεται και οι ατμοί που δημιουργούνται κινούνται προς τους σωλήνες συμπίκνωσης, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στο κατάστρωμα της γέφυρας. Εκεί, μεταδίδουν τη θερμότητα τους στο κατάστρωμα και

συμπυκνώνονται. Στη συνέχεια, λόγω βαρύτητας η υγρή φάση επιστρέφει στη διάταξη θέρμανσης και η διαδικασία συνεχίζεται κυκλικά.

Όπως και στην περίπτωση των ενεργητικών, έτσι και στα παθητικά συστήματα ως πηγή θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συνήθης καυστήρας. Ωστόσο, επειδή τα εν λόγω συστήματα είναι ήδη απαλλαγμένα από την ανάγκη εξωτερικής ενέργειας για την κυκλοφορία, η ιδανική λύση για τη θέρμανση είναι η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Έτσι, το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης εκμηδενίζεται ολοκληρωτικά, καθώς τόσο η αρχική θερμότητα, όσο και η κυκλοφορία πραγματοποιούνται με φυσικό τρόπο. Μάλιστα, ένα γεωθερμικό παθητικό σύστημα απαλλάσσεται και από την ανάγκη συστήματος ελέγχου των καιρικών συνθηκών, καθώς ο κύκλος τίθεται σε λειτουργία απλώς κάθε φορά που η θερμοκρασία του καταστρώματος είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη του εδάφους. Η θερμότητα μεταφέρεται από το έδαφος ακόμα και όταν δεν υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας πάγου στο κατάστρωμα, πρόσθετη λειτουργία που ούτως ή άλλως δεν κοστίζει τίποτα. Μία τυπική εγκατάσταση παθητικού γεωθερμικού συστήματος δίνεται στην **Εικόνα 10.8**.



**Εικόνα 10.8:** Τυπικό σχεδιάγραμμα παθητικής εγκατάστασης θέρμανσης γέφυρας με γεωθερμική ενέργεια.

Το μειονέκτημα των παθητικών συστημάτων θέρμανσης είναι ότι κατά την κατασκευή θα πρέπει να δίνεται τεράστια προσοχή στη διαμόρφωση των κλίσεων των σωληνώσεων, έτσι ώστε το συμπυκνωμένο υγρό να μπορεί να επιστρέψει στη

διάταξη θέρμανσης, ενώ για τον ίδιο λόγο οι σωλήνες θα πρέπει να διατηρούνται τελείως καθαροί. Οι δυσκολίες αυτές δεν υφίστανται στην περίπτωση των ενεργητικών συστημάτων, λόγω της ροής υπό πίεση. Πάντως υπάρχουν περιπτώσεις παθητικών συστημάτων θέρμανσης γεφυρών που μετά από δεκαετίες λειτουργούν άψογα, και χωρίς καμία συντήρηση.

#### 10.4.5 Παράδειγμα εφαρμογής συστήματος θέρμανσης ρευστού

Μία περίπτωση συστήματος θέρμανσης καταστρώματος γέφυρας με ρευστό βρίσκεται στη Βιρτζίνια των Η.Π.Α. Η εν λόγω γέφυρα έχει μήκος 35,7 m και πλάτος 13,4 m, το δε κόστος της ανήλθε στα \$664.000, εκ των οποίων τα \$182.000 δαπανήθηκαν για το πειραματικό σύστημα θέρμανσης, ήτοι επιβλήθηκε μία προσαύξηση κατά 38% στο συμβατικό κόστος κατασκευής. Το σύστημα θέρμανσης είναι παθητικό, με καυστήρα προπανίου, και περιλαμβάνει αγωγούς συνολικού μήκους περί τα 3 km, με 241 σωλήνες διαμέτρου 1½” στο εσωτερικό της πλάκας καταστρώματος, ανά εγκάρσιες αποστάσεις της τάξης των 20 cm.

Το ρευστό που χρησιμοποιήθηκε αρχικά ήταν μία εκδοχή φρέον, αλλά η θερμική απόδοση κρίθηκε ανεπαρκής, με αποτέλεσμα τον πειραματισμό με σειρά άλλων ρευστών. Αυτή τη στιγμή το σύστημα λειτουργεί με αμμωνία, της οποίας η απόδοση κρίνεται ικανοποιητική. Για τη θέρμανση και εξάτμιση της αμμωνίας του παθητικού συστήματος χρησιμοποιείται λέβητας προπανίου.

Για τη διαχείριση της λειτουργίας του συστήματος έχει εφαρμοστεί μία σειρά αισθητήρων που υπολογίζουν τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας του καταστρώματος, τη σχετική υγρασία, την ηλιακή ακτινοβολία και την ταχύτητα του ανέμου, καθώς και ανιχνεύουν κατακρήμνιση και ύπαρξη πάγου ή χιονιού στο οδόστρωμα, ενώ μία υπέρυθρη κάμερα καταγράφει τη διασπορά της θερμότητας στην επιφάνεια του καταστρώματος. Η ενεργοποίηση του συστήματος μπορεί να γίνει με την πλήρωση οποιουδήποτε από τους παρακάτω όρους:

- ο αισθητήρας επιφάνειας υποδεικνύει χιόνι ή πάγο
- ο αισθητήρας κατακρήμνισης ανιχνεύει κατακρήμνιση (βροχή ή χιονόπτωση) και η θερμοκρασία της επιφάνειας είναι κάτω από 1,5°C
- ο αισθητήρας επιφάνειας υποδεικνύει υγρό οδόστρωμα και η θερμοκρασία της επιφάνειας του καταστρώματος είναι χαμηλότερη από 1,5°C

Αντίστοιχα, η απενεργοποίηση του συστήματος μπορεί να γίνει ομοίως με την πλήρωση οποιουδήποτε από τους παρακάτω όρους:

- ο αισθητήρας επιφάνειας υποδεικνύει καθαρό οδόστρωμα για διάρκεια πάνω από 10 min
- η θερμοκρασία της επιφάνειας του καταστρώματος είναι τουλάχιστον 4,5°C

Η λειτουργία του συστήματος βρίσκεται υπό στενή παρακολούθηση από το σχετικό φορέα διαχείρισης, ο οποίος αξιολογεί συνεχώς την απόδοση, πρακτικότητα και αποτελεσματικότητά του, σε συνδυασμό με το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, τους κυκλοφοριακούς φόρτους και την εικόνα των ατυχημάτων.

#### 10.4.6 Συστήματα θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις

Τα συστήματα αυτά, όπως και τα αντίστοιχα με σωλήνες θερμού ρευστού, χρησιμοποιούνται για την απευθείας θέρμανση της πλάκας του καταστρώματος στο εσωτερικό της. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η θέρμανση επιτυγχάνεται με τη χρήση καλωδίων, που λειτουργούν ως αντιστάσεις.

Τα καλώδια αποτελούνται από ένα ή δύο στοιχεία αντίστασης, μέσα σε υψηλής πίεσης οξειδίο μαγνησίου, επενδεδυμένο με χάλκινο ή χαλύβδινο περίβλημα. Η αντίσταση των αγωγών και το είδος του περιβλήματος καθορίζονται από τις απαιτήσεις θέρμανσης. Για βελτίωση της αντίστασης σε μηχανική φθορά κατά την εγκατάσταση και σε οξείδωση από το νερό ή τα χημικά που ενδεχομένως εισβάλλουν, μπορεί να εφαρμοστεί και επιπλέον περίβλημα από πυκνό πολυαιθυλένιο. Καλώδια με έναν αγωγό προφανώς πρέπει να επιστραφούν στην ηλεκτρική πηγή για να κλείσει το κύκλωμα, ενώ τα καλώδια με ζεύγος αγωγών μπορούν να τερματίσουν ελεύθερα, ενώνοντας στο άκρο τους δύο αγωγούς για την εξασφάλιση της επιστροφής.

Η λειτουργία στην πράξη συστημάτων θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις έχει καταδείξει το υψηλό κόστος λειτουργίας τους.

#### 10.4.7 Θέρμανση με ηλεκτρικά αγωγήμο σκυρόδεμα

Το ηλεκτρικά αγωγήμο σκυρόδεμα είναι ένας ειδικός τύπος σκυροδέματος που διαθέτει την ιδιότητα της διαπερατότητας από ηλεκτρικό ρεύμα, σε αντίθεση με το συμβατικό. Κατά τη διαρροή του αγωγήμου σκυροδέματος από ηλεκτρικό ρεύμα αναπτύσσεται θερμότητα, η οποία αξιοποιείται για τη θέρμανση του καταστρώματος. Η διαφορά της συγκεκριμένης τεχνικής θέρμανσης από τις προηγούμενες είναι η ομοιόμορφη θέρμανση της πλάκας του καταστρώματος κατά την επιφάνειά της, ενώ στις προηγούμενες περιπτώσεις η εστία θέρμανσης ήταν συγκεντρωμένη στις γραμμές διέλευσης σωληνώσεων ή αντιστάσεων.

Μπορούν εν γένει να διακριθούν δύο τύποι αγωγήμου σκυροδέματος, το ενισχυμένο με αγωγήμες ίνες και το περιέχον αγωγήμα αδρανή. Στην πρώτη περίπτωση η ηλεκτρική διαπερατότητα προκαλείται από την ανάμιξη μεταλλικών μορίων και ιών χάλυβα στο σκυρόδεμα. Ο τύπος αυτός σκυροδέματος διατηρεί ανέπαφα τα μηχανικά του χαρακτηριστικά, αλλά έχει χαμηλότερη αγωγιμότητα, με μία ειδική αντίσταση της τάξεως των 100 Ω·cm, που οφείλεται στις περιορισμένες επιφάνειες διεπαφής μεταξύ των μεταλλικών στοιχείων. Το περιέχον αγωγήμα αδρανή σκυρόδεμα διαθέτει μεγαλύτερη αγωγιμότητα, με ειδική αντίσταση της τάξης των 10~30 Ω·cm, αλλά μειωμένη θλιπτική αντοχή, γεγονός οφειλόμενο στην απαίτηση μεγαλύτερης ποσότητας νερού για την αντιστάθμιση της απορρόφησής του από τα ειδικά αδρανή.

Εκτός από τη χρήση αγωγήμου σκυροδέματος έχει διερευνηθεί και η δυνατότητα χρήσης αγωγήμης επίστρωσης επάνω σε πλάκα από συμβατικό σκυρόδεμα, καθώς και αγωγήμου ασφαλτομίγματος.

Αν και σε γενικές γραμμές το κόστος κατασκευής αγωγήμου καταστρώματος κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με το συμβατικό, το κόστος λειτουργίας είναι δραματικά αυξημένο, μεγαλύτερο και από την περίπτωση θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

## ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

### 11.1 Εισαγωγή

Μέχρι στιγμής, σε όλα τα προηγούμενα Κεφάλαια του παρόντος έλαβε χώρα η παρουσίαση και ανάλυση των βασικών αρχών εφαρμογής όλων των συστημάτων εξοπλισμού που είναι δυνατόν να συναντηθούν σε ένα σύγχρονο και πλήρες οδικό έργο. Το μεγάλο, όσο και ενδιαφέρον, ζήτημα, όμως, είναι το κατά πόσο βρίσκουν εφαρμογή και στην ελληνική πραγματικότητα όλα αυτά που αναφέρθηκαν, και που αποτελούν τους παράγοντες όχι απλώς της εφαρμογής, αλλά της *ολοκληρωμένης και πλήρους εξυπηρέτησης του σκοπού των εν λόγω συστημάτων*.

Το ζήτημα αυτό προσεγγίζεται στο παρόν Κεφάλαιο, όπου επιλέγονται ενδεικτικά και εξετάζονται ορισμένες περιπτώσεις συστημάτων εξοπλισμού σε υπάρχοντα οδικά τμήματα, με προσανατολισμό στα αρνητικά στοιχεία της εφαρμογής τους. Το παρόν Κεφάλαιο έχει καθαρά πρακτικό χαρακτήρα και αποτελεί την κατακλείδα στην παρουσίαση του πεδίου του εξοπλισμού της οδού, έτσι όπως αυτό προσεγγίζεται στο παρόν σύγγραμμα. Ειδικότερα, με τη βοήθεια πλούσιου φωτογραφικού υλικού αξιολογείται ο εξοπλισμός στις εξής περιπτώσεις:

- *Στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ, και συγκεκριμένα στον ανισόπεδο κόμβο με την Εγνατία Οδό (θέση Κλειδιού).*
- *Στον ισόπεδο υπεραστικό κόμβο της Εθνικής Οδού Θεσσαλονίκης-Καβάλας με την οδό προς Λαγκαδά.*
- *Στους ισόπεδους αστικούς κόμβους Βαρδαρίου και συμβολής των οδών Κ. Καραμανλή και Α. Παπαναστασίου, στη Θεσσαλονίκη.*
- *Σε ολόκληρο το μήκος της ορεινής διάβασης Καστανιάς, στην Εθνική Οδό Βέροιας-Κοζάνης.*

Ο ανισόπεδος κόμβος Κλειδιού του αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ αποτελεί ένα κομβικό σημείο μεγάλης σημασίας στο εθνικό οδικό δίκτυο, καθώς διασταυρώνει τον εν λόγω αυτοκινητόδρομο με τον αντίστοιχο της Εγνατίας Οδού. Το γεγονός αυτό αποτελεί έναν επιπλέον λόγο για τον οποίο θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στον ορθό και λειτουργικό εξοπλισμό του σημείου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση εξετάζεται το πεδίο της σήμανσης, οριζόντιας και κάθετης, καθώς και ο εξοπλισμός ασφάλειας.

Στο παράδειγμα του ισόπεδου υπεραστικού κόμβου Λαγκαδά παρουσιάζεται εποπτικά και σχολιάζεται η διάταξη της κάθετης σήμανσης και σηματοδότησης που εφαρμόζεται στη συγκεκριμένη περίπτωση. Η εν λόγω περίπτωση αποτελεί τυπικό παράδειγμα διαρρυθμισμένου και σηματοδοτούμενου υπεραστικού κόμβου, με αξιόλογους κυκλοφοριακούς φόρτους και σχετικά υψηλών προδιαγραφών γεωμετρική διαμόρφωση, κατάσταση που συναντάται αρκετά συχνά στο ελληνικό οδικό δίκτυο.

Οι δύο κόμβοι της πόλης της Θεσσαλονίκης που ακολουθούν, αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αστικών κόμβων με αυξημένους φόρτους και ιδιόρρυθμες συνθήκες κινήσεων και γεωμετρικής διαμόρφωσης, αντίστοιχα. Ως εκ τούτου, έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις στη σήμανση καθοδήγησης της κυκλοφορίας, καθώς και στη σηματοδότησή τους. Η ανάλυση που πραγματοποιείται οδηγεί σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα σχετικά με τον εξοπλισμό των ελληνικών αστικών οδικών δικτύων, που φαίνεται ότι σε αρκετές περιπτώσεις πάσχουν στο πεδίο των εντελώς τυπικών απαιτήσεων.

Τέλος, η ορεινή διάβαση της Καστανιάς, στις παρυφές του Βερμίου, αποτελεί παραδοσιακά ένα από τα πιο δύσβατα, αλλά και χωρίς εναλλακτική διαδρομή, τμήματα του εθνικού οδικού δικτύου, με δυσμενείς καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερες απαιτήσεις ασφάλειας, ενώ καλείται να εξυπηρετήσει όλες τις οδικές μεταφορές από τη Θεσσαλονίκη και τη Βόρεια Ελλάδα προς την Ήπειρο και τη Δυτική Μακεδονία. Κατά συνέπεια, θα έπρεπε να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή και σημασία στον εξοπλισμό, κυρίως ασφάλειας, του εν λόγω τμήματος.

Σε γενικές γραμμές το παρόν Κεφάλαιο έχει σκοπό τόσο να δείξει την πρακτική εφαρμογή διαφόρων συστημάτων εξοπλισμού σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, όσο και να ασκήσει κριτική στη σύγχρονη ελληνική πραγματικότητα. Για το λόγο αυτό ζητείται από τον αναγνώστη να επιτρέψει και ένα κατά περίπτωση πιο ελεύθερο ύφος στην παρουσίαση.

## 11.2 Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ - Ανισόπεδος κόμβος Κλειδιού

Ο κόμβος Κλειδιού στον οδικό άξονα ΠΑΘΕ αποτέλεσε μία από τις πρώτες σοβαρές περιπτώσεις ανισόπεδων κόμβων στο μέχρι πρότινος περιορισμένο ελληνικό δίκτυο αυτοκινητοδρόμων. Ο εν λόγω κόμβος κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '80, με την παράλληλη κατασκευή της νέας Εθνικής Οδού ταχείας κυκλοφορίας Κλειδιού-Βέροιας, αποτελώντας ουσιαστικά την είσοδο στο διάδρομο Θεσσαλονίκης-Βέροιας-Κοζάνης-Ιωαννίνων-Ηγουμενίτσας, και σχεδιάστηκε με υψηλού επιπέδου χαρακτηριστικά, λόγω της σημασίας του και λόγω του ενδεχομένου αναβάθμισης του άξονα Κλειδιού-Βέροιας. Η αναβάθμιση αυτή πραγματοποιείται με την υλοποίηση της Εγνατίας Οδού, οπότε πλέον ο ανισόπεδος κόμβος Κλειδιού σε λίγο καιρό θα αποτελεί το έργο διασταύρωσης δύο υψηλής στάθμης αυτοκινητοδρόμων.

Παρότι η αναβάθμιση του άξονα Κλειδιού-Βέροιας δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη, όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο εν λόγω ανισόπεδος κόμβος διαθέτει ήδη υψηλού επιπέδου χαρακτηριστικά, στοιχείο που αντικατοπτρίζεται και στο πεδίο του εξοπλισμού του, και ειδικότερα επάνω στον άξονα ΠΑΘΕ. Στην παρούσα Παράγραφο επιχειρείται μία κριτική ανασκόπηση στον εξοπλισμό της περιοχής του κόμβου.

Ένα από τα βασικότερα στοιχεία εξοπλισμού ενός ανισόπεδου κόμβου αυτοκινητοδρόμου είναι η κάθετη του σήμανση, και δη η πληροφοριακή. Για τα όσα ισχύουν σχετικά με την πληροφοριακή σήμανση των αυτοκινητοδρόμων, ο αναγνώστης παραπέμπεται στην **Παράγραφο 3.11** του παρόντος, η ανάγνωση της οποίας συνιστάται θερμά πριν από την αντίστοιχη της τρέχουσας. Στη σχετική Παράγραφο προτείνεται αιτιολογημένα η ορθή διάταξη των στοιχείων σήμανσης στους ανισόπεδους κόμβους, ώστε να εξασφαλίζεται στο μέγιστο βαθμό η λειτουργικότητά της. Εστιάζοντας, πλέον, στην κάθετη σήμανση της περιοχής του κόμβου Κλειδιού, ο οδηγός που κινείται με κατεύθυνση από Θεσσαλονίκη προς Κατερίνη έρχεται αντιμέτωπος διαδοχικά με τις εξής πινακίδες σήμανσης:

- Αναγγελία προσέγγισης στον ανισόπεδο κόμβο, σε απόσταση 2000 m από αυτόν, με πινακίδα τύπου Π-80.
- Πινακίδα «καλωσορίσματος» στο Νομό Ημαθίας.
- Πινακίδα παραπλεύρως της οδού, με αναγραφές κατευθύνσεων προς Αιανή, Κοζάνη και Βέροια.
- Πινακίδα κίτρινου χρώματος που ενημερώνει για τα επικείμενα έργα στον άξονα ΠΑΘΕ.
- Πινακίδα τουριστικού ενδιαφέροντος (φαιού χρώματος) με αναγραφή κατεύθυνσης προς τον αρχαιολογικό χώρο Βεργίνας.
- Γέφυρα σήμανσης κυανού χρώματος, που ενημερώνει για την έναρξη των έργων του άξονα ΠΑΘΕ, με αναφορά και στο Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ.
- Πληροφοριακή πινακίδα για επικείμενο χώρο στάθμευσης.
- Χώρος στάθμευσης με τη σχετική πινακίδα του.
- Γέφυρα σήμανσης κατευθύνσεων του κόμβου, τύπου Π-84, σε απόσταση 1000 m προ του κόμβου (η πρώτη κατά σειρά σχετική πινακίδα στον κόμβο).
- Παράπλευρη πινακίδα κατευθύνσεων, τύπου Π-81 (η δεύτερη σχετική).
- Νέα πινακίδα ενημέρωσης έργων ΠΑΘΕ.
- Παρόμοια με την αντίστοιχη προηγούμενη, γέφυρα σήμανσης κατευθύνσεων του κόμβου, τύπου Π-84, σε απόσταση 500 m προ του κόμβου (η τρίτη σχετική).

- Παρόμοια με την αντίστοιχη προηγούμενη, παράπλευρη πινακίδα κατευθύνσεων, τύπου Π-81 (η τέταρτη σχετική).
- Πινακίδα ενημέρωσης για το ευρωπαϊκό πρόγραμμα “LEADER II”.
- Γέφυρα σήμανσης κατευθύνσεων του κόμβου, τύπου Π-85, λίγο πριν από το σημείο εξόδου με απόσπαση της δεξιάς λωρίδας (η πέμπτη σχετική).
- Πινακίδα εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο, τύπου Π-86.

Η διάταξη των παραπάνω πινακίδων σήμανσης παρατίθεται εποπτικά στις **Εικόνες 11.1 έως 11.4**.



**Εικόνα 11.1:** Η πρώτη αναγγελία του κόμβου, που συνήθως τοποθετείται για να προετοιμάσει τον οδηγό για αυτά που θα συναντήσει περαιτέρω. Το επόμενο σήμα που διακρίνεται στο βάθος είναι μία πινακίδα υποδοχής στο Νομό Ημαθίας...



**Εικόνα 11.2:** ...Αμέσως μετά ακολουθεί η πινακίδα που φαίνεται σε πρώτο πλάνο, και η οποία αποτελεί την πρώτη κατά σειρά προειδοποιητική κατευθύνσεων. Ακολουθεί πινακίδα ενημέρωσης έργων του ΠΑΘΕ, διακρίνεται μία καφέ πινακίδα τουριστικού ενδιαφέροντος προς Βεργίνα, ενώ η κυανή γέφυρα σήμανσης στο βάθος ενημερώνει ξανά για την έναρξη των έργων...



**Εικόνα 11.3:** ...Σε απόσταση 1000 m πριν από τον κόμβο, το πρώτο κλασικό σήμα κατευθύνσεων σε γέφυρα τύπου Π-84. Ακολουθεί παράπλευρη πινακίδα κατευθύνσεων Π-81. Η ίδια ακριβώς διάταξη του ζεύγους επαναλαμβάνεται άλλη μία φορά, ενώ εμβόλιμα βρίσκεται άλλη μία πινακίδα ενημέρωσης έργων...



**Εικόνα 11.4:** ...Προ της εξόδου έχει τοποθετηθεί μία γέφυρα σήμανσης τύπου Π-85, ενώ μπροστά της βρίσκεται πινακίδα του ευρωπαϊκού προγράμματος “LEADER II”.

Το πρώτο που παρατηρεί κανείς μετά από αυτήν την παράθεση όλων των πινακίδων σήμανσης στην περιοχή του κόμβου, είναι η ύπαρξη μίας σειράς τελείως άκαιρων και άσχετων με τη συνήθη σήμανση κόμβων, πινακίδων. Όπως εξηγήθηκε και στην Παράγραφο 3.11, η ζώνη σήμανσης ενός ανισόπεδου κόμβου αυτοκινητοδρόμου είναι μία ευαίσθητη περιοχή, όπου λαμβάνονται αποφάσεις και πραγματοποιούνται ελιγμοί, και όπου οι οδηγοί αναμένουν να δουν τις σχετικές πληροφοριακές πινακίδες κατευθύνσεων. Η ύπαρξη αδιάφορων σημάτων στις ζώνες αυτές, όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση οι ενημερωτικές των έργων στον ΠΑΘΕ και του ευρωπαϊκού προγράμματος, καθώς και η πινακίδα υποδοχής, αποσπά την προσοχή των οδηγών και προκαλεί σύγχυση. Κατά συνέπεια, θα πρέπει όλες αυτές οι πινακίδες, αν όχι να αφαιρεθούν τελείως, τουλάχιστον να μετατοπιστούν έξω από τον κόμβο.

