ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ

ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. XXX-2017

ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟΥ

- Κείμενο διαβούλευσης -

ΙΟΥΝΙΟΣ 2017

Η παρούσα Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) συντάχθηκε από Ομάδα Εργασίας σύμφωνα με την σχετική Απόφαση Α30/Σ10/2017 της 07.04.2017 συνεδρίασης της Διοικούσας Επιτροπής (Δ.Ε.) του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Πρόλογος.....5
2. Απογραφή συστημάτων οδοφωτισμού 6
2.1 Εισαγωγή 6
2.2 Καταγραφή χωρικών δεδομένων 6
2.3 Καταγραφή στοιχείων ιστού 6
2.4 Καταγραφή στοιχείων φωτιστικού σώματος 7
2.5 Καταγραφή στοιχείων πινάκων διανομής 7
2.6 Καταγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας 7
2.7 Ψηφιακή απεικόνιση δεδομένων 8
3. Σχεδιασμός οδοφωτισμού.....9
3.1 Εισαγωγή 9
3.2 Επιλογή κλάσεων οδοφωτισμού 9
3.3 Επιλογή κλάσεων προσαρμοστικού οδοφωτισμού 13
3.4 Παραδείγματα επιλογής κλάσεων οδοφωτισμού 14
3.5 Ποσοτικές και ποιοτικές απαιτήσεις φωτισμού.....20
3.6 Εκπόνηση μελέτης οδοφωτισμού 21
3.7 Υπολογισμός δεικτών ενεργειακής επίδοσης 24
3.8 Τεχνοοικονομικοί υπολογισμοί.....25
4. Τεχνικές απαιτήσεις έργων οδοφωτισμού 32
4.1 Γενικές Προδιαγραφές 32
4.2 Φωτιστικά Σώματα 33
4.3 Αλεξικέραυνα- Γείωση- Φανοί Ασφαλείας 35
4.4 Εκτέλεση Εργασιών 36
4.5 Υγεία και Ασφάλεια κατά την εκτέλεση των εργασιών 37
4.6 Επεμβάσεις επί δικτύου κυριότητας ΔΕΗ ΑΕ 38
5. Έλεγχος και διασφάλιση ποιότητας εγκαταστάσεων οδοφωτισμού 39
5.1 Εισαγωγή 39
5.2 Ορισμός περιοχών μέτρησης φωτομετρικών μεγεθών 40
5.3 Ελάχιστες προδιαγραφές οργάνων μέτρησης 42
5.4 Μετρήσεις πεδίου οδών κλάσης Μ 43
5.5 Μετρήσεις πεδίου οδών κλάσης C & P 45
5.6. Μέτρηση γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών 45
5.7. Ελάχιστες απαιτήσεις αναφορών μετρήσεων 46
6.Τεχνολογίες και τεχνικές διαχείρισης συστημάτων οδοφωτισμού 47
6.1 Τοπικός έλεγχος φωτιστικών σωμάτων 47
6.2 Απομακρυσμένος έλεγχος φωτιστικών σωμάτων 47
7. Βιβλιογραφία 49

Ευρετήριο όρων

Θα προστεθεί στην τελική έκδοση της ΤΟΤΕΕ

1. Πρόλογος

Η παρούσα Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) συντάχθηκε από Ομάδα Εργασίας σύμφωνα με την σχετική Απόφαση Α30/Σ10/2017 της 07.04.2017 συνεδρίασης της Διοικούσας Επιτροπής (Δ.Ε.) του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.). Το ΤΕΕ - ως τεχνικός σύμβουλος της πολιτείας - έχει συνδράμει καθοριστικά σε ανάλογα θέματα που αφορούν στην Ενεργειακή Αποδοτικότητα της χώρας μας, όπως οι ΤΟΤΕΕ για τα κτίρια, το Παρατηρητήρια Ενέργειας του ΤΕΕ, η λειτουργία του ως Εθνικός Συντονιστής του Συμφώνου των Δημάρχων για την Ενέργεια και την Κλιματική Αλλαγή. Η αναγκαιότητα εκπόνησης της εν λόγω ΤΟΤΕΕ προκύπτει από τις επιστημονικές, τεχνικές, περιβαλλοντικές, και οικονομικές πτυχές που συνδέονται με την τέχνη και επιστήμη του φωτισμού οδών , πλατειών και κοινόχρηστων χώρων.

Ειδικότερα οι:

1. Θεσμικές υποχρεώσεις της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Κλιματική Αλλαγή, Εξοικονόμηση Ενέργειας κοκ)
2. Ανάγκες των φορέων υλοποίησης , λειτουργίας και συντήρησης (Κεντρική-Γενική Κυβέρνηση και ΟΤΑ Α & Β Βαθμού) αλλά και των φορέων χρηματοδότησης τέτοιων έργων (εθνικοί, κοινοτικοί, χρηματοπιστωτικοί)
3. Απαιτήσεις για οδική ασφάλεια και αισθητική αναβάθμιση των πόλεων

Οι ανωτέρω επιβάλλουν την ύπαρξη τεχνικών οδηγιών που θα συντελούν στην επίτευξη του βέλτιστου τεχνικά-περιβαλλοντικά- οικονομικά αποτελέσματος.

Στόχοι της ΤΟΤΕΕ είναι να

1. Καλύψει το κενό που προκύπτει από την έλλειψη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας υλοποίησης έργων οδοφωτισμού.
2. Δώσει συστάσεις σχετικές με το σχεδιασμό και έλεγχο εγκαταστάσεων οδοφωτισμού ώστε να καθορισθούν οι κανόνες της τέχνης και της επιστήμης στα κρίσιμα στάδια ενός έργου οδοφωτισμού.
3. Αποτελέσει ένα καθημερινό εργαλείο όλων των συντελεστών (και όχι μόνο των Μηχανικών) που συνεργάζονται για την υλοποίηση ενός έργου οδοφωτισμού.

Απευθύνεται – ενδεικτικά και όχι περιοριστικά - σε :

1. Μελετητές, Ερευνητές και Συμβούλους
2. Φορείς Δημοσίου Τομέα που υλοποιούν έργα οδοφωτισμού.
3. Χρηματοπιστωτικό Τομέα και Φορείς Χρηματοδότησης εν γένει
4. Επιχειρήσεις του Ιδιωτικού Τομέα που προσφέρουν λύσεις οδοφωτισμού είτε στο πλαίσιο της προμήθειας εξοπλισμού/κατασκευής έργου, είτε στο πλαίσιο της Σύμπραξης Δημοσίου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ)

Η ΤΟΤΕΕ αποτελεί ένα μεθοδολογικό εργαλείο που βασίζεται στα ισχύοντα Εθνικά και Ευρωπαϊκά πρότυπα χωρίς ωστόσο να υποκαθιστά την επιστημονική και τεχνική ανάλυση, αξιολόγηση, επιλογή , καθορισμό γενικών και ειδικών προδιαγραφών κοκ, που πρέπει να γίνεται από τους κατά το νόμο υπεύθυνους τεχνικούς επιστήμονες για κάθε έργο οδοφωτισμού.

2. Απογραφή συστημάτων οδοφωτισμού

2.1 Εισαγωγή

Απαραίτητη προϋπόθεση για τον ορθό σχεδιασμό και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του οδοφωτισμού αποτελεί η λεπτομερής και τεκμηριωμένη καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασής του, βάση της οποίας πραγματοποιείται η μελέτη οδοφωτισμού και η οικονομική αξιολόγηση του έργου.

Η καταγραφή περιλαμβάνει τις ακόλουθες δράσεις:

- Καταγραφή υφιστάμενων στοιχείων ιστού
- Καταγραφή υφιστάμενων στοιχείων φωτιστικού σώματος
- Καταγραφή υφιστάμενων στοιχείων πινάκων διανομής
- Καταγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τουλάχιστον ένα έτος λειτουργίας.

2.2 Καταγραφή χωρικών δεδομένων

Για την καταγραφή των ιστών και των πινάκων διανομής απαιτείται τοπογραφική αποτύπωση. Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες πρέπει να είναι στο σύστημα ΕΓΣΑ. Οι αποκλείσεις κατά Χ,Υ δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 50cm.

Ο μελετητής πρέπει να τεκμηριώνει ότι η μέθοδος αποτύπωσης που χρησιμοποίησε δεν υπερβαίνει σε καμία περίπτωση την απόκλιση όπως ορίστηκε παραπάνω.

2.3 Καταγραφή στοιχείων ιστού

Τα απαιτούμενα δεδομένα για την καταγραφή των ιστών είναι τα εξής:

- Τύπος ιστού (Υλικό κατασκευής)
- Κατάσταση ιστού
- Κυριότητα ιστού
- Φωτογραφική αποτύπωση ιστού
- Συντεταγμένες ιστού στο σύστημα ΕΓΣΑ
- Δημοτική ενότητα (για δίκτυα δημοτικού φωτισμού)
- Οδός – Διασταύρωση - Κόμβος
- Τύπος περιοχής στην οποία βρίσκεται (οδός, πεζόδρομος, πλατεία, πάρκο κ.λ.π.)
- Πλάτος οδοστρώματος
- Αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας
- Ύψος ιστού
- Μήκος βραχίονα ιστού
- Απόσταση ιστού από το οδόστρωμα
- Αριθμός φωτιστικών σωμάτων ανά ιστό
- Μοναδικό κωδικός ταυτοποίησης (ID)

2.4 Καταγραφή στοιχείων φωτιστικού σώματος

Τα απαιτούμενα δεδομένα για την καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων είναι τα εξής:

- Τύπος λαμπτήρα
- Ονομαστική ισχύς λαμπτήρα
- Είδος φωτιστικού σώματος
- Κατάσταση λειτουργίας φωτιστικού σώματος
- Ισχύς φωτιστικού σώματος
- Απόσταση φωτιστικού από το οδόστρωμα
- Μοναδικό κωδικός ταυτοποίησης (ID)

2.5 Καταγραφή στοιχείων πινάκων διανομής

Τα απαιτούμενα δεδομένα για την καταγραφή των πινάκων διανομής είναι τα εξής:

- Τύπος πίνακα διανομής (Υλικό κατασκευής)
- Κατάσταση πίνακα διανομής
- Κυριότητα πίνακα διανομής
- Φωτογραφική αποτύπωση πίνακα διανομής
- Συντεταγμένες πίνακα διανομής στο σύστημα ΕΓΣΑ
- Δημοτική ενότητα (για δίκτυα δημοτικού φωτισμού)
- Οδός – Διασταύρωση - Κόμβος
- Τύπος περιοχής στην οποία βρίσκεται (οδός, πεζόδρομος, πλατεία, πάρκο κ.λπ.)
- Μοναδικό κωδικός ταυτοποίησης πίνακα διανομής (ID)
- Αριθμός παροχής του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας του πίνακα διανομής
- Κωδικοί ταυτοποίησης ιστών (ID) που τροφοδοτούνται από τον πίνακα διανομής
- Ταυτοποίηση φωτιστικών/φορτίων που δεν τοποθετούνται σε ιστό και τροφοδοτούνται από τον πίνακα διανομής.

2.6 Καταγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Για την απογραφή της υφιστάμενης κατάστασης ως προς την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από οδοφωτισμό απαραίτητο είναι να γίνουν οι ακόλουθες ενέργειες.

- Υπολογισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για οδοφωτισμό από τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα με τουλάχιστον ένα πλήρες έτος λειτουργίας.
- Υπολογισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά πίνακα διανομής με τα διαθέσιμα δεδομένα κατανάλωσης.
- Ταυτοποίηση των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας ανά πίνακα διανομής σε σχέση με την θεωρητική κατανάλωση που έχουμε βάση της καταγραφής. Έλεγχος ρευματοκλοπής, βλαβών και πολλαπλών χρήσεων των πινάκων διανομής.
- Υπολογισμός της θεωρητικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το υφιστάμενο δίκτυο οδοφωτισμού, που έχουμε βάση της καταγραφής, λαμβάνοντας υπόψη ότι λειτουργεί το 100% του δικτύου και δεν υπάρχουν απώλειες από άλλες χρήσεις.

2.7 Ψηφιακή απεικόνιση δεδομένων

Όλα τα δεδομένα καταγραφής της υφιστάμενης κατάστασης του δικτύου οδοφωτισμού (ιστοί, φωτιστικά σώματα, πίνακες διανομής κ.λ.π.) θα πρέπει να απεικονίζονται ψηφιακά από διάφορα λογισμικά που κυκλοφορούν σε τυποποιημένα αρχεία τύπου (.dwg, .shp κ.λ.π).

Τα γεωγραφικά υπόβαθρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής:

- Τοπογραφικά σχεδίων πόλεων και οικισμών που είχαν παλαιότερα εκπονηθεί.
- Τοπογραφικό υπόβαθρο κτηματολογίου.
- Ορθοφωτοχάρτες, δορυφορικές εικόνες κ.λ.π.

3. Σχεδιασμός οδοφωτισμού

3.1 Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός οδοφωτισμού αφορά ένα σύνολο βημάτων/δράσεων που πρέπει να εκτελούνται από το μελετητή από την αρχή του έργου μέχρι και πριν την υλοποίηση αυτού. Τα βήματα αυτά μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες. Τα υποχρεωτικά και τα προαιρετικά βήματα όπως αναγράφονται ακολούθως και αναλύονται στις επόμενες ενότητες.

Υποχρεωτικά βήματα σχεδιασμού οδοφωτισμού
Τα βήματα αυτά είναι υποχρεωτικά για την ορθό και ολοκληρωμένο σχεδιασμό έργων οδοφωτισμού

- Επιλογή κλάσεων οδοφωτισμού
- Εκπόνηση μελέτης οδοφωτισμού
- Υπολογισμός δεικτών ενεργειακής επίδοσης

Προαιρετικά βήματα σχεδιασμού οδοφωτισμού
Τα βήματα αυτά εκτελούνται εφόσον απαιτείται από τις προδιαγραφές του έργου και εφόσον κρίνεται απαραίτητο από τον φορέα υλοποίησης του έργου

- Τεχνοοικονομικοί υπολογισμοί
- Λοιπές προδιαγραφές χρηματοδότησης του έργου

3.2 Επιλογή κλάσεων οδοφωτισμού

Η κατηγοριοποίηση των οδών με βάση τις απαιτήσεις σε φωτισμό καθορίζονται από την τεχνική οδηγία CEN/TR 13201.1 [1] και αφορά όλες τις περιοχές όπου υπάρχει κυκλοφορία οχημάτων, ποδηλάτων, πεζών και συνδυασμούς αυτών. Αφορά σε κάθε τύπο οδού από έναν απλό δρόμο ήπιας κυκλοφορίας, μία επαρχιακή οδό, ένα πολυσύχναστο δρόμο πόλεως έως ένα αυτοκινητόδρομο ταχείας κυκλοφορίας. Αφορά επίσης πεζόδρομους, ποδηλατοδρόμους και τις περιοχές που συναντώνται ή διασταυρώνονται οδοί διαφορετικών ή όμοιων χρηστών, για παράδειγμα διαβάσεις πεζών, διασταυρώσεις, ισόπεδοι ή ανισόπεδοι κόμβοι κ.λπ.

Η κατηγορίες απαιτήσεων φωτισμού αντιστοιχούν στις ονομαζόμενες κλάσεις φωτισμού (Lighting Classes) οι οποίες δεν είναι απαραίτητο να αφορούν και σε συγκεκριμένες κατηγορίες οδών. Η κάθε κλάση φωτισμού εξαρτάται από τα λειτουργικά και ορισμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Οι κλάσεις ομαδοποιούνται στις τρεις ακόλουθες καταστάσεις φωτισμού (lighting situations).

Class M – Motorised traffic – Αυτοκινητόδρομοι / οδοί μηχανοκίνητων οχημάτων
Αφορά στο φωτισμό οδών και περιοχών όπου οι κύριοι χρήστες είναι ως επί το πλείστων μηχανοκίνητα οχήματα τα οποία κινούνται χαμηλές, μέσες ή υψηλές ταχύτητες. Το μέγεθος σχεδιασμού και αξιολόγησης του φωτισμού κλάσεων ***M*** είναι η λαμπρότητα (luminance) οδοστρώματος (σε cd/m^2). Η κλάση καθορίζεται με βάση γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της οδού ή τμήματος αυτής. Η επιλογή της κλάσης βασίζεται στα κριτήρια που αναγράφονται στον Πίνακα 1. Η τελική επιλογή της κλάσης φωτισμού σε κάθε

περίπτωση πραγματοποιείται με το άθροισμα των βαρών κάθε κριτηρίου και με τη χρήση της ακόλουθης σχέσης:

$$M = 6 - VWS \quad (1)$$

Όπου ***M*** η αντίστοιχη κλάση φωτισμού και VWS το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων του Πίνακα 1. Από τη σχέση (1) προκύπτουν οι κλάσεις M1, M2, M3, M4, M5 και M6.

Ισχύουν τα ακόλουθα:

- Αν VWS < 0 τότε VWS=0
- Αν M ≤ 0 τότε M=1 (κλάση M1)

Τα τμήματα των οδών, όπου εφαρμόζονται οι κλάσεις φωτισμού ***M***, είναι τα τμήματα μεταξύ των περιοχών κινδύνου (conflict areas) οι οποίες ορίζονται στη συνέχεια. Σε περίπτωση που δύο γειτονικές περιοχές κινδύνου απέχουν απόσταση μικρότερη από την εκάστοτε απόσταση ασφαλούς ακινητοποίησης τότε προτείνεται η κλάση φωτισμού στο ενδιάμεσο τμήμα να λαμβάνεται η αντίστοιχη κλάση ***C*** σύμφωνα με τον Πίνακα 2.

Class C – Conflict areas – Περιοχές κινδύνου

Οι κλάσεις ***C*** χρησιμοποιούνται σε περιοχές αυξημένου κινδύνου εμπλοκής οδικών ρευμάτων και οδών εν γένει με κύρια σύνθεση χρηστών τα μηχανοκίνητα οχήματα. Οι περιοχές κινδύνου ορίζονται οι περιοχές στις οποίες ροές οχημάτων εμπλέκονται μεταξύ τους ή συναντώνται με περιοχές που χρησιμοποιούνται συχνά από πεζούς, ποδηλάτες ή άλλος χρήστες των οδών, όπως κόμβοι, διασταυρώσεις κ.λπ. Περιοχές στις οποίες μειώνεται ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας ή μειώνεται το πλάτος λωρίδων ή το συνολικό πλάτος θεωρούνται επίσης περιοχές κινδύνου. Στις περιοχές κινδύνου εμφανίζεται αυξημένη πιθανότητα σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων, οχημάτων και πεζών, ποδηλατών με άλλους χρήστες ή αυτοκινήτων με σταθερά εμπόδια.

