



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΟΔΩΝ

Επιβλέπων καθηγητής: Μανουσάκης Νικόλαος

Σπουδαστής: Παπαθεοδοσίου Ελισσάβετ

ΑΜ: 44201

ΑΙΓΑΛΕΩ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Α. Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Νικόλαο Μανουσάκη που με ενθάρρυνε να ασχοληθώ με ένα θέμα τόσο ενδιαφέρον και καινοτόμο. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής που μου πρόσφερε τις βασικές και απαραίτητες γνώσεις για να επιτελέσω ένα σημαντικό ρόλο όσο αυτό του μηχανικού , καθώς και την εταιρεία που εκπόνησα την πρακτική μου άσκηση και που μου έδωσε την δυνατότητα να πραγματοποιήσω στην πράξη ό,τι είχα διδαχθεί. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον άνδρα μου και τους γονείς μου για την συμπαράστασή τους και τα «εργαλεία» με τα οποία με έχουν εξοπλίσει όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες ... 3

Περιεχόμενα ... 4

Περίληψη ... 12

Κεφάλαιο 1^ο: Βασικοί ορισμοί ... 15

1.1 Ενέργεια ... 15

1.1.1 Ενεργειακά μεγέθη-Μονάδες Μέτρησης ... 15

1.2 Τι είναι Φως; ... 16

1.2.1 Όραση και Φως ... 17

1.2.2 Φωτομετρία ... 18

1.2.3 Ανθρώπινο σύστημα όρασης ... 19

1.2.4 Ανάλυση του φωτός-Φάσμα ... 19

1.2.5 Ανάκλαση και Διάθλαση ... 20

Κεφάλαιο 2^ο: Φωτομετρικά Μεγέθη ... 23

2.1 Μέλαν σώμα ... 23

2.2 Βασικές φωτομετρικές μονάδες ... 25

2.3 Φωτομετρικά μεγέθη ... 25

2.3.1 Φωτεινή Ροή (Luminous Flux) ... 26

2.3.2 Φωτεινή Ένταση (Luminous Intensity, I) ... 26

2.3.3 Φωτεινή απόδοση (Luminous Efficacy) ... 26

2.3.4 Ένταση φωτισμού ή Ισχύς Φωτισμού (Illuminance, E) ... 26

2.3.5 Λαμπρότητα (Luminance, L) ... 27

2.3.6 Ομοιομορφία Λαμπρότητας (Uniformity, U) ... 27

2.3.7 Αντίθεση Λαμπρότητας (Contrast, C)...27

2.3.8 Φωτεινότητα (Luminosity) ... 28

2.3.9 Ακτινοβολία (Beam)... 28

2.3.10 Συντελεστής Χρησιμοποίησης ... 28

2.3.11 Συντελεστής Συντήρησης. ... 28

- 2.3.12 Στάθμη Φωτισμού ... 28
- 2.3.13 Διάρκεια Ζωής (Lifetime) ... 28
- 2.3.14 Θερμοκρασία χρώματος ... 28
- 2.3.15 Δείκτης χρωματικής απόδοσης(Color Rendering Index) ... 29
- 2.3.16 Θάμβωση ... 30

Κεφάλαιο 3^ο : Φωτεινοί Λαμπτήρες ... 35

- 3.1 Λαμπτήρες πυρακτώσεως ... 36
 - 3.1.1 Λαμπτήρες αλογόνου. ... 37
- 3.2 Λαμπτήρες φθορισμού ... 38
- 3.3 Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης ... 40
- 3.4 Λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων ... 41
- 3.5 Λαμπτήρες LED ... 42

Κεφάλαιο 4^ο : Φωτιστικά σώματα δρόμου και κατηγοριοποιήσεις .. 53

- 4.1 Κατηγοριοποίηση φωτιστικών σύμφωνα με την κατακόρυφη διασπορά ... 53
- 4.2 Κατηγοριοποίηση φωτιστικών σύμφωνα με την οριζόντια διασπορά ... 56
- 4.3 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την μηχανική αντοχή τους/βαθμός προστασίας IP ... 58

Κεφάλαιο 5^ο : Βασικά στοιχεία για τον σχεδιασμό του οδοφωτισμού ... 61

- 5.1 Στήριξη φωτιστικών σωμάτων ... 61
- 5.2 Διατάξεις φωτιστικών στο δρόμο ... 63
 - 5.2.1 Εγκάρσια τοποθέτηση... 63
 - 5.2.2 Διαμήκης τοποθέτηση ... 63
 - 5.2.3 Μήκος επανάληψης των φωτιστικών σωμάτων ... 64
- 5.3 Φωτισμός σε ισόπεδους και ανισόπεδους δρόμους ... 64
 - 5.3.1 Ισόπεδοι κόμβοι ... 64
 - 5.3.2 Ανισόπεδοι κόμβοι ... 60
 - 5.3.3 Μεταβλητές που καθορίζουν την θέση του φωτιστικού πάνω σε ένα ιστό σε σχέση με το δρόμο ... 66
- 5.4 Φωτορύπανση ... 67
- 5.5 Ποιοτικός Φωτισμός ... 69

Κεφάλαιο 6ο : Πρότυπο ΕΛΟΤ EN13201-2015 ... 73

- 6.1.1 Κλάσεις φωτισμού ... 73
- 6.1.2 Επιλογή κλάσεων προσαρμοστικού οδοφωτισμού ...80
- 6.1.3 Παραδείγματα επιλογής κλάσεων οδοφωτισμού ...80
- 6.1.4 Συστάσεις φωτισμού ... 88
- 6.2 EN 13201.02/2015: Απαιτήσεις επιδόσεων ... 91
- 6.3 EN 13201.03 2015: Υπολογισμός Επιδόσεων & EN 13201.04 2015: Μέθοδοι Μέτρησης επιδόσεων φωτισμού ...93
 - 6.3.1 Υπολογισμός έντασης φωτισμού και λαμπρότητας ... 93
 - 6.3.2 Υπολογισμός λαμπρότητας ... 97
 - 6.3.3 Τοποθέτηση των σημείων υπολογισμού της λαμπρότητας ... 99
- 6.4 EN 13201.05 2015: Υπολογισμός δεικτών ενεργειακής επίδοσης ... 100

Κεφάλαιο 7ο: Φωτισμός δρόμου σύμφωνα με το πρότυπο EN 13201 2015 και την TOTEE ... 103

- 7.1 Τεχνική Οδηγία TEE (TOTEE) για τον Οδοφωτισμό ...104
 - 7.1.1 Σχεδιασμός οδοφωτισμού ... 106
 - 7.1.2 Τεχνοοικονομικοί υπολογισμοί ... 107
 - 7.1.3 Τεχνικές απαιτήσεις έργων οδοφωτισμού ... 110

Κεφάλαιο 8ο: Συστήματα τηλεελέγχου-τηλεδιαχείρισης-ελέγχου ενέργειας ... 113

- 8.1 Γιατί να τοποθετήσουμε σύστημα διαχείρισης φωτισμού; 113
- 8.2 Διάταξη συστήματος ... 115
- 8.3 Σύστημα ελέγχου φωτισμού Dali ... 118
- 8.4 Internet Of Things (IoT) ... 119
- 8.5 Σύστημα SCADA ... 121

Κεφάλαιο 9ο : Smart Cities-Έξυπνες Πόλεις ... 125

- 9.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Έξυπνης Πόλης ... 127

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1 . The Human Eye ... 12
- Σχήμα 2 . CIE συνάρτηση $V(\lambda)$ ή φωτομετρική ... 13
- Σχήμα 1 . Χρωματική απόδοση του φωτός ανάλογα με το μήκος κύματος λ ... 14
- Σχήμα 2 . α) ανάκλαση και β) διάχυση ... 15
- Σχήμα 3 . Διάθλαση ... 15
- Σχήμα 4 . Ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μέλαν σώμα ως συνάρτηση της συχνότητας και της θερμοκρασίας ... 17
- Σχήμα 5 . Καμπύλες ευαισθησίας ανθρώπινης όρασης ... 17
- Σχήμα 6 . Ένταση Φωτισμού ... 20
- Σχήμα 7 . Λαμπρότητα ... 20
- Σχήμα 8 . Παραδείγματα θερμοκρασίας χρώματος ... 23
- Σχήμα 9 . Παράδειγμα δείκτη χρωματικής απόδοσης ... 24
- Σχήμα 10 . Απευθείας θάμβωση από παράθυρα και φωτιστικά... 25
- Σχήμα 11 . Αντανεκλώμενη θάμβωση στην οθόνη του υπολογιστή από φωτιστικά οροφής ... 25
- Σχήμα 12 . Είδη λαμπτήρων ... 28
- Σχήμα 13 . Λαμπτήρας Πυράκτωσης ... 29
- Σχήμα 14 . Λαμπτήρες φθορισμού ... 32
- Σχήμα 15 . Πλεονεκτήματα λάμπας φθορίου ... 33
- Σχήμα 16 . Μειονεκτήματα λάμπας φθορίου ... 33
- Σχήμα 17 . Λαμπτήρας μεταλλικών αλογόνων ... 34
- Σχήμα 18 . Λαμπτήρες LED ... 36
- Σχήμα . 19 Χρώμα φωτισμού σε λαμπτήρες LED ... 37
- Σχήμα 20 . Διάδοση φωτός με συμμετρικό φακό LED ... 42
- Σχήμα 21 . Διάδοση φωτός με ασύμμετρο φακό LED ... 43
- Σχήμα 22 . Σχεδίαση υβριδικών φακών/ Ανάμειξη σχεδίων ... 44
- Σχήμα 23 . Σύγκριση Λαμπτήρων ... 48

Σχήμα 24 . Παράδειγμα φωτισμού με συγκεκριμένο τύπο διάδοσης φωτός ...	49
Σχήμα 25. Κατακόρυφη Διασπορά ...	50
Σχήμα 26. Μηδενικής αποκοπής ...	50
Σχήμα 27. Ημι-αποκοπής ...	51
Σχήμα 28. Πλήρους αποκοπής ...	51
Σχήμα 29. Cutoff ...	52
Σχήμα 30 . Full cutoff ...	52
Σχήμα 31. Τύπος 1 ...	53
Σχήμα 32. Τύπος 2 ...	53
Σχήμα 33. Τύπος 3 ...	53
Σχήμα 34. Τύπος 4 ...	54
Σχήμα 35. Τύπος 5 ...	54
Σχήμα 36. Φωτιστικό σώμα οριζόντιας διάταξης ...	54
Σχήμα 37. Φωτιστικό σώμα κατακόρυφης διάταξης. ...	54
Σχήμα 38. Φωτιστικά σώματα υψηλού ιστού ...	55
Σχήμα 39. Φωτιστικό σώμα διακοσμητικού τύπου. ...	55
Σχήμα 40. Φωτιστικό σώμα χώρου στάθμευσης. ...	55
Σχήμα 41. Φωτιστικό σώμα για σήραγγα. ...	55
Σχήμα 42. Γαλβανιζέ ιστός φωτισμού 14m με εξέδρα προβολέων ...	59
Σχήμα 43. Στύλος φωτισμού με καμπύλο βραχίονα ...	61
Σχήμα 44. Στύλος φωτισμού με ευθύγραμμο βραχίονα ...	61
Σχήμα 45. Φωτισμός επί υψηλών ιστών ...	61
Σχήμα 46. Στύλος φωτισμού με διπλό βραχίονα ...	61
Σχήμα 47. Μονόπλευρη Διάταξη ...	63
Σχήμα 48. Αμφίπλευρη Διάταξη ...	63
Σχήμα 49. Χιαστή Διάταξη ...	64
Σχήμα 50. Κεντρική Διάταξη ...	64

- Σχήμα 51. Αξονική Διάταξη ... 64
- Σχήμα 52. Μεταβλητές που καθορίζουν την θέση του φωτιστικού πάνω σε ένα ιστό σε σχέση με το δρόμο ... 67
- Σχήμα 53. Χώρος στάθμευσης στον Καναδά που προκαλούσε φωτορύπανση ... 69
- Σχήμα 54. Μείωση της κατανάλωσης του φωτισμού σε διάρκεια 2 χρόνων στην πόλη La Patrie ... 72
- Σχήμα 55. Κατηγορίες φωτισμού σε ανισόπεδο κόμβο αυτοκινητοδρόμου ... 84
- Σχήμα 56. Γωνίες για τον προσδιορισμό του συντελεστή λαμπρότητας q ... 102
- Σχήμα 57. Γωνίες C και γ για τον προσδιορισμό της φωτεινής έντασης I ... 103
- Σχήμα 58. Υπολογισμός φωτεινής έντασης I ... 104
- Σχήμα 59. Διάταξη μέτρησης λαμπρότητας ... 106
- Σχήμα 60. Θέσεις σημείων ... 107
- Σχήμα 61. Πλέγμα σημείων υπολογισμού της οριζόντιας έντασης φωτισμού ... 108
- Σχήμα 62. Πλέγμα σημείων υπολογισμού της λαμπρότητας ... 109
- Σχήμα 63. Παράδειγμα συστήματος τηλεχειρισμού ... 128
- Σχήμα 64. Internet of Things ... 135
- Σχήμα 65. Σύνδεση του Cloud Server με τις IoT συσκευές ... 135
- Σχήμα 66. Λειτουργία του IoT ... 136
- Σχήμα 67. Δημιουργία smart cities ... 137
- Σχήμα 68. Smart City ... 138
- Σχήμα 69. Τυπικό παράδειγμα έξυπνης πόλης ... 139
- Σχήμα 70. Τυπικό δέντρο έξυπνης πόλης ... 146

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 . Κατηγοριοποίηση φωτεινών πηγών σύμφωνα με την Θερμοκρασία Χρώματος (κατά CIE). ...	22
Πίνακας 2 ...	26
Πίνακας 3	45
Πίνακας 4	46
Πίνακας 3 ...	47
Πίνακας 4 ...	57
Πίνακας 5 ...	58
Πίνακας 6. Παράμετροι επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά EN13201.1:2015 ...	78
Πίνακας 7. Πίνακας Αντιστοίχιση κλάσεων φωτισμού M και C αναλόγως του συνολικού συντελεστή ανακλαστικότητας της ασφάλτου Q0. ...	79
Πίνακας 8 . Παράμετροι επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά EN13201.1:2015 ...	80
Πίνακας 9 . Παράμετροι επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά EN13201.1 ...	81
Πίνακας 10 ...	83
Πίνακας 11... ..	83
Πίνακας 12 . Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά EN13201.1:2015 ...	88
Πίνακας 13. Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά EN13201.1:2015 ...	89
Πίνακας 14. Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά EN13201.1:2015 ...	90
Πίνακας 15. Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά EN13201.1 ...	90
Πίνακας 168 ...	92
Πίνακας 179 ...	95
Πίνακας 18. Κατηγορίες/Κλάσεις φωτεινής έντασης για έλεγχο της θάμβωσης ανικανότητας ...	96
Πίνακας 19. Κατηγορίες/κλάσεις του δείκτη θάμβωσης ενόχλησης ...	97
Πίνακας 20. Επιλογή κατηγορίας δείκτη χρωματικής απόδοσης ...	98
Πίνακας 21 ..	99
Πίνακας 22 ...	100

Πίνακας 23 ... 100

Πίνακας 24 ... 101

SUMMARY

The purpose of this paper is the presentation of the advantages of road lighting with led luminaires controlled by remote management systems.

The replacement of the current road lighting with led luminaires offers energy saving, minimizes energy's bad effect on the environment and reduces car accidents. The combination of LED luminaires with remote management systems makes lighting control ,via smart devices, easier. Remote management systems provide reduction of operating costs, energy consumption whereas they are an introduction to smart cities.

In this paper terms such as (IOT (Internet of Things), smart grids , smart cities etc.) will be mentioned , since they have a great impact on the domain of energy efficiency and evolution.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της διατριβής αυτής είναι η παρουσίαση των πλεονεκτημάτων του οδοφωτισμού με λαμπτήρες LED και η χρήση συστημάτων τηλεδιαχείρισης.

Η αντικατάσταση του υφιστάμενου φωτισμού δρόμων με λαμπτήρες LED προσφέρει πέρα από προφανή εξοικονόμηση ενέργειας, βελτίωση του ενεργειακού αποτυπώματος στο περιβάλλον καθώς και μείωση του κινδύνου για τροχαία ατυχήματα. Επιπλέον σε συνδιασμό με σύστημα τηλεδιαχείρισης κάνει πιο εύκολο τον έλεγχο του οδοφωτισμού από απομακρυσμένο σημείο με χρήση έξυπνων συσκευών. Τα συστήματα τηλεδιαχείρισης βελτιώνουν το κόστος λειτουργίας, μειώνουν την ενεργειακή κατανάλωση ενώ αποτελούν το πρώτο βήμα για τη δημιουργία «έξυπνων πόλεων» (smart cities) .

Στην εργασία αυτή θα αναφερθούν και θα αναλυθούν έννοιες που μονοπολούν αυτή τη στιγμή το ενδιαφέρον του τομέα της εξέλιξης,καινοτομίας και της τεχνολογίας, όπως IOT (Internet Of Things), smart cities, smart meters κλπ.

Λέξεις κλειδιά:Led, οδοφωτισμός, πλεονεκτήματα,συστήματα τηλεδιαχείρισης, πρότυπο ΕΛΟΤ 13201, Internet of things, Smart cities.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

1.1 Ενέργεια

Κάθε φυσικό σύστημα περιέχει (ή εναλλακτικά αποθηκεύει) μία ποσότητα που ονομάζεται ενέργεια. Ενέργεια, συνεπώς, είναι η ικανότητα ενός σώματος ή συστήματος να παραγάγει έργο(ενέργεια: εν + έργο). Το έργο σχετίζεται με την αλλαγή, την κίνηση ή τη στήριξη και ισοδυναμεί με την ενέργεια που δόθηκε στο αντικείμενο. Η ύλη, όταν προσλάβει ενέργεια, μπορεί να αποκτήσει διαφορετική οργάνωση στη δομή της (από στερεή να γίνει υγρή ή αέρια), ακόμη και να αλλάξει τη δομή της π.χ. με χημική αντίδραση.

Η ενέργεια είναι φυσική ποσότητα που μπορεί να μετρηθεί και καθορίζει ποιες αλλαγές, γεγονότα ή φυσικά φαινόμενα είναι δυνατόν να συμβούν. Δεν καθορίζει όμως αν θα συμβούν, μια που αυτό εξαρτάται από τις εκάστοτε συνθήκες. Για παράδειγμα, η απαραίτητη συνθήκη για να θερμανθεί το περιβάλλον από ένα θερμό σώμα (έχει αποθηκευμένη ενέργεια) είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος να είναι χαμηλότερη από αυτή του θερμού σώματος.

Η έννοια της ενέργειας χρησιμοποιείται και ευρύτερα, όταν αναφερόμαστε σε κοινωνικές, πολιτικές, πολιτιστικές, αισθητικές δραστηριότητες.

"Η ενέργεια περικλείεται ή εμπεριέχεται, αποθηκεύεται, εκπέμπεται, μεταβιβάζεται, απορροφάται, μετατρέπεται, διατηρείται, υποβαθμίζεται, ρέει."

Ζωή και ενέργεια είναι δυο έννοιες άρρηκτα δεμένες. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί για να επιζήσουν απαιτούν ενέργεια, αλλά και οι φυσικές όπως και οι ανθρωπογενείς διαδικασίες απαιτούν ενέργεια. Οτιδήποτε κινείται ή προκαλεί κίνηση διαθέτει ενέργεια, ο ήλιος ακτινοβολεί την ενέργειά του, όταν καίμε ξύλα στο τζάκι απελευθερώνεται ενέργεια που τη νιώθουμε σαν ζέστη, οι πυλώνες της ΔΕΗ μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια, ακόμη στους πυρηνικούς αντιδραστήρες η πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Η ενέργεια είναι σε τέτοιο βαθμό συνυφασμένη με την καθημερινή μας ζωή που μόνο η έλλειψή της καθιστά πρόδηλη την αναγκαιότητά της.

1.1.1 Ενεργειακά μεγέθη-Μονάδες Μέτρησης

Για να μπορούμε να γνωρίζουμε το ακριβές ποσό της ενέργειας που μετασχηματίζεται από μια μορφή σε κάποια άλλη ή του έργου που παράγεται, χρειαζόμαστε μονάδες μέτρησης της ενέργειας.

Στο διεθνές σύστημα μετρικών μονάδων (S.I.), μονάδα μέτρησης της ενέργειας είναι το 1 Joule (Τζάουλ) και είναι το έργο που παράγεται όταν δύναμη 1 Newton κινεί ένα αντικείμενο σε απόσταση 1 μέτρου.

Για να εκτιμήσουμε το ρυθμό μεταβολής της ενέργειας ή το ρυθμό παραγωγής έργου μιας μηχανής, δηλαδή πόσο γρήγορα μια μηχανή κάνει ένα συγκεκριμένο έργο, χρησιμοποιούμε την ισχύ (P).

Ισχύ ονομάζουμε το μέγεθος που μας δηλώνει πόσο γρήγορα μετασχηματίζεται (ή χρησιμοποιείται) η ενέργεια. Μεγάλη ισχύς σημαίνει ότι μια ορισμένη ποσότητα ενέργειας μετασχηματίζεται (χρησιμοποιείται) σε μικρό χρόνο, ενώ μικρή ισχύς σημαίνει ότι χρειαζόμαστε πολύ χρόνο για να μετατρέψουμε (χρησιμοποιήσουμε) την ίδια ποσότητα ενέργειας.

Αν μια μηχανή ισχύος 1 KW λειτουργεί για μια ώρα καταναλώνει ενέργεια ίση με 1 κιλοβατώρα (1 KWh) ή 3.600.000 Joule, που είναι πλέον μονάδα έργου.

1 kWh

Αντιστοιχεί στην ποσότητα ενέργειας που καταναλώνει οικιακός λαμπτήρας σε 24 ώρες. Επίσης 1kWh αντιστοιχεί σε 375 στροφές του δίσκου του μετρητή ηλεκτρικού ρεύματος.

1 MWh (1.000 kWh)

Η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνει ηλεκτρική κουζίνα σε χίλιες ώρες λειτουργίας.

1 GWh (1.000. 000 kWh)

Η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνουν ετησίως 450 κατοικίες στην κεντρική Ευρώπη.

1 TWh (1.000.000.000 kWh)

Η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνουν οι βαλκανικές χώρες σε διάστημα 24 ωρών.

1.2 Τι είναι Φως;

Μέχρι και τον πέμπτο αιώνα πΧ, οι άνθρωποι διατηρούσαν πάνω στο ζήτημα της μέρας και της νύχτας μια αντίληψη που θα μπορούσαμε σήμερα να τη χαρακτηρίσουμε ποιητική. Πίστευαν ότι το ΦΩΣ είναι ένας λαμπερός ατμός και ότι το ΣΚΟΤΑΔΙ είναι ένας μαύρος ατμός που υψωνόταν το βράδυ από την επιφάνεια της γης. Το φως και το σκοτάδι αποτελούσαν δύο οντότητες μεταξύ τους ανεξάρτητες. Υπάρχουν αρκετές αναφορές σε αρχαία κείμενα από τις οποίες πιστοποιείται η συλλογική αυτή αναπαράσταση. Σε ένα από τα σημαντικά άλματα που πραγματοποίησε η ανθρώπινη σκέψη κατά τους αιώνες που ακολούθησαν η παλιά αντίληψη ανετράπη. Η νέα ιδέα την οποία αποδεχόμαστε μέχρι και σήμερα είναι ότι το σκοτάδι δεν έχει υλική υπόσταση, το σκοτάδι δεν είναι παρά η απουσία φωτός. Εκείνο που έχει υλική υπόσταση είναι το ΦΩΣ. Οι Έλληνες δημιουργοί της Γεωμετρίας και ιδιαίτερα οι Αλεξανδρινοί ξεκινώντας από ένα είδος πίστης στο ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟ της διάδοσης του φωτός και από την ιδέα «φωτεινής ΑΚΤΙΝΑΣ» θεμελίωσαν μια γεωμετρική λογική έρευνας των φαινομένων με γραμμές, γωνίες και επίπεδα η οποία και κυριάρχησε. Οι ιδέες αυτές συνέβαλαν και στη διατύπωση των πρώτων αντιλήψεων για τη φύση του φωτός, σύμφωνα με τις οποίες το φως είναι τροχιές πολύ μικρών αόρατων σωματιδίων. Για τους περισσότερους Έλληνες στοχαστές του 5ου αιώνα τα αόρατα αυτά σωματίδια εκπέμπονται από το ανθρώπινο

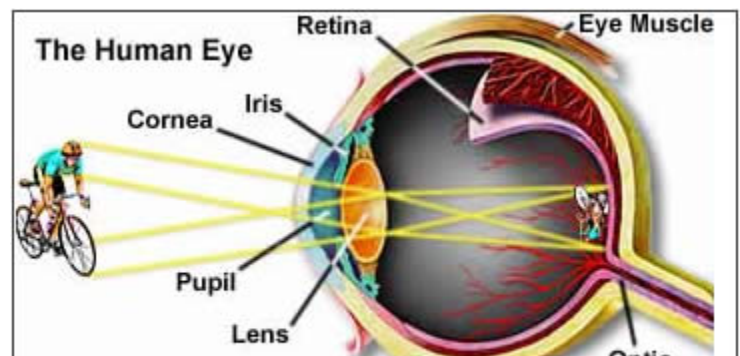
μάτι, πέφτουν στα αντικείμενα και έτσι εμείς βλέπουμε τα αντικείμενα. Ο Δημόκριτος διαφωνούσε με αυτή τη θεώρηση και υποστήριζε ότι τα αόρατα σωματίδια του φωτός εκπέμπονται από το φωτεινά σώματα και προσπίπτουν στο μάτι του παρατηρητή. Σύμφωνα με μια τρίτη θεωρία την οποία υποστήριζε και ο Πλάτων τόσο το μάτι του παρατηρητή όσο και το φωτεινό αντικείμενο εκπέμπουν σωματίδια και η συνάντησή τους έχει σαν αποτέλεσμα το να γίνεται ορατό το αντικείμενο από τον παρατηρητή. Γύρω στο 1960 ο ολλανδός Christian Huygens διατύπωσε μια σχετικά ολοκληρωμένη θεωρία την κυματική θεωρία, με την οποία θα ήταν δυνατόν να ερμηνευτούν τα γνωστά τότε φωτεινά φαινόμενα – η ανάκλαση, η διάθλαση και η διπλή διάθλαση στη λεγόμενη ισλανδική κρύσταλλο. Ουσιαστικά έθεσε το ερώτημα «Μήπως το φως είναι ΚΥΜΑ»? Ο Ισαάκ Νεύτων όμως απέρριψε αυτή τη θεωρία φωτίζοντας τρεις από τις σοβαρές αδυναμίες τις - την απουσία περιεχομένου στην έννοια «περιοδική ταλάντωση», τη δυσκολία της στο να ερμηνεύσει τη δημιουργία σκιάς και την ιδέα των κάθετων ταλαντώσεων στη φωτεινή ακτίνα. Παρά την ισοδυναμία που παρουσίαζαν τα επιχειρήματα των δύο πλευρών για τη φύση του φωτός, η σωματιδιακή θεωρία του Νεύτωνα κυριάρχησε στην ευρωπαϊκή σκέψη σε όλη τη διάρκεια του αιώνα. Κατά την πρώτη εικοσιπενταετία του 19ου αιώνα η θεωρία για την κυματική φύση του φωτός δέχτηκε μια ώθηση αποφασιστική από τον Augustin Fresnel. Ήταν η πρώτη φορά που μια νευτωνική άποψη δεχόταν ένα τόσο ισχυρό κλονισμό με αποτέλεσμα την τελική της ανατροπή. Αργότερα, το 1865, ο James Clerk Maxwell, εθνικότητα Σκωτσέζος, απέδειξε ότι το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα και κατάφερε να συμπεριλάβει μέσα σε τέσσερις εξισώσεις το σύνολο της νομοτέλειας του Ηλεκτρομαγνητισμού.

Σήμερα γνωρίζουμε για τη διττή φύση του φωτός αφού ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες εκδηλώνει ιδιότητες είτε φωτεινού κύματος, (φωτεινή ακτίνα), είτε δέσμης σωματιδίων, (φωτεινή δέσμη ή δέσμες). Τα στοιχειώδη σωματίδια-κύματα (κβάντα) φωτός ονομάζονται φωτόνια.

1.3 Όραση και Φως

Όραση ή οπτική αντίληψη ονομάζεται μία από τις πέντε αισθήσεις. Όργανο αντίληψης είναι τα μάτια, ενώ το αντικείμενο της αντίληψης είναι το φως. Θεωρείται η πιο σημαντική από τις υπόλοιπες αισθήσεις, γιατί με αυτήν γίνεται άμεσα αντιληπτός ο εξωτερικός χώρος. Περίπου το 30% του ανθρώπινου εγκεφάλου ασχολείται με την επεξεργασία και ερμηνεία των ερεθισμάτων της όρασης. Όπως και οι υπόλοιπες αισθήσεις αναπτύσσεται και η μηχανική όραση.

Η ανθρώπινη όραση είναι μια εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία που ακόμα και σήμερα δε μας είναι απόλυτα γνωστή. Περιλαμβάνει ακαριαία αλληλεπίδραση του ματιού και του εγκεφάλου μέσω ενός δικτύου νευρώνων κι



Σχήμα 71 . The Human Eye

άλλων αντίστοιχων κυττάρων. Αρχικά, υπάρχει η διέγερση των οπτικών "παραληπτών" του φωτός και η μεταφορά ηλεκτρικών σημάτων στον εγκέφαλο μέσω οπτικών νευρών. Η πληροφορία επεξεργάζεται σε διάφορα στάδια και τελικά έχουμε την εικόνα του ειδώλου.

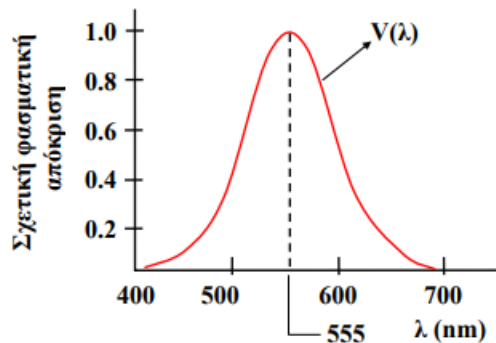
Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, δηλαδή το φως όταν πέφτουν πάνω στο ανθρώπινο μάτι διέρχονται από μια σειρά οργάνων και φίλτρων προτού καταλήξουν στο αμφιβληστροειδή. Τα κυριότερα από αυτά είναι ο φακός (lens), η ίριδα (iris), ο κερατοειδής χιτώνας (retina) και το οπτικό νεύρο (optic nerve). Η συνεργασία αυτών στοιχείων του ανθρώπινου ματιού, αλλά και πολλών άλλων ακόμα, είναι υπεύθυνη για την ανθρώπινη όραση. Όταν βλέπουμε ένα αντικείμενο, αυτό, μέσω της ίριδας και του φακού, σχηματίζει ένα είδωλο στον κερατοειδή χιτώνα, ο οποίος είναι μια μεμβράνη που περιλαμβάνει εκατομμύρια κύτταρα. Αυτά τα κύτταρα ανιχνεύουν το φως και μετατρέπουν το είδωλο του σώματος σε ηλεκτρικά σήματα. Αυτά τα σήματα μεταφέρονται στον εγκέφαλο. Η ίριδα είναι υπεύθυνη για την ποσότητα του φωτός, το οποίο διέρχεται μέσα στο μάτι. Σε χαμηλές εντάσεις φωτισμού ενεργοποιούνται τα ραβδία τα οποία δεν έχουν την δυνατότητα αναγνώρισης χρωμάτων. Ανέρχονται σε 120 εκατομμύρια και είναι υπεύθυνα για την λειτουργία της περιφερειακής όρασης. Η προσαρμογή του οφθαλμού στην κατάσταση φωτισμού γίνεται στον αμφιβληστροειδή, καθώς το μάτι ρυθμίζεται με βάση την μεταβαλλόμενη φωτεινότητα του περιβάλλοντος, όπως για παράδειγμα τα φώτα ενός άλλου αυτοκινήτου, η ύπαρξη συστήματος φωτισμού κ.α.

1.1.2 Φωτομετρία

Η φωτομετρία είναι ένας κλάδος της οπτικής τεχνολογίας που ασχολείται με μετρήσεις αναφορικά με το φως το οποίο ορίζεται ως η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μπορεί ν' ανιχνεύσει ο ανθρώπινος οφθαλμός. Επομένως περιορίζεται στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (μήκη κύματος από 360 – 830 nm) και τα μεγέθη που μετρά σταθμίζονται από τη φασματική απόκριση του οφθαλμού. Υπό αυτή την έννοια η φωτομετρία χρησιμοποιεί ανιχνευτές οπτικής ακτινοβολίας δομημένους κατά τρόπο που η φασματική τους απόκριση μιμείται την απόκριση του ανθρώπινου οφθαλμού.

Στη σημερινή φωτομετρική πρακτική οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με φωτοανιχνευτές. Αυτό αναφέρεται ως φυσική φωτομετρία. Σ' αυτή τη διαδικασία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης όρασης, που όπως είπαμε είναι πολύ σύνθετη και διαμορφώνεται σε μια περιοχή του φάσματος από 360 – 830 nm. Η ευαισθησία του ανθρώπινου οφθαλμού στο φως μεταβάλλεται με το μήκος κύματος. Για παράδειγμα, μια πηγή που εκπέμπει ακτινοβολία στο πράσινο εμφανίζεται πιο λαμπρή από μια πηγή που εκπέμπει το ίδιο ποσό ακτινοβολίας στο κόκκινο ή στο μπλε. Εκτός όμως του μμήκους κύματος και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν την ευαισθησία του οφθαλμού, όπως αν το φως είναι σταθερό ή τρεμοπαίζει, η σύνθεση του περιβάλλοντα χώρου, η προσαρμογή της ίριδας και του αμφιβληστροειδούς, η ψυχολογική και φυσιολογική κατάσταση του παρατηρητή και πλήθος άλλων μεταβλητών. Παρ' όλα αυτά, η υποκειμενική αίσθηση του πως «βλέπου- με» το φως μπορεί να ποσοτικοποιηθεί για «κανονικές» συνθήκες παρατήρησης. Το 1924 ορίστηκε από την διεθνή επιτροπή CIE (Commission Internationale d'Éclairage ή International Commission on

illumination) η σχετική φασματική απόκριση του ανθρώπινου οφθαλμού που καλείται και καμπύλη φωτεινής αποδοτικότητας φωτοπτικής όρασης ή συνάρτηση $V(\lambda)$, ορισμένης στο διάστημα από 360 – 830 nm με μέγιστο στα 555 nm «». Στις περισσότερες περιπτώσεις η περιοχή από 380 – 780 nm είναι αρκετή για υπολογισμούς με μμηδαμινό σφάλμα, δεδομένου ότι η τιμή της $V(\lambda)$, έξω από τα όρια αυτής της περιοχής, πέφτει κάτω από 10^{-4} . Επομένως, ένας φωτοανιχνευτής με φασματική απόκριση που ταιριάζει με τη $V(\lambda)$, μπορεί να αντικαταστήσει, στη φωτομετρία, τον ανθρώπινο οφθαλμό.



Σχήμα 72 . CIE συνάρτηση $V(\lambda)$ ή φωτομετρική

1.1.3 Ανθρώπινο σύστημα όρασης

Έχουν αναγνωριστεί τρεις τύποι όρασης σύμφωνα με τη CIE(Committé Internationale de l'Éclairage):

- ✓ Σκοτοπική όραση (μονοχρωμία) : (Λαμπρότητα) $L > 5 \text{ cd/m}^2$
- ✓ Μεσοπιπή όραση: $0.001 \text{ cd/m}^2 \leq L \leq 5 \text{ cd/m}^2$
- ✓ Φωτοπική όραση (τριχρωμία): $L \leq 0.001 \text{ cd/m}^2$

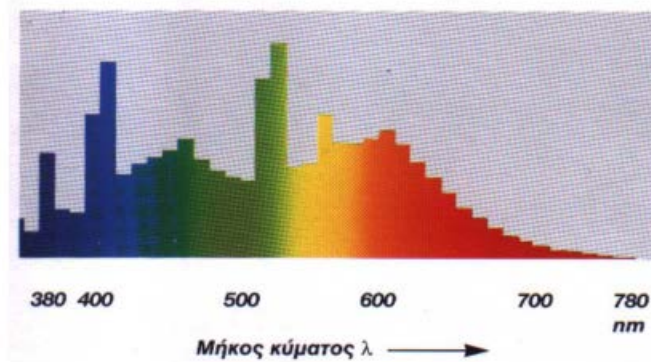
Κεντρική όραση : στατικά, χώρος

Περιφερειακή όραση : κίνηση

1.1.4 Ανάλυση του φωτός-Φάσμα

Όταν μια φωτεινή δέσμη λευκού φωτός συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφανών μέσων θα παρουσιάσει διάθλαση των φωτεινών της ακτίνων με διαφορετικές διευθύνσεις και διαφορετικά χρώματα. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να παρατηρηθεί καλύτερα αν η παράλληλη δέσμη του λευκού φωτός συναντήσει ένα διαφανές πρίσμα. Επειδή αυτό παρουσιάζει διαφορές στη τιμή του δείκτη διάθλασης για κάθε διαφορετικό μήκος κύματος φωτεινής ακτίνας η αρχική δέσμη αναλύεται σε επιμέρους ομόχρωμες δέσμες με διαφορετικές διευθύνσεις. Αυτές οι διαφορετικές κατά χρώμα και διεύθυνση ακτίνες αν στη συνέχεια προσπέσουν σε μια λευκή οθόνη (πέτασμα) θα παρουσιάσει μια έγχρωμη ταινία που ονομάζεται “”ορατό φάσμα””. Τα άκρα αυτής της ταινίας απολήγουν με τα χρώματα κόκκινο και ιώδες. Η σειρά των χρωμάτων αυτών είναι: Κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, μπλε και ιώδες. Αν μια από αυτές τις αναδυόμενες

οδηγηθεί σε άλλο πρίσμα θα διαπιστωθεί ότι αυτή δεν θα αναλυθεί περαιτέρω αλλά το μόνο που θα υποστεί θα είναι να αλλάξει διεύθυνση. Αυτό σημαίνει ότι τα φωτόνια της συγκεκριμένης δέσμης έχουν την αυτή συχνότητα, δηλαδή το ίδιο μήκος κύματος.



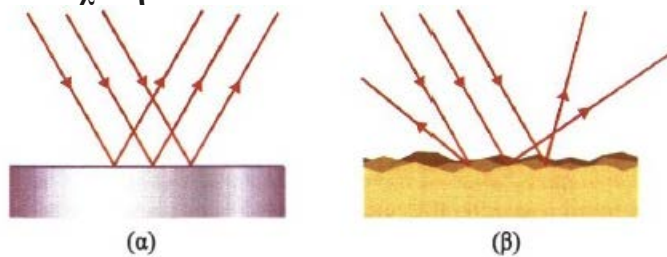
Σχήμα 73 . Χρωματική απόδοση του φωτός ανάλογα με το μήκος κύματος λ

1.1.5 Ανάκλαση-Διάθλαση

Όταν το φως που διαδίδεται σε ένα μέσο συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα στο αρχικό μέσο διάδοσης και σε ένα άλλο, ένα μέρος του επιστρέφει στο αρχικό μέσο.

Στην εικόνα «4.α» βλέπουμε πώς ανακλώνται οι ακτίνες μιας φωτεινής παράλληλης δέσμης που προσπίπτει πάνω σε λεία και στιλπνή επιφάνεια, (κάτοπτρο). Οι ανακλώμενες ακτίνες εξακολουθούν να είναι παράλληλες μεταξύ τους και η ανάκλαση αυτή ονομάζεται **κατοπτρική ανάκλαση**.

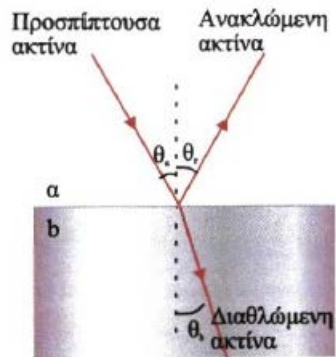
Εάν η επιφάνεια πάνω στην οποία προσπίπτει η δέσμη έχει ανωμαλίες, οι ακτίνες που την αποτελούν ανακλώνται σε διάφορες διευθύνσεις και σκορπίζουν στο γύρω χώρο. Η ανάκλαση αυτή, στην οποία οι ανακλώμενες ακτίνες δεν είναι πια παράλληλες, ονομάζεται **διάχυση**.



