

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟΥ



ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ
ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

ΤΕΕ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2018

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ
ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ
Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.**

**ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟΥ**

ΙΟΥΛΙΟΣ 2018

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Τίτλος: **ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.)**
«ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ»

Συντονισμός και Επιμέλεια

Ελευθερία Αθήνη, ΜΜΜ: *Αν. Προϊσταμένη Δ/σης Επιστημονικής και Αναπτυξιακής Δραστηριότητας Τ.Ε.Ε.*
Αφροδίτη Τσιγάρα, ΑΤΜ: *Αν. Προϊσταμένη Τμ/τος Επιστημονικού και Αναπτυξιακού Έργου Τ.Ε.Ε.*
Σοφία Μελέτη, Φιλόλογος: *Αν. Προϊσταμένη Τμ/τος Επιστημονικών Εκδόσεων Τ.Ε.Ε.*

Συμβουλευτική Υποστήριξη

Μαγδαληνή Μετινίδου, ΧΜ

Γιώργος Παπαδάκος, ΜΜ

Ηλεκτρονική Επεξεργασία -Σελιδοποίηση:

Κώστας Αβραμίδης *Τμήμα Επιστημονικών Εκδόσεων Τ.Ε.Ε.*

©2018 Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας

ISBN: 978-960-8369-63-4

Τα δικαιώματα της παρούσας έκδοσης ανήκουν στο Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Απαγορεύεται η με οποιονδήποτε τρόπο ανατύπωση, καταχώριση σε σύστημα αποθήκευσης και επανάκτησης ή μετάδοσης μέρους ή του συνόλου του βιβλίου αυτού, χωρίς την έγγραφη άδεια του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.

Ομάδα Εργασίας που συνέταξε την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. «ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟΥ», σύμφωνα με την υπ' αριθμό Α30/Σ10/2017 απόφαση της Διοικούσας Επιτροπής του ΤΕΕ:

Πολυχρόνης Ακριτίδης, Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός
Ιωάννης Γεωργόπουλος, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
Χρυσόστομος (Χάρης) Δούκας, Μηχανολόγος Μηχανικός
Γεώργιος Ηλιόπουλος, Χημικός Μηχανικός
Κωνσταντίνος Κουρنيώτης, Πολιτικός Μηχανικός
Κωνσταντίνος Μπουρούσης, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός ΗΥ
Πέτρος Παπαϊωάννου, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
Θεόδωρος Σεραφίδης, Αρχιτέκτων Μηχανικός
Φραγκίσκος Τοπαλής, Μηχανολόγος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Φραγκίσκος Τοπαλής, Μηχανολόγος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός.

Επιμέλεια συγγραφής: Ιωάννης Γεωργόπουλος, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
Χρυσόστομος (Χάρης) Δούκας, Μηχανολόγος Μηχανικός
Κωνσταντίνος Μπουρούσης, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και
Μηχανικός ΗΥ

Συνεργάτης Ο.Ε.: Δημήτριος Γκιώνης, Μηχανολόγος Μηχανικός

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Πρόλογος	7
2. Απογραφή γεωμετρικών στοιχείων οδών και παραμέτρων συστημάτων οδοφωτισμού ..	9
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Καταγραφή χωρικών δεδομένων	9
2.3 Καταγραφή γεωμετρικών στοιχείων οδού	9
2.4 Καταγραφή στοιχείων ιστού.....	9
2.5 Καταγραφή στοιχείων φωτιστικού σώματος.....	10
2.6 Καταγραφή στοιχείων πινάκων διανομής	10
2.7 Καταγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	10
2.8 Ψηφιακή απεικόνιση δεδομένων	11
3. Σχεδιασμός οδοφωτισμού	13
3.1 Εισαγωγή	13
3.2 Επιλογή κλάσεων οδοφωτισμού	13
3.3 Επιλογή κλάσεων προσαρμοστικού οδοφωτισμού	21
3.4 Παραδείγματα επιλογής κλάσεων οδοφωτισμού	21
3.5 Ποσοτικές και ποιοτικές απαιτήσεις φωτισμού	27
3.6 Υπολογισμός του συντελεστή συντήρησης	28
3.7 Εκπόνηση μελέτης οδοφωτισμού	29
3.8 Υπολογισμός δεικτών ενεργειακής επίδοσης.....	32
3.9 Τεχνοοικονομικοί υπολογισμοί.	34
4. Έλεγχος και διασφάλιση ποιότητας εγκαταστάσεων οδοφωτισμού	41
4.1 Εισαγωγή	41
4.2 Ορισμός περιοχών μέτρησης φωτομετρικών μεγεθών	42
4.3 Ελάχιστες προδιαγραφές οργάνων μέτρησης.....	45
4.4 Μετρήσεις πεδίου οδών κλάσης M	45
4.5 Μετρήσεις πεδίου οδών κλάσης C & P.....	47
4.6. Μέτρηση γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών	48
4.7. Ελάχιστες απαιτήσεις αναφορών μετρήσεων	48
5.Τεχνολογίες και τεχνικές διαχείρισης συστημάτων οδοφωτισμού	49
5.1 Εισαγωγή	49
5.2 Διαλειτουργικότητα συστημάτων ελέγχου.....	49
5.3 Τοπικός έλεγχος φωτιστικών σωμάτων	50
5.4 Απομακρυσμένος κεντρικός έλεγχος φωτιστικών σωμάτων.....	50
6. Βιβλιογραφία	53
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - Κανονιστικό πλαίσιο – Βασικές Αρχές Εργασιών	55
Π1.1 Κανονιστικό Πλαίσιο	55
Π1.2 Προδιαγραφές Υλικών.....	56
Π1.3 Εκτέλεση Εργασιών	56
Π1.4 Υγεία και Ασφάλεια κατά την εκτέλεση των εργασιών	56
Π1.5 Επεμβάσεις επί του δικτύου κυριότητας ΔΕΗ ΑΕ	57
Π1.6 Επιθυμητά Πρότυπα Συμμόρφωσης	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 - Ευρετήριο όρων	59

1. Πρόλογος

Η παρούσα Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ (TOTEE) συντάχθηκε από Ομάδα Εργασίας σύμφωνα με τη 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 Κυβέρνησης - έχει συνδράμει καθοριστικά σε ανάλογα θέματα που αφορούν στην Ενεργειακή Αποδοτικότητα της χώρας μας ως Εθνικός Συντονιστής του Συμφώνου των Δημάρχων για την Ενέργεια και την Κλιματική Αλλαγή, καθώς και με τη λειτουργία του Παρατηρητηρίου Ενέργειας αλλά και με την έκδοση των TOTEE για τα κτίρια. Η αναγκαιότητα εκπόνησης της εν λόγω TOTEE προκύπτει από τις επιστημονικές, τεχνικές, περιβαλλοντικές, και οικονομικές πτυχές που συνδέονται με την τέχνη και την επιστήμη του φωτισμού οδών, πλατειών και κοινόχρηστων χώρων. Ειδικότερα η αναγκαιότητα της TOTEE επιβάλλεται από τα κατωτέρω:

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

Τα ανωτέρω επιβάλλουν την ύπαρξη τεχνικών οδηγιών που θα συντελούν στην επίτευξη του βέλτιστου -τεχνικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά- αποτελέσματος. Στόχοι της TOTEE 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 Σύμ-πραξης Δημοσίου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ)

Η TOTEE 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. Η παρούσα TOTEE δεν υποδεικνύει τις οδούς ή τις περιοχές, οι οποίες θα πρέπει ή όχι να φωτίζονται, κάτι που αφορά τους εκάστοτε ισχύοντες εθνικούς νόμους και οδηγίες. Διευκρινίζεται ότι όλα τα στοιχεία που αφορούν σε πρότυπα και προδιαγραφές τρίτων (π.χ. ΕΛΟΤ) μνημονεύονται στην παρούσα ειδικώς ως παραπομπή και παρουσιάζονται μετά από επεξεργασία με στόχο την κατανόηση της ορθής εφαρμογής τους αλλά και την ανάδειξη της σημασίας τους σε όλο το φάσμα των ενδιαφερομένων.

2. Απογραφή γεωμετρικών στοιχείων οδών και παραμέτρων 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 κατάστασης του, βάση της οποίας πραγματοποιείται η μελέτη οδοφωτισμού και η οικονομική αξιολόγηση του έργου.

Η καταγραφή περιλαμβάνει τις ακόλουθες δράσεις:

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

Τα ανωτέρω στοιχεία θα πρέπει να καταγράφονται σε συνεργασία με τον εκάστοτε αρμόδιο φορέα ή και να παρέχονται από το φορέα ανάθεσης, εφόσον έχουν ήδη καταγραφεί. Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή των στοιχείων θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα καταγραφής του ζητούμενου μεγέθους και να διαθέτει την απαραίτητη ακρίβεια, σύμφωνα με τα γραφόμενα στις επόμενες παραγράφους.

2.2 Καταγραφή χωρικών δεδομένων

Για την καταγραφή των ιστών και των πινάκων διανομής απαιτείται τοπογραφική αποτύπωση. Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες μπορεί να είναι σε οποιοδήποτε τυποποιημένο σύστημα συντεταγμένων. Οι αποκλίσεις των γεωγραφικών θέσεων και των μετρούμενων διαστάσεων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από αυτή που αναφέρεται στη συνέχεια, καθώς τα αποτελέσματα των μελετών φωτισμού επηρεάζονται άμεσα από τη γεωμετρία της εγκατάστασης.

2.3 Καταγραφή γεωμετρικών στοιχείων οδού

Τα απαιτούμενα δεδομένα για την γεωμετρική αποτύπωση των οδών:

- Δημοτική ενότητα (για δίκτυα δημοτικού φωτισμού)
- Οδός - Διασταύρωση - Κόμβος
- Τύπος περιοχής στην οποία βρίσκεται (οδός, πεζόδρομος, πλατεία, πάρκο κ.λπ.)
- Πλάτος οδοστρώματος (απόκλιση $\leq 0.5\text{m}$)
- Πλάτος πεζοδρομίου(-ίων) (απόκλιση $\leq 0.5\text{m}$)
- Αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας
- Τύπος υλικού οδοστρώματος (άσφαλτος, σκυρόδεμα, κ.λπ.)
- Κλάση φωτισμού οδού ή τμήματος οδού (αν έχει οριστεί)
- Όριο ταχύτητας σύμφωνα με τα στοιχεία της Τροχαίας

2.4 Καταγραφή στοιχείων ιστού

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

- Μοναδικός κωδικός ταυτοποίησης ιστού (ID)
- Γεωγραφικές συντεταγμένες ιστού (απόκλιση $\leq 0.5\text{m}$)
- Τύπος ιστού (υλικό κατασκευής, τύπος διατομής)
- Κατάσταση ιστού
- Κυριότητα ιστού
- Ύψος ιστού (απόκλιση $\leq 0.1\text{m}$).

- Μήκος βραχίονα ιστού (απόκλιση $\leq 0.1\text{m}$)
- Κλίση βραχίονα ιστού
- Φωτογραφική αποτύπωση ιστού (ανά τύπο)
- Απόσταση ιστού από το οδόστρωμα
- Αριθμός φωτιστικών σωμάτων ανά ιστό

2.5 Καταγραφή στοιχείων φωτιστικού σώματος

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

- Μοναδικός κωδικός ταυτοποίησης φωτιστικού (ID)
- Γεωγραφικές συντεταγμένες φωτιστικού (απόκλιση $\leq 0.5\text{m}$)
- Ύψος φωτιστικού (φωτεινής επιφάνειας)
- Κλίση φωτιστικού (αν είναι διαφορετική από αυτή του βραχίονα)
- Τύπος λαμπτήρα
- Ονομαστική ισχύς λαμπτήρα
- Τύπος ballast ή driver
- Είδος φωτιστικού σώματος
- Φωτογραφική αποτύπωση φωτιστικού (ανά τύπο)
- Κατάσταση λειτουργίας φωτιστικού σώματος
- Συνολική ισχύς φωτιστικού σώματος
- Απόσταση φωτιστικού από το ρείθρο (απόκλιση $\leq 0.1\text{m}$)

2.6 Καταγραφή στοιχείων πινάκων διανομής

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

- Μοναδικός κωδικός ταυτοποίησης πίνακα διανομής (ID)
- Γεωγραφικές συντεταγμένες πίνακα διανομής (απόκλιση $\leq 3\text{ m}$)
- Τύπος πίνακα διανομής (υλικό κατασκευής)
- Κατάσταση πίνακα διανομής
- Κυριότητα πίνακα διανομής
- Φωτογραφική αποτύπωση πίνακα διανομής
- Δημοτική ενότητα (για δίκτυα δημοτικού φωτισμού)
- Οδός - Διασταύρωση - Κόμβος
- Τύπος περιοχής στην οποία βρίσκεται (οδός, πεζόδρομος, πλατεία, πάρκο κ.λπ.)
- Αριθμός παροχής του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας του πίνακα διανομής
- Κωδικοί ταυτοποίησης ιστών και φωτιστικών (ID) που τροφοδοτούνται από τον πίνακα διανομής
- Ταυτοποίηση φωτιστικών/φορτίων που δεν τοποθετούνται σε ιστό και τροφοδοτούνται από τον πίνακα διανομής

2.7 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:

- Μέτρηση της εγκατεστημένης ισχύος ανά πίνακα διανομής.
- Υπολογισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για οδοφωτισμό από τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα με τουλάχιστον ένα πλήρες έτος λειτουργίας.