Επιπλέον, ένα δεύτερο αρνητικό χαρακτηριστικό των συγκεκριμένων πινακίδων είναι και η διαμόρφωσή τους. Οι περισσότερες από αυτές συντίθενται από υπερβολικά μικρού μεγέθους γράμματα, που τις καθιστά ούτως ή άλλως πρακτικά μη αναγνώσιμες από εν κινήσει όχημα. Η δε γέφυρα ενημέρωσης της έναρξης των έργων, αν και με κατάλληλου μεγέθους χαρακτήρες, έχει υπερβολικά μεγάλο αριθμό αναγραφών, κατανεμημένων, μάλιστα, και καθ' όλο το πλάτος της πινακίδας, που καθιστά την ανάγνωση δυσχερή και αργή. Συν τοις άλλοις, η εφαρμογή μίας γέφυρας σήμανσης δεσμεύει και στην αδιάλειπτη συντήρησή της, γεγονός αμφίβολο βάσει αυτών που φαίνονται στην **Εικόνα 11.5**.



**Εικόνα 11.5:** Η αντίστοιχη γέφυρα ενημέρωσης λήξης των έργων, στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Χαρακτηρίζεται από φλυαρία στις αναγραφές και έλλειψη ακεραιότητας...

Εκτός από τις παραπάνω ενημερωτικές πινακίδες, που δεν θα έπρεπε να έχουν θέση στην περιοχή σήμανσης του κόμβου, προβληματική φαίνεται να είναι και η εφαρμογή των δύο πινακίδων προορισμών προς τους αρχαιολογικούς χώρους. Η πρώτη από αυτές διακρίνεται στην **Εικόνα 11.2**, όπου ερωτηματικά προκαλεί η αναγραφή της κατεύθυνσης προς Αιανή. Σε μία συνήθη πληροφοριακή πινακίδα κατευθύνσεων με πράσινο υπόβαθρο θα πρέπει να απεικονίζονται πολύ λίγοι και πολύ σημαντικοί προορισμοί, κάτι που άλλωστε αναμένει και ο ίδιος ο οδηγός, ενώ ούτως ή άλλως στη συγκεκριμένη περίπτωση οι υπόλοιπες πληροφοριακές πινακίδες συμπληρώνουν το μέγιστο δυνατό αριθμό, όπως θα αναπτυχθεί παρακάτω. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα ήταν σκόπιμο η αναγραφή αμφοτέρων των ειδικού ενδιαφέροντος προορισμών (Αιανή, Βεργίνα) να γίνει επάνω σε μία πινακίδα φαιού (καφέ) χρώματος, και μάλιστα σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές αναγραφών, που μάλλον δεν πληροί η υπάρχουσα πινακίδα φαιού χρώματος προς Βεργίνα. Επίσης, προσοχή θα πρέπει να δοθεί και στην παρεμβολή της προτεινόμενης αυτής πινακίδας στην υπόλοιπη κανονική πληροφοριακή σήμανση κατευθύνσεων.

Πέρα από όλα αυτά, εστιάζοντας πλέον στην κανονική πληροφοριακή σήμανση προορισμών του κόμβου, μπορεί κανείς να καταλήξει και σε ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με αυτήν. Καταρχήν, **ο αριθμός και η κατανομή κατά είδος** των πληροφοριακών πινακίδων κατευθύνσεων είναι πλήρως αποδεκτά, καθώς έχουν τοποθετηθεί πέντε σήματα, και ειδικότερα δύο γέφυρες τύπου Π-84, μία γέφυρα τύπου Π-85 στην έξοδο και δύο παράπλευρες πινακίδες Π-81. Ο αριθμός αυτός σημάτων είναι ο μέγιστος προτεινόμενος, και η εφαρμογή του δικαιολογείται από τη σημασία του συγκεκριμένου ανισόπεδου κόμβου (βλ. Υποπαράγραφο 3.11.5). Επίσης, ορθός είναι και **ο συμβολισμός των βελών των γεφυρών σήμανσης** (επιλογή των γεφυρών Π-84 αντί των Π-83), καθώς η έξοδος πραγματοποιείται με την απόσπαση της δεξιάς λωρίδας του αυτοκινητοδρόμου (βλ. Υποπαράγραφο 3.11.4).

Ωστόσο, αν και ο αριθμός και το είδος των πληροφοριακών πινακίδων είναι ορθά, προβληματική είναι **η αλληλουχία τους** πριν από την έξοδο. Στην Υποπαράγραφο 3.11.5 εξηγήθηκε ότι η πρώτη πινακίδα σχετικά με τις κατευθύνσεις του κόμβου θα πρέπει να είναι η παράπλευρη τύπου Π-81, ώστε να ενημερώνει σε πρώτη φάση για τους εντελώς βασικούς προορισμούς, καθώς και για την πλευρά της εξόδου. Η γέφυρα σήμανσης θα πρέπει να τοποθετείται μετά από αυτήν την πινακίδα, καθώς αποδίδει περισσότερες πληροφορίες, τόσο για τους προορισμούς, όσο και για τις λωρίδες στον κόμβο. Στη συγκεκριμένη πρόσβαση του κόμβου Κλειδιού η διάταξη αυτή είναι αντίστροφη, σε αμφοτέρα τα διαδοχικά ζεύγη γέφυρας-παράπλευρης πινακίδας (**Εικόνα 11.3**). Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια η πρώτη σχετική πινακίδα που αντικρίζει ο οδηγός να είναι η γέφυρα σήμανσης, με τις πολυπληθείς και αναλυτικές αναγραφές, ενώ στη συνέχεια η παράπλευρη πινακίδα δεν έχει πλέον τίποτα να του προσφέρει, δείχνοντας απλούστατη και φτωχότερη σε σύγκριση με την πρώτη. Επιπλέον, η απότομη αναγραφή πλήθους πληροφοριών μπορεί να προκαλέσει σύγχυση ή και ελλιπή ανάγνωση, σε αντίθεση με την περίπτωση που ο οδηγός είχε σχηματίσει ήδη μία πρώτη άποψη της επερχόμενης κατάστασης με τη βοήθεια της παράπλευρης πινακίδας.

Τέλος, μία ακόμη επισήμανση που μπορεί να γίνει είναι και η έλλειψη των τριών δεικτών απόστασης Π-90, σε αντίστοιχες αποστάσεις 300, 200 και 100 m πριν από το σημείο που αντιστοιχεί στην έναρξη επιβράδυνσης εν όψει της εισόδου στο συνδεδεμένο κλάδο χαμηλότερης ταχύτητας.

Υστερα από την παραπάνω διεξοδική ανάλυση της υπάρχουσας σήμανσης στην περιοχή του κόμβου, μπορεί να προταθεί η ακόλουθη διάταξη των πληροφοριακών πινακίδων:

- Σε απόσταση 2000+ m πριν από την έξοδο τοποθετείται η αναγγελία ανισόπεδου κόμβου Π-80.
- Σε απόσταση 2000 m πριν από την έξοδο τοποθετείται η παράπλευρη πινακίδα προορισμών Π-81 στο δεξιό, και προαιρετικά και στο αριστερό άκρο της οδού.
- Σε απόσταση 1500 m πριν από την έξοδο τοποθετείται η κατάλληλη γέφυρα σήμανσης Π-84.
- Πριν από την επανάληψη των δύο παραπάνω σημάνσεων, εφόσον είναι επιθυμητό μπορεί να τοποθετηθεί μία πινακίδα φαιού χρώματος με αναγραφές προς τους αρχαιολογικούς χώρους Αιανής και Βεργίνας, με μορφή σύμφωνη με τις προδιαγραφές.
- Σε αποστάσεις 1000 και 500 m πριν από την έξοδο επαναλαμβάνονται η παράπλευρη πινακίδα Π-81 και η γέφυρα σήμανσης Π-84, αντίστοιχα.
- Σε αποστάσεις 300, 200 και 100 m πριν από το σημείο που αντιστοιχεί στην έναρξη της επιβράδυνσης για έξοδο, τοποθετούνται οι τρεις δείκτες Π-90.
- Στο παραπάνω ακριβώς σημείο τοποθετείται η γέφυρα σήμανσης Π-85.
- Στην έξοδο τοποθετείται η σχετική πινακίδα εξόδου Π-86.
- Μετά το πέρας του κόμβου τοποθετείται η επιβεβαιωτική πινακίδα Π-87.

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο σε μία περιοχή κόμβου αποτελεί και η οριζόντια σήμανση, καθώς πέρα από τη συνήθη λειτουργία της υπόδειξης των οριογραμμών και του διαχωρισμού των λωρίδων κυκλοφορίας, χρησιμεύει και στην προειδοποίηση και καθοδήγηση των οδηγών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ιδιαίτερης σημασίας είναι η διαγράμμιση αποκλεισμού της αιχμής εξόδου, καθώς η έξοδος πραγματοποιείται με απόσπαση λωρίδας του αυτοκινητοδρόμου. Η διαγράμμιση αυτή θα πρέπει να ξεκινάει σχετικά νωρίς, ώστε να προειδοποιεί έγκαιρα τον οδηγό για το μερισμό, κάτι που εξαρτάται βέβαια όχι μόνο από την ίδια τη διαγράμμιση, αλλά και από το γεωμετρικό σχεδιασμό του κόμβου. Επίσης, η διαγράμμιση αυτή θα πρέπει να διατηρείται σε άριστη κατάσταση, ώστε να είναι πάντα ευκρινής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση τόσο η διαμόρφωση, όσο και η φυσική κατάσταση της διαγράμμισης αποκλεισμού της αιχμής εξόδου του κλάδου από Θεσσαλονίκη προς Βέροια κρίνονται σχετικά ικανοποιητικές.

Για τον ίδιο λόγο της απόσπασης λωρίδας επιβεβλημένη είναι και η ύπαρξη των σχετικών βελών πορείας σε κάθε λωρίδα της οδού, πριν την έξοδο. Τα βέλη αυτά συμπληρώνουν τη σχετική σήμανση επιλογής λωρίδας των γεφυρών σήμανσης, με ενδείξεις επάνω στο οδόστρωμα που είναι άμεσα ορατές και κατανοητές. Δυστυχώς στην περίπτωση του εξεταζόμενου ανισόπεδου κόμβου μέχρι πρότινος δεν υπήρχαν τα σχετικά βέλη επάνω στο οδόστρωμα, τα οποία τοποθετήθηκαν προσφάτως, γεγονός που σε συνδυασμό με την έλλειψη γνώσης των συμβολισμών των γεφυρών σήμανσης δεν επέτρεπε στους οδηγούς να γνωρίζουν έγκαιρα το καθεστώς διαμόρφωσης των λωρίδων στην έξοδο.

Τέλος, μία ακόμη κατηγορία στοιχείων εξοπλισμού που βρίσκει εφαρμογή στην περιοχή του εξεταζόμενου κόμβου είναι και τα στηθαία ασφαλείας. Σε έναν ανισόπεδο κόμβο αυτοκινητοδρόμου αρκετά συχνά συναντάται πληθώρα επικίνδυνων παράπλευρων εμποδίων, όπως τα έργα διαχωρισμού επιπέδων, οι γέφυρες σήμανσης, πινακίδες μεγάλου μεγέθους ή στύλοι ηλεκτροφωτισμού, με τα οποία ενδεχόμενη σύγκρουση οχημάτων πρέπει να αποτρέπεται. Έτσι, αμφότερες οι οριογραμμές κάθε ρεύματος κυκλοφορίας στον άξονα ΠΑΘΕ στη θέση του κόμβου φέρουν απλά μονόπλευρα μεταλλικά στηθαία (βλ. Κεφάλαιο 1), με αποστάσεις ορθοστατών 4,0 m.

Η απόσταση αυτή αυξάνεται σημειακά σε 1,33 m στις θέσεις των επικίνδυνων διατάξεων όπως οι προαναφερθείσες, **Εικόνα 11.6**.



**Εικόνα 11.6:** Πύκνωση ορθοστατών μεταλλικών στηθαίων στις θέσεις των στύλων ηλεκτροφωτισμού.

Ωστόσο, μία σημαντική έλλειψη που μπορεί να επισημανθεί είναι η απουσία διάταξης απορρόφησης ενέργειας στην αιχμή της εξόδου, **Εικόνα 11.7**. Μία τέτοια διάταξη μπορεί να αποβεί αρκετά αποτελεσματική, καθώς οι συγκρούσεις στο σημείο της αιχμής εξόδου πραγματοποιούνται συνήθως υπό αρκετά δυσμενείς συνθήκες, με μεγάλη ταχύτητα και επάνω στην αιχμή του στηθαίου. Το δε γεγονός της απόσπασης λωρίδας αυξάνει τις πιθανότητες τέτοιων συγκρούσεων, από οδηγούς που διαπιστώνουν καθυστερημένα τη λανθασμένη τους θέση και αντιδρούν σπασμωδικά.



**Εικόνα 11.7:** Απουσία διάταξης απορρόφησης ενέργειας στην αιχμή της εξόδου.

Όλες οι παρατηρήσεις αυτής της Παραγράφου σχετικά με την κατάσταση του εξοπλισμού στον ανισόπεδο κόμβο εστίαστηκαν στον κλάδο του άξονα ΠΑΘΕ με κατεύθυνση Θεσσαλονίκης-Κατερίνης. Με παρόμοιο τρόπο μπορεί να εξεταστεί και ο αντίστοιχος κλάδος της αντίθετης κατεύθυνσης, ενώ δεν γίνεται αναφορά στην πρόσβαση από τη διασταυρούμενη οδό Βέροιας-Κλειδιού. Η οδός αυτή μέχρι στιγμής είναι ταχείας κυκλοφορίας, ενώ με την υλοποίηση της Εγνατίας Οδού αναμένεται και η αναβάθμιση της εν λόγω πρόσβασης και του εξοπλισμού της, με την αντιμετώπισή της, πλέον, ως αυτοκινητοδρόμου.

### 11.3 Παράδειγμα ισόπεδου σηματοδοτούμενου υπεραστικού κόμβου

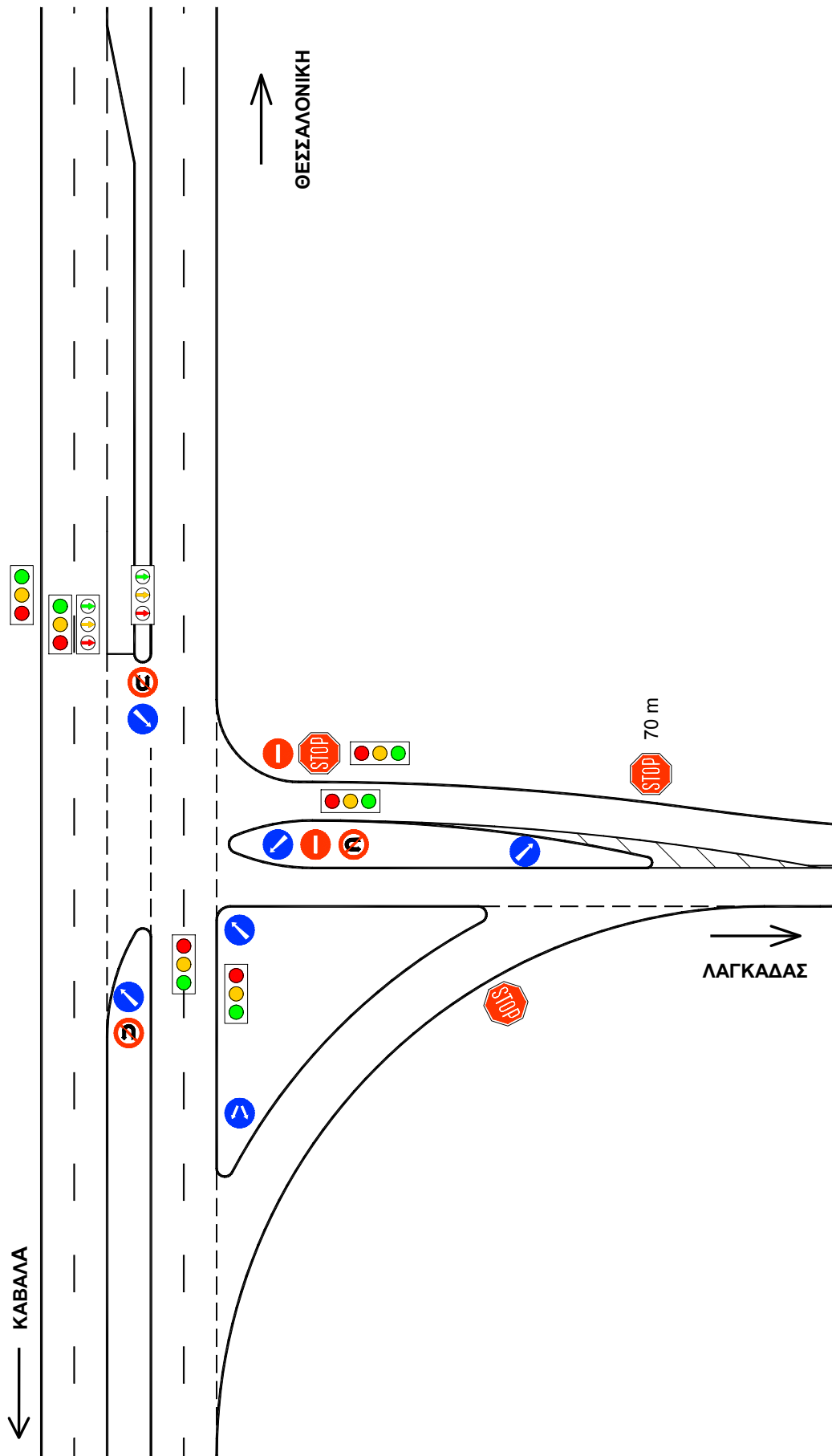
Στην παρούσα Παράγραφο παρουσιάζεται και σχολιάζεται η διάταξη των στοιχείων εξοπλισμού κάθετης σήμανσης και σηματοδότησης του ισόπεδου υπεραστικού κόμβου προς Λαγκαδά, στην Εθνική Οδό Θεσσαλονίκης-Καβάλας. Ο κόμβος αυτός εξυπηρετεί τόσο την κωμόπολη του Λαγκαδά με τις παρόδιες βιομηχανικές μονάδες, όσο και την ευρύτερη περιοχή μέχρι τους πρόποδες του όρους Βερτίσκου, και αποτελεί χαρακτηριστικό αντιπροσωπευτικό παράδειγμα διαρρυθμισμένου και σηματοδοτούμενου υπεραστικού κόμβου με αξιολογους φόρτους.

Ειδικότερα, ο συγκεκριμένος κόμβος είναι μορφής T, αποτελούμενος από τρεις κλάδους. Η διερχόμενη οδός Θεσσαλονίκης-Καβάλας στο συγκεκριμένο σημείο αποτελείται από τέσσερις λωρίδες κυκλοφορίας με διαχωριστική νησίδα, ενώ ο αριστερός ελιγμός πραγματοποιείται από πρόσθετη λωρίδα αναμονής. Η κάθετη οδός προς Λαγκαδά αποτελείται από δύο λωρίδες κυκλοφορίας. Η κίνηση στον κόμβο ρυθμίζεται από φωτεινούς σηματοδότες, εκτός από τον ελιγμό από Καβάλα προς Λαγκαδά, μέσω του διαδρόμου στροφής, ενώ η περιοχή του κόμβου φωτίζεται κατά τη νύχτα, χωρίς ωστόσο ο φωτισμός να είναι πλήρης σε όλες τις προσβάσεις. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι στην πρόσβαση από Θεσσαλονίκη, αμέσως πριν από τη θέση του φωτεινού σηματοδότη συμβάλλει μία μικρής σημασίας οδός από τα Λαγυνά, η οποία δεν σηματοδοτείται και της οποίας η θέση είναι αμφιλεγόμενη ως προς την ασφάλειά της. Η ύπαρξη αυτής της οδού δεν θα ληφθεί καθόλου υπόψη στην περιγραφή που ακολουθεί.

Η σήμανση προσέγγισης στην ευρύτερη περιοχή του κόμβου φαίνεται στην **Εικόνα 11.8**. Το πρώτο που μπορεί να παρατηρηθεί είναι ότι η **πληροφοριακή σήμανση κατευθύνσεων** επάνω στην Εθνική Οδό Θεσσαλονίκης-Καβάλας είναι σχετικά ικανοποιητική, καθώς υπάρχουν σε αμφότερες τις κατευθύνσεις τόσο προειδοποιητικές πινακίδες κατευθύνσεων πριν από τον κόμβο, και μάλιστα σε ζεύγη ελληνικών και λατινικών αναγραφών, όσο και αντίστοιχες πινακίδες επάνω σε αυτόν. Οι δύο προειδοποιητικές πινακίδες στην πρόσβαση από Καβάλα είναι τοποθετημένες σε αποστάσεις 400 m και 200 m αντίστοιχα, αποστάσεις καθ' όλα αποδεκτές βάσει της ταχύτητας κίνησης στην οδό, ενώ στην πρόσβαση από Θεσσαλονίκη οι αποστάσεις αυτές είναι 200 m και 100 m αντίστοιχα, κάτι που δικαιολογείται από το ότι αμέσως πριν από τον κόμβο, σε απόσταση μερικών εκατοντάδων μέτρων, βρίσκεται ένας άλλος παρόμοιος σηματοδοτούμενος κόμβος, οπότε η ταχύτητα των οχημάτων είναι χαμηλή, ενώ ούτως ή άλλως δεν υπάρχει δυνατότητα για τοποθέτηση σε μεγαλύτερη απόσταση. Αντιθέτως, επάνω στην κάθετη οδό από Λαγκαδά η ανάλογη σήμανση κατευθύνσεων είναι απλώς ανύπαρκτη, αφού κυριολεκτικά δεν υπάρχει ούτε μία πινακίδα. Σε μία οδό όπως η εν λόγω θα έπρεπε να διατίθεται παρομοίως πληροφοριακή σήμανση τόσο πριν, όσο και επάνω στον κόμβο.

Πριν από κάθε υπεραστικό κόμβο οποιασδήποτε σημασίας θα πρέπει να τοποθετούνται οι **πινακίδες οδού με προτεραιότητα** (K-27 έως K-29) στην κύρια οδό, σε απόσταση 150-250 m πριν από τον κόμβο, ενώ ασφαλώς στις προσβάσεις χωρίς προτεραιότητα δεν θα πρέπει ποτέ να λείπουν τα **σήματα STOP ή παραχώρησης προτεραιότητας**. Η τοποθέτηση των εν λόγω σημάτων διαθέσιμης προτεραιότητας στην κύρια οδό έχει διπλό ρόλο, αφενός μεν προειδοποιώντας τους οδηγούς για τον επερχόμενο κόμβο και για τους κινδύνους που πιθανόν να αντιμετωπίσουν από τη διασταυρούμενη κυκλοφορία, αφετέρου δε ενημερώνοντάς τους για την προτεραιότητά τους. Θεωρητικά η μη τοποθέτηση των σημάτων αυτών δίνει την εντύπωση κόμβου όπου ισχύει η προτεραιότητα από δεξιά.





Εικόνα 11.9: Διάγραμμα διάταξης σήμανσης και σηματοδότησης επάνω στον κόμβο.

Στο συγκεκριμένο κόμβο υπάρχει σχετική πινακίδα μόνο στην πρόσβαση από Καβάλα, και θα πρέπει να συμπληρωθεί και η αντίθετη κατεύθυνση. Ασφαλώς οι πινακίδες αυτές δεν ισχύουν σε περίπτωση λειτουργίας της σηματοδότησης, ωστόσο εξακολουθούν να ενέχουν το χαρακτήρα προειδοποίησης ενόψει κόμβου, ενώ μπορούν να συμπληρωθούν ή και να αντικατασταθούν από την πινακίδα K-21 **αναγγελίας σηματοδοτούμενου κόμβου**.