Σχήμα 74 . α) ανάκλαση και β) διάχυση

Τη νύχτα, αν ο δρόμος είναι στεγνός, το φως από τους προβολείς του αυτοκινήτου διαχέεται και έτσι ο δρόμος φαίνεται καλά. Εάν όμως έχει βρέξει, το νερό γεμίζει τις λακούβες και το φως των προβολέων ανακλάται κατοπτρικά πάνω στην επιφάνεια του νερού με αποτέλεσμα να μη φωτίζονται όλα τα σημεία του δρόμου, ο οποίος, στην περίπτωση αυτή δε διακρίνεται καλά.

Όταν το φως συναντήσει την επιφάνεια που διαχωρίζει το μέσον στο οποίο διαδίδεται από ένα άλλο διαφανές μέσο, στο οποίο διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα, ένα μέρος του ανακλάται και το υπόλοιπο μέρος του **διαθλάται**, δηλαδή περνάει στο δεύτερο μέσο, αλλάζοντας πορεία (όπως φαίνεται στην εικόνα 5).



Σχήμα 75 . Διάθλαση

Η γωνία που σχηματίζει η διαθλώμενη ακτίνα με την κάθετη στην επιφάνεια λέγεται γωνία διάθλασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

2.1 Μέλαν σώμα

Κάθε σώμα που θερμαίνεται εκπέμπει ακτινοβολία, η οποία σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι στο υπέρυθρο (άρα αόρατη) και όσο αυξάνεται η θερμοκρασία μετατοπίζεται προς το ορατό.

Η εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία εξαρτάται από τη συχνότητα, τη θερμοκρασία και την απορροφούμενη ισχύ (όσο περισσότερο απορροφά ένα σώμα τόσο περισσότερο εκπέμπει).

Το μέλαν σώμα ορίζεται ως ένα αντικείμενο που απορροφά όλη την ακτινοβολία που πέφτει πάνω του, σε όλες τις συχνότητες (για αυτό και φαίνεται μαύρο), Για μέλαν σώμα η εκπεμπόμενη ισχύς είναι συνάρτηση μόνο της συχνότητας (f) και της θερμοκρασίας (T) και είναι μέγιστη. Άρα το μέλαν σώμα είναι ένας ιδανικός εκπομπός, το πρότυπο για να μελετήσει κανείς τη θερμική εκπομπή των σωμάτων (οι τύποι είναι απλούστεροι).

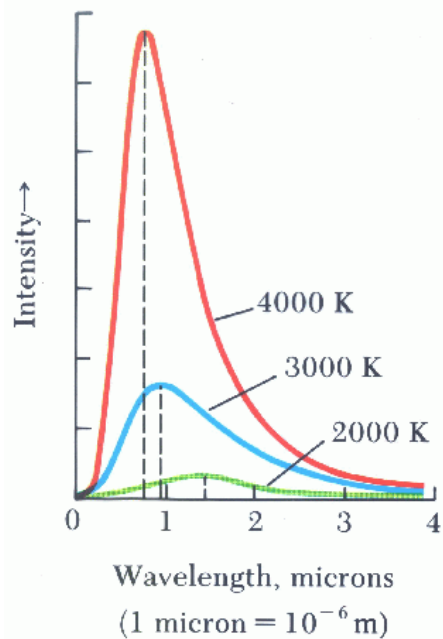
Σύμφωνα με την κλασική φυσική η ακτινοβολία της κοιλότητας προέρχεται από τις ταλαντώσεις των φορτισμένων σωματιδίων στα τοιχώματα της κοιλότητας και η συχνότητά της είναι ίση με τη συχνότητα των ταλαντώσεων αυτών. Η ενέργεια της ακτινοβολίας μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή.

Μεγέθη για την περιγραφή της ακτινοβολίας:

- $I(f,T)$ είναι η εκπεμπόμενη ισχύς (ενέργεια/χρόνο) ανά μονάδα επιφάνειας και συχνότητας.
- $u(f,T)$ είναι η φασματική πυκνότητα ενέργειας, δηλ. η ενέργεια ανά μονάδα συχνότητας και όγκου στην κοιλότητα που αναπαριστά το μέλαν σώμα.
 $I(f,T)=u(f,T) c/4$, όπου c η ταχύτητα του φωτός στο κενό.

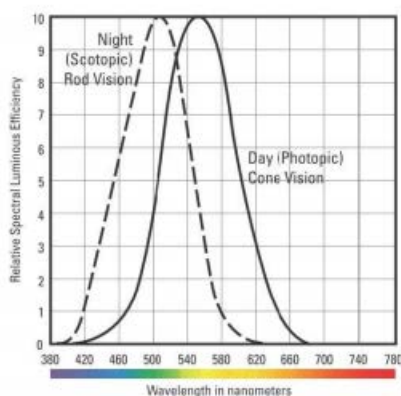
Τα μεγέθη αυτά μπορούν να γραφούν και ως συνάρτηση του μήκους κύματος, λ , χρησιμοποιώντας τις $I(\lambda,T)d\lambda=I(f,T)df$, $u(\lambda,T)d\lambda=u(f,T)df$, $\lambda f=c$.

Η ακτινοβολία μέλανος σώματος, $I(\lambda,T)$, ως συνάρτηση του μήκους κύματος και της θερμοκρασίας έχει τη μορφή που φαίνεται στο Σχ «5».



Σχήμα 76 . Ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μέλαν σώμα ως συνάρτηση της συχνότητας και της θερμοκρασίας

Η ποιότητα χρώματος αποτελεί την ικανότητα της φωτεινής πηγής να αναπαράγει ρεαλιστικά το χρώμα ενός αντικειμένου. Εκφράζεται από τον δείκτη χρωματικής απόδοσης Ra ή CRI και παίρνει τιμές από το 0 έως το 100. Όσο πιο χαμηλές τιμές παίρνει ο δείκτης τόσο πιο κακή είναι η αναπαράσταση των χρωμάτων από την φωτεινή πηγή.



Σχήμα 77 . Καμπύλες ευαισθησίας ανθρώπινης όρασης

2.2 Βασικές φωτομετρικές μονάδες

- ✓ Candela (Cd). Είναι θεμελιώδης μονάδα στη φωτομετρία και ορίζεται ως το 1/60 της φωτοβολίας που εκπέμπεται κάθετα από επιφάνεια λευκόχρυσου εμβαδού 1 cm^2 στη θερμοκρασία τήξης του ($1769 \text{ }^\circ\text{C}$). Ένας νεότερος ορισμός της candela (1979) την προσδιορίζει ως τη φωτοβολία ισότροπης πηγής, η οποία εκπέμπει μονοχρωματική ακτινοβολία μήκους κύματος 555 nm με φωτοβόλο ροή ίση με $(1/683) \text{ watt/στερεακτίσιο}$.
- ✓ Lumen (Lm). Είναι η μονάδα της φωτεινής ροής και ορίζεται ως η φωτεινή ροή που εκπέμπεται από ισότροπη πηγή φωτοβολίας 1 Cd , μέσα σε στερεά γωνία 1 Sterad . Ισχύει δηλαδή: $1 \text{ Lumen} = 1 \text{ Cd} \times 1 \text{ Sterad}$
- ✓ Lux (Lx). Είναι μονάδα φωτισμού και ορίζεται ως ο ομοιόμορφος φωτισμός επιφάνειας 1 m^2 από φωτεινή ροή 1 Lumen . Ισχύει: $1 \text{ Lux} = 1 \text{ Lumen/m}^2$.

2.3 Φωτομετρικά μεγέθη

Ο ηλεκτροφωτισμός άρχισε να χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα με την εφεύρεση του πρώτου λαμπτήρα πυρακτώσεως από τον Thomas Edison το 19ο αιώνα. Από τότε έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις στην αποδοτικότητα των λαμπτήρων, καθώς και στα διάφορα είδη λαμπτήρων.

Τα κύρια χαρακτηριστικά μεγέθη που περιγράφουν μια φωτεινή πηγή-λαμπτήρα είναι:

- Η φωτεινή ροή
- Η φωτεινή ένταση
- Η φωτεινή απόδοση
- Η λαμπρότητα
- Ομοιομορφία λαμπρότητας
- Αντίθεση λαμπρότητας
- Φωτεινότητα
- Ακτινοβολία
- Συντελεστής χρησιμοποίησης
- Συντελεστής Συντήρησης
- Η διάρκεια ζωής
- Η θερμοκρασία χρώματος
- Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης

2.3.1 Φωτεινή Ροή (Luminous Flux)

Είναι η ακτινοβολούμενη ενέργεια (φως) που εκπέμπεται από μία φωτεινή πηγή ή λαμβάνεται από μία επιφάνεια, ασχέτως των διευθύνσεων κατά τις οποίες αυτό κατανέμεται. Η μονάδα μέτρησης είναι το lumen (lm), το οποίο ορίζεται ως η ροή που εκπέμπεται μέσω στερεάς γωνίας 1 steradian από μία σημειακή πηγή ομοιόμορφης φωτεινής έντασης 1 cd.

Η φωτεινή ροή εκφράζεται με μαθηματικό τρόπο ως εξής:

$$K_m \int_0^{\infty} \frac{d\Phi_e}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda$$

Όπου:

- K_m : 683lm/W, (η μέγιστη τιμή της φασματική φωτεινής απόδοσης του ανθρώπινου οφθαλμού για φωτοπική όραση)
- $V(\lambda)$: η φασματική φωτεινή απόδοση του ανθρώπινου οφθαλμού για φωτοπική όραση
- $\frac{d\Phi_e}{d\lambda} d\lambda$: εκπεμπόμενη ισχύς σε διάστημα μήκους κύματος από λ μέχρι $\lambda+d\lambda$.

2.3.2 Φωτεινή Ένταση (Luminous Intensity, I)

Είναι η φωτεινή ροή ανά μονάδα στερεάς γωνίας, από μία δεδομένη πηγή σε μία δεδομένη κατεύθυνση. Περιγράφει τη δύναμη μίας πηγής να παρέχει φως (δύναμη κεριού) προς κάθε κατεύθυνση, ενώ υπάρχει και η μέση ένταση προς ένα σύνολο κατευθύνσεων.

Η μονάδα μέτρησης είναι το candela (cd), όπου $1 \text{ cd} = 1 \text{ lumen/steradian}$.

2.3.3 Φωτεινή απόδοση (Luminous Efficacy)

Η φωτεινή απόδοση που μετριέται σε lm/W, εκφράζει το ποσό της αποδιδόμενης φωτεινής ροής ενός λαμπτήρα για κάθε Watt καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύς. (Σχήμα 1.1). Αύξηση των lumen ανά καταναλισκόμενο Watt σημαίνει υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Η μέγιστη θεωρητική φωτεινή απόδοση που μπορεί να επιτευχθεί μετατρέποντας όλη την ενέργεια σε ορατό φως είναι 683 lm/W. Στη πράξη επιτυγχάνονται πολύ μικρότερες τιμές.

2.3.4 Ένταση φωτισμού ή Ισχύς Φωτισμού (Illuminance, E)

Η ένταση φωτισμού E σ' ένα σημείο μιας επιφάνειας είναι το πηλίκο της φωτεινής ροής $d\Phi$ που λαμβάνει στοιχειώδης επιφάνεια εμβαδού dA η οποία περιέχει το σημείο αυτό προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

Η μονάδα μέτρησης είναι το lux (lx), όπου $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$. Είναι το μέτρο της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο οδόστρωμα.

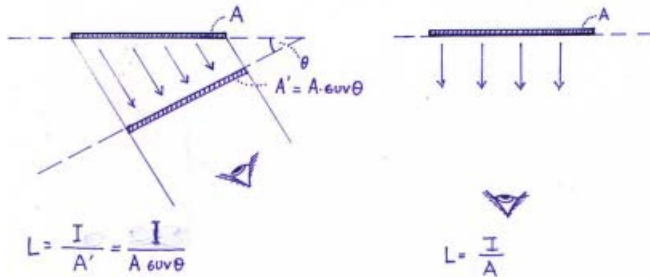
μέτρηση της έντασης φωτισμού μιας επιφάνειας γίνεται με το φωτόμετρο.



Σχήμα 78 .Ένταση Φωτισμού

2.3.5 Λαμπρότητα (Luminance, L)

Ορίζεται ως το πηλίκο $L=I/S$, όπου I η ένταση της φωτεινής πηγής και S η επιφάνειά της. Είναι η φωτεινή ένταση που ανακλάται από μία μοναδιαία επιφάνεια σε μία καθορισμένη διεύθυνση. Η μονάδα μέτρησης είναι το cd/m^2 . Ουσιαστικά η λαμπρότητα θεωρείται το αντικειμενικό μέτρο και το πιο σημαντικό κριτήριο για τον οδικό φωτισμό καθώς περιγράφει την κατάσταση ενός φωτιζόμενου οδοστρώματος εξετάζοντας την ακτινοβολία που προέρχεται από ανάκλαση στο οδόστρωμα και κατευθύνεται προς το μάτι του οδηγού, καθιστώντας το οδόστρωμα ορατό.



Σχήμα 79 . Λαμπρότητα

2.3.6 Ομοιομορφία Λαμπρότητας (Uniformity, U)

Για να είναι ένα αντικείμενο ορατό επάνω στο οδόστρωμα, πρέπει η κατανομή της λαμπρότητας στο οδόστρωμα να είναι ομοιομορφή. Η ομοιομορφία εκφράζεται είτε για διεύθυνση κάθετη στη διεύθυνση του παρατηρητή (εγκάρσια ομοιομορφία), είτε για την ίδια τη διεύθυνση του παρατηρητή (διαμήκης ομοιομορφία) και εκφράζεται ως λόγος μεταξύ των L_{min} , L_{max} , L_{av} , ελάχιστης, μέγιστης και μέσης, αντίστοιχα, λαμπρότητας στο σύνολο του οδοστρώματος.

2.3.7 Αντίθεση Λαμπρότητας (Contrast, C)

Η αναγνώριση των αντικειμένων βασίζεται στη διαφορά λαμπρότητας μεταξύ αυτών και του περιβάλλοντός τους. Αυτή η διαφορά λαμπρότητας αποτελεί την Αντίθεση Λαμπρότητας και δίδεται από την εξίσωση $C=(L_o-L_b)/L_b$, όπου L_o η λαμπρότητα του αντικειμένου και L_b η λαμπρότητα του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο γίνεται αυτό ορατό. Η τιμή της αντίθεσης κυμαίνεται από -1 έως $+\infty$. Στις θετικές τιμές το αντικείμενο εμφανίζεται σαν φωτεινή εικόνα μέσα σε σκοτεινό περιβάλλον, ενώ συνήθως ο οδηγός αναγνωρίζει ένα αντικείμενο σαν σκοτεινή φιγούρα μέσα στο φωτεινό

περιβάλλον της επιφάνειας του οδοστρώματος, δηλαδή η αντίθεση λαμβάνει αρνητικές τιμές.

2.3.8 Φωτεινότητα (Luminosity)

Είναι η οπτική αίσθηση που υποδεικνύει ότι μία περιοχή φαίνεται ότι εκπέμπει περισσότερο ή λιγότερο φως.

2.3.9 Ακτινοβολία (Beam)

Είναι το τμήμα της φωτεινής ροής που εκπέμπεται από μία πηγή φωτός, όταν αυτή περιέχεται σε μία στερεά γωνία. Η στερεά γωνία εκτείνεται ως το λειτουργικό κέντρο του φωτός της πηγής, συμπεριλαμβανομένης της μέγιστης έντασης.

2.3.10 Συντελεστής Χρησιμοποίησης

Είναι το ποσοστό της φωτεινής ροής ενός φωτιστικού σώματος που χρησιμοποιείται για το φωτισμό του οδοστρώματος.

2.3.11 Συντελεστής Συντήρησης

Είναι ο λόγος της τρέχουσας φωτεινής απόδοσης σε lumens του συστήματος φωτισμού προς την αντίστοιχη αρχική, μετά από απώλεια φωτός από διάφορους παράγοντες, όπως η συσσώρευση σκόνης, η βλάβη κάποιων λαμπτήρων, η ρύπανση των τοιχωμάτων της σήραγγας κλπ.

2.3.12 Στάθμη Φωτισμού

Είναι η φωτεινή ροή που δέχεται το οδόστρωμα ανά μονάδα επιφάνειάς του.

2.3.13 Διάρκεια ζωής(Lifetime)

Η διάρκεια ζωής ενός λαμπτήρα είναι ο αριθμός των ωρών λειτουργίας του όταν το 50% μιας μεγάλης ομάδας λαμπτήρων της ίδιας κατηγορίας καταστρέφονται αλλά και όταν το φως του λαμπτήρα πέσει κάτω από ένα ποσοστό (70%) οπότε στη διάρκεια ζωής δεν προσμετράται το χρονικό διάστημα της μειωμένης φωτιστικής απόδοσης.

2.3.14 Θερμοκρασία χρώματος

Ο ανθρώπινος οφθαλμός είναι δυνατόν να αποδώσει τον ίδιο χρωματισμό, οπότε και το λευκό χρώμα, σε ακτινοβολίες διαφορετικής φασματικής συνθέσεως. Για τον λόγο αυτό ως λευκό χρώμα αντιλαμβανόμαστε το οπτικό αποτέλεσμα προερχόμενο από την υπέρθεση όλων των μονοχρωματικών ακτινοβολιών του συνεχούς φάσματος ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως αλλά και εκείνου που προέρχεται από τη συμβολή δύο συμπληρωματικών χρωμάτων όπως συμβαίνει στην περίπτωση του λαμπτήρα φθορισμού.

Η διαφορά των δύο παραπάνω γίνεται σαφής όταν φωτίζουμε το ίδιο έγχρωμο αντικείμενο.

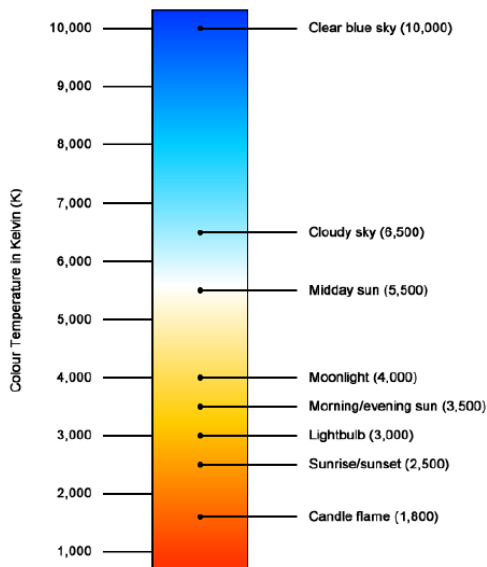
Έτσι λέγοντας ότι ένας λαμπτήρας έχει θερμοκρασία χρώματος T_c (σε Kelvin) εννοούμε ότι με μεγάλη προσέγγιση η ενεργειακή φασματική κατανομή του φωτός που εκπέμπει, μοιάζει με εκείνη της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το μέλαν σώμα όταν βρίσκεται στη θερμοκρασία T_c .

Γενικότερα η Θερμοκρασία Χρώματος των φωτεινών πηγών έχει κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με την εντύπωση που προκαλεί στον παρατηρητή σε Θερμή-Ζεστή, Ενδιάμεση-Ουδέτερο και Ψυχρή-Λευκό ημέρας.

Θερμοκρασία Χρώματος (°K) (CCT)	Κατηγοριοποίηση Φωτός (CCT Classification)	Σχόλιο
Μέχρι 3300°K	Θερμό	Μεγάλο ποσοστό κόκκινης ακτινοβολίας
3300°K - 5300°K	Ενδιάμεσο	Μπλε – Κόκκινη ακτινοβολία
Πάνω από 5300°K	Ψυχρό	Μεγάλο ποσοστό Μπλε ακτινοβολίας

Πίνακας 25 . Κατηγοριοποίηση φωτεινών πηγών σύμφωνα με την Θερμοκρασία Χρώματος (κατά CIE).

Σημείωση: Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Αγγλία, όπου και παρατηρείται μεγάλο ποσοστό της βιβλιογραφίας για τον Φωτισμό, υπάρχει και μια ενδιάμεση κατηγορία διάκρισης των φωτεινών πηγών μεταξύ 4000°K και 5300°K των οποίων το φως χαρακτηρίζεται σαν «δροσερό» (=cool).



Σχήμα 80 . Παραδείγματα θερμοκρασίας χρώματος

2.3.15 Δείκτης χρωματικής απόδοσης (Color Rendering Index)

Δείκτης χρωματικής απόδοσης(CRI), είναι η ποσοτική μέτρηση της ικανότητας μίας πηγής φωτός να εμφανίζει τα χρώματα, σε σύγκριση με μια ιδανική πηγή φωτός ή με το φυσικό φως.

Οι πηγές φωτός με μεγάλο δείκτη χρωματικής απόδοσης CRI, είναι πολύ σημαντικές για εφαρμογές φωτισμού σε κινηματογραφικά και τηλεοπτικά στούντιο, σε εκθέσεις προϊόντων και έργων τέχνης κτλ.

Η υψηλότερη τιμή του δείκτη χρωματικής απόδοσης είναι 100 και μπορεί να είναι και αρνητική για κάποιες πηγές φωτός. Οι λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης που χρησιμοποιούνται κυρίως για τον φωτισμό δρόμων, έχουν αρνητικό δείκτη χρωματικής απόδοσης. Οι λαμπτήρες φθορίου έχουν CRI που κυμαίνεται από το 50 για τις απλές λάμπες έως και το 90 για τις λάμπες φθορίου τρι-φωσφορικού τύπου. Οι λάμπες LED έχουν δείκτη πάνω από 80 ενώ κάποιοι κατασκευαστές έχουν επιτύχει CRI έως και 98.

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης δεν πρέπει να συνδέεται με την ποιότητα του φωτισμού, καθώς ανά εφαρμογή είναι διαφορετική η επιθυμητή του τιμή. Για παράδειγμα στον φωτισμό των δρόμων ο αρνητικός δείκτης είναι επιθυμητός, καθώς η κίτρινη απόχρωση που αποδίδεται στα φωτιζόμενα αντικείμενα καθιστά πιο ξεκούραστη τη νυκτερινή οδήγηση.



Σχήμα 81 . Παράδειγμα δείκτη χρωματικής απόδοσης

2.3.16 Θάμβωση

Θάμβωση δημιουργείται όταν οι συνθήκες ορατότητας είναι τέτοιες ώστε να προκαλείται ενόχληση και μείωση της ικανότητας του παρατηρητή να διακρίνει αντικείμενα, λόγω διαφοράς λαμπρότητας μεταξύ οπτικού πεδίου και προσαρμογής οφθαλμών. Ένα από τα είδη θάμβωσης είναι η «φυσιολογική» θάμβωση (disability glare), που προκαλείται από τη δημιουργία ενός ομοιόμορφου πέπλου φωτός στο οπτικό πεδίο και έχει σαν συνέπεια μειωμένη οπτική εκτέλεση πράξεων και οπτική ικανότητα. Άλλο είδος θάμβωσης είναι η ψυχολογική θάμβωση (discomfort glare) που δημιουργεί αίσθημα δυσφορίας αλλά δεν μειώνει την οπτική ικανότητα απαραίτητως.

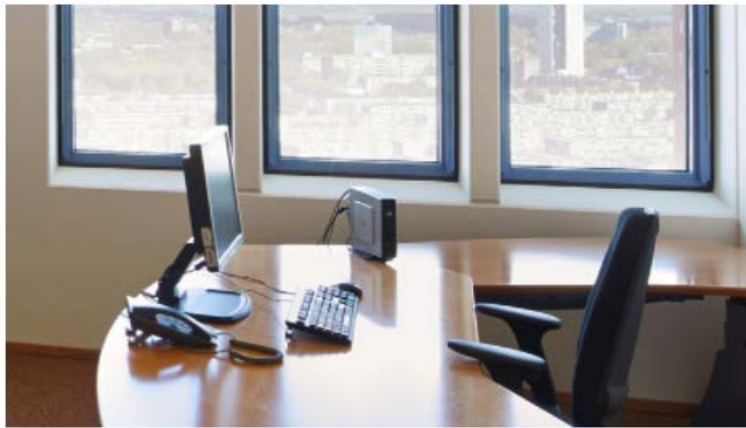
Επίσης, ανεξάρτητα από την μορφή της, η θάμβωση μπορεί να είναι άμεση ή ανακλώμενη.

- Η άμεση θάμβωση μπορεί να προκληθεί από ένα «ιδιαιτέρο φωτεινό» φωτιστικό το οποίο θα βρεθεί εντός του οπτικού πεδίου ενός παρατηρητή .
- Η ανακλώμενη θάμβωση προκύπτει όταν κάποιο φωτιστικό σημείο φωτίζει εκτός από τον δρόμο και κάποιο άλλο κοντινό σημείο (σπίτι, πινακίδα, τοίχο) έτσι ο φωτισμός ανακλάται και το αποτέλεσμα του οπτικού πεδίου του παρατηρητή αλλοιώνεται.

Ο βαθμός θάμβωσης δεν εξαρτάται μόνο από το φωτιστικό, αλλά και από τη θέση του παρατηρητή, τις διαστάσεις του δωματίου και τις αντανάκλασεις των επιφανειών.

- **Βαθμός θάμβωσης UGR (Unified Glare Rating)-μέτρο της θάμβωσης ενός δεδομένου περιβάλλοντος.**

Τα δεδομένα UGR θα πρέπει να παρέχονται από τον κατασκευαστή του φωτιστικού και συχνά βρίσκονται στις προδιαγραφές ή στα φύλλα δεδομένων του φωτιστικού (π.χ. σε ένα γραφείο, τα φωτιστικά θα πρέπει να έχουν $UGR \leq 19$).



Σχήμα 82 . Απευθείας θάμβωση από παράθυρα και φωτιστικά



Σχήμα 83 . Αντανακλώμενη θάμβωση στην οθόνη του υπολογιστή από φωτιστικά οροφής

- **Μέθοδοι υπολογισμού θάμβωσης**

Για την εκτίμηση της θάμβωσης στον φωτισμό δρόμου, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω δύο μέθοδοι:

- ο Η μέθοδος της «αύξησης κατωφλίου» (Threshold Increment) [TI]
- ο Η μέθοδος Glare Control Mark (GCM)

Η GCM (G) περιγράφει την ψυχολογική θάμβωσης (discomfort glare) Η αύξηση κατωφλίου (Threshold Increment, TI) είναι μέθοδος για τον υπολογισμό της φυσιολογικής θάμβωσης (disability glare).

Οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται σε σταθερές εγκαταστάσεις φωτισμού δρόμου για την ποσοτικοποίηση της θάμβωσης και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τον υπολογισμό της θάμβωσης του δρόμου γιατί η κατεύθυνση θέασης του παρατηρητή είναι μεταβλητή και όχι σταθερή.

- ο **Μέθοδος Glare Control Mark(GSM)**

Η κλίμακα που χρησιμοποιείται σε αυτή την μέθοδο φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

G=1	Μη ανεκτή θάμβωση
G=3	Ενοχλητική θάμβωση
G=5	Οριακά ανεκτή θάμβωση
G=7	Ικανοποιητική θάμβωση
G=9	Μη παρατηρήσιμη θάμβωση

Πίνακας 26

Η μέθοδος υπολογισμού του G περιγράφεται πλήρως στην δημοσίευση της CIE No 31-1976 και μπορεί να εφαρμοστεί σε ευθύγραμμα τμήματα δρόμου στα οποία τα φωτιστικά είναι ομοιόμορφα τοποθετημένα.

Η μέθοδος Glare Control Mark χρησιμοποιεί τις φωτεινές εντάσεις του φωτιστικού προς τον χρήστη και τον αριθμό των φωτιστικών ανά χιλιόμετρο για τον υπολογισμό της φαινόμενης θάμβωσης.

Παρακάτω αναφέρεται η σχέση υπολογισμού του G:

$$G=13,84-3,31 \cdot \log I_{80}+1,3 \left(\log \frac{I(80)}{I(88)}\right)^{0,5}-0,08 \cdot \left(\log \frac{I(80)}{I(88)}\right)+1,29 \log F+0,97 \log L_b+4,41 \log h'-1,45 \log q$$

Όπου:

- ❖ I_{80} : η φωτεινή ένταση του φωτιστικού στις 80ο κατακόρυφα
- ❖ I_{88} : η φωτεινή ένταση του φωτιστικού στις 88ο κατακόρυφα
- ❖ F : η φωτεινή επιφάνεια του φωτιστικού όπως αυτή φαίνεται από τις 80ο κατακόρυφα
- ❖ L_b : η λαμπρότητα περιβάλλοντος χώρου
- ❖ h' : το προσαρμοσμένο ύψος του φωτιστικού (κατακόρυφη απόσταση μεταξύ οφθαλμών και φωτιστικού)
- ❖ p : ο αριθμός φωτιστικών ανά χιλιόμετρο (km)

ο **Αύξηση Κατωφλίου Threshold Increment(TI)**

Γενικά, οι τιμές TI θα πρέπει να συνδεθούν με την ασφάλεια στο δρόμο. Ενώ η σχέση μεταξύ TI και ασφάλειας δρόμου είναι άγνωστη, υπάρχει μια γνωστή σχέση μεταξύ της ικανότητας οπτικής εκτέλεσης και της ασφάλειας δρόμου.

Η τιμή του δείκτη TI εξαρτάται από:

- ❖ Τη διανομή του φωτός από το φωτιστικό μεταξύ 70ο και 90ο στο κατακόρυφο επίπεδο
- ❖ Τη λαμπρότητα του δρόμου
- ❖ Τη διάταξη των φωτιστικών
- ❖ Το ύψος ανάρτησης
- ❖ Τη θέση του παρατηρητή

Η τιμή του TI δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$TI=65 \frac{L_v}{L_{av}^{0,8}}$$

L_v : ισοδύναμη λαμπρότητα σε cd/m^2 για έναν παρατηρητή ο οποίος βλέπει σε ευθεία παράλληλη προς τον διαμήκη άξονα του δρόμου και 1° κάτω από το οριζόντιο επίπεδο

L_{av} : η μέση λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου σε cd/m^2

Η λαμπρότητα L_v υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$L_v=k \frac{E_{gl}}{\theta_n}$$

Όπου

- k : παράγοντας ο οποίος εξαρτάται από την ηλικία του παρατηρητή. Για παρατηρητή 25 ετών $k=9,2$.
- E_{gl} : η ένταση φωτισμού στο επίπεδο του οφθαλμού του παρατηρητή προερχόμενη από την πηγή θάμβωσης
- θ : η γωνία μεταξύ της γραμμής θέασης του παρατηρητή και της πηγής που προκαλεί θάμβωση
- n : σταθερά η οποία εξαρτάται από την γωνία θ

$$n = 2,3 - 0,07 \log \theta \text{ για } 0,2^\circ < \theta < 2^\circ$$

$$n = 2 \text{ για } \theta > 2^\circ$$

Πρακτικά μπορούμε να πούμε ότι η θάμβωση μπορεί να αποφευχθεί όταν μεταξύ των σημείων του οπτικού πεδίου με την μέγιστη και την ελάχιστη λαμπρότητα ισχύει η σχέση:

$$\frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\min}} < 10\%$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Φωτεινοί Λαμπτήρες

Οι φωτεινές πηγές που χρησιμοποιούνται σήμερα στον αρχιτεκτονικό φωτισμό μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες:

Λαμπτήρες Πυρακτώσεως και Λαμπτήρες Εκκένωσης

Ανάλογα με το χρώμα που εκπέμπουν οι λαμπτήρες κατά την λειτουργία τους διακρίνονται σε ψυχρούς λαμπτήρες (το φάσμα τους πλούσιο σε κυανή ακτινοβολία) και σε θερμούς (το φάσμα τους πλούσιο σε ερυθρές ακτινοβολίες), που δημιουργούν θερμική ή ψυχρή εντύπωση αντίστοιχα.



Σχήμα 84 . Είδη λαμπτήρων

❖ Λαμπτήρες Πυρακτώσεως

- ✓ Λαμπτήρες γενικής χρήσεως
- ✓ Λαμπτήρες αλογόνων
- ✓ Λαμπτήρες μετ'ανακλαστήρος

❖ Λαμπτήρες Εκκένωσης

Υψηλής πίεσεως

- ✓ Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσεως
- ✓ Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσεως – διορθωμένου φωτός
- ✓ Λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων
- ✓ Λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσεως

Χαμηλής πίεσεως

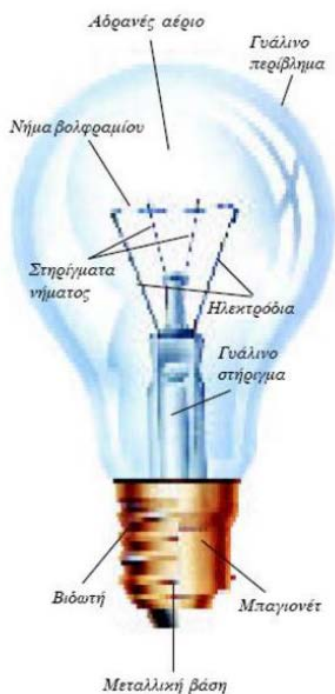
- ✓ Λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσεως
- ✓ Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσεως

3.1 Λαμπτήρες πυρακτώσεως

Αν και περνούν σταδιακά στην ιστορία, θα γίνει αναφορά στο λαμπτήρα πυρακτώσεως, την εφεύρεση του Τόμας Έντισον του 1879, που αποτέλεσε μια επαναστατική αλλαγή και έδωσε άλλες δυνατότητες στην καθημερινότητα των ανθρώπων.

Από 1ης Σεπτεμβρίου 2010, ο λαμπτήρας πυρακτώσεως των 75 watt σταμάτησε να παράγεται και να εισάγεται και μέχρι το Σεπτέμβριο του 2012, είχε παραχωρήσει τη θέση του σε βελτιωμένους λαμπτήρες πυράκτωσης (με τεχνολογία αλογόνου), συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL), που είναι και οι ευρύτερης κατανάλωσης και διόδους εκπομπής φωτός (LED), που δεν περιέχουν υδράργυρο.

Ο λαμπτήρας πυράκτωσης περιλαμβάνει ένα λεπτό μεταλλικό νήμα, από βαρύ, δύστηκτο μέταλλο, συνήθως βολφράμιο, τυλιγμένο σε σπείρες. Αυτό φέρεται από τις άκρες του συγκολλημένο σε δύο παχύτερα σύρματα από όπου εφαρμόζεται η ηλεκτρική τάση η οποία θέτει τα ηλεκτρικά φορτία σε κίνηση η οποία εξαναγκάζει το νήμα να φωτοβολεί από τη θέρμανσή του. Όταν το μήκος του νήματος είναι μεγαλύτερο των 2 cm τότε αυτό συγκρατείται και ενδιάμεσα από μη ηλεκτροφόρα σύρματα σε ακτινική διάταξη. Η κατασκευή αυτή περικλείεται σε γυάλινη σφαιρική ή ελλειπτική φύσιγγα χαμηλής πίεσης αερίου. Η φύσιγγα αυτή σε λαμπτήρες μικρής ισχύος είναι αερόκενη, ή σε λαμπτήρες μεγάλης ισχύος περιέχει αδρανές αέριο, συνήθως άζωτο. Ο λαμπτήρας μπορεί να διαθέτει βιδωτή επαφή που συνδέεται με τον έναν πόλο και μια επαφή στην βάση που συνδέεται με τον άλλο πόλο. Η όλη διάταξη περιέχεται σε στήριγμα από πορσελάνη.



Σχήμα 85 . Λαμπτήρας Πυράκτωσης

Διάρκεια ζωής (!)

Ένας λαμπτήρας πυράκτωσης έχει διάρκεια ζωής περίπου 750 - 1500 ώρες συνεχούς λειτουργίας. Όσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς του τόσο μικρότερη είναι η ζωή του. Ο λαμπτήρας πυράκτωσης ανάβει μόνο όταν και οι δύο επαφές του ακουμπούν και στους δύο πόλους της μπαταρίας ή της πρίζας. Στις περιπτώσεις που η λάμπα δεν ανάβει, έχει κοπεί (καεί από υπερβολική αύξηση του ηλεκτρικού ρεύματος απότομα) το νήμα

3.1.1 Λαμπτήρες αλογόνου

Αποτελούν μια παραλλαγή της τεχνολογίας των λαμπτήρων πυρακτώσεως. Λειτουργούν με τη διαβίβαση ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ίνας βολφραμίου, που είναι κλεισμένη σε σωλήνα που περιέχει αέριο αλογόνου. Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στους συνήθεις αυτούς λαμπτήρες είναι της τάξεως των 2.800° K, με φωτεινή απόδοση περίπου 12 lm/W. Υπάρχουν όμως και λαμπτήρες πυράκτωσης με απόδοση 25 lm/W και θερμοκρασία νήματος στους 3.100° K. Αυτοί οι λαμπτήρες που ονομάζονται και "λαμπτήρες ιωδίου - χαλαζία" (ευρύτερα γνωστοί ως λαμπτήρες αλογόνου) περιέχουν αδρανές αέριο και ατμούς ιωδίου ή βρωμίου. Έχουν σχήμα σωλήνα μικρής διαμέτρου με αξονική διαμήκη διάταξη του νήματος βολφραμίου. Επειδή οι λαμπτήρες αλογόνου καίγονται σε πολύ υψηλότερη σε σχέση με άλλους, θερμοκρασία, θα μπορούσε ενδεχομένως να αποτελέσει κίνδυνο πυρκαγιάς σε κάποιες περιπτώσεις. Το γυαλί είναι χαλαζιακό και όταν λειτουργεί ο λαμπτήρας, η θερμοκρασία του φθάνει στους 600° C. Είναι σχετικά μικροί σε μέγεθος και ελέγχονται με dimmer.

Διάρκεια ζωής (!)

Οι λαμπτήρες αλογόνου αναπτύχθηκαν για να λύσουν το πρόβλημα της μικρής διάρκειας ζωής των λαμπτήρων πυράκτωσης καθώς ένας τυπικός λαμπτήρας αλογόνου έχει διάρκεια ζωής περίπου 2000 ώρες, σχεδόν διπλάσια από έναν τυπικό λαμπτήρα πυράκτωσης.

Αιτίες μείωσης ζωής

Κύρια αιτία φθοράς και "θανάτου" του λαμπτήρα πυράκτωσης είναι η εξάχνωση του βολφραμίου του νήματος που προοδευτικά το πάχος του μειώνεται μέχρις ότου να αποκοπεί στο σημείο όπου είναι ασθενέστερος. Το βολφράμιο εξαχνούμενο μεταφέρεται και επικάθεται στα ψυχρότερα σημεία της φύσιγγας. Αυτή είναι και η αιτία του μαυρίσματος του λαμπτήρα. Η εξάχνωση αυτή είναι ταυτόχρονα και η αιτία να εμποδίζεται η αύξηση της θερμοκρασίας με απώτερο και κύριο τελικό σκοπό την επιτυχία λευκότερου φωτός αφενός και αφετέρου υψηλότερο βαθμό απόδοσης. Άλλες σημαντικές αιτίες μείωσης ζωής τους είναι σε:

- ο Αύξεις της τάσης, σε αύξηση περίπου του 5%, παρατηρείται ελάττωση ζωής 30%.
- ο Ανάμματα των λαμπτήρων αυτών, τούτο σημαίνει πως σε 1/10 sec περνάει ρεύμα σχεδόν 12 φορές περισσότερο από το κανονικό. Αυτό συμβαίνει επειδή η αντίσταση που παρουσιάζει το νήμα βολφραμίου είναι περίπου 12 φορές μικρότερη όταν είναι αυτό κρύο σε σχέση με την αντίσταση που παρουσιάζει αυτό όταν είναι ζεστό, δηλαδή σε λειτουργία. Στους λαμπτήρες αλογόνου η ζωή μειώνεται όταν τους πιάνουμε με γυμνό χέρι, πχ κατά την τοποθέτηση. Αν συμβεί

κάτι τέτοιο, αναπόφευκτα αφήνουμε λάδι από το σώμα μας πάνω στο γυαλί το οποίο απορροφά (και κατακρατά) πιο πολλή θερμότητα με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες και να μειώνεται η ζωή του λαμπτήρα. Στους κοινούς λαμπτήρες το γυαλί βρίσκεται μακριά από το νήμα πυράκτωσης και δεν προκαλείται σοβαρό πρόβλημα όταν τους τοποθετούμε με γυμνό χέρι.