Η περιοχή κινδύνου οριοθετείται από την περιοχή που συμβάλουν ή εμπλέκονται οι οδοί επαυξημένες κατά την περιοχή που οριοθετείται από την εκάστοτε απόσταση ασφαλούς πέδησης της κάθε συμβαλλόμενης οδού.

Για τις περιοχές κινδύνου είναι προτιμητέο να χρησιμοποιείται ως μέγεθος σχεδιασμού και αξιολόγησης η λαμπρότητα. Αυτό όμως είναι αδύνατο σε περιπτώσεις που οι αποστάσεις θέασης του τυπικού παρατηρητή (οδηγού) είναι μικρές (< 60 m) ή υπάρχουν πολλαπλοί παρατηρητές (από διάφορες κατευθύνσεις, π.χ. διασταυρώσεις, ράμπες, κ.λπ). Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ως μέγεθος σχεδιασμού και αξιολόγησης η <u>ένταση φωτισμού Illumiannce (σε lux)</u>.

Η εφαρμογή ως μεγέθους αξιολόγησης της έντασης φωτισμού εφαρμόζεται είτε στα επιμέρους τμήματα της περιοχής κινδύνου, στα οποία δεν είναι δυνατή η χρήση της λαμπρότητας, είτε στην ευρύτερη περιοχή κινδύνου, πχ. σε ολόκληρο τον οδικό κόμβο, τη διασταύρωση, κ.λπ.

Η αντιστοίχιση των κλάσεων φωτισμού ***M*** και ***C*** (λαμπρότητας και έντασης φωτισμού) μπορεί να επιτευχθεί με τη γνώση του συνολικού συντελεστή ανακλαστικότητας του οδοστρώματος $\boldsymbol{Q_0}$ όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 1. – Παράμετροι επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά EN13201.1:2015

Κριτήριο	Επιλογές	Περιγραφή		Βάρος
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Πολύ υψηλή	v > 100 km/h		2
	Υψηλή	70 < v < 100 km/h		1
	Μέση	40 < v < 70 km/h		-1
	Χαμηλή	v <= 40 km/h		-2
Κυκλοφοριακός φόρτος		Αυτοκινητόδρομοι, κατευθύνσεις πολλαπλών λωρίδων	Κατευθύνσεις δύο λωρίδων	
	Υψηλός	> 65 % της μέγιστης χωρητικότητας	> 45 % της μέγιστης χωρητικότητας	1
	Μέσος	35 - 65 % της μέγιστης χωρητικότητας	15% - 45 % της μέγιστης χωρητικότητας	0
	Χαμηλός	< 35 % της μέγιστης χωρητικότητας	< 15 % της μέγιστης χωρητικότητας	-1
Σύνθεση χρηστών	Μεικτή με μεγάλο ποσοστό μη-μηχανοκίνητων			2
	Μεικτή			1
	Μόνο μηχανοκίνητα			0
Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Όχι			1
	Ναι			0
Πυκνότητα κόμβων		Διασταυρώσεις / km	Απόσταση μεταξύ ανισόπεδων κόμβων, km	
	Υψηλή	> 3	< 3	1
	Μέση	<= 3	>= 3	0
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα			1
	Απόντα			0
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί, κ.λπ.		1
	Μέσος	Συνήθεις καταστάσεις		0
	Χαμηλός	Επαρχιακές οδοί		-1
Δυσκολία οδήγησης	Πολύ υψηλή			2
	Υψηλή			1
	Χαμηλή			0

Πίνακας 2. – Αντιστοίχιση κλάσεων φωτισμού Μ και C αναλόγως του συνολικού συντελεστή ανακλαστικότητας της ασφάλτου Q_0.

Κλάση φωτισμού Μ			**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**
Κλάση φωτισμού C για $Q_0 \leq 0.05$			C0	C1	C2	C3	C4	C5
Κλάση φωτισμού C για $0.05 < Q_0 \leq 0.08$		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Κλάση φωτισμού C για $Q_0 > 0.09$	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5	C5

Επειδή οι κλάσεις φωτισμού ***C*** έχουν σχεδιαστεί για τους ίδιους χρήστες με αυτούς των κλάσεων ***M***, ο Πίνακας 2 θα πρέπει κυρίως να χρησιμοποιείται για τον ορισμό κλάσεων στις περιοχές κινδύνου που ανήκουν σε οδούς για τις οποίες έχει ήδη προηγηθεί ο ορισμός

κλάσεων ***M***. Οι περιοχές κινδύνου θα πρέπει να έχουν κλάση όχι μικρότερη από τη μέγιστη κλάση των οδών που συναντώνται. Προτείνεται η κλάση φωτισμού της περιοχής κινδύνου να είναι κατά ένα βήμα ανώτερη από την μέγιστη κλάση των οδών που συναντώνται.

Η πρώτη γραμμή του Πίνακα 2 περιέχει τις κλάσεις φωτισμού ***M*** από τις οποίες επιλέγεται η μέγιστη κλάση που έχει οριστεί για συνερχόμενη οδό στην περιοχή κινδύνου. Η ισοδύναμη κλάση ***C*** επιλέγεται από την ίδια στήλη ανάλογα με το Q_0 του οδοστρώματος. Για λόγους επαύξησης της ασφάλειας προτείνεται η χρήση κλάσης φωτισμού κατά ένα βήμα ανώτερη από αυτή που προκύπτει από την αντιστοίχιση αυτή.

Στην περίπτωση που οι οδοί που συνέρχονται σε μία περιοχή κινδύνου δεν φωτίζονται και ως εκ τούτου δεν έχει οριστεί κλάση φωτισμού ***M***, τότε για την επιλογή της κλάσης φωτισμού ***C*** μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο Πίνακας 3.

Πίνακας 3. – Παράμετροι επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά EN13201.1:2015

Κριτήριο	Επιλογές	Περιγραφή	Βάρος
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Πολύ υψηλή	v > 100 km/h	3
	Υψηλή	70 < v < 100 km/h	2
	Μέση	40 < v < 70 km/h	0
	Χαμηλή	v <= 40 km/h	-1
Κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός		1
	Μέσος		0
	Χαμηλός		-1
Σύνθεση χρηστών	Μεικτή με μεγάλο ποσοστό μη-μηχανοκίνητων		2
	Μεικτή		1
	Μόνο μηχανοκίνητα		0
Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Όχι		1
	Ναι		0
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα		1
	Απόντα		0
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί, κ.λπ.	1
	Μέσος	Συνήθεις καταστάσεις	0
	Χαμηλός	Επαρχιακές οδοί	-1
Δυσκολία οδήγησης	Πολύ υψηλή		2
	Υψηλή		1
	Χαμηλή		0

Η τελική επιλογή της κλάσης φωτισμού ***C*** πραγματοποιείται με το άθροισμα των βαρών κάθε κριτηρίου και με τη χρήση της ακόλουθης σχέσης.

$$C = 6 - VWS \qquad (2)$$

Όπου ***C*** η αντίστοιχη κλάση φωτισμού και VWS το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων του Πίνακα 3. Από τη σχέση (2) προκύπτουν οι κλάσεις C0, C1, C2, C3, C4 και C5.

Ισχύουν τα ακόλουθα:

- Αν VWS ≤ 0 τότε VWS=1

- Αν C < 0 τότε C=0 (κλάση C0)

Class P – Pedestrians and low speed areas – Πεζόδρομοι και οδοί ήπιας κυκλοφορίας

Αφορά στο φωτισμό περιοχών κυκλοφορίας κυρίως πεζών, ποδηλάτων ή οδών μεικτής χρήσης αλλά ήπιας κυκλοφορίας. Ο ορισμός των κλάσεων φωτισμού ***P*** πραγματοποιείται μέσω των κριτηρίων του Πίνακα 4. Η τελική επιλογή της κλάσης φωτισμού σε κάθε περίπτωση πραγματοποιείται με το άθροισμα των βαρών κάθε κριτηρίου και με τη χρήση της ακόλουθης σχέσης:

$$P = 6 - VWS \tag{3}$$

Όπου ***P*** η αντίστοιχη κλάση φωτισμού και VWS το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων του Πίνακα 4. Από τη σχέση (3) προκύπτουν οι κλάσεις P1, P2, P3, P4, P5, P6 και P7.

Ισχύουν τα ακόλουθα:

- Αν VWS < 0 τότε VWS=0
- Αν P ≤ 0 τότε P=1 (κλάση P1)

Πίνακας 4. – Παράμετροι επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά EN13201.1

Κριτήριο	Επιλογές	Περιγραφή	Βάρος
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Χαμηλή	v <= 40 km/h	1
	Πολύ χαμηλή (βάδισμα)	Ταχύτητα βαδίσματος	0
Κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός		1
	Μέσος		0
	Χαμηλός		-1
Σύνθεση χρηστών	Πεζοί, ποδηλάτες και μηχανοκίνητα		2
	Πεζοί και μηχανοκίνητα		1
	Πεζοί και ποδηλάτες		1
	Πεζοί		0
	Ποδηλάτες		0
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα		1
	Απόντα		0
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί, κ.λπ.	1
	Μέσος	Συνήθεις καταστάσεις	0
	Χαμηλός	Επαρχιακές οδοί	-1

Οι κλάσεις φωτισμού ***P*** εφαρμόζονται στο μήκος της οδού το οποίο διατηρεί σταθερά τα χαρακτηριστικά της κάθε κλάσης.

3.3 Επιλογή κλάσεων προσαρμοστικού οδοφωτισμού

Η CEN/TR 13201.1 επιτρέπει τη μεταβολή της κλάσης φωτισμού μίας οδού στην περίπτωση που κατά τη διάρκεια λειτουργείας του συστήματος οδοφωτισμού, ένα ή περισσότερα από τα κριτήρια μεταβάλουν το βάρος τους. Στην περίπτωση αυτή, και για το χρονικό διάστημα που ισχύουν οι διαφοροποιήσεις των βαρών, η οδός λαμβάνει χαμηλότερη κλάση φωτισμού. Η δυνατότητα αυτή παρέχει την ευελιξία του σχεδιασμού ενός συστήματος προσαρμοστικού φωτισμού (adaptive lighting system) το οποίο με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού επιτρέπει τη ρύθμιση της φωτεινής ροής των φωτιστικών σωμάτων (light

dimming). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται πολλαπλά επίπεδα φωτισμού κατά τη διάρκεια της νύκτας τα οποία εξυπηρετούν τις κατά τόπου και κατά ώρας ανάγκες φωτισμού των οδών, προσφέροντας τις βέλτιστες συνθήκες στον οδηγό διατηρώντας της κατανάλωση ενέργειας σε όσο το δυνατό χαμηλότερα επίπεδα.

Η μέγιστη κλάση φωτισμού που προκύπτει μέσω της διαδικασίας ορισμού με βάρη, αποτελεί την «**ονομαστική κλάση φωτισμού – normal lighting class**» ενώ οι κατώτερες κλάσεις που επιλέγονται για ορισμένα χρονικά διαστήματα ονομάζονται «**κλάσεις προσαρμοστικού φωτισμού – adaptive lighting classes**». Σε κάθε οδό που φωτίζεται ή πρόκειται να φωτιστεί ορίζεται υποχρεωτικά μία ονομαστική κλάση φωτισμού και προαιρετικά μία ή περισσότερες κλάσεις προσαρμοστικού φωτισμού.

3.4 Παραδείγματα επιλογής κλάσεων οδοφωτισμού

Στους Πίνακες 5-8 παρουσιάζονται παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού τυπικών περιπτώσεων οδών που συναντώνται στο Ελληνικό οδικό δίκτυο εντός και εκτός πόλεων. Τα παραδείγματα είναι **ενδεικτικά**, **αφορούν συγκεκριμένα τμήματα των οδών και δεν χαρακτηρίζουν όλες τις οδούς την ίδιας κατηγορίας**. Επισημαίνεται ότι η κλάση φωτισμού μίας οδού δύναται να αλλάξει από τμήμα σε τμήμα αυτής λόγω λειτουργικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Οι οδοί που εμφανίζονται στα παραδείγματα μπορούν να περιγραφούν σύντομα ως ακολούθως.

Οδός Α: Τμήμα κλειστού αυτοκινητόδρομου με διαχωριστική νησίδα, πλησίον αστικού ιστού με μεγάλη πυκνότητα κόμβων, με μεταβαλλόμενο τον κυκλοφοριακό φόρτο και το φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά τα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των ανισόπεδων κόμβων. (*Προκύπτουσες κλάσεις M1, M2, M4*)

Οδός Β: Τμήμα κλειστού αυτοκινητόδρομου με διαχωριστική νησίδα, εκτός αστικού ιστού με μικρή πυκνότητα κόμβων, μέσο ή χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και χαμηλό φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά τα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των ανισόπεδων κόμβων. (*Προκύπτουσες κλάσεις M5, M6*)

Οδός Γ: Τμήμα οδού (λεωφόρος) χωρίς διαχωριστική νησίδα, εντός αστικού ιστού με μεγάλη πυκνότητα διασταυρώσεων, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο και φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά τα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των διασταυρώσεων κόμβων. (*Προκύπτουσες κλάσεις M2, M3, M4*)

Οδός Δ: Τμήμα επαρχιακής οδού διπλής κατεύθυνσης χωρίς διαχωριστική νησίδα, με χαμηλή πυκνότητα διασταυρώσεων, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο και χαμηλό φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά τα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των διασταυρώσεων κόμβων. (*Προκύπτουσες κλάσεις M4, M5*)

Οδός Ε: Διασταύρωση ή έξοδος τύπου «Τ» επαρχιακής οδού διπλής κατεύθυνσης χωρίς διαχωριστική νησίδα, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο και χαμηλό φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά την περιοχή που οροθετείται από την συμβολή των συνερχόμενων οδών προσαυξημένη κατά την απόσταση ασφαλούς πέδησης προς κάθε κατεύθυνση. (*Επιλεγμένες κλάσεις C2, C3*)

Οδός ΣΤ: Διασταύρωση ή έξοδος τύπου «Τ» οδού εντός αστικού ιστού χωρίς διαχωριστική νησίδα, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο με παρουσία ή όχι σταθμευμένων

αυτοκινήτων. Η επιλογή κλάσης αφορά την περιοχή που οροθετείται από την συμβολή των συνερχόμενων οδών προσαυξημένη κατά την απόσταση ασφαλούς πέδησης προς κάθε κατεύθυνση. (*Προκύπτουσες κλάσεις C2, C4, C6*)

Οδός Ζ: Οδός ήπιας κυκλοφορίας εντός αστικού ιστού, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο με παρουσία σταθμευμένων αυτοκινήτων. Η επιλογή κλάσης αφορά το σύνολο της οδού όπου τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά δεν μεταβάλλονται. (*Επιλεγμένες κλάσεις P2, P4*)

Οδός Η: Πεζόδρομος με χρήση και από ποδηλάτες εντός αστικού ιστού και σε εμπορική περιοχή με μεταβαλλόμενο φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά το σύνολο της οδού όπου τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά δεν μεταβάλλονται. (*Προκύπτουσες κλάσεις P5, P6*)

Επισήμανση 1

Όπως φαίνεται από τα παραδείγματα των Πινάκων 5-8 οι κλάσεις φωτισμού δύναται να μεταβληθούν με τη διαφορετική επιλογή ενός και μόνο κριτηρίου. **Τα παραδείγματα δεν καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις οδών**. Ο μελετητής οφείλει να διερευνήσει τα πραγματικά γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της οδού και σε περίπτωση που πρέπει να εκτιμήσει ένα κριτήριο απαιτείται επαρκής τεκμηρίωση.

Επισήμανση 2

Στα παραδείγματα των Πινάκων 5-8 επιλέγονται πολλαπλές κλάσεις φωτισμού ανάλογα με τη μεταβολή ορισμένων κριτηρίων σε ορισμένα χρονικά διαστήματα Δt. Επομένως, η οδός με πολλαπλές κλάσεις φωτισμού δύναται να μεταβάλλει την κλάση φωτισμού για την αντίστοιχη χρονική περίοδο Δt. Υπενθυμίζεται ότι η μέγιστη επιλεγμένη κλάση ονομάζεται «ονομαστική κλάση» και οι υπόλοιπες «κλάσεις προσαρμοστικού φωτισμού». **Οι μελέτες οδοφωτισμού θα πρέπει να πραγματοποιούνται με βάση τις «ονομαστικές κλάσεις»** ενώ συμπληρωματικοί υπολογισμοί θα πρέπει να εκτελούνται για τον ορισμό της ελάχιστης παραγόμενης φωτεινής ροής από τα φωτιστικά στην κάθε κλάση προσαρμοστικού φωτισμού.