Αναπόσπαστη σήμανση σε κάθε αξιόλογο υπεραστικό κόμβο αποτελούν και οι **πινακίδες ορίων ταχύτητας**. Η ελάττωση της ταχύτητας στην οδό με προτεραιότητα είναι απαραίτητη για την άμβλυνση των συνεπειών μίας ενδεχόμενης σύγκρουσης, καθώς και για τη διευκόλυνση των διασταυρούμενων οδηγών στην εκτίμηση της ταχύτητας των διερχόμενων οχημάτων. Στην εξεταζόμενη περίπτωση, μάλιστα, που αφορά σηματοδοτούμενο κόμβο, το χαμηλότερο όριο ταχύτητας είναι επιπλέον αναγκαίο και για την παρακολούθηση και έγκαιρη αντίδραση στις ενδείξεις της φωτεινής σηματοδότησης. Πρέπει, ωστόσο, να αναφερθεί ότι όριο ταχύτητας υπάρχει μόνο στην πρόσβαση από Καβάλα. Στην πρόσβαση από Θεσσαλονίκη δεν είναι απαραίτητο, καθώς αμέσως πριν από τον εξεταζόμενο κόμβο υφίσταται, όπως προαναφέρθηκε, άλλος ένας σηματοδοτούμενος κόμβος και οι οδηγοί προσεγγίζουν ήδη με σχετικά χαμηλή ταχύτητα. Το όριο που διαθέτει αυτός ο κόμβος καλύπτει και τον εξεταζόμενο, καλό θα ήταν, όμως, να υπήρχε μετά το πέρας του τελευταίου μία **πινακίδα άρσης του ορίου ή όλων των τοπικών περιορισμών** (P-36 ή P-37).

Τέλος, ένα ακόμη στοιχείο που διακρίνεται στην **Εικόνα 11.8** είναι και οι προειδοποιητικοί σηματοδότες παλλόμενης κίτρινης ένδειξης, που βρίσκονται σε απόσταση 200 m πριν από τον κόμβο με σκοπό την προαναγγελία της σηματοδότησης και τη διευκόλυνση του οδηγού στην παρακολούθησή της. Οι εν λόγω σηματοδότες έχουν παλλόμενη κίτρινη ένδειξη όταν ο επικείμενος σηματοδότης στον κόμβο έχει αντίστοιχη κόκκινη, ενώ μένουν απενεργοποιημένοι όταν η ένδειξη πρόκειται να είναι πράσινη.

Στην **Εικόνα 11.9** δίνεται το αντίστοιχο διάγραμμα της διάταξης σήμανσης και σηματοδότησης επάνω στον κόμβο. Όπως φαίνεται, η σήμανση είναι πραγματικά πλήρης. Η βασική απαίτηση από τη σήμανση σε έναν διαρρυθμισμένο ισόπεδο κόμβο είναι η καθοδήγηση της κυκλοφορίας, κυρίως της στρεφόμενης, με την εφαρμογή **σημάτων παράπλευρης διέλευσης** στις αιχμές των νησίδων και **απαγορευτικών πινακίδων** στην είσοδο των λανθασμένων διαδρόμων κίνησης. Η σήμανση αυτή



**Εικόνα 11.10:** Άποψη του κόμβου όπου διακρίνονται οι διάφορες πινακίδες καθοδήγησης και οι σηματοδότες.

λειτουργεί συμπληρωματικά στη διοχετευτική διαρρύθμιση, που έγκειται στο γεωμετρικό σχεδιασμό του κόμβου. Επίσης, ιδιαίτερα σημαντική είναι η ύπαρξη **πινακίδων απαγόρευσης αναστροφών** σε οδούς με υψηλούς φόρτους ή ταχύτητες, όπου οι εν λόγω κινήσεις μπορούν να αποβούν εξαιρετικά επικίνδυνες, και τη στιγμή που το φαινόμενο είναι αρκετά σύνηθες σε ανοίγματα διαχωριστικών νησίδων.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό στοιχείο στη σήμανση του εν λόγω κόμβου είναι και η ύπαρξη **δύο διαδοχικών σημάτων STOP** στη δευτερεύουσα οδό. Σε υπεραστικές οδούς όπου οι ταχύτητες είναι σχετικά αυξημένες, το σχετικό σήμα πριν από τον κόμβο προειδοποιεί για την προσέγγιση σε θέση παραχώρησης προτεραιότητας και επιτρέπει στον οδηγό να προλάβει να ακινητοποιήσει το όχημά του, καθώς αν υπήρχε μόνο το σήμα επάνω στον κόμβο ο οδηγός μπορεί να αντιλαμβάνονταν πλέον πολύ αργά την ανάγκη ακινητοποίησης, συναρτήσει της ταχύτητάς του. Στην εξεταζόμενη περίπτωση το δεύτερο αυτό σήμα χρησιμεύει και στην προειδοποίηση ενόψει της φωτεινής σηματοδότησης, είναι δε τοποθετημένο 70 m πριν από τον κόμβο. Αναλόγως της ταχύτητας κίνησης η απόσταση αυτή μπορεί να φτάσει τα 100-150 m, όπου καλό είναι να υπάρχει και Πρόσθετη Πινακίδα αναγραφής της απόστασης αυτής.

Τέλος, στην **Εικόνα 11.9** φαίνεται και ο εξοπλισμός σηματοδότησης των προσβάσεων. Η εκάστοτε μορφή των κεφαλών των φωτεινών σηματοδοτών εξαρτάται από τις επιτρεπόμενες κινήσεις και τη διαμόρφωση των φάσεων της περιόδου σηματοδότησης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι προσβάσεις από Καβάλα και Λαγκαδά διαθέτουν από έναν απλό σηματοδότη με σήματα κυκλικής μορφής, καθώς κάθε μία από αυτές τις προσβάσεις κινείται σε μία φάση. Η πρόσβαση από Θεσσαλονίκη διαθέτει σηματοδότες κυκλικών σημάτων για την κίνηση προς ευθεία και ξεχωριστό σηματοδότη με βέλη για την αριστερή στροφή προς Λαγκαδά, που διεξάγεται σε ιδιαίτερη φάση.

## 11.4 Ισόπεδοι αστικοί κόμβοι Βαρδαρίου και συμβολής οδών Κ. Καραμανλή και Α. Παπαναστασίου

Οι ισόπεδοι κόμβοι αστικών οδικών δικτύων με μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους χαρακτηρίζονται συνήθως από ιδιόρρυθμο καθεστώς διαμόρφωσης και λειτουργίας. Οι αυξημένοι κυκλοφοριακοί φόρτοι επιβάλλουν την αποτελεσματική και ευέλικτη σηματοδότησή τους, με ταυτόχρονη απαγόρευση συγκεκριμένων κινήσεων για τη διευκόλυνσή της, ενώ αρκετές φορές οι κόμβοι αυτοί χαρακτηρίζονται και από τεταμένη γεωμετρική διαμόρφωση, λόγω του εύρους των διασταυρούμενων οδών, και μάλιστα χωρίς μεγάλες δυνατότητες για μεταβολές στη μορφή, λόγω έλλειψης χώρου. Έτσι, καθοριστικής σημασίας στις περιπτώσεις αυτές είναι η επαρκής καθοδήγηση της κυκλοφορίας πριν και μέσα στον κόμβο, καθώς και η σωστή τοποθέτηση των σημάτων και σηματοδοτών. Στην παρούσα Παράγραφο εξετάζονται δύο αντιπροσωπευτικές των εν λόγω χαρακτηριστικών περιπτώσεις ισόπεδων αστικών κόμβων μέσα στην πόλη της Θεσσαλονίκης, οι κόμβοι στην Πλατεία Δημοκρατίας (Βαρδαρίου) και στη συμβολή των οδών Κ. Καραμανλή (πρώην Ν. Εγνατία) και Α. Παπαναστασίου.

Η πρώτη περίπτωση αποτελείται ουσιαστικά από δύο διαδοχικούς κόμβους σε μικρή μεταξύ τους απόσταση, όπου επιτρέπονται όλες οι αριστερές και δεξιές στροφές από τον κεντρικό άξονα Εγνατίας-Μοναστηρίου, ενώ από τα δύο συμβάλλοντα ζεύγη (Λαγκαδά-26ης Οκτωβρίου και Δωδεκανήσου-Καραολή & Δημητρίου) επιτρέπονται μόνο οι αριστερές και δεξιές στροφές προς τον προαναφερθέντα κεντρικό άξονα, και όχι η συνέχεια προς ευθεία με διάσχιση του. Το γεγονός αυτό επιβάλλει επαρκή σήμανση τόσο επάνω στους κόμβους, για την καθοδήγηση της κυκλοφορίας, όσο και πριν από αυτούς, για την προειδοποίηση της απαγόρευσης της κίνησης προς ευθεία και την έγκαιρη επιλογή θέσης.

Η προειδοποίηση προ του κόμβου φαίνεται στις **Εικόνες 11.11 και 11.12**, όπου στις οδούς Λαγκαδά και Δωδεκανήσου έχουν τοποθετηθεί οι σχετικές πινακίδες προεπιλογής λωρίδας, οι οποίες ταυτόχρονα προειδοποιούν και για το ότι δεν υπάρχει δυνατότητα συνέχισης προς ευθεία. Οι πινακίδες αυτές είναι απαραίτητες στις εν λόγω οδούς, καθώς αυτές καταλήγουν στους κόμβους απευθείας, χωρίς διοχετευτική διαρρύθμιση. Μία παρατήρηση που μπορεί να γίνει αφορά στην αντίστοιχη πινακίδα της οδού Λαγκαδά, η οποία υποδεικνύει δύο λωρίδες τη στιγμή που η οδός έχει τρεις.



**Εικόνα 11.11:** Πινακίδα προεπιλογής λωρίδας στην οδό Λαγκαδά, η οποία ταυτόχρονα προειδοποιεί και για τη μη δυνατότητα συνέχισης προς ευθεία.



**Εικόνα 11.12:** Η αντίστοιχη πινακίδα στην οδό Δωδεκανήσου.

Στις άλλες δύο οδούς (26ης Οκτωβρίου και Καραολή & Δημητρίου) τα σήματα αυτά δεν είναι απαραίτητα, καθώς υπάρχουν ξεχωριστοί διάδρομοι για κάθε ελιγμό, με τη δική τους σήμανση υποχρεωτικής πορείας που αποκλείει την κίνηση προς ευθεία, **Εικόνα 11.13**.



**Εικόνα 11.13:** Πινακίδες καθοδήγησης επάνω στην πρόσβαση για αριστερή στροφή από την οδό Καραολή & Δημητρίου.

Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της σήμανσης σε ισόπεδους διαρρυθμισμένους κόμβους είναι και η καθοδήγηση της στρεφόμενης κυκλοφορίας για την είσοδο στον κατάλληλο διάδρομο. Η εν λόγω σήμανση απαρτίζεται από τις χαρακτηριστικές πινακίδες διέλευσης παραπλευρώς εμποδίου, που τοποθετούνται για να καθοδηγήσουν το βλέμμα του οδηγού, και κατ'επέκταση και την πορεία του οχήματος, στο σωστό διάδρομο, καθώς και από τις απαγορευτικές πινακίδες στους λάθος διαδρόμους. Η σήμανση αυτή θα πρέπει να μην λείπει ποτέ από ισόπεδους κόμβους.

Στην περίπτωση του εξεταζόμενου κόμβου η εν λόγω σήμανση είναι στις περισσότερες περιπτώσεις επαρκής, με πινακίδες τοποθετημένες σε ψηλά σημεία για να φαίνονται σε περίπτωση πυκνής κυκλοφορίας, και ελαφρώς στραμμένες προς τα οχήματα στα οποία απευθύνονται. Ωστόσο, υπάρχει μία περίπτωση αδικαιολόγητης έλλειψης, που αφορά στην αριστερή στροφή από την οδό Μοναστηρίου προς την οδό Καραολή & Δημητρίου. Όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 11.14**, οι οδηγοί που πραγματοποιούν τον εν λόγω ελιγμό δεν υποβοηθούνται από τις απαραίτητες πινακίδες καθοδήγησης, οδηγώντας με αβεβαιότητα και με απώτερο κίνδυνο την είσοδο στο



**Εικόνα 11.14:** Απουσία πινακίδων καθοδήγησης και απαγορευτικών εισόδου στην αρχή της οδού Καραολή & Δημητρίου.

λάθος διάδρομο, που επιπλέον δεν σημαίνεται με απαγορευτικές πινακίδες. Παρόμοια έλλειψη σήμανσης υπάρχει και στην αιχμή της νησίδας στην οδό Δωδεκανήσου.

Εκτός από την τοποθέτηση, προσοχή θα πρέπει να δίνεται και στην επαρκή ορατότητα των στοιχείων του εξοπλισμού της οδού σε αστικούς κόμβους, καθώς πολλές φορές διάφορα αντικείμενα του αστικού περιβάλλοντος είναι δυνατόν να την περιορίζουν. Το πρόβλημα αυτό παρουσιάζεται στο δεξιό παράπλευρο φωτεινό σηματοδότη της οδού Δωδεκανήσου, η ορατότητα του οποίου περιορίζεται από την ύπαρξη ενός περιπτερού, **Εικόνα 11.15**. Εφόσον δεν είναι δυνατός ή δεν επιχειρείται από τα αρμόδια όργανα ο περιορισμός της ιδιωτικής αυτής κατασκευής που παρενοχλεί, θα έπρεπε να εξεταστεί το ενδεχόμενο εφαρμογής βραχιόνων προέκτασης για τη στήριξη της κεφαλής του σηματοδότη επάνω στο στύλο στήριξης.



**Εικόνα 11.15:** Περιορισμός της ορατότητας του σηματοδότη από... περίπτερο.

Τέλος, ένα ακόμη στοιχείο της λειτουργίας του εν λόγω κόμβου που χρίζει αναφοράς αφορά και στη σηματοδότηση. Ειδικότερα, οι ειδικές συνθήκες που επικρατούν επιτρέπουν τη ρύθμιση των φάσεων με τέτοιο τρόπο, ώστε κάποιες κινήσεις εισόδου από διαφορετικές κατευθύνσεις να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, η αριστερή στροφή προς την οδό Εγνατία από τις δύο λωρίδες της αντίστοιχης πρόσβασης από την οδό Καραολή & Δημητρίου λαμβάνει χώρα ταυτόχρονα με τη δεξιά στροφή από την οδό Δωδεκανήσου, με αμφότερες τις ενδείξεις να είναι πράσινες, που σημαίνει ότι στη χειρότερη περίπτωση η κίνηση από τρεις συνολικά λωρίδες συγχωνεύεται κατά τη στροφή στις δύο της οδού Εγνατίας. Επειδή στην Ελλάδα οι οδηγοί θεωρούν ότι η πράσινη ένδειξη τους εξασφαλίζει και εντελώς ελεύθερο πεδίο, αυτή η ρύθμιση είναι δυνατόν να προκαλέσει εμπλοκές των οχημάτων αυτών, που στρίβουν ταυτόχρονα προς την ίδια κατεύθυνση από διαφορετικές προσβάσεις. Έτσι, θα ήταν ίσως φρόνιμο η μία τουλάχιστον από τις δύο προσβάσεις να σηματοδοτούνταν με παλλόμενη κίτρινη ένδειξη (παραχώρησης προτεραιότητας).

Η συμβολή των οδών Κ. Καραμανλή και Α. Παπαναστασίου αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα κόμβου ιδιόρρυθμης μορφής, καθώς η διασταύρωση πραγματοποιείται υπό οξεία γωνία (χιαστί). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το πλάτος των διασταυρούμενων οδών, επιβάλλει μία εκτεταμένη ελεύθερη επιφάνεια στο κέντρο του κόμβου, με τη συνέχεια κάθε οδού στο απέναντι άκρο να μην είναι σαφώς διακριτή. Σε τέτοιες περιπτώσεις η ανάγκη για επαρκή σήμανση καθοδήγησης είναι ακόμη πιο επιβεβλημένη, ωστόσο ούτε ο παρών κόμβος αποτελεί εξαίρεση στο καθεστώς της αδικαιολόγητα ανεπαρκούς σήμανσης.

Το μεγαλύτερο σχετικό πρόβλημα αντιμετωπίζει η πρόσβαση από την άνοδο της οδού Παπαναστασίου. Με την προσέγγισή του στο χώρο του κόμβου, ο οδηγός διακρίνει τη συνέχεια της οδού σε μεγάλη απόσταση στο βάθος, η οποία επιπλέον συνεχίζει υπό γωνία με τον αρχικό της άξονα. Έτσι, μετά τη διάσχιση του πρώτου

ρεύματος της οδού Καραμανλή και την προσέγγιση στο ύψος της κεντρικής της νησίδας, ο οδηγός βρίσκεται αντιμέτωπος με τρεις πιθανούς διαδρόμους, ήτοι το λάθος ρεύμα της οδού Καραμανλή και τα δύο ρεύματα της οδού Παπαναστασίου, **Εικόνα 11.16**. Όλοι αυτοί οι διάδρομοι θα έπρεπε να είναι επαρκώς σημασμένοι, ώστε ο οδηγός να γνωρίζει από την αρχή τη σωστή του πορεία και να αποφύγει τη σύγχυση και αβεβαιότητα κατά τη διάρκεια της ευαίσθητης κίνησης μέσα στο χώρο



**Εικόνα 11.16:** Ο δικυκλιστής που διακρίνεται στο δεξιό άκρο της φωτογραφίας προέρχεται από την οδό Παπαναστασίου και θα χρειαστεί αρκετή προσοχή στη συνέχεια της πορείας του, λόγω της ιδιομορφίας του κόμβου και της έλλειψης επαρκούς αριθμού καθοδηγητικών πινακίδων στις νησίδες.

του κόμβου. Ωστόσο, μόνο το αντίθετο ρεύμα της οδού Καραμανλή είναι εφοδιασμένο με πινακίδες απαγόρευσης εισόδου, ενώ υπάρχει μία μόνο καθοδηγητική πινακίδα. Στην **Εικόνα 11.17** φαίνεται με τη βοήθεια οπτικής επεξεργασίας η εικόνα που θα έπρεπε να παρουσιάζεται στον οδηγό.



**Εικόνα 11.17:** Η Εικόνα είναι ηλεκτρονικά επεξεργασμένη και δείχνει πώς με την προσθήκη μερικών τυπικών πινακίδων καθοδήγησης και απαγόρευσης εισόδου, η εικόνα του κόμβου βελτιώνεται σαφώς. Ειδικά η έλλειψη σημάτων στην αιχμή της διαχωριστικής νησίδας της οδού Παπαναστασίου (ακριβώς απέναντι) είναι επιεικώς απαράδεκτη.

Για τον ίδιο λόγο θα ήταν ίσως σκόπιμο οι κεφαλές των σηματοδοτών στη συγκεκριμένη πρόσβαση να μην υποδεικνύουν ένα βέλος προς ευθεία και ένα βέλος διαγώνια δεξιά, **Εικόνα 11.18**, αλλά το δεύτερο να μετατραπεί σε βέλος κάθετα δεξιά, ώστε να μην προκαλούνται αμφιβολίες στη συνέχεια της διαδρομής.



**Εικόνα 11.18:** Η απεικόνιση βελών προς ευθεία και διαγώνια δεξιά στο σηματοδότη ίσως μπερδεύει στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Το πρόβλημα της έλλειψης σήμανσης στις νησίδες δεν περιορίζεται μόνο στην περίπτωση των δύο νησίδων που φαίνονται στην Εικόνα 11.16, καθώς και η διαχωριστική νησίδα της καθόδου της οδού Παπαναστασίου δεν διαθέτει επαρκή σήμανση. Με άλλα λόγια, από τις τέσσερις διαχωριστικές νησίδες ρευμάτων που υπάρχουν στις τέσσερις αντίστοιχες προσβάσεις του κόμβου, οι τρεις δεν διαθέτουν σήμανση καθοδήγησης, μία από τις αναπόσπαστες και τυπικές περιπτώσεις εξοπλισμού σε έναν ισόπεδο κόμβο, γεγονός που ασφαλώς και προκαλεί απορία.

Τέλος, στην **Εικόνα 11.19**, όπου φαίνεται η πρόσβαση της οδού Καραμανλή με κατεύθυνση προς το κέντρο της πόλης, στον αριστερό σηματοδότη της πρόσβασης διακρίνεται η ασυμφωνία της σήμανσης με τη σηματοδότηση, ενώ η σχετική ρυθμιστική πινακίδα δεν υπάρχει στον Κ.Ο.Κ. και θα πρέπει κατά πάσα πιθανότητα να αποτελεί ιδιοκατασκευή. Στην περίπτωση αυτή θα μπορούσε πολύ απλά να τοποθετηθεί η πινακίδα P-51a (υποχρεωτικής πορείας εμπρός ή αριστερά), η οποία και συμφωνεί με τη σηματοδότηση.



**Εικόνα 11.19:** Ασυμφωνία μεταξύ σήμανσης και σηματοδότησης, που επιπλέον για να επιτευχθεί, κάποιος θα πρέπει να εξάσκησαν... και τις χειροτεχνικές τους δεξιότητες...

## 11.5 Ορεινή διάβαση Καστανιάς

Η ορεινή διάβαση Καστανιάς, στις παρυφές του Βερμίου όρους, αποτελεί τμήμα της Εθνικής Οδού Βέροιας-Κοζάνης, που συνδέει τη Δυτική Μακεδονία, την Ήπειρο, αλλά και το λιμάνι της Ηγουμενίτσας, με τη Θεσσαλονίκη και ολόκληρη τη Βόρεια Ελλάδα. Η εν λόγω διάβαση αποτελεί παραδοσιακά ένα από τα πλέον δυσχερή, και με τις πλέον δυσμενείς καιρικές συνθήκες, τμήματα του εθνικού οδικού δικτύου, και μάλιστα χωρίς εναλλακτική διαδρομή. Ασφαλώς, η υλοποίηση της Εγνατίας Οδού θα απαλλάξει οριστικά την κυκλοφορία από την ορεινή αυτή διάβαση, ωστόσο επί δεκαετίες το τμήμα αυτό αποτελούσε αναγκαίο κακό στη μετακίνηση μεταξύ Βέροιας και Κοζάνης, και θα συνεχίσει να αποτελεί μέχρι την ολοκλήρωση του αντίστοιχου τμήματος του αυτοκινητοδρόμου.

Η βασικότερη απαίτηση που προβάλλει το εν λόγω οδικό τμήμα από το πεδίο του εξοπλισμού των οδών, και που θα εξεταστεί στην παρούσα Παράγραφο, είναι ο εξοπλισμός ασφάλειας. Ολόκληρο το μήκος της ορεινής διάβασης, που μπορεί να θεωρηθεί ότι εκτείνεται από την κοινότητα Γεωργιανών έως το ύψος του Πολυμύλου, σε ένα μήκος 22 km, βρίσκεται σχεδόν αποκλειστικά σε πλαγιές βουνών, δίπλα από επικίνδυνα πρηνή ή βαθιές χαράδρες, ενώ η οδός αποτελείται από συνεχείς οριζόντιες καμπύλες και ανακάμπτοντες ελιγμούς. Την κατάσταση επιβαρύνει το γεγονός της εκτεταμένης κίνησης βαρέων οχημάτων, καθώς, όπως προαναφέρθηκε, δεν υπάρχει κάποια εναλλακτική διαδρομή, όπως και οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες, κυρίως το χειμώνα. Πάντως θα πρέπει να τονιστεί ότι σε γενικές γραμμές η οδός έχει σχετικά ικανοποιητική χάραξη, και μήκη ορατότητας που τις περισσότερες φορές επιτρέπουν άνετη προσπέραση των βραδυπορούντων βαρέων οχημάτων, ενώ το οδόστρωμα συντηρείται σε καλή κατάσταση, παρά την ταλαιπωρία του συχνού αποχιονισμού, και χωρίς βέβαια η ποιότητά του να ξεπερνάει τα συνήθη ελληνικά δεδομένα. Η δε συνεχής αναβάθμιση κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει σε βελτιώσεις τόσο της χάραξης, όσο και του πλάτους του οδοστρώματος.

