

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.

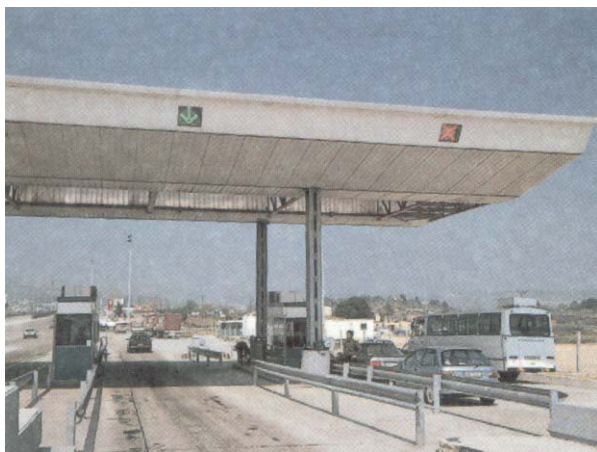
Τα σύμβολα που είναι δυνατόν να εμφανίζονται στις ενδείξεις των φωτεινών σηματοδοτών είναι **βέλη πορείας, σύμβολα για πεζούς, ενδείξεις απαγόρευσης ή υποχρεωτικής πορείας, ενδείξεις προειδοποίησης**. Επίσης, υπάρχουν **ειδικές ενδείξεις για επιλογή λωρίδας (Εικόνα 5.3)**.



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 διοδίων.

5.5 Στοιχεία χρώματος και φωτεινότητας - Πρότυπο EN 12368

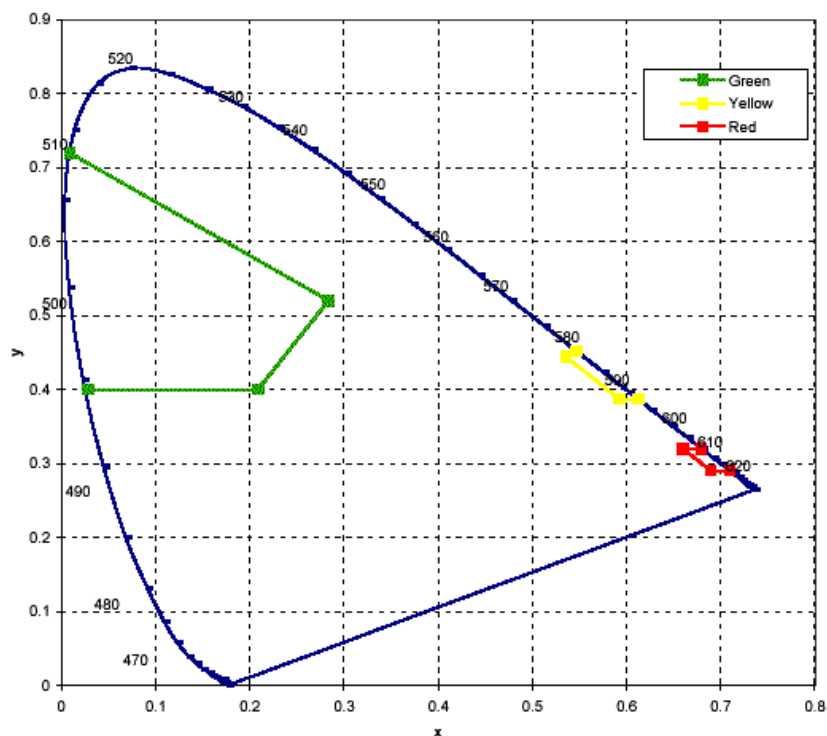
Όπως έχει γίνει κατανοητό, ένας φωτεινός σηματοδότης είναι ένα στοιχείο εξοπλισμού της οδού με πρωτεύουσα σημασία στη ρύθμιση της κυκλοφορίας των χρηστών της οδού, όπως και γενικότερα στην οδική ασφάλεια. Κατά συνέπεια, είναι επιτακτική η ανάγκη για προτυποποίηση των βασικών στοιχείων της σηματοδότησης,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

Πράσινη Ένδειξη (Green)	
Κίτρινο (Yellow)	$y = 0.726 - 0.726x$
Άσπρο (White)	$x = 0.625y - 0.041$
Γαλάζιο (Blue)	$y = 0.400$
Κίτρινη Ένδειξη (Yellow)	
Κόκκινο (Red)	$y = 0.387$
Άσπρο (White)	$y = 0.980 - x$
Πράσινο (Green)	$y = 0.727x + 0.054$
Κόκκινη Ένδειξη (Red)	
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

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.

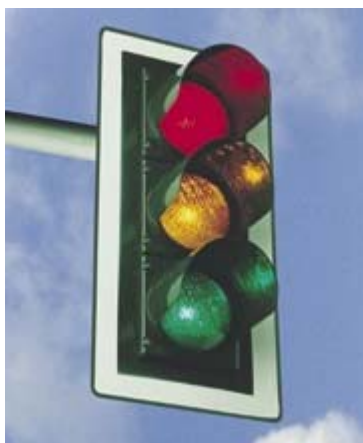
Στην μπροστινή όψη του σώματος, δηλαδή στην όψη που είναι ορατή στους χρήστες, εφαρμόζονται θυρίδες που κλείνουν τα διάκενα μεταξύ των κυκλικών σημάτων και του σώματος. Τα υλικά κατασκευής και το χρώμα είναι τα ίδια όπως και του σώματος.