Πίνακας 5. – Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά EN13201.1:2015

Κριτήριο	Επιλογές	Περιγραφή		Βάρος	Οδός Α			Οδός Β	
					Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_1	Δt_2
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Πολύ υψηλή	v > 100 km/h		2	2	2	2	2	2
	Υψηλή	70 < v < 100 km/h		1					
	Μέση	40 < v < 70 km/h		-1					
	Χαμηλή	v <= 40 km/h		-2					
Κυκλοφοριακός φόρτος		Αυτοκινητόδρομοι, κατευθύνσεις πολλαπλών λωρίδων	Κατευθύνσεις δύο λωρίδων						
	Υψηλός	> 65 % της μέγιστης χωρητικότητας	> 45 % της μέγιστης χωρητικότητας	1	1				
	Μέσος	35 - 65 % της μέγιστης χωρητικότητας	15% - 45 % της μέγιστης χωρητικότητας	0		0		0	
	Χαμηλός	< 35 % της μέγιστης χωρητικότητας	< 15 % της μέγιστης χωρητικότητας	-1			-1		-1
Σύνθεση χρηστών	Μεικτή με μεγάλο ποσοστό μη-μηχανοκίνητων			2					
	Μεικτή			1					
	Μόνο μηχανοκίνητα			0	0	0	0	0	0
Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Όχι			1					
	Ναι			0	0	0	0	0	
Πυκνότητα κόμβων		Διασταυρώσεις / km	Απόσταση μεταξύ ανισόπεδων κόμβων, km						
	Υψηλή	> 3	< 3	1	1	1	1		
	Μέση	<= 3	>= 3	0				0	0
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα			1					
	Απόντα			0	0	0	0	0	0
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί, κ.λπ.		1	1	1			
	Μέσος	Συνήθεις καταστάσεις		0			0		
	Χαμηλός	Επαρχιακές οδοί		-1				-1	-1
Δυσκολία οδήγησης	Πολύ υψηλή			2					
	Υψηλή			1					
	Χαμηλή			0	0	0	0	0	0
			Άθροισμα βαρών (VWS)		**5**	**4**	**2**	**1**	**0**
			Κλάση φωτισμού Μ (6-VWS)		**M1**	**M2**	**M4**	**M5**	**M6**

Πίνακας 6. – Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά EN13201.1:2015

Κριτήριο	Επιλογές	Περιγραφή		Βάρος	Οδός Γ			Οδός Δ	
					Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_1	Δt_2
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Πολύ υψηλή	v > 100 km/h		2					
	Υψηλή	70 < v < 100 km/h		1				1	1
	Μέση	40 < v < 70 km/h		-1	-1	-1	-1		
	Χαμηλή	v <= 40 km/h		-2					
Κυκλοφοριακός φόρτος		Αυτοκινητόδρομοι, κατευθύνσεις πολλαπλών λωρίδων	Κατευθύνσεις δύο λωρίδων						
	Υψηλός	> 65 % της μέγιστης χωρητικότητας	> 45 % της μέγιστης χωρητικότητας	1	1				
	Μέσος	35 - 65 % της μέγιστης χωρητικότητας	15% - 45 % της μέγιστης χωρητικότητας	0		0		0	
	Χαμηλός	< 35 % της μέγιστης χωρητικότητας	< 15 % της μέγιστης χωρητικότητας	-1			-1		-1
Σύνθεση χρηστών	Μεικτή με μεγάλο ποσοστό μη-μηχανοκίνητων			2					
	Μεικτή			1	1	1	1	1	1
	Μόνο μηχανοκίνητα			0					
Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Όχι			1	1	1	1	1	1
	Ναι			0					
Πυκνότητα κόμβων		Διασταυρώσεις / km	Απόσταση μεταξύ ανισόπεδων κόμβων, km						
	Υψηλή	> 3	< 3	1	1	1	1		
	Μέση	<= 3	>= 3	0				0	0
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα			1	1	1	1		
	Απόντα			0				0	0
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί, κ.λπ.		1					
	Μέσος	Συνήθεις καταστάσεις		0	0	0	0		
	Χαμηλός	Επαρχιακές οδοί		-1				-1	-1
Δυσκολία οδήγησης	Πολύ υψηλή			2					
	Υψηλή			1					
	Χαμηλή			0	0	0	0	0	0
				Άθροισμα βαρών (VWS)	**4**	**3**	**2**	**2**	**1**
				Κλάση φωτισμού Μ (6-VWS)	**M2**	**M3**	**M4**	**M4**	**M5**

Πίνακας 7. – Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά EN13201.1:2015

Κριτήριο	Επιλογές	Περιγραφή	Βάρος	Οδός Ε		Οδός ΣΤ		
				Δt_1	Δt_2	Δt_1	Δt_2	Δt_3
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Πολύ υψηλή	v > 100 km/h	3					
	Υψηλή	70 < v < 100 km/h	2	2	2			
	Μέση	40 < v < 70 km/h	0					
	Χαμηλή	v <= 40 km/h	-1			-1	-1	-1
Κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός		1			1		
	Μέσος		0	0			0	
	Χαμηλός		-1		-1			-1
Σύνθεση χρηστών	Μεικτή με μεγάλο ποσοστό μη-μηχανοκίνητων		2	2	2			
	Μεικτή		1			1	1	1
	Μόνο μηχανοκίνητα		0					
Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Όχι		1	1	1	1	1	1
	Ναι		0					
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα		1			1	1	
	Απόντα		0	0	0			0
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί, κ.λπ.	1			1		
	Μέσος	Συνήθεις καταστάσεις	0				0	0
	Χαμηλός	Επαρχιακές οδοί	-1	-1	-1			
Δυσκολία οδήγησης	Πολύ υψηλή		2					
	Υψηλή		1					
	Χαμηλή		0	0	0		0	0
Άθροισμα βαρών (VWS)				**4**	**3**	**4**	**2**	**0**
Κλάση φωτισμού C (6-VWS)				**C2**	**C3**	**C2**	**C4**	**C6**

Πίνακας 8. – Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά EN13201.1

Κριτήριο	Επιλογές	Περιγραφή	Βάρος	Οδός Z		Οδός H	
				Δt_1	Δt_2	Δt_1	Δt_2
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Χαμηλή	v <= 40 km/h	1	1			
	Πολύ χαμηλή (βάδισμα)	Ταχύτητα βαδίσματος	0			0	0
Κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός		1				
	Μέσος		0	0			
	Χαμηλός		-1		-1	-1	-1
Σύνθεση χρηστών	Πεζοί, ποδηλάτες και μηχανοκίνητα		2	2	2		
	Πεζοί και μηχανοκίνητα		1				
	Πεζοί και ποδηλάτες		1			1	1
	Πεζοί		0				
	Ποδηλάτες		0				
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα		1	1	1		
	Απόντα		0			0	0
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί, κ.λπ.	1			1	
	Μέσος	Συνήθεις καταστάσεις	0	0	0		0
	Χαμηλός	Επαρχιακές οδοί	-1				
			Άθροισμα βαρών (VWS)	**4**	**2**	**1**	**0**
			Κλάση φωτισμού P (6-VWS)	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**

3.5 Ποσοτικές και ποιοτικές απαιτήσεις φωτισμού

3.5.1 Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN13021.2 [2] αφορά στα ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις της κάθε κλάσης φωτισμού όπως αυτή επιλέχθηκε με βάση το πρώτο μέρος Το βασικό ποσοτικό μέγεθος της κλάσης ***M*** είναι η λαμπρότητα ***L*** του οδοστρώματος από τη θέση του τυπικού παρατηρητή (οδηγού) η οποία υπολογίζεται σε cd/m^2. Το βασικό ποσοτικό μέγεθος των κλάσεων ***C*** και ***P*** είναι η ένταση φωτισμού ***E*** η οποία υπολογίζεται σε lux. Οι απαιτήσεις φωτισμού της κάθε κλάσης φαίνονται στους Πίνακες 9-11.

Πίνακας 9 – Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού M κατά EN13201.1:2015

Κλάση	Λαμπρότητα οδοστρώματος για στεγνό και βρεγμένο οδόστρωμα				Δείκτης Θάμβωσης	Φωτισμός όμορων περιοχών
	Στεγνό			Βρεγμένο	Στεγνό	Στεγνό
	L_{av} (cd/m^2)	U_o	U_l	U_{ow}	f_{TI}	R_{EI}
M1	2.00	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M2	1.50	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M3	1.00	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.30
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.30

όπου:

L_{av} : Η μέση τιμή της λαμπρότητας οδοστρώματος (ελάχιστη τιμή)

U_o: Η ομοιομορφία της λαμπρότητας (ελάχιστη τιμή)

U_l : Η διαμήκης ομοιομορφίας της λαμπρότητας (ελάχιστη τιμή)

U_{ow} : Η ομοιομορφία της λαμπρότητας υπό βρεγμένο οδόστρωμα (ελάχιστη τιμή)

f_{TI} : Ο δείκτης θάμβωσης (μέγιστη τιμή)

R_{EI} :Ο δείκτης φωτισμού των όμορων της οδού περιοχών (ελάχιστη τιμή)

Πίνακας 10 – Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού C κατά EN13201.2

Κλάση	Ένταση φωτισμού	
	E (lux)	U_o
C0	50.0	0.40
C1	30.0	0.40
C2	20.0	0.40
C3	15.0	0.40
C4	10.0	0.40
C5	7.50	0.40

όπου:

E : Η μέση τιμή της έντασης φωτισμού στο οδόστρωμα (ελάχιστη τιμή)

U_o: Η ομοιομορφία της έντασης φωτισμού (ελάχιστη τιμή)

Πίνακας 11 – Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού P κατά EN13201.2

Κλάση	Ένταση φωτισμού		Πρόσθετες απαιτήσεις όταν είναι απαραίτητη η αναγνώριση προσώπων	
	E (lux)	U_o	E_v (lux)	E_{sc} (lux)
P1	15.0	3.00	5.00	5.00
P2	10.0	2.00	3.00	2.00
P3	7.50	1.50	2.50	1.50
P4	5.00	1.00	1.50	1.00
P5	3.00	0.60	1.00	0.60
P6	2.00	0.40	0.60	0.20
P7	Δεν έχει οριστεί			

όπου:

E : Η μέση τιμή της έντασης φωτισμού στο οδόστρωμα (ελάχιστη τιμή)

E_v : Η μέση τιμή της έντασης κατακόρυφου φωτισμού στο οδοστρώμα (ελάχιστη τιμή)

E_{sc} : Η μέση τιμή της έντασης ημικυλινδρικού φωτισμού στο οδόστρωμα (ελάχιστη τιμή)

U_o: Η ομοιομορφία της έντασης φωτισμού (ελάχιστη τιμή)

Για τη διασφάλιση της ομοιομορφίας στις κλάσεις ***P*** η τιμή της μέσης έντασης φωτισμού που υπολογίζεται ή μετράται σε κάθε περίπτωση δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη κατά 1.5 φορές από την ελάχιστη τιμή της έντασης φωτισμού.

Για περισσότερες λεπτομερείς σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις της κάθε κλάσης φωτισμού, ο μελετητής οφείλει να συμβουλευτεί το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201.2.

3.5.2 Περιορισμός παράσιτου φωτισμού και φωτορύπανσης

Για τον περιορισμό του παράσιτου φωτισμού σε όμορες περιοχές καθώς και την πρόκληση φωτορύπανσης τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται στον οδοφωτισμό θα πρέπει να έχουν μηδενική φωτεινή εκπομπή στο άνω νοητό ημισφαίριο. Σε περίπτωση που κατά το σχεδιασμό φωτισμού είναι αναγκαία η κλίση του φωτιστικού σώματος, προτείνεται η μέγιστη κλίση να μην ξεπερνά τις 5 μοίρες σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.

Για την μείωση της επίδρασης της υψηλής θερμοκρασίας χρώματος στον κιρκαδικό ρυθμό του ανθρώπου και την καταστολή έκκρισης της μελατονίνης καθώς και για τον περιορισμό των επιπτώσεων στα έμβια όντα, η θερμοκρασία χρώματος των πηγών φωτισμού δεν θα πρέπει να ξεπερνά τους 4000K ενώ συνίσταται η χρήση πηγών με θερμοκρασία χρώματος περί τους 3000K

3.6 Εκπόνηση μελέτης οδοφωτισμού

3.6.1 Μεθοδολογία Σχεδιασμού και Φωτοτεχνικοί Υπολογισμοί

Μετά την κατάταξη των οδών όπως αναλύεται στην παράγραφο §3.2**,** ο μελετητής θα εκπονήσει φωτοτεχνικούς υπολογισμούς βάσει του EN 13201.3. [3]

Για τις οδούς κλάσης M απαιτείται να υπολογιστούν τα μεγέθη του Πίνακα 9, L_{av} ***(cd/m²)***, U_o, U_l, U_{ow}, f_{TI}, R_{EI}.

Για τις οδούς κλάσης C απαιτείται να υπολογιστούν τα μεγέθη του Πίνακα 10, ***E (lux), U_o.***
Για τις οδούς κλάσης P απαιτείται να υπολογιστούν τα μεγέθη του Πίνακα 11, ***E (lux)***, ***E_v (lux), E_{sc} (lux)***, ***U_o***

Ο μελετητής απαιτείται να εισαγάγει, για τους υπολογισμούς του, τα κάτωθι:

α) **γεωμετρικά** χαρακτηριστικά οδού:

- το **πλάτος** οδού
- τον αριθμό των **πεζοδρομίων**
- το πλάτος των **πεζοδρομίων**
- το πλάτος **νησίδας/ων** (εάν υπάρχουν)
- τον αριθμό **ρευμάτων κυκλοφορίας**
- τον **τύπο** της ασφάλτου οδοστρώματος

β) **χαρακτηριστικά** οδοφωτισμού:

- το **ύψος** των ιστών
- τη **διάταξη** των ιστών στις πλευρές της οδού
- την **απόσταση** μεταξύ δύο διαδοχικών ιστών
- την **απόσταση** των ιστών από το ρείθρο της οδού
- το **μήκος** του βραχίονα
- την **κλίση** του βραχίονα ως προς την επιφάνεια του οδοστρώματος.

Εν συνεχεία, ο μελετητής υπολογίζει τα απαιτούμενα μεγέθη και εξετάζει αν πληρούνται οι προδιαγραφές της παραγράφου §3.5.

Για την επίτευξη του βέλτιστου φωτοτεχνικού αποτελέσματος, ο μελετητής οφείλει να διερευνήσει όλες τις εναλλακτικές επιλογές των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της εγκατάστασης (π.χ. ύψος ιστού, απόσταση ιστών, κλίση, κ.λπ.) καθώς και τον εναλλακτικό εξοπλισμό (φωτιστικά διαφορετικής ισχύος και διαφορετικής φωτεινής κατανομής).

Για αναβάθμιση **υφιστάμενων εγκαταστάσεων** οδοφωτισμού προτείνεται στον μελετητή, προς διευκόλυνση των υπολογισμών, να προβεί σε ομαδοποίηση οδών βάσει των γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών με στόχο τη εξαγωγή αντιπροσωπευτικών περιπτώσεων οδών. **Ενδεικτική ομαδοποίηση** παρουσιάζεται στον Πίνακα 12. Στην περίπτωση αυτή, η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ιστών μπορεί να προκύψει υπολογίζοντας:

- τον μέσο όρο αποστάσεων των διαδοχικών ιστών σε οδούς που ανήκουν στην ίδια ομάδα (για διακοπτόμενες ομάδες ιστών οι ενδιάμεσες αποστάσεις δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη)

ή

- την τυπική απόσταση των διαδοχικών ιστών σε οδούς που ανήκουν στην ίδια ομάδα

Η ομαδοποίηση μπορεί να υλοποιηθεί και για σχεδιασμό **νέων εγκαταστάσεων** οδοφωτισμού, εφ’ όσον κριθεί απαραίτητο από τον μελετητή.

Πίνακας 12 – Ενδεικτική ομαδοποίηση οδών

α/α	ΠΛΑΤΟΣ ΟΔΟΥ (m)
1.1	ΕΩΣ 5.5
1.2	5.5-6
1.3	6.01-6.5
1.4	6.51-7
1.5	7.01-8
1.6	8.01-9
1.7	9.01-11
1.8	11.01-13
1.9	…….

α/α	ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ
2.1	1
2.2	2

α/α	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΙΣΤΩΝ
3.1	Μονόπλευρη
3.2	Αμφίπλευρη
3.3	Αξονική
3.4	Χιαστί
3.5	Επί νησίδας

α/α	ΥΨΟΣ ΙΣΤΩΝ (m)
4.1	4-5
4.2	6-7
4.3	8-9
4.4	10-11
4.5	…….

α/α	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΙΣΤΩΝ (m)
5.1	15
5.2	20
5.3	25
5.4	30
5.5	40
5.6	50
5.7	…

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Οδός πλάτους 6.7m, μονής κατεύθυνσης, με αμφίπλευρη τοποθέτηση ιστών ύψους 7m και απόσταση ιστών 30m, μπορεί να ομαδοποιηθεί ως εξής:

1.4/2.1/3.2/4.2/5.4

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Οδός πλάτους 10.4m, διπλής κατεύθυνσης, με χιαστί τοποθέτηση ιστών ύψους 9m και απόσταση ιστών 20m, μπορεί να ομαδοποιηθεί ως εξής:

1.7/2.2/3.4/4.3/5.2

3.6.2 Εφαρμογή προσαρμοστικού φωτισμού

Εφόσον είναι επιθυμητό, ο μελετητής μπορεί να επιλέξει κλάσεις προσαρμοστικού φωτισμού βάσει όσων αναφέρονται στην §3.3 και να υπολογίσει εκ νέου τα απαιτούμενα μεγέθη.

3.6.3 Διαθέσιμο λογισμικό μελετών οδοφωτισμού

Τα τελευταία χρόνια διατίθενται λογισμικά με τα οποία μπορούν να εκπονηθούν οι απαραίτητοι φωτοτεχνικοί υπολογισμοί σύμφωνα με τα πρότυπα. Τα προγράμματα αυτά έχουν ενσωματωμένες στο υπολογιστικό τους υπόβαθρο τις εκάστοτε αναθεωρήσεις των διεθνών προτύπων (π.χ. EN 13201**)** και διαθέτουν, επίσης, δυνατότητες παραγωγής τρισδιάστατων μοντέλων φωτομετρικής ανάλυσης. Μπορούν να δεχθούν, επίσης, τα φωτομετρικά στοιχεία των περισσότερων βιομηχανικών φωτιστικών της παγκόσμιας αγοράς στις πλέον αναγνωρίσιμες μορφές αρχείων (.ldt, .ies).

Ενδεικτικά δωρεάν λογισμικά σχεδιασμού φωτισμού είναι τα ακόλουθα:

- Relux Desktop (www.relux.com)
- Dialux (www.dial.de)
- LITESTAR (www.oxytech.it)

3.6.4 Περιορισμός υπερφωτισμού - υπερδιαστασιολόγησης

Σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση με αριθμό Δ13/β/οικ. 16522/30-11-2004 όπως δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1792 / Β / 3-12-2004 [4], τα προς εφαρμογή πρότυπα και οδηγίες (Ε.Λ.Ο.Τ., Ε.Ν., C.I.E.) περιέχουν πίνακες με τα απαιτούμενα ελάχιστα φωτομετρικά μεγέθη για τις διάφορες κατηγορίες οδών, κόμβων κ.λπ. Στις μελέτες ηλεκτροφωτισμού (υπολογισμοί) δεν πρέπει να υπάρχει απόκλιση της μέσης λαμπρότητας (σε cd/m^2) σε οδούς ή του μέσου φωτισμού (σε lux) σε κόμβους κ.λπ. για όλα τα φωτιζόμενα μέρη, μεγαλύτερη από +10%.

