



Μια Νέα Αρχή στα ΕΠΑ.Λ.

ΣΧΕΔΙΑ ΔΡΑΣΗΣ

3^ο ΕΣΠΕΡΙΝΟ ΕΠΑ.Λ. ΛΑΜΙΑΣ



ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ

ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ LED ΜΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟ ΛΟΓΙΚΟ ΕΛΕΓΚΤΗ (PLC) ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ

Σχολικό Έτος: 2021-2022

ΥΠΟΔΡΑΣΗ _ 1

Α) Τίτλος: «Μελέτη Έλεγχος συμβατικών ειδών φωτισμού και αντικατάσταση τους με σύγχρονα αυτόνομα συστήματα φωτισμού»

Εγχειρίδιο απαιτήσεων φωτισμού και κανόνων ασφαλείας σχολικών κτιρίων Ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Κατά το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384

Καταγραφή στοιχείων κανόνων ασφαλείας σχολικών κτιρίων
Ηλεκτρικών εγκαταστάσεων από την Γ' τάξης της ειδικότητας
«Τεχνικός Ηλεκτρολογικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων και Δικτύων»

Εισαγωγή

Ο φωτισμός είναι κάτι περισσότερο από ένα μέσο που απλά διευκολύνει την όραση των χρηστών. Ο φωτισμός καθορίζει τη διάθεση καθώς και τους βιολογικούς μας ρυθμούς, διεγείρει, ηρεμεί και καθορίζει την αντίληψη του χωρικού περιβάλλοντος. Όλο και περισσότεροι ιδιοκτήτες και χρήστες συνειδητοποιούν τη σημασία ενός σύγχρονου ποιοτικού φωτισμού και αυτό έχει σαν συνέπεια οι μελετητές φωτισμού να είναι προετοιμασμένοι να ανταποκριθούν στις νέες απαιτήσεις των χρηστών τους.

Μια λέξη που μπορεί να χαρακτηρίσει σήμερα την κατάσταση στο φωτισμό, φυσικό και τεχνικό, είναι η «διεπιστημονικότητα». Αυτή η αλλαγή βασίζεται στη συμβιωτική σχέση μεταξύ τεχνολογικής ανάπτυξης, βελτίωσης του σχεδιασμού φωτισμού και, φυσικά, στην υιοθέτηση βιώσιμων αρχών σχεδιασμού. Η ψηφιοποίηση του φωτισμού σε συνδυασμό με την ευρεία χρήση της τεχνολογίας LED οδήγησε σε αυξημένη συνδεσιμότητα συσκευών, μεταξύ τους, φωτιστικά σώματα με αισθητήρες κ.λπ., προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων. Τα παραδοσιακά φωτιστικά σώματα τείνουν να γίνουν έξυπνες συσκευές, ικανές να συνδεθούν σε ένα δίκτυο που μεταδίδει πληροφορίες.

Καθώς το φως εμπλουτίζεται πλέον με πληροφορίες, είναι δυνατό όχι μόνο να αυξηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του ελέγχου, αλλά να συμπεριληφθούν πρόσθετες λειτουργίες όπως η δυνατότητα προσαρμογής της λειτουργίας του συστήματος φωτισμού σύμφωνα με τις προσδοκίες και τις ανάγκες ενός ανθρωποκεντρικού φωτισμού (Human Centric Lighting, HCL). Η τεχνολογία πλέον επιτρέπει εκτός από τη ρύθμιση της φωτεινής ροής του φωτιστικού σώματος και τη μεταβολή του ορατού φάσματος και κατ' επέκταση της συσχετισμένης θερμοκρασίας χρώματος της πηγής φωτός. Αυτή είναι και η βασική ιδέα του ανθρωποκεντρικού φωτισμού (Α.Φ.) που επηρεάζει την υγεία, την ευεξία και την παραγωγικότητα των χρηστών, παρέχοντας κατάλληλο φωτισμό όταν και όπου απαιτείται. Ως ανθρωποκεντρικός φωτισμός μπορεί να οριστεί ο φωτισμός που έχει πάντα πολύπλευρα αποτελέσματα στον άνθρωπο, α) τα οπτικά αποτελέσματα και β) τα μη οπτικά. Στα μη οπτικά αποτελέσματα συμπεριλαμβάνεται η συναισθηματική και η βιολογική επίδραση του φωτισμού.