Εν τέλει αυτό που μπορεί σε γενικές γραμμές να παρατηρηθεί είναι ότι το εν λόγω οδικό τμήμα είναι σχετικά ασφαλές, λόγω των υποχρεωτικά χαμηλών ταχυτήτων και της δυσχέρειας που επιβάλλει στον οδηγό πιο ενεργητική οδήγηση εκ μέρους του, από την άλλη πλευρά, όμως, αρκετά συχνές είναι οι έξοδοι οχημάτων, ενώ έχουν αναφερθεί και πτώσεις.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία οδηγούν σε ορισμένα βασικά συμπεράσματα σχετικά με τις απαιτήσεις σε εξοπλισμό ασφάλειας:

- Υπάρχει ανάγκη για συνεχή επισήμανση των οριζόντιων καμπυλών, που τις περισσότερες φορές είναι πολύ απότομες, ενώ μία ενδεχόμενη έξοδος κάποιου οχήματος μπορεί να έχει πραγματικά πολύ άσχημες συνέπειες.
- Το μεγαλύτερο μήκος της διαδρομής απαιτεί στηθαία ασφαλείας προς την πλευρά των επιχωμάτων, καθώς αυτά είναι πολύ υψηλά και με μεγάλη κλίση, ενώ πολύ συχνή είναι και η ύπαρξη χαραδρών βάθους δεκάδων ή και εκατοντάδων μέτρων.
- Τα στηθαία στις οριζόντιες καμπύλες καλούνται να αντιμετωπίσουν προσκρούσεις υπό δυσμενείς γωνίες, καθώς οι στροφές είναι πολύ κλειστές και το ενδεχόμενο πρόσπτωσης σχεδόν κάθετα ή υπό μεγάλη γωνία αρκετά πιθανό.
- Στην οδό υπάρχει αυξημένη κίνηση βαρέων οχημάτων, η πρόσπτωση των οποίων στα στηθαία είναι αρκετά δυσμενής, και αρκετά πιθανή σε περιόδους άσχημων καιρικών συνθηκών.

- Η κατάσταση ελαφρύνεται από το γεγονός της χαμηλής ταχύτητας κίνησης στην οδό, τόσο για τα επιβατικά, όσο και, προπαντός, για τα βαρέα οχήματα.

Η επισήμανση των επικίνδυνων καμπυλών, κατηγορία στην οποία ανήκει η πλειοψηφία των στροφών της ορεινής διάβασης Καστανιάς, γίνεται με τις σχετικές πινακίδες Αναγγελίας Κινδύνου, καθώς και με τους δείκτες στροφής (ψαροκόκαλα), που τοποθετούνται επάνω στη στροφή και παρέχουν πιο άμεση οπτική καθοδήγηση. Δυστυχώς, στη συγκεκριμένη περίπτωση αμφότερες οι διατάξεις συναντώνται σε περιορισμένα σημεία, ενώ είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις υπάρχουν δείκτες στροφής μόνο για τη μία κατεύθυνση. Η έλλειψη αυτή καθίσταται περισσότερο σημαντική σε περιπτώσεις βροχής ή ομίχλης -που στη συγκεκριμένη περιοχή είναι αρκετά συχνές και αρκετά πυκνές, οποιαδήποτε εποχή του έτους- καθώς και τις νυχτερινές ώρες, περιπτώσεις όπου η ορατότητα περιορίζεται και η καθοδήγηση από τις διαγραμμίσεις βαφών είναι ανεπαρκής, **Εικόνα 11.20**. Έτσι, δεν είναι καθόλου σπάνιες οι περιπτώσεις όπου οδηγοί βαρέων οχημάτων, που



**Εικόνα 11.20:** Η Καστανιά υπό -σχετικά αραιή- ομίχλη και βροχή. Η διαγραμμίση δεν βοηθάει πάντοτε στην καθοδήγηση των οδηγών, ενώ τις νυχτερινές ώρες η κατάσταση γίνεται ακόμη χειρότερη.

ούτως ή άλλως δεν μπορούν να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες σε επικλινή τμήματα, δεν αντιλήφθηκαν κάποια στροφή και οδηγήθηκαν απευθείας στο απέναντι στηθαίο, παρά την τεταμένη τους προσοχή.

Πέρα από τις διατάξεις προειδοποίησης, που ουσιαστικά ανήκουν στο πεδίο της ενεργητικής ασφάλειας, το μεγάλο κεφάλαιο σε μία οδό όπως η εν λόγω αφορά στην παθητική ασφάλεια, ήτοι στην προστασία των εκτρεπόμενων οχημάτων από έξοδο από το οδόστρωμα, που μπορεί να έχει τραγικές συνέπειες. Στην ορεινή διάβαση Καστανιάς εφαρμόζεται η συνήθης λύση των μεταλλικών στηθαίων, χωρίς να λείπουν και τα τοιχεία από λιθοδομή, απομεινάρια περασμένων εποχών. Το ζήτημα, όμως, είναι κατά πόσο οι διατάξεις που είναι στην πράξη τοποθετημένες είναι σε θέση να προσφέρουν επαρκή προστασία, σε συνάρτηση με τις ειδικές συνθήκες που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Η πρώτη και βασικότερη παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι ότι κατά τη συντριπτική τους πλειοψηφία, τα στηθαία εκτείνονται σε ανεπαρκές ύψος. Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς το ύψος αυτό πρέπει να είναι 75 cm από το επίπεδο του οδοστρώματος, κάτι που δεν τηρείται σχεδόν σε όλο το μήκος της ορεινής διάβασης, με μοναδική εξαίρεση ένα πρόσφατα αναβαθμισμένο τμήμα. Πολλές φορές, μάλιστα, το ύψος αυτό είναι εξοργιστικά χαμηλό, με την αυλακωτή λεπίδα να βρίσκεται μόλις λίγα εκατοστά επάνω από το επίπεδο του οδοστρώματος, και σε πολύ

επικίνδυνα σημεία της χάραξης. Μία πιθανή ερμηνεία του φαινομένου έγκειται στις πολύ συχνές ασφαλτοστρώσεις του οδοστρώματος, που ουσιαστικά μειώνουν το ύψος του στηθαίου, κάτι που όμως δεν αποτελεί δικαιολογία.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό στοιχείο είναι η χρησιμοποίηση ενός και μόνο αποκλειστικού τύπου μεταλλικού στηθαίου, και ειδικότερα το απλό μονόπλευρο, με αποστάσεις ορθοστατών αποκλειστικά στα 4,0 m. Η εν λόγω κατάσταση, βέβαια, δεν προξενεί και ιδιαίτερη εντύπωση, αφού το αυτό συμβαίνει σχεδόν και σε όλη την ελληνική επικράτεια. Όπως εξηγήθηκε και στο Κεφάλαιο 1 του παρόντος, τα μεταλλικά στηθαία μπορούν να κατασκευαστούν με πλήθος μορφών και αποστάσεις ορθοστατών, καλύπτοντας ένα πραγματικά εκτεταμένο πεδίο απαιτήσεων. Η εφαρμογή του παραπάνω εύκαμπτου συστήματος μπορεί μεν να είναι πιο κατάλληλη για συνήθεις οδούς και λογικές γωνίες πρόσπτωσης από ένα αντίστοιχο δύσκαμπτο, ωστόσο το δεύτερο προστατεύει αποτελεσματικότερα υπό δυσμενείς συνθήκες σύγκρουσης. Έτσι, στις περιπτώσεις των έντονα καμπύλων στροφών, όπου η πρόσπτωση μπορεί να γίνει σχεδόν κάθετα, θα έπρεπε να εξεταστεί τουλάχιστον το ενδεχόμενο πυκνότερων ορθοστατών, αν όχι η εφαρμογή ενισχυμένου στηθαίου.

Καίριας σημασίας στην περίπτωση των μεταλλικών στηθαίων, ως γνωστό, είναι και η διαμόρφωση των άκρων. Για την αποφυγή των κινδύνων από ενδεχόμενη πρόσκρουση οχήματος στην αιχμή της αυλακωτής λεπίδας, τα στηθαία θα πρέπει να βυθίζονται σταδιακά στο έδαφος. Η διαμόρφωση αυτή πολύ σπάνια συναντάται στο υπό εξέταση οδικό τμήμα, ενώ πολύ συχνές είναι οι αδικαιολόγητες διακοπές και τα κενά μεταξύ διαδοχικών στηθαίων, που μειώνουν την αποτελεσματικότητα του συστήματος στα επίμαχα σημεία.

Τέλος, ιδιομορφίες παρουσιάζει και η συντήρηση των εν λόγω συστημάτων, καθώς πέρα από τις προσκρούσεις, όπου και απαιτείται άμεση αποκατάσταση, ενδιαφέρον παρουσιάζει και μία ιδιαίτερη μορφή καταπόνησης που πλήττει τα συγκεκριμένα στηθαία. Η καταπόνηση αυτή συνίσταται στην εγκάρσια πίεση κατά τους αποχιονισμούς, οι οποίοι είναι αρκετά συχνοί, και στη διάρκεια των οποίων εκτοπίζονται μεγάλες ποσότητες χιονιού. Κατά συνέπεια, σε πολλά σημεία οι ορθοστάτες των στηθαίων είναι κεκαμμένοι ή ξηλωμένοι προς τα έξω, γεγονός που συνδέεται και με ανεπαρκή έμπηξη στο έδαφος, λόγω του κανονισμού που επιβάλλει μικρότερο αντίστοιχο βάθος, ή ανεπαρκή πλευρική επικάλυψη στη στέψη απότομων πρανών.

Ένα δεύτερο μεγάλο κεφάλαιο στην παθητική προστασία του τμήματος της ορεινής διάβασης Καστανιάς αποτελούν τα τοιχεία από λιθοδομή. Το κεφάλαιο αυτό άνοιξε με την κατασκευή της οδού, καθώς την εποχή εκείνη ήταν διαθέσιμη μόνο η σχετική τεχνολογία, και θα έπρεπε να έχει κλείσει εδώ και αρκετό καιρό, με πλήρη αντικατάσταση των αναχρονιστικών αυτών διατάξεων με τα μεταλλικά στηθαία. Ωστόσο, έχει επιδειχθεί πεισματική εμμονή στη διατήρησή τους μέχρι σήμερα. Τα λίθινα αυτά τοιχώματα είναι αρκετά παλιά, ώστε μετά από τις πολλαπλές ασφαλτοστρώσεις που έχει υποστεί η οδός να είναι σε πολλές περιπτώσεις κυριολεκτικά ισοπεδωμένα με την επιφάνειά της, ενώ και η κατάσταση στην οποία βρίσκονται δεν είναι η καλύτερη δυνατή. Παρόλα αυτά, σε αρκετά σημεία προτιμάται η διατήρησή τους έναντι των μεταλλικών, με αμφιλεγόμενες δυνατότητες προστασίας.

Τέλος, αν και πολύ περιορισμένα σε αριθμό, μπορούν να βρεθούν και ορισμένα επικίνδυνα σημεία χωρίς καμία προστασία, αν και στις περισσότερες περιπτώσεις η έλλειψη αυτή είναι έμμεση, με πολύ χαμηλά λίθινα στηθαία που δεν υποσκελίστηκαν από νέα μεταλλικά.

Στις σελίδες που ακολουθούν γίνεται μία ενδεικτική φωτογραφική παράθεση όλων των στοιχείων που εθίγησαν παραπάνω σχετικά με τον εξοπλισμό ασφάλειας στην ορεινή διάβαση Καστανιάς.



**Km 21:** Ανεπαρκή σε ύψος μεταλλικά στηθαία στο εξωτερικό της στροφής, εικόνα που συναντάται και στην πλειοψηφία του μήκους της ορεινής διάβασης. Καθόσον δε τα ακραία τμήματα των εν λόγω συστημάτων είναι και λιγότερο αποτελεσματικά, θα έπρεπε να αποφεύγονται αδικαιολόγητες διακοπές, όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση.



**Km 27:** Το κενό που διακρίνεται απέναντι δεν είναι απροστάτευτο, απλά προστατεύεται από λίθινα στηθαία -μηδενικού πια ύψους μετά από πληθώρα ασφαλτοστρώσεων. Κάποιοι θεώρησαν επαρκή αυτήν την προστασία, ώστε να διακοπούν τα μεταλλικά στηθαία σε ένα υπερβολικά μικρό μήκος, και στο πιο επικίνδυνο σημείο της στροφής. Ταυτόχρονα, τα ψαροκόκαλα είναι προνόμιο μόνο για την αντίθετη κατεύθυνση.



**Km 29:** Εδώ, όμως, το μεταλλικό στηθαίο όντως διακόπτεται αφήνοντας τελείως απροστάτευτη την έξοδο της στροφής, ενώ είναι ήδη και πολύ χαμηλό. Ταυτόχρονα, και πάλι τα ψαροκόκαλα αφορούν μόνο το αντίθετο ρεύμα... Από πλευράς χάραξης, οι συχνά διερχόμενοι οδηγοί χαρακτηρίζουν την εν λόγω στροφή ως μία από τις πιο επικίνδυνες της ορεινής διάβασης.

**Σημείωση:** Οι χιλιομετρικές θέσεις αναφέρονται στην επίσημη χιλιομέτρηση της οδού (Ε.Ο. Βέροιας-Κοζάνης).



**Km 31:** Στηθαίο ύψους όχι παραπάνω από 45 cm από το οδόστρωμα. Αυτή η εικόνα ισχύει σχεδόν σε όλο το υπό εξέταση τμήμα.



**Km 31:** Η πρώτη χαρακτηριστική «φουρκέτα» μετά τον Πολύμυλο. Τα σημάδια στο οδόστρωμα προδίδουν τις δυσκολίες που καλούνται να αντιμετωπίσουν τα ελαστικά των οχημάτων, η δε κατάσταση των στηθαίων ότι κάποια από αυτά δεν αντεπεξήλθαν. Αν, μάλιστα, τα στηθαία δεν αποκατασταθούν τα ταχύτερο, κάποιοι οδηγοί ίσως ζήσουν δυσάρεστες εμπειρίες.



**Km 20:** Άλλη μία περίπτωση καταπονημένου στηθαίου, αυτή τη φορά στο εσωτερικό της στροφής. Οι έντονες καμπυλότητες, κατά μήκος κλίσεις και επικλίσεις μπορεί να καταστήσουν το χεμώνα χρήσιμα τα στηθαία και στις εσωτερικές οριογραμμές των στροφών.

**Σημείωση:** Οι χιλιομετρικές θέσεις αναφέρονται στην επίσημη χιλιομέτρηση της οδού (Ε.Ο. Βέροιας-Κοζάνης).



**Km 22:** Ένα από τα λίγα στηθαία επαρκούς ύψους, σε ένα πρόσφατα αναβαθμισμένο τμήμα. Διακρίνονται και τα παλιά στηθαία, ως μέτρο σύγκρισης. . .



**Km 26:** Είναι άγνωστος ο βαθμός προστασίας που μπορεί να παρέχουν στηθαία με ήδη ξηλωμένους ορθοστάτες. Το εν λόγω στηθαίο βρίσκεται κυριολεκτικά στο χείλος του γκρεμού.



**Km 20:** Άλλη μία παρόμοια περίπτωση. Πιθανότερη εξήγηση για αυτήν την κατάσταση αποτελεί η έντονη πλευρική καταπόνηση από τους συχνούς αποχιονισμούς, σε συνδυασμό με ελλιπές βάθος έμπτυξης, ανεπαρκή πλευρική επικάλυψη ορθοστατών στη στέψη απότομων πρανών, κακό έδαφος.

**Σημείωση:** Οι χιλιομετρικές θέσεις αναφέρονται στην επίσημη χιλιομέτρηση της οδού (Ε.Ο. Βέροιας-Κοζάνης).



**Km 29:** Λίθινα στηθαία βρισκόμενα σε κακή έως οικτρή κατάσταση, τα οποία, όμως, θεωρούνται επαρκή ώστε να διακόπτονται τα αντίστοιχα μεταλλικά.



**Km 31:** Μετά από σειρά ασφαλτοστρώσεων, τα λίθινα αυτά στηθαία δεν εξέχουν παραπάνω από 10~20 cm, μη όντας σε καμία περίπτωση σε θέση να συγκρατήσουν την έξοδο οχημάτων, αφήνοντας απροστάτευτο ένα μεγάλο μήκος.



**Km 19:** Άλλο ένα μεγάλο πρόβλημα των μεταλλικών στηθαίων στην ορεινή διάβαση Καστανιάς είναι η συστηματική αποφυγή της κατάλληλης διαμόρφωσης των αιχμών. Η πρόσπτωση ενός οχήματος αξονικά επάνω στην αιχμή μπορεί να έχει πολύ σοβαρές συνέπειες.

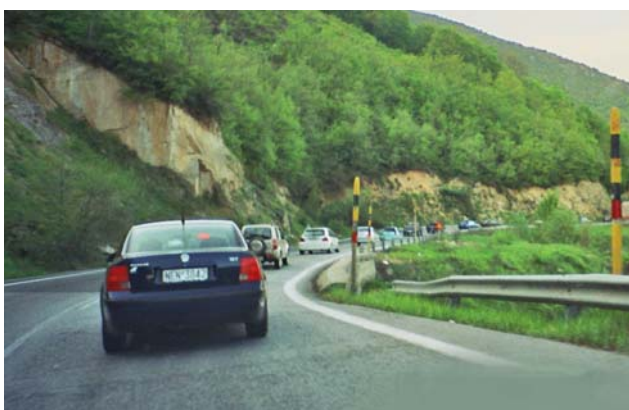
**Σημείωση:** Οι χιλιομετρικές θέσεις αναφέρονται στην επίσημη χιλιομέτρηση της οδού (Ε.Ο. Βέροιας-Κοζάνης).



**Km 12:** Ανυπαρξία προστασίας παραπλεύρως επικίνδυνου πρανούς. Ευτυχώς οι περιπτώσεις έλλειψης στηθαίου σε απαιτούμενα σημεία πραγματικά σπανίζουν, χωρίς όμως και να εκλείπουν εντελώς.



**Km 15:** Μάλλον θεωρήθηκε ότι ο μήκους ~20 m τοίχος αντιστήριξης εξέχει σε επαρκές ύψος από το οδόστρωμα, ώστε να μην χρειάζεται το μεταλλικό στηθαίο...



**Km 15:** ...Φυσικά όχι μόνο δεν επαρκεί το ύψος του, αλλά και το μέτωπό του έχει την κατάλληλη διαμόρφωση ώστε να διευκολύνει την αναρρίχηση οχημάτων επάνω του!

**Σημείωση:** Οι χιλιομετρικές θέσεις αναφέρονται στην επίσημη χιλιομέτρηση της οδού (Ε.Ο. Βέροιας-Κοζάνης).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Από τα όσα εκτέθηκαν στο παρόν σύγγραμμα σχετικά με κάθε μεμονωμένο είδος, γίνεται φανερό ότι το κεφάλαιο του εξοπλισμού της οδού, στα πλαίσια τόσο της κατασκευής, όσο και της διαχείρισης μίας οδού, είναι πολύ πιο ευρύ και σημαντικό από ο,τι ίσως πιστεύεται εκ πρώτης όψεως. Κάθε ένα από αυτά τα είδη έχει μία εκτεταμένη ποικιλία ιδιοτήτων, απαιτήσεων και εναλλακτικών λύσεων, που καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα κόστους, ποιότητας και τεχνικής αρτιότητας στον εξοπλισμό μίας οδού. Κάθε ένα από αυτά τα είδη απαιτεί, πλέον, το δικό του σχεδιασμό και μελέτη.

Η ποικιλία αυτή, η διεθνής πείρα και οι μέθοδοι σχεδιασμού, σε συνάρτηση με τις δυνατότητες της σύγχρονης βιομηχανίας, δίνουν πλέον την άνεση στο μελετητή ή κύριο του έργου να επιλέξει ανοιχτά και αντικειμενικά τη δική του λύση, σύμφωνα με το είδος της περίπτωσης, το επίπεδο και τον κυκλοφοριακό φόρτο της οδού, την οικονομική διάσταση της εφαρμογής. Δυστυχώς, στην Ελλάδα για πολλές δεκαετίες η μόνιμη οικονομική συμπίεση των έργων οδοποιίας και η ακούσια ή ηθελημένη παραγνώριση του αναλυτικού χαρακτήρα κάθε διάταξης οδήγησαν στον πρόχειρο και ελλιπή εξοπλισμό των οδών, όπως διαπιστώθηκε χαρακτηριστικά και από τα όσα παρατέθηκαν στο Κεφάλαιο 11 της κριτικής επισκόπησης υπαρχόντων συστημάτων, όπου έγινε φανερή η αδυναμία ακόμη και σε τελείως τυπικές περιπτώσεις.

Για παράδειγμα, όπως πολλάκις τονίστηκε, η επινόηση των μεταλλικών στηθαίων ασφαλείας ήταν η επινόηση ενός παραμορφώσιμου συστήματος που έχει τη δυνατότητα να απορροφάει ποσοστό της κινητικής ενέργειας του οχήματος κατά τη σύγκρουση, μειώνοντας τη σφοδρότητά της και ελέγχοντας την εξέλιξή της. Για την κάλυψη ενός εύρους παρόδιων κινδύνων, μαζών οχημάτων και ταχυτήτων σύγκρουσης, διαμορφώθηκε και χρησιμοποιήθηκε στο εξωτερικό μία ποικιλία τέτοιων συστημάτων, όσον αφορά στη δυσκαμψία τους, που μέρος τους έχει παρατεθεί αναλυτικά στο Κεφάλαιο 1 του παρόντος. Ωστόσο, στην Ελλάδα τα μεταλλικά στηθαία νοήθηκαν ως διατάξεις που απλά προστατεύουν το όχημα από έξοδο από το χώρο κυκλοφορίας, και ως ιδανικές εναλλακτικές λύσεις των κάθε μορφής χρησιμοποιούμενων, τότε, διατάξεων (π.χ. από λιθοδομή), με αποτέλεσμα να εφαρμόζεται μόνο ένας τύπος μεταλλικών στηθαίων, χωρίς πολλή περίσκεψη, και με εύλογη συνέπεια την ανεπαρκή προστασία σε συγκεκριμένα σημεία.

Η ακόμη, η υποτίμηση της σημασίας των διαγραμμίσεων οδήγησε στην ολοκληρωτική υιοθέτηση των εύχρηστων και φθηνών βαφών, που όμως έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής, άρα πρόσθετα έξοδα και διαδικασίες συντήρησης, και ανεπαρκή ορατότητα υπό βροχή, με αποτέλεσμα σε βροχερές νύχτες δρόμοι με πολλές λωρίδες και μεγάλο πλάτος να μετατρέπονται σε απέραντες μαύρες πίστες.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η είσοδος της ελληνικής οδοποιίας και διαχείρισης των υπό λειτουργία έργων σε νέα βάση έχει ανοίξει το δρόμο και στην αντίστοιχη αναβάθμιση στο πεδίο του εξοπλισμού των οδών. Η ανάγκη κατασκευής μεγάλων και σημαντικών οδικών έργων με πραγματική ποιότητα υψηλής στάθμης, η οποία επιπλέον θα πρέπει και να διατηρείται στο πέρασμα του χρόνου, έχει αρχίσει να

οδηγεί προς την κατεύθυνση της ολοκληρωμένης άποψης της εγκατάστασης και συντήρησης των εν λόγω συστημάτων.