Ως εκ τούτου, ο μελετητής θα πρέπει να εκτελεί τις μελέτες οδοφωτισμού με τέτοιο τρόπο ώστε τα ποσοτικά αποτελέσματα της εκάστοτε κλάσης φωτισμού (μέση λαμπρότητα ή μέση ένταση φωτισμού) **να μην υπερβαίνουν το 10%** των ελάχιστων από την κλάση απαιτούμενων.

3.7 Υπολογισμός δεικτών ενεργειακής επίδοσης

Το πρότυπο EN13201.5 [5] καθορίζει τους δείκτες ενεργειακής επίδοσης μίας εγκατάστασης οδοφωτισμού. Οι δείκτες αυτοί καθορίζουν το πόσο αποδοτική είναι μία εγκατάσταση φωτισμού λαμβάνοντας υπόψη τόσο την συνολική ισχύ του συστήματος όσο και την συνολική επιφάνεια της φωτιζόμενης περιοχής.

Ο μελετητής θα πρέπει να υπολογίζει του δύο αυτούς δείκτες κατά το σχεδιασμό φωτισμού μίας νέας εγκατάστασης ή κατά το σχεδιασμό της αναβάθμισης υφιστάμενου συστήματος. Προτείνεται επίσης ο υπολογισμός των δεικτών αυτών για μία υφιστάμενη εγκατάσταση για λόγους σύγκρισης της αποδοτικότητας με μία νέα προτεινόμενη εγκατάσταση.

Σε διαγωνιστικές διαδικασίες οδοφωτισμού οι δύο αυτοί δείκτες θα πρέπει να υπολογίζονται και να λαμβάνονται ως βαρύνον κριτήριο αξιολόγησης.

Οι δείκτες που ορίζονται από το πρότυπο είναι οι ακόλουθοι δύο:

α) Δείκτης πυκνότητας ισχύος – Power Density Indicator

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^{n}(E_i \cdot A_i)} \frac{W}{lx \cdot m^2} \qquad (4)$$

όπου:

$\boldsymbol{D_p}$: Δείκτης πυκνότητας ισχύος

$\boldsymbol{P}$: Η συνολική ισχύς της εγκατάστασης φωτισμού

$\boldsymbol{E_i}$: Η μέση ένταση οριζόντιου φωτισμού της υποπεριοχής $\boldsymbol{i}$

$\boldsymbol{A_i}$: Το εμβαδόν της υποπεριοχής $\boldsymbol{i}$ που φωτίζεται από το σύστημα φωτισμού

$\boldsymbol{n}$: Ο αριθμός των φωτιζόμενων υποπεριοχών

Ο δείκτης αυτός υπολογίζει την επίδοση του συστήματος φωτισμού στην εκάστοτε περιοχή ενδιαφέροντος (οδόστρωμα, πεζοδρόμια, κ.λπ) φανερώνοντας το ποσό της απορροφούμενης ενέργειας που αξιοποιείται για το σκοπό του οδοφωτισμού.

β) Ετήσιος δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης – Annual Energy Consumption Indicator

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^{m}(P_j \cdot t_j)}{A} \frac{Wh}{m^2} \qquad (5)$$

όπου:

$\boldsymbol{D_E}$: Ετήσιος δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης

$\boldsymbol{P_j}$: Η συνολική ισχύς της εγκατάστασης φωτισμού το χρονικό διάστημα λειτουργίας $\boldsymbol{j}$

$\boldsymbol{t_j}$: Η διάρκεια της περιόδου λειτουργίας $\boldsymbol{j}$

$\boldsymbol{A}$: Το εμβαδόν της που φωτίζεται από το σύστημα φωτισμού

$\boldsymbol{m}$: Ο αριθμός διαφορετικών περιόδων λειτουργίας

Ο δείκτης αυτός υπολογίζει την επίδοση του συστήματος φωτισμού κατά τη διάρκεια του έτους στην περιοχή ενδιαφέροντος. Με το δείκτη αυτό γίνεται σαφές το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας που αξιοποιείται για το σκοπό του οδοφωτισμού.

Ο μελετητής μπορεί να βρει αναλυτικότερες πληροφορίες επεξήγησης των επιμέρους στοιχείων και εφαρμογής των δεικτών επίδοσης στο πρότυπο EN13021.5.

3.8 Τεχνοοικονομικοί υπολογισμοί.

3.8.1 Υπολογισμός Κόστους

Τα κύρια κόστη που πρέπει να συμπεριληφθούν σε μία τεχνοοικονομική ανάλυση αφορούν (i) στο κόστος της αρχικής επένδυσης, (ii) στο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας καθώς και (iii) στο κόστος των ανταλλακτικών και των εργασιών συντήρησης. Ο υπολογισμός τους παρουσιάζεται στις παραγράφους που ακολουθούν. Σημειώνεται ότι για την ανάλυση διακρίνουμε τις ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

- ***Ύπαρξη ενός υφιστάμενου τμήματος του δικτύου φωτισμού το οποίο θα αναβαθμιστεί***.
  Αφορά στην αναβάθμιση ενός δικτύου φωτισμού και συνεπώς στη μείωση του λειτουργικού κόστους του (κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας, ανταλλακτικών και συντήρησης) μέσω εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς, αναμένεται να υπάρξει οικονομικό όφελος σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η αξιολόγηση στη συγκεκριμένη περίπτωση επιδιώκει να αναδείξει την εναλλακτική με το μεγαλύτερο οικονομικό όφελος.
- ***Δημιουργία ενός καινούργιου τμήματος δικτύου, είτε ως επέκταση ενός υφιστάμενου είτε ως αυτόνομο.***
  Αφορά στην κάλυψη αναγκών φωτισμού που μέχρι πρότινος δεν εξυπηρετούνταν, οπότε δεν αναμένεται κάποια μείωση λειτουργικού κόστους. Η αξιολόγηση στη συγκεκριμένη περίπτωση επιδιώκει να αναδείξει την εναλλακτική με το μικρότερο συνολικό κόστος (κόστος αρχικής επένδυσης και κόστος λειτουργίας).

(i) Κόστος επένδυσης

Το κόστος επένδυσης μπορεί να αναλυθεί ανάλογα με την περίπτωση όπως απεικονίζεται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 13 – Ανάλυση κόστους επένδυσης ενός έργου οδοφωτισμού

Κόστη για αναβάθμιση υφιστάμενης εγκατάστασης οδοφωτισμού	Κόστη για εγκατάσταση νέου τμήματος δικτύου οδοφωτισμού
• Μελέτη/Αποτύπωση υφιστάμενου δικτύου • Μελέτη και προδιαγραφή νέου Συστήματος οδοφωτισμού με σκοπό τη βελτίωση και τη συμμόρφωση στα ισχύοντα Εθνικά και Ευρωπαϊκά πρότυπα.	• Μελέτη και προδιαγραφή του νέου Συστήματος οδοφωτισμού με χαρακτηριστικά την βέλτιστη απόδοση και την συμμόρφωση στα Ευρωπαϊκά πρότυπα (ΕΛΟΤ).
• Λαμπτήρες • Φωτιστικά • Βραχίονες • Συστήματα διαχείρισης και ελέγχου (hardware & software)	• Λαμπτήρες • Φωτιστικά • Βραχίονες • Συστήματα διαχείρισης και ελέγχου (hardware & software) • Ιστοί • Καλώδια • Πίλλαρ
• Εργασίες εγκατάστασης • Εργασίες απεγκατάστασης (ανθρώπινο δυναμικό, γερανός)	• Εργασίες εγκατάστασης (ανθρώπινο δυναμικό, γερανός, μηχανήματα εκσκαφής)

(ii) Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας:

Αρχικά υπολογίζεται η ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας $E_{ετήσια}$ μέσω των σχέσεων (

$$E_{ετήσια} = \sum_{k=1}^{N} [M_k * E_k] + E_{misc} \quad (6)$$

με

$$E_k = \sum_{i=1}^{D_k} [P_{k,i} * \Delta t_{k,i}] \quad (7)$$

Όπου:

$\boldsymbol{E_{ετήσια}}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος οδοφωτισμού
$\boldsymbol{E_k}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας φωτιστικού τύπου **k**
$\boldsymbol{N}$: Σύνολο διαφορετικών τύπων φωτιστικών σωμάτων
$\boldsymbol{k}$: Τύπος φωτιστικού σώματος
$\boldsymbol{M_k}$: Σύνολο φωτιστικών τύπου **k**
$\boldsymbol{D_k}$: Σύνολο διαφορετικών επιπέδων φωτεινής ροής του φωτιστικού τύπου **k**
$\boldsymbol{P_{k,i}}$: Απορροφούμενη ισχύς του φωτιστικού σώματος τύπου **k** (W) στο επίπεδο φωτεινής ροής **i**
$\boldsymbol{\Delta t_i}$: Ετήσιες ώρες λειτουργίας του φωτιστικού τύπου **k** στο επίπεδο φωτεινής ροής **i**
$\boldsymbol{E_{misc}}$: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας πρόσθετου εξοπλισμού (controllers κ.λπ.)

Στη συνέχεια, υπολογίζεται το κόστος της ενέργειας πολλαπλασιάζοντας την $E_{ετήσια}$ με το συνολικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας (€/KWh). Επομένως, το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{\varepsilon\nu\acute{\varepsilon}\rho\gamma\varepsilon\iota\alpha\varsigma} = E_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota\alpha} * Τιμή_{H.E.}\ (€) \qquad (8)$$

Το κόστος συντήρησης ($K_{συντήρησης}$) περιλαμβάνει τα κόστη αντικατάστασης του εξοπλισμού σε περίπτωση βλάβης ή ολοκλήρωσης του χρόνου ζωής του συστήματος, καθώς και τις αντίστοιχες εργασίες. Επίσης πιθανόν να περιλαμβάνονται κόστη που αφορούν στον καθαρισμό των φωτιστικών και αλλαγή των ελαστικών παρεμβυσμάτων στεγανότητας.

Το ετήσιο λειτουργικό κόστος ($K_{ετήσιο}$) διαμορφώνεται ως εξής:

$$K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o} = K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{\varepsilon\nu\acute{\varepsilon}\rho\gamma\varepsilon\iota\alpha\varsigma} + K_{\sigma\upsilon\nu\tau\acute{\eta}\rho\eta\sigma\eta\varsigma}\ (€) \qquad (9)$$

Στην περίπτωση αντικατάστασης ενός τμήματος του δικτύου, θα πρέπει από τους παραπάνω τύπους (*6-9*) να υπολογίζεται το ετήσιο λειτουργικό κόστος ($K_{ετήσιο}$) τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση ($K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{\upsilon\varphi\iota\sigma\tau\acute{\alpha}\mu\varepsilon\nu\eta}$) όσο και για κάθε εναλλακτική i ($K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{i-\varepsilon\nu\alpha\lambda\lambda\alpha\kappa\tau\iota\kappa\acute{\eta}}$). Στη συνέχεια, θα πρέπει να υπολογίζεται το ετήσιο οικονομικό όφελος (ΕΟΟ) που αναμένεται να υπάρξει από την υλοποίηση κάθε εναλλακτικής από τον ακόλουθο τύπο:

$$EOO^{i-\varepsilon\nu\alpha\lambda\lambda\alpha\kappa\tau\iota\kappa\acute{\eta}} = K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{\upsilon\varphi\iota\sigma\tau\acute{\alpha}\mu\varepsilon\nu\eta} - K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{i-\varepsilon\nu\alpha\lambda\lambda\alpha\kappa\tau\iota\kappa\acute{\eta}}\ (€) \qquad (10)$$

3.8.2 Κριτήρια Οικονομικής Αξιολόγησης

Οι επενδύσεις αξιολογούνται σύμφωνα με την ικανότητά τους να παράγουν τέτοιο ύψος μελλοντικών εσόδων ώστε να καλύπτονται τόσο τα μελλοντικά τους κόστη (κόστη λειτουργίας και συντήρησης) όσο και το αρχικό κόστος για την υλοποίηση της επένδυσης.

Στις ακόλουθες ενότητες θα παρουσιαστούν 5 κριτήρια (Πίνακας 14), εκ των οποίων τα 3 λαμβάνουν υπόψη τη χρονική μεταβολή της αξίας του χρήματος ενώ τα 2 την αγνοούν. Η χρονική μεταβολή της αξίας του χρήματος βασίζεται στο δεδομένο ότι μία μονάδα χρήματος την παρούσα στιγμή αξίζει περισσότερο από την αξία μίας μονάδας σε κάποια μελλοντική στιγμή (φαινόμενο του πληθωρισμού). Για να ληφθεί υπόψη η χρονική μεταβολή της αξίας του χρήματος χρησιμοποιείται το επιτόκιο αναγωγής (ονομάζεται και κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου γιατί απεικονίζει την απόδοση την οποία ο επενδυτής θυσιάζει δεσμεύοντας τα κεφάλαιά του στην επένδυση Α αντί της Β). Το επιτόκιο αναγωγής μπορεί να ληφθεί ίσο είτε με τον πληθωρισμό, είτε με το επιτόκιο που θα επιφέρει μία διαφορετική επένδυση (πχ. προνομιακή κατάθεση), είτε με το κόστος κεφαλαίου δηλαδή το επιτόκιο με το οποίο μπορεί ο επενδυτής να δανεισθεί.

Σημειώνεται ότι όπως ειπώθηκε και παραπάνω, επειδή στην περίπτωση αντικατάστασης επιδιώκεται μείωση του λειτουργικού κόστους, το *ΕΟΟ* θα πρέπει να είναι θετικός αριθμός για κάθε εναλλακτική, ενώ οι εναλλακτικές με αρνητικό *ΕΟΟ* θα πρέπει να αποκλείονται. Στην περίπτωση δημιουργίας ενός τμήματος του δικτύου, θα πρέπει από τους τύπους (*6-9*) να υπολογίζεται το ετήσιο λειτουργικό κόστος για κάθε εναλλακτική ***i*** ($K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{i-\varepsilon\nu\alpha\lambda\lambda\alpha\kappa\tau\iota\kappa\acute{\eta}}$), και στη συνέχεια αυτά τα κόστη να συγκρίνονται μεταξύ τους.

Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται τα κριτήρια σε σχέση με το αν χρησιμοποιούνται και στις δύο περιπτώσεις ή μόνο στην μία, καθώς και το αν λαμβάνουν υπόψη τη χρονική μεταβολή στην αξία του χρήματος.

Πίνακας 14 – Εναλλακτικά κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης

Κριτήριο	Περίπτωση χρήσης		Χρονική μεταβολή αξίας χρήματος
	Αναβάθμιση Υφιστάμενου	Δημιουργία Καινούργιου	
Περίοδος Αποπληρωμής	Ναι	Όχι	Αγνοεί
Απόδοση Επένδυσης (ROI)	Ναι	Όχι	Αγνοεί
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	Ναι	Ναι	Λαμβάνει Υπόψη
Δείκτης Αποδοτικότητας (ΔΑ)	Ναι	Όχι	Λαμβάνει Υπόψη
Σταθμισμένο Κόστος Εξοικονομούμενης Ενέργειας (ΣΚΕΕ)	Ναι	Ναι	Λαμβάνει Υπόψη

Σημειώνεται ότι στα παρουσιαζόμενα κριτήρια δεν λαμβάνεται υπόψη η απομένουσα αξία της υφιστάμενης εγκατάστασης. Το συγκεκριμένο δεν επηρεάζει την λήψη απόφασης καθώς ο εκάστοτε Δήμος/επενδυτής μπορεί να την εκμεταλλευτεί ανεξάρτητα της εναλλακτικής που θα επιλεγεί.

Περίοδος Αποπληρωμής

Το κριτήριο της περιόδου αποπληρωμής αγνοεί τη μεταβολή στην χρονική αξία του χρήματος, και υπολογίζει το χρονικό διάστημα που απαιτείται, ώστε μία επένδυση να επιστρέψει το κόστος υλοποίησής της. Πιο συγκεκριμένα, η περίοδος αποπληρωμής ορίζεται ως το πηλίκο του κόστους επένδυσης προς το ετήσιο οικονομικό όφελος που επιφέρει η επένδυση.

Η περίοδος αποπληρωμής (ΠΑ) είναι ένας άμεσος δείκτης σχετικά με την βιωσιμότητα ή μη μίας επένδυσης. Το κριτήριο υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΠΑ^{i-εναλλακτική} = \frac{Κόστος\ Επένδυσης^{i-εναλλακτική}}{ΕΟΟ^{i-εναλλακτική}}\ (έτη) \quad (11)$$

Όπου:

- ***Κόστος Επένδυσης***$^{\text{i-εναλλακτική}}$: Το κόστος επένδυσης της i-εναλλακτικής.
- ***ΕΟΟ***$^{\textit{i-εναλλακτική}}$: το ετήσιο οικονομικό όφελος από τον τύπο *(10)*.

Για την επιλογή της οικονομικά βέλτιστης εναλλακτικής επένδυσης συγκρίνονται οι ΠΑ, απορρίπτονται οι εναλλακτικές με ΠΑ μεγαλύτερη από την διάρκεια ζωής της επένδυσης, και στη συνέχεια επιλέγεται η εναλλακτική με τη μικρότερη περίοδο αποπληρωμής.

Απόδοση Επένδυσης (Return on Investment - ROI)

Το κριτήριο της απόδοσης επί του επενδυμένου κεφαλαίου (ROI) αγνοεί τη μεταβολή στην χρονική αξία του χρήματος, και υπολογίζει το ύψος των κερδών ανά μονάδα επενδυμένου κεφαλαίου. Η απόδοσης επί του επενδυμένου κεφαλαίου (ROI) ορίζεται ως το πηλίκο του συνολικού οικονομικού οφέλους από την υλοποίηση μιας επένδυσης προς το κόστος επένδυσης.

Η απόδοση επί του επενδυμένου κεφαλαίου (ROI) είναι ένας άμεσος δείκτης σχετικά με το ύψος του οικονομικού οφέλους που επιτυγχάνεται μέσω μίας επένδυσης.