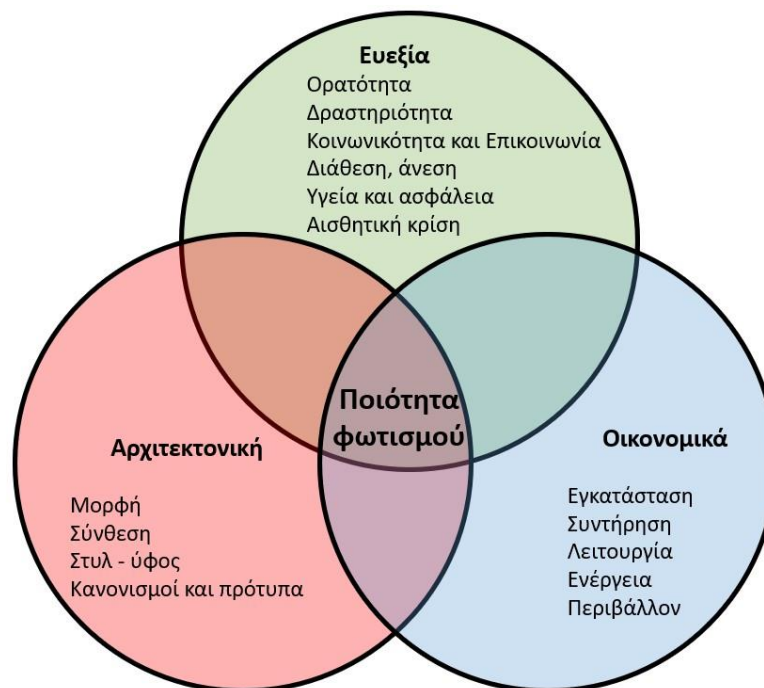
Ο φωτισμός με τα σημερινά δεδομένα έχει επίδραση στην υγεία, την ευεξία και την απόδοση των ανθρώπων με στοχευμένο και μακροπρόθεσμο τρόπο μέσω της υιοθέτησης ενός ολιστικού σχεδιασμού και αξιοποιώντας τις οπτικές, συναισθηματικές και βιολογικές επιπτώσεις του φωτός. Τα οπτικά αποτελέσματα του φωτισμού αφορούν τα επίπεδα φωτισμού, την ομοιομορφία και τον περιορισμό της θάμβωσης σε ένα χώρο. Οι παράγοντες αυτοί έχουν καθοριστική επίδραση στο πόσο γρήγορα και επιτυχημένα μπορούν να εκτελεστούν οι οπτικές εργασίες στο χώρο αυτό.

Η συναισθηματική επίδραση του φωτισμού εξαρτάται και από την οπτική άνεση (π.χ. μια άλλη παράμετρος είναι ο συμβολισμός) που επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας μιας αρμονικής κατανομής φωτισμού σε κάθετες και οριζόντιες επιφάνειες, στην αυξημένη χρωματική απόδοση των φωτεινών πηγών και φωτιστικών και στον έλεγχο των αντανακλάσεων. Η οπτική άνεση δημιουργεί μια αίσθηση ευεξίας και συμβάλλει έτσι στην αύξηση της απόδοσης των χρηστών.

Η κατεύθυνση του φωτισμού, οι σκιές και το χρώμα των πηγών καθορίζουν την επίδραση του φωτισμού σε ένα χώρο. Το σύνολο αυτό των παραμέτρων, που συχνά περιγράφεται