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.

2.8 Ψηφιακή απεικόνιση δεδομένων

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

Τα γεωγραφικά υπόβαθρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής:

- Τοπογραφικά σχέδια πόλεων και οικισμών που είχαν παλαιότερα εκπονηθεί
- Τοπογραφικό υπόβαθρο κτηματολογίου
- Ορθοφωτοχάρτες, δορυφορικές εικόνες κ.λπ.
- Άλλο υπόβαθρο που ζητείται από την αναθέτουσα αρχή

3. Σχεδιασμός οδοφωτισμού

3.1 Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός οδοφωτισμού αφορά ένα σύνολο βημάτων/δράσεων, που πρέπει να εκτελούνται από τον 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. Η παρούσα ΤΟΤΕΕ δεν υποδεικνύει τις οδούς ή τις περιοχές οι οποίες θα πρέπει ή όχι να φωτίζονται, κάτι που αφορά τους εκάστοτε ισχύοντες εθνικούς νόμους και οδηγίες.

Απαραίτητα βήματα σχεδιασμού οδοφωτισμού

Τα βήματα αυτά είναι απαραίτητα για τον 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:

- Διαστασιολόγηση συστήματος ελέγχου
- Τεχνοοικονομικοί υπολογισμοί
- Προδιαγραφές χρηματοδότησης του έργου

3.2 Επιλογή κλάσεων οδοφωτισμού

Η κατηγοριοποίηση των οδών με βάση τις απαιτήσεις σε φωτισμό καθορίζονται από την Τεχνική Έκθεση CEN/TR 13201-1 [1] και αφορά σε 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 έναν κλειστό αυτοκινητόδρομο ταχείας κυκλοφορίας. Αφορά επίσης, σε πεζόδρομους, ποδηλατοδρόμους και στις περιοχές που συναντώνται ή διασταυρώνονται οδοί διαφορετικών ή όμοιων χρηστών, για παράδειγμα διαβάσεις πεζών, διασταυρώσεις, ισόπεδοι ή ανισόπεδοι κόμβοι κ.λπ.

Οι 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).

Επισήμανση:

Η μεθοδολογία επιλογής των κλάσεων που περιγράφεται στη συνέχεια αποτελεί τη μία από τις δύο μεθόδους που περιγράφονται στην Τεχνική Έκθεση CEN/TR 13201-1. Ο μελετητής μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιαδήποτε από τις δύο μεθοδολογίες επιθυμεί. Η ΤΟΤΕΕ προτείνει τη χρήση της ακόλουθης μεθοδολογίας.

Class M – Motorised traffic – Αυτοκινητόδρομοι / Οδοί μηχανοκίνητων οχημάτων

Αφορά στο φωτισμό οδών και περιοχών, όπου οι κύριοι χρήστες είναι ως επί το πλείστον μηχανοκίνητα οχήματα τα οποία κινούνται με χαμηλές, μέσες ή υψηλές ταχύτητες. Το μέγεθος

σχεδιασμού και αξιολόγησης του φωτισμού οδών κλάσης **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 8 κριτήρια που αναγράφονται στους Πίνακες 1.1-1.8.

Το πρώτο κριτήριο (Πίνακας 1.1) αφορά στην ταχύτητα σχεδιασμού ή στο όριο ταχύτητας της οδού. Στην περίπτωση που το όριο ταχύτητας μίας οδού αλλάζει κατά το μήκος αυτής ή κατά τη διάρκεια της νύχτας, τότε επιλέγεται το αντίστοιχο βάρος για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 1.1. – 1° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)	Περιγραφή
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Πολύ υψηλή (2)	$v \geq 100 \text{ km/h}$
	Υψηλή (1)	$70 < v < 100 \text{ km/h}$
	Μέση (-1)	$40 < v < 70 \text{ km/h}$
	Χαμηλή (-2)	$v \leq 40 \text{ km/h}$

Το δεύτερο κριτήριο (Πίνακας 1.2) αφορά στον κυκλοφοριακό φόρτο της οδού ως ποσοστό επί της μέγιστης χωρητικότητας. Διαχωρίζεται, όσον αφορά σε αυτοκινητόδρομους με πολλαπλές λωρίδες ανά κατεύθυνση ή μικρότερες οδούς. Στην περίπτωση που ο κυκλοφοριακός φόρτος αλλάζει κατά το μήκος αυτής ή κατά τη διάρκεια της νύχτας, επιλέγεται το αντίστοιχο βάρος για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 1.2. – 2° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)	Περιγραφή	
Κυκλοφοριακός φόρτος		Αυτοκινητόδρομοι, κατευθύνσεις πολλαπλών λωρίδων	Κατευθύνσεις δύο λωρίδων
	Υψηλός (1)	> 65% της μέγιστης χωρητικότητας	> 45% της μέγιστης χωρητικότητας
	Μέσος (0)	35%- 65% της μέγιστης χωρητικότητας	15% - 45% της μέγιστης χωρητικότητας
	Χαμηλός (-1)	< 35% της μέγιστης χωρητικότητας	< 15% της μέγιστης χωρητικότητας

Το τρίτο κριτήριο (Πίνακας 1.3) αφορά στη σύνθεση των χρηστών της οδού. Στην περίπτωση που η σύνθεση των χρηστών αλλάζει κατά το μήκος αυτής ή κατά τη διάρκεια της νύχτας, επιλέγεται το αντίστοιχο βάρος για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 1.3. – 3° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Σύνθεση χρηστών	Μεικτή με μεγάλο ποσοστό μη-μηχανοκίνητων (2)
	Μεικτή (1)
	Μόνο μηχανοκίνητα (0)

Το τέταρτο κριτήριο (Πίνακας 1.4) αφορά στο διαχωρισμό των κατευθύνσεων μίας οδού. Ο διαχωρισμός μπορεί να είναι ένα στηθαίο, μεταλλική μπάρα, φύτευση κ.ο.κ. Στην περίπτωση

που ο διαχωρισμός διαφοροποιείται κατά το μήκος της οδού, επιλέγεται το αντίστοιχο βάρος για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 1.4. – 4^ο κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Όχι (1)
	Ναι (0)

Το πέμπτο κριτήριο (Πίνακας 1.5) αφορά στην πυκνότητα των κόμβων της οδού. Οι διασταυρώσεις αναφέρονται σε οδούς που συνέρχονται στο ίδιο επίπεδο ενώ οι κόμβοι αναφέρονται σε ανισόπεδες εισόδους, εξόδους, κλπ. Στην περίπτωση που η πυκνότητα αλλάζει κατά το μήκος της οδού ή κατά τη διάρκεια της νύχτας, επιλέγεται το αντίστοιχο βάρος για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 1.5. – 5^ο κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)	Περιγραφή	
Πυκνότητα κόμβων		Διασταυρώσεις / km	Απόσταση μεταξύ ανισόπεδων κόμβων (km)
	Υψηλή (1)	> 3	< 3
	Μέση (0)	≤ 3	≥ 3

Το έκτο κριτήριο (Πίνακας 1.6) αφορά στην παρουσία ή όχι σταθμευμένων οχημάτων στην υπό εξέταση οδό. Στην περίπτωση που η παρουσία σταθμευμένων οχημάτων αλλάζει στη διάρκεια της νύχτας ή στο μήκος της οδού, επιλέγεται το αντίστοιχο βάρος για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 1.6. – 6^ο κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα (1)
	Απόντα (0)

Το έβδομο κριτήριο (Πίνακας 1.7) αφορά στο φωτισμό του περιβάλλοντος της υπό εξέταση οδού. Υψηλός φωτισμός δύναται να προέλθει λόγω μεγάλης πυκνότητας από κτήρια που γειτνιάζουν με την οδό, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές και υπαίθριες εγκαταστάσεις φωτισμού κ.λπ. Ο μέσος περιβάλλον φωτισμός αφορά σε συνήθεις καταστάσεις εντός πόλεων που δεν ανήκουν στην προηγούμενη περίπτωση, ενώ χαμηλός φωτισμός συναντάται συνήθως σε οδούς εκτός αστικού ιστού χωρίς την παρουσία τεχνητού φωτισμού, πλην του οδοφωτισμού. Στην περίπτωση που ο περιβάλλον φωτισμός αλλάζει στη διάρκεια της νύχτας ή στο μήκος της οδού, επιλέγεται το αντίστοιχο βάρος για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 1.7. – 7^ο κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)	
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός (1)	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί κ.λπ.
	Μέσος (0)	Συνήθεις καταστάσεις
	Χαμηλός (-1)	

Το όγδοο κριτήριο (Πίνακας 1.8) αφορά στη δυσκολία οδήγησης που σχετίζεται με το οπτικό πεδίο του οδηγού. Υψηλή δυσκολία οδήγησης παρουσιάζεται σε περιπτώσεις που ο οδηγός καλείται να κατανοήσει πολύπλοκη σήμανση, να οδηγήσει σε οδούς με πολλαπλές εξόδους και εισόδους, σύνθετη δομή κ.λπ. Η μέση δυσκολία οδήγησης αφορά περιπτώσεις που ο οδηγός θα εκτελέσει μία απλή αλλαγή λωρίδας, αλλαγή στην ταχύτητα του οχήματος, είσοδο, έξοδο κ.λπ., ενώ χαμηλή δυσκολία αφορά στην κίνηση σε συγκεκριμένη οδό ή λωρίδα, χωρίς να απαιτείται κάποια σημαντική ενέργεια. Στην περίπτωση κατά την οποία η δυσκολία οδήγησης αλλάζει κατά το μήκος της οδού, επιλέγεται το αντίστοιχο βάρος για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 1.8. – 8^ο κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Δυσκολία οδήγησης	Πολύ υψηλή (2)
	Υψηλή (1)
	Χαμηλή (0)

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, σύμφωνα με τους Πίνακες 1.1-1.8. Από τη σχέση (1) προκύπτουν οι κλάσεις M1, M2, M3, M4, M5 και M6.

Ισχύουν τα ακόλουθα:

- Αν $VWS < 0$ τότε $VWS=0$
- Αν $M \leq 0$ 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 (stopping distance - SD), τότε προτείνεται η ως κλάση φωτισμού για το ενδιάμεσο τμήμα να λαμβάνεται η αντίστοιχη κλάση φωτισμού **C**, σύμφωνα με τον Πίνακα 2.

Class C – Conflict areas – Περιοχές κινδύνου

Οι κλάσεις **C** χρησιμοποιούνται σε περιοχές αυξημένου κινδύνου εμπλοκής δύο ή περισσότερων οδικών ρευμάτων και οδών εν γένει, με κύρια σύνθεση χρηστών τα μηχανοκίνητα οχήματα. Περιοχές κινδύνου ορίζονται οι περιοχές στις οποίες ροές οχημάτων εμπλέκονται μεταξύ τους ή συναντώνται με περιοχές που χρησιμοποιούνται συχνά από πεζούς, ποδηλάτες ή άλλους 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 συμβάλλουν ή εμπλέκονται οι οδοί, επαυξημένη κατά την περιοχή που ορίζεται από την εκάστοτε απόσταση ασφαλούς πέδησης 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 ($< 60 \text{ m}$) ή υπάρχουν πολλαπλοί παρατηρητές (από διάφορες κατευθύνσεις π.χ. διασταυρώσεις, ράμπες κ.λπ). Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ως μέγεθος σχεδιασμού και αξιολόγησης η ένταση φωτισμού ILLUMINANCE (σε $\text{lux} - \text{lx}$).

Η εφαρμογή της έντασης φωτισμού, ως μέγεθος αξιολόγησης, εφαρμόζεται είτε στα επιμέρους τμήματα της περιοχής κινδύνου, στα οποία δεν είναι δυνατή η χρήση της λαμπρότητας, είτε στην ευρύτερη περιοχή κινδύνου π.χ. 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 **Q₀**, όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. – Αντιστοίχιση κλάσεων φωτισμού **M** και **C** αναλόγως του συνολικού συντελεστή ανακλαστικότητας της ασφάλτου **Q₀**

Τιμή συντελεστή Q₀	για Q₀ ≤ 0.05	για 0.05 < Q₀ ≤ 0.08	για Q₀ > 0.09
Αντιστοίχιση κλάσεων φωτισμού M και C	M1 ↔ C0	M1 ↔ C1	M1 ↔ C2
	M2 ↔ C1	M2 ↔ C2	M2 ↔ C3
	M3 ↔ C2	M3 ↔ C3	M3 ↔ C4
	M4 ↔ C3	M4 ↔ C4	M4 ↔ C5
	M5 ↔ C4	M5 ↔ C5	M5 ↔ C5
	M6 ↔ C5	M6 ↔ C5	M6 ↔ C5

M6 ↔ 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 των 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.