Φωτεινή απόδοση

Θεωρητικά, ένας λαμπτήρας πυράκτωσης όταν λειτουργεί σε θερμοκρασία κοντά στο σημείο τήξεως του βολφραμίου εμφανίζει φωτεινή απόδοση της τάξεως των 53 lm/W λόγω της μη καλής μεταφοράς θερμότητας ή της μετάδοσης απωλειών.

Στην πράξη η αποδιδόμενη φωτεινή ροή ενός λαμπτήρα πυράκτωσης είναι αρκετά χαμηλότερη. Για παράδειγμα για σύγχρονους λαμπτήρες πυράκτωσης με διάρκεια χρόνου λειτουργίας 1000 ώρες η φωτεινή απόδοση τους κυμαίνεται μεταξύ 8 και 21.5 lm/W.

3.2 Λαμπτήρες φθορισμού (Compact Fluorescent Lamps, CFL)

Ο λαμπτήρας φθορισμού είναι ένας λαμπτήρας εκκένωσης αερίου (χαμηλής πίεσης) ο οποίος χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό για την διέγερση ατμών υδραργύρου. Οι λαμπτήρες αυτοί υπάρχουν σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, με τα πιο κοινά αυτών του σωλήνα (χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό γραφείων και καταστημάτων) και του συμπαγούς λαμπτήρα φθορισμού (χρησιμοποιείται για τον φωτισμό σπιτιών). Ο λαμπτήρας φθορισμού αποτελείται από τρία στοιχεία:

Τα *ηλεκτρόδια*, που είναι συσκευές εκπομπής ηλεκτρονίων.

Τα *αέρια*, που περιέχουν μικρή ποσότητα σταγονιδίων υδραργύρου και μικρή ποσότητα υψηλής καθαρότητας σπάνιου αερίου (αργό, μείγμα αργού-νέον, κρυπτό).

Τον *φωσφόρο*, που είναι η χημική επίστρωση στο εσωτερικό τοίχωμα του σωλήνα. Το ορατό φως από ένα λαμπτήρα φθορισμού παράγεται από τη δράση της υπεριώδους ενέργειας στην επίστρωση του φωσφόρου στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Το μίγμα φωσφόρου μπορεί να αλλάξει το χρώμα του λαμπτήρα ή τη φασματική κατανομή ισχύος του.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο λαμπτήρας φθορισμού θα πρέπει να λειτουργεί σε οριζόντια θέση. Η λειτουργία σε κατακόρυφη θέση προκαλεί μια μη ομοιόμορφη κατανομή των αερίων του λαμπτήρα με αποτέλεσμα τη μείωση του φωτός και της ομοιομορφίας του. Σε κάθετη θέση, τα σταγονίδια του υδραργύρου συγκεντρώνονται κοντά στην κάτω κάθοδο με αποτέλεσμα την αυξανόμενη επιδείνωση της, που συνεπάγεται μείωση της ζωής της λάμπας. Η χρήση των λαμπτήρων αυτών είναι ευρεία αλλά κυρίως για εσωτερικούς χώρους, καταρχήν κυκλοφορούν σε πάρα πολλά μεγέθη, και σχήματα. Επίσης, η θέση λειτουργίας του διαφέρει οπότε γίνονται ακόμα πιο εύχρηστες. Έτσι λοιπόν τις συναντάμε σε:

- Πολυκαταστήματα
- Διαδρόμους
- Εκπαιδευτικά ιδρύματα
- Χώρους σπιτιού
- Χώρους εστίασης
- Υπόγεια πάρκινγκ
- Τράπεζες και άλλους δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους



Σχήμα 86 . Λαμπτήρες φθορισμού

Διάρκεια ζωής(!)

φωτεινή ροή των λαμπτήρων φθορισμού μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Μετά από 8000 ώρες λειτουργίας η ροή έχει μειωθεί στο 70 με 90 % της αρχικής της τιμής. Ο κύριος λόγος του φαινομένου αυτού είναι ότι η φθορίζουσα επίστρωση γίνεται λιγότερο αποτελεσματική. Επίσης, η μείωση της φωτεινής ροής οφείλεται δευτερεύοντος και στο μαύρισμα του σωλήνα του λαμπτήρα, ιδιαίτερα στα άκρα του λόγω του διασκορπισμού του υλικού που είναι υπεύθυνο για την εκπομπή ηλεκτρονίων.

Η χρήση υψηλής συχνότητας ballast περιορίζει το πρόβλημα και συνεπώς οδηγεί σε χαμηλότερο ρυθμό γήρανσης των λαμπτήρων αυτών.

Πλεονεκτήματα λάμπας φθορίου(έναντι πυρακτώσεως)

Οι λάμπες φθορίου, έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- 1) Καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια (εξοικονόμηση ενέργειας), παράγοντας ίδιας έντασης φωτισμό. Έτσι, γλιτώνουμε χρήματα σε βάθος χρόνου.
- 2) Αντέχουν αρκετά περισσότερο, σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Έτσι, ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι τις αντικαθιστούμε πιο αραιά.
- 3) Δεν θερμαίνονται πολύ. Έτσι, μπορούμε να τις τοποθετήσουμε κοντά σε πχ ηλεκτρικές συσκευές, που είναι ευαίσθητες σε μεγάλες θερμοκρασίες (που παράγουν οι λάμπες πυρακτώσεως).



Σχήμα 87. Πλεονεκτήματα λάμπας φθορίου

Μειονεκτήματα λάμπας φθορίου(έναντι πυρακτώσεως)

Τα μειονεκτήματα της λάμπας φθορίου, είναι τα εξής:

- 1) Είναι πιο ακριβές από τις πυρακτώσεως. Βέβαια, σε βάθος χρόνου (όχι μακροπρόθεσμο), γίνεται άμεσα η απόσβεση.
- 2) Όταν πλησιάζουν προς το τέλος τους, τότε αρχίζουν να τρεμοπαίζουν λίγο λίγο, οπότε μπορεί να χρειαστεί να τις αλλάξουμε και πριν την ώρα τους.
- 3) Σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να χρειαστεί να φωνάξετε ειδικό για την εγκατάστασή τους. Βέβαια, σε απλή χρήση, δεν χρειάζεται.
- 4) Δεν μπορούμε να βάλουμε ροοστάτη σε λαμπες φθορίου (για ρύθμιση χαμηλής-μέτριας-υψηλής έντασης φωτός), παρά μόνο απλό διακόπτη: On - Off.



Σχήμα 88 .
Μειονεκτήματα λάμπας φθορίου

3.3 Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης

Υπάρχουν δυο είδη λαμπτήρων νατρίου χαμηλής πίεσης: επίμηκες και σχήμα U. Ο επιμήκης λαμπτήρας έχει σωλήνα εκκένωσης με δυο άκρα, με καλά σφραγισμένα ηλεκτρόδια σε κάθε άκρο. Ο σωλήνας εκκένωσης του είναι φτιαγμένος από ειδικό γυαλί, ανθεκτικό στο νάτριο και είναι καλυμμένος από ένα εξωτερικό περίβλημα μέσα στο οποίο υπάρχει κενό. Ο τύπος U έχει τον σωλήνα εκκένωσης αναδιπλωμένο σε σχήμα φουρκέτας και τα άκρα του είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο. 30 Είναι διαθέσιμα δυο είδη του τύπου U που βασίζονται σε διαφορετικές μεθόδους διατήρησης ομοιόμορφης κατανομής του νατρίου στο σωλήνα εκκένωσης . Εφόσον οι λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης περιέχουν μεταλλικό νάτριο, το μέταλλο θα τείνει να στερεοποιηθεί στα ψυχρότερα σημεία του σωλήνα που βρίσκονται στην περιοχή αναδίπλωσης του. Αν αυτό δεν ελεγχθεί, το συσσωρευμένο νάτριο στα ψυχρά σημεία θα οδηγήσει σε σχηματισμό τμημάτων τόξου νέου και αργού αφού δεν θα υπάρχει επαρκές ατμοποιημένο νάτριο. Υπάρχουν δυο τρόποι ελέγχου του φαινομένου: Ο ένας είναι να κατασκευαστούν λακκάκια στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα εκκένωσης ώστε να υπάρξουν εναλλακτικά ψυχρά σημεία πιο ομοιόμορφα κατανεμημένα. Ένας άλλος τρόπος ελέγχου είναι η χρήση ενός θερμοανακλαστικού φιλμ κατά μήκος της εσωτερικής επιφάνειας του εξωτερικού περιβλήματος. Στους λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης το τόξο δημιουργείται από το αεριοποιημένο νάτριο. Το φως παράγεται από το τόξο νατρίου χαμηλής πίεσης, που είναι σχεδόν μονοχρωματικό και αποτελείται από μια διπλή γραμμή κοντά στο κέντρο του ορατού φάσματος στα 589,0 και 589,6 nm. Το αέριο έναυσης είναι το νέο, με μικρά πρόσθετα αργού, ξένου ή ηλίου. Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση μετατροπής της ηλεκτρικής ισχύος σε φωτεινή ροή, η πίεση του νατρίου πρέπει να είναι της τάξεως των 0,7Pa, που αντιστοιχεί σε θερμοκρασία του τοιχώματος του σωλήνος εκκένωσης περίπου 260oC. Οποιαδήποτε απόκλιση από αυτήν την πίεση επηρεάζει την απόδοση. Για να διατηρηθεί η θερμοκρασία λειτουργίας για την συγκεκριμένη πίεση, ο σωλήνας εκκένωσης, συνήθως βρίσκεται στο κενό.Ο απαιτούμενος χρόνος ανάμεσα στην έναυση και στην μέγιστη απόδοση είναι 7-15λεπτά. Μόλις λειτουργήσει ο λαμπτήρας, το εκπεμπόμενο φως έχει το χαρακτηριστικό κόκκινο

χρώμα λόγω της εκκένωσης του νέου, και βαθμιαία μετατρέπεται σε κίτρινο όσο εξατμίζεται το νάτριο. Η θερμή επανεκκίνηση είναι καλή και οι περισσότεροι λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης ανάβουν αμέσως μετά τη διακοπή και επανατροφοδότηση ηλεκτρικής ισχύος. Επειδή το εκπεμπόμενο φως είναι μονοχρωματικό (μονής δέσμης) κίτρινο καθιστά αντίληψη των χρωμάτων είναι πολύ δύσκολη, που σημαίνει ότι ο λαμπτήρας χρησιμοποιείται μόνο για φωτισμό των δρόμων.

3.4 Λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων

Λειτουργούν κάτω από μεγάλες πιέσεις και θερμοκρασίες και απαιτούν ειδικά σχεδιασμένα φωτιστικά σώματα για να λειτουργήσουν με ασφάλεια. Έχουν μεγαλύτερη απόδοση από οποιονδήποτε άλλο λαμπτήρα, φθορισμού, αλογόνου ή πυρακτώσεως και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από άλλους παλαιότερους λαμπτήρες. Για την έναυσή τους απαιτείται σύστημα έναυσης. Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες στην δομή με τους λαμπτήρες ατμών υδραργύρου.

Σχεδόν όλα τα είδη των λαμπτήρων μεταλλικών αλογονιδίων με «λευκό» φως παράγουν απόδοση χρώματος εξίσου καλή ή και ανώτερη από αυτή που παράγουν οι λαμπτήρες υδραργύρου με κάλυμμα φωσφόρου. Τα ακτινοβολούντα μέταλλα στις λάμπες αυτές έχουν χαρακτηριστικά εκπομπής που είναι φασματικά επιλεκτικά. Μερικά μέταλλα παράγουν κυρίως ορατή ακτινοβολία σε ένα μόνο μήκος κύματος, ενώ άλλα παράγουν πλήθος διακριτών μηκών κύματος. Ακόμα άλλα παράγουν ένα συνεχόμενο φάσμα ακτινοβολίας. Προκειμένου να πετύχουμε ένα πλήρες και ισορροπημένο φάσμα χρησιμοποιούνται μίγματα μεταλλικών αλογονιδίων.

Γενικά οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων χρησιμοποιούνται:

- Σε πάρκα
- Σε γήπεδα
- Σε χώρους υπαίθριου παρκαρίσματος
- Σε εργοστάσια
- Σε αποθήκες
- Ως φωτισμός ασφαλείας
- Σε φώτα αυτοκινήτων

Διάρκεια ζωής(!)

- Οι λάμπες αυτού του τύπου είναι μέσης διάρκειας ζωής. Πιο συγκεκριμένα υπό φυσιολογικές συνθήκες μπορούν να λειτουργήσουν 6000 έως 15000 ώρες.

3.5 Λαμπτήρες LED (Light Emitting Diodes)

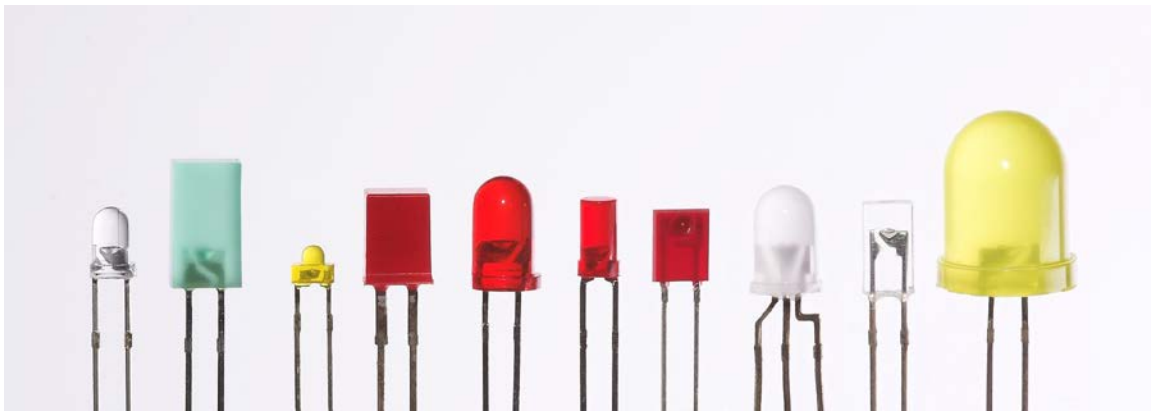
Αποτελούν την νεότερη κατηγορία λαμπτήρων. Είναι δίοδοι εκπομπής φωτός, χωρίς ίνα, με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και μεγάλη διάρκεια ζωής. Ουσιαστικά πρόκειται για ομάδες L.E.D. με κατάλληλη συνδεσμολογία που ελέγχονται από ηλεκτρονικό κύκλωμα και είναι τοποθετημένες στο εσωτερικό μιας λυχνίας, που η



Σχήμα 89 . Λαμπτήρας μεταλλικών αλογόνων

μορφή της εξωτερικά μοιάζει με αυτή των λαμπτήρων πυράκτωσης. Τα πλεονεκτήματα τους είναι η παραγωγή χρωματιστού φωτός χωρίς οπτικά φίλτρα και η δυνατότητα για εναλλαγή χρωμάτων. Η άποψη που επικρατεί είναι ότι ο φωτισμός με L.E.D. είναι ο φωτισμός του μέλλοντος. Επίσης οι λαμπτήρες LED έχουν τη δυνατότητα αλλαγής της ποσότητας φωτισμού που παράγουν μέσω διάταξης dimmer ειδική για τέτοιου είδους λαμπτήρες.

Η επιλογή λαμπτήρων απαιτεί ανάλυση των προδιαγραφών και χαρακτηριστικών του κάθε λαμπτήρα. Οι προδιαγραφές επιδόσεων περιλαμβάνουν την ισχύ του λαμπτήρα (σε Watt), τη διάρκεια ζωής, το μήκος του λαμπτήρα, τη θερμοκρασία του χρώματος του εκπεμπόμενου φωτός, και τη μέση απόδοση του λαμπτήρα. Μερικοί λαμπτήρες διατίθενται με επιπλέον κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, που είναι διαθέσιμα από ορισμένους κατασκευαστές.



Σχήμα 90 . Λαμπτήρες LED

Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από την χημική σύσταση του ημιαγωγικού υλικού που χρησιμοποιείται, και μπορεί να είναι υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο. Το μήκος κύματος του φωτός που εκπέμπεται, και, κατά συνέπεια, το χρώμα του, εξαρτάται από το χάσμα ενέργειας των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του περάσματος p-n, όπου:

- p = Υλικό νοθευμένο με αποδέκτες.
- n = Υλικό νοθευμένο με δότες.

Η βασική αρχή των LED είναι μια επαφή p-n η οποία πολώνεται ορθά για να εγγχεί ηλεκτρόνια και οπές μέσα στις p- και n- πλευρές αντίστοιχα. Το εγγεόμενο φορτίο μειονότητας επανασυνδέεται με το φορτίο πλειονότητας στην περιοχή απογύμνωσης ή στην ουδέτερη περιοχή. Σε ημιαγωγούς αμέσου διάκενου η επανασύνδεση οδηγεί σε εκπομπή φωτός αφού η ακτινοβόλα επανασύνδεση κυριαρχεί σε υλικά υψηλής ποιότητας. Σε υλικά έμμεσου χάσματος, η απόδοση εκπομπής φωτός είναι αρκετά φτωχή και οι περισσότερες από τις διαδρομές επανασύνδεσης είναι μη ακτινοβόλες με παραγωγή θερμότητας μάλλον παρά φωτός.

Οι λάμπες LED που διαθέτουν δυνατότητα ρύθμισης έντασης του φωτισμού λειτουργούν ικανοποιητικά με τους περισσότερους διακόπτες τελευταίας τεχνολογίας. Οι καλύτερες από αυτές παρέχουν δυνατότητα μείωσης φωτισμού κατά 5% περίπου.

Το χρώμα φωτισμού στις Λάμπες LED κατατάσσεται σε 3 κατηγορίες:

Θερμό Λευκό, Φυσικό Λευκό και Ψυχρό Λευκό.



Σχήμα . 91 Χρώμα φωτισμού σε λαμπτήρες LED

Στο Θερμό Λευκό χρώμα φωτισμού ανήκουν οι λαμπτήρες που εκπέμπουν φως από 2700K έως 3200K.

Στο Φυσικό Λευκό χρώμα φωτισμού ανήκουν οι λαμπτήρες που εκπέμπουν φως από 4000K έως 4500K.

Στο Ψυχρό Λευκό χρώμα φωτισμού ανήκουν οι λαμπτήρες που εκπέμπουν φως από 5000K έως 6500K.

Η φωτεινότητα των Λαμπτήρων LED μετριέται σε Lumens και όχι σε Watt. Τα Watt είναι μονάδα μέτρησης της κατανάλωσης ενέργειας και όχι της φωτεινότητας μιας Λάμπας LED. Μια λάμπα LED που καταναλώνει 10W μπορεί να είναι φωτεινότερη (περισσότερα Lumens) από μια λάμπα LED που καταναλώνει 12W. Άρα ένας λαμπτήρας LED υψηλής ποιότητας μπορεί να είναι πιο φωτεινός και να καταναλώνει λιγότερο ρεύμα από έναν λαμπτήρα LED άγνωστης προέλευσης & αμφιβόλου ποιότητας που καταναλώνει περισσότερα Watt και είναι λιγότερο φωτεινός (λιγότερα Lumens). γ=Για

αυτό το λόγο επιλέγουμε LED Λάμπες με κριτήριο τα Watt και όχι τα Lumens. Στην περίπτωση που δεν γνωρίζουμε τα Lumens που έχει ο παλιός καμένος λαμπτήρας που θέλουμε να αντικαταστήσουμε με μία Λάμπα LED, τότε εμπειρικά χρησιμοποιούμε την αναλογία 1/9. Δηλαδή αν θέλουμε να αντικαταστήσουμε μία λάμπα πυρακτώσεως που καταναλώνει 100 Watt επιλέγουμε έναν λαμπτήρα LED 9W. Σε σχέση με τους λάμπες οικονομίας (φθορισμού) η αναλογία είναι 1/2. Δηλαδή για να αντικαταστήσουμε μία λάμπα οικονομίας (φθορίου) κατανάλωσης 10 Watt θα επιλέξουμε μια LED Λάμπα που καταναλώνει 5 Watt.

Κατηγορίες LED

- LED Ετεροεπαφής Υψηλής Εντάσεως

Μια ένωση p-n ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς με διαφορετική νόθευση, οι οποίοι όμως αποτελούνται από το ίδιο υλικό, έχουν δηλαδή το ίδιο ενεργειακό διάκενο $g E$, ονομάζεται ομοεπαφή. Μια ένωση ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς με το ίδιο ενεργειακό διάκενο ονομάζεται ετεροεπαφή. Μια ημιαγωγική δομή διάταξης η οποία περιλαμβάνει ενώσεις ανάμεσα σε υλικά με διαφορετικό ενεργειακό διάκενο ονομάζεται διάταξη ετεροδομής.

Οι διατάξεις LED που έχουν στόχο την αύξηση της έντασης του φωτός στην έξοδο κάνουν χρήση της διπλής ετεροδομής.

- LED Εκπομπής Άκρου

Ένα σημαντικό στοιχείο στην οπτική επικοινωνία είναι η απόδοση με την οποία το φως που εκπέμπεται από ένα LED σε μια οπτική ίνα. Για να πραγματοποιηθεί μια ικανοποιητική σύζευξη χρειάζεται κανείς μια ισχυρά ευθυγραμμισμένη δέσμη. Η τεχνολογία ετεροδομών χρησιμοποιείται για να κατασκευαστεί η LED εκπομπής άκρου (edge emitting LED) Ένα σημαντικό στοιχείο της LED εκπομπής άκρου είναι τα στρώματα μανδύα μεγάλου ενεργειακού χάσματος τα οποία περιορίζουν όχι μόνο τα ηλεκτρόνια και τις οπές στο ενεργό στρώμα, αλλά επίσης αναγκάζουν τα εκπεμπόμενα φωτόνια να κινηθούν κατά μήκος του άξονα της LED και να εξέρχονται από το άκρο της συσκευής.

- LED Εκπομπής Επιφάνειας

Μια σημαντική κατηγορία των LEDs είναι η LED εκπομπής επιφάνειας (surface emitting LED) η οποία πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Burrus και Dawson το 1970. Μια οπτική ίνα συζεύγνυται στο άκρο της LED με απόξεση της LED, προσαρμόζοντας την ίνα με εποξική ρητίνη. Η ίδια η LED είναι μια LED ετεροδομής με μία λεπτή ενεργό περιοχή χαμηλού ενεργειακού χάσματος η οποία περιβάλλεται από περιοχές μεγάλου ενεργειακού χάσματος. Τα φωτόνια που εκπέμπονται συζεύγνυται απ' ευθείας στην οπτική ίνα. Σε διάφορες δομές ένας μικροφακός τοποθετείται στη LED για να βελτιώσει την απόδοση.

Πλεονεκτήματα LED (έναντι φθορισμού)

- 1) Είναι πιο οικονομικές σε κατανάλωση ρεύματος, αν συγκριθούν με μία φθορισμού ίδιας φωτεινότητας
- 2) έχουν 5-10 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- 3) Άμεση maximum φωτεινότητα με το που την ανάβουμε (ενώ στις φθορισμού μερικές φορές στην αρχή αργεί να πιάσει τη maximum φωτεινότητα)
- 4) Δεν ζεσταίνονται καθόλου
- 5) Δεν είναι ευαίσθητες σε κραδασμούς - χτυπήματα – καταπονήσεις
- 6) Δεν τρεμοπαίζουν ποτέ
- 7) Είναι πιο ακριβές, αλλά θα κάνετε απόσβεση σταδιακά λόγω χαμηλότερης κατανάλωσης ρεύματος
- 8) Μπορούμε να τις λειτουργήσουμε με dimmer (ροοστάτη) ενώ τους λαμπτήρες φθορισμού όχι
- 9) Δεν περιέχουν μέσα τους διάφορες τοξικές και επικίνδυνες για την υγεία μας ουσίες (φυσικά και οι λαμπτήρες φθορισμού μόνο αν σπάσουν είναι επικίνδυνες)

Μειονεκτήματα LED

Αν και τα LED έχουν πολλά πλεονεκτήματα, παρόλα αυτά, δεν παύουν να έχουν και κάποια μειονεκτήματα, μιας και τίποτα δεν είναι τέλειο!

- 1) Κόστος αγοράς LED: Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα των LED, είναι φυσικά το κόστος αγοράς! Και όταν λέμε κόστος, το αναφέρουμε βάσει κόστους / μονάδας μέτρησης φωτεινότητας. Πιο απλά, για να παράγουμε «χ» φωτεινότητα, θα πρέπει να πληρώσουμε πιο πολλά για αγορά LED, παρά για αγορά πυρακτώσεως - φθορισμού - αλογόνου.
- 2) Ευαισθησία σε θερμοκρασίες :Τα LED αποτελούνται από αυτά τα μικροσκοπικά λαμπάκια και ένα κύκλωμα που τα επιτρέπει να λειτουργούν όπως πρέπει. Όλο το σύνολό τους, αν και δεν ζεσταίνεται συνήθως, είναι ευαίσθητο στις υψηλές θερμοκρασίες. Αν για κάποιο λόγο ζεσταθεί, υπάρχει κίνδυνος να αστοχήσει κάποιο μέρος του κυκλώματος κι έτσι να μην λειτουργεί όλο το κύκλωμα, οπότε να χρειάζεται όλο αντικατάσταση.
- 3) Ευαισθησία στην τάση :Ένα άλλο μειονέκτημα των LED είναι ότι είναι ευαίσθητα στην τάση. Αν για κάποιο λόγο εφαρμοστεί τάση μεγαλύτερη από την προτεινόμενη, τότε αυτά καταστρέφονται.
- 4) Μόλυνση από το μπλε: Επειδή τα μπλε LED και αυτά του ψυχρού λευκού είναι πλέον ικανά να εκπέμπουν περισσότερο μπλε φως απ' ότι οι κοινές πηγές φωτός όπως οι λάμπες νατρίου υψηλής πίεσης, η ισχυρή εξάρτηση από το μήκος κύματος της σκέδασης Rayleigh σημαίνει ότι τα LED μπορούν να προκαλέσουν περισσότερη φωτορύπανση απ' ότι οι άλλες πηγές φωτός.
- 5) Παράγουν κατευθυνόμενο κυρίως φως :Το συγκεκριμένο, μερικές φορές μας εξυπηρετεί και δεν θα λέγαμε ότι αποτελεί ένα από τα βασικά μειονεκτήματα των LED. Τα LED κατευθύνουν το φως που παράγουν προς μία κατεύθυνση συγκεκριμένα, κάνοντας έτσι δυσκολότερη τη διάχυση. Πιο συγκεκριμένα, ένα σύνολο από LED που "κοιτάνε" προς διάφορες κατευθύνσεις, δεν θα μας δώσει

μία ομοιόμορφη διαχυτικότητα φωτός όπως θα μας έδινε πχ μία λάμπα πυρακτώσεως. Αντίστοιχα σε έναν κρυφό φωτισμό, αν δεν τοποθετηθούν επιδέξια, μπορεί να μη φαίνεται το απαλό ομοιόμορφο φως, αλλά μικρές "έντονες" λάμπειες επάνω στον τοίχο, που παράγονται από κάθε "LEDάκι".

- 6) Ποιότητα φωτός: Τα περισσότερα ψυχρού λευκού LED έχουν φάσμα που διαφέρει σημαντικά από αυτό ενός ακτινοβολέα μελανού σώματος όπως ο ήλιος ή ο λαμπτήρας πυράκτωσης. Αυτό σημαίνει ότι το χρώμα κάποιων αντικειμένων μπορεί να φαίνεται διαφορετικό κάτω από μια LED ψυχρού λευκού απ' ότι θα φαινόταν κάτω από το φως του ήλιου ή κάτω από μια λάμπα πυράκτωσης.

Διάρκεια ζωής(!)

Η διάρκεια λειτουργίας (L70B50) των LED μπορεί να υπερβεί εύκολα τις 50.000 ώρες(δηλαδή 8 χρόνια συνεχούς λειτουργίας). Υπολογίζεται ως ο χρόνος που χρειάζεται το 50% μιας δοκιμαζόμενης ομάδας φωτιστικών για να χάσει το 30% της ονομαστικής του φωτεινής ροής .Σε σύγκριση με άλλες πηγές φωτός, τα LED παρουσιάζουν αστοχίες πολύ σπάνια. Κατά την περίοδο λειτουργίας μειώνεται ελαφρά μόνο η φωτεινή ροή. Στην πράξη, τα LED δεν απαιτούν σχεδόν καμία συντήρηση σε όλη την περίοδο χρήσης τους, ανάλογα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός μεμονωμένου LED, οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω:

✓ Θερμοκρασία

Όσο χαμηλότερη θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερος κύκλος ζωής του LED και τόσο υψηλότερη είναι η απόδοση και η φωτεινότητα του.

✓ Μηχανική επίδραση

Η έκθεση του LED σε δυνάμεις τέτοιες μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στη διάρκεια λειτουργίας του ή μπορεί ακόμη και να προκαλέσει την καταστροφή του

✓ Κατανάλωση ισχύος

Όσο πιο χαμηλό είναι το ρεύμα εντός αυτού του εύρους, τόσο λιγότερη ενέργεια ελευθερώνεται και τόσο χαμηλότερη είναι η παραγωγή θερμότητας, πράγμα το οποίο έχει άμεση επίδραση στη διάρκεια ζωής.

✓ Υγρασία

Η προστασία από την υγρασία είναι επίσης απολύτως απαραίτητη για την επίτευξη της μεγαλύτερης δυνατής διάρκειας ζωής των μονάδων LED.

✓ Χημικά

Η καταπόνηση των LED που προκαλείται από χημικές επιδράσεις μπορεί να διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με την τοποθεσία της εφαρμογής. Για το λόγο αυτό, κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος φωτισμού LED πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι περιβαλλοντικές συνθήκες.

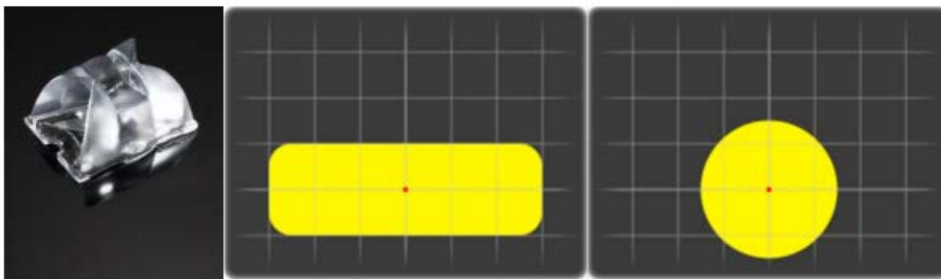
Τα παρακάτω στοιχεία, μεταξύ άλλων, έχουν αρνητική επίδραση στη διάρκεια λειτουργίας:

- Διαβρωτική ατμόσφαιρα
- Κλίμα παράκτιων περιοχών με μεσαία περιεκτικότητα
- Χημική βιομηχανία
- Πισίνες με μεσαία περιεκτικότητα χλωρίου

Τα είδη των φακών LED στον οδοφωτισμό

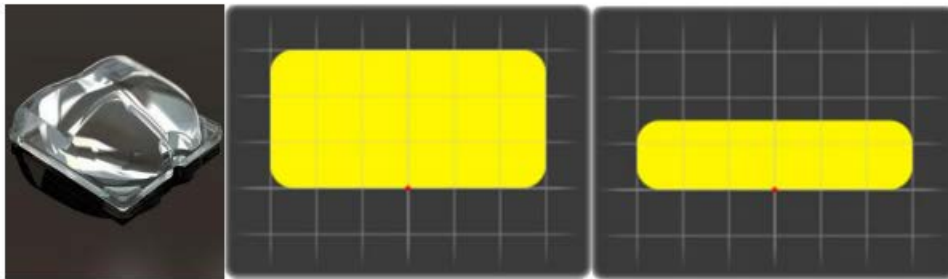
Οι φακοί LED που απευθύνονται για φωτισμό δρόμων και αυτοκινητόδρομων σχεδιάζονται ξεχωριστά για κάθε τύπο LED. Οι μεγάλες εταιρίες κατασκευής φακών έχουν στον κατάλογο τους ειδικά σχεδιασμένους φακούς για τα LED κάθε εταιρίας. Η εξατομίκευση αυτή βοηθά στην εκμετάλλευση όλου του φάσματος των δυνατοτήτων των LED, παρόλο που είναι χρονοβόρα και δαπανηρή. Η θάμβωση είναι ένας ακόμα λόγος που κάθε φακός είναι ξεχωριστός. Τα LED λόγω του μικρού τους μεγέθους θαμβώνουν και ο φακός έρχεται για να δώσει λύση στο πρόβλημα. Στην αγορά υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες φακών LED για φωτισμό δρόμων, αυτοί με συμμετρική κατανομή και αυτοί με ασύμμετρα. Η επιλογή του φακού έγκειται στις προδιαγραφές του της εφαρμογής. Αναλυτικά:

Συμμετρικοί : είναι οι πρώτοι φακοί που κατασκευάστηκαν για LED και στοχεύουν κυρίως σε αντικατάσταση των φωτιστικών HID στις υπάρχουσες υποδομές. Απαιτούν μεγάλο βραχίονα και αρκετή κλίση, ώστε να μπορέσουν να φωτίσουν με επιτυχία το οδόστρωμα. Υπάρχουν διάφορα είδη κατανομών φωτός και καλύπτουν το φάσμα των απαιτήσεων. Όπως παρατηρούμε από τις εικόνες το φωτιστικό (κόκκινη κουκίδα) φωτίζει συμμετρικά την περιοχή γύρω απ' αυτό. Με αυτήν την σχεδίαση φακών δεν επιτυγχάνουμε τα καλύτερα αποτελέσματα, διότι το φως διαμοιράζεται σε όλα τα επίπεδα C (C-planes). Με την κλίση που είμαστε αναγκασμένοι να δώσουμε στο φωτιστικό για να φωτίζει πιο πολύ το δρόμο και όχι το πεζοδρόμιο δημιουργούμε άλλες αρνητικές συνέπειες όπως η αύξηση του δείκτη θάμβωσης κ.α. Ακόμη οι φακοί αυτοί χρειάζονται περισσότερη φωτεινή ροή δηλαδή περισσότερη ισχύ για να φωτίσουν ένα δρόμο σωστά σε σχέση με τους ασύμμετρους φακούς που αναλύουμε παρακάτω.



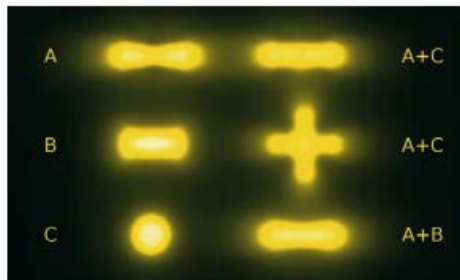
Σχήμα 92 . Διάδοση φωτός με συμμετρικό φακό LED

- **Ασύμμετροι :** είναι η βελτιστοποίηση των συμμετρικών φακών για σύγχρονες εφαρμογές φωτισμού δρόμων. Το χαρακτηριστικό των φακών αυτών είναι ότι είναι συμμετρικοί στο επίπεδο C0-C180 (παράλληλα με το δρόμο δηλαδή) και ασύμμετροι στο επίπεδο C90-C270 (κάθετα στον διαμήκη άξονα του δρόμου). Τοποθετούνται σε μικρού μήκους βραχίονα στήριξης με μηδενική κλίση. Η ασύμμετρα σχεδίαση βοηθά στο να φωτίζεται μόνο το οδόστρωμα, δηλαδή η περιοχή μπροστά από τον νοητό άξονα C0-C180 του φωτιστικού, ενώ στα επίπεδα C180-C360 δεν διοχετεύεται φωτεινή ένταση (περιοχή πεζοδρομίων-κατοικιών). Αποτέλεσμα της σχεδίασης επιπλέον είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η μείωση της θάμβωσης και της Φωτορύπανσης.



Σχήμα 93 . Διάδοση φωτός με ασύμμετρο φακό LED




Οι φακοί τοποθετούνται πάνω στα LED με διάφορους τρόπους. Η χρήση ειδικής ταινίας πολυουρεθάνης είναι ένας από αυτούς θεωρείται όμως πρόχειρη λύση και πραγματοποιείται από κατασκευαστές φωτιστικών χαμηλής αξιοπιστίας. Ο πιο ασφαλής τρόπος προσαρμογής του φακού είναι με χρήση βιδών. Η οπτική τεχνολογία μας δίνει την δυνατότητα μίξης φακών για να μπορέσουν να επιτευχθούν ειδικές απαιτήσεις φωτισμού δρόμων πλατειών πεζόδρομων κ.α. Πρακτικά δεν υπάρχει κάποια απαίτηση που να μην μπορεί να καλυφθεί είτε από την υπάρχουσα σχεδίαση είτε από μελλοντικές. Όπως φαίνεται στην εικόνα έχουμε την δυνατότητα να ενώσουμε τις κατανομές από δυο ή περισσότερους φακούς για να παράγουμε οποιοδήποτε αποτέλεσμα.



Σχήμα 94 . Σχεδίαση υβριδικών φακών/ Ανάμειξη σχεδίων

Σύγκριση λαμπτήρων

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η σύγκριση τριών λαμπτήρων E27. Ο πρώτος λαμπτήρας είναι τεχνολογίας LED, ο δεύτερος είναι πυρακτώσεως και ο τρίτος συμπαγούς φθορισμού.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ			
Μ.Ο. Διάρκειας ζωής	50000 Hours	1200 Hours	8000 Hours
Κατανάλωση	6-8 Watts	60 Watts	13-15 Watts
Κατανάλωση για ημερήσια κατανάλωση 12 ωρών	329 KWh/yr	3285 KWh/yr	767 KWh/yr
Ετήσιο κόστος	32,85\$/year	328,59\$/year	76,65\$/year
Περιεκτικότητα τοξικού υδραργύρου	Όχι	Όχι	Ναι
Συμβατότητα με πιστοποιητικό RoHS	Ναι	Ναι	Όχι
Εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα	451 pounds/ year	4500 pounds/ year	1051 pounds/ year
Ευαισθησία σε χαμηλές θερμοκρασίες	Όχι	Όχι	Ναι
Ευαισθησία σε υγρασία	Όχι	Όχι	Ναι
Ανθεκτικότητα σε κρούση	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Εκπομπή θερμότητας	3.4 btu's/hour	85 btu's/hour	30 btu's/hour
Lumens	Watts	Watts	Watts
450	4	40	13
800	6	60	15
1100	9	75	25
1600	16	100	23
2600	25	250	30

Πίνακας 27

Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει στοιχεία απόδοσης δειγμάτων για μια σειρά λαμπτήρων διαθέσιμων για τις εφαρμογές φωτισμού δρόμων. Η στήλη «Ισχύς κυκλωμάτων» περιλαμβάνει και την κατανάλωση ενέργειας των βοηθητικών κυκλωμάτων και των κυκλωμάτων ελέγχου. Κατά συνέπεια, τα μεγέθη της απόδοσης που δίνονται είναι μικρότερα από αυτά που αναφέρονται από τους κατασκευαστές λαμπτήρων, τα οποία δεν περιλαμβάνουν τις απώλειες αυτές. Η στήλη «Ισοδύναμο προϊόν» παρουσιάζει την εταιρία και το μοντέλο των λαμπτήρων που χρησιμοποιήθηκαν για τις πληροφορίες του Πίνακα.