Έτσι, κινούμενος κανείς κατά μήκος κάποιων οδών παρατηρεί καινούρια στηθαία σε θέσεις στύλων ηλεκτροφωτισμού, με πυκνότερους ορθοστάτες σε σχέση με το σύνθηες, ή με ορθοστάτες που πυκνώνουν στις θέσεις των στύλων, ενώ διατάξεις απορρόφησης ενέργειας έχουν λάβει θέση σε αιχμές διαδρόμων εξόδου από αυτοκινητοδρόμους. Οι γέφυρες σήμανσης υπεράνω της οδού είναι πλέον κοινός τόπος, ενώ μεμβράνες υψηλής αντανakλαστικότητας έχουν ήδη αρχίσει να εφαρμόζονται σε πινακίδες, ακόμη και σε αστική σήμανση. Επίσης, σε νέους αυτοκινητοδρόμους εφαρμόζεται φωτισμός σε όλα τα τμήματα και τους κόμβους που απαιτείται, ενώ σε εξέλιξη βρίσκεται και αντίστοιχη αναβάθμιση στο υπάρχον οδικό δίκτυο. Ακόμη, πρόσφατα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές εφαρμογής και ελέγχου διαφόρων ειδών διαγραμμίσεων, από εταιρία υπεύθυνη για την κατασκευή και διαχείριση ελληνικού αυτοκινητοδρόμου. Όλες αυτές οι δραστηριότητες αποδεικνύουν τη διάθεση για αναβάθμιση των ελληνικών οδών στο πεδίο του εξοπλισμού τους, και θα πρέπει να συνεχιστούν μέχρις ότου οικειοποιηθεί το αντίστοιχο επίπεδο άλλων προηγμένων κρατών, χωρίς συμβιβασμούς.

Κλείνοντας, και σχολιάζοντας το επίπεδο του παρόντος συγγράμματος, επαναλαμβάνεται αυτό που τονίστηκε και στην Εισαγωγή, ότι το παρόν έχει χαρακτήρα εισαγωγικό, δίνοντας τη γενική εικόνα που θα πρέπει να έχει κανείς για τα επιμέρους στοιχεία του εξοπλισμού των οδών. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορες ανάμικτες αναφορές σε κανονισμούς και προδιαγραφές, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις δεν δόθηκε κάποια ολοκληρωμένη μεθοδολογία σχεδιασμού, αφού δεν ήταν αυτός ο επιθυμητός σκοπός.

Έτσι, η προσπάθεια που ξεκίνησε με το παρόν μπορεί να συμπληρωθεί με όλα τα στοιχεία που δεν εθίγησαν ή εθίγησαν ελλιπώς, όπως η παρουσίαση ολοκληρωμένων μεθόδων σχεδιασμού (π.χ. φωτισμού), η οικονομική διάσταση του πεδίου του εξοπλισμού, το ευρύ πεδίο της συντήρησης και διαχείρισής του, ή και πιο πρωτότυπες προσεγγίσεις, όπως η απόπειρα συσχετισμού των χαρακτηριστικών των διαφόρων επιμέρους συστημάτων με το επίπεδο οδικής ασφάλειας.

**BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. **Wright P., “Highway Engineering”**, John Willey, New York 1996
2. **Natzschka H., “Strassenbau, Entwurf und Bautechnik”**, B.G. Teubner, Stuttgart 1997
3. **American Association of State Highway Officials, “A Policy On Geometric Design Of Rural Highways”**, 1970
4. **Νικηφοριάδης Α., «Συστήματα αναχαίτισης οχημάτων σε Οδούς-Πεδίο εφαρμογής και κριτήρια επιλογής»**, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
5. **Δρυμαλίτου Δ., «Αντιμετώπιση προβλημάτων σήμανσης και ασφάλισης αυτοκινητοδρόμων»**, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
6. **“Richtlinien für passive Schutzrichtungen an Straßen”**, Ausgabe 1989
7. **Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ.Α., «Σχεδιασμός Των Μεταφορών Και Κυκλοφοριακή Τεχνική»**, Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1986
8. **U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, “Manual On Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways - Millenium Edition”**, December 2000
9. **Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, «Σχέδιο του νέου Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας»**, Αθήνα 2001
10. **Connecticut Department of Transportation, Bureau of Engineering and Highway Operations, Division of Traffic Engineering, “Manual of Traffic Control Signal Design”**, 2001
11. **State of California, Business, Transportation and Housing Agency, Department of Transportation, “Traffic Manual”**, July 1996
12. **Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), «Διαγραμμίσεις Οδοστρωμάτων»**, Δεκέμβριος 1975
13. **“Richtlinien für die Markierung von Straßen, RMS-1”**
14. **Μουρατίδης Α., «Διαχείριση Οδικών Έργων»**, Θεσσαλονίκη 1994
15. **Harlow A., The NZ Roadmarkers Federation Inc, “Roadmarking Performance Criteria ‘Meeting the needs of drivers’”**, 2000
16. **Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), «Πινακίδες Σημάνσεως Οδών»**, Ιανουάριος 1974
17. **«Αντανακλάσεις»**, Περιοδική έκδοση 3Μ, Φύλλο 2/97, Μάιος-Ιούνιος 1997
18. **Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνση Δημοσίων Έργων, «Προσωρινή Προδιαγραφή Ανακλαστήρων Οδοστρώματος (Μάτια Γάτας)»**, Ιανουάριος 1988
19. **Νικηφοριάδης Α., «Βελτίωση της οδικής ασφάλειας κατά τη νύχτα με τη βοήθεια ανάγλυφων διαγραμμίσεων οδών»**, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Θεσσαλονίκη, 28-29 Μαρτίου 1994
20. **Κόκκινος Β., «Σχεδιασμός οδικής υποδομής και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Ανάλυση κόστους-ωφελειών στην περίπτωση του οδικού φωτισμού»**,

- Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Οκτώβριος 2001
21. **Μπαλόγλου Κ.**, «Συσχετισμός οδικής ασφάλειας και οδικού φωτισμού στην αστική περιοχή Θεσσαλονίκης», Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Οκτώβριος 2000
  22. **Minnesota Department of Transportation, Office of Traffic Engineering**, “**Roadway Lighting Design Manual**”, June 2001
  23. **Τσώχος Γ.**, «Περιβαλλοντική Οδοποιία», University Studio Press, 1997
  24. **Kotzen B., English C.**, “**Environmental noise barriers: A guide to their acoustic and visual design**”, E&FN SPON, 1999
  25. **Watts G. R.**, “**Traffic Noise Barriers**”, TRL Annual Review, 1995
  26. **Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνση Δημοσίων Έργων**, «Προσωρινή Προδιαγραφή Οριοδεικτών Από Πολυμερές Υλικό», Ιούνιος 1988
  27. **Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών**, «**Θεωρητική Εκπαίδευση Υποψήφιων Οδηγών Αυτοκινήτων**», Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 2001
  28. **U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration**, “**Improving Traffic Signal Operations**”, November 1995
  29. **Main Roads Western Australia**, “**Guide to the Design of Emergency Telephones**”, Document No. 67-08-6, January 2002
  30. **Walton J., Barrett M., Crabtree J.**, “**Management and Effective Use of Changeable Message Signs (Final Report)**”, Kentucky Transportation Center, June 2001
  31. **Wisconsin Department of Transportation**, “**Intelligent Transportation Systems (ITS) Design Manual - Chapter 6: Variable Message Signs**”, December 2000
  32. **Dudek et al.**, “**Improving Dynamic Message Sign Operations**”, Texas Transportation Institute, February 2001
  33. **Oregon Department of Transportation, Highway Division, Traffic Management Section**, “**Guidelines for the Use of Portable Variable Message Signs on State Highways**”, March 2002
  34. **Finnish National Road Administration**, “**The Traffic Management Policy of Variable Message Signs for Weather-Controlled Road**”, June 1995
  35. **National Technical University of Athens, Department of Transportation Planning and Engineering**, “**Road Work Zone Safety Practical Handbook, Annex I to Final Report for Publication**”, November 1998
  36. **Virginia Department of Transportation**, “**Virginia Work Area Protection Manual**”, January 2003
  37. **Oregon Department of Transportation**, “**Traffic Control on State Highways for Short Term Work Zones**”, 1998 Revised Edition
  38. **Pflugfelder R. P.**, “**Visual Traffic Surveillance Using Real-time Tracking**”, Technical University of Wien, January 2002
  39. **Collins A. et al.**, “**Dynamic Dimming: The Future of Motorway Lighting?**”, The Lighting Journal, September/October 2002
  40. **Minsk L. D.**, “**Snow and ice control manual for transportation facilities**”, McGraw-Hill, 1998
  41. **Lund J.**, “**Pavement Snow Melting**”, Oregon Institute of Technology, 2001
  42. **Yehia S., Tuan C.**, “**Bridge Deck Deicing**”, 1998 Transportation Conference Proceedings

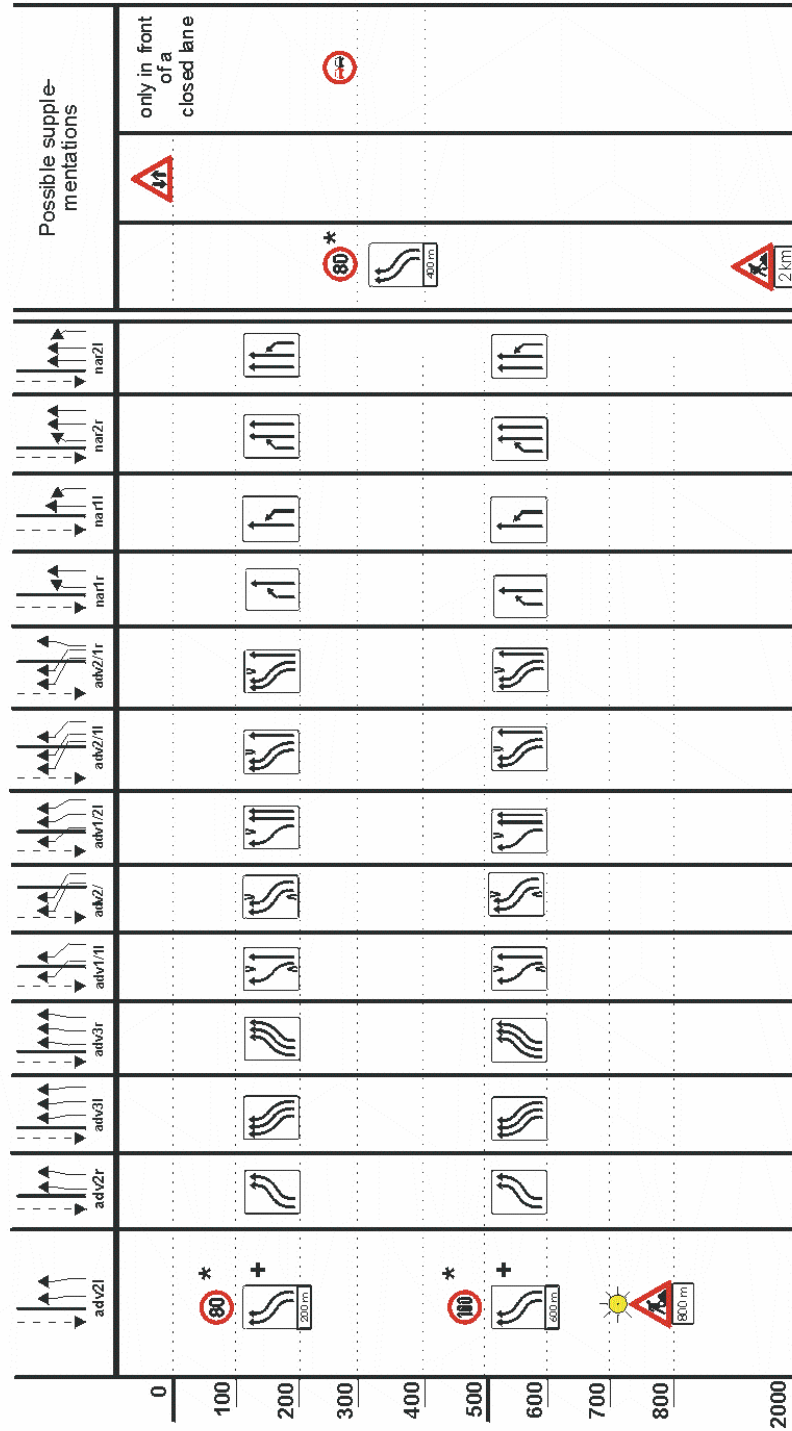
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄**

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΩΝ

*Στο παρόν Παράρτημα παρατίθεται μία σειρά από διαγράμματα σήμανσης για περιοχές εκτέλεσης έργων. Το υλικό αυτών των σελίδων είναι παρμένο εξολοκλήρου από το εγχειρίδιο του ερευνητικού προγράμματος “ARROWS-Advanced Research on Road Work Zone Safety Standards in Europe” [35] που πραγματοποίησε το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο σε συνεργασία με σειρά από σχετικούς φορείς του ευρωπαϊκού χώρου. Στο εν λόγω ερευνητικό πρόγραμμα πραγματοποιείται μία ανασκόπηση των πρακτικών διαχείρισης των περιοχών εκτέλεσης έργων στην Ευρώπη και η εξαγωγή μίας κοινής προτεινόμενης στρατηγικής, χωρίς σκοπό την υποσκέλιση των τοπικών εθνικών διατάξεων.*

Στις σελίδες που ακολουθούν δίνεται αρχικά μία σειρά από **ενδεικτικά διαγράμματα σήμανσης**, και στη συνέχεια μία σειρά από **χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής** για συγκεκριμένες περιπτώσεις. Τα διαγράμματα υποδεικνύουν τη διαμήκη τοποθέτηση των σημάτων, τις πινακίδες με τους κατάλληλους δείκτες τροχιάς, ενδεικτικά όρια ταχύτητας (που θα πρέπει στην πράξη να συμφωνούν με τις σχετικές εθνικές διατάξεις) και ενδεχόμενες εναλλακτικές ή συμπληρωματικές πρακτικές. Στα ολοκληρωμένα παραδείγματα εφαρμογής, που ακολουθούν μετά από τα διαγράμματα, δίνεται η διάταξη μόνο των βασικών στοιχείων του εξοπλισμού. Για περισσότερα παραδείγματα και πληροφορίες, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο ίδιο το εγχειρίδιο (<http://www.ntua.gr/arrows/finalhb6a2.pdf>).

Figure 9: Layouts for area I for long-term work zones on motorways

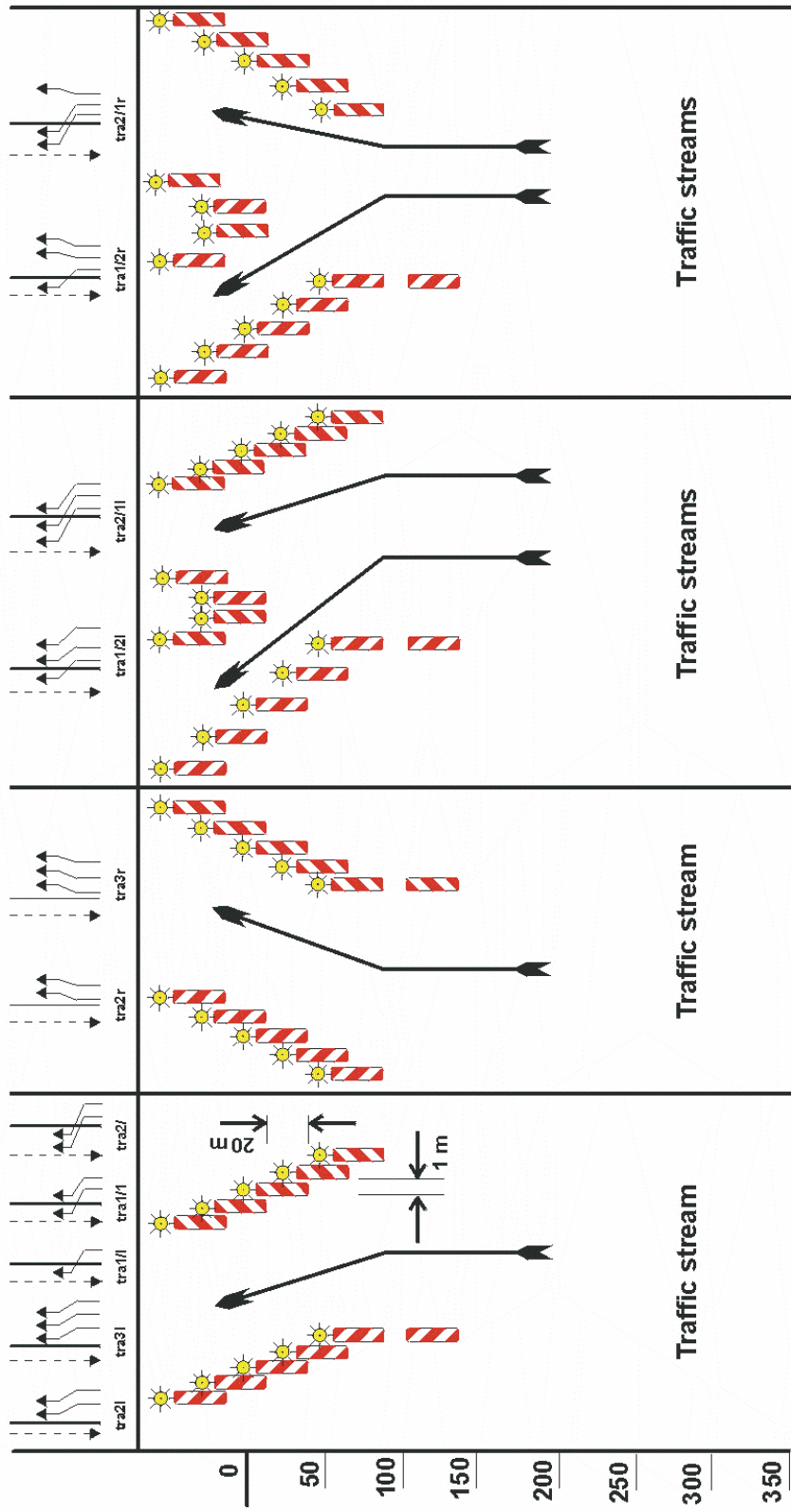


\* nation specific.

+ may not be necessary if the work zone has a limited effect on the traffic path.

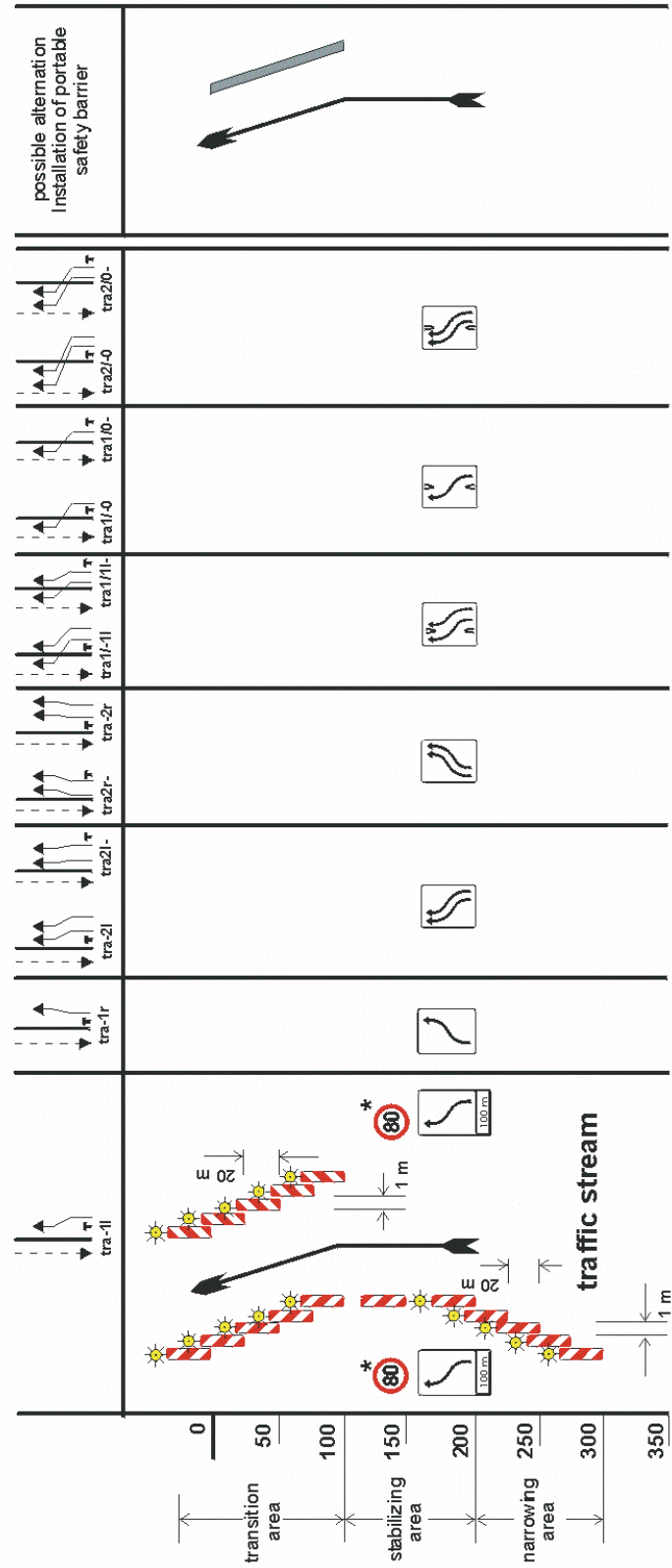
NOTE: For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

Figure 10: Layouts for area II without lane closure for long-term work zones on motorways



NOTE: Distances shown are indicative. It is important to provide a taper of 1:20 or flatter.

Figure 11: Layouts area II with lane closure for long-term work zones on motorways

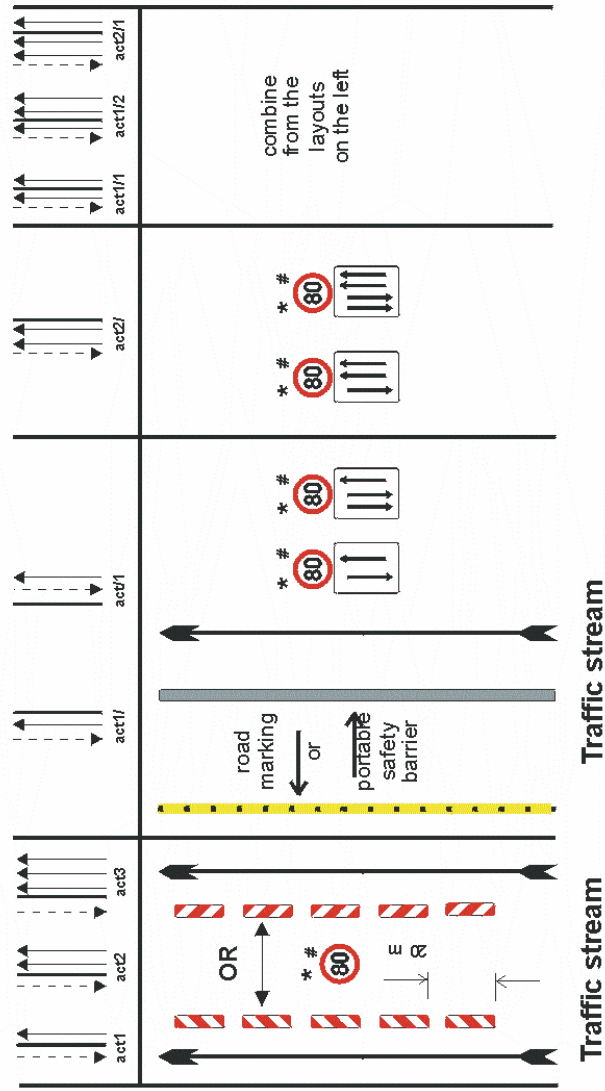


\* nation specific

NOTE "": For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

NOTE "": Distances shown are indicative. It is important to provide a taper of 1:20 or flatter.