Στις περιπτώσεις που κρίνεται απαραίτητο, για λόγους επαύξησης της ασφάλειας, ο μελετητής μπορεί να επιλέξει κλάση φωτισμού κατά ένα βήμα ανώτερη από αυτή που προκύπτει από την αντιστοίχιση.

Στην περίπτωση που οι οδοί που συνέρχονται σε μία περιοχή κινδύνου δεν φωτίζονται και ως εκ τούτου δεν έχει οριστεί κάποια κλάση φωτισμού **M**, για την επιλογή της κλάσης φωτισμού **C** χρησιμοποιείται σύστημα υπολογισμού με βάρη όπως παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.1–3.7.

Το πρώτο κριτήριο (Πίνακας 3.1) αφορά στην ταχύτητα σχεδιασμού ή στο όριο ταχύτητας της οδού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M**.

Πίνακας 3.1. – 1^ο κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού **C** κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)	Περιγραφή
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Πολύ υψηλή (3)	$v \geq 100 \text{ km/h}$
	Υψηλή (2)	$70 < v < 100 \text{ km/h}$
	Μέση (0)	$40 < v < 70 \text{ km/h}$
	Χαμηλή (-1)	$v \leq 40 \text{ km/h}$

Το δεύτερο κριτήριο (Πίνακας 3.2) αφορά στον κυκλοφοριακό φόρτο της οδού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M** αλλά χωρίς εξειδίκευση των ποσοστών του φόρτου.

Πίνακας 3.2. – 2° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός (1)
	Μέσος (0)
	Χαμηλός (-1)

Το τρίτο κριτήριο (Πίνακας 3.3) αφορά στη σύνθεση των χρηστών της οδού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M**.

Πίνακας 3.3. – 3° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Σύνθεση χρηστών	Μεικτή με μεγάλο ποσοστό μη-μηχανοκίνητων (2)
	Μεικτή (1)
	Μόνο μηχανοκίνητα (0)

Το τέταρτο κριτήριο (Πίνακας 3.4) αφορά στο διαχωρισμό των κατευθύνσεων μίας οδού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M**.

Πίνακας 3.4. – 4° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Όχι (1)
	Ναι (0)

Το πέμπτο κριτήριο (Πίνακας 3.5) αφορά στην παρουσία ή όχι σταθμευμένων οχημάτων στην υπό εξέταση οδό. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M**.

Πίνακας 3.5. – 5° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα (1)
	Απόντα (0)

Το έκτο κριτήριο (Πίνακας 3.6) αφορά στο φωτισμό του περιβάλλοντος της υπό εξέταση οδού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M**.

Πίνακας 3.6. – 6^ο κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)	Περιγραφή
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός (1)	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί κ.λπ.
	Μέσος (0)	Συνήθεις καταστάσεις
	Χαμηλός (-1)	

Το έβδομο κριτήριο (Πίνακας 3.7) αφορά στη δυσκολία οδήγησης που σχετίζεται με το οπτικό πεδίο του οδηγού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M**.

Πίνακας 3.7. – 7^ο κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Δυσκολία οδήγησης	Πολύ υψηλή (2)
	Υψηλή (1)
	Χαμηλή (0)

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

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

Όπου **C** η αντίστοιχη κλάση φωτισμού και **VWS** το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων που προκύπτουν από τους Πίνακες 3.1-3.7. Από τη σχέση (2) προκύπτουν οι κλάσεις C0, C1, C2, C3, C4 και C5.

Ισχύουν τα ακόλουθα:

- Αν $VWS \leq 0$ 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 που παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.1-4.5.

Το πρώτο κριτήριο (Πίνακας 4.1) αφορά στην ταχύτητα σχεδιασμού ή στο όριο ταχύτητας της οδού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M**.

Πίνακας 4.1. – 1^ο κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)	Περιγραφή
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Χαμηλή (1)	$v \leq 40$ km/h
	Πολύ χαμηλή – βάδισμα (0)	Ταχύτητα βαδίσματος

Το δεύτερο κριτήριο (Πίνακας 4.2) αφορά στον κυκλοφοριακό φόρτο της οδού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M** αλλά χωρίς εξειδίκευση των ποσοστών του φόρτου.

Πίνακας 4.2. – 2° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός (1)
	Μέσος (0)
	Χαμηλός (-1)

Το τρίτο κριτήριο (Πίνακας 4.3) αφορά στη σύνθεση των χρηστών της οδού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M** αλλά με μεγαλύτερη ανάλυση των περιπτώσεων.

Πίνακας 4.3. – 3° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Σύνθεση χρηστών	Πεζοί, ποδηλάτες και μηχανοκίνητα (2)
	Πεζοί και μηχανοκίνητα (1)
	Πεζοί και ποδηλάτες (1)
	Πεζοί (0)
	Ποδηλάτες (0)

Το τέταρτο κριτήριο (Πίνακας 4.4) αφορά στην παρουσία ή όχι σταθμευμένων οχημάτων στην υπό εξέταση οδό. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M**.

Πίνακας 4.4. – 4° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)
Σταθμευμένα οχήματα	Παρόντα (1)
	Απόντα (0)

Το πέμπτο κριτήριο (Πίνακας 4.5) αφορά στον φωτισμό του περιβάλλοντος της υπό εξέταση οδού. Το κριτήριο είναι όμοιο με αυτό που περιγράφηκε στην κλάση **M**.

Πίνακας 4.5. – 5° κριτήριο επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές - (Βάρος)	Περιγραφή
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός (1)	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες,
	Μέσος (0)	αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί κ.λπ.
	Χαμηλός (-1)	Συνήθεις καταστάσεις

Η τελική επιλογή της κλάσης φωτισμού σε κάθε περίπτωση πραγματοποιείται με το άθροισμα των βαρών κάθε κριτηρίου και με τη χρήση της ακόλουθης σχέσης:

$$P = 6 - VWS$$

(3)

Όπου **P** η αντίστοιχη κλάση φωτισμού και **VWS** το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων που προκύπτουν από τους Πίνακες 4.1-4.5. 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)

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 Τεχνική Έκθεση CEN/TR 13201-1 επιτρέπει τη μεταβολή της κλάσης φωτισμού μίας οδού στην περίπτωση που κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος οδοφωτισμού, ένα ή περισσότερα από τα κριτήρια μεταβάλλουν 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 (luminous flux dimming ή light dimming). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται πολλαπλά επίπεδα φωτισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας, τα οποία εξυπηρετούν τις κατά τόπου και κατά ώρας ανάγκες φωτισμού των οδών, προσφέροντας τις βέλτιστες συνθήκες στον οδηγό, διατηρώντας την 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 της κλάσης αφορά στα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των ανισόπεδων κόμβων. (Προκύπτουσες κλάσεις: Ονομαστική: M1, Προσαρμοστικού φωτισμού: 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 στα 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 στα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των διασταυρώσεων. (*Προκύπτουσες κλάσεις. Ονομαστική: M2, Προσαρμοστικού φωτισμού: 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 στα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των διασταυρώσεων κόμβων. (*Προκύπτουσες κλάσεις. Ονομαστική: M4, προσαρμοστικού φωτισμού: 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 στην περιοχή που οριοθετείται από την συμβολή των συνερχόμενων οδών προσαυξημένη κατά την απόσταση ασφαλούς πέδησης προς κάθε κατεύθυνση. (*Επιλεγμένες κλάσεις. Ονομαστική: C2, προσαρμοστικού φωτισμού: 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 στην περιοχή που οριοθετείται από την συμβολή των συνερχόμενων οδών προσαυξημένη κατά την απόσταση ασφαλούς πέδησης προς κάθε κατεύθυνση. (*Προκύπτουσες κλάσεις. Ονομαστική: C2, προσαρμοστικού φωτισμού: C4, C5*)

Οδός Ζ: Οδός ήπιας κυκλοφορίας εντός αστικού ιστού, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο με παρουσία σταθμευμένων αυτοκινήτων. Η επιλογή κλάσης αφορά στο 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 στο σύνολο της οδού όπου τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά δεν μεταβάλλονται. (*Προκύπτουσες κλάσεις. Ονομαστική: P5, προσαρμοστικού φωτισμού: 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. Σε κάθε περίπτωση η τελική επιλογή των κλάσεων φωτισμού προϋποθέτει τη συμφωνία μεταξύ μελετητή και Δήμου, Περιφέρειας και εν γένει του φορέα ανάθεσης της μελέτης.

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 απαιτούμενης φωτεινής ροής από τα φωτιστικά στην κάθε κλάση προσαρμοστικού φωτισμού.

Πίνακας 5. – Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014

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

Πίνακας 6. – Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά CEN/TR 13201-1:2014

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

Πίνακας 7. – Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές	Περιγραφή	Οδός Ε			Οδός ΣΤ		
			Δt_1	Δt_2	Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_3
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Πολύ υψηλή	$v \geq 100 \text{ km/h}$						
	Υψηλή	$70 < v < 100 \text{ km/h}$	2	2				
	Μέση	$40 < v < 70 \text{ km/h}$						
	Χαμηλή	$v \leq 40 \text{ km/h}$			-1	-1	-1	-1
Κυκλοφοριακός φόρτος		Υψηλός			1			
		Μέσος	0			0		
		Χαμηλός		-1				-1
Σύνθεση χρηστών		Μεικτή με μεγάλο ποσοστό μη-μηχανοκίνητων	2	2				
		Μεικτή			1	1	1	1
		Μόνο μηχανοκίνητα						
Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας		Όχι	1	1	1	1	1	1
		Ναι						
Σταθμευμένα οχήματα		Παρόντα			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
	Χαμηλός		-1	-1				
Δυσκολία οδήγησης		Πολύ υψηλή						
		Υψηλή						
		Χαμηλή	0	0		0	0	0
Άθροισμα βαρών (VWS)			4	3	4	2	0	0
Κλάση φωτισμού C (6-VWS)			C2	C3	C2	C4	C5	C5

Πίνακας 8. – Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού Μ κατά CEN/TR 13201-1:2014

Κριτήριο	Επιλογές	Περιγραφή	Οδός Ζ		Οδός Η	
			Δt_1	Δt_2	Δt_1	Δt_2
Ταχύτητα σχεδιασμού ή όριο ταχύτητας	Χαμηλή	$v \leq 40 \text{ km/h}$	1			
	Πολύ χαμηλή (βαδισμα)	Ταχύτητα βαδισματος			0	0
Κυκλοφοριακός φόρτος		Υψηλός				
		Μέσος	0			
		Χαμηλός		-1	-1	-1
Σύνθεση χρηστών		Πεζοί, ποδηλάτες και μηχανοκίνητα	2	2		
		Πεζοί και μηχανοκίνητα				
		Πεζοί και ποδηλάτες			1	1
		Πεζοί				
		Ποδηλάτες				
Σταθμευμένα οχήματα		Παρόντα	1	1		
		Απόντα			0	0
Φωτισμός περιβάλλοντος	Υψηλός	Εμπορικοί οδοί, διαφημιστικές πινακίδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, σταθμοί κ.λπ.			1	
	Μέσος	Συνήθεις καταστάσεις	0	0		0
	Χαμηλός					
Άθροισμα βαρών (VWS)			4	2	1	0
Κλάση φωτισμού Ρ (G-VWS)			P2	P4	P5	P6

3.5 Ποσοτικές και ποιοτικές απαιτήσεις φωτισμού

3.5.1 Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-2 [2] αφορά στις ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις της κάθε κλάσης φωτισμού όπως αυτή επιλέχθηκε με βάση την Τεχνική Έκθεση CEN/TR 13201-1 και αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα. 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 lx . Οι απαιτήσεις φωτισμού της κάθε κλάσης φαίνονται στους Πίνακες 9-11.

Πίνακας 9 – Απαιτήσεις κλάσεων φωτισμού **M** κατά ΕΛΟΤ EN 13201-2:2016

Κλάση	Λαμπρότητα οδοστρώματος για στεγνό και βρεγμένο οδόστρωμα			Δείκτης Θάμβωσης	Φωτισμός όμορων περιοχών	
	Στεγνό			Βρεγμένο	Στεγνό	
	L _{av} (cd/m ²)	U _o	U _I	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 ομοιομορφία 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 ΕΛΟΤ EN 13201-2:2016

Κλάση	Ένταση φωτισμού	
	E (lx)	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 ΕΛΟΤ EN 13201-2:2016

Κλάση	Ένταση φωτισμού		Πρόσθετες απαιτήσεις όταν είναι απαραίτητη η αναγνώριση προσώπων	
	E (lx)	E _{min} (lx)	E _v (lx)	E _{sc} (lx)
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 οδόστρωμα (ελάχιστη τιμή)
E_{sc} :Η μέση τιμή της έντασης ημικυλινδρικού φωτισμού στο οδόστρωμα (ελάχιστη τιμή)
E_{min} :Η ελάχιστη τιμή της έντασης φωτισμού

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 ονομαστική. Για περισσότερες λεπτομέρειες 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 φωτορρύπανσης

Για τον περιορισμό του παράσιτου φωτισμού σε όμορες περιοχές και της φωτορρύπανσης, τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται στον οδοφωτισμό θα πρέπει να έχουν μηδενική φωτεινή εκπομπή στο άνω νοητό ημισφαίριο (ULOR¹=0). Σε περίπτωση που κατά το σχεδιασμό φωτισμού είναι αναγκαία η κλίση του φωτιστικού σώματος, προτείνεται η μέγιστη κλίση να μην ξεπερνά τις 10 μοίρες σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.