και ως οπτική ατμόσφαιρα, ουσιαστικά υπαγορεύει το πως βιώνει ένας άνθρωπος την ατμόσφαιρα ενός χώρου. Τέλος, η βιολογική επίδραση του φωτισμού αφορά στα μήκη κύματος της ορατής ακτινοβολίας που έχουν βιολογική επίδραση στο ανθρώπινο σώμα. Η καλύτερη αναφορά είναι ο φυσικός φωτισμός (Φ.Φ.) με τη μεταβλητότητα στις εντάσεις, το ρυθμό και το φάσμα ακτινοβολίας. Αλλά και ο τεχνητός φωτισμός επηρεάζει το βιολογικό ρολόι του ανθρώπου, όπως είναι ο ρυθμός ύπνου-αφύπνισης και πολλών άλλων λειτουργιών. Όταν εφαρμόζεται κατάλληλα, ο φωτισμός βασίζεται στη δυναμικά μεταβαλλόμενη φωτεινή ροή και σε διαφορετικά φάσματα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η υψηλή ποιότητα φωτισμού (*Σχήμα 1-1*) σχετίζεται κατά κύριο λόγο με τον κατάλληλο φωτισμό για το κατάλληλο μέρος. Τα επίπεδα φωτισμού για καθορισμένες οπτικές απαιτήσεις θα πρέπει να συνδυάζονται με την ευεξία και η κατανομή των λαμπροτήτων με τον ατομικό έλεγχο. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η ρύθμιση του φάσματος και της θερμοκρασίας χρώματος των φωτεινών πηγών των φωτιστικών, σε συνδυασμό με τον χρόνο κατά την διάρκεια της ημέρας. Τα εξωτερικά ανοίγματα, ο εισερχόμενος φυσικός φωτισμός και η θέα δεν θα πρέπει να παραμελούνται στον αρχικό σχεδιασμό ενός έργου.

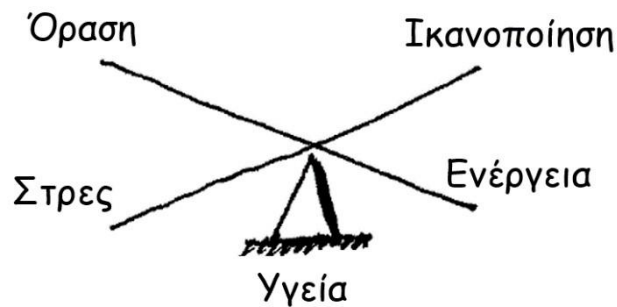


Σχήμα 1-1: Βασικά χαρακτηριστικά ενός ποιοτικού φωτισμού σε ένα έργο φωτισμού.

Η βιωσιμότητα και η εξοικονόμηση ενέργειας θα πρέπει να αφορούν έναν «ολοκληρωμένο» φωτισμό (integrative lighting), ο οποίος συμπεριλαμβάνει τόσο τα οπτικά όσο και τα μη οπτικά αποτελέσματα όπως αυτά περιεγράφηκαν παραπάνω. Η πολυπλοκότητα στις αποφάσεις ενός έργου φωτισμού αυξάνεται:

- α) με την παραδοσιακή διαμάχη μεταξύ της επιλογής να υπάρχει «πλεονάζων» φωτισμός και της συμμόρφωσης με τα ενεργειακά πρότυπα,
- β) με τα μη οπτικά αποτελέσματα του φωτός και
- γ) με τη συμμετοχή σε αυτές των χρηστών, των ιδιοκτητών και των σχεδιαστών φωτισμού.

Όλοι οι παράγοντες αυτοί, παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των αποτελεσμάτων και έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου (Σχήμα 1-2).



Σχήμα 1-2: Η υγεία του ανθρώπου στο κέντρο ενός «ολοκληρωμένου» φωτισμού.

Την τελευταία δεκαετία, η προσοχή εστιάσθηκε στην ενεργειακή αναβάθμιση με τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας να αποτελούν την αιχμή του δόρατος αυτής της στρατηγικής, μετατοπίζοντας όμως ελαφρώς το επίκεντρο από τον άνθρωπο στο κτιριακό περιβάλλον. Όμως τα τελευταία χρόνια, φαίνεται ότι στο επίκεντρο του σχεδιασμού φωτισμού επανέρχεται ο ανθρώπινος παράγοντας. Επιπλέον η χρήση του τεχνητού φωτισμού στο δομημένο περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει όχι μόνο την οπτική αντίληψη και την ευεξία των ανθρώπων αλλά και το περιβάλλον (φωτορύπανση, περιορισμένη ανακύκλωση). Καθώς ο εξωτερικός φωτισμός εστιάζει στην ανάδειξη των κτιριακών προσόψεων και των εξωτερικών χώρων, οι νέες οδηγίες/νομοθεσία προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τις αρνητικές επιπτώσεις της υπερβολικής χρήσης του τεχνητού φωτισμού στο εξωτερικό περιβάλλον. Οι ελλείψεις περιορισμών στον σχεδιασμό φωτισμού και της κατανάλωσης ενέργειας για τις περιοχές στο εξωτερικό των κτιρίων, όπως είναι οι προσόψεις των κτιρίων, οι αθλητικοί χώροι, οι χώροι αναψυχής κ.λπ. έχουν οδηγήσει σε κακό σχεδιασμό πολλών εγκαταστάσεων φωτισμού.