Figure 12: Layouts for area III for long-term work zones on motorways

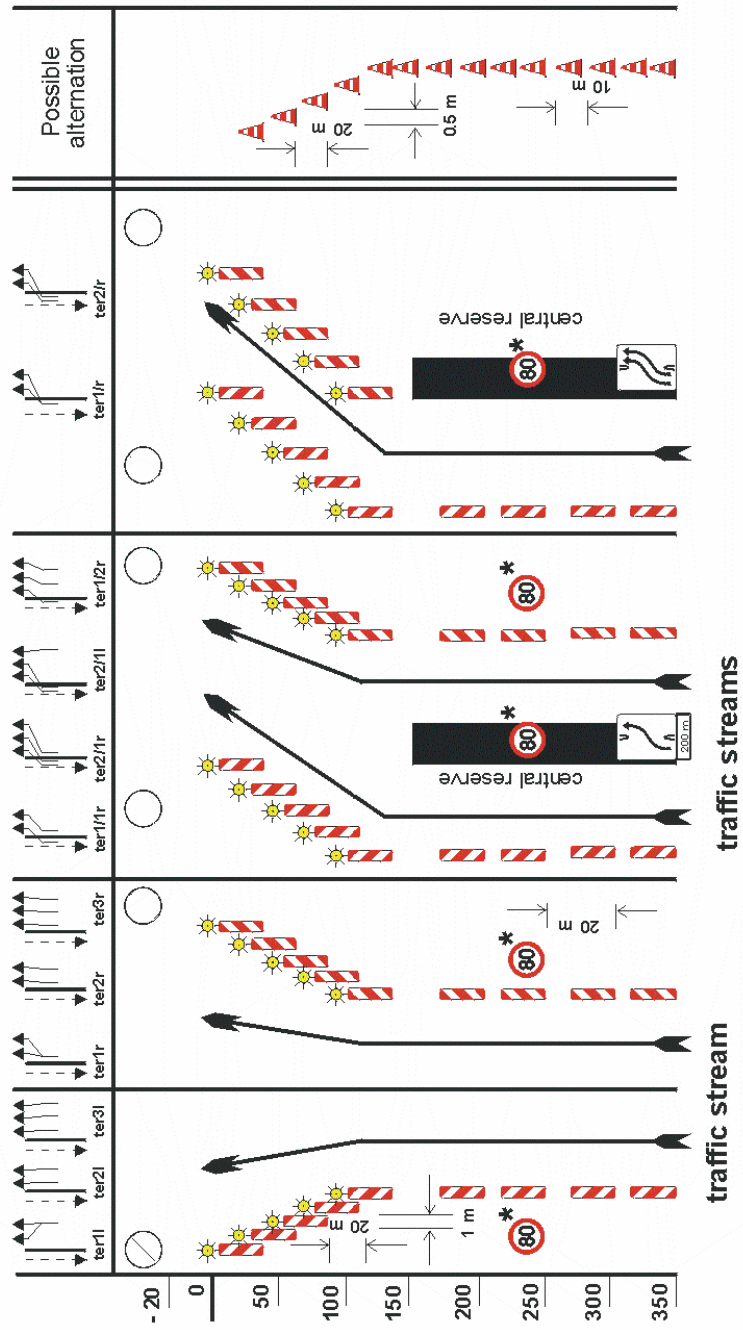


\* nation specific

# to be repeated every 1000 m

NOTE : For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

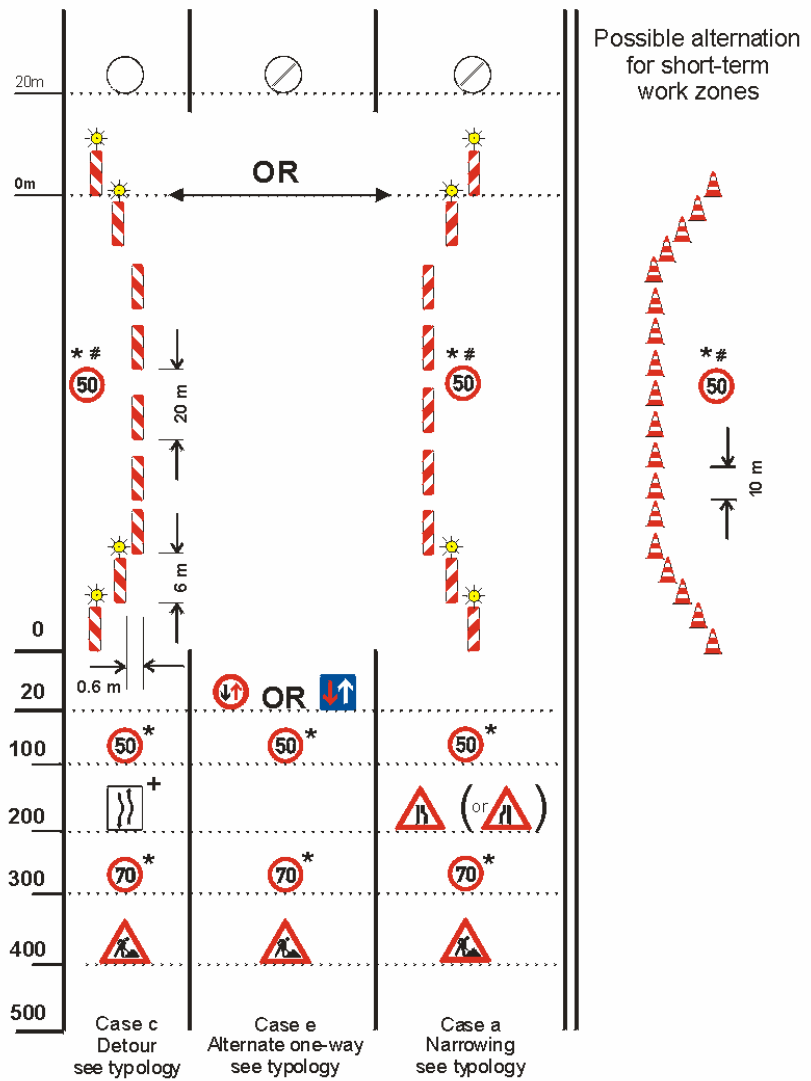
Figure 13: Layouts for area IV for long-term work zones on motorways



\* nation specific

NOTE: Distances shown are indicative. It is important to provide a taper of 1:20 or flatter.

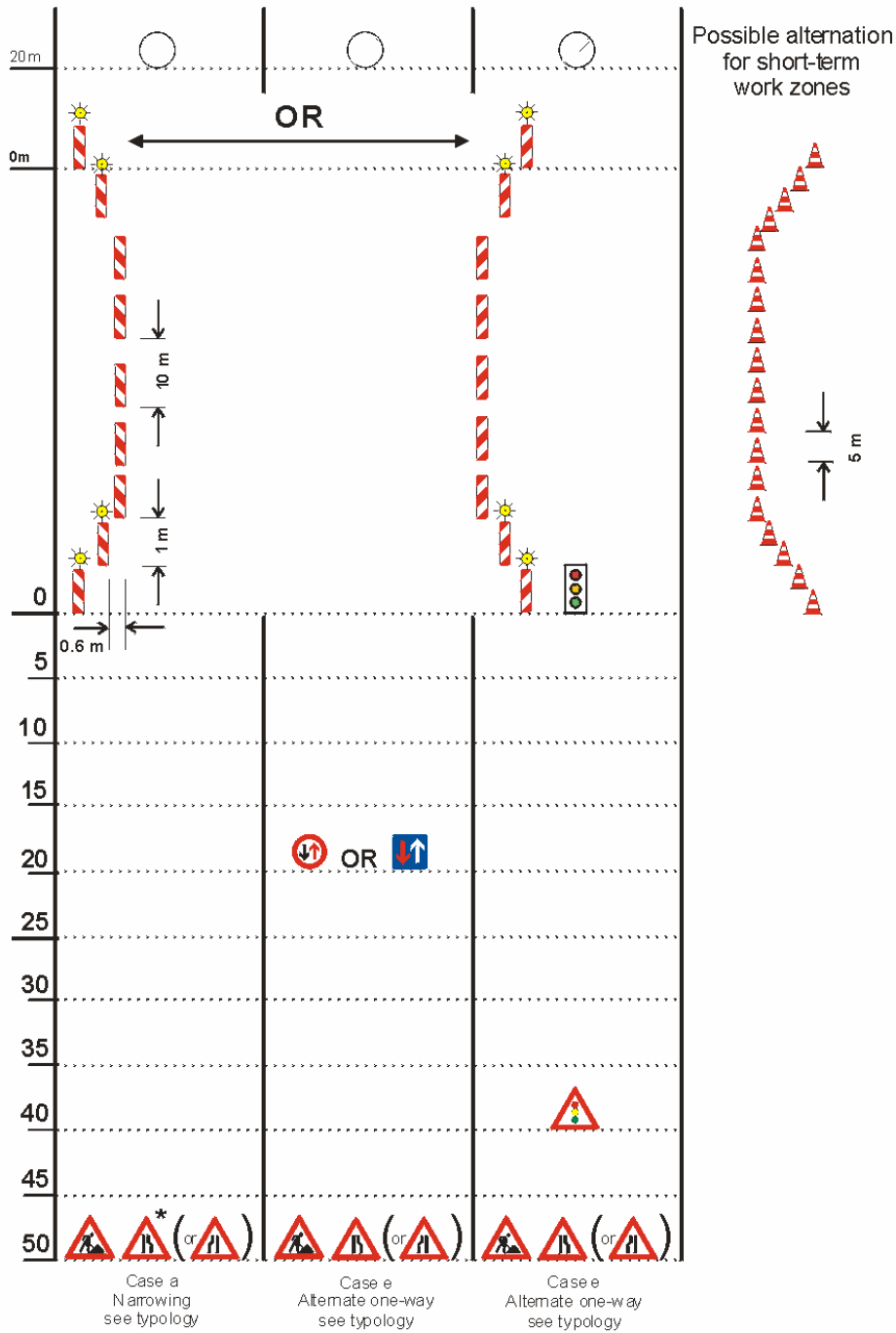
Figure 14: Layouts for rural roads



- \* nation specific
- # to be repeated every 500 m
- + possible supplementation

**NOTE :** For case e it is recommended to use two sided guiding beacons along the work zone (for longitudinal closure)

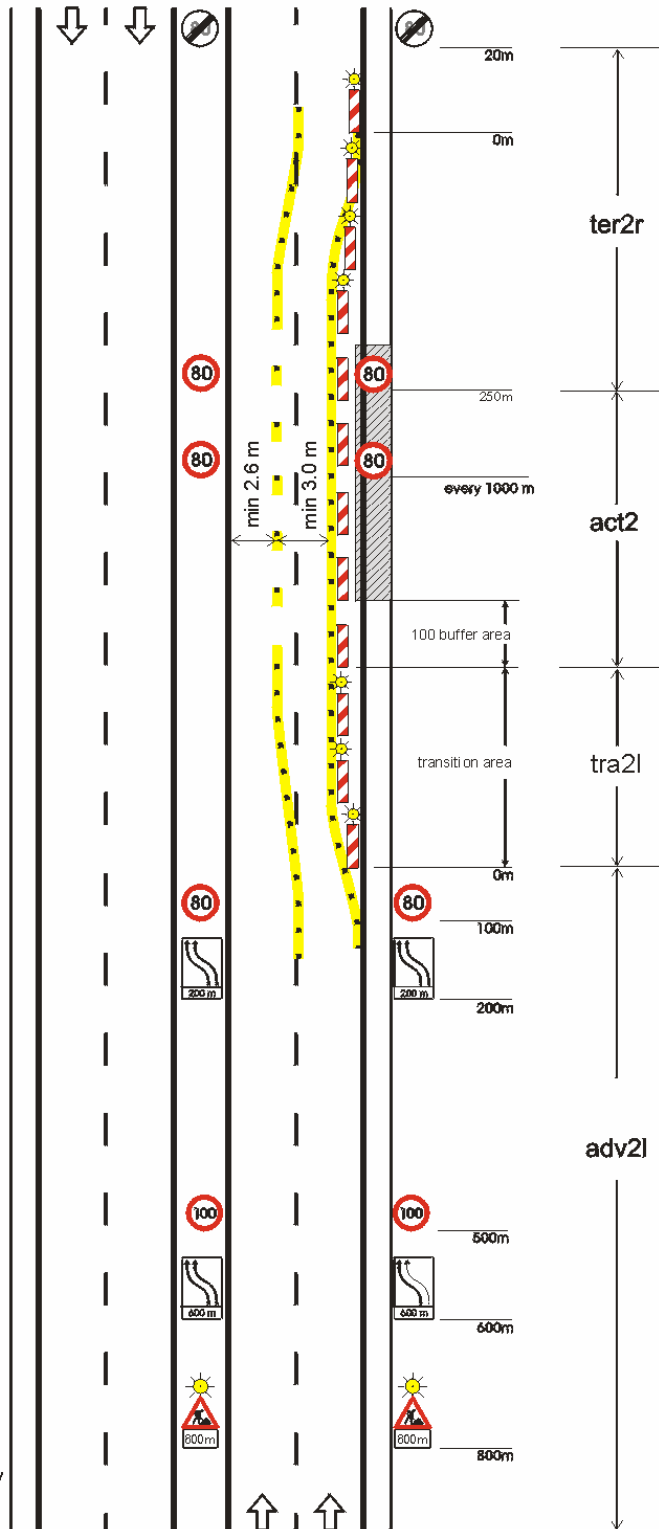
**Figure 15: Layouts for urban roads**



\* possible supplementation especially in the case of abrupt narrowing.

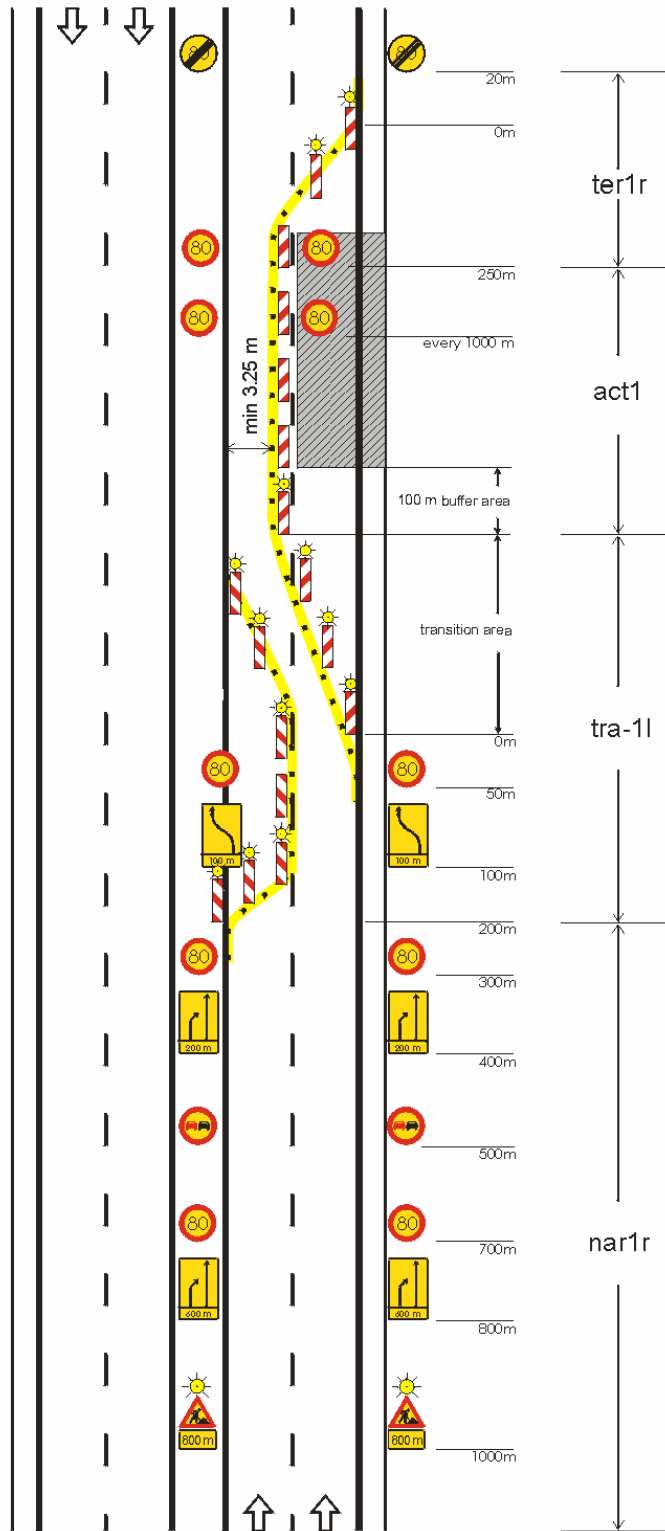
NOTE: For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

Figure 16: Example of situation "A.1.a" (motorway, long-term, lane-narrowing)



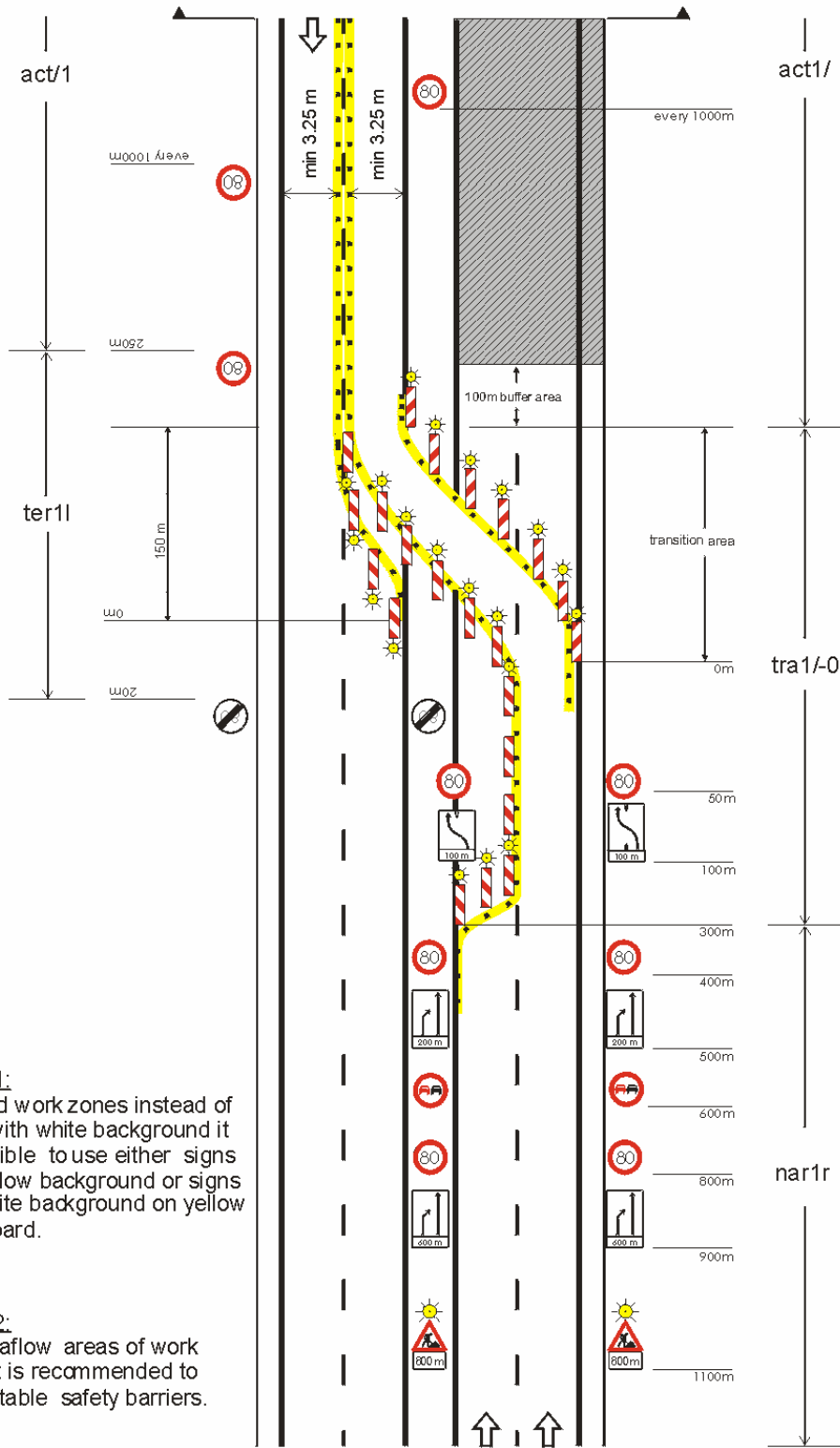
**NOTE:**  
For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

Figure 17: Example of situation "A.1.b" (motorway, long-term, lane closure)



**NOTE:**  
For road work zones instead of signs with yellow background it is possible to use either signs with white background or signs with white background on yellow back board.