Για την μείωση της επίδρασης της υψηλής θερμοκρασίας χρώματος στον κερκαδικό 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 φωτεινών πηγών με **θερμοκρασία χρώματος (CCT) περί τους 3000K**.

3.6 Υπολογισμός του συντελεστή συντήρησης

Σε κάθε μελέτη φωτισμού θα πρέπει να συνυπολογίζεται ο εκάστοτε συντελεστής συντήρησης (**Maintenance Factor – MF**) της εγκατάστασης. Η τιμή του συντελεστή συντήρησης επηρεάζει άμεσα τα υπολογιζόμενα μεγέθη, την εγκατεστημένη ισχύ και κατ' επέκταση την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Ως συντελεστής συντήρησης ορίζεται ο λόγος της λαμπρότητας ή της έντασης φωτισμού που επιτυγχάνεται από ένα σύστημα φωτισμού μετά από ένα σαφώς ορισμένο διάστημα λειτουργίας προς την λαμπρότητα ή την ένταση φωτισμού αντίστοιχα που επιτυγχάνεται από το σύ-

¹ ULOR: Upward Light Output Ratio: Ποσοστό της συνολικής φωτεινής ροής των φωτεινών πηγών του φωτιστικού που κατευθύνεται στο άνω νοητό ημισφαίριο.

στημα κατά την πρώτη ημέρα λειτουργίας (καινούριο σύστημα). Ο ορισμός και η μεθοδολογία υπολογισμού ορίζονται στην τεχνική οδηγία CIE-154:2003 [3].

Ο συντελεστής συντήρησης ορίζεται ως εξής:

$$MF = E_m / E_{in}$$

όπου:

E_m : Η λαμπρότητα ή ένταση φωτισμού μετά από σαφώς ορισμένο χρονικό διάστημα λειτουργίας (maintained)

E_{in} : Η λαμπρότητα ή ένταση φωτισμού την πρώτη ημέρα λειτουργίας (initial)

Ο υπολογισμός του συντελεστή συντήρησης, όπως ορίστηκε ανωτέρω, αφορά σε δεδομένο και σαφώς ορισμένο χρονικό διάστημα λειτουργίας. Αυτό σημαίνει ότι για την ίδια ακριβώς εγκατάσταση υπολογίζεται διαφορετικός συντελεστής συντήρησης για χρονικό διάστημα π.χ. ενός έτους ή τριών ετών λειτουργίας.

Ο συντελεστής συντήρησης υπολογίζεται ως γινόμενο τεσσάρων επιμέρους συντελεστών σύμφωνα με την οδηγία CIE 154:2003 ή με την εκάστοτε νεότερη έκδοση αυτής σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times SMF$$

Ο κάθε συντελεστής ορίζεται και υπολογίζεται ως ακολούθως:

LLMF – Lamp Lumen Maintenance Factor: Συντελεστής συντήρησης φωτεινής ροής φωτεινών πηγών: Αφορά στην απομείωση της φωτεινής ροής των πηγών φωτισμού με την πάροδο των ωρών λειτουργίας. Υπολογίζεται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε πηγής φωτισμού. Ιδιαίτερα για τις πηγές LED ο συντελεστής υπολογίζεται από τα παρεχόμενα στοιχεία του κατασκευαστή της φωτεινής πηγής LED σύμφωνα με τα πρότυπα IES-LM-80 [4] και IES-TM-21 [5].

LSF – Lamp Survival Factor: Συντελεστής επιβίωσης φωτεινών πηγών: Αφορά στο δείκτη αστοχίας των φωτεινών πηγών. Τα στοιχεία παρέχονται από τον κατασκευαστή των πηγών φωτισμού.

LMF – Luminaire Maintenance Factor: Συντελεστής συντήρησης φωτιστικού σώματος: Αφορά στην απομείωση της απόδοσης του φωτιστικού σώματος, όσον αφορά στα οπτικά μέρη (ανακλαστήρας, φακοί, διαφανή καλύμματα κ.λπ.). Ο δείκτης απομείωσης υπολογίζεται σε συνδυασμό με τον δείκτη προστασίας IP του φωτιστικού σώματος και δίνεται στους αντίστοιχους πίνακες της Τεχνικής Έκθεσης CIE 154:2003.

SMF – Surface Maintenance Factor: Συντελεστής συντήρησης επιφανειών: Αφορά στην απομείωση των ανακλαστικών ιδιοτήτων των επιφανειών της εγκατάστασης με την πάροδο του χρόνου. Αφορά σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους που περιλαμβάνουν επιφάνειες όπως σήραγγες, υπόγειες διαβάσεις κ.λπ. Όσον αφορά στις μελέτες οδοφωτισμού, ο συντελεστής αυτός λαμβάνεται ίσος με 1.

3.7 Εκπόνηση μελέτης οδοφωτισμού

3.7.1 Μεθοδολογία Σχεδιασμού και Φωτοτεχνικοί Υπολογισμοί

Μετά την κατάταξη των οδών σε κλάσεις φωτισμού, όπως αναλύεται στην παράγραφο §3.2, ο μελετητής οφείλει να εκπονήσει φωτοτεχνικούς υπολογισμούς βάσει του προτύπου ΕΛΟΤ EN 13201-3 [6].

Για τις οδούς κλάσης **M** απαιτείται να υπολογιστούν τα μεγέθη του Πίνακα 9, L_{av} (cd/m^2), U_o , U_l , U_{ow} , f_{TI} , R_{EI} .

Για τις οδούς κλάσης **C** απαιτείται να υπολογιστούν τα μεγέθη του Πίνακα 10, $E(Ix)$, U_o .

Για τις οδούς κλάσης **P** απαιτείται να υπολογιστούν τα μεγέθη του Πίνακα 11, $E(Ix)$, $E_{min}(Ix)$ ενώ προαιρετικά υπολογίζονται τα $E_v(Ix)$, $E_{sc}(Ix)$.

Ο μελετητής απαιτείται να εισάγει, για τους υπολογισμούς του, τις ακόλουθες παραμέτρους:

α) **γεωμετρικά** χαρακτηριστικά οδού:

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

β) **χαρακτηριστικά διάταξης** 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
- το **μήκος** του βραχίονα
- την **κλίση** του βραχίονα/φωτιστικού ως προς την επιφάνεια του οδοστρώματος

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

Κατά την εκπόνηση μελετών φωτισμού **νέων εγκαταστάσεων** και 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 κατανομής φωτεινής έντασης).

Για αναβάθμιση **υφιστάμενων εγκαταστάσεων** οδοφωτισμού με μεγάλο αριθμό οδών και ιστών προτείνεται στον μελετητή, προς διευκόλυνση των υπολογισμών, να προβεί σε ομαδοποίηση οδών βάσει των γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών, με στόχο την εξαγωγή αντιπροσωπευτικών περιπτώσεων οδών και γεωμετριών. Μία **ενδεικτική ομαδοποίηση** παρουσιάζεται στον Πίνακα 12. Η ομαδοποίηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των οδών θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε οδοί, που ανήκουν στην ίδια ομάδα, να καλύπτονται φωτομετρικά από μία φωτομετρική λύση (τύπο φωτιστικού σώματος, κατανομή φωτεινής έντασης, συνολική φωτεινή ροή κ.λπ). Η ομαδοποίηση μπορεί να υλοποιηθεί και για σχεδιασμό **νέων εγκαταστάσεων** οδοφωτισμού, εφ' όσον κριθεί απαραίτητο από τον μελετητή.

Πίνακας 12 – Μη περιοριστικό παράδειγμα ομαδοποίησης μεγάλου αριθμού οδών

α/α	ΠΛΑΤΟΣ ΟΔΟΥ (m)	α/α	ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	α/α	ΥΨΟΣ ΙΣΤΩΝ (m)	α/α	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΙΣΤΩΝ (m)
1.1	ΕΩΣ 5.5	2.1	1	4.1	4, 5	5.1	15
1.2	5.5-6	2.2	2	4.2	6, 7	5.2	20
1.3	6.01-6.5	α/α	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΙΣΤΩΝ	4.3	8, 9	5.3	25
1.4	6.51-7			4.4	10, 11	5.4	30
1.5	7.01-8			4.5		5.5	40
1.6	8.01-9					5.6	50
1.7	9.01-11					5.7	...
1.8	11.01-13	3.1	Μονόπλευρη				
1.9		3.2	Αμφίπλευρη				
		3.3	Αξονική				
		3.4	Χιαστί				
		3.5	Επί νησίδας				

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

3.7.2 Εφαρμογή προσαρμοστικού φωτισμού

Εφόσον έχουν επιπλέον επιλεγεί κλάσεις προσαρμοστικού φωτισμού, ο μελετητής οφείλει να υπολογίσει για την κάθε κλάση προσαρμοστικού φωτισμού την απαιτούμενη φωτεινή ροή του φωτιστικού καθώς και την αντίστοιχη συνολική ισχύ του, για την επίτευξη των μειωμένων επιπέδων φωτισμού.

3.7.3 Διαθέσιμα λογισμικά μελετών οδοφωτισμού

Τα τελευταία χρόνια διατίθενται λογισμικά με τα οποία μπορούν να εκπονηθούν οι απαραίτητοι φωτοτεχνικοί υπολογισμοί σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα. Τα προγράμματα αυτά έχουν ενσωματωμένες στο υπολογιστικό τους υπόβαθρο τις εκάστοτε αναθεωρήσεις των ευρωπαϊκών και 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 που είναι διαθέσιμα την περίοδο σύνταξης της TOTEE είναι τα ακόλουθα:

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

3.7.4 Περιορισμός υπερφωτισμού - υπερδιαστασιολόγησης

Σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση με αριθμό Δ13/β/οικ. 16522/30-11-2004 όπως δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 1792/Β/3-12-2004 [7], στις μελέτες ηλεκτροφωτισμού (υπολογισμοί) δεν πρέπει να υπάρχει απόκλιση της μέσης λαμπρότητας (σε cd/m^2) σε οδούς ή του μέσου φωτισμού (σε lx) 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 έχοντας ήδη συνυπολογίσει και τον συντελεστή συντήρησης (maintenance factor).

3.8 Υπολογισμός δεικτών ενεργειακής επίδοσης

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-5 [8] ορίζει 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 προτείνεται να υπολογίζονται και να λαμβάνονται ως κριτήριο αξιολόγησης.

Οι δείκτες που ορίζονται από το πρότυπο είναι οι ακόλουθοι δύο. Η αναλυτική μεθοδολογία υπολογισμού περιγράφεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-5.

α) Δείκτης πυκνότητας ισχύος – Power Density Indicator

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

όπου:

D_p :Δείκτης πυκνότητας ισχύος

P :Η συνολική ισχύς των φωτιστικών που καλύπτουν την υπό εξέταση περιοχή

E_i :Η μέση ένταση οριζόντιου φωτισμού της υποπεριοχής i

A_i :Το εμβαδόν της υποπεριοχής i που φωτίζεται από το σύστημα φωτισμού

n :Ο αριθμός των φωτιζόμενων υποπεριοχών

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

Για τις κλάσεις φωτισμού που βασίζονται στο μέγεθος της έντασης φωτισμού (lx) το μέγεθος E_i υπολογίζεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-3.

Για τις κλάσεις φωτισμού που βασίζονται στο μέγεθος της λαμπρότητας (cd/m^2) το μέγεθος E_i υπολογίζεται ως η μέση τιμή της έντασης φωτισμού υπολογιζόμενη στα ίδια σημεία που πραγ-

ματοποιείται και ο αντίστοιχος υπολογισμός της λαμπρότητας σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-3.

β) Ετήσιος δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης – Annual Energy Consumption Indicator

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

όπου:

- D_e :Ετήσιος δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης
- P_j :Η συνολική ισχύς των φωτιστικών που καλύπτουν την υπό εξέταση περιοχή το χρονικό διάστημα λειτουργίας j
- t_j :Η διάρκεια της περιόδου λειτουργίας j
- A :Το εμβαδόν της περιοχής που φωτίζεται από το σύστημα φωτισμού
- m :Ο αριθμός διαφορετικών περιόδων λειτουργίας

Ο δείκτης αυτός υπολογίζει την επίδοση του συστήματος φωτισμού κατά τη διάρκεια του εξεταζόμενου διαστήματος (π.χ. έτους) στην περιοχή ενδιαφέροντος. Με το δείκτη αυτό γίνεται σαφές το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας που απαιτείται για το σκοπό του οδοφωτισμού.