Τύπος λαμπτήρων(ον. Watt και τύπος)	Ισχύς κυκλωμάτων (συνολική ισχύς λαμπτήρων και κυκλωμάτων σε Watt)	Φωτεινή Ισχύς (lumens)	Απόδοση (Lm/Watt)	Διάρκεια ζωής (ώρες)	Ισοδύναμο προϊόν
<i>Νατρίου υψηλής πίεσης</i>					
70 Watt HST	84.0	6,200	73.8	Τυπική τιμή 24,000 με 32,000	Philips SON-T-70W
150 Watt HST	170.0	17,500	102.9		Philips Master SON-T PIA plus 150W
250 Watt HST	276.0	27,500	99.6		Philips SON-T-250W
400 Watt HSE	434.0	55,500	127.9		Philips Master SON-T PIA plus 400W
<i>Ατμών Υδραργύρου</i>					
50 Watt HME	59.0	1,800	30.5	Τυπική τιμή 8,000	Osram HQL-50
80 Watt HME	89.5	4,000	44.7		Philips HPL 4 80W
125 Watt HME	137.0	6,200	45.3		Philips HPL Comfort 125W
250 Watt HME	271.0	14,200	52.4		Philips HPL Comfort 250W
400 Watt HME	424.0	24,200	57.1		Philips HPL Comfort 400W
<i>Μεταλλικών αλογονιδίων</i>					
35 Watt HIT-CRI	44.0	3,350	76.1	5,000	Osram HCI-TC-35/WDL
60 Watt	72.0	6,800	94.5		Philips CosmoWhite CPO-TW
70 Watt HIT-CRI	84.0	7,100	84.5	5,000	Philips Master Colour Elite-T
140 Watt	161.0	16,500	102.5		Philips CosmoWhite CPO-TW
150 Watt HIT	172.0	12,850	74.7	5,000	Osram HCI-T-150/WDL
250 Watt HIT	269.5	19,500	72.3	6,000	Osram HCI-T-250/WDL

400 Watt HIT	437.0	31,750	72.6		Osram HCI-T-400/WDL
--------------	-------	--------	------	--	---------------------

Πίνακας 28

Τύπος λαμπτήρων(ον. Watt και τύπος)	Ισχύς κυκλωμάτων (συνολική ισχύς λαμπτήρων και κυκλωμάτων σε Watt)	Φωτεινή Ισχύς (lumens)	Απόδοση (Lm/Watt)	Διάρκεια ζωής (ώρες)	Ισοδύναμο προϊόν
Νατρίου χαμηλής πίεσης					
18 Watt	25.5	3,825	Τυπική	Τυπική τιμή	
35 Watt	45.0	6,750	τιμή 140-160	14,000-	
90 Watt	102.5	15,375		18,000	
Φθορισμού					
14 Watt T5 (16 mm diameter)	16.6	1,200	72.3		Philips 'TL'5 (HE)
26 Watt triphosphor (Compact)	29.4	1,800	61.2	10,000	Osram Dulux® D
27 Watt (Compact)	27.0	1,800	66.7	10,000	Philips Master PLElectronic
33 Watt (Compact)	33.0	2,250	68.2	10,000	Philips Master PLElectronic
36 Watt triphosphor (Compact)	45.0	2,800	62.2	10,000	Osram Dulux® F
18 Watt triphosphor (Linear, 26 mm diameter)	24.0	1,350	56.2	7,000	Osram 'Lumilux plus'
36 Watt triphosphor (Linear, 26 mm diameter)	42.0	3,350	79.7	7,000	
LED					
18 Volt Amber (590 nm)	31.9	650	20.3	100,000	Dio Park and Path Light head

18 Volt White (4,500 K)	31.9	325	10.2	100,000	Dio Park and Path Light head
Πυρακτώσεως					
	100	1,000 – 1,500	Τυπική τιμή 10 -15	Τυπική τιμή 750 -1000	

Πίνακας 29

Γενικά:

Μία λάμπα πυρακτώσεως, ξοδεύει το ~90% της ενέργειας -ρεύμα- για παραγωγή ζέστης και μόνο το ~10% για παραγωγή φωτός: παράγει μόνο ~14 lumens / watt.

Οι λάμπες οικονομίας -φθορίου, φθορισμου- παράγουν ~70 lumens / watt και οι λάμπες led ακόμα περισσότερα (έχουμε ποικιλία).

Κατά προσέγγιση ισχύει ότι ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως 40 watt, έχει περίπου την ίδια απόδοση φωτός με έναν λαμπτήρα φθορισμού ~11 watt και την ίδια απόδοση με μία λάμπα led ~4 watt.



Σχήμα 95 . Σύγκριση Λαμπτήρων

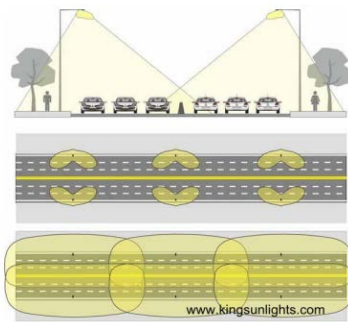
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Τα φωτιστικά που σχεδιάζονται για χρήση σε φωτισμό δρόμων, έχουν ως σκοπό να παρέχουν χαμηλής θάμβωσης φωτισμό έτσι ώστε οι χρήστες για τους οποίους απευθύνεται ο δρόμος να παρατηρούν το δρόμο, τους πεζούς, αντικείμενα στο δρόμο και λοιπά οχήματα. Η επιλογή του σωστού για τις απαιτήσεις του δρόμου φωτιστικού, βασίζεται σε πολλούς παράγοντες όπως η οριζόντια και η κάθετη κατανομή του φωτός του φωτιστικού, η απόσταση των ιστών του δρόμου, το ύψος των ιστών, και λοιπές τεχνικές δυσκολίες. Επιπρόσθετα η επιλογή του φωτιστικού θα πρέπει να στοχεύει προς την κατεύθυνση της ελαχιστοποίησης της φωτορύπανσης. Πλέον παράλληλα με όλους τους παραπάνω παράγοντες ένας μελετητής θα πρέπει να λαμβάνει σοβαρά υπόψιν του την απόδοση του φωτιστικού, την κατανάλωση ενέργειας καθώς και την διάρκεια ζωής του.

Τα βασικά τμήματα που αποτελούν ένα φωτιστικό σώμα είναι η φωτεινή πηγή, ο ανακλαστήρας, το διαφανές κάλυμμα της διάταξης και το σώμα. Οι λαμπτήρες εκκένωσης απαιτούν και συσκευές ελέγχου της τάσης του ρεύματος, οι οποίες συνήθως τοποθετούνται και αυτές μέσα στο φωτιστικό σώμα.

Ο ανακλαστήρας χρησιμεύει στη συγκέντρωση της φωτεινής ακτινοβολίας και κατεύθυνσή της προς την επιθυμητή περιοχή φωτισμού. Κατασκευάζεται από αλουμίνιο. Όσον αφορά το διαφανές κάλυμμα αυτό κατασκευάζεται από γυαλί ή πλαστικό (μόνο γυαλί για υψηλή ισχύ λαμπτήρα).

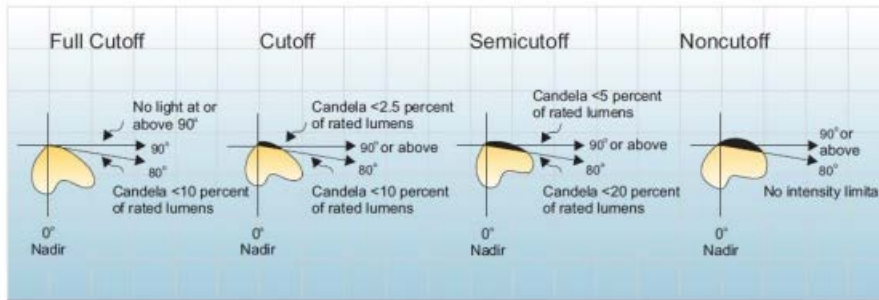


Σχήμα 96 . Παράδειγμα φωτισμού με συγκεκριμένο τύπο διάδοσης φωτός

4.1 Κατηγοριοποίηση φωτιστικών σύμφωνα με την κατακόρυφη διασπορά

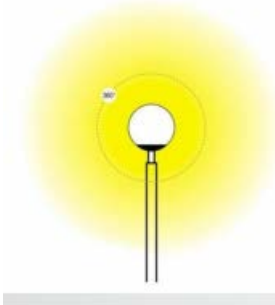
Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες φωτιστικών που παρέχουν διαφορετικές γωνίες ελέγχου. Αυτά είναι τα εξής:

- Non-Cutoff ,
- Semi-Cutoff,
- Full-Cutoff και
- Cutoff .



Σχήμα 97. Κατακόρυφη Διασπορά

Non-Cutoff (Μηδενικής αποκοπής)



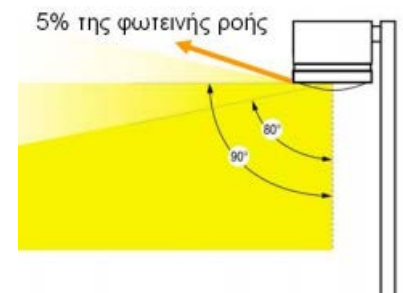
Τα φωτιστικά Non-cutoff επιτρέπουν την διάχυση του φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα Noncutoff φωτιστικά αποτελούν το λιγότερο αποδοτικό τρόπο για να φωτιστεί το έδαφος. Είναι γενικώς αποδοτικά στο να διοχετεύουν φως στα δέντρα και δημιουργούν ένα μεγάλο ποσοστό φωτεινής ρύπανσης και έντονου φωτός. Αυτά τα φωτιστικά δεν χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό των δρόμων γιατί έχουν την τάση να τυφλώνουν τους οδηγούς.

Σχήμα 98.
Μηδενικής αποκοπής

Semi-Cutoff(Ημι-αποκοπής)

Τα φωτιστικά Semi-cutoff επιτρέπουν το φως να διαχυθεί κάτω από το επίπεδο των 90°, ενώ ένα ποσοστό (έως 5%) διαχέεται πάνω από το επίπεδο των 90°. Είναι αρκετά αποτελεσματικά στη διάχυση του φωτός πέρα από μια μεγάλη, κατευθυνόμενη περιοχή στο έδαφος.

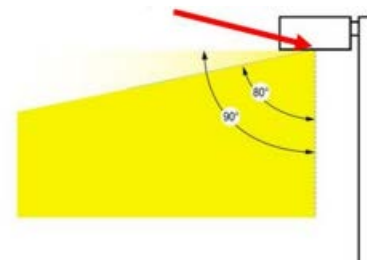
Υπάρχει ακόμα σημαντικό έντονο φως από αυτά τα φωτιστικά, αλλά συχνά, τοποθετούνται στους πιο υψηλούς ιστούς, οι οποίοι τα φωτίζουν υψηλότερα από το πεδίο όρασης του οδηγού.



Σχήμα 99. Ημι-αποκοπής

Full-Cutoff (Πλήρους αποκοπής)

Τα φωτιστικά Full-cutoff κατευθύνουν το φως μόνο προς το έδαφος, κάτω από το φωτιστικό. Τα φωτιστικά αυτά δεν επιτρέπουν την διάχυση φωτός άνω του επιπέδου των 90°. Τα φωτιστικά αυτά κατευθύνουν το φως σε μια καθορισμένη επιφάνεια στο έδαφος. Τυπικά για να επιτευχθεί ένας ενδιαμέσος φωτισμός αρκεί η χρησιμοποίηση φωτιστικών τύπου Full-cutoff (σε μεγαλύτερο ποσοστό) ή να αυξηθεί το ύψος στήριξης των φωτιστικών ώστε να επιτευχθούν αποτελέσματα συγκρίσιμα με τα φωτιστικά τύπου cutoff ή semi-cutoff.

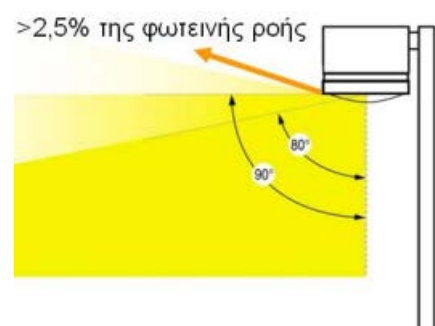


Σχήμα 100. Πλήρους αποκοπής

Cutoff

Τα φωτιστικά Cutoff επιτρέπουν μεγαλύτερο έλεγχο του διαχυόμενου φωτός από ότι τα Semi-cutoff.

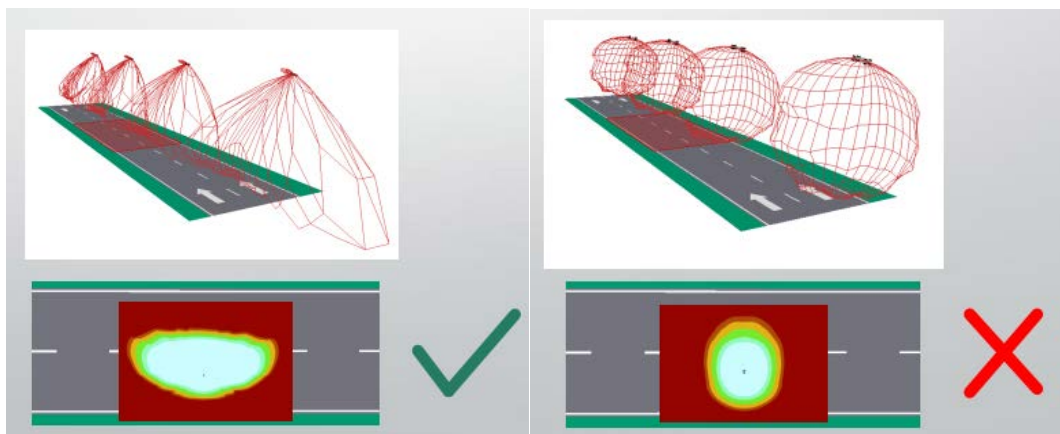
Με τα φωτιστικά αυτά λιγότερο από 2.5% του φωτός διαφεύγει πάνω από το επίπεδο των 90°. Τα φωτιστικά τύπου Cutoff ενδείκνυνται για φωτισμό χώρων στάθμευσης όπου οι ιστοί στήριξης των φωτιστικών απαιτείται να έχουν μεγάλη απόσταση. Προσφέρουν μεγαλύτερη διάχυση φωτός σε σχέση με τα Full-cutoff και επιπλέον δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε μεγάλα ύψη όπως συμβαίνει με τα Semi-cutoff. Τα φωτιστικά αυτά επιτρέπουν πολύ μικρό ποσοστό να διαφύγει πάνω από το φωτιστικό.



Σχήμα 101. Cutoff

Το σώμα που περικλείει την όλη διάταξη κατασκευάζεται από διάφορα υλικά, συνήθεστερα από αλουμίνιο επικαλυμμένο από ηλεκτροστατική βαφή.

Για οδοφωτισμό προτιμούμε τα Full-Cutoff.

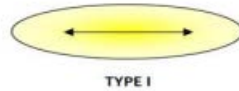


Σχήμα 102 . Full cutoff

4.2 Κατηγοριοποίηση φωτιστικών σύμφωνα με την οριζόντια διασπορά

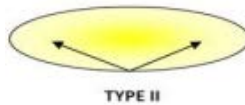
Η εγκάρσια κατανομή φωτός του φωτιστικού, δηλαδή αυτή που είναι κάθετη στον αυτοκινητόδρομο μπορεί να διαχωριστεί σε πέντε τύπους ανάλογα με τον τρόπο φωτισμού.

Ο τύπος I είναι μακρύς και στενός και κατάλληλος για ποδηλατόδρομους, διαβάσεις πεζών και στενούς δρόμους.



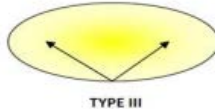
Σχήμα 103. Τύπος 1

- Ο Τύπος II είναι κατάλληλος για ποδηλατόδρομους και διαβάσεις πεζών μεγαλύτερου πλάτους του τύπου I.



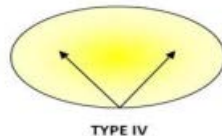
Σχήμα 104. Τύπος 2

- Ο τύπος III συναντάται πιο συχνά και απευθύνεται σε αυτοκινητόδρομους με μεγαλύτερο πλάτος και περισσότερες από 2 λωρίδες κυκλοφορίας.



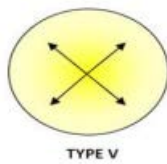
Σχήμα 105. Τύπος 3

- Ο τύπος IV είναι κατάλληλο για χώρους πάρκινγκ και αφορά φωτιστικά που στηρίζονται σε τοίχο.



Σχήμα 106. Τύπος 4

- Ο τύπος V είναι συμμετρικός και κατάλληλος για περιπτώσεις διαστάυρωσης.



Σχήμα 107. Τύπος 5



Σχήμα 108. Φωτιστικό σώμα οριζόντιας διάταξης



Σχήμα 109. Φωτιστικό σώμα κατακόρυφης διάταξης.



Σχήμα 110. Φωτιστικά σώματα υψηλού ιστού



Σχήμα 111. Φωτιστικό σώμα διακοσμητικού τύπου.



Σχήμα 112. Φωτιστικό σώμα χώρου στάθμευσης.



Σχήμα 113. Φωτιστικό σώμα για σήραγγα.

4.3 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την μηχανική αντοχή τους/βαθμός προστασίας IP

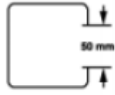

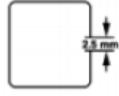

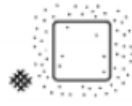
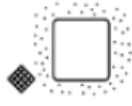
Ένας ασφαλής τρόπος κατηγοριοποίησης των φωτιστικών δρόμου με βάση την αντοχή τους σε περιβαλλοντικές επιδράσεις είναι ο δείκτης Προστασίας IP (Ingress Protection Code) . Χρησιμοποιείται ευρέως στην βιομηχανία φωτισμού και θεωρείται πλέον αξιόπιστος. Ο βαθμός προστασίας IP κατατάσσει και βαθμονομεί το επίπεδο προστασίας από εισβολές στερεών αντικειμένων (συμπεριλαμβανομένων και ανθρώπινων μερών όπως δάκτυλα), σκόνης, υγρών σε μηχανικές δομές με ηλεκτρικό περιεχόμενο. Θεσπίστηκε από την International Electro technical Commission (IEC) .Τα ψηφία του κώδικα φανερώνουν την συμμόρφωση με τις δοκιμασίες που επιβάλλονται από τα συμβεβλημένα εργαστήρια.

Ο δείκτης προστασίας IP αποτελείται από δυο ψηφία (π.χ. IP65).

Το πρώτο ψηφίο δηλώνει την Αντίσταση έναντι της Εισδοχής Στερεών Αντικειμένων και Σκόνης και παίρνει τιμές από 0 έως 6. Το δεύτερο ψηφίο δηλώνει την Αντίσταση έναντι της Εισροής Νερού και παίρνει τιμές από 0 έως 8.



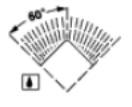


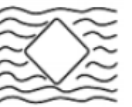
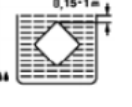

Η παρουσίαση των ψηφίων του Δείκτη Στεγανότητας IP φαίνεται στους πίνακες που ακολουθούν.

IP 1ο ΨΗΦΙΟ (ΣΤΕΡΕΑ)

0	Καμία προστασία	
1	Προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 50mm (π.χ. ακούσια επαφή με το χέρι).	
2	Προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 12mm (π.χ. επαφή με το δάχτυλο).	
3	Προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 2,5mm (π.χ. εργαλεία, καλώδια).	
4	Προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 1mm (π.χ. λεπτά εργαλεία, λεπτά σύρματα).	
5	Προστασία από τη σκόνη (Διαπερατότητα μόνο από ορατά σωματίδια).	
6	Απόλυτη προστασία από τη σκόνη.	

Πίνακας 30

IP 2ο ΨΗΦΙΟ (ΝΕΡΟ)

0	Καμία προστασία	
1	Προστασία από κάθετη πτώση σταγόνων νερού.	
2	Προστασία από πτώση σταγόνων νερού υπό γωνία ως 15ο από τον κατακόρυφο άξονα.	
3	Προστασία από πτώση νερού βροχής υπό γωνία έως 60ο από τον κατακόρυφο άξονα.	
4	Προστασία από πτώση νερού από όλες τις κατευθύνσεις.	
5	Προστασία από πτώση νερού από όλες τις κατευθύνσεις.	
6	Προστασία από ρίψη νερού υπό πίεση ισοδύναμη με θαλάσσια κύματα	
7	Προστασία από επιρροές βύθισης.	
8	Προστασία από επιρροές βύθισης διάρκειας, σε καθορισμένες συνθήκες.	

Πίνακας 31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟΥ

5.1 Στήριξη φωτιστικών σωμάτων

Τα φωτιστικά σώματα στηρίζονται πάνω σε ιστούς. Η σύνηθης διάταξη είναι βάση φρεατίου, ιστός και βραχίονας.

Οι ιστοί οδοφωτισμού συνήθως κατασκευάζονται από τα εξής υλικά:

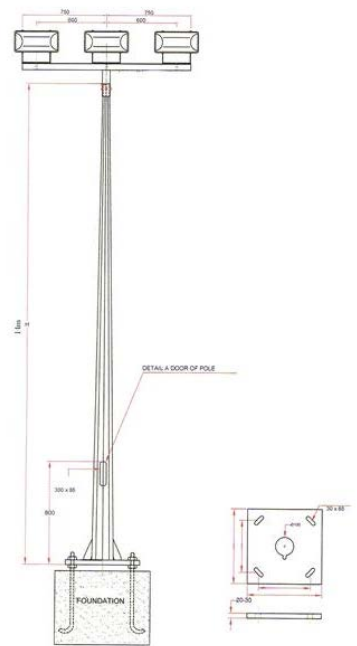
- Αλουμίνιο
- Ξύλο
- Γαλβανισμένο ή Ανοξείδωτο Χάλυβα
- Χυτοσίδηρο

Για την προστασία του υλικού πολλές φορές ο στύλος βάφεται ή επικαλύπτεται από ειδικές πλαστικές επικαλύψεις. Επίσης, πολλές φορές χρησιμοποιείται και το οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο, όμως, αντιμετωπίζει προβλήματα διάβρωσης, ειδικά σε παραθαλάσσιες περιοχές. Οι διατομές των στύλων μπορεί να είναι κυκλικές, σταθερής ή μεταβλητής διαμέτρου, ή πολυγωνικές, εκτός των στύλων από σκυρόδεμα που είναι πάντα κυκλικής διατομής. Για τη στήριξή τους οι στύλοι από σκυρόδεμα εμπύγνεται στο έδαφος, ενώ οι μεταλλικοί κοχλιώνονται σε βάση από σκυρόδεμα. Εάν θέλουμε να είναι επιτοίχιος ο ιστός τοποθετείτε σε κοχλιωτή βάση-φουρούσι.

Το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού σώματος, και κατ' επέκταση το ύψος του στύλου, επηρεάζει τα φωτεινά χαρακτηριστικά του παραγόμενου φωτισμού, καθώς και το εύρος της φωτιζόμενης περιοχής. Μεγαλύτερα ύψη προσφέρουν μεγαλύτερη και πιο ομοιόμορφη κάλυψη, καθώς και μείωση της θάμβωσης, αλλά χαμηλότερη φωτεινότητα.

Χαμηλότερα ύψη οδηγούν σε μεγαλύτερο πλήθος φωτιστικών σωμάτων και σε τοποθέτηση πιο κοντά στο οδόστρωμα. Το σύνηθες **ύψος** των στύλων ηλεκτροφωτισμού κυμαίνεται στα 9-15 m, ενώ για υψηλούς ιστούς εφαρμόζονται πολύ μεγάλα ύψη, της τάξης των 30 m και άνω.

Παράγοντες που μπορεί να περιορίζουν το ύψος είναι η ύπαρξη υπέργειων γραμμών κοινής ωφέλειας, παράπλευρα αεροδρόμια και η τοποθέτηση μέσα σε κατοικημένες περιοχές. Οι προαναφερθέντες **υψηλοί ιστοί** δεν είναι απλώς πολύ ψηλά τοποθετημένα φωτιστικά σώματα, αλλά μία διαφορετική αντίληψη φωτισμού. Με τη χρήση τέτοιων ιστών αρκεί η τοποθέτηση λίγων στύλων, και όχι απαραίτητα κοντά στο οδόστρωμα, για τον ομοιόμορφο φωτισμό μίας εκτεταμένης περιοχής, σε αντίθεση με το συνήθη γραμμικό φωτισμό των οδών. Φωτισμός επί υψηλών ιστών ενδείκνυται σε περιπτώσεις κόμβων, ισόπεδων και ανισόπεδων, σε σταθμούς διοδίων και στάθμευσης,



Σχήμα 114. Γαλβανιζέ ιστός φωτισμού 14m με εξέδρα προβολέων

σε οδούς με πολύ μεγάλα πλάτη και πολλές λωρίδες κυκλοφορίας, και εν γένει όπου απαιτείται ο φωτισμός ή η ορατότητα μίας εκτεταμένων διαστάσεων

περιοχής, ενώ αντενδείκνυται για κατοικημένες περιοχές, όπου μπορεί να είναι ενοχλητικός.

Ο **βραχίονας στήριξης** του φωτιστικού σώματος αποτελεί, συνήθως, ξεχωριστό τεμάχιο από το στύλο, και στηρίζεται στην κορυφή του. Μπορεί να είναι ευθύγραμμος ή με καμπύλη, οριζόντιος ή ελαφρά κεκλιμένος. Το μήκος του κυμαίνεται από 1,2-4,5 m, ανάλογα με την απόσταση του στύλου από το οδόστρωμα και την επιθυμητή θέση του φωτιστικού σώματος σε σχέση με αυτό. Τέλος, οι βραχίονες μπορεί να είναι μονοί ή διπλοί (μονοπροέχοντες ή αμφιπροέχοντες).



Σχήμα 115. Στύλος φωτισμού με καμπύλο βραχίονα



Σχήμα 116. Στύλος φωτισμού με ευθύγραμμο βραχίονα



Σχήμα 118. Στύλος φωτισμού με διπλό βραχίονα



Σχήμα 117. Φωτισμός επί υψηλών ιστών

5.2 Διατάξεις φωτιστικών στο δρόμο

5.2.1 Εγκάρσια τοποθέτηση

Πέρα από τη χρησιμότητά τους για τη στήριξη των σωμάτων φωτισμού, οι στύλοι παραπλεύρως του οδοστρώματος αποτελούν ένα πρόβλημα για την κυκλοφορία, καθώς περιορίζουν την ορατότητα και μπορεί να αποδειχθούν επικίνδυνοι για οχήματα που εκτρέπονται από την πορεία τους. Έτσι, οι στύλοι θα πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατόν μακρύτερα από την οριογραμμή της διερχόμενης κυκλοφορίας, σε συνάρτηση, βέβαια, και με τα

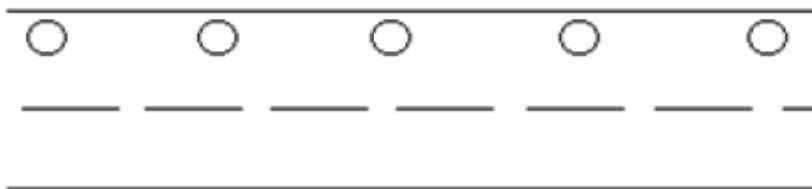
διαθέσιμα μήκη βραχιόνων και τα απαιτούμενα φωτομετρικά χαρακτηριστικά. Από εκεί και πέρα, σε οδούς με μεγάλες ταχύτητες οι στύλοι ηλεκτροφωτισμού θα πρέπει να προστατεύονται από στηθαία ασφαλείας, εκτεταμένα σε όλο το μήκος τοποθέτησης στύλων. Οι στύλοι θα πρέπει να βρίσκονται σε τέτοια απόσταση από το στηθαίο, ώστε να μπορεί αυτό να παραμορφώνεται ελεύθερα. Η ελάχιστη αυτή απόσταση είναι 0,6 m, ενώ για συνήθεις περιπτώσεις προτείνεται απόσταση 2,0 m. Σε τμήματα με πεζοδρόμια, η ελάχιστη απόσταση των στύλων από την ακμή του πεζοδρομίου θα πρέπει να είναι 0,8 m, και όχι μικρότερη από την αντίστοιχη απόσταση λοιπών στύλων δικτύων κοινής ωφέλειας.

Κατά τους αμερικανικούς κανονισμούς, οι στύλοι επιτρέπεται και να μην προστατεύονται από στηθαίο, σε αυτήν, όμως, την περίπτωση θα πρέπει να εφαρμόζονται ειδικά μελετημένες διατάξεις στήριξης, που έχουν τη δυνατότητα να καταλύονται μετά από σύγκρουση οχήματος.

5.2.2 Διαμήκης τοποθέτηση

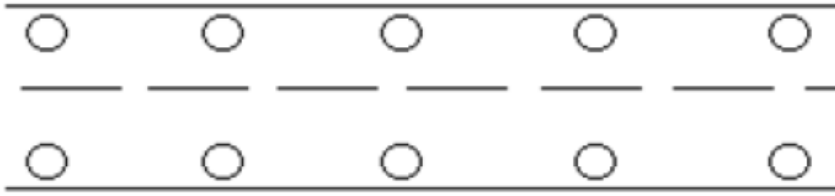
Οι διατάξεις αυτές έχουν στόχο να μην θαμβώνεται ο οδηγός και να επιτυγχάνεται η σωστή ομοιομορφία φωτισμού.

Μονόπλευρη Διάταξη :Στη μονόπλευρη διάταξη τα φωτιστικά τοποθετούνται στην μία πλευρά του δρόμου και εφαρμόζεται συνήθως όταν το πλάτος του δρόμου είναι ίσο με το ύψος του φωτιστικού.



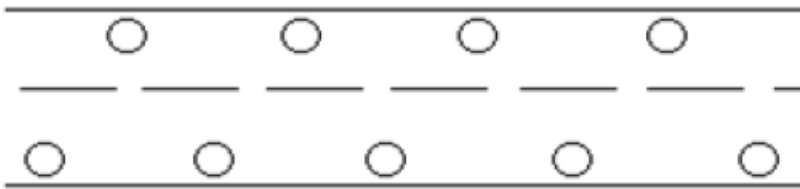
Σχήμα 119. Μονόπλευρη Διάταξη

Αμφίπλευρη Διάταξη : Στη αμφίπλευρη διάταξη τα φωτιστικά τοποθετούνται το ένα απέναντι από το άλλο και εφαρμόζεται σε δρόμους με υψηλότερες απαιτήσεις φωτισμού.



Σχήμα 120. Αμφίπλευρη Διάταξη

Χιαστί Διάταξη : Στη χιαστί διάταξη τα φωτιστικά τοποθετούνται το ένα απέναντι από το άλλο στο μέσο της απόστασης τους και εφαρμόζεται σε δρόμους με υψηλές απαιτήσεις φωτισμού έτσι ώστε να φωτίζεται όλο το πλάτος του δρόμου.



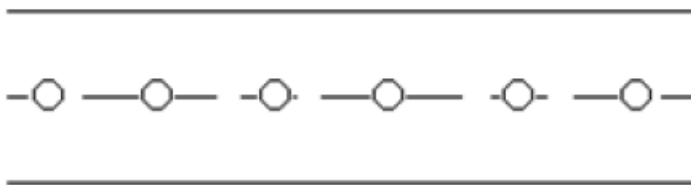
Σχήμα 121. Χιαστή Διάταξη

Κεντρική Διάταξη : Η κεντρική διάταξη εφαρμόζεται κυρίως σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας και σε δρόμους με νησίδα.



Σχήμα 122. Κεντρική Διάταξη

Αξονική Διάταξη : Στην αξονική διάταξη τα φωτιστικά τοποθετούνται στο κέντρο του δρόμου εξασφαλίζοντας υψηλές τιμές ομοιομορφίας.



Σχήμα 123. Αξονική Διάταξη

5.2.3 Μήκος επανάληψης των φωτιστικών σωμάτων

Το μήκος επανάληψης των φωτιστικών σωμάτων, δηλαδή η μεταξύ των στύλων απόσταση, είναι ένα μέγεθος που καθορίζεται με βάση τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Οι αμερικανικές προδιαγραφές δίνουν τον εξής τύπο :

$$S = \frac{LL * CU * LLD * LDD}{Eh * W}$$

όπου:

- LL (Lamp Lumens): η αρχική φωτεινή ροή του φωτιστικού σώματος, που δίνεται από τον κατασκευαστή (σε lumens)
- CU (Coefficient of Utilization): ο συντελεστής χρήσης
- LLD (Lamp Lumen Depreciation factor): ο συντελεστής απαξίωσης του φωτισμού, που μπορεί να ληφθεί ίσος με 0,80 κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές
- LDD (Luminaire Dirt Depreciation factor): ο συντελεστής απαξίωσης λόγω ρύπανσης και σκόνης, ίσος με 0,90 κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές
- Eh: το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού, (σε lux)
- W: το πλάτος της οδού, μαζί με τα ερείσματα (σε m)

Τυπικές αποστάσεις προκύπτουν στα 50-80 m για υπεραστικές οδούς.

5.3 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΙΣΟΠΕΔΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΙΣΟΠΕΔΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ

5.3.1 Ισόπεδοι Κόμβοι

Ο φωτισμός ισόπεδων κόμβων είναι γενικά επιθυμητός σε περιπτώσεις κόμβων με μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους, με ιστορικό ατυχημάτων σε νυχτερινές ώρες, με μεγάλη κίνηση πεζών, καθώς και σε κόμβους με περιορισμούς στην ορατότητα, με σύνθετη χάραξη και με διαρρύθμιση. Σε κυκλικούς κόμβους ο φωτισμός είναι επιβεβλημένος.

Ο φωτισμός των κόμβων θα πρέπει να αποκαλύπτει όλη τη διασταύρωση, τις θέσεις των κρασπέδων, τη σήμανση, τις κατευθύνσεις των οδών και την παρουσία κάθε οχήματος που προσεγγίζει στο χώρο. Μερικές γενικές αρχές έχουν ως εξής:

- Βασικός παράγοντας σχεδιασμού είναι οι ταχύτητες των προσβάσεων.
- Ο σχεδιασμός και η ποιότητα του φωτισμού θα πρέπει να συνδέεται με την κυκλοφοριακή σημασία του κόμβου.
- Η λαμπρότητα του οδοστρώματος στην περιοχή του κόμβου δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από την αντίστοιχη των κύριων οδών προσέγγισης του κόμβου.
- Μετά από κάθε κόμβο απαιτείται ένα φωτιστικό σώμα στη αριστερή πλευρά κάθε πρόσβασης. Για οδούς μικρής σημασίας, αυτή μπορεί να είναι και η μοναδική απαίτηση φωτισμού.
- Όπου υπάρχει κίνηση στροφής από οδό προσέγγισης είναι επιθυμητή η τοποθέτηση φωτιστικού σώματος απέναντι από την προσεγγίζουσα κυκλοφορία.

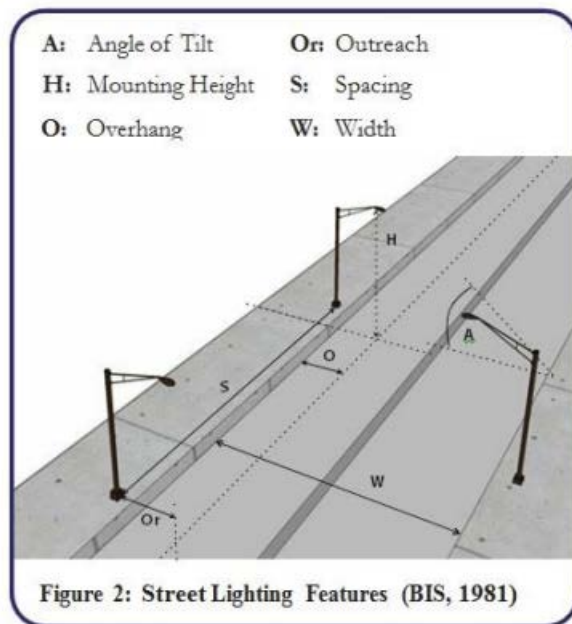
5.3.2 Ανισόπεδοι Κόμβοι

Σε σχετικά απλούς ανισόπεδους κόμβους, για να αποκτήσει ο οδηγός εικόνα της μορφής του κόμβου και των κρίσιμων σημείων αρκεί ο φωτισμός των εν λόγω σημείων, όπως οι λωρίδες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης και οι τυχόν ισόπεδες διασταυρώσεις των συνδετήριων οδών στη δευτερεύουσα οδό. Σε πιο σύνθετες μορφές κόμβου, ενδεχομένως απαιτείται πλήρης φωτισμός όλων των οδικών τμημάτων για να σχηματίσει ο οδηγός πλήρη εικόνα του κόμβου. Πολλές φορές, για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται και φωτισμός επί υψηλών ιστών.

Ο σχεδιασμός του συστήματος φωτισμού ενός ανισόπεδου κόμβου σύμφωνα με τα βρετανικά πρότυπα, στηρίζεται στον υπολογισμό της λαμπρότητας, όπου αυτή μπορεί να υπολογιστεί για έναν περιορισμένο αριθμό προκαθορισμένων θέσεων παρατήρησης. Για περιοχές, όμως, όπως οι οξείες καμπύλες, οι διασταυρώσεις και οι αλλαγές στην κλίση, θα πρέπει ο σχεδιασμός να γίνεται με βάση το φωτισμό. Σε περιπτώσεις που οι διασταυρούμενες οδοί είναι πλατιές, ο φωτισμός θα πρέπει να καλύπτει όλη την περιοχή του κόμβου. Βασική αρχή είναι πως τα επίπεδα λαμπρότητας ή φωτισμού της περιοχής του κόμβου δεν πρέπει να είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα των διασταυρούμενων οδών. Επίσης, η διάταξη των φωτιστικών σωμάτων θα πρέπει να αποκλείει τη σύγχυση μεταξύ των πηγών φωτός στα διάφορα επίπεδα και γωνίες προσέγγισης, ενώ στις θέσεις των γεφυρών θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την αποφυγή θάμβωσης από τις πηγές φωτισμού της κατώτερης οδού, στους χρήστες της άνω οδού.

5.3.3 Μεταβλητές που καθορίζουν την θέση του φωτιστικού πάνω σε ένα ιστό σε σχέση με το δρόμο

- i. **Κλίση/Angle Of Tilt, A:** Η κλίση με την οποία είναι τοποθετημένο το φωτιστικό. Ουσιαστικά πρόκειται για την κλίση του βραχίονα
- ii. **Απόσταση Ιστών /Spacing, S:** Η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών κολώνων φωτισμού. Είδαμε πριν πως υπολογίζεται. Γενικότερα προτιμάται ο συνδυασμός μεγάλης απόστασης ιστών και μεγάλου ύψους ανάρτησης διότι θεωρείται πιο οικονομικός
- iii. **Προβολή/ Outreach, Or:** Η απόσταση μεταξύ της προεξοχής του φωτιστικού και του ιστού. Υπολογίζεται κυρίως για αισθητικούς λόγους
- iv. **Προεξοχή/ Overhang, O:** Η οριζόντια απόσταση μεταξύ του κέντρου του φωτιστικού και του ρείθρου του δρόμου. Γενικά η προεξοχή του φωτιστικού δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το $\frac{1}{4}$ MH (Corporation of Chennai, 2003).
- v. **Ύψος Ανάρτησης/ Mounting Height, H:** Το ύψος που έχει τοποθετηθεί το φωτιστικό και όχι απαραίτητα ίδιο με το ύψος του ιστού. Τις τελευταίες δεκαετίες τα ύψη ανάρτησης των φωτιστικών έχουν αυξηθεί σημαντικά λόγω της βελτιωμένης απόδοσης των νέων τεχνολογιών λαμπτήρων.



Σχήμα 124. Μεταβλητές που καθορίζουν την θέση του φωτιστικού πάνω σε ένα ιστό σε σχέση με το δρόμο

5.4 Φωτορύπανση

Όλα τα ζωντανά όντα ρυθμίζουν την συμπεριφορά τους σύμφωνα με το φυσικό φως. Η ανθρώπινη εφεύρεση του τεχνητού φωτός έχει κάνει πολλά για να προστατεύσει και να ενισχύσει το νυχτερινό μας περιβάλλον, αλλά το μη κατάλληλα ελεγχόμενο διάχυτο φως (συνήθως καλείται φωτορύπανση) μπορεί να παρουσιάσει σοβαρά οικολογικά προβλήματα. Η φωτορύπανση είναι μια μορφή ρύπανσης κατά την οποία μια ποσότητα φωτός (κυρίως λόγω ανάκλασης) διαχέεται προς το περιβάλλον και προκαλεί ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Μερικά από αυτά είναι η θάμβωση και η «λάμψη» του νυχτερινού ουρανού στα αστικά κέντρα. Παρουσιάζεται σαν φωτεινό φόντο στον ουράνιο θόλο πάνω στον οποίο τα αστρονομικά αντικείμενα πρέπει να παρατηρηθούν.