Το κριτήριο υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ROI = \frac{EOO^{i-\varepsilon\nu\alpha\lambda\lambda\alpha\kappa\tau\iota\kappa\acute{\eta}} * \Delta ZE^{i-\varepsilon\nu\alpha\lambda\lambda\alpha\kappa\tau\iota\kappa\acute{\eta}}}{K\acute{o}\sigma\tau o\varsigma\ E\pi\acute{\varepsilon}\nu\delta\upsilon\sigma\eta\varsigma} \qquad (12)$$

Όπου:

- ***Κόστος Επένδυσης***: Το αρχικό κόστος που χρειάζεται για την υλοποίηση της επένδυσης.
- **ΕΟΟ$^{\text{i-εναλλακτική}}$**: το ετήσιο οικονομικό όφελος από τον τύπο *(10).*
- **ΔΖΕ$^{\text{i-εναλλακτική}}$**: η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης σε έτη.

Για την επιλογή της οικονομικά βέλτιστης εναλλακτικής επένδυσης συγκρίνονται τα ROI, απορρίπτονται οι εναλλακτικές με ROI μικρότερο της μονάδας, και στη συνέχεια επιλέγεται η επένδυση με τον μεγαλύτερο ROI.

Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Το κριτήριο της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή στην χρονική αξία του χρήματος, και υπολογίζει την τωρινή αξία των αναμενόμενων ετήσιων οικονομικών οφελών σε σχέση με το κόστος επένδυσης. Η ΚΠΑ ορίζεται ως η διαφορά του κόστους επένδυσης από την τωρινή αξία των αναμενόμενων ετήσιων οικονομικών οφελών της επένδυσης.

Η ΚΠΑ είναι η πιο διαδεδομένη και πλήρης μέθοδος αξιολόγησης επενδύσεων. Συγκεκριμένα, δείχνει την τωρινή αξία μιας επένδυσης σε συνάρτηση με την μεταβολή της αξίας του χρήματος.

Το κριτήριο υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$K\Pi A = -K\acute{o}\sigma\tau o\varsigma\ E\pi\acute{\varepsilon}\nu\delta\upsilon\sigma\eta\varsigma + \sum_{\tau=1}^{\Delta ZE} \frac{K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{\upsilon\varphi\iota\sigma\tau\acute{\alpha}\mu\varepsilon\nu\eta} - K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{\varepsilon\pi\acute{\varepsilon}\nu\delta\upsilon\sigma\eta\varsigma}}{(1+i)^{\tau}} \quad (€) \qquad (13)$$

Όπου:

- ***Κόστος Επένδυσης***: Το αρχικό κόστος που χρειάζεται για την υλοποίηση της επένδυσης.
- $\boldsymbol{K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{\upsilon\varphi\iota\sigma\tau\acute{\alpha}\mu\varepsilon\nu\eta}}$: το υφιστάμενο ετήσιο λειτουργικό κόστος από τον τύπο *(9).*
- $\boldsymbol{K_{\varepsilon\tau\acute{\eta}\sigma\iota o}^{\varepsilon\pi\acute{\varepsilon}\nu\delta\upsilon\sigma\eta\varsigma}}$: το ετήσιο λειτουργικό κόστος μετά την επένδυση από τον τύπο *(9).*
- ***ΔΖΕ***: η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης σε έτη.
- ***i***: το προεξοφλητικό επιτόκιο, (κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου)
- ***τ***: το κάθε έτος από 1 έως ΔΖΕ.

Στην περίπτωση αντικατάστασης υφιστάμενου δικτύου, για την επιλογή της οικονομικά βέλτιστης εναλλακτικής επένδυσης συγκρίνονται οι ΚΠΑ, απορρίπτονται οι εναλλακτικές με αρνητική ΚΠΑ, και στη συνέχεια επιλέγεται η επένδυση με την μεγαλύτερη.

Στην περίπτωση δημιουργίας καινούργιου τμήματος δικτύου, για την επιλογή της οικονομικά βέλτιστης εναλλακτικής επένδυσης χρησιμοποιείται η ακόλουθη μεθοδολογία. Αρχικά υπολογίζεται το συνολικό κόστος κάθε επένδυσης, το οποίο ισούται με την απόλυτη τιμή της

ΚΠΑ με δεδομένο ότι $K_{ετήσιο}^{υφιστάμενη} = 0$, και στη συνέχεια επιλέγεται η επένδυση με το μικρότερο συνολικό κόστος.

Δείκτης Αποδοτικότητας (ΔΑ)

Το κριτήριο του δείκτη αποδοτικότητας (ΔΑ) είναι αντίστοιχο με αυτό της απόδοσης επί του επενδυμένου κεφαλαίου (ROI), και δείχνει την απόδοση της επένδυσης ανά μονάδα κεφαλαίου λαμβάνοντας υπόψη τη μεταβολή στην χρονική αξία του χρήματος. Ο ΔΑ ορίζεται ως το πηλίκο της τωρινής αξίας των αναμενόμενων ετήσιων οικονομικών οφελών προς το κόστος επένδυσης.

Ο ΔΑ είναι ένας άμεσος δείκτης σχετικά με το ύψος του οικονομικού οφέλους, σε παρούσα αξία, που επιτυγχάνεται μέσω μίας επένδυσης.

Το κριτήριο υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\Delta A = \frac{\sum_{\tau=1}^{\Delta ZE} \frac{EOO}{(1+i)^{\tau}}}{Κόστος\ Επένδυσης} \qquad (14)$$

Όπου:

- ***Κόστος Επένδυσης***: Το αρχικό κόστος που χρειάζεται για την υλοποίηση της επένδυσης.
- ***ΕΟΟ***: το ετήσιο οικονομικό όφελος από τον τύπο *(10).*
- ***ΔΖΕ***: η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης σε έτη.
- ***i*:** το προεξοφλητικό επιτόκιο, (κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου)
- ***τ***: το κάθε έτος από 1 έως ΔΖΕ.

Για την επιλογή της οικονομικά βέλτιστης εναλλακτικής επένδυσης συγκρίνονται οι ΔΑ, απορρίπτονται οι εναλλακτικές με ΔΑ μικρότερο της μονάδας, και στη συνέχεια επιλέγεται η επένδυση με τον μεγαλύτερο ΔΑ.

Σταθμισμένο Κόστος Εξοικονομούμενης Ενέργειας (ΣΚΕΕ)

Το κριτήριο του σταθμισμένου κόστους εξοικονομούμενης ενέργειας (ΣΚΕΕ) λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή στην χρονική αξία του χρήματος, και υπολογίζει το κόστος που απαιτείται για την εξοικονόμηση μίας μονάδας ενέργειας (μίας KWh). Το ΣΚΕΕ ορίζεται ως το πηλίκο του αθροίσματος του ετήσιου λειτουργικού κόστους και της μελλοντικής αξίας του κόστους επένδυσης στη διάρκεια ζωής της επένδυσης, προς την ετήσια εξοικονομούμενη ενέργεια.

Το στοιχείο που κάνει το ΣΚΕΕ να πολύ σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης επενδύσεων είναι ότι ανεξαρτητοποιεί την κάθε επένδυση από τη διάρκεια ζωής της, επιτρέποντας την άμεση σύγκριση εναλλακτικών με διαφορετική διάρκεια ζωής. Αυτό επιτυγχάνεται υπολογίζοντας την ισοδύναμη ετήσια αξία [6] του κόστους επένδυσης στη διάρκεια ζωής της. Επίσης, επειδή το ΣΚΕΕ δείχνει το συνολικό κόστος (κόστος επένδυσης και λειτουργικό) που χρειάζεται να καταβληθεί για να εξοικονομηθεί μία μονάδα ενέργειας, δείχνει άμεσα την «τιμή» της εξοικονομούμενης ηλεκτρικής ενέργειας (ΗΕ).

Το κριτήριο υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\Sigma KEE = \frac{Κόστος\ Επένδυσης * \frac{i * (1+i)^{\Delta ZE}}{(1+i)^{\Delta ZE} - 1} + K_{ετήσιο}^{επένδυσης}}{E_{ετήσια}^{υφιστάμενη} - E_{ετήσια}^{επένδυσης}} \quad (€) \quad (15)$$

Όπου:

- ***Κόστος Επένδυσης***: Το αρχικό κόστος που χρειάζεται για την υλοποίηση της επένδυσης.
- $\boldsymbol{K_{ετήσιο}^{επένδυσης}}$: το ετήσιο κόστος λειτουργίας μετά την επένδυση από τον τύπο *(9).*
- $\boldsymbol{E_{ετήσια}^{υφιστάμενη}}$: η υφιστάμενη ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια από τον τύπο *(8).*
- $\boldsymbol{E_{ετήσια}^{επένδυσης}}$: η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια μετά την επένδυση από τον τύπο *(8).*
- ***ΔZE***: η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης σε έτη.
- ***i***: το προεξοφλητικό επιτόκιο, (κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου).

Στην περίπτωση αντικατάστασης υφιστάμενου δικτύου, για την επιλογή της οικονομικά βέλτιστης εναλλακτικής επένδυσης συγκρίνονται τα ΣΚΕΕ, απορρίπτονται οι εναλλακτικές με ΣΚΕΕ μεγαλύτερο της τιμής της ΗΕ (€/KWh), και στη συνέχεια επιλέγεται η επένδυση με το μικρότερο ΣΚΕΕ.

Στην περίπτωση δημιουργίας καινούργιου τμήματος δικτύου, για την επιλογή της οικονομικά βέλτιστης εναλλακτικής επένδυσης χρησιμοποιείται η ακόλουθη μεθοδολογία. Αρχικά υπολογίζεται το σταθμισμένο κόστος ενέργειας κάθε επένδυσης, το οποίο ισούται με την απόλυτη τιμή του ΣΚΕΕ με δεδομένο ότι $K_{ετήσιο}^{υφιστάμενη} = 0$, και στη συνέχεια επιλέγεται η επένδυση με το μικρότερο σταθμισμένο κόστος ενέργειας.

3.8.3 Υπολογισμός Πρωτογενούς Ενέργειας

Επεκτείνοντας τα αποτελέσματα της μελέτης μπορεί να υπολογιστεί η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει (στην περίπτωση της αντικατάστασης του υφιστάμενου δικτύου) σε πρωτογενή μορφή ως εξής [7]:

$$E_{πρωτ.μορφή}(KWh) = E_{ετήσια}(KWh) * 2{,}9 \quad (16)$$

Δηλαδή, για κάθε 1 KWh που εξοικονομείται κατά τη λειτουργία του δικτύου εξοικονομείται σχεδόν η τριπλάσια ποσότητα ενέργειας πρωτογενούς μορφής.

Παράλληλα, η εξοικονομούμενη ποσότητα εκπομπών CO_2 που μπορεί να επιτευχθεί σε ένα έτος μέσω της αντικατάστασης του συστήματος οδοφωτισμού υπολογίζεται από τον επόμενο τύπο**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**:

$$CO_2(tn) = \frac{E_{ετήσια}(KWh)}{1000} * 0{,}989 \left(\frac{tn}{MWh}\right) \quad (17)$$

4. Τεχνικές απαιτήσεις έργων οδοφωτισμού

4.1 Γενικές Προδιαγραφές

Όλα τα ηλεκτρολογικά και ηλεκτρονικά εξαρτήματα και συστήματα που χρησιμοποιούνται σε μία εγκατάσταση οδοφωτισμού θα πρέπει, να φέρουν σήμανση CE, να συνοδεύονται από δήλωση συμμόρφωσης ΕΚ και να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις όλων των Ευρωπαϊκών οδηγιών και των Εθνικών διατάξεων τεχνικής εναρμόνισης που τα αφορούν όπως εκάστοτε ισχύουν. Ενδεικτικά, και όχι αποκλειστικά, αναφέρονται οι ακόλουθες οδηγίες και κανονισμοί:

- Οδηγία 2014/30/ΕΚ για την εναρμόνιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (Electromagnetic Compatibility, EMC), όπως αντικατέστησε την 2004/108/ΕΚ.
- Οδηγία 2014/35/ΕΚ για την εναρμόνιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τη διαθεσιμότητα στην αγορά ηλεκτρολογικού υλικού που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί εντός ορισμένων ορίων τάσης (Low Voltage Directive, LVD), όπως αντικατέστησε την οδηγία 2006/95 ΕΚ.
- Οδηγία 2011/65/ΕΚ για τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (Restriction of Certain Hazardous Substances, ROHS).
- Οδηγία 2009/125/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Οκτωβρίου 2009, για τη θέσπιση πλαισίου για τον καθορισμό απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα συνδεόμενα με την ενέργεια προϊόντα (Π.Δ. 7/31-01-2011, ΦΕΚ 14/Α/11-02-2011) όπως ισχύει.
- Οδηγία 2010/30 για την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας και λοιπών πόρων από τα συνδεόμενα με την ενέργεια προϊόντα μέσω της επισήμανσης και της παροχής ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με αυτά (ECOLABELING).
- Οδηγία 2014/34/ΕΚ για την εναρμόνιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τις συσκευές και τα συστήματα προστασίας που προορίζονται για χρήση σε εκρήξιμες ατμόσφαιρες, όπως αντικατέστησε την ATEX 94/9.
- Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 1194/2012 της Επιτροπής της 12ης Δεκεμβρίου 2012 για την εφαρμογή της οδηγίας 2009/125/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά τις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού για τους κατευθυντικούς λαμπτήρες, τους λαμπτήρες διόδων φωτοεκπομπής και τον συναφή εξοπλισμό.
- Κανονισμός ΕΚ 765/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 9ης Ιουλίου 2008, για τον καθορισμό των απαιτήσεων διαπίστευσης και εποπτείας της αγοράς όσον αφορά την εμπορία των προϊόντων και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθ. 339/93 του Συμβουλίου.

Τα υλικά που εμπίπτουν στις απαιτήσεις του Ευρωπαϊκού Κανονισμού 305/2011 περί δομικών προϊόντων πρέπει να συνοδεύονται από δήλωση επίδοσης σύμφωνα με τον εν λόγω Κανονισμό.

Τα υλικά του έργου θα πρέπει να προέρχονται από βιομηχανικές μονάδες και προμηθευτές που εφαρμόζουν παραγωγική ή εμπορική διαδικασία, πιστοποιημένη κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 9001 για τα συγκεκριμένα προϊόντα. Η πιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας γίνεται από φορείς πιστοποίησης διαπιστευμένους από το ΕΣΥΔ ή φορείς που συμμετέχουν σε Ευρωπαϊκά σχήματα πιστοποίησης της ποιότητας των προϊόντων και περιλαμβάνουν επιθεώρηση της παραγωγής.

Για τον μακροσκοπικό έλεγχο της συμμόρφωσης των προϊόντων αυτών προς τις κείμενες Εθνικές και Ευρωπαϊκές διατάξεις πριν από την ενσωμάτωσή τους στο έργο υποβάλλονται από τον προμηθευτή στο φορέα υλοποίησης του έργου τεκμήρια συμμόρφωσης των εν λόγω προϊόντων, τα οποία καθορίζονται σαφώς με την εκάστοτε προκήρυξη.

Για την αξιολόγηση της ορθής σήμανσης CE του ηλεκτρολογικού υλικού, υποβάλλεται από τους υποψήφιους προμηθευτές, τεχνικός φάκελος όπως ορίζεται στις απαιτήσεις των Ευρωπαϊκών οδηγιών τεχνικής εναρμόνισης που αφορούν στο ηλεκτρολογικό υλικό. Στην περίπτωση δομικών υλικών απαιτούνται επιπλέον πιστοποιητικά σταθερότητας της παραγωγής. Οι οδηγίες της ΕΕ και τα πρότυπα με τα οποία έγιναν οι δοκιμές τύπου των υλικών, πρέπει να αναφέρονται σαφώς στη δήλωση συμμόρφωσης.

Ο ποιοτικός έλεγχος των υλικών του έργου γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 208 του ν. 4412/2016 προκειμένου να αποδειχθεί ότι τα προϊόντα ανταποκρίνονται στις επιδόσεις ή λειτουργικές απαιτήσεις που ορίζει η διακήρυξη.

Οι προβλεπόμενοι, από τα συμβατικά τεύχη, εργαστηριακοί έλεγχοι, μπορούν να διενεργούνται από οποιοδήποτε εργαστήριο διαπιστευμένο από το ΕΣΥΔ ή άλλο αντίστοιχο οργανισμό διαπίστευσης, χώρας της ΕΕ. Το εν λόγω εργαστήριο πρέπει να λειτουργεί εντός των πλαισίων της EA-MLA (European Accreditation – Multilateral Agreement).

Η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις των Ευρωπαϊκών Οδηγιών και των προτύπων θα πρέπει να τεκμηριώνεται από πιστοποιητικά που έχουν εκδοθεί κατά προτίμηση από διαπιστευμένο εργαστήριο κατά ISO/IEC 17025 με τις εκθέσεις δοκιμών (test reports) τους.

Τα φωτομετρικά στοιχεία, θα πρέπει να συνοδεύονται από την αντίστοιχη βεβαίωση του φωτομετρικού εργαστηρίου όπου έλαβε χώρα η μέτρηση των φωτιστικών. Επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία δεν είναι εμφανή στα επίσημα τεχνικά φυλλάδια των φωτιστικών, θα πρέπει να γνωστοποιούνται μέσω δηλώσεων του κατασκευαστή.

Εφόσον ο φορέας υλοποίησης του έργου το κρίνει επιθυμητό, θα πρέπει να προσκομίζονται πλήρη φωτοτεχνικά στοιχεία σε ηλεκτρονική μορφή (φωτομετρικά αρχεία .ldt, .ies), κατάλληλη για άμεση εισαγωγή στα λογισμικά φωτομετρικών υπολογισμών.

4.2 Φωτιστικά Σώματα

Στην περίπτωση που γίνεται χρήση φωτεινών συμβατικών φωτεινών πηγών, τα φωτιστικά σώματα θα πρέπει να έχουν προστασία τουλάχιστον IP65 στο χώρο της φωτεινής πηγής και

τουλάχιστον IP43 στο χώρο των οργάνων ελέγχου εάν αυτά βρίσκονται εκτός του φωτιστικού σώματος, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60598. Για τις περιπτώσεις φωτιστικών σωμάτων επί υψηλών ιστών (προβολείς), προτείνεται η ενσωμάτωση του εξοπλισμού στον προβολέα. Εναλλακτικά ο εξοπλισμός ελέγχου μπορεί να ενσωματώνεται σε κουτί κράματος αλουμινίου με βαθμό προστασίας τουλάχιστον IP65.