Ο μελετητής μπορεί να βρει αναλυτικότερες πληροφορίες τα επιμέρους στοιχεία και εφαρμογή των δεικτών επίδοσης στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-5.

γ) Ενδεικτικοί πίνακες τιμών D_e και D_p

Στους Πίνακες 13 και 14 παρουσιάζονται τυπικά αποτελέσματα υπολογισμών των δύο δεικτών D_e και D_p για οδούς κλάσης **M** με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

- Πλάτος οδού: 7m
- Λωρίδες κυκλοφορίας: 2
- Πλάτος πεζοδρομίων: 2m
- Τύπος ασφάλτου: R3
- Ύψος ανάρτησης: 5-12m
- Απόσταση ιστών: 20-60m
- Κλίση φωτιστικού: 0°
- Απόσταση ιστού από το ρείθρο: 0-2m
- Ετήσιες ώρες λειτουργίας: 4000
- Διάταξη ιστών: Μονόπλευρη

Τα αποτελέσματα είναι ενδεικτικά και σε καμία περίπτωση δεν αντικατοπτρίζουν μελλοντική εξέλιξη των πηγών φωτισμού και των αποδόσεων των φωτιστικών σωμάτων. Τα στοιχεία ελήφθησαν από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-5:2015 με δεδομένα φωτιστικών του έτους 2014.

Πίνακας 13 – Ενδεικτικοί υπολογισμοί δείκτη D_p για οδούς κλάσης M (πηγή: ΕΛΟΤ EN 13201-5:2016)

Κλάση	Τύπος φωτεινής πηγής φωτιστικού σώματος			
	Υδραργύρου	Μεταλλικών αλογονιδίων	Νατρίου υψηλής πίεσης	LED
	$\text{mW} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$			
M1	-	45	34-41	25-32
M2	100	50	31-40	24-27
M3	84	47	34-38	23-25
M4	90	60	34-42	23
M5	86	30	38-45	24
M6	85	37	45-49	20-27

Πίνακας 14 – Ενδεικτικοί υπολογισμοί δείκτη D_e για οδούς κλάσης M (πηγή: ΕΛΟΤ EN 13201-5:2016)

Κλάση	Τύπος φωτεινής πηγής φωτιστικού σώματος			
	Υδραργύρου	Μεταλλικών αλογονιδίων	Νατρίου υψηλής πίεσης	LED
	$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ για 4000h λειτουργίας			
M1	-	5.0	4.0-5.3	3.0-3.8
M2	10.8	4.6	3.2-4.2	2.4-2.4
M3	6.0	3.6	2.5-2.6	1.5
M4	5.0	3.1	1.8-2.4	1.1
M5	3.2	0.9	1.1-1.6	0.8
M6	1.9	0.6	0.2-1.2	0.4-0.5

Σημείωση:

Χαμηλότερες τιμές των δεικτών D_p και D_e δηλώνουν ενεργειακά αποδοτικότερη εγκατάσταση οδοφωτισμού. Οι τιμές των πινάκων 13 και 14 τείνουν να μειωθούν όσο βελτιώνεται η απόδοση των φωτιστικών και όσο βελτιστοποιείται η κατανομή της φωτεινής εκπομπής τους για την εκάστοτε γεωμετρία της εγκατάστασης. Αντίστοιχοι πίνακες δύναται να υπολογιστούν και για τις υπόλοιπες κλάσεις φωτισμού και γεωμετρίες οδών.

3.9 Τεχνοοικονομικοί υπολογισμοί**3.9.1 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:

- **Υπαρξη 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 καινούριου 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 15 – 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 τη βέλτιστη απόδοση και τη συμμόρφωση στα Ευρωπαϊκά πρότυπα (ΕΛΟΤ).
• Λαμπτήρες • Φωτιστικά • Ιστοί/βραχίονες • Συστήματα διαχείρισης και ελέγχου	• Λαμπτήρες • Φωτιστικά • Ιστοί/βραχίονες • Συστήματα διαχείρισης και ελέγχου • Καλωδιώσεις • Πίνακες τροφοδοσίας
• Εργασίες εγκατάστασης • Εργασίες απεγκατάστασης (ανθρώπινο δυναμικό, γερανός)	• Εργασίες εγκατάστασης • (ανθρώπινο δυναμικό, γερανός, μηχανήματα εκσκαφής)

(ii) Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας:

Αρχικά υπολογίζεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας $E_{\text{ετήσια}}$ μέσω των σχέσεων (6) και (7)

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

με

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

Όπου:

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

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

$$K_{\text{ετήσιο}}^{\text{ενέργειας}} = E_{\text{ετήσια}} * \text{Τιμή}_{\text{H.E.}} \text{ (€)} \quad (8)$$

Το κόστος συντήρησης ($K_{\text{συντήρησης}}$) 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 ($K_{\text{ετήσιο}}$) διαμορφώνεται ως εξής:

$$K_{\text{ετήσιο}} = K_{\text{ετήσιο}}^{\text{ενέργειας}} + K_{\text{συντήρησης}} \text{ (€)} \quad (9)$$

Στην περίπτωση αντικατάστασης ενός τμήματος του δικτύου, θα πρέπει από τους παραπάνω τύπους (6-9) να υπολογίζεται το ετήσιο λειτουργικό κόστος ($K_{\text{ετήσιο}}$) τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση ($K_{\text{ετήσιο}}^{\text{υφιστάμενη}}$) όσο και για κάθε εναλλακτική i ($K_{\text{ετήσιο}}^{i-\text{εναλλακτική}}$). Στη συνέχεια θα πρέπει να υπολογίζεται το ετήσιο οικονομικό όφελος (ΕΟΟ) που αναμένεται να υπάρξει από την υλοποίηση κάθε εναλλακτικής από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΕΟΟ^{i-\text{εναλλακτική}} = K_{\text{ετήσιο}}^{\text{υφιστάμενη}} - K_{\text{ετήσιο}}^{i-\text{εναλλακτική}} \text{ (€)} \quad (10)$$

3.9.2 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 αναλύονται 5 κριτήρια (Πίνακας 16), 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 (π.χ. προνομιακή κατάθεση), είτε με το κόστος κεφαλαίου, δηλαδή το επιτόκιο με το οποίο μπορεί ο επενδυτής να δανεισθεί.

Σημειώνεται ότι, επειδή στην περίπτωση αντικατάστασης συστήματος φωτισμού επιδιώκεται μείωση του λειτουργικού κόστους, το EOO θα πρέπει να είναι θετικός αριθμός για κάθε εναλλακτική, ενώ οι εναλλακτικές με αρνητικό EOO 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 ($K_{\text{ετήσιο}}^{i-\text{εναλλακτική}}$) 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 στη μία, καθώς και αν λαμβάνουν υπόψη τη χρονική μεταβολή στην αξία του χρήματος.

Πίνακας 16 – 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 τελικός αποδέκτης (Δήμος, Περιφέρεια, τρίτος φορέας ή ιδιώτης) μπορεί να την εκμεταλλευτεί ανεξάρτητα της εναλλακτικής που θα επιλεγεί.

Περίοδος Αποπληρωμής (Payback period)

Το κριτήριο της περιόδου αποπληρωμής αγνοεί τη μεταβολή στη 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 ηλικό 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:

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

Όπου:

Κόστος Επένδυσης^{i-εναλλακτική}: το κόστος επένδυσης της i-εναλλακτικής.

ΕΟΟ^{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 στη χρονική αξία του χρήματος και υπολογίζει το ύψος των κερδών ανά μονάδα επενδυμένου κεφαλαίου. Η απόδοση 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:

$$ROI = \frac{ΕΟΟ^{i-εναλλακτική} * ΔΖΕ^{i-εναλλακτική}}{Κόστος Επένδυσης} \quad (12)$$

Όπου:

Κόστος Επένδυσης: το αρχικό κόστος που χρειάζεται για την υλοποίηση της επένδυσης.

ΕΟΟ^{i-εναλλακτική}: το ετήσιο οικονομικό όφελος από τον τύπο (10).

ΔΖΕ^{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 (Net Present Value – NPV)

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

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

Το κριτήριο υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΚΠΑ = -Κόστος Επένδυσης + \sum \frac{K_{ετήσιο}^{υφιστάμενη} - K_{ετήσιο}^{επένδυσης}}{(1+i)^t} \text{ (€)} \quad (13)$$

Όπου:

Κόστος Επένδυσης :το αρχικό κόστος που χρειάζεται για την υλοποίηση της επένδυσης.

$K_{\text{ετήσιο}}^{\text{υφιστάμενη}}$:το υφιστάμενο ετήσιο λειτουργικό κόστος από τον τύπο (9).

$K_{\text{ετήσιο}}^{\text{επένδυσης}}$: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 τη μεγαλύτερη.

Στην περίπτωση δημιουργίας ενός νέου τμήματος του δικτύου οδοφωτισμού, 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 $K_{\text{ετήσιο}}^{\text{υφιστάμενη}}=0$, και στη συνέχεια επιλέγεται η επένδυση με το μικρότερο συνολικό κόστος.

Δείκτης Αποδοτικότητας - ΔΑ (Cost Effectiveness Index - CEI)

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:

$$\Delta A = \frac{\sum_{\tau=1}^{\Delta Z E} \frac{E O O}{(1+i)^{\tau}}}{\text{Κόστος Επένδυσης}} \quad (14)$$

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 το μεγαλύτερο ΔΑ.

Σταθμισμένο Κόστος Εξοικονομούμενης Ενέργειας (Levelized Energy Efficiency Cost - LEEC)

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 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 [9] 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:

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

Όπου:

Κόστος Επένδυσης :το αρχικό κόστος που χρειάζεται για την υλοποίηση της επένδυσης.

$K_{ετήσιο}^{υφιστάμενη}$:το ετήσιο κόστος λειτουργίας μετά την επένδυση από τον τύπο (9).

$E_{ετήσια}^{υφιστάμενη}$:η υφιστάμενη ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια από τον τύπο (8).

$E_{ετήσια}^{επένδυσης}$:η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια μετά την επένδυση από τον τύπο (8).

ΔΖΕ :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.

3.9.3 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 [10]:

$$E_{πρωτ.μορφή} = [E_{ετήσια}(KWh) * 2,9] \quad (KWh) \quad (15)$$

Παράλληλα, η εξοικονομούμενη ποσότητα εκπομπών CO₂ που μπορεί να επιτευχθεί σε ένα έτος μέσω της αντικατάστασης του συστήματος οδοφωτισμού υπολογίζεται ως εξής [10]:

$$CO_2 = \left[\frac{E_{ετήσια}(KWh)}{1000} * 0,989 \left(\frac{tn}{MWh} \right) \right] \quad (tn) \quad (16)$$

4. Έλεγχος και διασφάλιση ποιότητας εγκαταστάσεων οδοφωτισμού

4.1 Εισαγωγή

Ο έλεγχος ποιότητας των εγκαταστάσεων οδοφωτισμού είναι αναγκαίος τόσο για την επιβεβαίωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού που έχει εγκατασταθεί, όσο και για τη διασφάλιση της ποιότητας του παρεχόμενου φωτισμού προς τους χρήστες των οδών. Οι αναλυτικές προδιαγραφές μετρήσεων οδοφωτισμού ορίζονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-4 [11]. 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 (Τύπου 1 – T1)

Αφορά σε μετρήσεις που θα πρέπει να εκτελούνται κατά το τελικό στάδιο της εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία 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 (Τύπου 2 – T2)

Αφορά σε μετρήσεις που θα πρέπει να εκτελούνται ανά τακτά και προκαθορισμένα διαστήματα λειτουργίας του συστήματος οδοφωτισμού για τον έλεγχο της απομείωσης 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 (Τύπου 3 – T3)

Αφορά σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις που θα πρέπει να εκτελούνται για τον έλεγχο και τη ρύθμιση εγκαταστάσεων οδοφωτισμού που σχεδιάζονται για προσαρμοστικό φωτισμό. Με τη χρήση των μετρήσεων αυτών θα επιβεβαιώνονται τα εναλλακτικά επίπεδα φωτισμού που επιτυγχάνει το σύστημα οδοφωτισμού και η συμμόρφωση με τις ισχύουσες προδιαγραφές και τις απαιτήσεις των μελετών σε κάθε επίπεδο λειτουργίας.

iv Μετρήσεις για διερεύνηση αποκλίσεων (Τύπου 4 – T4)

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 εξειδικευμένα πρόσωπα (νομικά ή φυσικά), σύμφωνα με την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία, ακολουθώντας τις μεθοδολογίες που ορίζονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-4 και τις εγκεκριμένες από τον εκάστοτε ανάδοχο διαδικασίες και πρωτόκολλα μετρήσεων. Τα ατομικά μέτρα προστασίας καθώς και οι προβλεπόμενες οδικές σημάσεις 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 4.7.