Το πρόβλημα στις αστρονομικές παρατηρήσεις δημιουργείται από την μείωση της φωτεινής αντιπαράθεσης (κοντράστ), που αποτελεί βασική αρχή της καλής ορατότητας. Το θάμβος δημιουργείται από μη ελεγχόμενο διασκορπισμένο φως από σωματίδια στο διάστημα και την ατμόσφαιρα. Ένα μέρος αυτού του φωτός προέρχεται από την φύση, ενώ ένα άλλο κομμάτι προέρχεται από ανθρώπινα προϊόντα.

Οι κύριοι συντελεστές του φαινομένου είναι:

- 1) το φως των αστεριών,
- 2) η «αστρική σκόνη» (γαλαξίας),
- 3) σωματίδια στον αέρα,
- 4) σκόνη στην ατμόσφαιρα,
- 5) ατμοί νερού, η υγρασία, τα σύννεφα, η ομίχλη,
- 6) η ατμοσφαιρική ρύπανση και

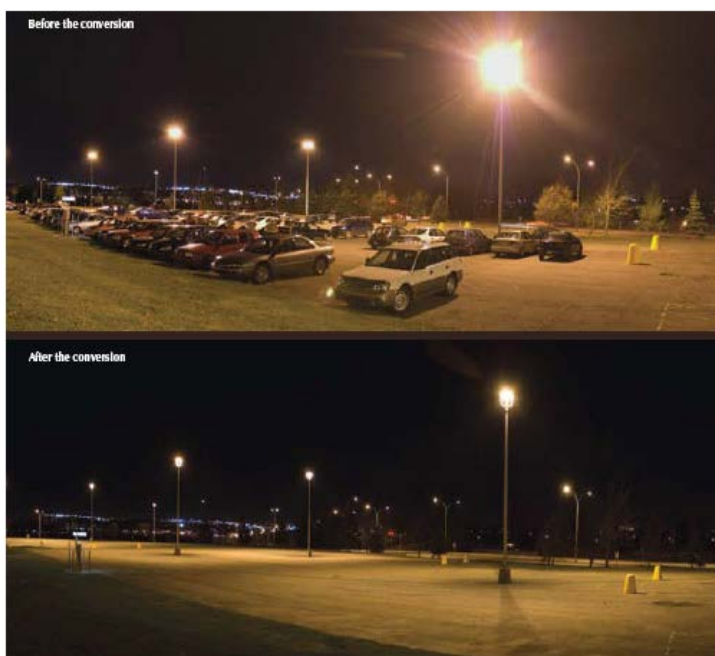
7) ο υπερβάλλον εξωτερικός φωτισμός.

Οι συντελεστές (1)-(3) είναι πηγές εκτός ατμόσφαιρας και δεν υπάρχει δυνατότητα ελέγχου. Επίσης οι συντελεστές (4)-(5) αποτελούν τις κύριες πηγές που δημιουργούν τον φωτεινό φόντο αλλά είναι αποδεκτές μέσα στην ατμόσφαιρα. Οι συντελεστές (6)-(7) αποτελούν πηγές που μπορούν να ελεγχθούν απόλυτα.

Η διεθνής επιτροπή φωτισμού ασχολείται μόνο με το μέρος που αφορά τον φωτισμό. Με τον οδηγό μείωσης της φωτορύπανσης 126 του 1997, προσπαθεί να βοηθήσει στο πρόβλημα αυτό. Το φαινόμενο δεν οφείλεται μόνο στο φως που διαχέεται από τον φωτισμό των μεγάλων πόλεων, οδικών δικτύων κλπ., αλλά εξαρτάται και από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που ήδη αναφέραμε.

Οι υποδείξεις που δίνονται, βασίζονται σε φωτομετρικούς όρους ώστε να μπορούν να γίνουν αντιληπτές από τους φωτοτεχνικούς. Το διαχεόμενο φως στον ορίζοντα, ορίζεται με βάση το φως που παράγουν τα φωτιστικά σώματα που είναι εγκατεστημένα στους υπαίθριους χώρους. Και αυτό είναι το «χαμένο φως». Το φως δηλαδή που «χάνεται» χωρίς να προσφέρει απολύτως τίποτα. Δυστυχώς, μια όλο και πιο εξεζητημένη τεχνολογία, άσχημα χρησιμοποιημένη λόγω λαθεμένης αντίληψης, δημιουργεί άλλοτε υποφωτισμούς, άλλοτε εξαιρετικά υπερφωτισμούς και άλλοτε κακούς χρωματισμούς. Επίσης λάθος σχεδιασμένα και ρυθμισμένα φωτιστικά σώματα, εμπορικές μελέτες χωρίς προδιαγραφές και χωρίς γνωστική του αντικειμένου, παραποιούν την καλαισθησία, ομορφιά και οικολογία.

Η απάντηση βέβαια είναι καλύτερη ποιότητα φωτισμού που δεν αφορά μόνο τις επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά μειώνει και τη σπατάλη.



Σχήμα 125. Χώρος στάθμευσης στον Καναδά που προκαλούσε φωτορύπανση

Παρατηρούμε πώς ένας χώρος στάθμευσης στον Καναδά με δυνατούς προβολείς που προκαλούσαν θάμβωση μετετράπη σε χώρο με επαρκή φωτισμό και ευαισθησία στη φωτορύπανση.

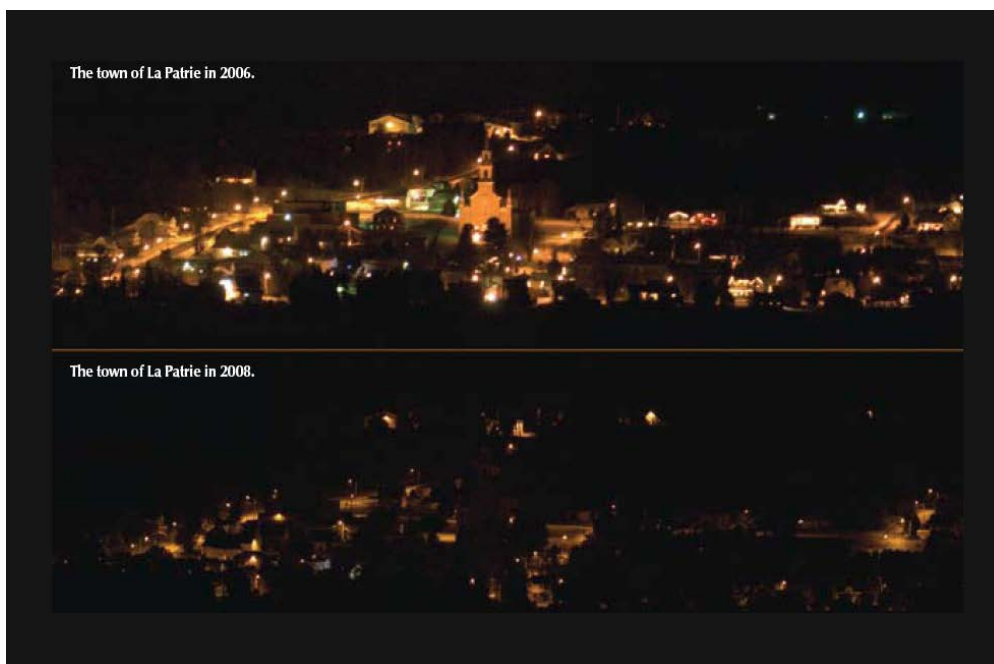
5.5 Ποιοτικός Φωτισμός

1. Διευκόλυνση και προστασία της όρασης από το επιθετικό θάμβος. Πρέπει να περιοριστεί η θάμβωση στο ελάχιστο, εξασφαλίζοντας ότι η κύρια γωνία των ακτίνων όλων των φωτιστικών που κατευθύνονται προς οποιοδήποτε πιθανό παρατηρητή, περιορίζεται κάτω από τις 70 μοίρες. Τα μεγαλύτερα ύψη τοποθέτησης επιτρέπουν χαμηλότερες γωνίες ακτινών, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση του θάμβους. Σε περιοχές με χαμηλά επίπεδα φωτισμού, η θάμβωση μπορεί να είναι πολύ έντονη και πρέπει να δοθεί πρόσθετη προσοχή στην τοποθέτηση των εξοπλισμών φωτισμού. Κατά τον φωτισμό των κάθετων επιφανειών, όπως διαφημιστικές πινακίδες, προτιμότερο είναι το άμεσο φως προς τα κάτω, οπουδήποτε αυτό είναι δυνατόν, και όχι προς τα πάνω. Εάν δεν υπάρχει καμία εναλλακτική λύση στον προς τα άνω φωτισμό, τότε η χρήση ασπίδων, διαφραγμάτων και ανακλαστήρων θα βοηθήσει να μειωθεί η θάμβωση στο ελάχιστο.
2. Φωτιστικά σώματα που δεν διαχέουν φως στον ορίζοντα άλλα το κατευθύνουν εκεί που χρειάζεται και μόνο. Πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικά σχεδιασμένα φωτιστικά που ελαχιστοποιούν την ανοδική διάδοση του φωτός κοντά ή επάνω από τον ορίζοντα. Πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή κατά την επιλογή των συσκευών φωτισμού για να εξασφαλιστεί ότι οι μονάδες που επιλέγονται θα μειώσουν το διάχυτο φως και τη θάμβωση στο ελάχιστο. Η χρήση των συσκευών φωτισμού με διπλές ασύμμετρες ακτίνες, που σχεδιάζονται έτσι ώστε τα κάτωπτερα να είναι σχεδόν παράλληλα στην φωτιζόμενη επιφάνεια, θα βοηθήσει στη μείωση της φωτορύπανσης, υπό τον όρο ότι στοχεύουν σωστά.
3. Για τις εγκαταστάσεις οδικού φωτισμού, το φως πλησίον και επάνω από τον ορίζοντα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί για να μειώσει την φωτορύπανση. Η χρήση φωτιστικών πλήρους αποκοπής, εγκατεστημένα στις 0° προς τα πάνω, θα ελαχιστοποιήσει την θάμβωση στο τοπίο, καθώς επίσης και το ανοδικό φως. Εντούτοις σε πολλές αστικές τοποθεσίες, η εγκατάσταση συσκευών φωτισμού που διαθέτουν έναν ρηχό ανακλαστήρα που παρέχει καλό έλεγχο του φωτός πλησίον και επάνω από τον ορίζοντα, μπορούν να παρέχουν μια ικανοποιητική λύση, μεγιστοποιώντας ταυτόχρονα το διάστημα τοποθέτησης των συσκευών φωτισμού.
4. Ο φωτισμός πρέπει να περιορίζεται στον απαραίτητο, σύμφωνα με τα διεθνή Πρότυπα. Η χρήση περισσότερου φωτισμού είναι και αιτία φωτορύπανσης, αλλά προκαλεί και ανεπιθύμητα κόστη χωρίς κανένα όφελος.

5. Τα φώτα πρέπει να σβήνουν όταν δεν απαιτούνται για ασφάλεια, προστασία ή αύξηση της νυχτερινής ορατότητας.
6. Συστήματα που μετά από μια ορισμένη χρονική στιγμή να μειώνουν το επίπεδο φωτισμού.

Οι πόλεις μας, καθώς και όλο το οδικό δίκτυο, χρειάζονται μια στρατηγική από πλευράς προδιαγραφών που θα περιλαμβάνουν συγκεκριμένες οδηγίες σχετικά με χρώμα λαμπτήρα, ποσότητα φωτισμού, έλεγχο θάμβους, σχήματα και ποιότητα φωτιστικών για αντοχή στην γνωστή κακή συντήρηση των δικτύων, ποσότητα πραγματικής ενέργειας κλπ., ώστε ο κάθε υπεύθυνος να είναι υποχρεωμένος να κινηθεί μέσα σε συγκεκριμένα πλαίσια.

Μια στρατηγική φωτισμού πρέπει να επιβεβαιώνεται και να γίνεται κατανοητή, λαμβάνοντας υπ' όψιν όχι μόνο την προβολή αλλά και τις αισθητικές απαιτήσεις. Προϋπόθεση γι' αυτό είναι το κοινό ενδιαφέρον των υπευθύνων, σε συνεργασία πάντα με ειδικά εκπαιδευμένους τεχνικούς στον τομέα του φωτισμού. Προς το παρόν, η έλλειψη πληροφόρησης και ενδιαφέροντος αυξάνει το πρόβλημα. Πρέπει δε να γίνει απόλυτα κατανοητό ότι ο φωτισμός καλά σχεδιασμένος, με έξυπνες λύσεις συμβάλλει στην αναζωογόνηση ολόκληρων περιοχών. Παρακάτω βλέπουμε ένα παράδειγμα του πώς μια μικρή πόλη στον Καναδά κατάφερε να περιορίσει την κατανάλωση ρεύματος και την προκαλούμενη φωτορύπανση.



Σχήμα 126. Μείωση της κατανάλωσης του φωτισμού σε διάρκεια 2 χρόνων στην πόλη La Patrie

Πρόταση της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού για την δημιουργία ζωνών ελεγχόμενου φωτισμού:

Οι ζώνες προτείνεται να χωρίζονται σε τέσσερις (4): E1 - E4.

E1 : Περιλαμβάνει περιοχές ουσιαστικά σκοτεινές (δάση - βουνά) εθνικά πάρκα, περιοχές εξαιρετικού κάλλους.

E2 : Αγροτικές περιοχές και γενικά επαρχιακές πόλεις.

E3 : Κατοικημένες αστικές περιοχές.

E4 : Κέντρα πόλεων.

Οι προτεινόμενες ποσότητες χαμένου φωτισμού:

E1 = 0%

E2 = 5%

E3 = 15%

E4 = 25%

Αυτά τα υψηλότερα ποσοστά χαμένου φωτισμού βασίζονται στα ποσοστά του παραγόμενου φωτισμού από τα υπάρχοντα εγκατεστημένα φωτιστικά στους εξωτερικούς χώρους. Δηλαδή εάν ένα εγκατεστημένο φωτιστικό σώμα παράγει 1000 μονάδες, το χαμένο φως στην ζώνη E4 δεν πρέπει να είναι παραπάνω από 250 μονάδες.

Ένα άλλο στοιχείο που περιλαμβάνεται στις οδηγίες, είναι η απόσταση που πρέπει να υπάρχει μεταξύ των διαφόρων ζωνών, δηλαδή χρειάζονται:

1 χιλιόμετρο μεταξύ ζώνης E1 και E2.

10 χιλιόμετρα μεταξύ ζώνης E1 και E2 και E3.

100 χιλιόμετρα όμως μεταξύ ζώνης E1 και E3 και E4 , ενώ 1 χιλιόμετρο είναι αρκετό μεταξύ E2 και E3 και 10 χιλιόμετρα μεταξύ E2 και E4.

Για να επιτευχθούν τα παραπάνω πρέπει να γίνει χρήση καλύτερης ποιότητας φωτιστικών σωμάτων. Όλα τα φωτιστικά σώματα πρέπει να συνεργάζονται ώστε να υπάρχει αρμονία αλλά και οικονομία. Θα πρέπει επίσης να γίνεται έλεγχος ώστε οι χρησιμοποιούμενοι λαμπτήρες να έχουν εξαιρετική απόδοση χρωμάτων, άρα αύξηση της ορατότητας αλλά και έλεγχος των υπερφωτισμένων διαφημίσεων. Πιθανή απαγόρευσή τους στους αυτοκινητόδρομους θα μπορούσε να αποτελεί λύση. Προτείνεται ακόμη βελτίωση της ποιότητας φωτισμού δρόμων πόλεως ώστε να μειωθούν οι ποσότητες φωτισμού. Είναι γνωστό ότι οι αυτοκινητόδρομοι, μας μεταφέρουν ταχύτερα και ασφαλέστερα. Αυτός είναι και ο λόγος που πρέπει να είναι σωστά φωτισμένοι την νύχτα, χωρίς όμως να παρενοχλούν τις φυσικές περιοχές από όπου διέρχονται. Για τον λόγο αυτό, οι μελετητές φωτισμού εκτός από τον παράγοντα ασφαλούς οδήγησης, θα πρέπει να λαμβάνουν σοβαρά υπ' όψιν τους τα περιβαλλοντολογικά προβλήματα που ήδη έχουν δημιουργηθεί π.χ. θόρυβος. Θα πρέπει επίσης, να είναι εξαιρετικά προσεκτικοί στο θέμα

του φωτισμού, ώστε το θάμβος και η κακή ομοιομορφία των εγκατεστημένων φωτιστικών, να μην ενοχλούν τους οδηγούς.

Μια υψηλότερη ομοιομορφία είναι προτιμότερη από έναν υψηλό φωτισμό. Γι' αυτόν τον λόγο, πρέπει η επιλογή των υψών και αποστάσεων των φωτιστικών σωμάτων, να είναι απόλυτα μελετημένη και η χρήση ίσιων γυαλιών (flat glass) "επιβεβλημένη".

Πέρα από την φωτορύπανση όμως πρέπει να λαμβάνονται και μέτρα για την μείωση της επίδρασης της υψηλής θερμοκρασίας χρώματος στον κερκαδικό ρυθμό του ανθρώπου (βιολογική διαδικασία που παρουσιάζει ενδογενή περιοδική μεταβολή στη διάρκεια ενός 24ώρου) .Για να περιοριστούν οι επιπτώσεις στα έμβια όντα, η θερμοκρασία χρώματος των πηγών φωτισμού δεν θα πρέπει να ξεπερνά τους 4000K ενώ συνίσταται η χρήση πηγών με θερμοκρασία χρώματος περί τους 3000K.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ EN13201-2015

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201/2015 αποτελείται από πέντε μέρη:

- ❖ Το ΕΛΟΤ CEN/TR 13201.01.2015: **Επιλογή κατηγοριών φωτισμού**
- ❖ Το ΕΛΟΤ EN 13201.02/2015: **Απαιτήσεις επιδόσεων**
- ❖ Το ΕΛΟΤ EN 13201.03/2015: **Υπολογισμός επιδόσεων**
- ❖ Το ΕΛΟΤ EN 13201.04/2015: **Μέθοδοι μέτρησης επιδόσεων φωτισμού**
- ❖ Το ΕΛΟΤ EN 13201.05/2015: **Υπολογισμός δεικτών ενεργειακής επίδοσης**

Γενικότερα, το πρώτο μέρος είναι οδηγία, δηλαδή δεν έχει υποχρεωτική εφαρμογή ενώ τα υπόλοιπα τέσσερα μέρη είναι υποχρεωτικά.

Με την απόφαση Δ13/β/οικ.16522 (ΦΕΚ Β' 1792 3.12.2004) του υπουργού ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ ορίστηκε ότι οι κανόνες, τα στοιχεία, τα μεγέθη και οι προδιαγραφές υλικών για τη σύνταξη μελετών και την εκτέλεση έργων είναι σύμφωνα με τα πρότυπα του ΕΛΟΤ ή μέχρι την έκδοσή τους, σύμφωνα με τα πρότυπα (EN), τις οδηγίες και τα κείμενα εναρμόνισης που εκδίδονται και ισχύουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και όπου δεν υπάρχουν με τα αναφερόμενα στις τελευταίες εκδόσεις της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού.

Στο πρώτο μέρος καθορίζεται η μεθοδολογία για την επιλογή των περιπτώσεων φωτισμού ενός δρόμου ή μιας περιοχής και κατόπιν επιλέγεται η κατηγορία φωτισμού του δρόμου ή της περιοχής.

6.1 EN 13201.01 2015: Επιλογή κατηγοριών φωτισμού

6.1.1 Κλάσεις φωτισμού

Η κατηγοριοποίηση των οδών με βάση τις απαιτήσεις σε φωτισμό καθορίζονται από την τεχνική οδηγία CEN/TR 13201.1 και αφορά όλες τις περιοχές όπου υπάρχει κυκλοφορία οχημάτων, ποδηλάτων, πεζών και συνδυασμούς αυτών. Αφορά σε κάθε τύπο οδού από έναν απλό δρόμο ήπιας κυκλοφορίας, μία επαρχιακή οδό, ένα πολυσύχναστο δρόμο πόλεως έως ένα αυτοκινητόδρομο ταχείας κυκλοφορίας. Αφορά επίσης πεζόδρομους, ποδηλατοδρόμους και τις περιοχές που συναντώνται ή διασταυρώνονται οδοί διαφορετικών ή όμοιων χρηστών, για παράδειγμα διαβάσεις πεζών, διασταυρώσεις, ισόπεδοι ή ανισόπεδοι κόμβοι κ.λπ. Η κατηγορίες απαιτήσεων φωτισμού αντιστοιχούν στις ονομαζόμενες κλάσεις φωτισμού (Lighting Classes) οι οποίες δεν είναι απαραίτητο να αφορούν και σε συγκεκριμένες κατηγορίες οδών. Η κάθε κλάση φωτισμού εξαρτάται από τα λειτουργικά και ορισμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Οι κλάσεις ομαδοποιούνται στις τέσσερις ακόλουθες καταστάσεις φωτισμού (lighting situations).

Class M – Motorised traffic – Αυτοκινητόδρομοι / οδοί μηχανοκίνητων οχημάτων

Αφορά στο φωτισμό οδών και περιοχών όπου οι κύριοι χρήστες είναι ως επί το πλείστον μηχανοκίνητα οχήματα τα οποία κινούνται χαμηλές, μέσες ή υψηλές ταχύτητες. Το μέγεθος σχεδιασμού και αξιολόγησης του φωτισμού κλάσεων M είναι η λαμπρότητα (luminance) οδοστρώματος (σε cd/m^2). Η κλάση καθορίζεται με βάση γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της οδού ή τμήματος αυτής. Η επιλογή της κλάσης βασίζεται στα κριτήρια που αναγράφονται στον Πίνακα 1. Η τελική επιλογή της κλάσης φωτισμού σε κάθε περίπτωση πραγματοποιείται με το άθροισμα των βαρών κάθε κριτηρίου και με τη χρήση της ακόλουθης σχέσης:

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

Όπου M η αντίστοιχη κλάση φωτισμού και VWS το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων του Πίνακα 1.

Από τη σχέση (1) προκύπτουν οι κλάσεις M1, M2, M3, M4, M5 και M6.

Ισχύουν τα ακόλουθα:

- Αν $VWS < 0$ τότε $VWS=0$
- Αν $M \leq 0$ 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 τότε προτείνεται η κλάση φωτισμού στο ενδιαμέσο τμήμα να λαμβάνεται η αντίστοιχη κλάση C σύμφωνα με τον Πίνακα 2.

Η κλάση M είναι η παλιά κλάση ME του προτύπου ΕΛΟΤ EN13201-2004.

Class C – Conflict areas – Περιοχές κινδύνου

Οι κλάσεις C χρησιμοποιούνται σε περιοχές αυξημένου κινδύνου εμπλοκής οδικών ρευμάτων και οδών εν γένει με κύρια σύνθεση χρηστών τα μηχανοκίνητα οχήματα. Οι περιοχές κινδύνου ορίζονται οι περιοχές στις οποίες ροές οχημάτων εμπλέκονται μεταξύ τους ή συναντώνται με περιοχές που χρησιμοποιούνται συχνά από πεζούς, ποδηλάτες ή άλλος χρήστες των οδών, όπως κόμβοι, διασταυρώσεις κ.λπ. Περιοχές στις οποίες μειώνεται ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας ή μειώνεται το πλάτος λωρίδων ή το συνολικό πλάτος θεωρούνται επίσης περιοχές κινδύνου. Στις περιοχές κινδύνου εμφανίζεται αυξημένη πιθανότητα σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων, οχημάτων και πεζών, ποδηλατών με άλλους χρήστες ή αυτοκινήτων με σταθερά εμπόδια. Η περιοχή κινδύνου οριοθετείται από την περιοχή που συμβάλουν ή εμπλέκονται οι οδοί επαυξημένες κατά την περιοχή που οριοθετείται από την εκάστοτε απόσταση ασφαλούς πέδησης της κάθε συμβαλλόμενης οδού. Για τις περιοχές κινδύνου είναι προτιμητέο να χρησιμοποιείται ως μέγεθος σχεδιασμού και αξιολόγησης η λαμπρότητα. Αυτό όμως είναι αδύνατο σε περιπτώσεις που οι αποστάσεις θέασης του τυπικού παρατηρητή (οδηγού) είναι μικρές (< 60 m) ή υπάρχουν πολλαπλοί παρατηρητές (από διάφορες κατευθύνσεις, π.χ. διασταυρώσεις, ράμπες, κ.λπ). Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ως μέγεθος

σχεδιασμού και αξιολόγησης η ένταση φωτισμού Illuminance (σε lux). Η εφαρμογή ως μεγέθους αξιολόγησης της έντασης φωτισμού εφαρμόζεται είτε στα επιμέρους τμήματα της περιοχής κινδύνου, στα οποία δεν είναι δυνατή η χρήση της λαμπρότητας, είτε στην ευρύτερη περιοχή κινδύνου, πχ. σε ολόκληρο τον οδικό κόμβο, τη διασταύρωση, κ.λπ. Η αντιστοίχιση των κλάσεων φωτισμού M και C (λαμπρότητας και έντασης φωτισμού) μπορεί να επιτευχθεί με τη γνώση του συνολικού συντελεστή ανακλαστικότητας του οδοστρώματος Q_0 όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 2.

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

Πίνακας 32. Παράμετροι επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά EN13201.1:2015

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

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

Πίνακας 33. Πίνακας Αντιστοίχιση κλάσεων φωτισμού M και C αναλόγως του συνολικού συντελεστή ανακλαστικότητας της ασφάλτου Q_0 .

Επειδή οι κλάσεις φωτισμού C έχουν σχεδιαστεί για τους ίδιους χρήστες με αυτούς των κλάσεων M, ο Πίνακας 2 θα πρέπει κυρίως να χρησιμοποιείται για τον ορισμό κλάσεων στις περιοχές κινδύνου που ανήκουν σε οδούς για τις οποίες έχει ήδη προηγηθεί ο ορισμός κλάσεων M. Οι περιοχές κινδύνου θα πρέπει να έχουν κλάση όχι μικρότερη από τη μέγιστη κλάση των οδών που συναντώνται. Προτείνεται η κλάση φωτισμού της περιοχής κινδύνου να είναι κατά ένα βήμα ανώτερη από την μέγιστη κλάση των οδών που συναντώνται. Η πρώτη γραμμή του Πίνακα 2 περιέχει τις κλάσεις φωτισμού M από τις οποίες επιλέγεται η μέγιστη κλάση που έχει οριστεί για συνερχόμενη οδό στην περιοχή κινδύνου. Η ισοδύναμη κλάση C επιλέγεται από την ίδια στήλη ανάλογα με το Q_0 του οδοστρώματος. Για λόγους επαύξησης της ασφάλειας προτείνεται η χρήση κλάσης φωτισμού κατά ένα βήμα ανώτερη από αυτή που προκύπτει από την αντιστοίχιση αυτή. Στην περίπτωση που οι οδοί που συνέρχονται σε μία περιοχή κινδύνου δεν φωτίζονται και ως εκ τούτου δεν έχει οριστεί κλάση φωτισμού M, τότε για την επιλογή της κλάσης φωτισμού C μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο Πίνακας 3.

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

Πίνακας 34 . Παράμετροι επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά EN13201.1:2015

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

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

Όπου C η αντίστοιχη κλάση φωτισμού και VWS το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων του Πίνακα 3.

Από τη σχέση (2) προκύπτουν οι κλάσεις C0, C1, C2, C3, C4 και C5.

Ισχύουν τα ακόλουθα:

- Αν $VWS \leq 0$ τότε $VWS=1$
- Αν $C < 0$ τότε $C=0$ (κλάση C0)

Η κλάση C είναι η παλιά κλάση CE του προτύπου ΕΛΟΤ EN13201-2004.

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

Αφορά στο φωτισμό περιοχών κυκλοφορίας κυρίως πεζών, ποδηλάτων ή οδών μεικτής χρήσης αλλά ήπιας κυκλοφορίας. Ο ορισμός των κλάσεων φωτισμού P πραγματοποιείται μέσω των κριτηρίων του Πίνακα 4.

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

P = 6 - VWS (3)

Όπου P η αντίστοιχη κλάση φωτισμού και VWS το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων του Πίνακα 4.

Από τη σχέση (3) προκύπτουν οι κλάσεις P1, P2, P3, P4, P5, P6 και P7. Ισχύουν τα ακόλουθα:

- Αν $VWS < 0$ τότε $VWS=0$
- Αν $P \leq 0$ τότε $P=1$ (κλάση P1)

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

Πίνακας 35 . Παράμετροι επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά EN13201.1

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

Η κλάση P είναι η παλιά κλάση S του προτύπου ΕΛΟΤ EN13201-2004.

Class SC -Pedestrian areas with high security-Πεζόδρομοι με ανάγκη αναγνώρισης προσώπου (υψηλής ασφάλειας)

Αφορά στις περιπτώσεις όπου ο δημόσιος φωτισμός είναι απαραίτητος για τον προσδιορισμό των προσώπων και των αντικειμένων και στις οδικές περιοχές με υψηλότερη από την κανονική εγκληματικότητα .

Προκύπτουν οι κλάσεις SC1, SC2, SC3, SC4, SC5, SC6, SC7, SC8, SC9.

Η κλάση SC είναι η παλιά κλάση ES του προτύπου ΕΛΟΤ EN13201-2004.

Class	Semicylindrical illuminance
	$E_{50\text{ min}}$ [lx]
SC1	10,0
SC2	7,50
SC3	5,00
SC4	3,00
SC5	2,00
SC6	1,50
SC7	1,00
SC8	0,75
SC9	0,50

Πίνακας 36

Class EV

Αφορά περιοχές όπου περιπτώσεις όπου οι κάθετες επιφάνειες πρέπει να είναι ορατές. Εφαρμόζονται σε οδικές περιοχές όπως οι σταθμοί διοδίων, οι περιοχές ανταλλαγής κ.λπ.

Προκύπτουν οι κλάσεις EV1, EV2, EV3, EV4, EV5, EV6.

Class	Vertical Illuminance
	$E_{v\text{ min}}$ [lx]
EV1	50
EV2	30
EV3	10,0
EV4	7,50
EV5	5,00
EV6	0,50

Πίνακας 37

Η κλάση EV είναι ίδια με την παλιά κλάση EV του προτύπου ΕΛΟΤ EN13201-2004

6.1.2 Επιλογή κλάσεων προσαρμοστικού οδοφωτισμού

Η 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 μεταβάλουν το βάρος τους. Στην περίπτωση αυτή, και για το χρονικό διάστημα που ισχύουν οι διαφοροποιήσεις των βαρών, η οδός λαμβάνει χαμηλότερη κλάση φωτισμού. Η δυνατότητα αυτή παρέχει την ευελιξία του σχεδιασμού ενός συστήματος προσαρμοστικού φωτισμού (adaptive lighting system) το οποίο με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού επιτρέπει τη ρύθμιση της φωτεινής ροής των φωτιστικών σωμάτων (light dimming). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται πολλαπλά επίπεδα φωτισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας τα οποία εξυπηρετούν τις κατά τόπου και κατά ώρας ανάγκες φωτισμού των οδών, προσφέροντας τις βέλτιστες συνθήκες στον οδηγό διατηρώντας της κατανάλωση ενέργειας σε όσο το δυνατό χαμηλότερα επίπεδα. Η μέγιστη κλάση φωτισμού που προκύπτει μέσω της διαδικασίας ορισμού με βάρη, αποτελεί την «ονομαστική κλάση φωτισμού – normal lighting class» ενώ οι κατώτερες κλάσεις που επιλέγονται για ορισμένα χρονικά διαστήματα ονομάζονται «κλάσεις προσαρμοστικού φωτισμού – adaptive lighting classes». Σε κάθε οδό που φωτίζεται ή πρόκειται να φωτιστεί ορίζεται υποχρεωτικά μία ονομαστική κλάση φωτισμού και προαιρετικά μία ή περισσότερες κλάσεις προσαρμοστικού φωτισμού.



Σχήμα 127. Κατηγορίες φωτισμού σε ανισόπεδο κόμβο αυτοκινητοδρόμου

6.1.3 Παραδείγματα επιλογής κλάσεων οδοφωτισμού

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

που εμφανίζονται στα παραδείγματα μπορούν να περιγραφούν σύντομα ως ακολούθως.

- ✓ **Οδός Α:** Τμήμα κλειστού αυτοκινητόδρομου με διαχωριστική νησίδα, πλησίον αστικού ιστού με μεγάλη πυκνότητα κόμβων, με μεταβαλλόμενο τον κυκλοφοριακό φόρτο και το φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά τα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των ανισόπεδων κόμβων. (Προκύπτουσες κλάσεις M1, M2, M4)
- ✓ **Οδός Β:** Τμήμα κλειστού αυτοκινητόδρομου με διαχωριστική νησίδα, εκτός αστικού ιστού με μικρή πυκνότητα κόμβων, μέσο ή χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και χαμηλό φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά τα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των ανισόπεδων κόμβων. (Προκύπτουσες κλάσεις M5, M6)
- ✓ **Οδός Γ:** Τμήμα οδού (λεωφόρος) χωρίς διαχωριστική νησίδα, εντός αστικού ιστού με μεγάλη πυκνότητα διασταυρώσεων, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο και φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά τα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των διασταυρώσεων κόμβων. (Προκύπτουσες κλάσεις M2, M3, M4)
- ✓ **Οδός Δ:** Τμήμα επαρχιακής οδού διπλής κατεύθυνσης χωρίς διαχωριστική νησίδα, με χαμηλή πυκνότητα διασταυρώσεων, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο και χαμηλό φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά τα φωτιζόμενα τμήματα μεταξύ των διασταυρώσεων κόμβων. (Προκύπτουσες κλάσεις M4, M5)
- ✓ **Οδός Ε:** Διασταύρωση ή έξοδος τύπου «Τ» επαρχιακής οδού διπλής κατεύθυνσης χωρίς διαχωριστική νησίδα, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο και χαμηλό φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά την περιοχή που οροθετείται από την συμβολή των συνερχόμενων οδών προσαυξημένη κατά την απόσταση ασφαλούς πέδησης προς κάθε κατεύθυνση. (Επιλεγμένες κλάσεις C2, C3)
- ✓ **Οδός ΣΤ:** Διασταύρωση ή έξοδος τύπου «Τ» οδού εντός αστικού ιστού χωρίς διαχωριστική νησίδα, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο με παρουσία ή όχι σταθμευμένων ΤΟΤΕΕ Οδοφωτισμού - Κείμενο διαβούλευσης - Σελ. 15 αυτοκινήτων. Η επιλογή κλάσης αφορά την περιοχή που οροθετείται από την συμβολή των συνερχόμενων οδών προσαυξημένη κατά την απόσταση ασφαλούς πέδησης προς κάθε κατεύθυνση. (Προκύπτουσες κλάσεις C2, C4, C6)
- ✓ **Οδός Ζ:** Οδός ήπιας κυκλοφορίας εντός αστικού ιστού, με μεταβαλλόμενο κυκλοφοριακό φόρτο με παρουσία σταθμευμένων αυτοκινήτων. Η επιλογή κλάσης αφορά το σύνολο της οδού όπου τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά δεν μεταβάλλονται. (Επιλεγμένες κλάσεις P2, P4)
- ✓ **Οδός Η:** Πεζόδρομος με χρήση και από ποδηλάτες εντός αστικού ιστού και σε εμπορική περιοχή με μεταβαλλόμενο φωτισμό περιβάλλοντος. Η επιλογή κλάσης αφορά το σύνολο της οδού όπου τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά δεν μεταβάλλονται. (Προκύπτουσες κλάσεις P5, P6)

Επισημάνση 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.

Επισημάνση 2

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

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

Πίνακας 38 . Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά EN13201.1:2015

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

Πίνακας 39. Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού M κατά EN13201.1:2015

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

Πίνακας 40. Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού C κατά EN13201.1:2015

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

Πίνακας 41. Παραδείγματα επιλογής κλάσεων φωτισμού P κατά EN13201.1

Για την επίτευξη του οδοφωτισμού με βάση το πρότυπο EN 13201 ,πέρα από τα παραπάνω, πρέπει επίσης να γίνει:

- Ορισμός του δημόσιου χώρου κυκλοφορίας σε έναν ή περισσότερους τομείς και επιλογή μεταξύ των συνθηκών φωτισμού. (πίνακας 18)
- Ορισμός των λεπτομέρειών της περιοχής που μελετάμε (19)
- Επιλογή από τον αντίστοιχο πίνακα για την περίπτωση φωτισμού από A2 έως A20 με ζυγό αριθμό (20)
- Επιλογή μιας κατηγορίας φωτισμού από τη σειρά από τους πίνακες A1 έως A19 με περιττό αριθμό.
- Έλεγχος των γενικών συστάσεων για αντίστοιχες περιοχές
- Από το δεύτερο μέρος του προτύπου προκύπτουν τα φωτοτεχνικά δεδομένα της κατηγορίας που επιλέχθηκε.

Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες	
>60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1
		Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες		A3
>30 και ≤60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Ποδηλάτες, πεζοί		B1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Πεζοί		B2
	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
>5 και ≤30	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, πεζοί		Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί	D1
		Αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.		D2
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων ποδηλάτες	Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί		D3
>5 και <30	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες, πεζοί			D4

Ταχύτητα βαδίσματος	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες πεζοί.			D4
	Πεζοί		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.	E1
		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες		

Πίνακας 42

Ανάλυση των περιπτώσεων/καταστάσεων φωτισμού:

- **Περιπτώσεις φωτισμού A1, A2, A3**

Εάν δεν υπάρχει σε γειτονία λωρίδα έκτακτης ανάγκης, ή διάβαση πεζών, ή ποδηλατοδρόμος, η εξεταζόμενη περιοχή είναι το συνολικό πλάτος οδοστρώματος μεταξύ των εξωτερικών ακρών του (μέχρι τα κράσπεδα).

Για τα διπλά οδοστρώματα, η περιοχή είναι το συνολικό πλάτος και των δύο οδοστρωμάτων συμπεριλαμβανομένης της κεντρικής νησίδας, εκτός αν το πλάτος της νησίδας είναι τέτοιο (έχει μεγάλο πλάτος), που τα οδοστρώματα μπορούν να εξεταστούν χωριστά.

Εάν υπάρχουν Λωρίδες Έκτακτης Ανάγκης (ΛΕΑ), υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις:

- Εξετάζεται η συνολική περιοχή (συμπεριλαμβανομένων των ΛΕΑ)
- Εξετάζονται χωριστά οι λωρίδες κυκλοφορίας και οι ΛΕΑ

Εάν υπάρχουν διαβάσεις πεζών ή ποδηλατοδρόμοι, υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις:

- Η εξεταζόμενη περιοχή είναι το πλάτος του οδοστρώματος (μεταξύ των κρασπέδων)
- Εξετάζονται χωριστά το οδόστρωμα και η διάβαση πεζών ή ο ποδηλατοδρόμος

- **Περιπτώσεις φωτισμού B1, B2**

Εάν δεν υπάρχει γειτνίαση με διάβαση πεζών ή ποδηλατόδρομο, η περιοχή είναι η συνολική περιοχή του οδοστρώματος μεταξύ των κράσπεδων.

Το πλάτος της γειτονικής λωρίδας για την επιλογή του δείκτη περιβάλλοντος (surround ratio), όταν επιλέγονται κατηγορίες φωτισμού M και δεν γειτνιάζει με περιοχή άλλου τύπου κυκλοφορίας, το κατάλληλο πλέγμα υπολογισμού σύμφωνα με το EN 13201-3 πρέπει να υπολογίζεται για ολόκληρη την περιοχή ή η εξέταση να γίνει χωριστά στις διάφορες περιοχές κυκλοφορίας (για κάθε τύπο κυκλοφορίας ξεχωριστά). Στη δεύτερη λαμβάνεται ως ίσο με το πλάτος της πρώτης λωρίδας του οδοστρώματος.