Στην περίπτωση που γίνεται χρήση φωτεινών πηγών διόδων φωτοεκπομπής (LED), τα φωτιστικά σώματα θα έχουν προστασία τουλάχιστον IP65 για όλα τα μέρη του φωτιστικού

Η ισχύς και το πλήθος των φωτιστικών σωμάτων προκύπτουν από την φωτοτεχνική μελέτη. Ωστόσο, ειδικά για την περίπτωση χρήσης LED, για λόγους βιωσιμότητας του φωτιστικού και οδικής ασφάλειας, προτείνεται – χωρίς να είναι δεσμευτικό - να υπάρχουν τουλάχιστον δέκα (10) φωτεινές πηγές (δίοδοι φωτοεκπομπής) ανά φωτιστικό σώμα.

Ο ελάχιστος χρόνος ζωής των φωτεινών πηγών, θα πρέπει να είναι σύμφωνος με τις απαιτήσεις:

- Στην περίπτωση λαμπτήρων ατμών Νατρίου, τουλάχιστον 25.000 ώρες λειτουργίας.
- Στην περίπτωση μεταλλικών αλογονιδίων, τουλάχιστον 12.000 ώρες λειτουργίας.
- Στην περίπτωση φωτεινών πηγών τεχνολογίας διόδων φωτοεκπομπής (LED), τουλάχιστον 50.000 ώρες λειτουργίας.

Για τα φωτιστικά σώματα, τεχνολογίας LED, η απώλεια της φωτεινής ροής στο τέλος των προαναφερόμενων ωρών λειτουργίας τους, δε θα πρέπει να ξεπερνά το 20% της αρχικής ονομαστικής φωτεινής ροής, βάσει των προτύπων LM80 και TM21.

Ο τύπος των φωτιστικών σωμάτων καθορίζεται από τη φωτοτεχνική μελέτη, όποια και αν είναι η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία φωτεινών πηγών.

Τα φωτιστικά σώματα οφείλουν να είναι σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 60598-2-3 και τα Παραρτήματα και Προσαρτήματά του που είναι σε ισχύ. Αποκλίσεις από το Πρότυπο μπορούν να επισημαίνονται σαφώς στις τεχνικές προδιαγραφές της διακήρυξης, θα πρέπει ωστόσο να είναι επαρκώς αιτιολογημένες.

Οι μέθοδοι ελέγχου των φωτομετρικών μεγεθών καθορίζονται από το Πρότυπο EN 13201-3:2003 και EN 13201-4:2003 (περαιτέρω ανάλυση στο Κεφάλαιο 5).

Το εύρος θερμοκρασία περιβάλλοντος λειτουργίας θα πρέπει να κυμαίνεται τουλάχιστον μεταξύ -30 ^{o}C και +40 ^{o} C. Κατά την επιλογή των υλικών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες έκθεσης στον ήλιο, οι αντίξοες καιρικές συνθήκες και η επιπρόσθετη προστασία για εγκατάσταση του εξοπλισμού πλησίον παραθαλάσσιων περιοχών.

Το διαφανές κάλυμμα του φωτιστικού θα πρέπει να είναι ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του φωτιστικού και τις χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. Εάν είναι γυάλινο θα πρέπει να είναι τύπου SECURIT. Εάν είναι από πολυκαρβονικό υλικό πρέπει να είναι υψηλής αντοχής και διαφάνειας και σταθεροποιημένο ως προς την υπεριώδη ακτινοβολία και τις καιρικές συνθήκες. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται να έχει Δείκτη Μηχανικής Αντοχής IK ≥ 0,8 σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 62262.

Εάν η ονομαστική τάση τροφοδοσίας είναι 230 V AC, η ανεκτή διακύμανση της τάσης εισόδου πρέπει να είναι τουλάχιστον από 120V AC έως 277V AC έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής

λειτουργία του φωτιστικού κατά την διάρκεια των διακυμάνσεων τάσεως του δικτύου τροφοδοσίας. Σε περίπτωση τροφοδοσίας με άλλη ονομαστική τάση από την προαναφερόμενη, οι ανεκτές διακυμάνσεις θα καθορίζονται από τη μελέτη.

Ο ελάχιστος βαθμός φωτεινής απόδοσης του τοποθετημένου φωτιστικού σώματος (Luminous Efficacy) για φωτιστικά LED πρέπει να είναι μεγαλύτερος η ίσος από 90 lm/w .

Ο συντελεστής ισχύος (Power Factor) του φωτιστικού σώματος πρέπει να είναι >=0,9.

Η σχεδίαση του σώματος του φωτιστικού πρέπει να εξασφαλίζει τη μηχανική αντοχή του φωτιστικού και να εξασφαλίζει επαρκώς την ψύξη που είναι αναγκαία για την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία φωτεινών πηγών.

Σε περίπτωση που κρίνεται επιθυμητή η προμήθεια φωτιστικών σωμάτων με δυνατότητες ρύθμισης της φωτεινής ροής (dimming), τα φωτιστικά θα πρέπει να υποστηρίζουν διεθνώς τυποποιημένα πρωτόκολλα ελέγχου και επικοινωνίας (1-10V, 0-10V, DALI, κ.λπ).

Συγκεντρωτικά τα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να πληρούνται είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 15 – Ενδεικτικές ελάχιστες απαιτήσεις φωτιστικών σωμάτων

Περιγραφή απαίτησης	Τιμή / εύρος
Εύρος τάσης λειτουργίας	120V AC έως 277V AC
Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-30 ^{o}C έως +40 ^{o}C
Απόδοση φωτιστικού (εφαρμογή για LED)	>= 90 lm/w
Προστασία Οπτικής μονάδας	Τουλάχιστον IP65 (ΕΛΟΤ EN 60598)
Προστασία Ηλεκτρικής μονάδας	• Τουλάχιστον IP43 (ΕΛΟΤ EN 60598) • Τουλάχιστον IP65 (ΕΛΟΤ EN 60598), για φωτιστικά σε ιστούς >20m και φωτιστικά LED
Δείκτης Μηχανικής αντοχής	IK ≥ 0.8 (ΕΛΟΤ EN 62262)
Διάρκεια ζωής λαμπτήρων (ώρες)	• LED: => 50000 (L80) • Ατμών Νατρίου: => 25000 • Μεταλλικών Αλογονιδίων: =>12000
Συντελεστής ισχύος	>=0.9
Βαθμός ηλεκτρικής απόδοσης	>=0.9
Δείκτης CRI (εφαρμογή για LED)	>=70
Θερμοκρασία χρώματος CCT	~3000K με άνω όριο τους 4000K
Κλάση μόνωσης	II
Δείκτης ανακλαστικότητας (εφόσον προβλέπεται)	>=0.95
Κάλυμμα Φωτιστικού (γυάλινο)	Τύπου SECURIT
Δυνατότητες περιορισμένης έντασης-dimming (εφόσον προβλέπεται)	Τυποποιημένα ανοικτά πρωτόκολλα ελέγχου και επικοινωνίας (1-10V, 0-10V, DALI, κ.λπ)

4.3 Αλεξικέραυνα- Γείωση- Φανοί Ασφαλείας

Εφόσον προβλέπεται από τη μελέτη στους υψηλούς ιστούς θα πρέπει να τοποθετούνται διατάξεις αλεξικέραυνου και θεμελιακή γείωση σύμφωνα με την Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-07-01-00.

Εφ’ όσον οι υψηλοί ιστοί βρίσκονται κοντά σε αεροδρόμιο θα πρέπει να τοποθετούνται επί αυτών φανοί επισήμανσης σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις και όπως προβλέπεται από τη μελέτη.

4.4 Εκτέλεση Εργασιών

4.4.1 Γενικά

Για την ασφάλεια της ηλεκτρικής εγκατάστασης, οι εσωτερικές συνδέσεις, η γείωση, η προστασία έναντι ηλεκτρικού πλήγματος, η εσωτερική καλωδίωση, η μόνωση, η αντίσταση και η διηλεκτρική αντοχή θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους ισχύοντες κανονισμούς του φορέα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) και των λοιπών σχετικών Προδιαγραφών.

Οι θέσεις τοποθέτησης των ιστών οδοφωτισμού καθορίζονται στη μελέτη. Όπου απαιτείται ο φορέας υλοποίησης του έργου μπορεί να εγκρίνει τη μετάθεση των προβλεπόμενων από την μελέτη θέσεων των ιστών, ώστε να αποφευχθούν εμπλοκές με υφιστάμενα εναέρια ή υπόγεια δίκτυα.

Πριν από την έναρξη των εργασιών θα πρέπει να διαπιστώνεται η θέση διέλευσης υπογείων δικτύων και να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας.

4.4.2 Εγκατάσταση Ιστών και Εξαρτημάτων

Οι βάσεις έδρασης των ιστών θα πρέπει να είναι σύμφωνες με την Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-07-01-00.

Σε ύψος 1,80 m από τη βάση του ιστού και στην όψη προς την πλευρά του οδοστρώματος της οδού θα πρέπει να τοποθετείται μεταλλική πινακίδα ή αυτοκόλλητο υψηλής αντοχής ενδεχομένως από αλουμίνιο με τα στοιχεία ταυτότητας του ιστού τα οποία είναι: ο κωδικός αριθμός ιστού ο οποίος θα ορίζεται από το φορέα υλοποίησης του έργου λαμβάνοντας υπόψη τη διατήρηση μητρώου συντήρησης, το έτος κατασκευής και στοιχεία του εργοστασίου παραγωγής. Η τοποθέτηση της συγκεκριμένης πινακίδας δεν επιτρέπεται να γίνει με διάτρηση του ιστού.

Οι ιστοί θα εγκαθίστανται σε βάσεις από σκυρόδεμα προκατασκευασμένες ή χυτές επί τόπου και θα στερεώνονται σε κατακόρυφη θέση με περικόχλια που θα βιδώνονται στο σπείρωμα των εγκιβωτισμένων στην βάση αγκυρίων.

Οι ιστοί σε ύψος περίπου 1,0m από την βάση τους, προς την πλευρά του οδοστρώματος της οδού θα φέρουν μεταλλική πινακίδα ή αυτοκόλλητο υψηλής αντοχής ενδεχομένως από αλουμίνιο με την σήμανση CE σύμφωνα με το πρότυπο του EN-40-5 E3. Η τοποθέτηση της συγκεκριμένης πινακίδας δεν επιτρέπεται να γίνει με διάτρηση του ιστού.

Κάθε ιστός θα συνοδεύεται επίσης από έγγραφο με τα ακόλουθα στοιχεία:

- Τον κωδικό αριθμό του φορέα πιστοποίησης
- Το όνομα ή το σήμα του κατασκευαστή ή του αντιπροσώπου
- Την διεύθυνση του κατασκευαστή ή του αντιπροσώπου
- Τα δύο τελευταία ψηφία του έτους κατασκευής του ιστού
- Το πρότυπο σύμφωνα με το οποίο κατασκευάστηκε ο ιστός
- Την αντίσταση σε οριζόντια φορτία
- Τύπος σχεδιασμού/επιβεβαίωσης (C: υπολογισμοί, T: έλεγχος)
- Ανεμοπίεση
- Επιφάνεια φωτιστικού

- Βάρος φωτιστικού
- Μέγιστη απόκλιση %
- Κατηγορία εδάφους
- Την κατηγορία και κλάση του ιστού σε περίπτωση πρόσκρουσης (παθητική ασφάλεια)
- Τον αύξοντα αριθμό του ιστού (εάν απαιτείται)

Οι βραχίονες ανάρτησης των φωτιστικών σωμάτων, τα φωτιστικά σώματα, οι κεφαλές των υψηλών ιστών και οι προβλεπόμενοι προβολείς, θα πρέπει να τοποθετούνται στους ιστούς σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης.

4.5 Υγεία και Ασφάλεια κατά την εκτέλεση των εργασιών

4.5.1 Κίνδυνοι κατά την Εκτέλεση των εργασιών

Οι πιθανοί κίνδυνοι κατά την εκτέλεση των εργασιών, προέρχονται κυρίως από τις ανάγκες του εκάστοτε έργου. Ενδεικτικά, αναφέρονται:

- Χρήση γερανού.
- Χρήση ανυψωτικών μηχανημάτων.
- Διακίνηση επιμηκών αντικειμένων.
- Χρήση συσκευών συγκόλλησης.
- Χειρισμός αιχμηρών αντικειμένων (επιφάνειες τομής σωλήνων, κίνδυνος τραυματισμού).
- Χρήση εργαλείων χειρός (κατσαβίδια, κόφτες, κλπ.) με ακατάλληλη φθαρμένη μόνωση (κίνδυνος ηλεκτροπληξίας).

Είναι επιθυμητό να χρησιμοποιούνται εργαλεία πιστοποιημένα σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 60900.

Ο χειρισμός του εξοπλισμού και των εργαλείων θα πρέπει να γίνεται μόνο από εξουσιοδοτημένα άτομα. Κανένα άτομο, χωρίς την επαρκή καθοδήγηση και εκπαίδευση και χωρίς πιστοποίηση της ικανότητάς του να χειρίζεται με ασφάλεια τον εξοπλισμό, δεν θα εξουσιοδοτείται προς τούτο.

4.5.2 Αντιμετώπιση κινδύνων

Εφαρμόζεται η Οδηγία 92/57/ΕΕ (όπως ενσωματώθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία με το ΠΔ 305/96) και η Ελληνική Νομοθεσία επί θεμάτων Υγιεινής και Ασφάλειας (Π.Δ. 17/96 και Π.Δ.159/99). Οι εργαζόμενοι στα έργα εγκατάστασης θα πρέπει να διαθέτουν επαρκή εμπειρία στις σωληνουργικές / ηλεκτρολογικές εργασίες. Υποχρεωτική επίσης είναι η χρήση μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι οι εξής:

- Προστασία χεριών και βραχιόνων: σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο Πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 388.
- Προστασία κεφαλιού: σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο Πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 397.

- Προστασία ποδιών: σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 20345.
- Προστασία οφθαλμών: σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 165-95.

Ειδικότερα, για εργασία σε ύψος, το προσωπικό που θα την εκτελέσει θα πρέπει να διαθέτει απαραίτητη άδεια άσκησης επαγγέλματος Ηλεκτροτεχνίτη ΣΤ' ειδικότητας εναερίων και υπογείων δικτύων ή βεβαίωση αναγγελίας (Τεχνίτης Ηλεκτρολόγος Α' ειδικότητας του Π.Δ. 108/2013).

4.6 Επεμβάσεις επί δικτύου κυριότητας ΔΕΗ ΑΕ

Σημειώνεται ότι, η τυχόν προμήθεια, εγκατάσταση και αποξήλωση των βραχιόνων στήριξης φωτιστικών σωμάτων από υφιστάμενους ιστούς οδοφωτισμού, κυριότητας της ΔΕΗ, θα διαχωρίζεται από την υπόλοιπη προμήθεια λόγω αρμοδιότητας του ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ ως Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ν. 4001/2011). Σε περίπτωση επιθυμητών παρεμβάσεων στον εξοπλισμό αυτό, απαιτείται η συναίνεση και η συνέργεια από πλευράς του Διαχειριστή του Δικτύου και του κυρίου του εξοπλισμού (ΔΕΗ ΑΕ).

5. Έλεγχος και διασφάλιση ποιότητας εγκαταστάσεων οδοφωτισμού

5.1 Εισαγωγή

Ο ποιοτικός έλεγχος των εγκαταστάσεων οδοφωτισμού φωτισμού είναι αναγκαίος τόσο για την επιβεβαίωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού που έχει εγκατασταθεί όσο και για την διασφάλιση της ποιότητας του παρεχόμενου φωτισμού προς τους χρήστες των οδών. Οι αναλυτικές προδιαγραφές μετρήσεων οδοφωτισμού ορίζονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 13021.4 [8]. Η ενότητα αυτή αφορά στις μετρήσεις πεδίου που απαιτούνται για τον έλεγχο μίας εγκατάστασης οδοφωτισμού. Οι μετρήσεις φωτομετρικών μεγεθών σε εγκαταστάσεις οδοφωτισμού θα πρέπει να εκτελούνται στις ακόλουθες περιπτώσεις.

i. **Μετρήσεις προ της παράδοσης της εγκατάστασης**
   Αφορά σε μετρήσεις που θα πρέπει να εκτελούνται κατά το τελικό στάδιο της εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργίας του συστήματος οδοφωτισμού, για τον έλεγχο συμμόρφωσης με τις ισχύουσες προδιαγραφές ή και τον έλεγχο σε σχέση με τα αναμενόμενα αποτελέσματα των μελετών φωτισμού. Οι μετρήσεις αυτές δύναται να χρησιμοποιηθούν για την οριστική παραλαβή ενός έργου φωτισμού.
ii. **Μετρήσεις κατά τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης**
   Αφορά σε μετρήσεις που θα πρέπει να εκτελούνται ανά τακτά και προκαθορισμένα διαστήματα λειτουργίας του συστήματος οδοφωτισμού για τον έλεγχο της απομοίωσης της εγκατάστασης και εν γένει του εξοπλισμού. Οι μετρήσεις αυτές δύναται να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό του κατάλληλου διαστήματος συντήρησης της εγκατάστασης ή και για τον έλεγχο συμμόρφωσης μίας υπάρχουσας εγκατάστασης με τις ισχύουσες προδιαγραφές.
iii. **Μετρήσεις προσαρμοστικού φωτισμού**
   Αφορά σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις που θα πρέπει να εκτελούνται για τον έλεγχο και τη ρύθμιση εγκαταστάσεων οδοφωτισμού τα οποία σχεδιάζονται για προσαρμοστικό φωτισμό. Με τη χρήση των μετρήσεων αυτών θα επιβεβαιώνονται τα εναλλακτικά επίπεδα φωτισμού που επιτυγχάνει το σύστημα φωτισμού και το αν σε κάθε επίπεδο λειτουργίας υπάρχει συμμόρφωση με τις ισχύουσες προδιαγραφές και τις απαιτήσεις των μελετών φωτισμού.
iv. **Μετρήσεις για διερεύνηση αποκλίσεων**
   Αφορά σε μετρήσεις που εκτελούνται σε περιπτώσεις διερεύνησης τυχόν αποκλίσεων των επιτευχθέντων επιπέδων φωτισμού σε σχέση με τις μελέτες φωτισμού ή και τις ισχύουσες προδιαγραφές από υπαιτιότητα εξοπλισμού, τρόπου εγκατάστασης, ιδιοτήτων ασφάλτου, περιβαλλοντικών ή άλλων παραγόντων.