Στο μέλλον ο υφιστάμενος, στατικός φωτισμός δεν θα πληροί τις προαναφερόμενες απαιτήσεις είτε στον εσωτερικό είτε στον εξωτερικό χώρο. Η σύγχρονη τεχνολογία φωτισμού σε συνδυασμό με τους διεθνείς κανονισμούς, τεχνικές οδηγίες και τα ευρωπαϊκά πρότυπα μπορούν να προσφέρουν λύσεις και να παρέχουν μεγαλύτερη υποστήριξη από ποτέ.

ΕΛΟΤ HD 384

ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε.

Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Γενικά

Σε αυτό το Μέρος δίνονται οι ορισμοί των τεχνικών όρων που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έκδοση. Οι ορισμοί βασίζονται στο ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.2 S1 ισοδύναμου του Κεφαλαίου 826 « Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων» του Προτύπου IEC 60050

Ορισμοί τεχνικών όρων

Χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Ηλεκτρική εγκατάσταση. Ένα σύνολο ηλεκτρολογικών υλικών που έχουν κατάλληλα επιλεγμένα χαρακτηριστικά και συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους, ώστε να επιτελούν ένα συγκεκριμένο σκοπό.

Σημείωση : Όταν είναι φανερό ότι πρόκειται για ηλεκτρική εγκατάσταση μπορεί να παραλείπεται η λέξη «ηλεκτρική» και να χρησιμοποιείται, απλούστερα, ο όρος **εγκατάσταση** με την ίδια έννοια.

Αρχή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Σημείο στο οποίο παρέχεται, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, η ηλεκτρική ενέργεια σε μια εγκατάσταση.

Σημείωση : Δεν ονομάζεται αρχή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης το σημείο όπου παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια από μια εναλλακτική (εφεδρική) τροφοδότηση, προβλεπόμενη για λόγους ασφαλείας προσώπων ή άλλους (βλ. ορισμούς 202.01.05 και 202.01.06), αν αυτό το σημείο είναι διαφορετικό από το σημείο παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Ουδέτερος αγωγός (σύμβολο N). Αγωγός που συνδέεται στον ουδέτερο κόμβο ενός συστήματος τροφοδότησης (δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, μετασχηματιστής, γεννήτρια) και που είναι δυνατόν να συμμετέχει στη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Σημείωση : Μερικές φορές παραλείπεται η λέξη «αγωγός» και χρησιμοποιείται, απλούστερα, ο όρος **ουδέτερος** με την ίδια έννοια.

Θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η θερμοκρασία του αέρα ή άλλου μέσου, στη θέση όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ένα ηλεκτρολογικό υλικό.

Σημείωση: Λαμβάνεται υπόψη η ανύψωση της θερμοκρασίας που μπορεί να προκαλείται από άλλες εγκαταστάσεις ή από άλλα υλικά, αλλά όχι και η προκαλούμενη από το ίδιο το εξεταζόμενο υλικό.

Τροφοδότηση για συστήματα ασφαλείας. Τροφοδότηση προοριζόμενη να διατηρεί, σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας της κανονικής τροφοδότησης, τη λειτουργία συσκευών που είναι απαραίτητες για την ασφάλεια προσώπων ή την αντιμετώπιση κινδύνων για αγαθά.

Σημείωση :Η τροφοδότηση για συστήματα ασφαλείας μπορεί, εκτός από την πηγή, να περιλαμβάνει και τα κυκλώματα μέχρι τους ακροδέκτες των συσκευών, αν αυτά είναι διαφορετικά από τα κυκλώματα κανονικής τροφοδότησης.

Εναλλακτική (εφεδρική) τροφοδότηση. Τροφοδότηση προοριζόμενη να διατηρεί, σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας της κανονικής τροφοδότησης, τη λειτουργία μιας εγκατάστασης ή ενός τμήματός της, για λόγους άλλους από την ασφάλεια προσώπων ή αγαθών.