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.

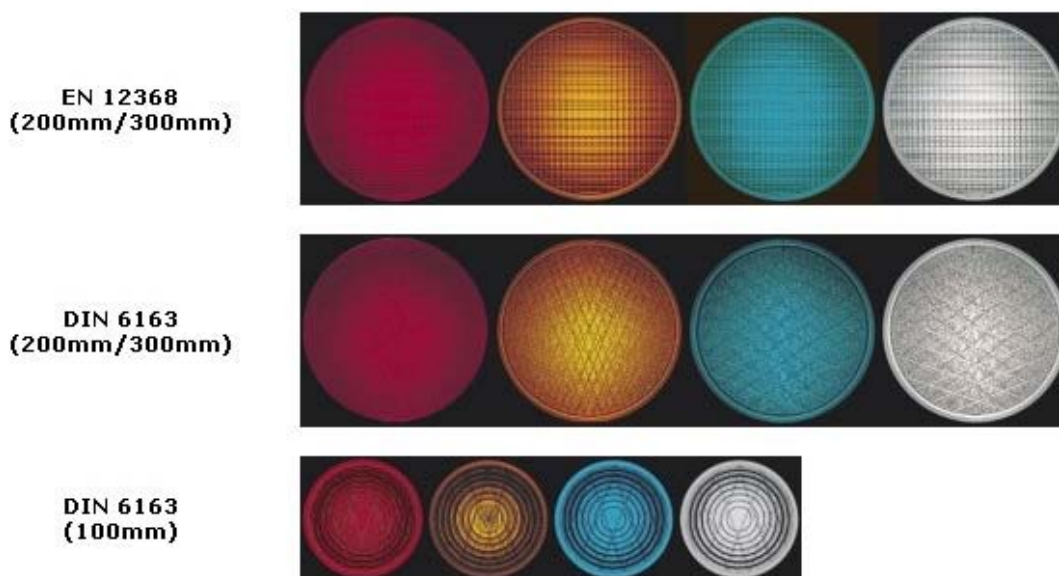


Εικόνα 5.11: Αντιθαμβωτική μάσκα με σχισμές.

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.

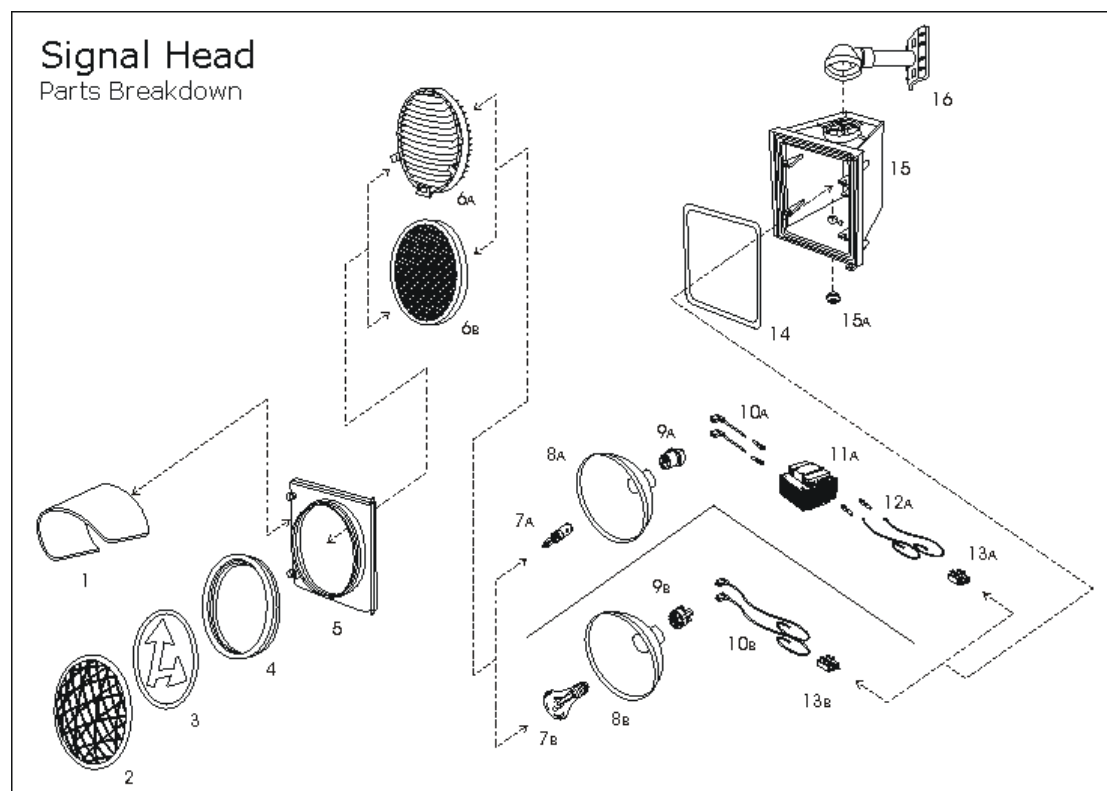
5.8 Ανιχνευτές κινήσεων (φωρατές)

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 συνηθής 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):** Χρησιμοποιούνταν 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.

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^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
5. **Δρυμαλίτου Δ., «Αντιμετώπιση προβλημάτων σήμανσης και ασφάλισης αυτοκινητοδρόμων»**, 1^ο 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^ο 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