Οι μετρήσεις θα πρέπει να εκτελούνται από κατάλληλα εκπαιδευμένους και εξειδικευμένους μηχανικούς, ακολουθώντας εγκεκριμένες από τον εκάστοτε ανάδοχο διαδικασίες και πρωτόκολλα μετρήσεων. Τα ατομικά μέτρα προστασίας καθώς και οι προβλεπόμενες οδικές σημάνσεις είναι απαραίτητες για τη ασφάλεια του προσωπικού λόγω της εκτέλεσης μετρήσεων στο πεδίο. Τα όργανα μέτρησης φωτομετρικών, γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών μίας εγκατάστασης οδοφωτισμού θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα για την

χρήση που προορίζονται, να διαθέτουν τα ανάλογα πιστοποιητικά διακρίβωσης με ιχνηλασιμότητα και να καλύπτουν το εύρος μέτρησης κάθε μεγέθους που αναμένεται να μετρηθεί στο πεδίο.

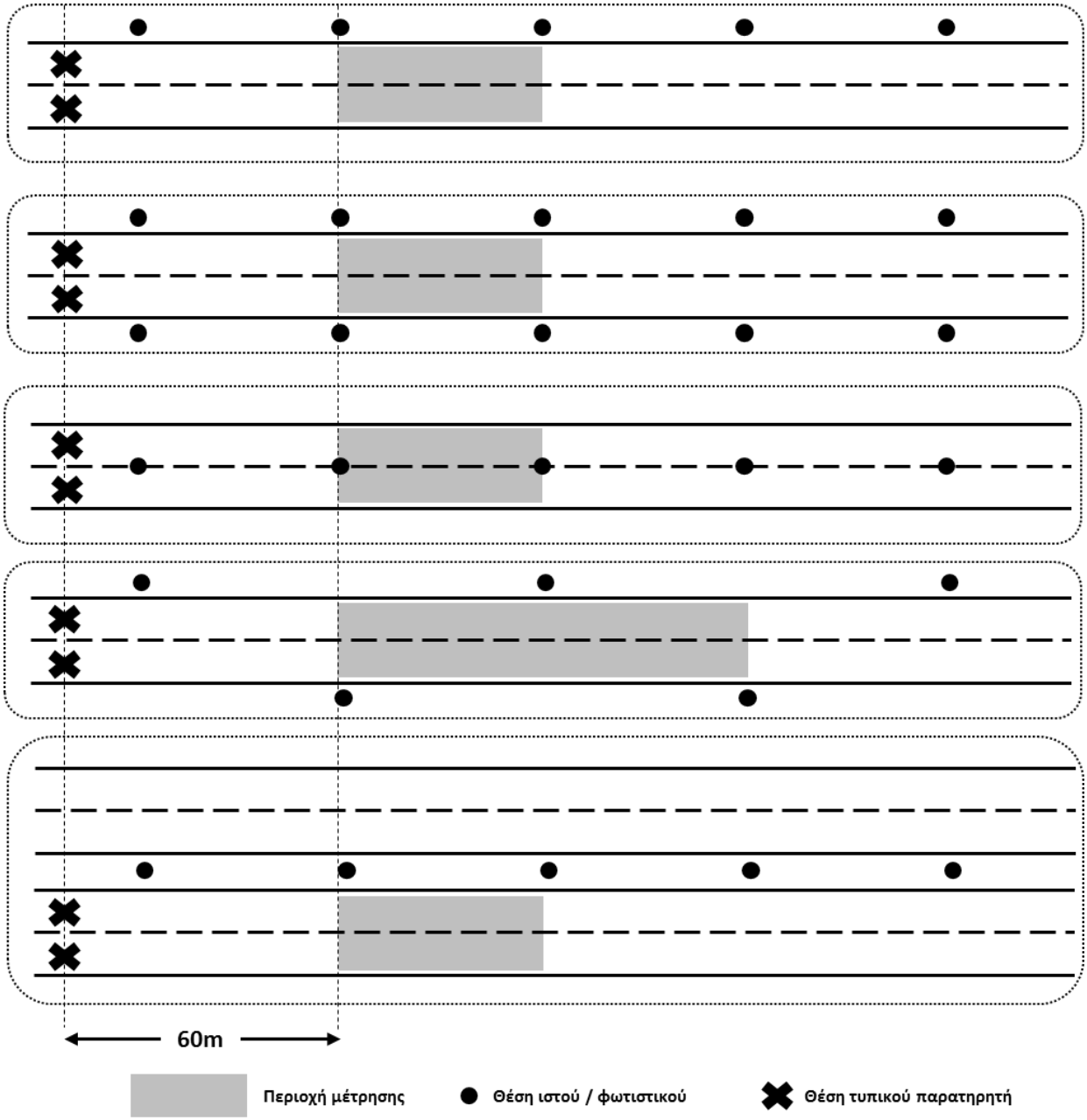
Οι αναφορές επί των μετρήσεων θα πρέπει να είναι αναλυτικές με αναγραφή των επιμέρους μετρήσεων, υπολογισμό των δεικτών ποιότητας (όπου είναι απαραίτητο), των γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών της εγκατάστασης, των καιρικών συνθηκών κ.α. Περισσότερα στοιχεία για την αναφορά επί των μετρήσεων δίνονται στην Ενότητα 5.7.

Για την διασφάλιση της ανεξαρτησίας των μετρήσεων, στις περιπτώσεις ελέγχου για την οριστική παράδοση ή τον έλεγχο συμμόρφωσης με τις ισχύουσες προδιαγραφές ή τη διερεύνηση αποκλίσεων, προτείνεται οι μετρήσεις να εκτελούνται από ανεξάρτητο σε σχέση με το έργο φορέα, εργαστήριο ή εταιρία.

5.2 Ορισμός περιοχών μέτρησης φωτομετρικών μεγεθών

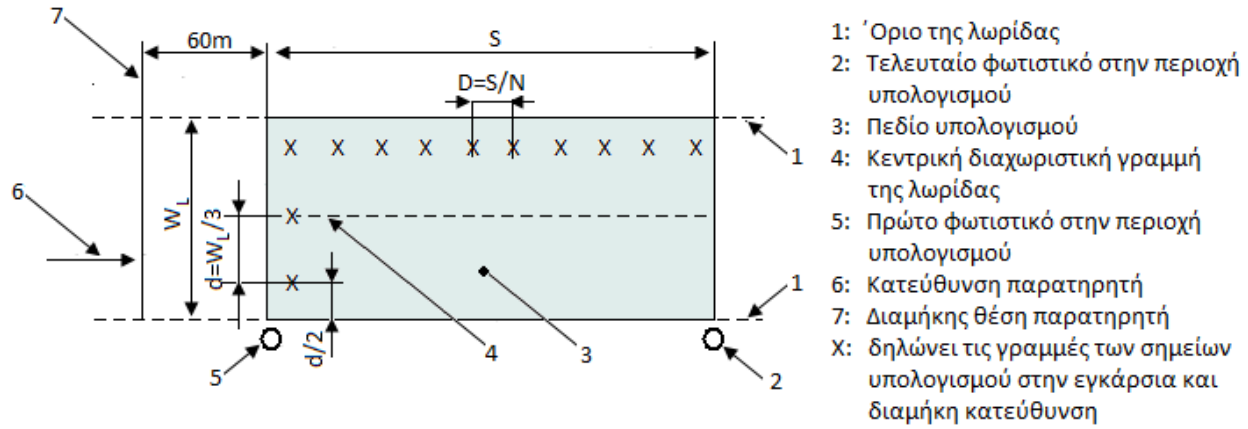
Οι μετρήσεις θα πρέπει να εκτελούνται στην περιοχή του οδοστρώματος που ορίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών ιστών της ίδιας πλευράς του οδοστρώματος. Η περιοχή αυτή ταυτίζεται με την περιοχή που ορίζεται σύμφωνα με το EN13201.3 [3] και στην οποία εκτελούνται οι φωτομετρικοί υπολογισμοί στα λογισμικά μελετών φωτισμού. Στην περίπτωση μέτρησης φωτομετρικών χαρακτηριστικών περιοχών όπως διόδια, χώρους στάθμευσης, κόμβους αυτοκινητοδρόμων κ.λπ. οι περιοχές μέτρησης καθορίζονται σύμφωνα με την εκάστοτε μελέτη φωτισμού. Σε κάθε περίπτωση η περιοχή ή οι περιοχές εκτέλεσης των μετρήσεων θα πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά ώστε να αποτελούν τα αντιπροσωπευτικά τμήματα της υπό εξέταση οδού ή της εγκατάστασης γενικότερα.

Τα αντιπροσωπευτικά τμήματα θα πρέπει να επιλέγονται για κάθε διαφορετική γεωμετρία οδού και εγκατεστημένου εξοπλισμού. Εκατέρωθεν της περιοχής μέτρησης θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο ιστοί με τα ίδια φωτιστικά σώματα στην ίδια γεωμετρία εγκατάστασης όπως αυτή της περιοχής μέτρησης. Στην Εικόνα 1 φαίνονται τυπικά παραδείγματα περιοχών μέτρησης οδών. Ο ελάχιστος αριθμός περιοχών μέτρησης θα πρέπει να είναι τρεις ανά γεωμετρία εγκατάστασης και τύπο φωτιστικού σώματος.



Εικόνα 1 – Τυπικές περιοχές μέτρησης φωτομετρικών χαρακτηριστικών οδοφωτισμού σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 130201.4.

Σε κάθε περιοχή μέτρησης εκτελούνται οι μετρήσεις των αντίστοιχων με την κλάση φωτισμού μεγεθών (λαμπρότητα ή ένταση φωτισμού) και υπολογίζονται οι αντίστοιχοι ποιοτικοί και ποσοτικοί δείκτες. Σύμφωνα με το πρότυπο EN13201.3 και EN13201.4, σε κάθε περιοχή ορίζεται ένας κάναβος (πλέγμα) σημείων υπολογισμού και αντίστοιχα μέτρησης των φωτομετρικών μεγεθών. Ο τυποποιημένος κάναβος μετρήσεων φαίνεται στην Εικόνα 2. Ο τυποποιημένος κάναβος χρησιμοποιείται τόσο για τη μέτρηση της έντασης φωτισμού όσο και για την μέτρηση της λαμπρότητας του οδοστρώματος.

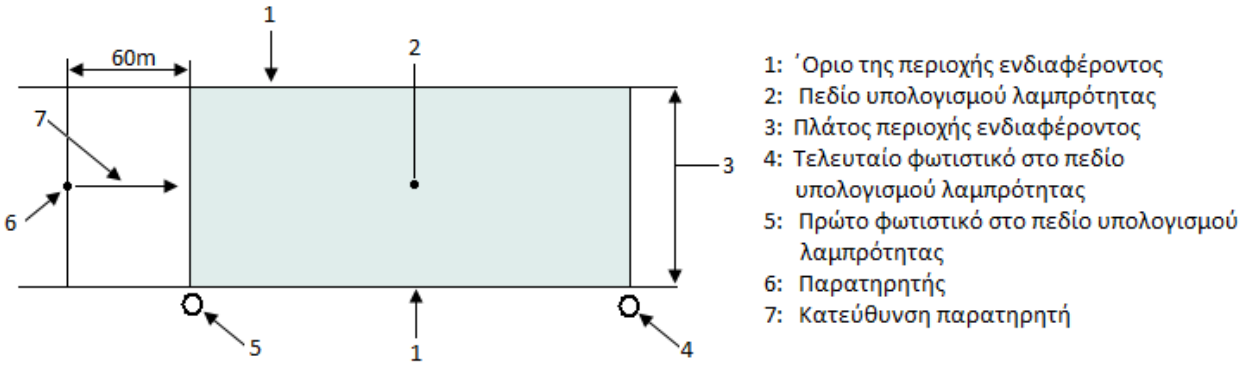


Εικόνα 2 – Τυποποιημένος κάναβος μετρήσεων λαμπρότητας ή έντασης φωτισμού σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 130201.4.

Τα μεγέθη της Εικόνας 2 ορίζονται ως:

W_L : Το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας
S : Η απόσταση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων
D : Η διαμήκης απόσταση των σημείων μέτρησης (D=S / N)
N : Ο απαιτούμενος αριθμός σημείων μέτρησης κατά μήκος της οδού
Για S<30m, N=10.
Για S>30m, το N ισούται με τον ελάχιστο ακέραιο που δίνει D≤3m

Στην περίπτωση μέτρησης της λαμπρότητας με συσκευή ILMD (Image Luminance Measurement Device) η περιοχή μέτρησης δύναται να μετράται στο σύνολό της όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Περισσότερες λεπτομερείς δίνονται στην Ενότητα 5.4.



Εικόνα 3 – Λήψη του συνόλου της περιοχής μέτρησης για μέτρηση λαμπρότητας με συσκευή ILMD σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 130201.4.

5.3 Ελάχιστες προδιαγραφές οργάνων μέτρησης

Τα όργανα μέτρησης φωτομετρικών, γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών μίας εγκατάστασης οδοφωτισμού θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα για την χρήση που προορίζονται, να διαθέτουν τα ανάλογα πιστοποιητικά διακρίβωσης με ιχνηλασιμότητα και να καλύπτουν την εύρος μέτρησης κάθε μετρούμενου μεγέθους που αναμένεται να μετρηθεί στο πεδίο. Στον

Πίνακα 15 αναγράφονται οι ελάχιστες απαιτήσεις των οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιούνται στον έλεγχο εγκαταστάσεων οδοφωτισμού.

Πίνακας 15 – Ελάχιστες απαίτησες οργάνων μέτρησης εγκαταστάσεων οδοφωτισμού

Τύπος μέτρησης	Χαρακτηριστικό	Απαίτηση
Ένταση φωτισμού *(φορητό όργανο)*	Εύρος μέτρησης	0.1 – 10.000 lux ή ευρύτερο
	Ακρίβεια	±3% ±1 ψηφίο
	Επαναληψιμότητα	±1% ±1 ψηφίο
	Ακρίβεια φίλτρου V(λ)	f1' <6%
	Διόρθωση συνημίτονου	f2 < 3%
	Φασματική διόρθωση	Ναι
Λαμπρότητα *(φορητό αναλογικό όργανο)*	Εύρος μέτρησης	0.01 – 100.000 cd/m^2 ή ευρύτερο
	Οπτικό πεδίο	2' της μοίρας κατά μήκος 20' της μοίρας πλάτος
	Ακρίβεια φίλτρου V(λ)	f1' <6%
	Φασματική διόρθωση	Ναι
	Ακρίβεια	±3% ±1 ψηφίο
	Επαναληψιμότητα	±1% ±1 ψηφίο
Λαμπρότητα *(συσκευή ILMD)*	Εύρος μέτρησης	0.001 – 100.000 cd/m^2 ή ευρύτερο
	Ανάλυση εικόνας	640x480 pixel ή μεγαλύτερη
	Οπτικό πεδίο	>20° οριζόντια >10° κατακόρυφα
	Ακρίβεια φίλτρου V(λ)*	f1' <6%
	Φασματική διόρθωση	Ναι
	Ακρίβεια	±3% ±1 ψηφίο
	Διόρθωση σκίασης φακού	ΝΑΙ
	Διόρθωση θορύβου	ΝΑΙ
Φάσμα / θερμ. χρώματος *(φορητό φασματόμετρο ή χρωματόμετρο)*	Εύρος φασματική απόκρισης οργάνου	380-780 nm ή ευρύτερο
	Ανάλυση μέτρησης (φασματόμετρο)	1nm ή μικρότερη
	Υπολογισμός θερμοκρασίας χρώματος (T)	ΝΑΙ
	Υπολογισμός Ra	Επιθυμητός
Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά *(φορητός αναλυτής ισχύος)*	Μέτρηση τάσης (V)	ΝΑΙ
	Μέτρηση ρεύματος (I)	ΝΑΙ
	Μέτρηση Ισχύος (VA, W, Var)	ΝΑΙ
	Μέτρηση συντελεστή ισχύος (λ)	ΝΑΙ
	Μέτρηση αρμονικής παραμόρφωσης (THD)	ΝΑΙ
Μέτρηση αποστάσεων *(αποστασιόμετρο ή μετροταινία)*	Εύρος μέτρησης	0 – 100 m ή ευρύτερο
	Ακρίβεια αποστασιομέτρου	±3% ±1 ψηφίο
	Ακρίβεια μετροταινίας	0.1 ή καλύτερη
Περιβαλλοντικά μεγέθη (φορητό θερμόμετρο)	Μέτρηση θερμοκρασίας	ΝΑΙ
	Μέτρηση σχετικής υγρασίας	ΝΑΙ
	Αποθήκευση χρονοσειράς μετρήσεων	ΝΑΙ

5.4 Μετρήσεις πεδίου οδών κλάσης Μ

Στις οδούς κλάσης φωτισμού Μ, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην §3.2, το βασικό μέγεθος υπολογισμού και αξιολόγησης του επιπέδου φωτισμού είναι η λαμπρότητα (luminance) με μονάδες μέτρησης cd/m^2. Καθώς το μέγεθος αυτό είναι διανυσματικό, η μέτρηση θα πρέπει να εκτελείται από τη θέση του τυπικού παρατηρητή (60m προ της έναρξης της περιοχής μέτρησης) όπως φαίνεται στις Εικόνες 2 και3. Τα όργανα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι το ειδικό φορητό αναλογικό λαμπρόμετρο με αυστηρά στενό ορθογώνιο οπτικό πεδίο ή

με μία συσκευή ILMD (Image Luminance Measurement Device) ή κοινώς κάμερα λαμπρότητας. Προτείνεται σαφώς η χρήση συσκευής ILMD.

Οι μετρήσεις θα πρέπει να εκτελούνται σε τουλάχιστον τρεις αντιπροσωπευτικούς για την εγκατάσταση κανάβους. Για την πληρέστερη αξιολόγηση προτείνεται η εκτέλεση μετρήσεων σε περισσότερους κανάβους. Η περιοχή μέτρησης θα πρέπει να ορίζεται από ζεύγος ιστών εντός ομάδας τουλάχιστον τεσσάρων ιστών ίδιας γεωμετρίας και φωτιστικού σώματος. Στην περίπτωση που αυτό είναι αδύνατο, η ανομοιομορφία των ιστών θα πρέπει να επισημαίνεται στην αναφορά επί των μετρήσεων.