Τάσεις

Ονομαστική τάση. Τάση με την οποία χαρακτηρίζεται μια εγκατάσταση ή ένα τμήμα μιας εγκατάστασης.

Σημείωση : Η πραγματική τάση είναι δυνατόν να διαφέρει από την ονομαστική τάση, μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Τάση επαφής. Τάση που εμφανίζεται μεταξύ δύο ταυτόχρονα προσιτών μερών, όταν συμβεί ένα σφάλμα μόνωσης.

(Μέγιστη) αναμενόμενη τάση επαφής. Η υψηλότερη τάση επαφής που μπορεί να εμφανισθεί σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση στην περίπτωση ενός σφάλματος με αμελητέα σύνθετη αντίσταση.

Ηλεκτροπληξία

Ενεργό μέρος. Κάθε αγωγός ή αγώγιμο μέρος που προορίζεται να έχει, σε κανονική κατάσταση λειτουργίας, τάση προς τη γη, καθώς και ο ουδέτερος αγωγός (βλ. ορισμό 202.01.03) όχι όμως, κατά σύμβαση, ο αγωγός PEN (βλ. ορισμό 202.04.06).

Σημείωση : Ο όρος δεν υπονοεί αναγκαστικά κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

Εκτεθειμένο αγώγιμο μέρος. Αγώγιμο μέρος ενός ηλεκτρολογικού υλικού με το οποίο είναι δυνατόν να έλθει κανείς σε επαφή και το οποίο δεν είναι ενεργό μέρος, μπορεί όμως να αποκτήσει τάση προς τη γη σε περίπτωση σφάλματος μόνωσης.

Σημείωση : Ένα αγώγιμο μέρος το οποίο μπορεί, σε περίπτωση σφάλματος μόνωσης, να αποκτήσει τάση προς τη γη, όχι απευθείας αλλά μέσω ενός εκτεθειμένου αγώγιμου μέρους, δεν θεωρείται εκτεθειμένο αγώγιμο μέρος.

Ξένο αγώγιμο στοιχείο. Αγώγιμο αντικείμενο που δεν αποτελεί μέρος της ηλεκτρικής εγκατάστασης, το οποίο είναι δυνατόν να μεταφέρει ένα δυναμικό, συνήθως το δυναμικό της γης, σε θέση πλησίον της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Ηλεκτροπληξία. Παθοφυσιολογικό αποτέλεσμα προκαλούμενο από τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα ανθρώπου ή ζώου.

Άμεση επαφή. Επαφή ατόμου ή κατοικίδιου ζώου ή ζώου εκτροφής προς ένα ενεργό μέρος.

Έμμεση επαφή. Επαφή ατόμου ή κατοικίδιου ζώου ή ζώου εκτροφής προς ένα εκτεθειμένο αγώγιμο μέρος, το οποίο έχει αποκτήσει τάση προς τη γη εξαιτίας ενός σφάλματος μόνωσης.

Ρεύμα ηλεκτροπληξίας. Ρεύμα που διέρχεται μέσα από το σώμα ανθρώπου ή ζώου και που έχει τέτοια χαρακτηριστικά που μπορεί να προκαλέσει παθοφυσιολογικά αποτελέσματα.

Ρεύμα διαρροής προς τη γη. Ρεύμα που ρέει από μια ηλεκτρική εγκατάσταση προς τη γη (απευθείας ή μέσω ξένων αγώγιμων στοιχείων) χωρίς να υπάρχει σφάλμα μόνωσης.

Σημείωση : Αυτό το ρεύμα μπορεί να έχει μια χωρητική συνιστώσα, η οποία είναι δυνατόν να οφείλεται ή όχι στη χρήση πυκνωτών.

Διαφορικό ρεύμα. Τα αλγεβρικό άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των ρευμάτων που διαρρέουν όλους τους ενεργούς αγωγούς ενός κυκλώματος σε ένα σημείο της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Ταυτόχρονα προσιτά μέρη. Αγωγοί ή αγώγιμα μέρη με τα οποία μπορεί να έλθει συγχρόνως σε επαφή ένα άτομο (ή ενδεχομένως ένα ζώο).

Σημείωση : Ταυτόχρονα προσιτά μέρη μπορεί να είναι :

- τα ενεργά μέρη
- τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη
- τα ξένα αγώγιμα στοιχεία
- οι αγωγοί προστασίας
- τα ηλεκτρόδια γείωσης.