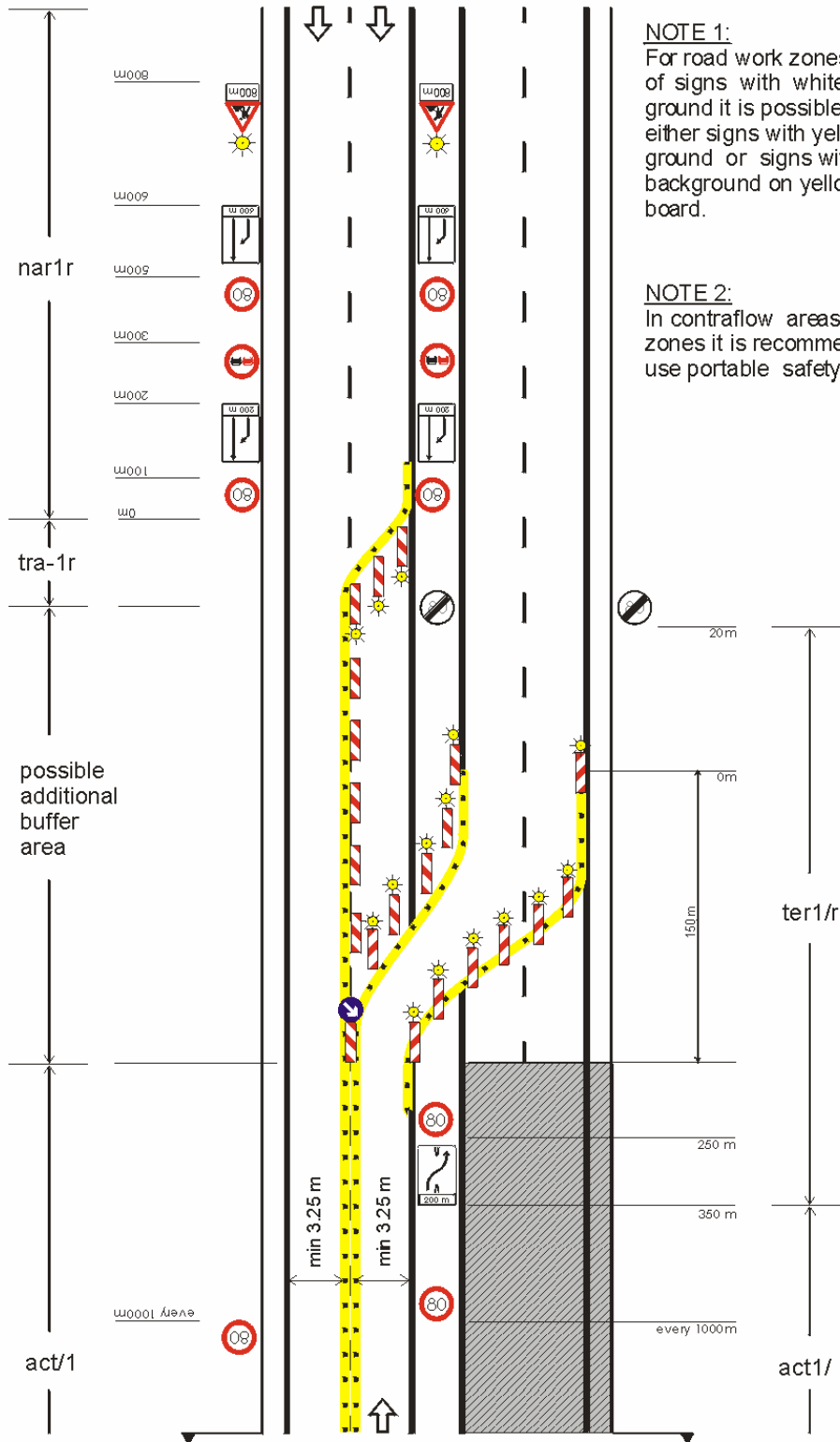
**Figure 18a: Example of situation "A.1.d1" (motorway, long term, contraflow, with lane closure)**



**NOTE 1:**  
For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

**NOTE 2:**  
In contraflow areas of work zones it is recommended to use portable safety barriers.

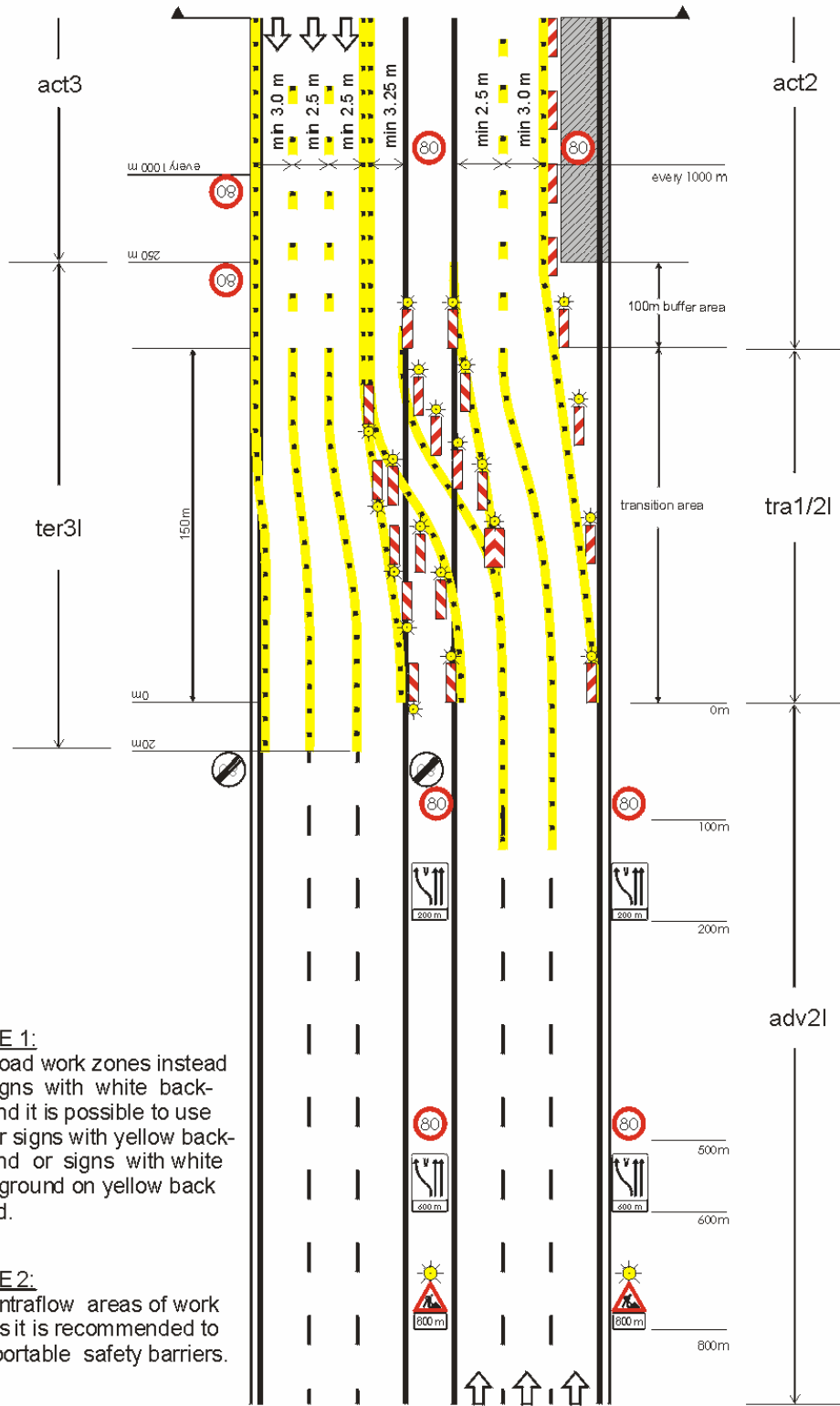
**Figure 18b: Example of situation "A.1.d1" (motorway, long term, contraflow, with lane closure)**



**NOTE 1:**  
For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

**NOTE 2:**  
In contraflow areas of work zones it is recommended to use portable safety barriers.

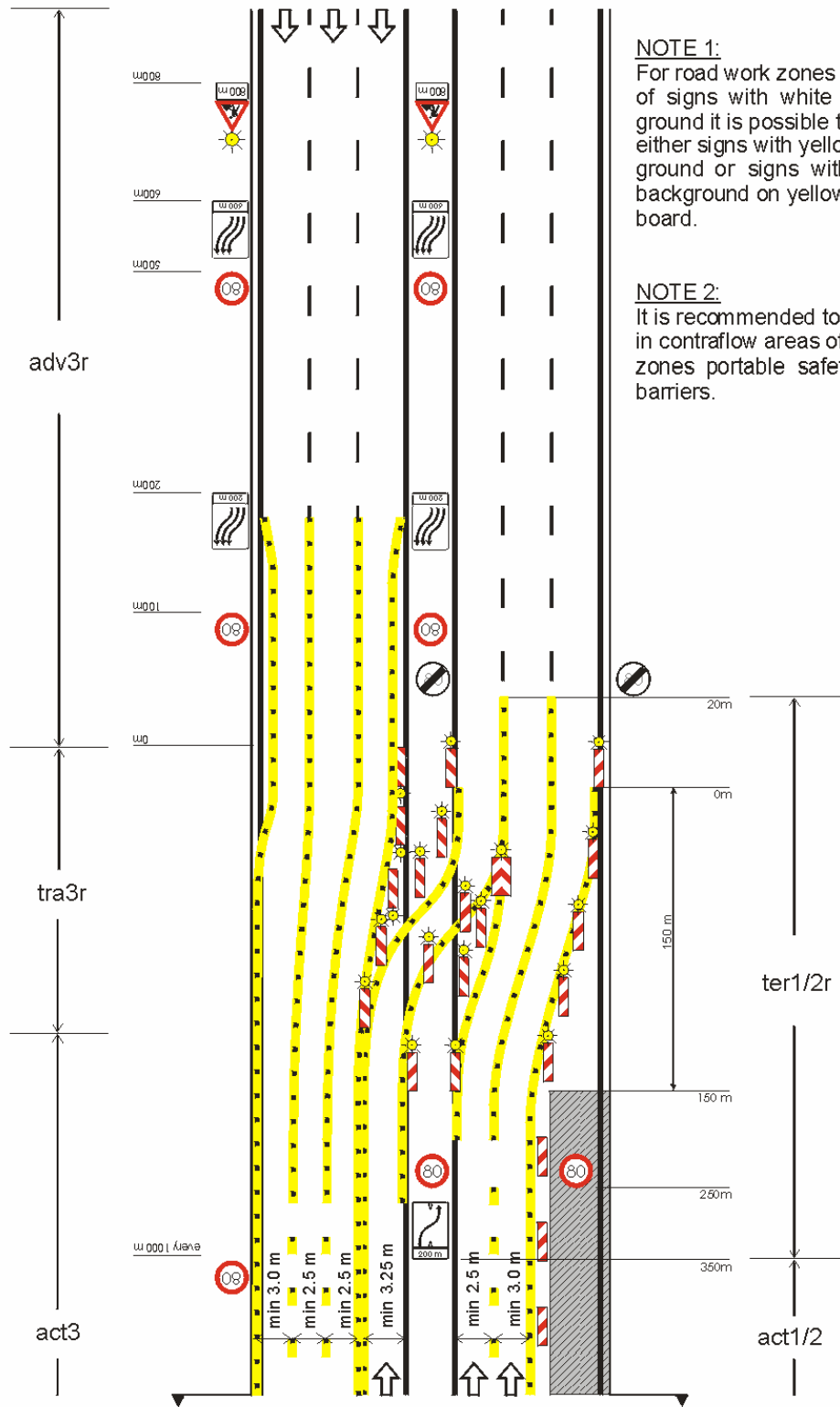
**Figure 20a: Example of situation "A.1.d3" (motorway, long term, partial contraflow)**



**NOTE 1:**  
For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

**NOTE 2:**  
In contraflow areas of work zones it is recommended to use portable safety barriers.

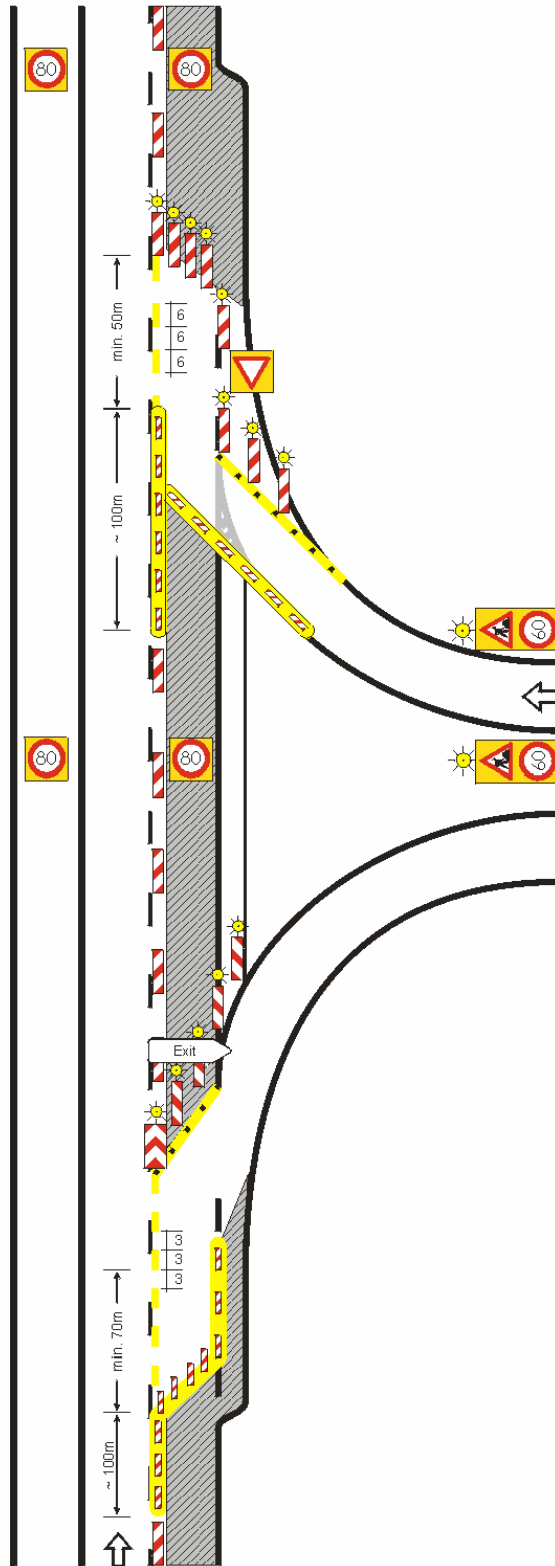
**Figure 20b: Example of situation "A.1.d3" (motorway, long term, partial contraflow)**



**NOTE 1:**  
For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

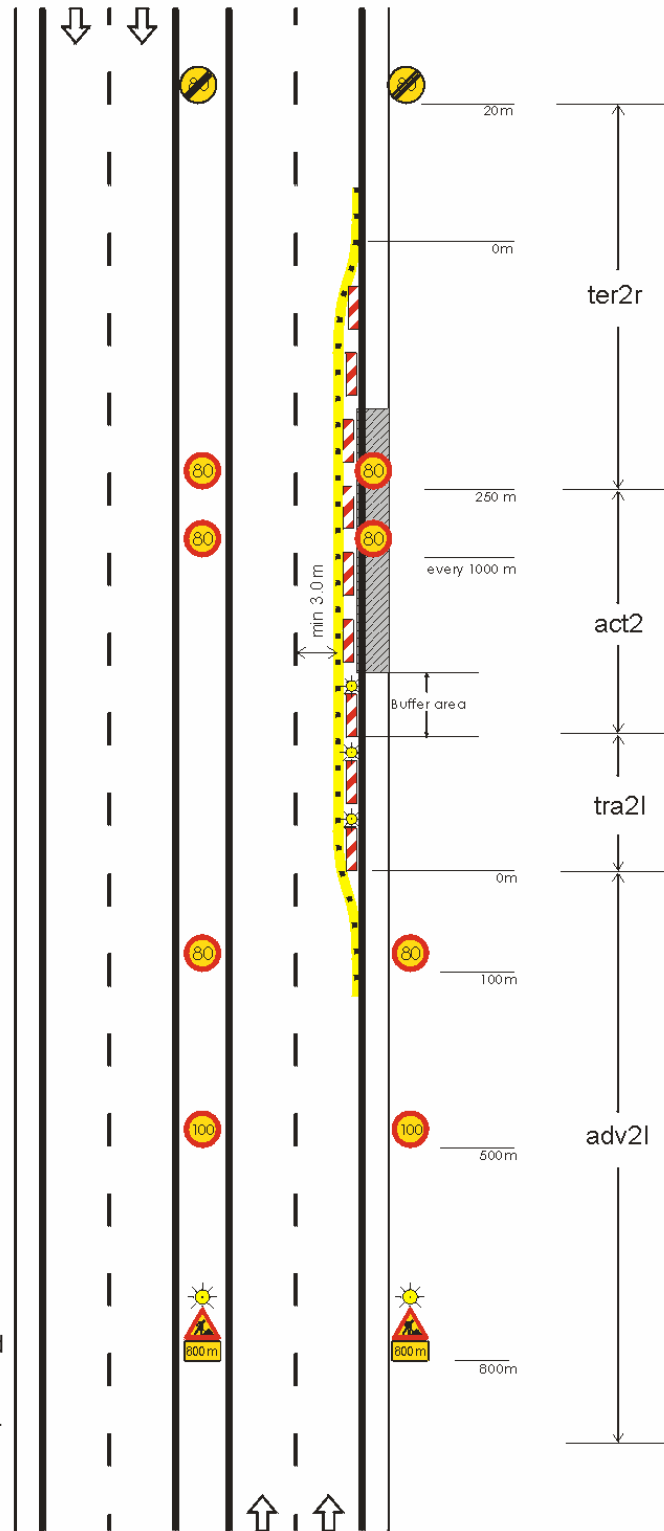
**NOTE 2:**  
It is recommended to use in contraflow areas of work zones portable safety barriers.

Figure 21: Example of situation "A.1.f" (motorway, long-term, interchange)



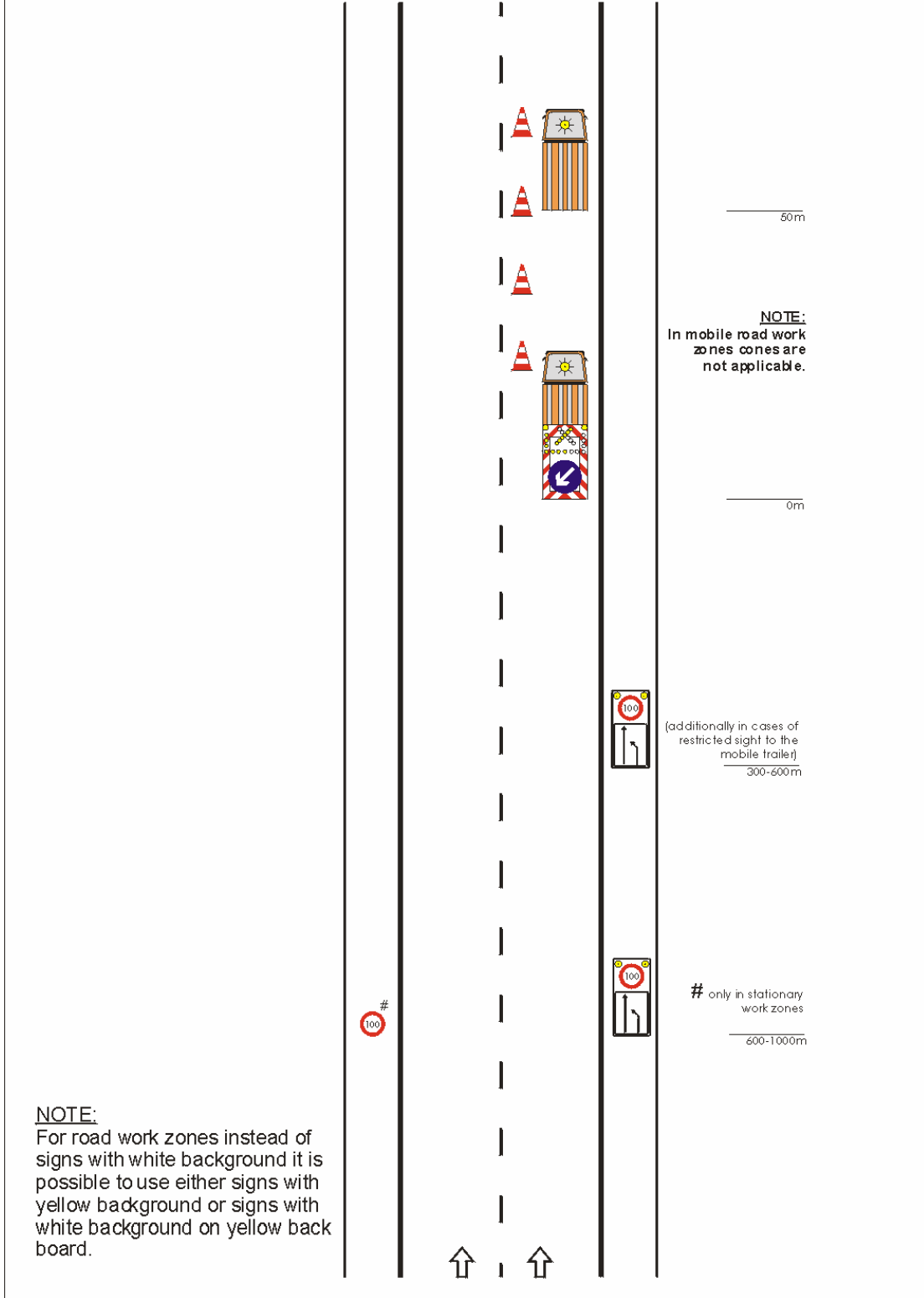
**NOTE:**  
 For road work zones instead of signs with white background on yellow back board it is possible to use signs with yellow background or signs with white background.

**Figure 22: Example of situation "A.1.g" (motorway, long-term, hard shoulder work)**

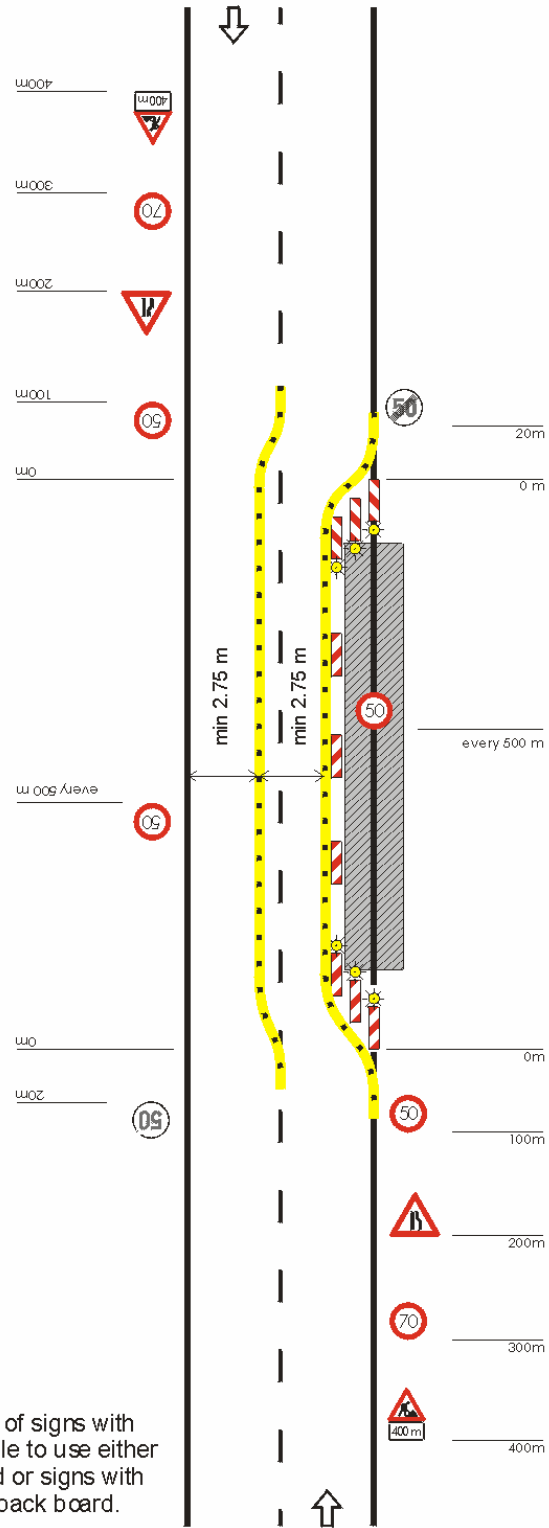


**NOTE:**  
For road work zones instead of signs with yellow background it is possible to use either signs with white background or signs with white background on yellow back board.