Το οδόστρωμα θα πρέπει να είναι στεγνό και καθαρό από ξένα σώματα. Σε εκτέλεση μετρήσεων κατά τη χειμερινή περίοδο προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο σχηματισμό υγρασίας στο οδόστρωμα. Στην περίπτωση που του επιλεγμένο τμήμα περιέχει τμήματα ασφάλτου διαφορετικής ποιότητας και χρονολογίας επίστρωσης ή αλλοιώσεις από τη χρήση θα πρέπει να επιλέγεται εναλλακτικός κάναβος μετρήσεων. Σε διαφορετική περίπτωση αυτό θα πρέπει να επισημαίνεται σαφώς στην αναφορά επί των μετρήσεων. Στην περίπτωση ελέγχου νέας εγκατάστασης η κατάσταση της ασφάλτου και η παλαιότητά της θα πρέπει υποχρεωτικά να σημειώνονται.

Για την εκτέλεση των μετρήσεων, το όργανο μέτρησης θα πρέπει να βρίσκεται στη θέση του τυπικού παρατηρητή κάθε λωρίδας κυκλοφορίας (60m προ της έναρξης της περιοχής μέτρησης και σε ύψος 1.5m από το οδόστρωμα) και με φορά την κατεύθυνση της κίνησης. Οι συσκευές ILMD έχουν συνήθως ευρύτερο οπτικό πεδίο από αυτό της περιοχής μέτρησης. Θα πρέπει ο κατασκευαστής της συσκευής να παρέχει ειδικό λογισμικό για την οριοθέτηση της περιοχής μέτρησης επί του οδοστρώματος.

Για τον υπολογισμό της μέσης λαμπρότητας και των ποιοτικών δεικτών ορίζονται από το EN13201.4 δυο μεθοδολογίες. Η πρώτη αφορά στην εξαγωγή των σημείων του κανάβου μέτρησης της Εικόνας 2 ενώ η δεύτερη αφορά στη χρήση ολόκληρης της περιοχής μέτρησης της Εικόνας 3. Σε κάθε περίπτωση οι διαγραμμίσεις της οδού δεν θα πρέπει να λαμβάνονται υπ’ όψη στους υπολογισμούς. Η αναλυτική μεθοδολογία επεξεργασίας των εικόνων λαμπρότητας αναφέρονται στο EN13201.4.

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται από τον χειριστή της συσκευής ILMD ώστε να αποφεύγονται ανακλάσεις και είδωλα φωτεινών πηγών στο φακό του αισθητήρα, να ρυθμίζεται η συσκευή στο κατάλληλο εύρος μέτρησης και να εκτελούνται οι απαραίτητες προεργασίες για την απάλειψη του θορύβου του αισθητήρα.

Στην περίπτωση χρήση φορητού αναλογικού λαμπρομέτρου, εκτελούνται από τη θέση του τυπικού παρατηρητή της κάθε λωρίδας μετρήσεις σε κάθε ένα από τα σημεία του τυπικού κανάβου και από αυτές υπολογίζονται τα επιθυμητά μεγέθη. Προσοχή θα πρέπει να δίνεται από τον χειριστή στον ορθό εντοπισμό των σημείων του καννάβου στο οδόστρωμα και την στόχευση του κάθε σημείου από τα 60m. Η μέθοδος αυτή δεν προτείνεται καθώς εισάγει μεγάλο αριθμό πηγών αβεβαιότητας επί των μετρήσεων.

5.5 Μετρήσεις πεδίου οδών κλάσης C & P

Στις οδούς κλάσης φωτισμού Μ, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην §3.2, το βασικό μέγεθος υπολογισμού και αξιολόγησης του επιπέδου φωτισμού είναι η ένταση φωτισμού (illuminance) με μονάδες μέτρησης lux. Η μέτρηση της έντασης φωτισμού θα πρέπει να εκτελείται σε κάθε σημείο/θέση του τυπικού κανάβου όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. Τα όργανα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα φορητά όργανα μέτρησης έντασης φωτισμού, κοινώς λουξόμετρα ή φωτόμετρα.

Οι μετρήσεις θα πρέπει να εκτελούνται σε τουλάχιστον τρεις αντιπροσωπευτικούς για την εγκατάσταση κανάβους. Για την πληρέστερη αξιολόγηση προτείνεται η εκτέλεση μετρήσεων σε περισσότερους κανάβους. Η περιοχή μέτρησης θα πρέπει να ορίζεται από ζεύγος ιστών εντός ομάδας τουλάχιστον τεσσάρων ιστών ίδιας γεωμετρίας και φωτιστικού σώματος. Στην περίπτωση που αυτό είναι αδύνατο, η ανομοιομορφία των ιστών θα πρέπει να επισημαίνεται στην αναφορά επί των μετρήσεων.

Το όργανο μέτρησης ή ο αποσπώμενος αισθητήρας (αν διαθέτει) θα πρέπει να τοποθετηθεί σε κάθε σημείο του κανάβου μέτρησης σε οριζόντια θέση με το αισθητήριο προς τα άνω και η τιμή να καταγραφεί εφόσον η ένδειξη του οργάνου σταθεροποιηθεί. Η κατάσταση του οδοστρώματος δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα των μετρήσεων. Αν οι μετρήσεις εκτελούνται σε οδό υπό κατασκευή, στην οποία δεν έχει ολοκληρωθεί η ασφαλτόστρωση, ο αισθητήρας το οργάνου θα πρέπει να τοποθετηθεί στο τελικό ύψος της ασφάλτου με χρήση κατάλληλης βάσης. Σε κάθε περίπτωση, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται για την αποφυγή σκίασης του αισθητήρα από τον χειριστή ή άλλο πρόσωπο, από τυχόν σταθμευμένα οχήματα κ.λπ. Επίσης, προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην σωστή επιλογή της κλίμακας μέτρησης του οργάνου εφόσον αυτό δεν διαθέτει αυτόματη εναλλαγή κλίμακας.

5.6. Μέτρηση γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών

Σε κάθε μέτρηση πεδίου θα πρέπει υποχρεωτικά να καταγράφονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των περιοχών μέτρησης τα οποία επηρεάζουν το αποτέλεσμα του φωτισμού. Αυτά θα πρέπει να είναι κατ’ ελάχιστον τα ακόλουθα:

- Πλάτος οδού
- Πλάτος κάθε λωρίδας κυκλοφορίας και ΛΕΑ
- Απόσταση ιστών στην περιοχή μέτρησης και εκατέρωθεν αυτής
- Ύψος κάθε φωτιστικού στην περιοχή μέτρησης και εκατέρωθεν αυτής.
- Απόσταση κάθε φωτιστικού από την αρχή της πλησιέστερης λωρίδας
- Κλίση φωτιστικού σώματος σε σχέση με το οδόστρωμα
- Τύπος κάθε φωτιστικού σώματος.

Παράλληλα, σε περίπτωση που υπάρχει δυνατότητα ηλεκτρικών μετρήσεων, οι μετρήσεις θα πρέπει να εκτελούνται σε κάθε φωτιστικό σώμα χωριστά ή σε σαφώς ορισμένο αριθμό όμοιων φωτιστικών σωμάτων συνολικά στον πίνακα παροχής της εγκατάστασης.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας θα πρέπει να καταγράφονται καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.

5.7. Ελάχιστες απαιτήσεις αναφορών μετρήσεων

Η αναφορά επί των μετρήσεων εγκαταστάσεων οδοφωτισμού θα πρέπει να περιέχει κατ' ελάχιστον τα ακόλουθα στοιχεία.

1. Γενική περιγραφή του σκοπού των μετρήσεων
2. Περιγραφή του πεδίου(ων) μετρήσεων
3. Στοιχεία και ιδιότητα των εκτελούντων τις μετρήσεις
4. Κατάλογο των οργάνων (τύπος, μοντέλο, ημερομηνία τελευταίας διακρίβωσης και ιχνηλασιμότητα διακρίβωσης)
5. Κλιματικές συνθήκες κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των μετρήσεων
6. Περιγραφή της μεθοδολογίας μετρήσεων
7. Αναφορά στα πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση των μετρήσεων
8. Αποτελέσματα των μετρήσεων
9. Αξιολόγηση των μετρήσεων και σύγκριση με τις εκάστοτε απαιτήσεις ή μελέτες
10. Παραρτήματα με αναλυτικές μετρήσεις ανά πεδίο και εικόνες λαμπρότητας εφόσον έχουν ληφθεί.

Η αναφορά θα πρέπει να φέρει μοναδικό κωδικό σε κάθε σελίδα και να διατηρείται σε τουλάχιστον δύο αντίγραφα (του φορέα που εκτελεί τις μετρήσεις και του αναδόχου των μετρήσεων).

6.Τεχνολογίες και τεχνικές διαχείρισης συστημάτων οδοφωτισμού

Ο έλεγχος φωτιστικών σωμάτων οδοφωτισμού πραγματοποιείται με δύο κυρίως τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι τοπικός έλεγχος με κυκλώματα και αυτοματισμούς οι οποίοι ελέγχουν ένα ή περισσότερα φωτιστικά σώματα ενώ ο δεύτερος είναι ο απομακρυσμένος έλεγχος ο οποίος καλύπτει περισσότερα φωτιστικά και μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές. Ο τοπικός έλεγχος απαιτεί συνήθως μικρότερο αριθμό συστημάτων ελέγχου με μικρότερο κόστος και μικρότερη πολυπλοκότητα ενώ παράλληλα παρέχει λιγότερες δυνατότητες και ελευθερίες ελέγχου από τον απομακρυσμένο έλεγχο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διαθέσιμες τεχνολογίες και οι δυνατότητες ελέγχου φωτιστικών σωμάτων τοπικά και απομακρυσμένα.

6.1 Τοπικός έλεγχος φωτιστικών σωμάτων

Ο τοπικός έλεγχος αφορά στα συστήματα τα οποία ελέγχουν ένα ή περισσότερα φωτιστικά σώματα με περιορισμό στον αριθμό των φωτιστικών σωμάτων που ανήκουν σε έναν πίνακα παροχής. Οι βασικές κατηγορίες ελέγχου, από την απλούστερη στην πιο σύνθετη, είναι οι ακόλουθες:

1. Απλή ενεργοποίηση και απενεργοποίηση (on/off) με τη χρήση κατάλληλου σήματος στο κύκλωμα παροχής ισχύος, αστρονομικό διακόπτη ή φωτοκύτταρο. Εφαρμόζεται σε συμβατικά φωτιστικά και σε φωτιστικά LED.
2. Προγραμματισμένη μείωση της φωτεινής ροής κατά τη διάρκεια της νύχτας (step dimming) μέσω κατάλληλου ελεγκτή φωτιστικού. Εφαρμόζεται σε συμβατικά φωτιστικά και σε φωτιστικά LED.
3. Προγραμματισμένη δυναμική ρύθμιση της φωτεινής ροής του φωτιστικού σώματος κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του (continuous dimming). Αφορά κυρίως σε φωτιστικά LED τα οποία διαθέτουν ειδικό driver ο οποίος δέχεται προφίλ λειτουργίας.

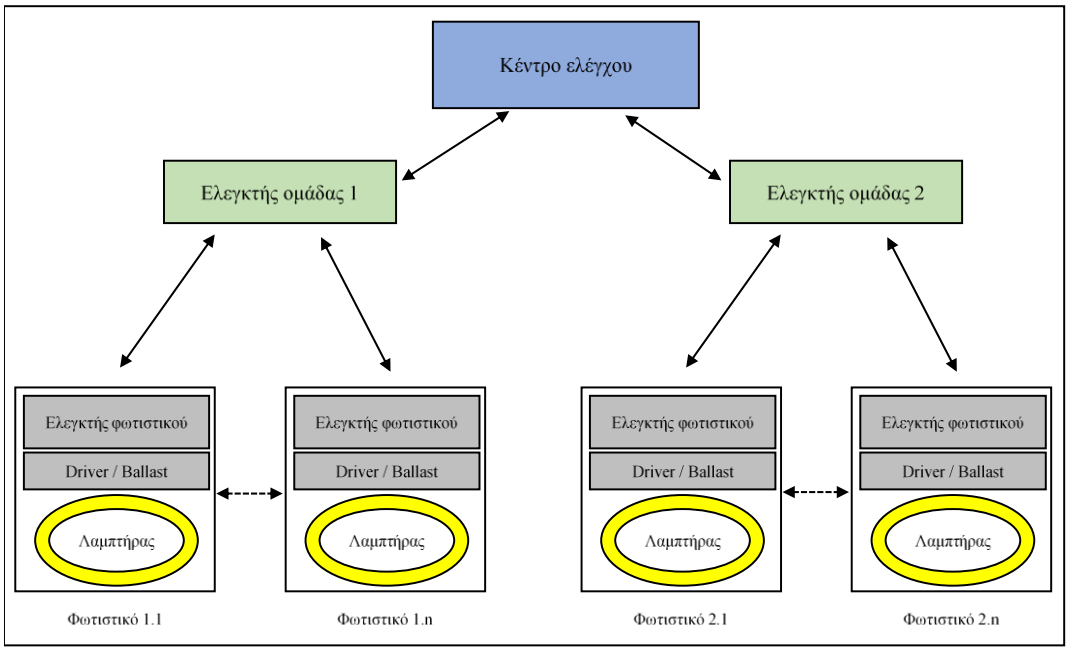
6.2 Απομακρυσμένος έλεγχος φωτιστικών σωμάτων

Ο απομακρυσμένος έλεγχος των εγκαταστάσεων φωτισμού αποτελεί την πλέον σύγχρονη μέθοδο διαχείρισης η οποία προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα τόσο στο χειρισμό όσο και στην παρακολούθηση της όλης εγκατάστασης. Τα περισσότερα συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου προσφέρουν τις ακόλουθες τρεις βασικές δυνατότητες:

1. Άμεσο έλεγχο οποιουδήποτε φωτιστικού σώματος ή ομάδας φωτιστικών σωμάτων (on/off και ρύθμιση φωτεινής ροής)
2. Διαγνωστικό έλεγχο της λειτουργικής κατάστασης των φωτιστικών.
3. Απομακρυσμένο προγραμματισμό των τοπικών ελεγκτών του κάθε φωτιστικού σώματος.

Όσο αφορά στην υλοποίηση του απομακρυσμένου ελέγχου, αυτός γίνεται με δύο βασικούς τρόπους: Ενσύρματα και ασύρματα. Ο απομακρυσμένος έλεγχος απαιτεί την αποστολή και λήψη σημάτων από την πηγή ελέγχου προς το υπό έλεγχο φωτιστικό σώμα. Για να φτάσει το σήμα αυτό στο φωτιστικό παρεμβάλλονται ένας ή περισσότεροι ενδιάμεσοι “σταθμοί

ελέγχου”. Μια γενική και ενδεικτική τοπολογία ενός δικτύου ελέγχου οδοφωτισμού φαίνεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4 – Ενδεικτική τοπολογία συστήματος απομακρυσμένης διαχείρισης δικτύου οδοφωτισμού.

Οι ιδιότητες και οι τεχνικές δυνατότητες του κάθε στοιχείου της τοπολογίας της Εικόνας 1 αναλύεται στη συνέχεια:

1. **Κέντρο ελέγχου**: Αποτελεί την κορυφή της πυραμίδας του συστήματος ελέγχου. Διαθέτει το κατάλληλο λογισμικό για τη λήψη αποφάσεων και σηματοδότηση των φωτιστικών σωμάτων.
2. **Ελεγκτής ομάδας φωτιστικών**: Ο ελεγκτής αποτελεί τον συνδετικό κρίκο των φωτιστικών σωμάτων με το κέντρο ελέγχου. Ο ουσιαστικός του ρόλος είναι να μεταβιβάζει τις εντολές ελέγχου από και προς τα φωτιστικά.
3. **Ελεγκτής φωτιστικού σώματος**: Ο ελεγκτής του φωτιστικού μπορεί να έχει απλή έχει πολλαπλή ιδιότητα, ανάλογα με τις ανάγκες τις εγκατάστασης. Ο βασικός του ρόλος είναι να λαμβάνει να σήματα ελέγχου από τον ελεγκτή ομάδας και να ενεργοποιεί/απενεργοποιεί το φωτιστικό σώμα ή να ρυθμίζει τη φωτεινή του ροή.
4. **Driver/ballast**: Αποτελεί το σύστημα τροφοδοσίας της φωτεινής πηγής του φωτιστικού σώματος. Παρέχει ή όχι τη δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής.
5. **Λαμπτήρας**: Αποτελεί τον τελικό αποδέκτη του συστήματος ελέγχου. Επιδέχεται ή όχι βηματική είτε δυναμική ρύθμιση της φωτεινής του ροής ανάλογα με την τεχνολογία του.

7. Βιβλιογραφία

[1] CEN/TR 13021-1 “Road lighting – Part1: Guidelines on selection of lighting classes”, European Committee for Standardization, 2014

[2] ΕΛΟΤ ΕΝ 13021-2 “Φωτισμός οδών – Μέρος 2: Απαιτήσεις επιδόσεων”, Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, 2015

[3] ΕΛΟΤ ΕΝ 13021-3 “Φωτισμός οδών – Μέρος 3: Υπολογισμός επιδόσεων”, Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, 2015

[4] ΦΕΚ 1792/Β/2004

[5] ΕΛΟΤ ΕΝ 13021-5 “Φωτισμός οδών – Μέρος 3: Δείκτες ενεργειακής επίδοσης”, Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, 2015

[6] Ι. Ψαρράς, Χ Δούκας, Οικονομική Αξιολόγηση Ενεργειακών Επενδύσεων, Σημειώσεις Μαθήματος Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική, Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων & Διοίκησης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

[7] ΦΕΚ Β’ 407/2010, Άρθρο 5

[8] ΕΛΟΤ ΕΝ 13021-4 “Φωτισμός οδών – Μέρος 3: Μέθοδοι μέτρησης επιδόσεων φωτισμού”, Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, 2015

[9] Εγκύκλιος 22 ΔΙΠΑΔ/οικ.658/24.10.2014 (ΑΔΑ:ΩΜΞ21-27Κ)