Χώρος προσέγγισης. Ένας χώρος περικλειόμενος : 1) από μια επιφάνεια πάνω στην οποία στέκονται ή κυκλοφορούν συνήθως άτομα και 2) από μια επιφάνεια προς κάθε σημείο της οποίας ένα από τα παραπάνω άτομα μπορεί να φθάσει με τα χέρια του, χωρίς να χρησιμοποιήσει ένα βοηθητικό μέσο.

Περίβλημα. Ένα στοιχείο που εξασφαλίζει την προστασία ενός υλικού από ορισμένες εξωτερικές επιδράσεις και επίσης την προστασία από άμεση επαφή προς όλες τις κατευθύνσεις.

Φράγμα. Ένα στοιχείο που εξασφαλίζει την προστασία από άμεση επαφή προς όλες τις συνήθεις κατευθύνσεις προσέγγισης.

Εμπόδιο. Ένα στοιχείο που εμποδίζει την ακούσια άμεση επαφή, αλλά δεν αποτρέπει την επαφή μετά από εσκεμμένη ενέργεια.

Γειώσεις

Γη. Η αγώγιμη μάζα της γης, της οποίας το ηλεκτρικό δυναμικό θεωρείται συμβατικά ίσο με το μηδέν.

Ηλεκτρόδιο γείωσης. Ένα αγώγιμο σώμα ή ένα σύνολο αγώγιμων σωμάτων σε στενή επαφή με τη γη, το οποίο εξασφαλίζει την ηλεκτρική σύνδεση με αυτήν.

Συνολική αντίσταση γείωσης. Η αντίσταση μεταξύ του κύριου ακροδέκτη γείωσης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης (βλ. ορισμό 202.04.08) και της γης (βλ. ορισμό 202.04.01).

Ηλεκτρικώς ανεξάρτητα ηλεκτρόδια γείωσης. Ηλεκτρόδια γείωσης τοποθετημένα σε τέτοια απόσταση μεταξύ τους, ώστε το μέγιστο ρεύμα που θα μπορούσε να διοχετευθεί από ένα από αυτά προς τη γη, να μην επηρεάζει αισθητά το δυναμικό των άλλων.

Αγωγός προστασίας (σύμβολο PE). Αγωγός απαιτούμενος για την εφαρμογή ορισμένων μέτρων προστασίας και προοριζόμενος για την ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών προς ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα :

- ξένα αγώγιμα στοιχεία
- κύριος ακροδέκτης γείωσης
- ηλεκτρόδιο γείωσης
- γειωμένο σημείο της πηγής τροφοδότησης ή τεχνητός ουδέτερος κόμβος.

Αγωγός PEN. Γειωμένος αγωγός που συνδυάζει τις λειτουργίες του αγωγού προστασίας και του ουδέτερου αγωγού.

Σημείωση : Το σύμβολο PEN προκύπτει από το συνδυασμό των συμβόλων PE για τον αγωγό προστασίας και N για τον ουδέτερο.

Αγωγός γείωσης. Ένας αγωγός που συνδέει τον κύριο ακροδέκτη γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης. Κύριος ακροδέκτης γείωσης, κύριος ζυγός γείωσης. Ένας ακροδέκτης ή ζυγός που προορίζεται για τη σύνδεση των αγωγών προστασίας (περιλαμβανομένων των αγωγών ισοδυναμικής σύνδεσης), των αγωγών γείωσης, και ενδεχομένως, των αγωγών σύνδεσης μιας γείωσης λειτουργίας (αν υπάρχει).

Ισοδυναμική σύνδεση. Ηλεκτρική σύνδεση που διατηρεί στο ίδιο ή περίπου στο ίδιο δυναμικό τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη και τα ξένα αγώγιμα στοιχεία.

Αγωγός ισοδυναμικής σύνδεσης. Ένας αγωγός που εξασφαλίζει ισοδυναμική σύνδεση.