**Figure 23: Example of situation "A.2/3.b1" (motorway, short-term, stationary/mobile, right lane closure)**

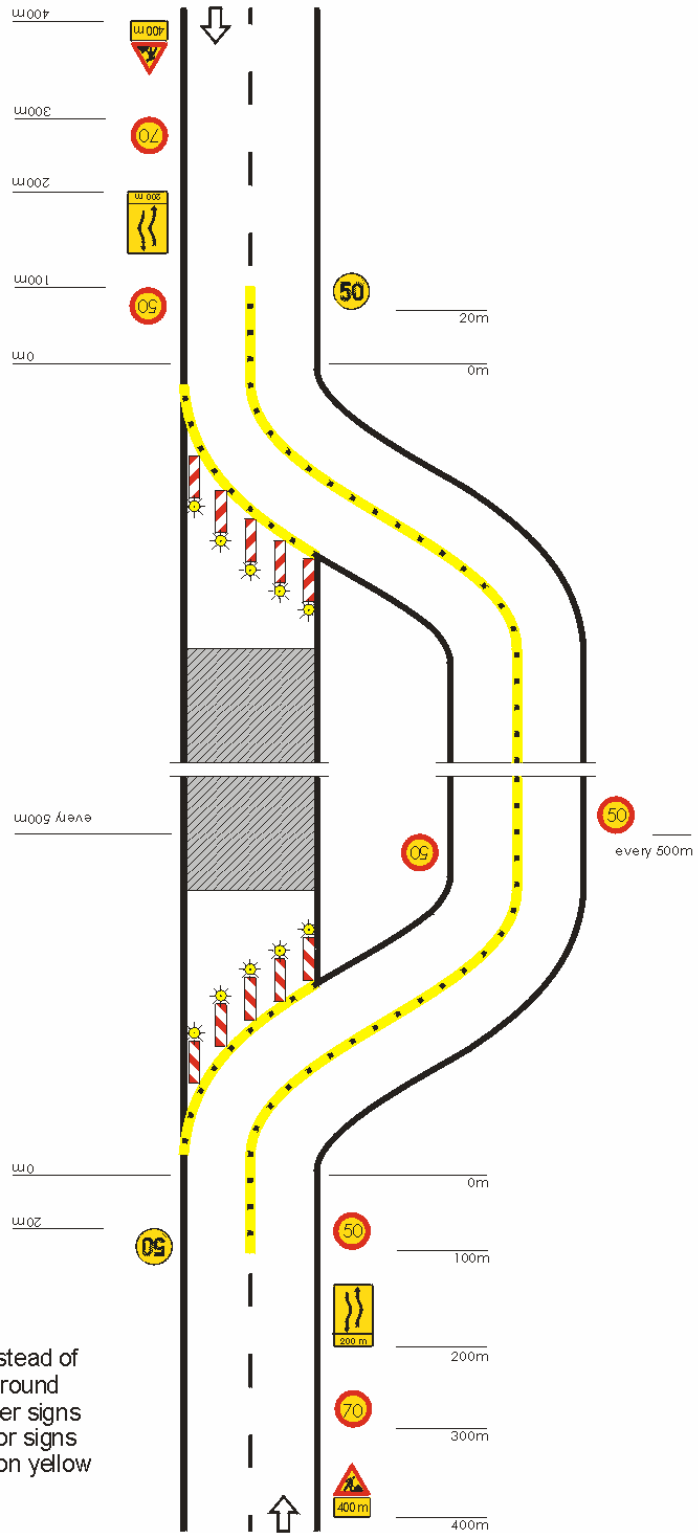


**Figure 27: Example of situation "B.1.a" (rural primary road, long-term, lane narrowing)**



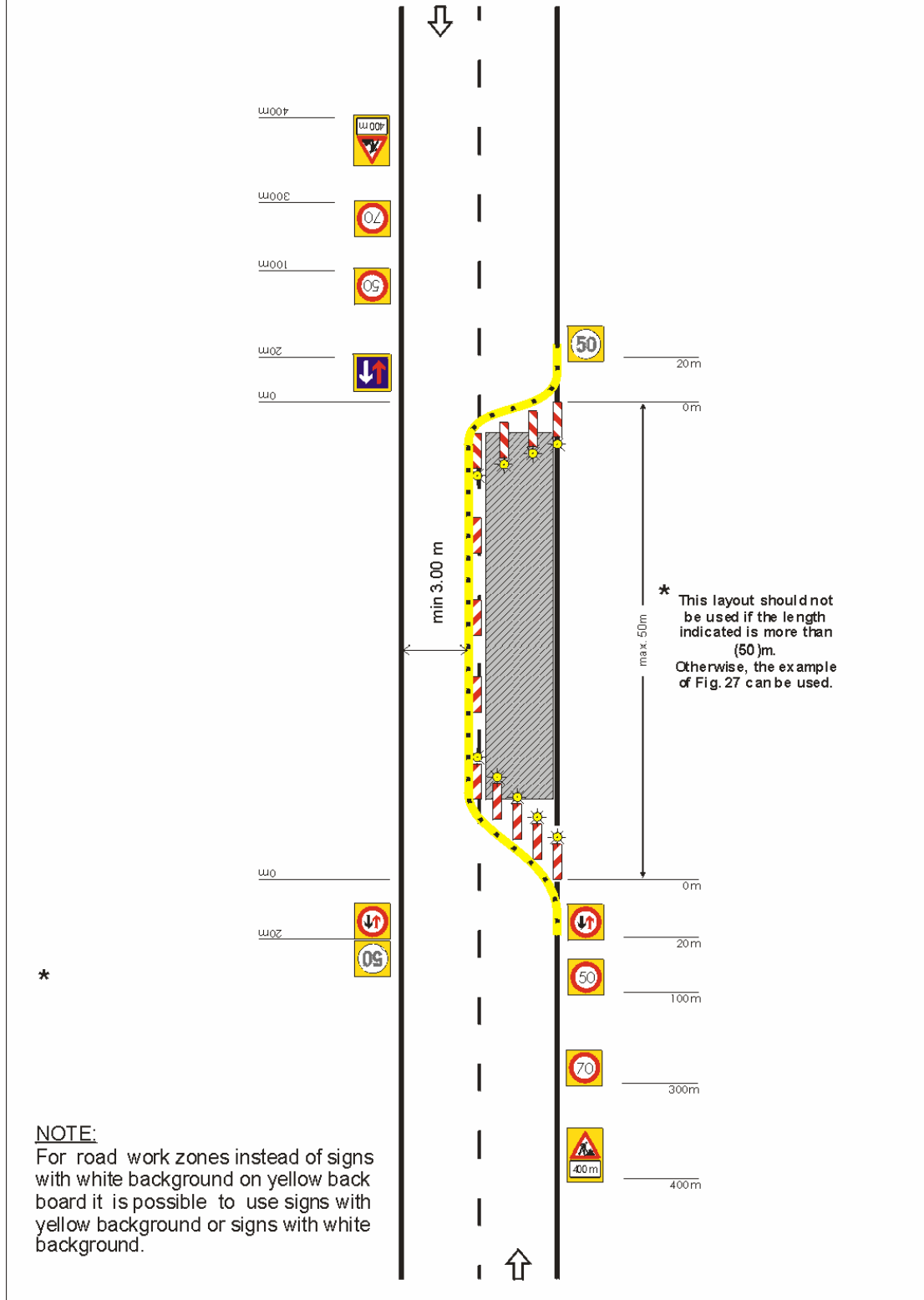
**NOTE:**  
 For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

**Figure 28: Example of situation "B.1.c" (rural primary road, long-term, detour)**

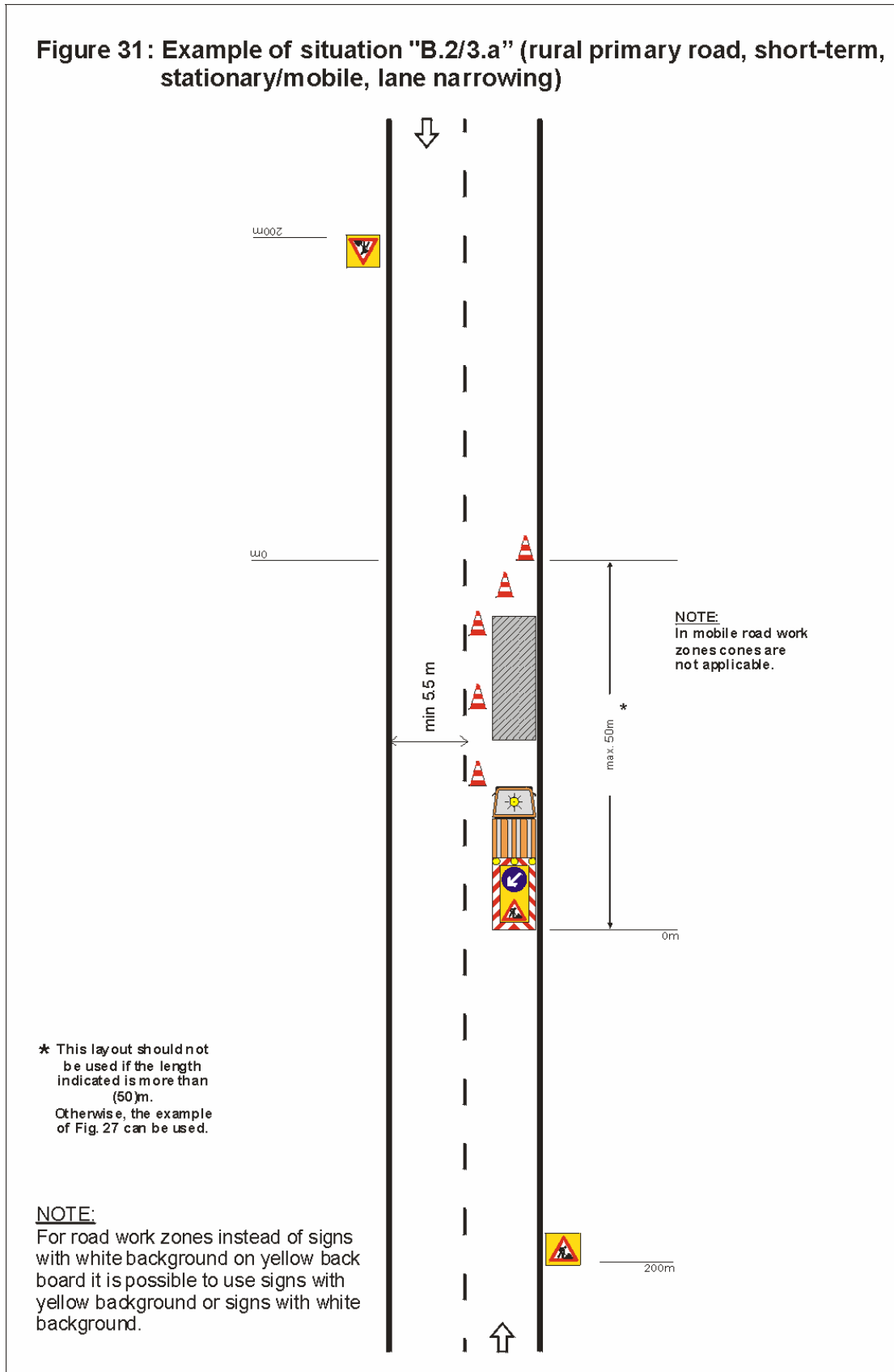


**NOTE:**  
 For road work zones instead of signs with yellow background it is possible to use either signs with white background or signs with white background on yellow back board.

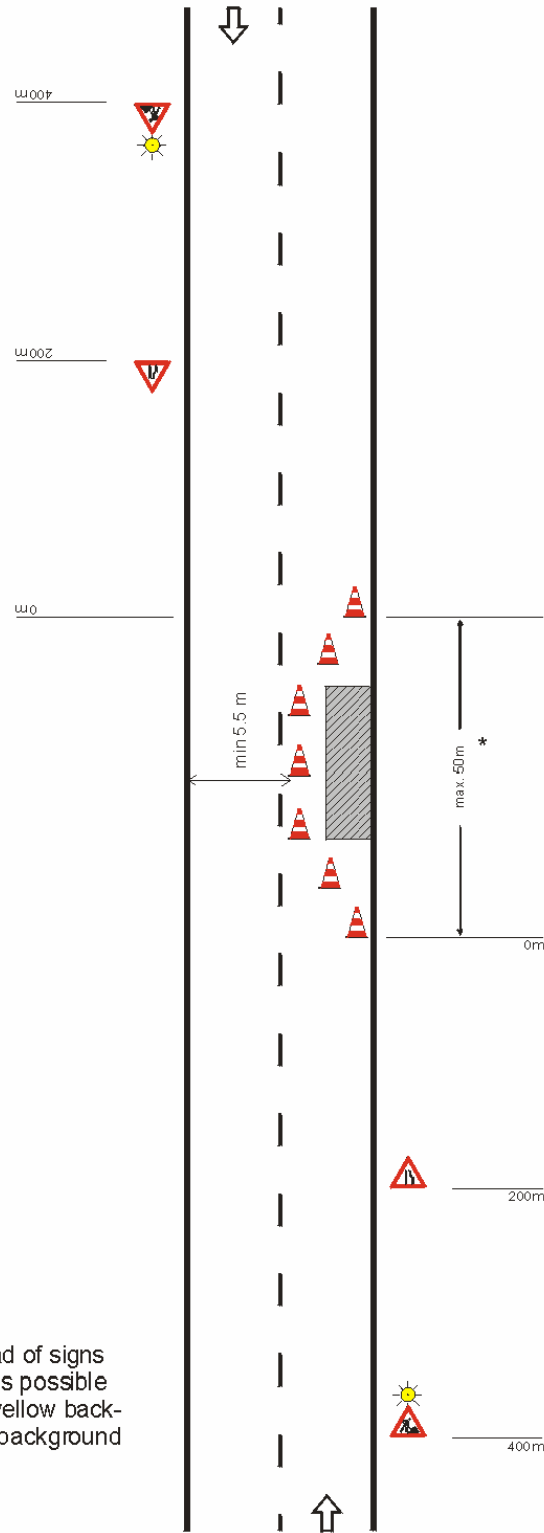
**Figure 29: Example of situation "B.1.e" (rural primary road, long-term, alternate one-way)**



**Figure 31: Example of situation "B.2/3.a" (rural primary road, short-term, stationary/mobile, lane narrowing)**



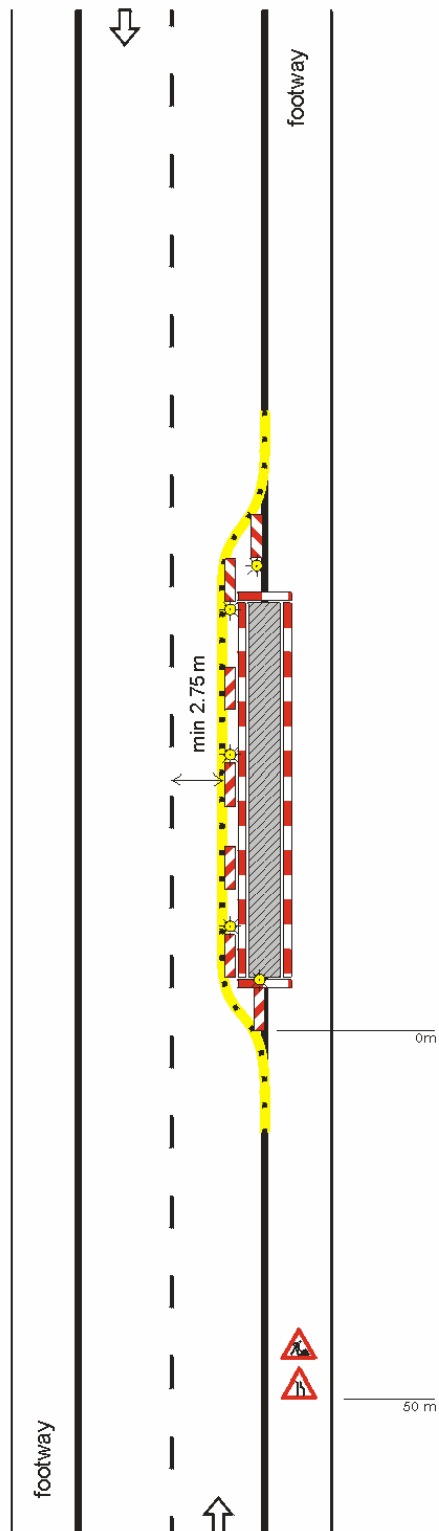
**Figure 32: Example of situation "C.1.a" (rural secondary road, long-term, lane narrowing)**



\* This layout should not be used if the length indicated is more than (50)m. Otherwise, the example of Fig. 27 can be used.

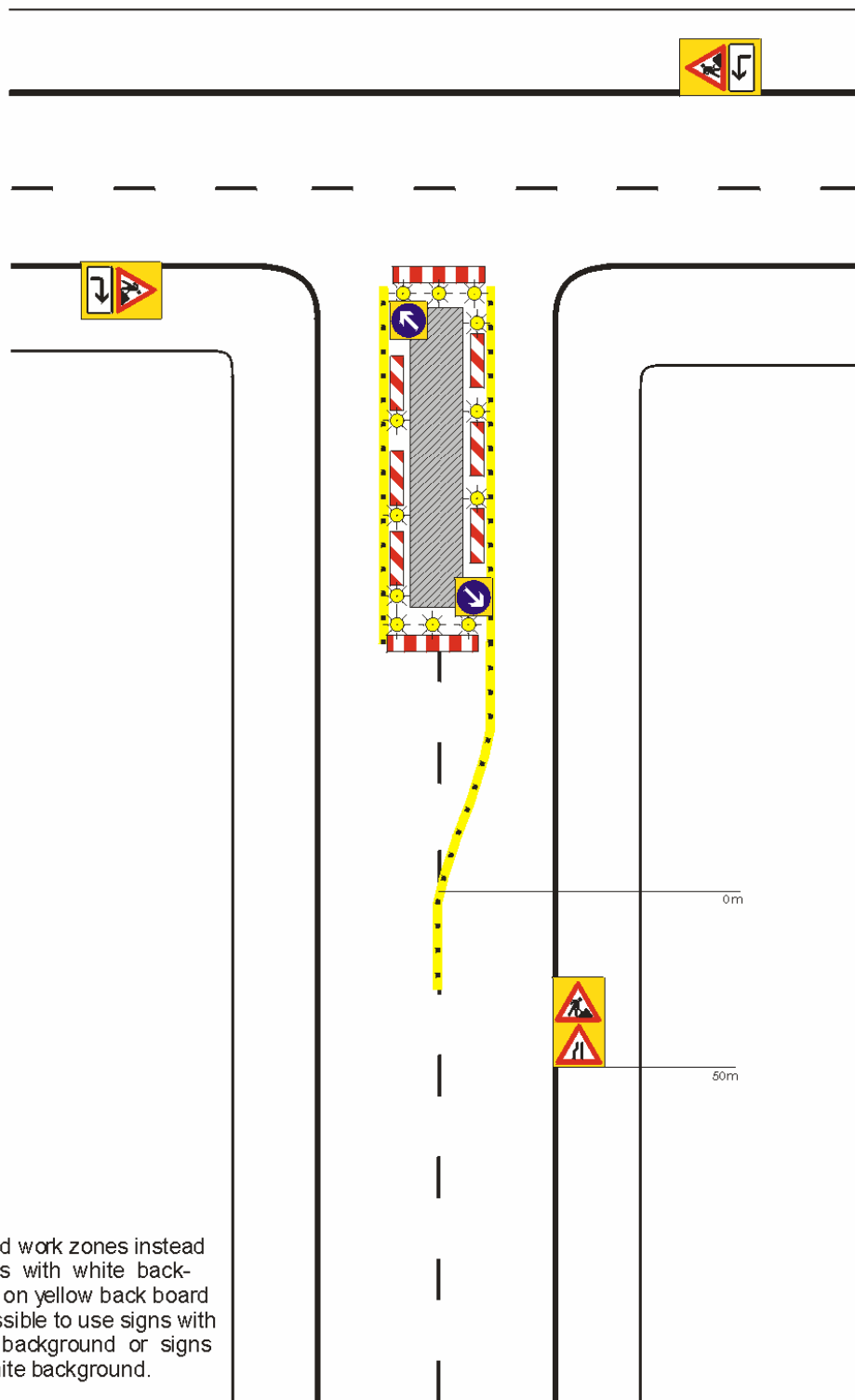
**NOTE:**  
For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

**Figure 33: Example of situation "D.1.a" (urban main road, long-term, lane narrowing)**



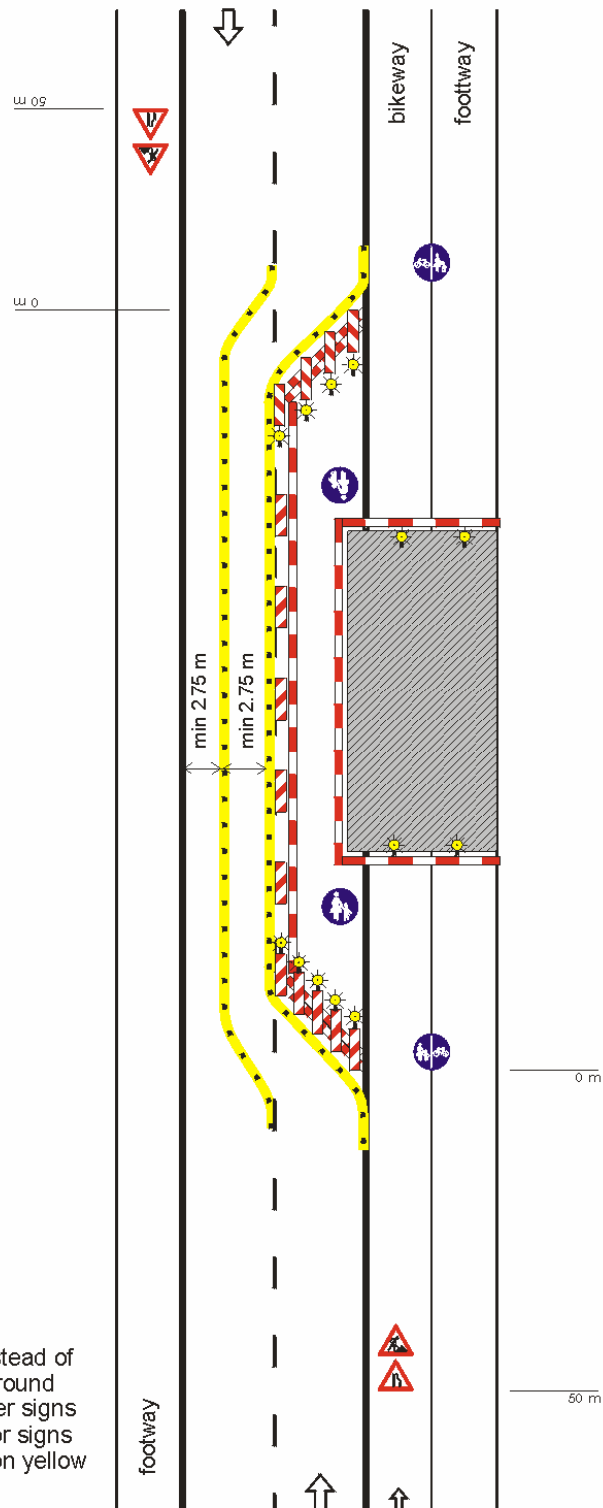
**NOTE:**  
For road work zones instead of signs with white background it is possible to use either signs with yellow background or signs with white background on yellow back board.

Figure 35: Example of situation "D.1.f1" (urban main road, long-term, intersection)



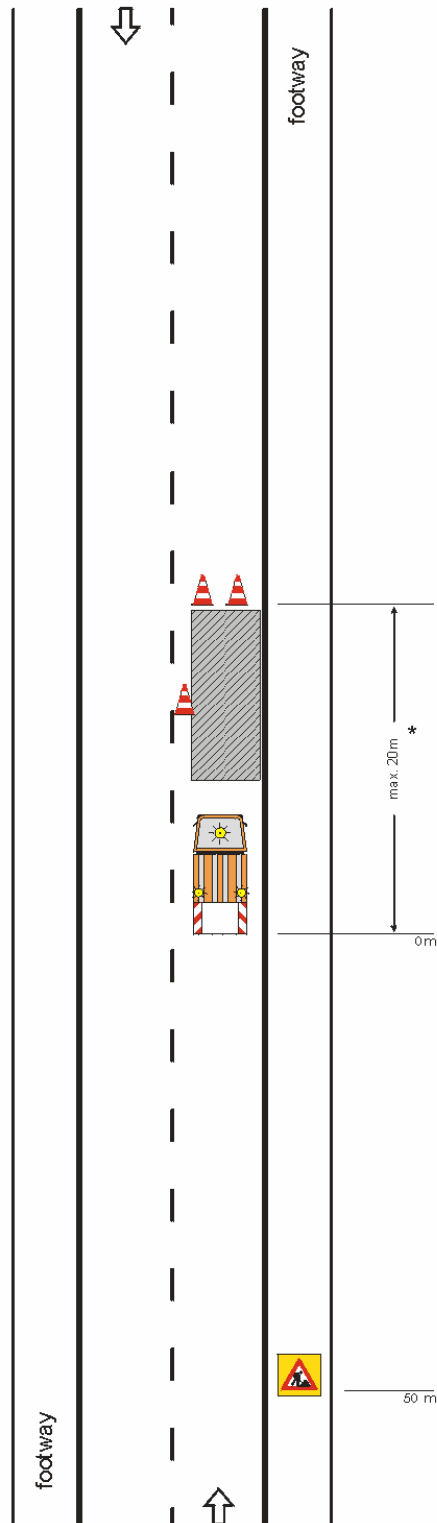
**NOTE:**  
For road work zones instead of signs with white background on yellow back board it is possible to use signs with yellow background or signs with white background.

**Figure 38: Example of situation "D.1.i2" (urban main road, long-term, foot- and bikeway work zone with lane narrowing)**



**NOTE:**  
 For road work zones instead of signs with yellow background it is possible to use either signs with white background or signs with white background on yellow back board.

**Figure 40: Example of situation "D.2/3.b" (urban main road, short-term, stationary/mobile, lane closure)**



\* This layout should not be used if the length indicated is more than (20)m. Otherwise, the example of Fig. 33 can be used.

**NOTE:**  
For road work zones instead of signs with white background on yellow back board it is possible to use signs with yellow background or signs with white background.