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.

Ο έλεγχος ποιότητας 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.

Η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις των Ευρωπαϊκών Οδηγιών και των προτύπων θα πρέπει να τεκμηριώνεται από τις εκθέσεις δοκιμών (Test Reports) που έχουν εκδοθεί, κατά προτίμηση από εργαστήριο διαπιστευμένο σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025, όπως έχει εκδοθεί και ισχύει κάθε φορά ή κατ' ελάχιστο από εργαστήριο το οποίο παρέχει ιχνηλασιμότητα των διακριβωμένων οργάνων και διατάξεων δοκιμών.

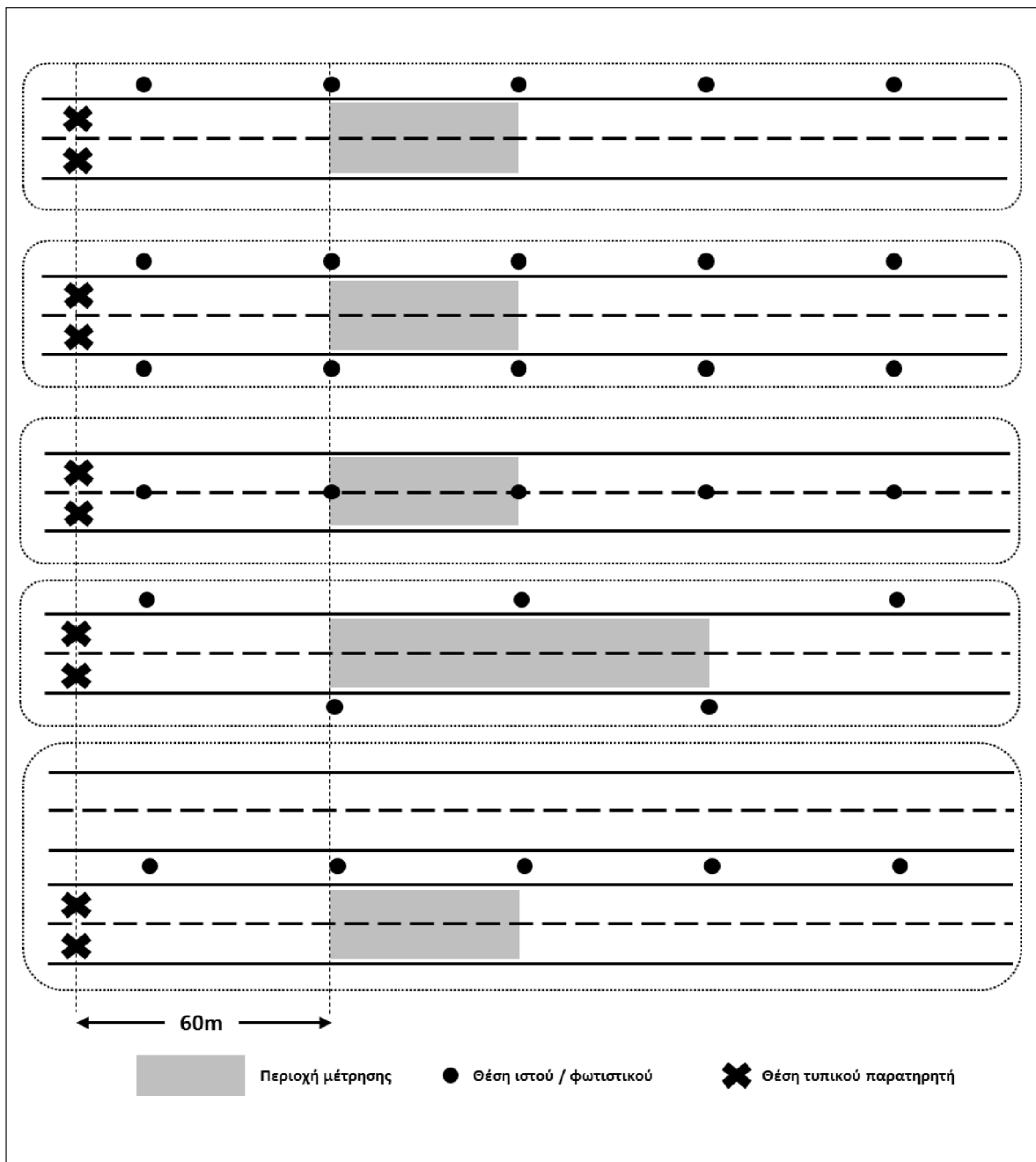
Τα φωτομετρικά στοιχεία, θα πρέπει να συνοδεύονται από την αντίστοιχη έκθεση μετρήσεων του φωτομετρικού εργαστηρίου, όπου έλαβε χώρα η μέτρηση των φωτιστικών. Επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία δεν είναι εμφανή στα επίσημα τεχνικά φυλλάδια των φωτιστικών και απαιτούνται από τον φορέα υλοποίησης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

Παράλληλα, για κάθε μελέτη φωτισμού που εκπονείται θα πρέπει να προσκομίζονται πλήρη φωτομετρικά στοιχεία σε ηλεκτρονική μορφή (φωτομετρικά αρχεία .ldt, .ies), κατάλληλη για άμεση εισαγωγή στα λογισμικά φωτοτεχνικών υπολογισμών.

4.2 Ορισμός περιοχών μέτρησης φωτομετρικών μεγεθών

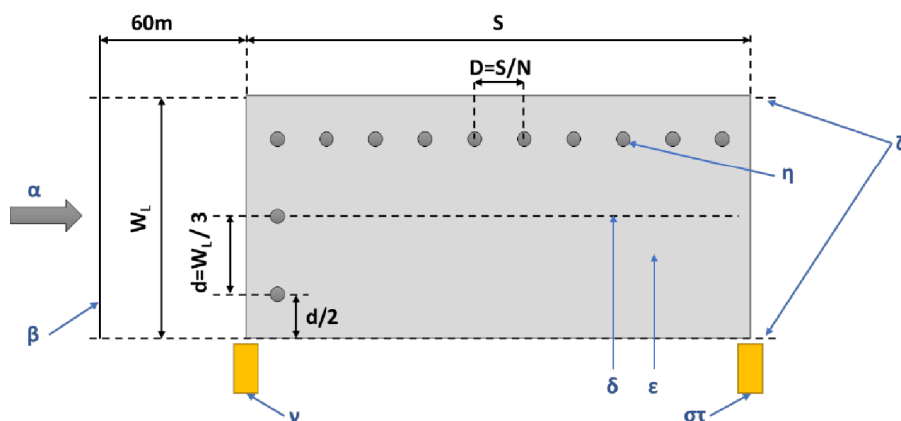
Οι μετρήσεις θα πρέπει να εκτελούνται στην περιοχή του οδοστρώματος που ορίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών ιστών της ίδιας πλευράς του οδοστρώματος. Η περιοχή αυτή ταυτίζεται με την περιοχή που ορίζεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-3 [6] και στην οποία εκτελούνται οι φωτομετρικοί υπολογισμοί στα λογισμικά μελετών φωτισμού. Στην περίπτωση μέτρησης φωτομετρικών χαρακτηριστικών περιοχών όπως διόδια, χώροι στάθμευσης, κόμβοι 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 (προ και μετά) 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. Στην περίπτωση μετρήσεων πολλαπλών οδών μπορεί να γίνει ομαδοποίηση των οδών όπως προτείνεται και κατά την εκπόνηση των μελετών φωτισμού (§ 3.7).



Εικόνα 1 – Τυπικές περιοχές μέτρησης φωτομετρικών χαρακτηριστικών οδοφωτισμού σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-3.

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 τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 13201-3 και ΕΛΟΤ EN 13201-4, 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 τη μέτρηση της λαμπρότητας του οδοστρώματος. Ο αριθμός των σημείων κατά μήκος είναι ενδεικτικός και υπολογίζεται για κάθε απόσταση μεταξύ των φωτιστικών.



Εικόνα 2 – Τυποποιημένος κάναβος μετρήσεων λαμπρότητας ή έντασης φωτισμού σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-3.

Τα μεγέθη της Εικόνας 2 ορίζονται ως εξής:

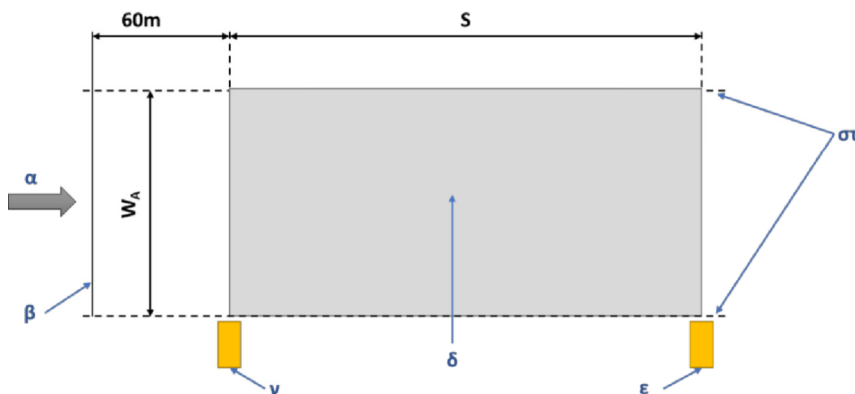
- α : Κατεύθυνση παρατηρητή
- β : Διαμήκης θέση παρατηρητή
- γ : Πρώτο φωτιστικό στην περιοχή των μετρήσεων
- δ : Κεντρικός άξονας της λωρίδας κυκλοφορίας
- ϵ : Περιοχή μετρήσεων
- σ : Τελευταίο φωτιστικό στην περιοχή των μετρήσεων
- ζ : Όρια λωρίδας κυκλοφορίας
- η : Σημεία μέτρησης
- W_L : Το πλάτος 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 $D \leq 3m$

Ο κάναβος μετρήσεων της Εικόνας 2 εφαρμόζεται σε κάθε λωρίδα κυκλοφορίας της υπό μέτρηση οδού.

Στην περίπτωση μέτρησης της λαμπρότητας με συσκευή ILMD (Imaging Luminance Measurement Device) η περιοχή μέτρησης δύναται να μετράται στο σύνολο των λωρίδων κυκλοφορίας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται στην Ενότητα 4.4.



Εικόνα 3 – Λήψη του συνόλου της περιοχής μέτρησης για μέτρηση λαμπρότητας με συσκευή ILMD σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-3.

Τα μεγέθη της Εικόνας 3 ορίζονται ως εξής:

- α : Κατεύθυνση παρατηρητή
- β : Διαμήκης θέση παρατηρητή
- γ : Πρώτο φωτιστικό στην περιοχή των μετρήσεων
- δ : Περιοχή μετρήσεων
- ϵ : Τελευταίο φωτιστικό στην περιοχή των μετρήσεων
- $\sigma\tau$: Όρια λωρίδας κυκλοφορίας
- W_A : Το πλάτος της περιοχής μέτρησης
- S : Η απόσταση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων

4.3 Ελάχιστες προδιαγραφές οργάνων μέτρησης

Τα όργανα μέτρησης φωτομετρικών, γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών μίας εγκατάστασης οδοφωτισμού θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα για τη χρήση που προορίζονται, να διαθέτουν τα ανάλογα πιστοποιητικά διακρίβωσης, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στη διασφάλιση της ιχνηλασιμότητας των αντίστοιχων μετρήσεων και να καλύπτουν το εύρος μέτρησης κάθε μετρούμενου μεγέθους που αναμένεται να μετρηθεί στο πεδίο. Στον Πίνακα 17 αναγράφονται οι ελάχιστες απαιτήσεις των οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιούνται στον έλεγχο εγκαταστάσεων οδοφωτισμού.

4.4 Μετρήσεις πεδίου οδών κλάσης M

Στις οδούς κλάσης φωτισμού M, 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 και 3. Τα όργανα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι το ειδικό φορητό αναλογικό λαμπρόμετρο με αυστηρά στενό ορθογώνιο οπτικό πεδίο ή μία συσκευή ILMD (Imaging Luminance Measurement Device) ή κοινώς κάμερα λαμπρότητας. Προτείνεται σαφώς η χρήση μίας συσκευής ILMD.

Οι μετρήσεις θα πρέπει να εκτελούνται σε τουλάχιστον τρεις αντιπροσωπευτικούς για την οδό κανάβους (πλάτος οδού, απόσταση και ύψος ιστών, τύπος φωτιστικού κ.λπ). 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 το επιλεγμένο τμήμα περιέχει τμήματα ασφάλτου διαφορετικής ποιότητας και χρονολογίας επίστρωσης ή αλλοιώσεις από τη χρήση, θα πρέπει να επιλέγεται εναλλακτικός κανάβος 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.