Γείωση λειτουργίας. Η γείωση ενός τμήματος της εγκατάστασης το οποίο ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας. Η γείωση λειτουργίας μπορεί να μην περιλαμβάνει άλλες αντιστάσεις, εκτός της αντίστασης γείωσης και της αντίστασης του αγωγού γείωσης ή να περιλαμβάνει πρόσθετες ωμικές, επαγωγικές ή χωρητικές αντιστάσεις. Ανοικτές γειώσεις δεν μπορούν να θεωρούνται γειώσεις λειτουργίας.

Γείωση προστασίας. Η χωρίς παρεμβολή άλλων αντιστάσεων (πλην της αντίστασης γείωσης και της αντίστασης του αγωγού γείωσης) γείωση ενός αγώγιμου τμήματος της εγκατάστασης που δεν ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας για την προστασία ατόμων και ζώων έναντι υψηλών τάσεων επαφής.

Ηλεκτρικά κυκλώματα

Ηλεκτρικό κύκλωμα. Σύνολο των ηλεκτρολογικών υλικών μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης που τροφοδοτούνται από το ίδιο σημείο και προστατεύονται έναντι υπερεντάσεων από την ίδια ή τις ίδιες διατάξεις προστασίας.

Κύκλωμα διανομής (ενός κτιρίου). Κύκλωμα που τροφοδοτεί ένα πίνακα διανομής μέσα σε ένα κτίριο.

Τερματικό κύκλωμα. Κύκλωμα που τροφοδοτεί απευθείας ηλεκτρικές συσκευές ή/ και ρευματοδότες.

Ρεύμα κανονικής λειτουργίας (ενός κυκλώματος). Το μεγαλύτερο ρεύμα που προβλέπεται να διέρχεται από ένα κύκλωμα υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας και για το οποίο έχει μελετηθεί το κύκλωμα.

Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα (ικανότητα μεταφοράς ρεύματος) ενός αγωγού. Το μεγαλύτερο ρεύμα που μπορεί να διαρρέει συνεχώς και υπό δεδομένες συνθήκες έναν αγωγό χωρίς η θερμοκρασία του να υπερβεί μια προδιαγεγραμμένη τιμή.

Υπερένταση. Κάθε ρεύμα που υπερβαίνει μια προκαθορισμένη τιμή. Για τους αγωγούς προκαθορισμένη τιμή του ρεύματος είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα.

Ρεύμα υπερφόρτισης. Μια υπερένταση που εμφανίζεται σε ένα κύκλωμα, χωρίς να υπάρχει σφάλμα μόνωσης.

Ρεύμα (στερεού) βραχυκυκλώματος. Μια υπερένταση που εμφανίζεται σε ένα κύκλωμα στην περίπτωση σφάλματος μόνωσης με αμελητέα σύνθετη αντίσταση, μεταξύ ενεργών αγωγών οι οποίοι, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, έχουν μια διαφορά δυναμικού.

Ονομαστικό (ή συμβατικό) ρεύμα λειτουργίας (μιας διάταξης προστασίας). Η τιμή του ρεύματος που προκαλεί τη λειτουργία μιας διάταξης προστασίας σε προκαθορισμένο χρόνο.

Ανίχνευση υπερέντασης. Λειτουργία που συνίσταται στη διαπίστωση ότι το ρεύμα που διαρρέει ένα κύκλωμα υπερβαίνει μια προδιαγεγραμμένη τιμή επί ένα επίσης προδιαγεγραμμένο χρονικό διάστημα.

Ηλεκτρικές γραμμές

Ηλεκτρική γραμμή. Ένα σύνολο αποτελούμενο από έναν ή περισσότερους αγωγούς, καλώδια ή ζυγούς, από τα στοιχεία που χρησιμεύουν για τη στερέωσή τους και, αν είναι αναγκαίο, από τα στοιχεία που χρησιμεύουν για τη μηχανική προστασία τους.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Γενικά

Για κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να προσδιορίζονται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά της σύμφωνα με τα αντίστοιχα Κεφάλαια αυτού του Μέρους:

- η προβλεπόμενη χρησιμοποίηση της εγκατάστασης, η εν γένει δομή της και οι τροφοδοτήσεις της
- οι εξωτερικές επιδράσεις στις οποίες προβλέπεται να εκτίθεται (Κεφάλαιο 32),
- η συμβατότητα του υλικού της
- η δυνατότητα συντήρησής της
- οι εφεδρικές τροφοδοτήσεις, αν υπάρχουν.