Εάν υπάρχουν παρακείμενες διαβάσεις πεζών ή ποδηλατόδρομοι, εξετάζεται χωριστά το οδόστρωμα με τη διάβαση πεζών ή τους ποδηλατόδρομους.

Η εξεταζόμενη περιοχή είναι το συνολικό πλάτος του οδοστρώματος μεταξύ των κράσπεδων.

- **Περιπτώσεις φωτισμού C1, E1, E2**

Η περιοχή είναι το συνολικό πλάτος της διάβασης πεζών ή του πεζόδρομου ή του ποδηλατόδρομου.

Για τους πεζόδρομους ή τους ποδηλατόδρομους που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τον αυτοκινητόδρομο, η περιοχή μπορεί να επεκταθεί για να περιλάβει μια λωρίδα 2 μ πλάτους σε κάθε πλευρά.

Όπου οι διαβάσεις πεζών ή πεζόδρομοι γειτνιάζουν με ποδηλατόδρομους, το συνολικό πλάτος και των δύο μπορεί να θεωρηθεί ως μια περιοχή.

- Περιπτώσεις φωτισμού D1, D2, D3

Εάν δεν υπάρχει καμία παρακείμενη διάβαση πεζών, η εξεταζόμενη περιοχή είναι η συνολική κοινή περιοχή από την πρόσοψη των κτιρίων ή τα όρια ιδιοκτησίας των εγκαταστάσεων που οριοθετούν την περιοχή.

Εάν υπάρχουν παρακείμενες διαβάσεις πεζών, υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις:

- Εξετάζεται η συνολική περιοχή δηλ. οδόστρωμα και διάβαση πεζών, από τις προσόψεις των κτιρίων ή τα όρια ιδιοκτησίας των εγκαταστάσεων που οριοθετούν την περιοχή.
- Εξετάζεται χωριστά το οδόστρωμα και η διάβαση πεζών. Σε αυτή τη περίπτωση η περιοχή οδοστρώματος, είναι το συνολικό πλάτος του οδοστρώματος μεταξύ των κράσπεδων.

- Περιπτώσεις φωτισμού D4

Ως περιοχή εξέτασης λαμβάνεται η συνολική κοινή περιοχή από τις προσόψεις των κτιρίων ή από τα όρια ιδιοκτησίας των εγκαταστάσεων που την οριοθετούν.

Περιοχές σύγκρουσης (Διασταυρώσεις)

Εάν δεν υπάρχει παρακείμενη διάβαση πεζών ή ποδηλατόδρομος, η περιοχή είναι η συνολική περιοχή του οδοστρώματος μεταξύ των κράσπεδων.

Εάν υπάρχουν παρακείμενες διαβάσεις πεζών ή ποδηλατοδρόμοι, υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις:

- Εξετάζεται η συνολική περιοχή. Η περιοχή είναι το συνολικό πλάτος του δρόμου, η διάβαση πεζών μπορεί να περιλάβει το κράσπεδο, και τον ποδηλα-τόδρομο, τα δε όρια λαμβάνονται ή από τις προσόψεις των κτιρίων, ή τα όρια ιδιοκτησίας των εγκαταστάσεων που οριοθετούν την περιοχή.
- Εξετάζεται χωριστά το οδόστρωμα και η διάβαση πεζών ή οι ποδηλατοδρόμοι. Η περιοχή για το οδόστρωμα είναι ως συνολική περιοχή μεταξύ των κράσπεδων.

Περιοχή ήπιας κυκλοφορίας

Περιοχή ήπιας κυκλοφορίας, είναι η περιοχή ιδιαίτερων μέτρων, και το όριο πρέπει να καθοριστεί μεταξύ αυτής της περιοχής και του δρόμου προσέγγισης.

Εάν υπάρχει μια σημαντική απόσταση μεταξύ των περιοχών ήπιας κυκλοφορίας, κάθε περιοχή πρέπει να εξετάζεται χωριστά.

Εάν οι περιοχές ήπιας κυκλοφορίας είναι κοντά, τότε οι περιοχές αυτές και ο μεταξύ τους δρόμος μπορούν να θεωρηθούν ως μια σχετική περιοχή στην οποία θα εφαρμοστεί η ίδια κατηγορία φωτισμού.

Διαβάσεις πεζών

Η περιοχή είναι η συγκεκριμένη περιοχή στο οδόστρωμα που καθορίζεται από την οδική σήμανση. Επιπλέον, περιλαμβάνει την περιοχή που καθορίζεται με τη συνέχιση των γραμμών της σήμανσης του οδοστρώματος πέρα από το πλάτος της διαβάσης πεζών, ή σε μια απόσταση ίση με το πλάτος της συγκεκριμένης περιοχής, οποιοδήποτε από αυτά είναι ο μικρότερο.

Παράμετροι		Επιλογές
Περιοχή (Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά)	Διαχωρισμός λωριδών	Ναι / Όχι
	Τύπος διασταυρώσεων	Ανισόπεδοι / Ισόπεδοι κόμβοι
	Αποστάσεις μεταξύ ανισόπεδων κόμβων και γεφυρών	>3km / ≤3km
	Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων	<3 intersections/km ≥3 intersection/km (διασταυρώσεων)
	Περιοχή σύγκρουσης	Όχι / Ναι
	Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας	Όχι / Ναι
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα	□ □ 4 000 4 000 to 7 000 7000 to 15 000 15 000 to 25 000 25 000 to 40 000 □ □ 40 000
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα	Φυσιολογική / Υψηλή
	Κυκλοφοριακή ροή πεζών	Φυσιολογική / Υψηλή
	Δυσκολίες στην οδήγηση	Φυσιολογική / Υψηλή
	Σταθμευμένα οχήματα	Δεν υπάρχουν / Υπάρχουν
	Αναγνώριση προσώπων	Δεν υπάρχουν / Υπάρχουν
	Εγκληματικότητα	Φυσιολογική / Υψηλή
Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Φυσιολογική / Υψηλή
	Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος	Υπεραστικός / Αστικός / Κέντρο πόλης
	Καιρικές συνθήκες	Στεγνό / Υγρό

Πίνακας 43

6.1.4 Συστάσεις φωτισμού

Γενικά

Όλα τα σενάρια φωτισμού που θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Θα πρέπει να δώσουμε σημασία σε όλες τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή που ερευνάμε και συνεχώς να συμβουλευόμαστε το πρότυπο EN 13201 για να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψιν σε κάθε περίπτωση είναι η «Θάμβωση». Το πρότυπο EN 13201 αναλύει την επίλυση και την πρόληψη από το φαινόμενο της «Θάμβωσης» κυρίως σε αυτοκινητόδρομους, όμως σε μερικές χώρες αφορούν και δρόμους σε κατοικημένες περιοχές, που επιτρέπουν μέσες έως υψηλές ταχύτητες κυκλοφορίας (μεγαλύτερες από 60 Km/h).

Επίσης δίνει την δυνατότητα ελέγχου και περιορισμό του φαινομένου αυτού ακόμα και σε περιπτώσεις που η μέθοδος της «αύξησης κατωφλίου» (TI) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Δηλαδή η μέτρηση του δείκτη φυσιολογικής θάμβωσης δεν μπορεί να υπολογιστεί.

Class	Maximum luminous intensity in cd/klm			Other requirements
	at 70° ¹⁾	at 80° ¹⁾	at 90° ¹⁾	
G1		200	50	None
G2		150	30	None
G3		100	20	None
G4	500	100	10	Luminous intensities above 95° ¹⁾ to be zero
G5	350	100	10	Luminous intensities above 95° ¹⁾ to be zero
G6	350	100	0	Luminous intensities above 95° ¹⁾ to be zero

¹⁾ Any direction forming the specified angle from the downward vertical, with the luminaire installed for use.

Πίνακας 44. Κατηγορίες/Κλάσεις φωτεινής έντασης για έλεγχο της θάμβωσης ανικανότητας

Οι κατηγορίες/κλάσεις φωτεινής έντασης G1, G2 και G3 αντιστοιχούν σε “semi cut-off” και “cutoff” φωτιστικά, ενώ οι G4, G5 και G6 αντιστοιχούν σε “full cut-off”. Εκτός από τον δείκτη θάμβωσης ανικανότητας πρέπει να εξετάζεται και ο δείκτης θάμβωσης ενόχλησης. Έτσι ένας δρόμος μπορεί να κατατάσσεται σε μία κατηγορία/κλάση του δείκτη θάμβωσης ενόχλησης. Οι κατηγορίες/κλάσεις αυτές δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 21:

Class	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Glare index maximum	-	7000	5500	4000	2000	1000	500

Πίνακας 45. Κατηγορίες/κλάσεις του δείκτη θάμβωσης ενόχλησης

Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται ως εξής: $I \cdot A \cdot 0.5$ σε [cd/m], όπου I είναι η μέγιστη τιμή της φωτεινής έντασης σε cd από κάθε κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία 85° από την προς τα κάτω κάθετο στον δρόμο και A είναι η εξωτερική επιφάνεια όλων των φωτεινών μερών του φωτιστικού σε επίπεδο κάθετο στην διεύθυνση του I.

Δείκτης χρωματικής απόδοσης

Σε κάθε περίπτωση φωτισμού δρόμου θα πρέπει να λαμβάνουμε υπ’ όψιν τον δείκτη χρωματικής απόδοσης του λαμπτήρα που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε.

Ο δείκτης αυτός πρέπει να είναι τέτοιου βαθμού ώστε να μην επηρεάζει:

- την νυχτερινή οδήγηση
- την καθοδήγηση των πεζών
- την απομακρυσμένη αναγνώριση ανθρώπων και αντικειμένων

Για να γίνει αυτό πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας τα εξής:

- αν η περιοχή που μελετάμε είναι περιοχή διασταυρώσεως
- την κινητικότητα στην περιοχή
- αν υπάρχει ευελιξία κινήσεων των οχημάτων στον δρόμο αυτό
- αν υπάρχουν παρκαρισμένα οχήματα στον δρόμο
- αν χρειάζεται ο οδηγός να αναγνωρίζει τα πρόσωπα των οδηγών και τον πεζών
- αν συμβαίνουν συχνά ατυχήματα στην περιοχή αυτή

Condition (Parameter)	Colour category
Relevant area is conflict area (A4)	B ¹⁾
Traffic calming measures in relevant area (A5)	
Difficulty of navigational task is higher than normal (T2)	
Parked vehicles present (T3)	C ¹⁾
Facial recognition necessary (T4)	
Crime risk higher than normal (T5)	
¹⁾ It may be necessary to choose a lower number (higher lighting level) lighting class than selected to allow for indicated colour category.	

Πίνακας 46. Επιλογή κατηγορίας δείκτη χρωματικής απόδοσης

Πρωινός και νυχτερινός φωτισμός

Όλες οι βασικές και ειδικές παράμετροι του δρόμου προσδιορίζονται έχοντας κατά νου, ότι αναφερόμαστε σε ώρες της νύχτας. Κατά την διάρκεια της νύχτας και σε διαφορετικές περιόδους του χρόνου είναι δυνατόν οι τιμές αυτών των παραμέτρων να ποικίλουν (π.χ. φωτεινότητα περιβάλλοντος χώρου και κυκλοφοριακός φόρτος). Έτσι και οι απαιτήσεις ή προτάσεις φωτισμού μπορεί να ποικίλουν κατά την διάρκεια του έτους ή ακόμα και της νύχτας.

Προσκείμενες περιοχές

Δεν πρέπει να υπάρχει διαφορά μεγαλύτερη από δύο κλάσεις φωτισμού μεταξύ προσκείμενων περιοχών.

Ιδιαιτερότητες κάθε χώρας

Ο πίνακας 18 δίνει οδηγίες που βασίζονται στην λαμπρότητα ή στην οριζόντια ένταση φωτισμού. Μπορεί όμως κάποιες χώρες να θέλουν να στηριχτούν στην ημισφαιρική ένταση φωτισμού οπότε θα πρέπει να προταθούν ενάλλακτικά επίπεδα

φωτισμού. Παρακάτω βλέπουμε στους πίνακες τα επίπεδα A αντί για S και ES & EV αντί για C & S.

Reference class	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Alternative class		A1	A2	A3	A4	A5

Πίνακας 47

6.2 EN 13201.02/2015: Απαιτήσεις επιδόσεων

Αφού έχει γίνει επιλογή της κατηγορίας φωτισμού του δρόμου από το EN 13201.01 επιλέγονται από πίνακες τα φωτοτεχνικά δεδομένα που πρέπει να εφαρμοστούν στην υπό μελέτη περιοχή. Το πρότυπο δεν καθορίζει την αναγκαιότητα φωτισμού ενός δρόμου, αλλά, εάν αποφασισθεί να φωτιστεί ένας δρόμος, προσδιορίζει την αναγκαία στάθμη φωτισμού σε συνάρτηση με τις παραμέτρους συγκεκριμένων πινάκων. Με το πρότυπο αυτό οι απαιτούμενες στάθμες φωτισμού εκφράζονται είτε μέσω του φωτισμού σε οριζόντιο επίπεδο είτε μέσω της λαμπρότητας.

Έτσι υπάρχει διαχωρισμός σε κατηγορίες φωτισμού, όπου κάθε κατηγορία καθορίζεται από ένα σύνολο φωτομετρικών απαιτήσεων που στοχεύει στις οπτικές ανάγκες των χρηστών των οδών ώστε να εξασφαλίζει η ασφάλεια τους κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN13021.2 αφορά στα ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις της κάθε κλάσης φωτισμού όπως αυτή επιλέχθηκε με βάση το πρώτο μέρος. Το βασικό ποσοτικό μέγεθος της κλάσης M είναι η λαμπρότητα L του οδοστρώματος από τη θέση του τυπικού παρατηρητή (οδηγού) η οποία υπολογίζεται σε cd/m^2 . Το βασικό ποσοτικό μέγεθος των κλάσεων C και P είναι η ένταση φωτισμού E η οποία υπολογίζεται σε lux. Οι απαιτήσεις φωτισμού της κάθε κλάσης φαίνονται στους Πίνακες παρακάτω

Κλάση	Λαμπρότητα οδοστρώματος για στεγνό και βρεγμένο οδόστρωμα				Δείκτης Θάμβωσης	Φωτισμός όμορων περιοχών
	Στεγνό			Βρεγμένο	Στεγνό	Στεγνό
	L_{av} (cd/m^2)	U_o	U_i	U_{ov}	f_{η}	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

Πίνακας 48

όπου:

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

- U_o : Η ομοιομορφία της λαμπρότητας (ελάχιστη τιμή)
- U_l : Η διαμήκης ομοιομορφίας της λαμπρότητας (ελάχιστη τιμή)
- U_{ow} : Η ομοιομορφία της λαμπρότητας υπό βρεγμένο οδόστρωμα (ελάχιστη τιμή)
- f_{TI} : Ο δείκτης θάμβωσης (μέγιστη τιμή)
- REI : Ο δείκτης φωτισμού των όμορων της οδού περιοχών (ελάχιστη τιμή)

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

Πίνακας 49

όπου:

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

U_o : Η ομοιομορφία της έντασης φωτισμού (ελάχιστη τιμή)

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

Πίνακας 50

όπου:

- E : Η μέση τιμή της έντασης φωτισμού στο οδόστρωμα (ελάχιστη τιμή)
- E_v : Η μέση τιμή της έντασης κατακόρυφου φωτισμού στο οδοστρώμα (ελάχιστη τιμή)
- E_{sc} : Η μέση τιμή της έντασης ημικυλινδρικού φωτισμού στο οδόστρωμα (ελάχιστη τιμή)
- U_o : Η ομοιομορφία της έντασης φωτισμού (ελάχιστη τιμή)

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

6.3 EN 13201.03 2015: Υπολογισμός Επιδόσεων & EN 13201.04 2015: Μέθοδοι Μέτρησης επιδόσεων φωτισμού

Το τρίτο και τέταρτο μέρος του Προτύπου αναφέρεται στην τρόπο μέτρησης και υπολογισμού των επιδόσεων φωτισμού ενός δρόμου.

6.3.1 Υπολογισμός έντασης φωτισμού και λαμπρότητας

Η ένταση φωτισμού E σε ένα σημείο M του οδοστρώματος λόγω ενός φωτιστικού υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E = \frac{I * \cos^3 \gamma * \Phi * MF}{H^2}$$

Όπου

- I: Είναι η φωτεινή ένταση της φωτεινής πηγής με κατεύθυνση προς το σημείο M (cd/klm)
- γ : Γωνία πρόσπτωσης
- Φ : Η αρχική φωτεινή ροή των λαμπτήρων του φωτιστικού
- MF: Το γινόμενο του συντελεστή χρησιμοποίησης του λαμπτήρα με τον συντελεστή συντήρησης του φωτιστικού

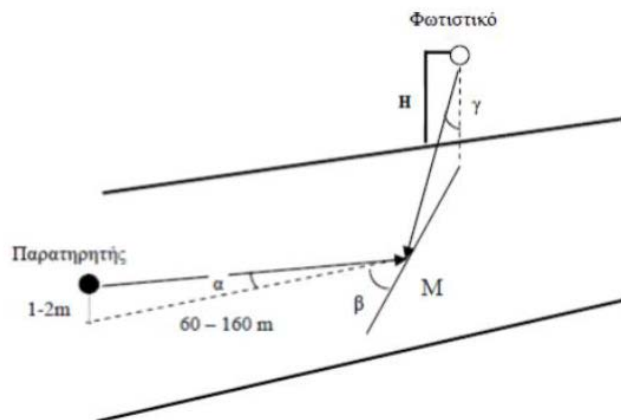
Για έναν παρατηρητή όμως, η ορατότητα του οδοστρώματος δεν καθορίζεται από την ένταση φωτισμού E, αλλά από την λαμπρότητά του L. Η λαμπρότητα L εξαρτάται από την ένταση φωτισμού, από την κατεύθυνση παρατήρησης και από το χρώμα, την στεγνότητα και την ποιότητα της επιφάνειας του οδοστρώματος. Ένα νέο και μη λείο οδόστρωμα διαχέει ομοιόμορφα το φως. Ένα λείο οδόστρωμα δεν διαχέει το φως ομοιόμορφα. Τέλος σε ένα πολύ υγρό οδόστρωμα γίνεται σχεδόν κατοπτρική ανάκλαση του φωτός και επομένως η λαμπρότητα ενός σημείου του οδοστρώματος εξαρτάται πολύ περισσότερο από την λαμπρότητα της πηγής παρά από την ένταση φωτισμού στο συγκεκριμένο σημείο. Επομένως, η λαμπρότητα σε ένα σημείο του οδοστρώματος εξαρτάται από την ποιότητα της επιφάνειάς του καθώς και από τις κατευθύνσεις παρατήρησης και πρόσπτωσης του φωτός. Έτσι η λαμπρότητα LM σε ένα σημείο M του οδοστρώματος, που φωτίζεται από μία πηγή, και το βλέπει ο οδηγός είναι ανάλογη της έντασης φωτισμού EM στο σημείο της έντασης φωτισμού στο σημείο M

$$L=q*E$$

Ο συντελεστής q εξαρτάται από τις γωνίες α, β, γ όπου

- α : Η γωνία παρατήρησης από το οριζόντιο επίπεδο
- β : Η γωνία μεταξύ των δύο κατακόρυφων επιπέδων

- γ : Η γωνία πρόσπτωσης



Σχήμα 128. Γωνίες για τον προσδιορισμό του συντελεστή λαμπρότητας q

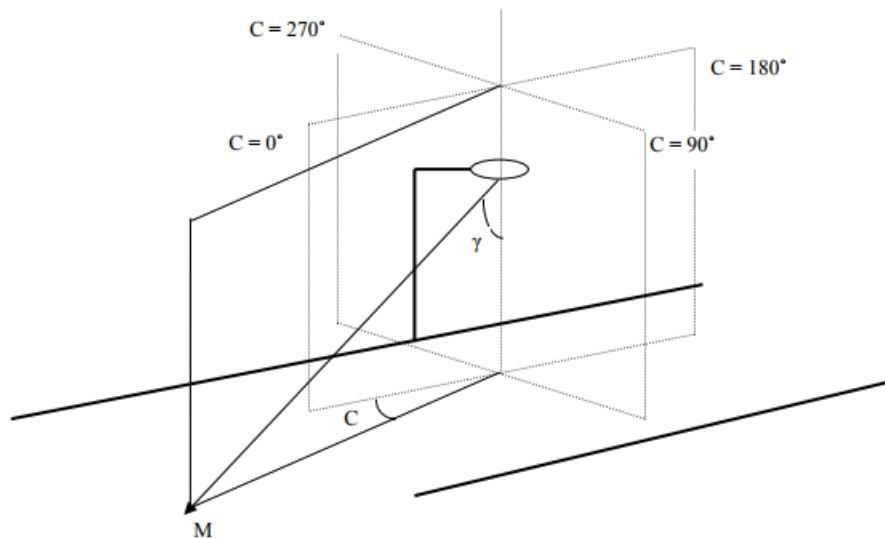
Η συνολική λαμπρότητα σε ένα σημείο M του δρόμου που φωτίζεται από πολλά φωτιστικά δίνεται από τον τύπο:

$$L_M = \sum [I(C,\gamma) \cdot r(\beta,\gamma) \cdot F \cdot MF \cdot 10^{-4}] / h^2 ,$$

όπου

- C είναι η οριζόντια γωνία που σχηματίζει το κάθετο επίπεδο πρόσπτωσης με ένα επίπεδο παράλληλο στον δρόμο
- Γ είναι η γωνία πρόσπτωσης
- h είναι το ύψος του στύλου του αντίστοιχου φωτιστικού
- F είναι η αρχική φωτεινή ροή σε klm των λαμπτήρων του αντίστοιχου φωτιστικού
- και MF είναι το γινόμενο του συντελεστή συντήρησης (maintenance factor) του λαμπτήρα με τον συντελεστή συντήρησης του φωτιστικού σώματος.

Το άθροισμα πρέπει να περιέχει (κατά κανόνα) όλα τα φωτιστικά της εγκατάστασης.



Σχήμα 129. Γωνίες C και γ για τον προσδιορισμό της φωτεινής έντασης I

Η συνολική οριζόντια ένταση φωτισμού σε ένα σημείο M του δρόμου που φωτίζεται από πολλά φωτιστικά δίνεται από τον τύπο:

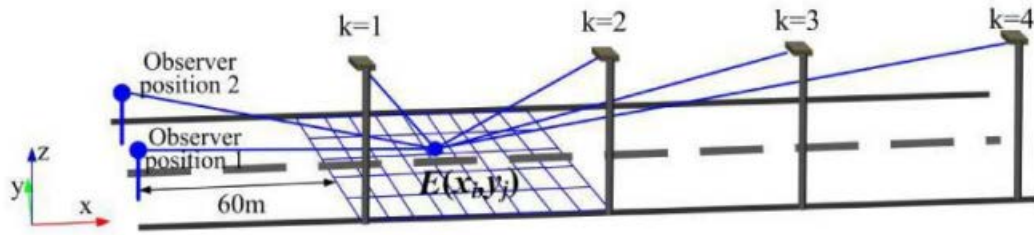
$$E_M = \sum [I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma \cdot F \cdot MF] / h^2 ,$$

όπου

- C είναι η οριζόντια γωνία που σχηματίζει το κάθετο επίπεδο πρόσπτωσης με ένα επίπεδο παράλληλο στον δρόμο
- Γ είναι η γωνία πρόσπτωσης
- h είναι το ύψος του στύλου του αντίστοιχου φωτιστικού
- F είναι η αρχική φωτεινή ροή σε klm των λαμπτήρων του αντίστοιχου φωτιστικού
- και MF είναι το γινόμενο του συντελεστή συντήρησης (maintenance factor) του λαμπτήρα με τον συντελεστή συντήρησης του φωτιστικού σώματος.

Το άθροισμα πρέπει να περιέχει (κατά κανόνα) όλα τα φωτιστικά της εγκατάστασης.

Η επιφάνεια υπολογισμού για την παρακάτω εικόνα χωρίζεται σε $N \times M$ τετραγωνικά κελιά. Χρησιμοποιούμε καρτεσιανές συντεταγμένες (x_i, y_j) , όπου τα x, y δηλώνουν της συντεταγμένες παράλληλα με τον άξονα του δρόμου και κάθετα αντιστοίχως. Τα i, j παίρνουν τιμές $i=1,2,3,\dots,N$ και $j=1,2,3,\dots,M$.



Σχήμα 130. Υπολογισμός φωτεινής έντασης I

Με καθορισμένο το ύψος ανάρτησης, την απόσταση των ιστών, το πλάτος του δρόμου και τις θέσεις των παρατηρητών οι γωνίες ϵ , β , γ και ο συντελεστής της μειωμένης λαμπρότητας μπορούν να εκφραστούν συναρτήσει των καρτεσιανών συντεταγμένων. Επομένως η λαμπρότητα δίνεται από τη σχέση:

$$L(x_i, y_j) = \sum_{k=1}^k \frac{r_k(x_i, y_j) * E_k(x_i, y_j) * MF}{10^4 * \cos^3 \gamma_k(x_i, y_j)}$$

Όπου $E_k(x_i, y_j)$ είναι η ένταση φωτισμού στο σημείο (κελί) (x_i, y_j) , που παράγεται από κ-οστό φωτιστικό με $K=1, 2, 3, \dots, K$.

Μέση Ένταση Φωτισμού:

$$E_{avg} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M E(x_i, y_j) * \frac{MF}{NM}$$

$$E(x_i, y_j) = \sum_{k=1}^k E_k(x_i, y_j)$$

Μέση Λαμπρότητα Φωτισμού:

$$L_{avg} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M L(x_i, y_j) * \frac{1}{M}$$

Οι συντελεστές ομοιομορφίας και η συνολική ομοιομορφία λαμπρότητας οδοστρώματος:

$$E_0 = \frac{\min(E(x_i, y_j))}{E_{avg}}$$

$$L_0 = \frac{\min(L(x_i, y_j))}{L_{avg}}$$

Η θάμβωση που προκαλείται από ένα σύστημα φωτιστικών, μετρείται και καθορίζεται από τον συντελεστή θάμβωσης ο οποίος προσδιορίζεται μέσα από την διάχυτη λαμπρότητα και την μέση λαμπρότητα του οδοστρώματος.

$$L_v = 10 * \sum_{k=1}^k \frac{E_k}{\theta_{ek}^2}$$

Με E_k να ορίζεται η κάθετη ένταση φωτισμού στο επίπεδο παρατήρησης του οδηγού το οποίο είναι 1θ προς τα κάτω μετατοπισμένο από τον διαμήκη άξονα του δρόμου. Η

γωνία θ_{ek} είναι η γωνία μεταξύ της γραμμής όρασης και της ευθείας παρατήρησης του κ-οστού φωτιστικού σώματος.

Έτσι ο παράγοντας θάμβωσης TI (Threshold Increment) δίνεται από την εξίσωση:

$$TI = 65 * \frac{Lv}{Lavg^{0,8}}$$

για τιμές μέσης λαμπρότητας $0.5cd/m^2 \leq Lavg \leq 5cd/m^2$.

Ο δείκτης παρακείμενου φωτισμού S που εκφράζει το πόσο ικανοποιητικός είναι ο παρακείμενος στο δρόμο φωτισμός δίνεται από την σχέση:

$$S = \frac{Eadj}{Eavg}$$

με $Eadj$ να εκφράζει τη μέση ένταση φωτισμού στα όρια του δρόμου.

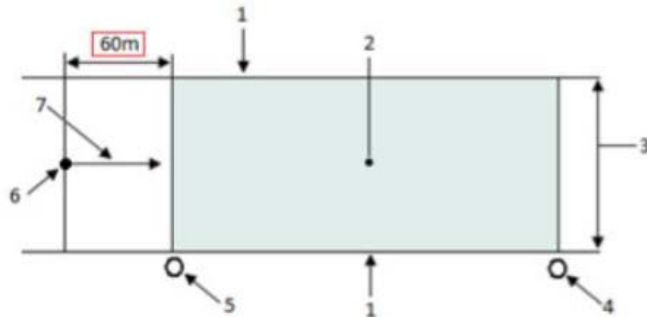
Τέλος ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης ισούται με

$$Q = \frac{Lavg}{Eavg}$$

6.3.2 Υπολογισμός λαμπρότητας

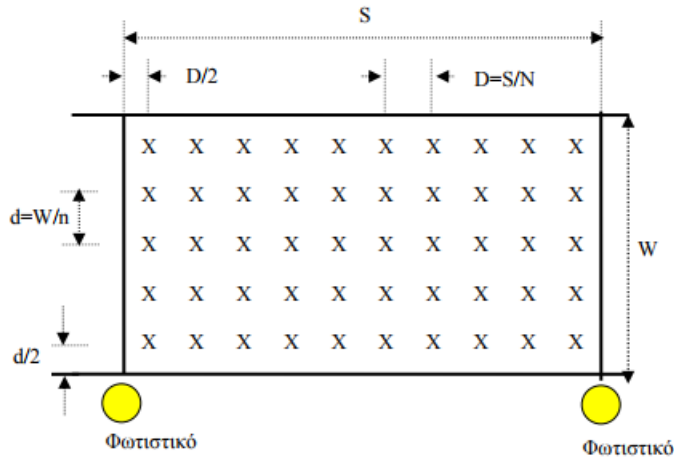
Διαμήκης κατεύθυνση

Για τον υπολογισμό στην διαμήκη κατεύθυνση πρέπει να περιέχονται δύο φωτιστικά στην σειρά όπως φαίνεται στην παρακάτω Σχήμα 61.



Σχήμα 131. Διάταξη μέτρησης λαμπρότητας

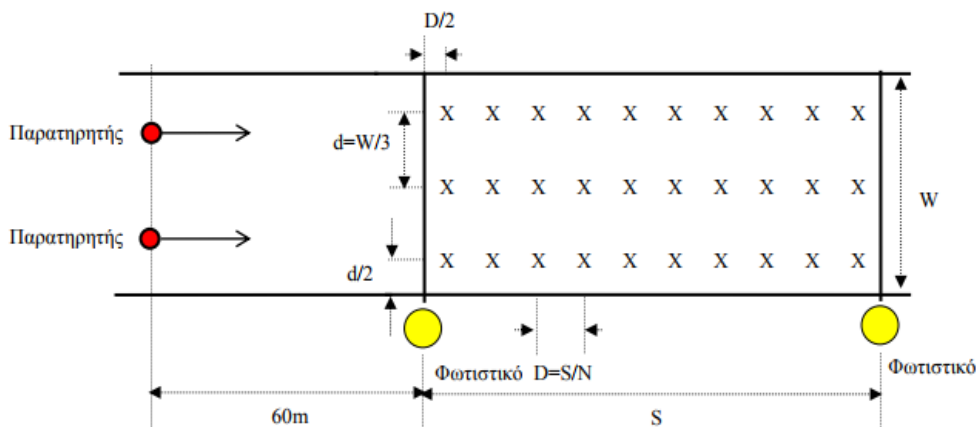
- W: Το πλάτος της λωρίδας
- n: είναι ο αριθμός των σημείων υπολογισμού στην κατά πλάτος κατεύθυνση του δρόμου, με τιμή μεγαλύτερη ή ίση με 3 και είναι ο μικρότερος ακέραιος που δίνει $d \leq 1.5\text{m}$.



Σχήμα 133. Πλέγμα σημείων υπολογισμού της οριζόντιας έντασης φωτισμού

6.3.3 Τοποθέτηση των σημείων υπολογισμού της λαμπρότητας

Τα σημεία υπολογισμού της λαμπρότητας βρίσκονται πάνω στο επίπεδο του εδάφους του δρόμου. Αναφέρονται δε, μεταξύ δύο διαδοχικών φωτιστικών της ίδιας πλευράς του δρόμου όταν το κομμάτι αυτό του δρόμου επαναλαμβάνεται καθόλο το μήκος του. Το πρώτο φωτιστικό στο υπό εξέταση κομμάτι του δρόμου πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 60m μπροστά από τον παρατηρητή. Το σημείο παρατήρησης δε, πρέπει να είναι 1.5m πάνω από την επιφάνεια του δρόμου (εδάφους). Το πλέγμα των σημείων αυτών προσδιορίζεται τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος του αντιπροσωπευτικού κομματιού του δρόμου όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 63:



Σχήμα 134. Πλέγμα σημείων υπολογισμού της λαμπρότητας

$$d = \frac{W}{3}$$

όπου:

- S είναι η απόσταση δύο διαδοχικών φωτιστικών της ίδιας πλευράς του δρόμου,
- D είναι η απόσταση δύο διαδοχικών σημείων υπολογισμού της λαμπρότητας κατά μήκος του δρόμου και δίνεται από την σχέση: $D = S/N$,
- N είναι ο αριθμός των σημείων υπολογισμού στην κατά μήκος κατεύθυνση του δρόμου και παίρνει τις ακόλουθες τιμές:
 - $N = 10$, για $S \leq 30m$
 - $N = 0$ μικρότερος ακέραιος που δίνει $D \leq 3m$, για $S > 30m$,
- W είναι το πλάτος του δρόμου,
- d είναι η απόσταση δύο διαδοχικών σημείων υπολογισμού της λαμπρότητας κατά πλάτος του δρόμου και δίνεται από την σχέση:

Για της μετρήσεις λαμπρότητας το μάτι του παρατηρητή πρέπει να είναι 1,5m από την επιφάνεια του δρόμου. Στην εγκάρσια κατεύθυνση πρέπει να είναι στο κέντρο κάθε λωρίδας. Η μέση λαμπρότητα και ομοιομορφία πρέπει να υπολογίζεται κάθε φορά για κάθε θέση.

6.4 EN 13201.05 2015: Υπολογισμός δεικτών ενεργειακής επίδοσης

Το πρότυπο EN13201.5 καθορίζει τους δείκτες ενεργειακής επίδοσης μίας εγκατάστασης οδοφωτισμού. Οι δείκτες αυτοί καθορίζουν το πόσο αποδοτική είναι μία εγκατάσταση φωτισμού λαμβάνοντας υπόψη τόσο την συνολική ισχύ του συστήματος όσο και την συνολική επιφάνεια της φωτιζόμενης περιοχής. Ο μελετητής θα πρέπει να υπολογίζει του δύο αυτούς δείκτες κατά το σχεδιασμό φωτισμού μίας νέας εγκατάστασης ή κατά το σχεδιασμό της αναβάθμισης υφιστάμενου συστήματος. Προτείνεται επίσης ο υπολογισμός των δεικτών αυτών για μία υφιστάμενη εγκατάσταση για λόγους σύγκρισης της αποδοτικότητας με μία νέα προτεινόμενη εγκατάσταση. Σε διαγωνιστικές διαδικασίες οδοφωτισμού οι δύο αυτοί δείκτες θα πρέπει να υπολογίζονται και να λαμβάνονται ως βαρύνον κριτήριο αξιολόγησης. Οι δείκτες που ορίζονται από το πρότυπο είναι οι ακόλουθοι δύο:

α) Δείκτης πυκνότητας ισχύος – Power Density Indicator

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

όπου:

- D_p : Δείκτης πυκνότητας ισχύος
- P: Η συνολική ισχύς της εγκατάστασης φωτισμού
- 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) φανερώνοντας το ποσό της απορροφούμενης ενέργειας που αξιοποιείται για το σκοπό του οδοφωτισμού.

b) Ετήσιος δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης – Annual Energy Consumption Indicator

$$DE = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j * t_j)}{A} * \frac{Wh}{m^2}$$

όπου:

- DE : Ετήσιος δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης
- P_j : Η συνολική ισχύς της εγκατάστασης φωτισμού το χρονικό διάστημα λειτουργίας j
- t_j : Η διάρκεια της περιόδου λειτουργίας j
- A : Το εμβαδόν της 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 έτους στην περιοχή ενδιαφέροντος. Με το δείκτη αυτό γίνεται σαφές το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας που αξιοποιείται για το σκοπό του οδοφωτισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7, ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ EN 13201 2015 και την TOTEE”

Στη μάχη ενάντια στην κλιματική αλλαγή μπαίνουν σταδιακά οι 325 δήμοι της χώρας, καθώς ο ένας μετά τον άλλο αναζητούν τρόπο να επιτύχουν εκσυγχρονισμό των λαμπτήρων οδοφωτισμού. Ο κάθε δήμος μπορεί να λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα του Ταμείου Παρακαταθηκών και Δανείων (ΤΠ&Δ) σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων (ΕΤΕπ) με την τεχνική υποστήριξη που παρέχει το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας(ΚΑΠΕ).

Η Ελλάδα βρίσκεται στον κοινοτικό μέσο όρο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για οδοφωτισμό, που αντιστοιχεί στο 16% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, με τη δαπάνη να κυμαίνεται στο 1 δισ. ευρώ. Το κόστος αυτό βαραίνει κυρίως τους δήμους της χώρας, αντιστοιχεί στο 36% του ενεργειακού κόστους τους και σε αυτό προστίθεται το 43% του ενεργειακού κόστους που αφορά τα αντλιοστάσια και το 21% για τα δημοτικά κτήρια.

Σύμφωνα με επιστήμονες, υπάρχουν περιθώρια εξοικονόμησης έως και 50%, ενώ ειδικά για τον οδοφωτισμό εκτιμάται πως υπάρχει περιθώριο να εξοικονομηθούν έως και 150 εκατ. ευρώ. Άλλωστε, στην Γερμανία επιτεύχθηκε εξοικονόμηση ενέργειας στον οδοφωτισμό κατά 600 εκατ. ευρώ, με μείωση της κατανάλωσης κατά 6%.

Σε αυτή την κατεύθυνση καλούνται να κινηθούν οι δήμοι της χώρας. Το πρόγραμμα δανειοδότησης με επιτόκιο 3% εντάσσεται στο ευρύτερο πρόγραμμα στήριξης των επενδυτικών προγραμμάτων των ΟΤΑ(Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης) που διαχειρίζεται τους τελευταίους 18 μήνες το ΤΠ&Δ σε συνεργασία με την ΕΤΕπ με χρηματοδότηση 200 εκατ. ευρώ, που διαμοιράζεται ισόποσα ανάμεσα στα δύο πιστωτικά ιδρύματα, με το 50% της χρηματοδότησης να αφορά ενεργειακά έργα.

Το τελευταίο εξάμηνο ολοκληρώθηκαν με επιτυχία οι διαγωνισμοί 5 Δήμων για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης ολόκληρου του δικτύου τους οδοφωτισμού με χρηματοδότηση από το πρόγραμμα συγχρηματοδότησης της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων και του Ταμείου Παρακαταθηκών και Δανείων (Τ.Π.&Δανείων). Το συνολικό ύψος των επενδύσεων αυτών, τελικά, θα ανέλθει σε περίπου 10,5 εκατ. € και αφορά στην αντικατάσταση περίπου 19 χιλ. φωτιστικών και 34 χιλ. λαμπτήρων με φωτιστικά νέας τεχνολογίας τύπου LED.

ΜΟΝΟ με την υλοποίηση του προγράμματος αυτού, οι εν προκειμένω 5 Δήμοι επιτυγχάνουν:

- ✓ μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας κατά 15,6 εκατ. kWh,
- ✓ περιορισμό της ετήσιας εκπομπής ρύπων CO₂ κατά 15,5 χιλ. τόνους και
- ✓ πλήρη αποπληρωμή της επένδυσης, των τόκων και τυχόν λοιπών εξόδων μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας, με επιπρόσθετο οικονομικό όφελος, σε ετήσια βάση, της τάξεως των 900 χιλ. €

Παράλληλα, συνεχίζεται αμείωτα το ενδιαφέρον των Δήμων όλης της χώρας για ένταξη στο συγκεκριμένο πρόγραμμα, για το οποίο έχουν ήδη λάβει τελική έγκριση χρηματοδότησης αιτήματα 9 Δήμων ενώ βρίσκονται στο στάδιο της επεξεργασίας άλλα 30.

Στο αμέσως προσεχές διάστημα, θα διενεργηθεί η διαγωνιστική διαδικασία της τελευταίας επένδυσης από αυτές που χαρακτηρίζονται ως «πιλοτικές», η οποία περιλαμβάνει και σύστημα τηλεδιαχείρισης.

Το σύστημα τηλεδιαχείρισης είναι πάρα πολύ σημαντικό αφού θα επιτρέπει τον έλεγχο όλου του οδικού φωτισμού από ένα κέντρο ελέγχου και θα αποτελέσει τις βάσεις για τη δημιουργία των “Smart Cities”.