Πίνακας 17 – Ελάχιστες απαιτήσεις οργάνων μέτρησης εγκαταστάσεων οδοφωτισμού

Τύπος μέτρησης	Χαρακτηριστικό	Απαίτηση
Ένταση φωτισμού (φορητό όργανο)	Εύρος μέτρησης	0.1 – 10.000 lx ή ευρύτερο
	Ακρίβεια	±3% ±1 ψηφίο
	Επαναληψιμότητα	±1% ±1 ψηφίο
	Ακρίβεια φίλτρου V(λ)	f1' <6%
	Διόρθωση συνημίτονου	f2 < 3%
	Φασματική διόρθωση	NAI
Λαμπρότητα (φορητό αναλογικό όργανο)	Εύρος μέτρησης	0.01 – 10.000 cd/m ² ή ευρύτερο
	Οπτικό πεδίο	2' της μοίρας κατά μήκος 20' της μοίρας πλάτος
	Ακρίβεια φίλτρου V(λ)	f1' <6%
	Φασματική διόρθωση	NAI
	Ακρίβεια	±3% ±1 ψηφίο
	Επαναληψιμότητα	±1% ±1 ψηφίο
Λαμπρότητα (συσκευή ILM D)	Εύρος μέτρησης	0.001 – 10.000 cd/m ² ή ευρύτερο
	Ανάλυση εικόνας	640x480 pixel ή μεγαλύτερη
	Οπτικό πεδίο	>20ο οριζόντια >10ο κατακόρυφα
	Ακρίβεια φίλτρου V(λ)*	f1' <6%
	Φασματική διόρθωση	NAI
	Ακρίβεια	±3% ±1 ψηφίο
	Διόρθωση σκίασης φακού	NAI
	Διόρθωση θορύβου	NAI
Φάσμα / θερμ. χρώματος (φορητό φασματόμετρο ή χρωματομέτρο)	Εύρος φασματικής απόκρισης οργάνου	380-780 nm ή ευρύτερο
	Ανάλυση μέτρησης (φασματόμετρο)	1nm ή μικρότερη
	Υπολογισμός θερμοκρασίας χρώματος (T)	NAI
	Υπολογισμός Ra	Επιθυμητός
Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (φορητός αναλυτής ισχύος)	Μέτρηση τάσης (V)	NAI
	Μέτρηση ρεύματος (I)	NAI
	Μέτρηση Ισχύος (VA, W, Var)	NAI
	Μέτρηση συντελεστή ισχύος (λ)	NAI
	Μέτρηση αρμονικής παραμόρφωσης (THD)	NAI
Μέτρηση αποστάσεων (αποστασιομέτρο 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	NAI
	Μέτρηση σχετικής υγρασίας	NAI
	Αποθήκευση χρονοσειράς μετρήσεων	NAI

Η εκτέλεση των μετρήσεων θα πρέπει να πραγματοποιείται όταν η εγκατάσταση οδοφωτισμού έχει λειτουργήσει για ικανό χρονικό διάστημα στο οποίο η φωτεινή ροή των φωτιστικών έχει σταθεροποιηθεί. Το διάστημα αυτό πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο της 1 ώρας. Για την επιβεβαίωση της σταθεροποίησης προτείνεται η λήψη επαναλαμβανόμενων μετρήσεων στο ίδιο σημείο/περιοχή ανά τακτά χρονικά διαστήματα (~10 λεπτά).

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. Η τελική περιοχή μέτρησης θα πρέπει να παρουσιάζεται στην αναφορά επί των μετρήσεων.

Για τον υπολογισμό της μέσης λαμπρότητας και των ποιοτικών δεικτών ορίζονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-4 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 πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-4.

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 χρήσης 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 κανάβου στο οδόστρωμα και στη στόχευση του κάθε σημείου από τα 60m. Η μέθοδος αυτή δεν προτείνεται καθώς εισάγει μεγάλο αριθμό πηγών αβεβαιότητας επί των μετρήσεων.

4.5 Μετρήσεις πεδίου οδών κλάσης C & P

Στις οδούς κλάσης φωτισμού M, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην §3.2, το βασικό μέγεθος υπολογισμού και αξιολόγησης του επιπέδου φωτισμού είναι η ένταση φωτισμού (illuminance) με μονάδες μέτρησης lx. 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 οδό κανάβους (πλάτος οδού, απόσταση και ύψος ιστών, τύπος φωτιστικού κ.λπ). 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 στη σωστή επιλογή της κλίμακας μέτρησης του οργάνου, εφόσον αυτό δεν διαθέτει αυτόματη εναλλαγή κλίμακας.

4.6 Μέτρηση γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών

Σε κάθε μέτρηση πεδίου θα πρέπει απαραίτητα 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 λωρίδας έκτακτης ανάγκης
- 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.

4.7 Ελάχιστες απαιτήσεις εκθέσεων μετρήσεων

Η έκθεση επί των μετρήσεων εγκαταστάσεων οδοφωτισμού θα πρέπει να περιέχει κατ' ελάχιστον τα ακόλουθα στοιχεία, στην περίπτωση που ζητούνται οι υπηρεσίες από ένα εργαστήριο που δεν είναι διαπιστευμένο σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025, όπως έχει εκδοθεί και ισχύει κάθε φορά:

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).

5.Τεχνολογίες και τεχνικές διαχείρισης συστημάτων οδοφωτισμού

5.1 Εισαγωγή

Ο έλεγχος των φωτιστικών σωμάτων προσφέρει σημαντικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας σε σχέση με τη συνεχή λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων στο μέγιστο της ισχύος καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας. Η ρύθμιση της φωτεινής ροής των φωτιστικών επιτρέπεται όταν οι συνθήκες (λειτουργικές και περιβάλλοντος) το επιτρέπουν. Στην ενότητα 3.2 περιγράφηκε ο τρόπος με τον οποίο επιλέγονται οι κλάσεις προσαρμοστικού φωτισμού μίας οδού σύμφωνα με την Τεχνική Έκθεση CEN/TR13201-1.

Ο έλεγχος των εγκαταστάσεων 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 κεντρικός 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 ότι ο απομακρυσμένος έλεγχος.

Στην περίπτωση επιλογής κλάσεων προσαρμοστικού φωτισμού ο μελετητής οφείλει να διαστασιολογήσει και να προδιαγράψει το σύστημα ελέγχου που διαθέτει την κατάλληλη λειτουργικότητα για την περίπτωση. Στην περίπτωση αυτή το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος ελέγχου καθώς και η υπολογιζόμενη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας θα πρέπει να συνυπολογίζονται στους τεchnοοικονομικούς υπολογισμούς που περιγράφονται στην ενότητα 3.9.

5.2 Διαλειτουργικότητα συστημάτων ελέγχου

Τα συστήματα ελέγχου εγκαταστάσεων οδοφωτισμού θα πρέπει απαραίτητα να διαθέτουν την κατάλληλη τεχνολογία ώστε να επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα με άλλα συστήματα ελέγχου. Η διαλειτουργικότητα αφορά στις ακόλουθες παραμέτρους:

- α) Τη δυνατότητα ελέγχου ενός φωτιστικού σώματος ενός κατασκευαστή από σύστημα ελέγχου του ιδίου ή τρίτου κατασκευαστή. Πρακτικά κάθε κατασκευαστής συστήματος ελέγχου θα πρέπει να υποστηρίζει τον έλεγχο λειτουργίας οποιουδήποτε φωτιστικού σώματος τρίτου κατασκευαστή υπό ορισμένες ελάχιστες προδιαγραφές.
- β) Τη δυνατότητα ανταλλαγής λειτουργικών στοιχείων και σημάτων ελέγχου μεταξύ δύο ή περισσότερων συστημάτων ελέγχου διαφορετικών κατασκευαστών υπό κοινό λογισμικό ελέγχου. Για το σκοπό αυτό απαιτείται η παροχή κατάλληλης διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών (API, SDK κ.λπ) από τον κατασκευαστή συστήματος ελέγχου.
- γ) Την αποσύνδεση της υποχρεωτικής προμήθειας φωτιστικού σώματος και συστήματος ελέγχου από τον ίδιο κατασκευαστή. Για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας αυτής προτείνεται χρήση συστημάτων ελέγχου που διαθέτουν ελεγκτές φωτιστικών σωμάτων που εγκαθίστανται εξωτερικά του φωτιστικού σώματος στο κέλυφος μέσω τυποποιημένων επαφών (NEMA, Zhaga κ.λπ) ή στον ιστό φωτισμού.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διαθέσιμες τεχνολογίες και οι δυνατότητες ελέγχου φωτιστικών σωμάτων τοπικά και απομακρυσμένα.

5.3 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:

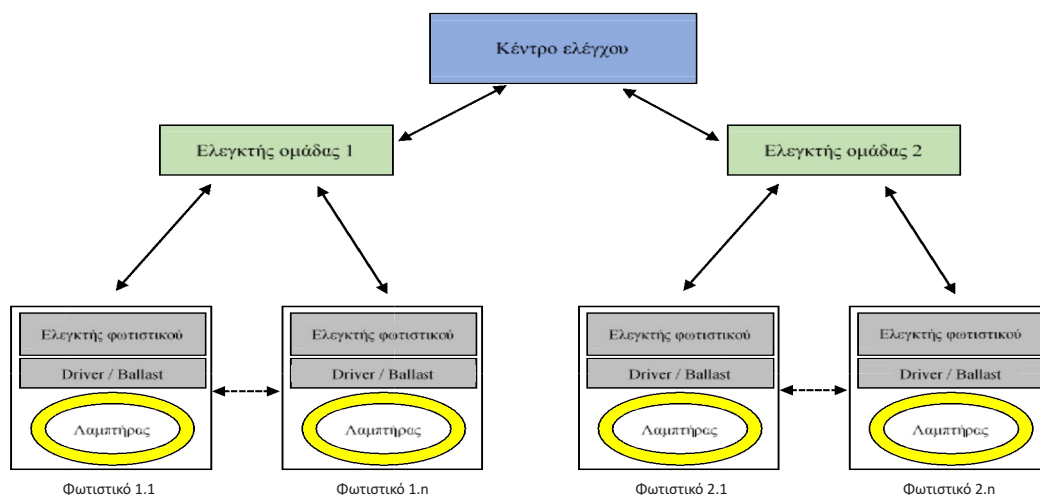
1. Απλή ενεργοποίηση και απενεργοποίηση (on/off) με τη χρήση κατάλληλου σήματος στο κύκλωμα παροχής ισχύος, αστρονομικό διακόπτη ή φωτοκύτταρο. Εφαρμόζεται σε συμβατικά φωτιστικά και σε φωτιστικά LED
2. Προγραμματισμένη μείωση της φωτεινής ροής κατά τη διάρκεια της νύχτας (step dimming) μέσω ενός κατάλληλου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

5.4 Απομακρυσμένος κεντρικός 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 δυναμικό 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.
4. Φιλοξενία επιπρόσθετων αισθητήρων (κίνησης, παρουσίας, αναγνώρισης χρηστών οδού, καιρικών συνθηκών κ.α.) με τους οποίους αυξάνει η λειτουργικότητα του δικτύου και η παρεχόμενη πληροφόρηση προς τον διαχειριστή της εγκατάστασης οδοφωτισμού.

Όσον αφορά στην υλοποίηση του απομακρυσμένου ελέγχου, αυτός γίνεται με δύο βασικούς τρόπους: Ενσύρματα ή 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. Ορισμένα συστήματα ελέγχου δύναται να μην χρησιμοποιούν ελεγκτές ομάδας και κάθε φωτιστικό να επικοινωνεί απευθείας με το κέντρο ελέγχου.



Εικόνα 4 – Ενδεικτική τοπολογία συστήματος απομακρυσμένης διαχείρισης δικτύου οδοφωτισμού

Οι ιδιότητες και οι τεχνικές δυνατότητες του κάθε στοιχείου της τοπολογίας της Εικόνας 4 αναλύονται 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. Παρέχει συνήθως οπτική πληροφόρηση λειτουργίας σε σύστημα GIS, αποθήκευση λειτουργικών παραμέτρων σε βάση δεδομένων, δημιουργία αναφορών λειτουργίας, σηματοδότηση σφαλμάτων, ομαδοποίηση φωτιστικών σωμάτων κ.α.
2. **Ελεγκτής ομάδας φωτιστικών:** Ο ελεγκτής, εφόσον υφίσταται, 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 ή πολλαπλή ιδιότητα, ανάλογα με τις ανάγκες της εγκατάστασης. Ο βασικός του ρόλος είναι να λαμβάνει τα σήματα ελέγχου από τον ελεγκτή ομάδας και να ενεργοποιεί/απενεργοποιεί το φωτιστικό σώμα ή να ρυθμίζει τη φωτεινή του ροή. Παράλληλα δύναται να παρέχει μετρήσεις των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του φωτιστικού σώματος και να ανιχνεύει ενδεχόμενες δυσλειτουργίες και βλάβες.
4. **Driver/ballast:** Αποτελεί το σύστημα τροφοδοσίας της φωτεινής πηγής του φωτιστικού σώματος. Παρέχει ή όχι τη δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής και πιθανώς την τροφοδοσία δευτερευόντων συστημάτων του φωτιστικού σώματος.
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.