7.1 Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) για τον Οδοφωτισμό

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

Σύμφωνα με αυτή την Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) απαραίτητη προϋπόθεση για τον ορθό σχεδιασμό και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του οδοφωτισμού αποτελεί η λεπτομερής και τεκμηριωμένη καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασής του, βάση της οποίας πραγματοποιείται η μελέτη οδοφωτισμού και η οικονομική αξιολόγηση του έργου.

Η καταγραφή περιλαμβάνει τις ακόλουθες δράσεις:

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

Καταγραφή γωρικών δεδομένων

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

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

Καταγραφή στοιχείων ιστού

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

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

Καταγραφή στοιχείων φωτιστικού σώματος

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

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

Καταγραφή στοιχείων πινάκων διανομής

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

- Τύπος πίνακα διανομής (Υλικό κατασκευής)
- Κατάσταση πίνακα διανομής
- Κυριότητα πίνακα διανομής
- Φωτογραφική αποτύπωση πίνακα διανομής
- Συντεταγμένες πίνακα διανομής στο σύστημα ΕΓΣΑ
- Δημοτική ενότητα (για δίκτυα δημοτικού φωτισμού)
- Οδός – Διασταύρωση - Κόμβος
- Τύπος περιοχής στην οποία βρίσκεται (οδός, πεζόδρομος, πλατεία, πάρκο κ.λ.π.)
- Μοναδικό κωδικός ταυτοποίησης πίνακα διανομής (ID)

- Αριθμός παροχής του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας του πίνακα διανομής

Καταγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

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

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

Ψηφιακή απεικόνιση δεδομένων

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

Τα γεωγραφικά υπόβαθρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής:

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

7.1.1 Σχεδιασμός οδοφωτισμού

Εισαγωγή

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

Υποχρεωτικά βήματα σχεδιασμού οδοφωτισμού

Τα βήματα αυτά είναι υποχρεωτικά για την ορθή και ολοκληρωμένο σχεδιασμό έργων οδοφωτισμού

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

Προαιρετικά βήματα σχεδιασμού οδοφωτισμού

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

- Τεχνοοικονομικοί υπολογισμοί
- Λοιπές προδιαγραφές χρηματοδότησης του έργου

Μετά την κατάταξη των οδών, ο μελετητής θα εκπονήσει φωτοτεχνικούς υπολογισμούς βάσει του EN 13201.3.

→Για τις οδούς κλάσης M απαιτείται να υπολογιστούν τα μεγέθη του Πίνακα 15, L_{av} (cd/m^2), U_0 , U_I , U_{ow} , f_{TI} , REI .

→Για τις οδούς κλάσης C απαιτείται να υπολογιστούν τα μεγέθη του Πίνακα 16, E (lux), U_0 .

→Για τις οδούς κλάσης P απαιτείται να υπολογιστούν τα μεγέθη του Πίνακα 71, E (lux), E_v (lux), E_{sc} (lux), U_0 .

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

a) γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού:

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

b) χαρακτηριστικά οδοφωτισμού:

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

7.1.2 Τεχνοοικονομικοί υπολογισμοί

Υπολογισμός Κόστους

Τα κύρια κόστη που πρέπει να συμπεριληφθούν σε μία τεχνοοικονομική ανάλυση αφορούν

- στο κόστος της αρχικής επένδυσης,
- στο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας καθώς και
- στο κόστος των ανταλλακτικών και των εργασιών συντήρησης.

Εμάς μας ενδιαφέρει η περίπτωση «αναβάθμισης ενός υφιστάμενου τμήματος του δικτύου».

i. Κόστος επένδυσης

- Μελέτη/Αποτύπωση υφιστάμενου δικτύου
- Μελέτη και προδιαγραφή νέου Συστήματος οδοφωτισμού με σκοπό τη βελτίωση και τη συμμόρφωση στα ισχύοντα Εθνικά και Ευρωπαϊκά πρότυπα.

- Λαμπτήρες
- Φωτιστικά
- Βραχίονες
- Συστήματα διαχείρισης και ελέγχου (hardware & software)
- Εργασίες εγκατάστασης
- Εργασίες απεγκατάστασης (ανθρώπινο δυναμικό, γερανός)

ii. Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας

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

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

όπου

$$E_k = \sum_{i=1}^{D_k} [P_{k,i} * D_{tk,i}]$$

Όπου:

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

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

Το κόστος συντήρησης (Κσυντήρησης) 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 (Κετήσιο) διαμορφώνεται ως εξής:

Στην περίπτωση αντικατάστασης ενός τμήματος του δικτύου, θα πρέπει από τους παραπάνω τύπους να υπολογίζεται το ετήσιο λειτουργικό κόστος ($K_{ετήσιο}$) τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση ($K_{ετήσιο}^{υφιστάμενη}$) όσο και για κάθε εναλλακτική i ($K_{ετήσιο}^i$)

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:

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

iii. Σταθμισμένο Κόστος Εξοικονομούμενης Ενέργειας (ΣΚΕΕ)

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

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

Το κριτήριο υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΣΚΕΕ = \frac{Κόστος επένδυσης * \frac{i*(1+i)^{\Delta ZE}}{(1+i)^{\Delta ZE} - 1} + K_{επένδυσης ετήσιο}}{Ε υφιστάμενη ετήσια - Ε επένδυσης ετήσια}$$

Όπου:

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

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

iv. 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 :

$$E_{\text{πρωτ.μορφή}}(\text{KWh})=E_{\text{τήσια}}(\text{KWh})\cdot 2,9$$

Δηλαδή, για κάθε 1 KWh που εξοικονομείται κατά τη λειτουργία του δικτύου εξοικονομείται σχεδόν η τριπλάσια ποσότητα ενέργειας πρωτογενούς μορφής. Παράλληλα, η εξοικονομούμενη ποσότητα εκπομπών CO₂ που μπορεί να επιτευχθεί σε ένα έτος μέσω της αντικατάστασης του συστήματος οδοφωτισμού υπολογίζεται από τον επόμενο τύπο:

$$\text{CO}_2(\text{tn})=\frac{E_{\text{τήσια}}(\text{KWh})}{1000}\cdot 0,989\left(\frac{\text{tn}}{\text{MWh}}\right)$$

7.1.3 Τεχνικές απαιτήσεις έργων οδοφωτισμού

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

Για χρήση φωτεινών πηγών διόδων φωτοεκπομπής (LED) θα ισχύουν :

- ✓ Τα φωτιστικά σώματα θα έχουν προστασία τουλάχιστον IP65 για όλα τα μέρη του φωτιστικού.
- ✓ Για λόγους βιωσιμότητας του φωτιστικού και οδικής ασφάλειας, προτείνεται – χωρίς να είναι δεσμευτικό - να υπάρχουν τουλάχιστον δέκα (10) φωτεινές πηγές (δίοδοι φωτοεκπομπής) ανά φωτιστικό σώμα.
- ✓ Ο ελάχιστος χρόνος ζωής των φωτεινών πηγών, θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 50.000 ώρες λειτουργίας .
- ✓ Η απώλεια της φωτεινής ροής στο τέλος των προαναφερόμενων ωρών λειτουργίας τους, δε θα πρέπει να ξεπερνά το 20% της αρχικής ονομαστικής φωτεινής ροής, βάσει των προτύπων LM80 και TM21.
- ✓ Το εύρος της θερμοκρασίας περιβάλλοντος λειτουργίας θα πρέπει να κυμαίνεται τουλάχιστον μεταξύ -30 οC και +40 ο C. Κατά την επιλογή των υλικών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες έκθεσης στον ήλιο, οι αντίξοες καιρικές συνθήκες και η επιπρόσθετη προστασία για εγκατάσταση του εξοπλισμού πλησίον παραθαλάσσιων περιοχών.
- ✓ Το διαφανές κάλυμμα του φωτιστικού θα πρέπει να είναι ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του φωτιστικού και τις χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. Εάν είναι γυάλινο θα πρέπει να είναι τύπου SECURIT. Εάν είναι από πολυκαρβονικό υλικό πρέπει να είναι υψηλής αντοχής και διαφάνειας και σταθεροποιημένο ως προς την υπεριώδη ακτινοβολία και τις καιρικές συνθήκες. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται να έχει Δείκτη Μηχανικής Αντοχής IK ≥ 0,8 σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 62262.

- ✓ Εάν η ονομαστική τάση τροφοδοσίας είναι 230 V AC, η ανεκτή διακύμανση της τάσης εισόδου πρέπει να είναι τουλάχιστον από 120V AC έως 277V AC έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής λειτουργία του φωτιστικού κατά την διάρκεια των διακυμάνσεων τάσεως του δικτύου τροφοδοσίας. Σε περίπτωση τροφοδοσίας με άλλη ονομαστική τάση από την προαναφερόμενη, οι ανεκτές διακυμάνσεις θα καθορίζονται από τη μελέτη.
- ✓ Ο ελάχιστος βαθμός φωτεινής απόδοσης του τοποθετημένου φωτιστικού σώματος (Luminous Efficacy) για φωτιστικά LED πρέπει να είναι μεγαλύτερος η ίσος από 90 lm/w .
- ✓ Ο συντελεστής ισχύος (Power Factor) του φωτιστικού σώματος πρέπει να είναι $\geq 0,9$.
- ✓ Η σχεδίαση του σώματος του φωτιστικού πρέπει να εξασφαλίζει τη μηχανική αντοχή του φωτιστικού και να εξασφαλίζει επαρκώς την ψύξη που είναι αναγκαία για την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία φωτεινών πηγών.
- ✓ Σε περίπτωση που κρίνεται επιθυμητή η προμήθεια φωτιστικών σωμάτων με δυνατότητες ρύθμισης της φωτεινής ροής (dimming), τα φωτιστικά θα πρέπει να υποστηρίζουν διεθνώς τυποποιημένα πρωτόκολλα ελέγχου και επικοινωνίας (1-10V, 0-10V, DALI,KNX κ.λπ).

Για την εγκατάσταση ιστών και εξαρτημάτων θα ισχύουν:

- ✓ Οι βάσεις έδρασης των ιστών θα πρέπει να είναι σύμφωνες με την Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-07-01-00.
- ✓ Σε ύψος 1,80 m από τη βάση του ιστού και στην όψη προς την πλευρά του οδοστρώματος της οδού θα πρέπει να τοποθετείται μεταλλική πινακίδα ή αυτοκόλλητο υψηλής αντοχής ενδεχομένως από αλουμίνιο με τα στοιχεία ταυτότητας του ιστού τα οποία είναι: ο κωδικός αριθμός ιστού ο οποίος θα ορίζεται από το φορέα υλοποίησης του έργου λαμβάνοντας υπόψη τη διατήρηση μητρώου συντήρησης, το έτος κατασκευής και στοιχεία του εργοστασίου παραγωγής. Η τοποθέτηση της συγκεκριμένης πινακίδας δεν επιτρέπεται να γίνει με διάτρηση του ιστού.
- ✓ Οι ιστοί θα εγκαθίστανται σε βάσεις από σκυρόδεμα προκατασκευασμένες ή χυτές επί τόπου και θα στερεώνονται σε κατακόρυφη θέση με περικόχλια που θα βιδώνονται στο σπείρωμα των εγκιβωτισμένων στην βάση αγκυρίων.
- ✓ Οι ιστοί σε ύψος περίπου 1,0m από την βάση τους, προς την πλευρά του οδοστρώματος της οδού θα φέρουν μεταλλική πινακίδα ή αυτοκόλλητο υψηλής αντοχής ενδεχομένως από αλουμίνιο με την σήμανση CE σύμφωνα με το πρότυπο του EN-40-5 E3. Η τοποθέτηση της συγκεκριμένης πινακίδας δεν επιτρέπεται να γίνει με διάτρηση του ιστού.
- ✓ Κάθε ιστός θα συνοδεύεται επίσης από έγγραφο με τα ακόλουθα στοιχεία:
 - Τον κωδικό αριθμό του φορέα πιστοποίησης
 - Το όνομα ή το σήμα του κατασκευαστή ή του αντιπροσώπου
 - Την διεύθυνση του κατασκευαστή ή του αντιπροσώπου
 - Τα δύο τελευταία ψηφία του έτους κατασκευής του ιστού
 - Το πρότυπο σύμφωνα με το οποίο κατασκευάστηκε ο ιστός
 - Την αντίσταση σε οριζόντια φορτία
 - Τύπος σχεδιασμού/επιβεβαίωσης (C: υπολογισμοί, T: έλεγχος)
 - Ανεμοπίεση

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

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΛΕΕΛΕΓΧΟΥ - ΤΗΛΕΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ - ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ως σύστημα διαχείρισης φωτισμού μίας οδού(ή σύστημα τηλεελέγχου-τηλεχειρισμού)νοείται ένα σύστημα που παρέχει τη δυνατότητα για άμεση δυναμική ρύθμιση στα φωτεινά χαρακτηριστικά του παρεχόμενου φωτισμού, καθώς και για απομακρυσμένη παρακολούθηση της λειτουργίας του.

Η ανάγκη για την υλοποίηση τέτοιων συστημάτων υπαγορεύεται από τις απαιτήσεις διαρκούς βελτίωσης των παρεχόμενων υπηρεσιών και ελέγχου του κόστους λειτουργίας, καθώς και από την περιβαλλοντικής και ενεργειακής θεώρησης ώθηση για υιοθέτηση ελαστικότερων συνθηκών λειτουργίας του ενεργοβόρου και δύσκαμπτου αυτού στοιχείου εξοπλισμού της οδού. Στα σύγχρονα αστικά κέντρα, οι τοπικές αρχές οφείλουν να αναβαθμίζουν τις υποδομές τους ακολουθώντας την εξέλιξη της τεχνολογίας, αλλά πάντα λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες των πολιτών.

Ο φωτισμός δεν είναι πλέον παθητικός, αλλά έχουμε τη δυνατότητα να τον αλλάξουμε και να επωφεληθούμε από τις πολλαπλές δυνατότητές του.

Το σύστημα διαχείρισης φωτισμού μπορεί να είναι κομμάτι ενός συστήματος ελέγχου με εποπτεία πραγματικού χρόνου(πχ σύστημα Scada)

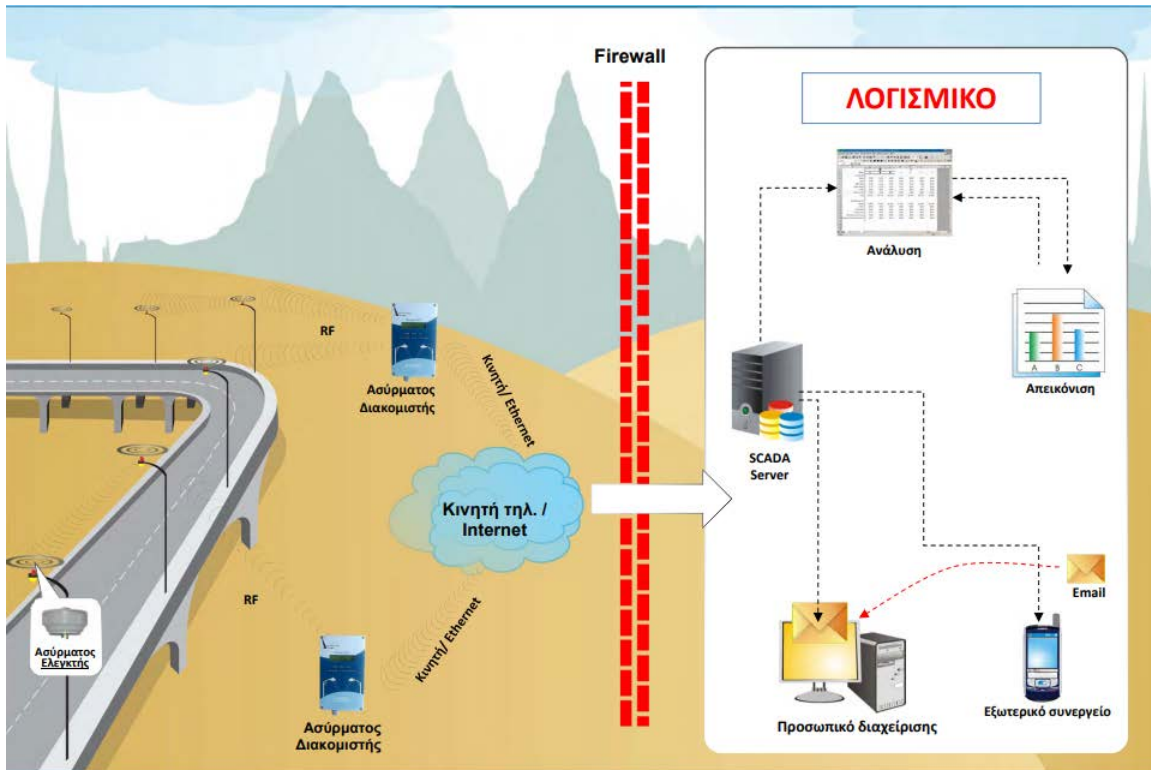
8.1 Γιατί να τοποθετήσουμε σύστημα διαχείρισης φωτισμού;

- ✓ **Η ασύρματη παρακολούθηση:**
 - Χαμηλό κόστος εγκατάστασης :Δεν απαιτούνται καλωδιώσεις ,αλλά λειτουργεί με plug and play (μια δυνατότητα του λειτουργικού συστήματος να αναγνωρίζει συσκευές αμέσως χωρίς να εγκατασταθούν drivers).
 - 24ωρη/7ημέρες τεχνική υποστήριξη το οποίο είναι απαραίτητο για την ασφάλεια των πολιτών και για εξοικονόμηση ενέργειας.
 - Επιτρέπει τη διαχείριση αλλά και τον έλεγχο μέσω IOT (θα εξηγηθεί πιο κάτω).
 - Θα υπάρχει άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση απώλειας οποιουδήποτε λαμπτήρα παρέχει τη δυνατότητα για άμεση αντικατάστασή του, τη στιγμή που στα κλασικά συστήματα φωτισμού ένας καμένος λαμπτήρας παραμένει στη θέση του μέχρι την επόμενη επιθεώρηση, με τις ανάλογες συνέπειες στην ποιότητα του φωτισμού και στο επίπεδο της οδικής ασφάλειας.
- ✓ **Προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μειωμένα έξοδα συντήρησης.**
 - Σε συνδυασμό με φωτισμό LED, το κόστος της ενέργειας μειώνεται έως και 70% μέσω της έξυπνης λειτουργίας και του Dimming.
 - Δυνατότητα εμφάνισης παραθύρου πληροφοριών για κάθε φωτιστικό σώμα ξεχωριστά (ακριβείς συντεταγμένες, φωτογραφία αν υπάρχει, ύψος ιστού, κατανάλωση, κατάσταση ιστού και φωτιστικού σώματος) .Επομένως θα υπάρχει καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας του κάθε φωτιστικού σώματος ξεχωριστά και θα δημιουργούνται γραφήματα κατανάλωσης –

χρόνου. Επιπλέον θα μπορεί να γίνει καταγραφή ωρών λειτουργίας και πρόβλεψη διάρκειας ζωής του κάθε φωτιστικού σώματος ξεχωριστά (λαμπτήρων).

- Η στενή παρακολούθηση της εγκατάστασης δίνει τη δυνατότητα για βελτιστοποίηση των διαδικασιών συντήρησης, με πληρέστερη αξιοποίηση του χρόνου ζωής των λαμπτήρων και αποδέσμευση από την ανάγκη για επί τόπου επιθεωρήσεις της εγκατάστασης.
- ✓ **Πλήρης ευελιξία και πολλές δυνατότητες έξυπνης διαχείρισης εξωτερικού φωτισμού.**
 - Η καταγραφή του δικτύου φωτισμού και η απεικόνισή του σε σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) δίνει μια πλήρη εικόνα των περιουσιακών της εκάστοτε περιοχής .
 - Μεγάλη αξιοπιστία λειτουργία υπέρβασης σφαλμάτων διατηρώντας πάντα τη λειτουργία των φωτιστικών.
 - Πολλές δυνατότητες επιλογών:
 - On/Off ή On/Off/ Dimming με έλεγχο ,με σύστημα 0-10v ή DALI (θα αναλυθεί αργότερα)
 - Πολλαπλός προγραμματισμός έναυσης/σβέσης
 - Ενσωματωμένο φωτοκύτταρο νυκτός ως εφεδρεία
 - Δυνατότητα προσθήκης αισθητήρα κίνησης
 - Μέτρηση κατανάλωσης και ενημέρωσης σφαλμάτων
- ✓ **Βελτίωση του οικολογικού αποτυπώματος.**
 - ✓ Είναι πολύ σημαντική η τεχνική του “dimming”, όπου η μείωση της φωτεινής απόδοσης πραγματοποιείται με ελαστικό τρόπο, μειώνοντας την τάση του ρεύματος στα φωτιστικά σώματα με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων. Η λογική της ρύθμισης του φωτισμού βάσει, πρωτίστως, των κυκλοφοριακών συνθηκών γίνεται κατανοητή αν αναλογιστεί κανείς ότι το απαιτούμενο επίπεδο φωτεινότητας μίας συνήθους εγκατάστασης σταθερού φωτισμού καθορίζεται βάσει ακριβώς αυτών των συνθηκών, και σε ώρες αιχμής, όπου είναι και πιο απαιτητικό το οπτικό έργο του οδηγού. Πέρα από αυτές τις συνθήκες, όμως, όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι λιγότερο ή περισσότερο χαμηλοί, το οριακό αυτό επίπεδο φωτισμού καθίσταται μάλλον υπερβολικό, φωτίζοντας τον ουρανό πιο πολύ με αποτέλεσμα τη μειωμένη αντίθεση μεταξύ των αστέρων και του φόντου του ουρανού (φωτορύπανση) και χωρίς ουσιαστικό αντίκρισμα στην ασφάλεια και λειτουργικότητα της οδού (καθώς θεωρείται ότι αυτές συμβαδίζουν με το φόρτο).

8.2 Διάταξη συστήματος



Σχήμα 135. Παράδειγμα συστήματος τηλεχειρισμού

Το «Σύστημα Τηλεελέγχου-Τηλεχειρισμού» θα μπορεί να συγκεκριμένα ένα σύστημα Τηλεελέγχου-Τηλεχειρισμού απαρτίζεται από τα παρακάτω μέρη:

- ✓ Ελεγκτής(LED Controller)
 - Μπορεί να τοποθετηθεί είτε εντός του κελύφους του φωτιστικού ή σε άλλο εξωτερικό σημείο, πχ ιστό φωτιστικού.
 - Υποστηρίζει δίκτυο RF το οποίο αυτορυθμίζεται και αυτοδιορθώνεται.
 - Επιτηρεί και ελέγχει τα φωτιστικά: Κατάσταση λαμπτήρα και έλεγχος (on/off, dimming)
 - Πολλαπλή δυνατότητα προγραμματισμού και διαχείρισης ο-μάδων φωτιστικών
 - Καταγραφή κατανάλωσης ενέργειας και αποστολής δεδομένων
 - Ενημέρωση κατάστασης λειτουργίας και σφαλμάτων
 - Ενσωματώνει φωτοκύτταρο νυκτός και δέχεται αισθητήρα κίνησης

- ✓ Ασύρματος Διακομιστής
 - Είναι ο διακομιστής δεδομένων μεταξύ των ελεγκτών και του λογισμικού διαχείρισης φωτισμού .
 - Κάθε διακομιστής υποστηρίζει έως 500 ελεγκτές
 - Χρησιμοποιεί επικοινωνία RF με τους ελεγκτές
 - Χρησιμοποιεί επικοινωνία μέσω GPRS ή Ethernet με το λογισμικό

- ✓ Κόμβος ελέγχου
 - Το σύστημα θα αποτελείται από πολλούς «Κόμβους Ελέγχου» οι οποίοι επικοινωνούν ασύρματα ή ενσύρματα με τους ελεγκτές.
 - Μπορεί να αποτελείται από διαφορετικά λειτουργικά δομικά στοιχεία, πχ Router, Gateway κτλ που μπορούν να τοποθετηθούν είτε εντός του κελυφους του φωτιστικού ή εντός του pillar ή σε άλλο εξωτερικό σημείο, πχ ιστό φωτιστικού, κτλ.
 - Μπορεί να διαθέτει μετρητή ενέργειας, τριφασικό και να μετρά ανά φάση κατ' ελάχιστον τα ακόλουθα μεγέθη:
 - Ενεργό τιμή ρεύματος (Irms), Ενεργό τιμή τάσης (Vrms), Ενεργό και Άεργο Ισχύ (P και VAR), Ενεργό και Άεργο Ενέργεια (Wh και VAhR).
 - Θα περιέχει πρωτόκολλα και εφαρμογές που να υποστηρίζει η ζεύξη 4G ή 3G
 - Έχει ασύρματη επικοινωνία με το λογισμικό
 - Φορητή συσκευή προγραμματισμού
 - Χρήσιμο εργαλείο για γρήγορη εγκατάσταση
 - Εργαλείο υποστήριξης και συντήρησης
 - Μέσω συσκευής προγραμματιζόμενης (tablet, h/y, smartphones) και κατάλληλου λογισμικού θα μπορεί να επιλεγθεί ασύρματα ένας από τους ακόλουθους τρόπους λειτουργίας (modes) για το σύνολο των Φωτιστικών - Λαμπτήρων LED που συνδέονται σε έναν Κόμβο Ελέγχου ή και μεμονωμένων Φωτιστικών - Λαμπτήρων Led:
 - **On Mode:** Ενεργοποίηση του κάθε Φωτιστικού μεμονωμένα ή / και όλων (ταυτοχρόνως) Φωτιστικών - Λαμπτήρων LED που συνδέονται στον Κόμβο Ελέγχου ή/ και κάθε φωτιστικού μεμονωμένα, σε πραγματικό χρόνο (real-time), κατόπιν εντολής από το Λογισμικό.
 - **Off Mode:** Απενεργοποίηση του κάθε φωτιστικού μεμονωμένα ή / και όλων (ταυτοχρόνως) Φωτιστικών - Λαμπτήρων LED που συνδέονται στον Κόμβο Ελέγχου ή / και κάθε φωτιστικού μεμονωμένα, σε πραγματικό χρόνο (real-time), με εντολή από το Λογισμικό.
 - **Schedule Mode:** Αυτόματη Ενεργοποίηση / Απενεργοποίηση (On/Off) του κάθε Φωτιστικού μεμονωμένα ή και όλων (ταυτοχρόνως) των Φωτιστικών/ Λαμπτήρων LED που συνδέονται

στον Κόμβο Ελέγχου ή και κάθε φωτιστικού μεμονωμένα, βάσει χρονοδιαγράμματος που θα καθορίζει ο χρήστης. Το χρονοδιάγραμμα θα έχει n χρονικές στιγμές, (δηλ. θα ορίζει $n+1$ διαστήματα). Το χρονοδιάγραμμα μπορεί να αποθηκεύεται σε μνήμη (πχ. EEPROM, Flash, κλπ), στον Κόμβο Ελέγχου ή σε Ελεγκτές (LED Controllers) που θα βρίσκονται σε επίπεδο Φωτιστικού - Λαμπτήρα LED, ο οποίος/οι στη συνέχεια να μπορεί/μπορούν να ελέγχει/ελέγχουν τα Φωτιστικά - Λαμπτήρες LED αυτόνομα(χωρίς να είναι πλέον απαραίτητη η σύνδεση με το Λογισμικό, από τη στιγμή που μέσω του Λογισμικού έχει καθορισθεί ο υπ' όψιν τρόπος λειτουργίας), με τη βοήθεια ρολογιού (Real Time Clock - RTC) και μικροελεγκτή (microcontroller) ή υλικό (hardware) αντίστοιχης τεχνολογίας.

- **Sunrise - Sunset Mode:** Αυτόματη Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση (On/Off) του κάθε Φωτιστικού μεμονωμένα ή / και όλων (ταυτοχρόνως) Φωτιστικών - Λαμπτήρων LED που συνδέονται στον Κόμβο Ελέγχου, ή /και του κάθε φωτιστικού μεμονωμένα, βάσει του αλγορίθμου Ανατολής - Δύσης ηλίου (On τη χρονική στιγμή της δύσης και Off τη χρονική στιγμή της ανατολής). Ο αλγόριθμος και ο έλεγχος των Φωτιστικών - Λαμπτήρων LED θα μπορούν να «υλοποιούνται» αυτόνομα στον Κόμβο Ελέγχου ή σε Ελεγκτές (LED Controllers) που θα βρίσκονται σε επίπεδο Φωτιστικού - Λαμπτήρα LED (χωρίς να είναι πλέον απαραίτητη η σύνδεση με το Λογισμικό, από τη στιγμή που μέσω του Λογισμικού θα έχει καθορισθεί ο υπ' όψιν τρόπος λειτουργίας), με τη βοήθεια ρολογιού (Real Time Clock - RTC) και μικροελεγκτή (microcontroller) ή υλικό (hardware) αντίστοιχης τεχνολογίας.

- ο Λογισμικό Διαχείρισης Φωτισμού
 - ο Εφαρμογή συμβατή με λειτουργικά συστήματα Windows
 - ο Διαδικτυακή εφαρμογή (IOT)
 - ο Μπορεί να εμφανίζει σε χάρτη τη δομή του Δικτύου Οδοφωτισμού: θέσεις Κόμβων Ελέγχου, φωτιστικών και λαμπτήρων LED, με ενδείξεις για τα χαρακτηριστικά τους και τον τρόπο λειτουργίας.
 - ο Μπορεί να διαχειρίζεται ταυτόχρονα πολλούς Κόμβους (δηλ. ανεξάρτητα δίκτυα φωτιστικών – ομάδες φωτιστικών LED) και Θα μπορεί να εφαρμόζει σε κάθε Κόμβο ή και φωτιστικό διαφορετικό τρόπο λειτουργίας.
 - ο Ενημέρωση σφαλμάτων και ειδοποίηση επισκευής
 - ο Ενσωματώνει Google Maps
 - ο Μπορεί να θέτει τα φωτιστικά LED που συνδέονται σε κάθε Κόμβο κατ' ελάχιστον στους ακόλουθους τρόπους λειτουργίας (mode of operation):

- Αυτόματη λειτουργία βάσει του αλγορίθμου ανατολής δύσης ηλίου.
- Αυτόματη λειτουργία βάσει σταθερού χρονοδιαγράμματος, n χρονικών στιγμών On/Off (n+1 διαστημάτων), το οποίο να μπορεί να τροποποιείται δυναμικά.
- «Χειροκίνητη» ενεργοποίηση / απενεργοποίηση (On / Off mode) σε πραγματικό χρόνο (real time).
- o Μπορεί να παρακολουθεί, να ανακτά και να τροποποιεί δυναμικά όλες τις παραμέτρους λειτουργίας των φωτιστικών και λαμπτήρων LED που συνδέονται σε κάθε Κόμβο:
 - Δυνατότητα ανάγνωσης και καθορισμού (read/write) του τρόπου λειτουργίας τους (mode of operation On/Off/Schedule/Sunrise-Sunset).
 - Δυνατότητα ανάγνωσης και καθορισμού (read/write) του προφίλ λειτουργίας του Schedule mode.
 - Δυνατότητα ανάγνωσης των Συντεταγμένων των φωτιστικών του Κόμβου Τηλεδιαχείρισης.
- o Θα μπορεί να απεικονίζει τα δεδομένα και να συνδέεται με εφαρμογές smart city/έξυπνης πόλης(θα εξηγηθεί παρακάτω).

8.3 Σύστημα ελέγχου φωτισμού Dali

Το ακρωνύμιο της τεχνικής DALI αντιπροσωπεύεται ως **D**igital **A**dressable **L**ighting **I**nterface (δηλαδή ψηφιακή, διευθυνσιοδοτούμενη διεπαφή φωτισμού).

Αποτελεί ένα διεθνώς αποδεκτό και αναγνωρισμένο ανοιχτό πρωτόκολλο επικοινωνίας από το 2002, καθαρά για τον έλεγχο φωτισμού, που οι αρχές και οι κανονισμοί του καθορίζονται στο τεχνικό πρότυπο IEC 62386. Πρόκειται για ένα επαγγελματικό πρωτόκολλο διασύνδεσης, με το οποίο μπορούν να συνεργαστούν διάφορα στοιχεία φωτισμού όπως: Λαμπτήρες, αισθητήρες, συστήματα ελέγχου φωτισμού, διατάξεις λειτουργίας κλπ. Το DALI έρχεται να αντικαταστήσει την υπάρχουσα αναλογική τεχνολογία 1-10 (volt).

Τα ηλεκτρονικά συστήματα DALI, διαθέτουν επαφές για τη σύνδεση:

- της γραμμής τροφοδοσίας ή ισχύος (230V), η οποία περιλαμβάνει τους 3 αγωγούς της φάσης (L), του ουδετέρου (N) και της προστασίας (PE)
- της γραμμής ελέγχου 2 αγωγών που μεταφέρει το ψηφιακό σήμα της τεχνικής DALI και η οποία συμβάλει στη λειτουργία του ελέγχου της ρύθμισης της έντασης φωτισμού των διαφόρων τύπων λαμπτήρων που εξυπηρετεί. Η γραμμή αυτή δεν απαιτεί πολικότητα και
- των λαμπτήρων.

Η τεχνική DALI αντιπροσωπεύει ένα ευφύες σύστημα διαχείρισης φωτισμού σε σύγχρονες εγκαταστάσεις και προσφέρει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

Απλός σχεδιασμός & απλή εγκατάσταση:

Ο τρόπος σχεδιασμού της γραμμής ελέγχου 2 αγωγών για έως και 64 συστήματα DALI είναι εξαιρετικά απλός και ο σχεδιασμός της μπορεί να ολοκληρωθεί ξεχωριστά από το σχεδιασμό των παροχών ισχύος. Για τη γραμμή ελέγχου δεν απαιτείται ειδική καλωδίωση και μπορεί είτε να δρομολογηθεί μαζί με το καλώδιο παροχής, π.χ σε ένα καλώδιο NHXMH 5x1,5mm², είτε μόνη της πχ σε ένα καλώδιο LiHCH 2x1,5mm².

Λιγότερα στοιχεία χειρισμού:

Για τον τρόπο χειρισμού της μεταγωγής των φωτιστικών δεν χρειάζεται ρελέ. Ο χειρισμός της μεταγωγής καθώς και η ρύθμιση του επιπέδου φωτεινότητας γίνονται αποκλειστικά μέσω της γραμμής ελέγχου.

Ευελιξία μελλοντικών αλλαγών:

Με τη χρήση του πρωτοκόλλου DALI οι ομάδες φωτισμού δεν δημιουργούνται καλωδιακά. Ο χρήστης ομαδοποιεί με απλό τρόπο τα εκάστοτε φωτιστικά ανάλογα με τις ανάγκες του, έχοντας τη δυνατότητα να μεταβάλλει αυτές τις ομαδοποιήσεις ανά πάσα στιγμή μελλοντικά.

Συγχρονισμένες αλλαγές σκηνών φωτισμού:

Ακόμα και στην περίπτωση που θέλουμε να ανάψουμε φωτιστικά με διαφορετικό επίπεδο ρύθμισης φωτεινότητας ή αν έχουμε συνδυασμό διαφορετικών τύπων λαμπτήρων μεταξύ τους, το πρωτόκολλο DALI πηγαίνει με συγχρονισμένο τρόπο από τη μία σκηνή φωτισμού στην άλλη. Όλα τα φωτιστικά επιτυγχάνουν ταυτόχρονα το νέο επίπεδο φωτεινότητας που θα ρυθμίσουμε.

Ένδειξη κατάστασης λαμπτήρων:

Η κατάσταση ενός λαμπτήρα μπορεί να αναφερθεί από ένα σύστημα DALI και στη συνέχεια να ενημερωθεί για αυτό ο χρήστης. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει η δυνατότητα να εντοπιστούν ελαττωματικοί λαμπτήρες. Ειδικά στις περιπτώσεις μεγάλων έργων το παραπάνω στοιχείο είναι πολύ χρήσιμο, λόγω της δυνατότητας που έχει το DALI να ενοποιείται πολύ εύκολα με υπάρχοντα συστήματα αυτοματισμού κτιρίων (όπως το KNX) ή να συνεργάζεται με το IOT με σκοπό τον έλεγχο από φορητές συσκευές (smartphones, tablet, pc κλπ)

8.4 Internet Of Things (IoT)

Όλοι έχουμε δει ταινίες επιστημονικής φαντασίας με ένα "έξυπνο" σπίτι, όπου μπορούμε να χειριστούμε τα πάντα αυτόματα από ένα κεντρικό σημείο. Ενώ κάποιες τεχνολογίες smart home υπάρχουν από τη δεκαετία του '80, μέχρι πρότινος ήταν απαγορευτικά ακριβές και είχαν αρκετούς περιορισμούς. Το Internet of Things, μεταφράζοντάς το ακριβώς, σημαίνει "το ίντερνετ των αντικειμένων". Ουσιαστικά, είναι ένας όρος που περιλαμβάνει οποιαδήποτε ηλεκτρική ή ηλεκτρονική συσκευή με διάφορες δυνατότητες (κάμερες, θερμοστάτες, ψυγεία κλπ) που συνδέεται στο ίντερνετ χωρίς να είναι υπολογιστής, κινητό, ή tablet.



Σχήμα 136. Internet of Things

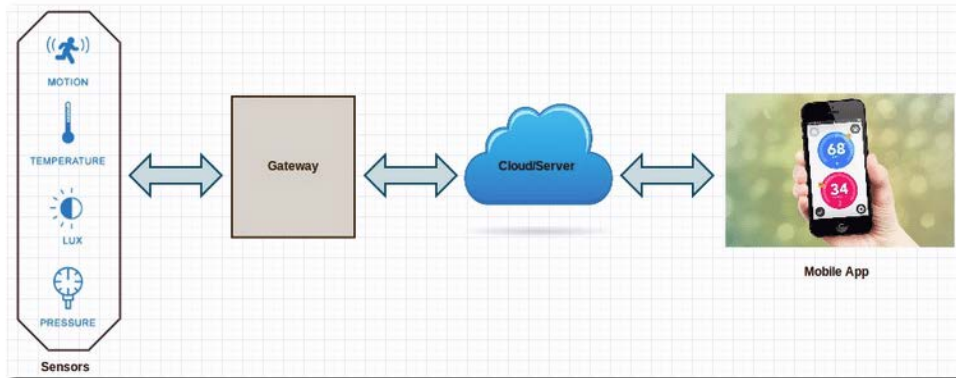
Ο στόχος του IoT είναι να δώσει στους χρήστες όσο γίνεται μεγαλύτερο έλεγχο διαφορετικών συσκευών μέσω ίντερνετ και εξ' αποστάσεως. Επομένως ο άνθρωπος αποτελεί και τον πρώτο κρίκο της αλυσίδας. Για να επικοινωνήσει με τις IoT συσκευές, χρειάζεται τις αντίστοιχες εφαρμογές, για κινητά ή και υπολογιστές. Οι εφαρμογές αυτές περιέχουν διάφορα πιθανά σενάρια, στα οποία η συσκευή μπορεί να ανταποκριθεί μετά από την επιλογή του χρήστη. Στη συνέχεια, οι επιλογές αυτές του χρήστη μεταφέρονται στον Cloud Server της IoT συσκευής ή της εφαρμογής, και επεξεργάζονται κατάλληλα από διάφορους αλγόριθμους.



Σχήμα 137. Σύνδεση του Cloud Server με τις IoT συσκευές

Λίγο πριν το τέλος της αλυσίδας, τα δεδομένα αποθηκεύονται στα λεγόμενα IoT Gateways, τα οποία δεν κάνουν κάποια επεξεργασία, αλλά αναλαμβάνουν τα “γεφυρώσουν” την κατάλληλη συσκευή με το σωστό κινητό ή υπολογιστή. Τέλος, οι

πληροφορίες περνάνε στους ενσωματωμένους αισθητήρες των IoT συσκευών, οι οποίοι και αποκρυπτογραφούν το μήνυμα, ούτως ώστε να εκτελέσουν την εντολή.



Σχήμα 138. Λειτουργία του IoT

Η όλη διαδικασία βέβαια δουλεύει και αντιστρόφως, αφού οι πληροφορίες από τους αισθητήρες μπορούν να μεταφερθούν στην εφαρμογή του χρήστη, ώστε να έχει αναφορά για την κατάσταση και γενικότερα τον έλεγχο της συσκευής.

Επίσης, μεγάλη σημασία έχει και η κρυπτογράφηση των δεδομένων, γιατί χωρίς αυτή θα ήταν αδύνατη η σύζευξη μεταξύ σωστών συσκευών και εφαρμογών.

8.5 Σύστημα Scada

Ένα παράδειγμα συστήματος διαχείρισης φωτισμού οδών είναι το σύστημα SCADA. Το σύστημα SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) αποτελεί εφαρμογή της βιομηχανικής πληροφορικής για την εποπτεία της παραγωγής. Κάθε διεργασία παραγωγής χαρακτηρίζεται από κάποιες κρίσιμες παραμέτρους, οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην παραγωγική διαδικασία και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων (π.χ. πίεση, θερμοκρασία, χρόνος, πυκνότητα κ.α.).

Τα συστήματα SCADA παρακολουθούν on-line μέσω μονάδων Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών και καταγράφουν συνεχώς σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές όλες τις κρίσιμες παραμέτρους της παραγωγικής διαδικασίας, για την επίτευξη εποπτείας σε πραγματικό χρόνο. Ένα σύστημα SCADA περιλαμβάνει απεικόνιση σε μιμικά διαγράμματα όλων των διεργασιών παραγωγής, ενδείξεις των τιμών των μετρούμενων μεγεθών, διαρκή συλλογή και αποθήκευση δεδομένων σε Η/Υ, γνωστοποίηση σφαλμάτων κ.α. Επίσης σημαντική είναι η δυνατότητα παρακολούθησης του συστήματος μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων σελίδων του διαδικτύου.

Οι κύριες λειτουργίες ενός συστήματος SCADA είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Συλλογή δεδομένων από τα PLC και τις απομακρυσμένες τερματικές μονάδες (Remote Telemetry Unit RTU). Οι RTU εγκαθίστανται σε απομακρυσμένα σημεία με

σκοπό την αποστολή και λήψη εντολών. Όλα τα επιθυμητά σήματα μεταδίδονται προς το σύστημα SCADA μέσω του δικτύου βιομηχανικού αυτοματισμού.

- ✓ Αποθήκευση των πληροφοριών στη βάση δεδομένων και αναπαράστασή τους μέσω γραφημάτων.
- ✓ Ανάλυση δεδομένων και ειδοποίηση του προσωπικού σε περιπτώσεις σφάλματος. Όταν τα δεδομένα πάρουν τιμές μη κανονικές το σύστημα SCADA ειδοποιεί με οπτική ή ακουστική σήμανση τους χειριστές, ώστε να αποφευχθούν δυσάρεστες επιπτώσεις.
- ✓ Έλεγχος κλειστού βρόχου διεργασιών. Υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών ελέγχου, αυτόματες ή χειροκίνητες.
- ✓ Γραφική απεικόνιση των τμημάτων της διεργασίας σε μιμικά διαγράμματα και παρουσιάσεις των δεδομένων σε ενεργά πεδία. Τα μιμικά διαγράμματα απεικονίζουν ρεαλιστικά τμήματα της διεργασίας με στόχο την ευκολότερη εποπτεία και την κατανόηση των δεδομένων από τους χειριστές του συστήματος .
- ✓ Καταγραφή όλων των συμβάντων για την δημιουργία ιστορικού αρχείου. Σε κάθε βιομηχανία υπάρχει καταγραφή όλων των κρίσιμων παραμέτρων. Παλιότερα γινόταν με χειρόγραφη καταγραφή, ενώ σήμερα την ευθύνη αυτή έχει αναλάβει η βάση δεδομένων του συστήματος SCADA
- ✓ Λειτουργίες συστημάτων SCADA.
- ✓ Υποστήριξη διπλού υπολογιστικού συστήματος με αυτόματη εναλλαγή, αν αυτό κρίνεται σκόπιμο βάσει της υπό έλεγχο διεργασίας. Σε διεργασίες υψηλής επικινδυνότητας πρέπει να ελαχιστοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η εμφάνιση σφάλματος λόγω βλάβης του εξοπλισμού. Για το λόγο αυτό τα συστήματα SCADA υποστηρίζουν δεύτερο υπολογιστικό σύστημα που αναλαμβάνει σε περίπτωση σφάλματος.
- ✓ Μεταφορά δεδομένων σε άλλα τμήματα του κεντρικού συστήματος πληροφόρησης και διαχείρισης,
- ✓ Έλεγχος της πρόσβασης χειριστών στα διάφορα υποσυστήματα του συστήματος SCADA.
- ✓ Ειδικές εφαρμογές λογισμικού όπως εκτέλεση κώδικα C++ ή ανάπτυξη ευφυών συστημάτων

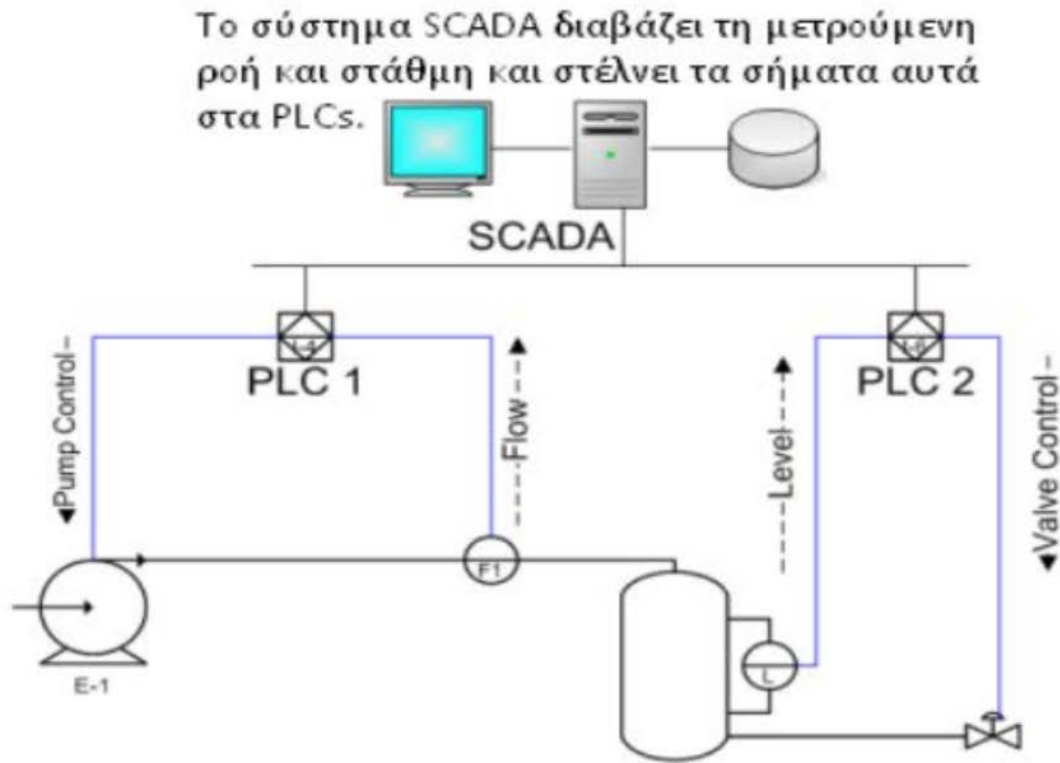
Τα δομικά στοιχεία ενός συστήματος SCADA είναι:

- ✓ Ένας κεντρικός υπολογιστικός σταθμός (Master Station Computer -MTU) .
- ✓ Οι γραμμές επικοινωνίας (radio, καλωδιακή, τηλεφωνική).
- ✓ RTU's που κωδικοποιούν και αποκωδικοποιούν σήματα από τον πραγματικό κόσμο.
- ✓ Το ελεγχόμενο σύστημα (Field Instrumentation)

Ένα σύστημα SCADA αποτελείται επίσης από τα ακόλουθα υποσυστήματα:

- ✓ Ένα σύστημα ανθρώπινης αλληλεπίδρασης (HMI-Human Machine Interface), που έχει σαν σκοπό να παρουσιάζει τα δεδομένα της γραμμής και ο χρήστης να μπορεί να τα ελέγχει καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγής .

- ✓ Από ένα υπολογιστή ο οποίος συλλέγει όλες τις πληροφορίες και στέλνει την κατάλληλη ανατροφοδότηση.
- ✓ Τηλεχειριζόμενες τερματικές μονάδες, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με αισθητήρες σε όλη τη διαδικασία, εναλλάσσοντας έτσι σήματα από τους αισθητήρες στο συντονιστικό υπολογιστή.
- ✓ Προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (PLC's).
- ✓ Την επικοινωνιακή υποδομή του συστήματος, η οποία συνδέει όλα τα παραπάνω κατάλληλα μεταξύ τους.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.

SMART CITIES – ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ



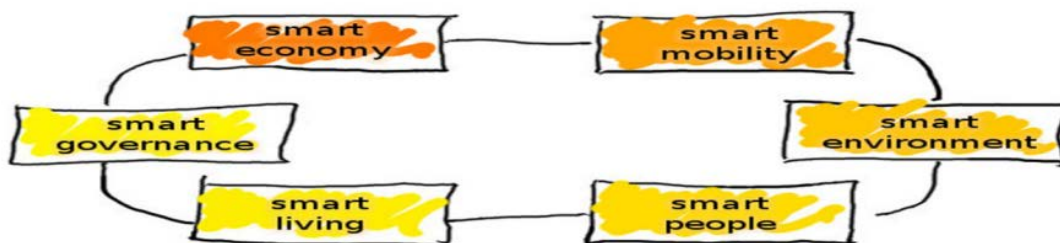
Σχήμα 139. Δημιουργία smart cities

Ξυπνάτε το πρωί. Ετοιμάζετε για τη δουλειά σας, αλλά πριν φύγετε ανοίγετε το κινητό σας τηλέφωνο για να οργανώσετε καλύτερα την ημέρα. Πληκτρολογείτε τη διαδρομή που σκοπεύετε να ακολουθήσετε και η ειδική εφαρμογή σας ενημερώνει: σε πόση ατμοσφαιρική ρύπανση θα εκτεθείτε τη συγκεκριμένη ώρα στο συγκεκριμένο σημείο, αν θα συναντήσετε πλημμυρισμένους δρόμους λόγω της βροχόπτωσης που μόλις άρχισε, σε τι ακτίνα έχει επηρεαστεί η προσβασιμότητα των δρόμων ή η ποιότητα του αέρα από την πυρκαγιά που έχει ξεσπάσει στον νομό. Με βάση τις πληροφορίες που θα λάβετε, αποφασίζετε: Θα μετακινηθείτε με ποδήλατο ή αυτοκίνητο; Θα απλώσετε τα ρούχα; Θα μεταθέσετε κάποιες δραστηριότητες ή θα λάβετε μέτρα προστασίας εφόσον υποφέρετε από συγκεκριμένες παθήσεις; Τα στοιχεία των δορυφόρων, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT - Internet of Things), τα drones και οι επιστημονικοί αλγόριθμοι θα έχουν μπει τόσο απλά στη ζωή σας...

Ακούγεται μακρινό, όμως στην πραγματικότητα βρίσκεται πιο κοντά από ό,τι θα φανταζόταν κάποιος. Και είναι μόνο ένα μικρό δείγμα από όσα θα προσφέρουν σύντομα στους κατοίκους τους οι έξυπνες πόλεις.

Όσο οι ενεργειακές ανάγκες των μεγαλουπόλεων αυξάνονται, τόσο μεγαλώνει και η απαίτηση για εξυπνότερη διαχείριση των πόρων και της ενέργειας. Μια έξυπνη και βιώσιμη πόλη λειτουργεί ακριβώς έτσι, έχοντας σκοπό τη δημιουργία του ιδανικότερου περιβάλλοντος για τον άνθρωπο.

Από τη στιγμή που η αποκέντρωση δεν συνιστά μια ρεαλιστικά εφαρμόσιμη λύση, οφείλουμε να αναλογιστούμε τις επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον και να βρούμε τρόπους μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και πόρων, εξοικονομώντας παράλληλα χρόνο και χρήμα. Τα νέα μοντέλα βιώσιμων πόλεων κινούνται γύρω από τον άξονα του “smart city”, δηλαδή πόλεων που λειτουργούν με «έξυπνη οικονομία», «έξυπνη μετακίνηση», «έξυπνο περιβάλλον», «έξυπνους ανθρώπους» και «έξυπνη διαβίωση».



Σχήμα 140. Smart City

Οι λύσεις αυτές πρέπει να συνδυάζονται μεταξύ τους, να αλληλοεπιδρούν με την πόλη, να προσφέρουν στους κατοίκους διασυνδέσεις με την πόλη, να είναι επικεντρωμένες στο ολοκληρωμένο κτιριακό περιβάλλον, αλλά και να συμπεριλαμβάνουν όλα τα πεδία που επηρεάζουν τη διαβίωση. Ας δούμε όμως τι σημαίνει ο καθένας από αυτούς τους άξονες.

-Με τον όρο «**έξυπνη οικονομία**», εννοούμε την ηλεκτρονική επιχειρηματικότητα και το ηλεκτρονικό εμπόριο, την αυξημένη παραγωγή, τη διαδικασία παραγωγής και διανομής προϊόντων με γνώμονα την ICT (Information & Communications Technology), δηλαδή την ενσωμάτωση των ενοποιημένων επικοινωνιών και ηλεκτρονικών συστημάτων στη σύγχρονη εποχή, την προσανατολισμένη στην ICT καινοτομία, όπως επίσης και νέα προϊόντα, νέες υπηρεσίες και επιχειρηματικά μοντέλα.

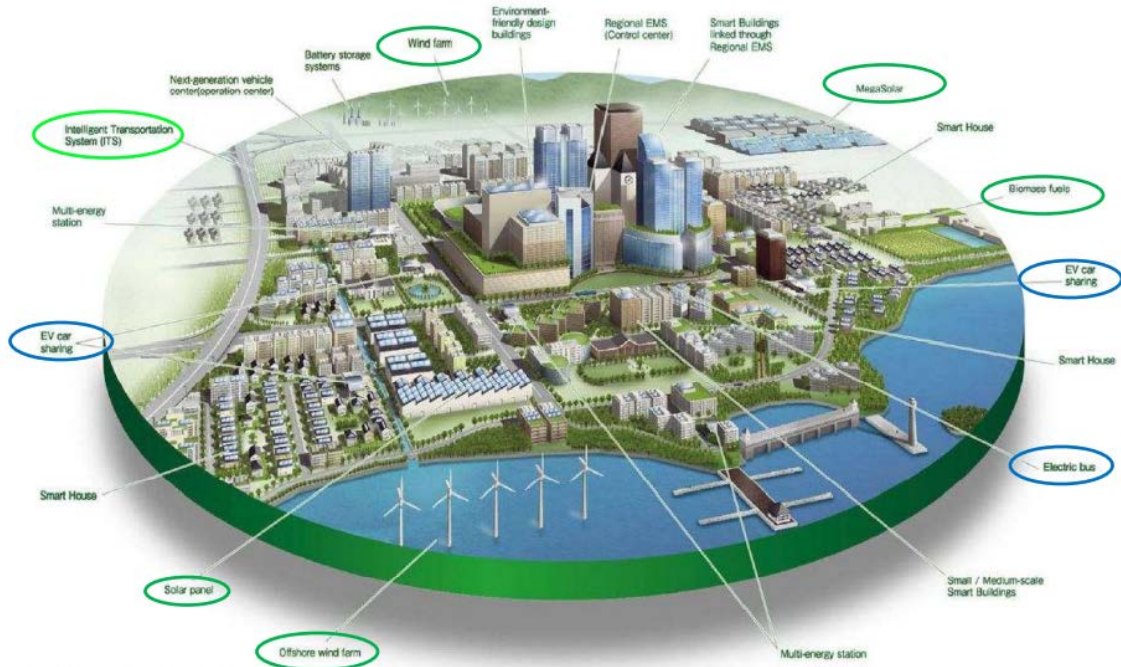
-Η έννοια της «**έξυπνης μετακίνησης**» δίνει προτεραιότητα στις καθαρές και μη-μηχανοκίνητες επιλογές. Τα βιώσιμα συστήματα μετακίνησης περιλαμβάνουν τραμ, λεωφορεία, μετρό, αυτοκίνητα, ποδήλατα και πεζούς, τα οποία χρησιμοποιούν περισσότερους από έναν τρόπους μετακίνησης. Επίσης, θα πρέπει να παρέχεται στο κοινό ενημέρωση έτσι ώστε να εξοικονομούνται χρήματα και χρόνος, να βελτιώνεται η απόδοση των μετακινήσεων, για να μειωθούν οι εκπομπές CO₂.

-Το «**έξυπνο περιβάλλον**» συνοψίζεται στην έννοια της «έξυπνης ενέργειας». Σε αυτή περιλαμβάνονται οι ανανεώσιμες πηγές, η μέτρηση της ενέργειας, ο έλεγχος της μόλυνσης, η ανακαίνιση των κτιρίων, η κατασκευή «πράσινων» κτιρίων, ο «πράσινος» αστικός σχεδιασμός, η αποδοτική χρήση των πόρων και τέλος, η επαναχρησιμοποίηση και αντικατάσταση των πόρων που εξυπηρετούν τους παραπάνω σκοπούς.

-Οι «**έξυπνοι άνθρωποι**» δεν είναι αποκλειστικά οι ιδιοφυίες. Στα πλαίσια μιας έξυπνης πόλης, οι ηλεκτρονικές δεξιότητες, η δυνατότητα εργασίας στα πλαίσια της ICT, η πρόσβαση στην εκπαίδευση, η ικανότητα διαχείρισης του ανθρώπινου δυναμικού μέσα σε μια κοινωνία που προωθεί την ευρηματικότητα και την καινοτομία, είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά που καθιστούν κάποιον «έξυπνο άνθρωπο».

-Η «**έξυπνη διαβίωση**» περιλαμβάνει τρόπους ζωής, συμπεριφορές και κατανάλωση προσανατολισμένα στις αρχές της ICT. Περιλαμβάνει, επίσης, μια υγιή και ασφαλή ζωή

σε μια ενεργή πολιτιστικά πόλη, με ποικίλες πολιτιστικές επιρροές, αλλά και καλής ποιότητας κατοικίες και καταλύματα.



Σχήμα 141. Τυπικό παράδειγμα έξυπνης πόλης

9.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Έξυπνης Πόλης

Γενικά χαρακτηριστικά λογισμικού:

- Να είναι μια εφαρμογή συμβατή με λειτουργικά συστήματα Windows και να υποστηρίζεται η ελληνική και η αγγλική γλώσσα. Να είναι δυνατή η πρόσβαση στο Σύστημα μέσω Web Browser και να υπάρχει συμβατότητα με όλους τους τύπους Web Browser, να είναι συμβατό και να παρέχεται πρόσβαση από έξυπνες συσκευές τύπου Tablet ή Smart Phone και να υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης στο Σύστημα μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες με βάση ρόλους Role Based Access Control (RBAC).
- Να υπάρχει η δυνατότητα ορισμού, διαγραφής και τροποποίησης χρηστών, ομάδων χρηστών και επιπέδων πρόσβασης και η δυνατότητα υποστήριξης χρονοδιαγραμμάτων και ημερολογίου.
- Να υποστηρίζονται έξυπνες συσκευές και αισθητήρες διαφόρων τύπων ανεξάρτητα από τον τρόπο και τις δυνατότητες διασύνδεσής τους.
- Να συλλέγονται δεδομένα από τις συσκευές/αισθητήρες και να αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων.

- Να υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης της κατάστασης και των παραμέτρων λειτουργίας όλων των επιμέρους συσκευών/αισθητήρων που έχουν ορισθεί στο Σύστημα και άμεσης επισκόπησης της κατάστασης της τρέχουσας υποδομής αισθητήρων/συσκευών.
- Να υπάρχει η δυνατότητα ομαδοποίησης των “έξυπνων” συσκευών χωρίς περιορισμό στα κριτήρια ομαδοποίησης και να υπάρχει η δυνατότητα αναζήτησης συσκευών ή ομάδων συσκευών στο Σύστημα. Η αναζήτηση να διευκολύνεται με τη δυνατότητα ορισμού tags τόσο σε συσκευές/αισθητήρες όσο και στις ομάδες συσκευών (groups).
- Να εμφανίζονται σε χάρτη όλες συνολικά οι συσκευές/αισθητήρες με πληροφορία για τη θέση και την κατάσταση κάθε συσκευής /αισθητήρα. Να εμφανίζονται σε χάρτη όλες οι συσκευές/αισθητήρες ανά επιμέρους τομέα (πχ. φωτισμό, στάθμευση) και με βάση την ομαδοποίηση τους (πχ. Όλα τα “έξυπνα” φωτιστικά του ίδιου τύπου ή όλες οι θέσεις στάθμευσης ανά οδό) με πληροφορία για τη θέση και την κατάσταση κάθε συσκευής/αισθητήρα.
- Να παρέχεται η δυνατότητα ενεργοποίησης Συναγερμών (Alarms) ανάλογα με τα δεδομένα που λαμβάνει από τις εγκατεστημένες συσκευές/αισθητήρες. Τα παραγόμενα Alarms (αναφορές συναγερμών) θα πρέπει να κατηγοριοποιούνται. Να παρέχεται η δυνατότητα αποστολής ειδοποιήσεων για συναγερμούς μέσω SMS ή email.
- Να παρέχεται τη δυνατότητα παραγωγής Αναφορών (Reports) ανάλογα με τα δεδομένα που λαμβάνει από τις εγκατεστημένες συσκευές/αισθητήρες. Το Σύστημα να παρέχει τη δυνατότητα επιλογής του χρονικού διαστήματος για το οποίο θα γίνονται υπολογισμοί . Οι αναφορές να παρουσιάζονται είτε σε μορφή γραφημάτων είτε σε μορφή πινάκων. Ο ρόλος κάθε χρήστη θα καθορίζει την πρόσβαση ή μη στο σύνολο ή μέρος των αναφορών. Να υποστηρίζεται εξαγωγή των αναφορών σε αρχεία διαφόρων τύπων (xlsx, docx) και η δυνατότητα μορφοποίησης των αναφορών και των συγκεντρωτικών πεδίων.
- Να υπάρχει η δυνατότητα ορισμού κατωφλίων (Thresholds) όπου αυτό είναι εφαρμόσιμο όπως για παράδειγμα απότομη αυξομείωση κατανάλωσης ρεύματος, διαχείριση Απορριμμάτων, στάθμευση κλπ.
- Να μπορεί να γίνει διασύνδεση με άλλα IT συστήματα όπως Work force management, Preventive Maintenance, Spare parts Inventory.
- Να παρέχεται η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου μεμονωμένων ή ομάδας φωτιστικών ή και όλων (άνοιγμα - κλείσιμο - dimming) σε πραγματικό χρόνο.
- Να παρέχεται η δυνατότητα ορισμού προγραμμάτων αυξομείωσης έντασης φωτισμού.
- Να υπάρχει δυνατότητα να παράγεται Συναγερμός (alarm) όταν ένα ή περισσότερα φωτιστικά παρουσιάζουν βλάβη.
- Να παρέχεται η δυνατότητα πρόσβασης/queries σε ιστορικά δεδομένα.
- Το λογισμικό να παρέχει ανοικτή διεπαφή (πχ. API) προς τρίτα συστήματα.

Συνοπτική περιγραφή βασικών εφαρμογών συνδεδεμένων στην ενιαία πλατφόρμα διαχείρισης:

- 1) Σύστημα έξυπνης στάθμευσης: Αισθητήρες θα μπορούν να ανιχνεύουν την πληρότητα των θέσεων στάθμευσης. Οι πληροφορίες από τους αισθητήρες θα μεταδίδονται προς το κέντρο ελέγχου, όπου θα εμφανίζονται σχεδόν σε πραγματικό χρόνο σε ένα περιβάλλον GIS. Ως αποτέλεσμα, ο Δήμος θα ενημερώνεται συνεχώς για την κατάσταση των σταθμευμένων οχημάτων, σε ολόκληρη την περιοχή των παρεχόμενων υπηρεσιών και θα μπορεί να ενημερώνει το κοινό, μέσω πινάκων ανακοινώσεων ή κατάλληλων εφαρμογών (πχ. σε κινητά τηλέφωνα) σχετικά με τη διαθεσιμότητα των χώρων στάθμευσης. Το Λογισμικό, πρέπει να έχει και τα ακόλουθα χαρακτηριστικά, δυνατότητες ειδικά για το Σύστημα Έξυπνης Στάθμευσης:
 - i. Να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο (ή σχεδόν πραγματικό χρόνο) τις θέσεις στάθμευσης.
 - ii. Να παράγονται αναφορές (Reports) που θα περιέχουν κατ' ελάχιστο πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση όλων των θέσεων στάθμευσης (κατειλημμένες ή ελεύθερες).
 - iii. Να παρέχεται η δυνατότητα επιλογής του χρονικού διαστήματος για το οποίο θα υπολογίζονται οι αναφορές.
 - iv. Η κατάσταση κάθε θέσης ή ζώνης στάθμευσης θα πρέπει να αποτυπώνεται στο χάρτη με χρήση ειδικού εικονιδίου ώστε να είναι άμεσα αντιληπτή από το χειριστή η κατάσταση κάθε θέσης ή ζώνης στάθμευσης και η συνολική κατάσταση του χώρου.

- 2) Σύστημα διαχείρισης κάδων απορριμμάτων: Αισθητήρες θα μπορούν να ανιχνεύουν κατάσταση των κάδων απορριμμάτων (πληρότητα κάδου). Οι πληροφορίες από τους αισθητήρες θα μεταδίδονται προς το κέντρο ελέγχου, όπου θα εμφανίζονται σχεδόν σε πραγματικό χρόνο σε ένα περιβάλλον GIS. Ως αποτέλεσμα, ο Δήμος θα ενημερώνεται συνεχώς για την κατάσταση των κάδων, σε ολόκληρη την περιοχή των παρεχόμενων υπηρεσιών και θα διαχειρίζεται κατάλληλα το στόλο των απορριματοφόρων του. Το Λογισμικό, πρέπει να έχει και τα ακόλουθα χαρακτηριστικά – δυνατότητες ειδικά για το Σύστημα Διαχείρισης Κάδων Απορριμμάτων:
 - i. Το Σύστημα θα πρέπει να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο (ή σε σχεδόν πραγματικό χρόνο) το επίπεδο πλήρωσης των κάδων.
 - ii. Να υποστηρίζονται τρία επίπεδα πλήρωσης κάδων: Χαμηλό (Low), Μεσαίο (Medium) και Γεμάτο (Full). Κάθε κάδος θα πρέπει να εμφανίζεται με διαφορετική ένδειξη πάνω στο χάρτη ανάλογα με το επίπεδο πλήρωσής του ώστε να είναι άμεσα αντιληπτή από το χειριστή η κατάσταση κάθε κάδου και άρα η συνολική κατάσταση όλων των κάδων.
 - iii. Να υπάρχει η δυνατότητα να παράγεται συναγερμός alarm όταν το επίπεδο πλήρωσης ξεπερνά ένα ορισμένο όριο.
 - iv. Να παράγονται αναφορές (Reports) που θα περιέχουν την παρακάτω πληροφορίες για την κατάσταση και για το επίπεδο (στάθμη) όλων

των κάδων. Να παρέχεται η δυνατότητα επιλογής του χρονικού διαστήματος για το οποίο θα υπολογίζονται οι αναφορές.

3) Σημεία Ελεύθερης Πρόσβασης Wi-Fi :

Θα δημιουργηθούν σημεία ασύρματης πρόσβασης Wi-Fi, όπου και θα μπορεί να παρέχεται δωρεάν πρόσβαση Wi-Fi στο κοινό (Public Wi-Fi). Στην τελική λύση θα ενσωματώνονται δυνατότητες για δημοτικά δίκτυα Wi-Fi. Μέσω του ασύρματου δικτύου της πόλης, ο Δήμος θα μπορεί να παρέχει προηγμένες υπηρεσίες στους χρήστες σε όλο το Δήμο ή την απομακρυσμένη ασφαλή πρόσβαση μέσω VPN σε διάφορες εφαρμογές και να προσφέρει στους χρήστες εύκολη πρόσβαση σε εφαρμογές στο διαδίκτυο. Το Λογισμικό, πρέπει να έχει και τα ακόλουθα χαρακτηριστικά – δυνατότητες ειδικά για το Σημεία Ελεύθερης Πρόσβασης Wi-Fi:

- i. Να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο την κατάσταση του σημείου πρόσβασης (πχ. σημείο πρόσβασης ενεργό) και να αποτυπώνει την κατάσταση στους σχετικούς χάρτες. Να ενεργοποιεί συναγερμό (alarm) σε περίπτωση δυσλειτουργίας ή διακοπής της λειτουργίας του σημείου πρόσβασης Wi-Fi.
- ii. Να παρέχει την δυνατότητα χειροκίνητης και αυτόματης (προγραμματισμένης χρονικά) ενεργοποίησης / απενεργοποίησης της υπηρεσίας Wi-Fi για συγκεκριμένο σημείο.
- iii. Να παρέχει τη δυνατότητα χρήσης apps στην αρχική σελίδα του hotspot και χρήσης διαφημιστικών banners.
- iv. Να παράγονται αναφορές (Reports) που θα περιέχουν κατ' ελάχιστο πληροφορίες σχετικά με τη χρήση, τον όγκο των δεδομένων, τον αριθμό των χρηστών ανά σημείο πρόσβασης και τη διαθεσιμότητά του. Να παρέχεται η δυνατότητα επιλογής του χρονικού διαστήματος για το οποίο θα υπολογίζονται οι αναφορές.

4) Μέτρηση κυκλοφοριακής ροής:

Αισθητήρες οι οποίοι θα τοποθετηθούν σε επίπεδο Κόμβων Τηλεδιαχείρισης θα ανιχνεύουν την κίνηση ανθρώπων και οχημάτων ώστε να παράγουν δεδομένα κίνησης (Traffic Flow). Η λύση που θα προταθεί θα πρέπει να χρησιμοποιεί τεχνολογίες που δεν παραβιάζουν τη σχετική νομοθεσία για τα προσωπικά δεδομένα. Το Λογισμικό, πρέπει να έχει και τα ακόλουθα χαρακτηριστικά – δυνατότητες ειδικά για τη Μέτρηση Κυκλοφοριακής Ροής:

- i. Να παρέχει την δυνατότητα μέτρησης του κυκλοφοριακού φόρτου/ροής σε τακτά χρονικά διαστήματα (πχ. ανά ώρα), σε συγκεκριμένα σημεία του οδικού δικτύου και αποτύπωση της κυκλοφοριακής κατάστασης σε σχετικούς χάρτες.
- ii. Να έχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης ειδοποιήσεων ή συναγερμών (alarm) σε περίπτωση έντονου κυκλοφοριακού φόρτου ή στη περίπτωση μηδενικής διέλευσης οχημάτων για μεγάλο (προκαθορισμένο) χρονικό διάστημα (πχ. Πιθανή εκτέλεση έργων στο οδόστρωμα).
- iii. Να παράγονται αναφορές (Reports) που θα περιέχουν κατ' ελάχιστο πληροφορίες σχετικά με τη διακύμανση του κυκλοφοριακού φόρτου σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (πχ. ώρα, ημέρα, μήνα) και ανά κατεύθυνση, καθώς και για τις ώρες αιχμής (peak hours) ανά ημέρα.

5) Smart Grids-Smart meters

Το πλήγμα στα οικονομικά έσοδα των εταιρειών λόγω κακοσχεδιασμένων, παραμελλημένων, μη λειτουργικών ή παραπονημένων μετρητών και λόγω κλοπής ενέργειας είναι κάτι που πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα από τις εταιρείες παραγωγής έτσι ώστε να μείνουν ανταγωνιστικές στην αγορά εργασίας. Επιπλέον με την εξέλιξη της τεχνολογίας στον 21ο αιώνα οι καταναλωτές γίνονται όλο και πιο απαιτητικοί και ζητούν καλύτερες υπηρεσίες με λιγότερο κόστος. Τέλος οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να κλαπεί ενέργεια είναι τόσο πολλοί που δεν υπάρχει τρόπος να γνωρίζει κανείς τι ακριβώς συμβαίνει. Η λύση έγκειται στην ανάπτυξη των Smart Grids(Δίκτυα έξυπνων μετρητών) που παρέχουν σε πραγματικό χρόνο πλήρη έλεγχο στην απόκριση του δικτύου. Ένα Smart Grid μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια από τους παραγωγούς στους καταναλωτές χρησιμοποιώντας αμφίδρομη ψηφιακή τεχνολογία που επιτρέπει υψηλότερη απόδοση, ευελιξία και ανθεκτικότητα ενάντια στην αποτυχία του δικτύου ή στην κλοπή του. Επιπλέον με τη χρήση Smart Grid μειώνεται η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στη βιομηχανία κατά 12% σύμφωνα με το τμήμα Ενέργειας του πανεπιστημίου Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).

Για να φτιαχτεί ένα Smart Grid πρέπει να γίνει αντικατάσταση των παραδοσιακών ηλεκτρομηχανικών μετρητών ενέργειας (μετρητών περιστρεφόμενου δίσκου) με ψηφιακούς μετρητές νέας γενιάς («Έξυπνοι Μετρητές» ή «Smart Meters»). Οι τελευταίοι έχουν δυνατότητες μέτρησης ενέργειας, ισχύος, τάσης, συχνότητας και άλλων μεγεθών, και δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας μέσω τηλεπικοινωνιακών μέσων με κέντρα συλλογής, αποθήκευσης, επεξεργασίας και διαχείρισης πληροφοριών.

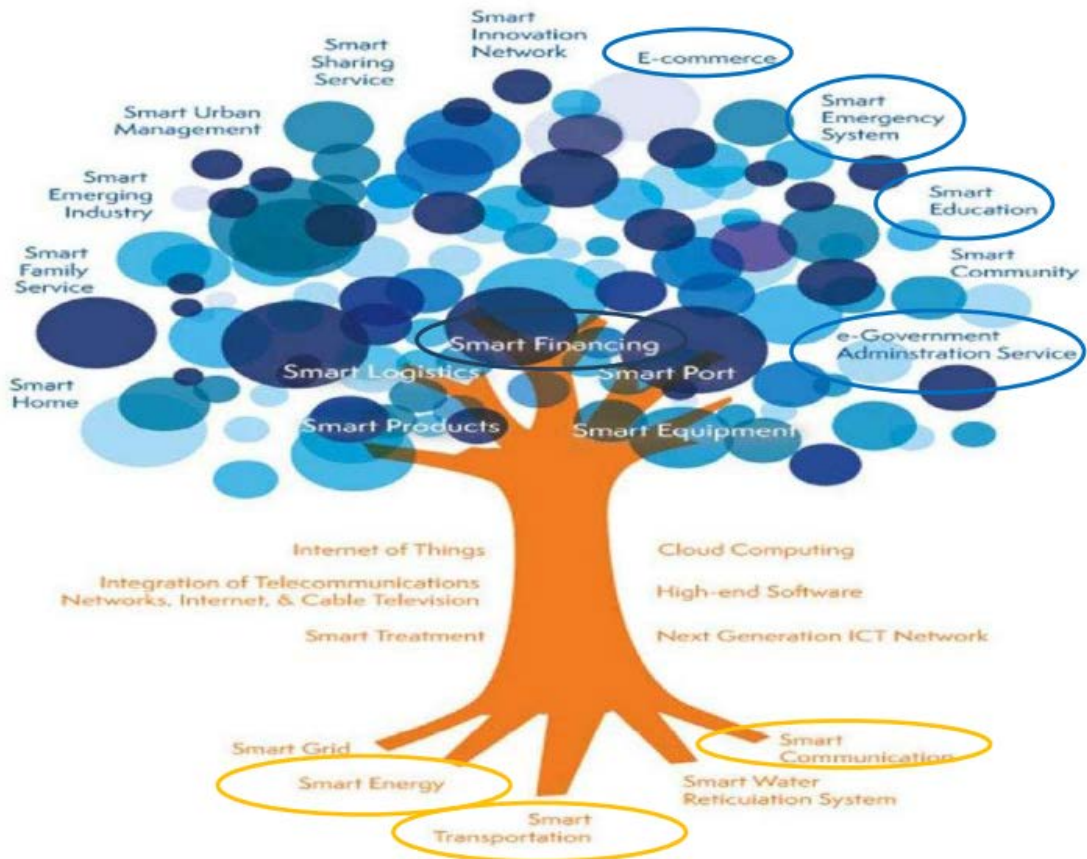
6) Έξυπνα κτίρια

“Έξυπνη πόλη” δίχως “έξυπνο κτίριο” δεν παίζει! Οι τεχνολογίες έξυπνων κτιρίων είναι παραπάνω από ικανές στο να παραδώσουν ένα smart-grid ready κτίριο παρόλο που το ενδιαφέρον της ευρύτερης αγοράς για έξυπνα κτίρια, μόλις τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει και αυξάνεται.

Ένα είναι σίγουρο, είναι αδύνατο να υπάρξει έξυπνη πόλη χωρίς έξυπνα κτίρια.

Για παράδειγμα, μπορεί να έχουμε μετρήσει την περίσσια ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε από τα φωτοβολταϊκά σε ένα σημείο της πόλης αλλά με τι μηχανισμό αυτή θα καταναλωθεί από ένα άλλο σημείο της πόλης που υπάρχει έλλειψη ενέργειας προκειμένου να πετύχουμε μεγίστη αξιοποίηση των ΑΠΕ και μείωση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων; Το “έξυπνο κτίριο” είναι βασική προϋπόθεση για να πραγματοποιηθούν όλα τα παραπάνω.

Όλες οι ανωτέρω δυνατότητες θα συμπεριληφθούν στο πιλοτικό πρόγραμμα για τους Δήμους Ενεργειακή Αναβάθμιση-αυτοματοποίηση συστημάτων ηλεκτροφωτισμού κοινόχρηστων χώρων-Εφαρμογές smart cities, με εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι επιθυμητό οι κόμβοι τηλεδιαχείρισης να είναι επεκτάσιμοι σε επίπεδο υπηρεσιών Smart Cities, με την δυνατότητα προσθήκης νέων αισθητήρων και απομακρυσμένης αποστολής ηλεκτρονικού περιεχομένου και εφαρμογών.



Σχήμα 142. Τοπικό δέντρο έξυπνης πόλης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

http://light.physics.auth.gr/light_gr.html

http://physics.teiath.gr/physics/opto_lab/pdf%20files/O8.pdf

<http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/4350/1/STEF872003.pdf>

http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2014-0038/DT2014-0038.pdf

<http://www.csd.uoc.gr/~hy576/lectures/perception.pdf>

<http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C108/141/1021,3661/>

<http://hlektrologia.gr/>

<http://www.lighting.philips.gr/home>

<https://www.decobook.gr/>

<https://www.toled.gr/>

<https://www.darksky.gr/>

<https://www.schneider-electric.gr/el/>

<https://www.pcsteps.gr/>

<http://www.electrologos.gr/>

<https://www.deddie.gr/Documents2/KEPY/%CE%9A%CE%95%CE%A0%CE%A5%20new%202015.pdf>

<http://www.tpd.gr/>

<http://www.cres.gr/cres/index.html>

<http://globiled.com/>

<http://hlektrologia.gr/>

<https://www.b2green.gr/>

<http://stefouloglou.blogspot.gr/>

<https://www.ggde.gr/>

<http://www.thermi.gov.gr/>

<http://www.pdm.gov.gr/>

<http://www.meiodotis.gr/>

http://www.elot.gr/37_ell_html.aspx

<http://www.salfo.gr/>

<http://web.tee.gr/>

<http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/5520/1/DT2011-0098.pdf>

<https://www.dei.gr/el>

<https://www.kedke.gr/el/index.php>

<https://www.energyworld.gr/>

<https://energypress.gr/>

<http://www.econews.gr/>

<http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/4363/1/STEF662003.pdf>

http://link-tech.gr/wp-content/uploads/2017/12/Brochure_Lights.pdf

<http://www.tanea.gr/>

http://www.elot.gr/A-SECTION_FITSILIS_Smart-cities-and-sustainability_13-10-17.pdf

<http://www.in.gr/>

<https://smartcities.ellak.gr/>

<http://smart-cities.gr/>