6. Βιβλιογραφία

- [1] EN/TR 13201-1:2014, Road lighting - Part1: Guidelines on selection of lighting classes
- [2] ΕΛΟΤ EN 13201-2:2015, Φωτισμός οδών - Μέρος 2: Απαιτήσεις επιδόσεων
- [3] CIE 154:2003, The Maintenance of Outdoor Lighting Systems. Commission Internationale de l'Eclairage
- [4] ANSI/IES LM-80:2016, Measuring Luminous Flux and Color Maintenance of LED Packages, Arrays and Modules. Illuminating Engineering Society
- [5] IES TM-21:2011, Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources. Illuminating Engineering Society
- [6] ΕΛΟΤ EN 13201-3:2016, Φωτισμός οδών - Μέρος 3: Υπολογισμός επιδόσεων
- [7] ΦΕΚ 1792/Β/2004
- [8] ΕΛΟΤ EN 13201-5:2016, Φωτισμός οδών - Μέρος 5: Δείκτες ενεργειακής επίδοσης
- [9] 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
- [10] ΦΕΚ 407/Β/2010, Άρθρο 5
- [11] ΕΛΟΤ EN 13201-4:2016, Φωτισμός οδών - Μέρος 4: Μέθοδοι μέτρησης επιδόσεων φωτισμού
- [12] Φ. Β. Τοπαλής, Φωτοτεχνία, Βασικές αρχές φωτομετρίας και μελέτες φωτισμού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1994
- [13] Κ. Α. Μπουρούσης, Εργαλεία Γνώσης για τη Σχεδίαση και Προσομοίωση έργων Φωτισμού, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα 2014

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - Κανονιστικό πλαίσιο – Βασικές Αρχές Εργασιών

Π1.1 Κανονιστικό Πλαίσιο

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 ΕΕ και να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις όλων των Ευρωπαϊκών Οδηγιών και των Εθνικών Διατάξεων Τεχνικής Εναρμόνισης που τα αφορούν όπως εκάστοτε ισχύουν.

Η δήλωση συμμόρφωσης πρέπει να έχει συνταχθεί σύμφωνα με τις διατάξεις των αντίστοιχων Οδηγιών και αποτελεί μέρος της διαδικασίας αξιολόγησης της συμμόρφωσης που έχει διενεργήσει ο έχων την αντίστοιχη υποχρέωση (κατασκευαστής, εισαγωγέας κ.ο.κ). Η δήλωση συμμόρφωσης (ΕΕ) πρέπει να περιέχει όλες τις σχετικές πληροφορίες για τον προσδιορισμό της νομοθεσίας εναρμόνισης, σύμφωνα με την οποία έχει εκδοθεί, του κατασκευαστή ή του εξουσιοδοτημένου αντιπροσώπου, του κοινοποιημένου οργανισμού, εφόσον εφαρμόζεται, του προϊόντος και των εναρμονισμένων προτύπων ή άλλων τεχνικών προδιαγραφών.

Ενδεικτικά, 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 Οδηγία 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 συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα, όπως ισχύει.
- Οδηγία 2010/30 για την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας και λοιπών πόρων από τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα μέσω της επισήμανσης και της παροχής ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με αυτά (ECOLABELING).
- Οδηγία 2014/24/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 26ης Φεβρουαρίου 2014, σχετικά με τις δημόσιες προμήθειες και την κατάργηση της οδηγίας 2004/18/ΕΚ. (1)
- 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 το 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.

Π1.2 Προδιαγραφές Υλικών

Οι προδιαγραφές των υλικών και εξαρτημάτων καθώς και οι τεχνικές προδιαγραφές, κανονισμοί και οδηγίες για το σύνολο των τεχνικών έργων, θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις εκάστοτε ισχύουσες Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΤΕΠ). Οι Τεχνικές αυτές προδιαγραφές, επικαιροποιούνται και αναπροσαρμόζονται με μέριμνα του ΕΛΟΤ, ώστε να βελτιώνονται και να καθίστανται επίκαιρες με την τεχνολογική εξέλιξη και ανάπτυξη, καθώς και με αλλαγές στο κανονιστικό πλαίσιο.

Για το σκοπό αυτό, έχουν συνταχθεί οι ακόλουθες Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές:

- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-07-01-00, Υποδομή οδοφωτισμού
- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-07-02-00, Ιστοί οδοφωτισμού και φωτιστικά σώματα

Σε κάθε περίπτωση, ο νόμος 4412/2016 (ΦΕΚ Α' 147 - 08/08/2016) «Δημόσιες Συμβάσεις Έργων, Προμηθειών και Υπηρεσιών» και ο νόμος 4413/2016 (ΦΕΚ Α' 148 - 08/08/2016) «Ανάθεση και εκτέλεση συμβάσεων παραχώρησης» αποτελούν τους βασικούς νόμους-πλαίσιο κάτω από τους οποίους προσδιορίζονται οι Τεχνικές Προδιαγραφές, τα απαιτούμενα Σήματα, οι εκθέσεις Δοκιμών, οι Πιστοποιήσεις και οτιδήποτε σχετίζεται με την υλοποίηση ενός Δημόσιου Έργου, από τη μελέτη σκοπιμότητας έως και την τελική παραλαβή του.

Σημειώνεται ότι η Τεχνική Μελέτη, μπορεί να προσαρμόζει προδιαγραφές οι οποίες σχετίζονται με την απόδοση, την ηλεκτρολογική/ ηλεκτρονική προστασία των φωτιστικών σωμάτων, τη θερμοκρασία τους και την οικονομικότητα του συστήματος, ώστε να επιτυγχάνεται η αρτιότερη εφαρμογή της, πάντοτε εντός του ανωτέρω πλαισίου, όπως αυτό εκάστοτε ισχύει.

Π1.3 Εκτέλεση Εργασιών

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 ΑΕ) 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.

Π1.4 Υγεία και Ασφάλεια κατά την εκτέλεση των εργασιών

Π1.4.1 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 κ.λπ.) με ακατάλληλη φθαρμένη μόνωση (κίνδυνος ηλεκτροπληξίας)

Είναι επιθυμητό να χρησιμοποιούνται εργαλεία πιστοποιημένα σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 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 πρέπει να εξουσιοδοτείται προς τούτο.

Π1.4.2 Αντιμετώπιση κινδύνων

Εφαρμόζεται η Οδηγία 92/57/ΕΕ (όπως ενσωματώθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία με το Π.Δ. 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 EN 388
- Προστασία κεφαλιού: σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 397
- Προστασία ποδιών: σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 20345
- Προστασία οφθαλμών: σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 166 E2

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).

Π1.5 Επεμβάσεις επί του 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).

Π1.6 Σχετικά πρότυπα

Ενδεικτικά παρατίθενται τα παρακάτω ισχύοντα πρότυπα κατά την περίοδο σύνταξης της ΤΟΤΕΕ.

- ΕΛΟΤ EN 60598-1, Φωτιστικά σώματα - Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις και δοκιμές
- ΕΛΟΤ EN 60598-2-3, Φωτιστικά σώματα - Μέρος 2-3: Ειδικές απαιτήσεις - Φωτιστικά σώματα για οδικό φωτισμό
- ΕΛΟΤ EN 55015, Όρια και μέθοδοι μετρήσεων χαρακτηριστικών ραδιοδιαταραχών ηλεκτρικών συσκευών φωτισμού και παρόμοιων συσκευών
- ΕΛΟΤ EN 61547, Εξοπλισμός για φωτισμό γενικής χρήσης - Απαιτήσεις ατρωσίας EMC
- ΕΛΟΤ EN 61000-3-2, Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) - Μέρος 3-2: Όρια - Όρια εκπομπών αρμονικού ρεύματος (ρεύμα εισόδου συσκευής μέχρι και 16 Α ανά φάση)
- ΕΛΟΤ EN 61000-4-X, Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα, EMC
- ΕΛΟΤ EN 62031, Δομοστοιχεία LED για γενικό φωτισμό - Προδιαγραφές ασφάλειας
- ΕΛΟΤ EN 62471, Φωτοβιολογική ασφάλεια λαμπτήρων και συστήματα λαμπτήρων

- ΕΛΟΤ EN 62560, Λαμπτήρες LED με αυτοστραγγαλισμό για υπηρεσίες γενικού φωτισμού σε τάση > 50 V - Προδιαγραφές ασφαλείας
- ΕΛΟΤ EN 62722-1, Απόδοση φωτιστικού σώματος - Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις
- ΕΛΟΤ EN 62722-2-1, Απόδοση φωτιστικών σωμάτων - Μέρος 2-1: Ειδικές απαιτήσεις για φωτιστικά σώματα LED
- ΕΛΟΤ EN 60529, Βαθμοί προστασίας παρεχόμενης από περιβλήματα – IP Code
- ΕΛΟΤ EN 62262, Βαθμοί προστασίας που παρέχονται από περιβλήματα για ηλεκτρικό εξοπλισμό έναντι εξωτερικών μηχανικών κρούσεων (κωδικός IK)
- IESNA LM-80-08, Measuring Lumen Maintenance of Led Light Sources
- IES TM-21-11, Projecting Long Term Lumen Maintenance of Led Light Sources
- ΕΛΟΤ EN ISO 9000, Συστήματα διαχείρισης ποιότητας - Θεμελιώδεις αρχές και λεξιλόγιο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 - Ευρετήριο όρων

Ελληνικός όρος	Αγγλικός όρος	Επεξήγηση
απόσταση ασφαλούς ακινητοποίησης	stopping distance	απόσταση στην οποία ένα όχημα που κινείται με ορισμένη ταχύτητα ακινητοποιείται σε οδόστρωμα σε συγκεκριμένη κλίση και τύπο οδοστρώματος
ένταση φωτισμού	illuminance	ο λόγος της φωτεινής ροής που προσπίπτει κάθετα σε μία επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής
θερμοκρασία χρώματος	colour temperature	η θερμοκρασία στη οποία το μέλαν σώμα εκπέμπει φως ίδιας απόχρωσης με τη φωτεινή πηγή
λαμπρόμετρο	luminance meter	όργανο μέτρησης της λαμπρότητας μίας επιφάνειας, αυτόφωτης ή ετερόφωτης.
λαμπρότητα	luminance	ο λόγος της φωτεινής έντασης που εκπέμπει μία φωτεινή πηγή προς μία κατεύθυνση προς το εμβαδόν της φαινόμενης επιφάνειας της πηγής προς την ίδια κατεύθυνση
λουξόμετρο	lux meter	βλέπε φωτόμετρο
ρύθμιση φωτεινής ροής	light dimming	η διαδικασία κατά την οποία, μέσω κατάλληλου εξοπλισμού ελέγχου, δύναται η εκούσια μεταβολή της φωτεινής ροής ενός φωτιστικού σώματος ή ενός λαμπτήρα
συντελεστής συντήρησης	maintenance factor	πολλαπλασιαστικός παράγοντας σε αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών ο οποίος αφορά το ποσοστό της απομείωσης του εξοπλισμού και της εγκατάστασης φωτισμού με την πάροδο του χρόνου
σύστημα προσαρμοστικού φωτισμού	adaptive lighting system	το σύνολο του υλισμικού και λογισμικού που επιτρέπει την αυτόματη προσαρμογή της φωτεινής ροής φωτιστικών και λαμπτήρων μέσω σημάτων από εξωτερικούς αισθητήρες και κριτήρια αποφάσεων
φωτεινή απόδοση	luminous efficiency	ποσοστό φωτεινής ροής που παράγεται από 1 W ηλεκτρικής ισχύος (μετράται σε lm/W)
φωτεινή ένταση	luminous intensity	η φωτεινή ροή που εκπέμπεται εντός μιας στερεάς γωνίας προς τη γωνία αυτή
φωτεινή ροή	luminous flux	η ενέργεια που εκπέμπει μία πηγή στο ορατό φάσμα ανά μονάδα χρόνου
φωτιστικό σώμα	luminaire	συσκευή η οποία διαχειρίζεται τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων
φωτοεκπέμπουσα δίοδος	Light Emitting Diode (LED)	φωτεινές πηγές όπου το φως παράγεται μέσω εκπομπής φωτονίων από ημιαγώγιμα υλικά
φωτόμετρο	photometer	όργανο με το οποίο μετράται το μέγεθος της έντασης φωτισμού
φωτοτεχνικοί υπολογισμοί	photometric calculations	μεθοδολογίες και αλγόριθμοι υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών καθώς και δεικτών που αφορούν τον σχεδιασμό φωτισμού
χρωματόμετρο	colorimeter	όργανο μέτρησης του χρώματος μίας αυτόφωτης ή ετερόφωτης επιφάνειας