Αυτά τα χαρακτηριστικά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή των μέτρων προστασίας και κατά την επιλογή και εγκατάσταση του υλικού.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΧΡΗΣΗΣ, ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ

Μέγιστη ζήτηση και ετεροχρονισμός

Για τον οικονομικό και αξιόπιστο σχεδιασμό μιας εγκατάστασης σε ότι αφορά το θερμικό όριο φόρτισης και το όριο πτώσης τάσης, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της μέγιστης ζήτησης των επί μέρους τμημάτων και του συνόλου της εγκατάστασης. Για τον προσδιορισμό αυτό μπορεί να λαμβάνεται υπόψη ο ετεροχρονισμός των καταναλώσεων.

Διάταξη των ενεργών αγωγών και των γειώσεων

Όταν η τροφοδότηση της εγκατάστασης γίνεται από ένα δίκτυο διανομής, ο μελετητής της θα πρέπει να συμβουλευέται τον Διανομέα ηλεκτρικής ενέργειας για τα χαρακτηριστικά του δικτύου.

Τύποι συστημάτων διανομής

Η διάκριση γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά:

- του συστήματος των ενεργών αγωγών
- του συστήματος σύνδεσης των γειώσεων

Στην ελληνική επικράτεια τα δημόσια δίκτυα χαμηλής τάσης είναι γενικά εναλλασσόμενου ρεύματος τριφασικά - 4 αγωγών (τρεις φάσεις και ουδέτερος) ή μονοφασικά (μια φάση και ουδέτερος).

Δομή των εγκαταστάσεων

Διαίρεση των εγκαταστάσεων

Κάθε εγκατάσταση πρέπει να διαιρείται σε όσα κυκλώματα χρειάζεται, έτσι ώστε:

- να αποφεύγονται οι κίνδυνοι
- να περιορίζονται οι συνέπειες οποιασδήποτε βλάβης
- να διευκολύνονται οι χειρισμοί, οι δοκιμές και η συντήρηση.

Πρέπει να προβλέπονται χωριστά κυκλώματα για τα μέρη της εγκατάστασης που η λειτουργία τους δεν πρέπει να επηρεάζεται από τη βλάβη ή την απομόνωση άλλων κυκλωμάτων. Ο αριθμός των κυκλωμάτων που απαιτούνται και ο αριθμός των συσκευών κατανάλωσης που θα τροφοδοτούνται από κάθε κύκλωμα πρέπει να είναι τέτοιοι ώστε να εξασφαλίζεται συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις του περί προστασίας έναντι υπερεντάσεων, περί απομόνωσης και διακοπής και του περί του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος των αγωγών.

Τροφοδότηση των κυκλωμάτων

Όταν μια εγκατάσταση περιλαμβάνει περισσότερα από ένα κυκλώματα, κάθε κύκλωμα πρέπει να συνδέεται σε ξεχωριστή αναχώρηση σε πίνακα διανομής. Η τροφοδότηση των κυκλωμάτων από τον κεντρικό πίνακα διανομής ή από δευτερεύοντες πίνακες διανομής πρέπει να γίνεται με κριτήριο τη διευκόλυνση των χειρισμών, της απομόνωσης και της αποκατάστασης της τροφοδότησης μετά από ενδεχόμενη διακοπή εξαιτίας λειτουργίας των διατάξεων προστασίας.

Οι ηλεκτρικές γραμμές κάθε κυκλώματος πρέπει να είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητες από τις ηλεκτρικές γραμμές κάθε άλλου κυκλώματος, για να αποφεύγεται η έμμεση ενεργοποίηση οποιουδήποτε κυκλώματος που προορίζεται να είναι απομονωμένο.

ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Γενικά

Για κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση ή τμήμα εγκατάστασης πρέπει να προσδιορίζονται οι συνθήκες εξωτερικών επιδράσεων που επικρατούν στο χώρο όπου βρίσκεται, ώστε να επιλεγεί και να εγκατασταθεί κατάλληλα το ηλεκτρολογικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί, όπως προβλέπεται από τα αντίστοιχα Πρότυπα και σύμφωνα με τις απαιτήσεις της παρούσας έκδοσης.

Οι εξωτερικές επιδράσεις αναγράφονται συνοπτικά στον Πίνακα 32-Α.

Στο Παράρτημα Π.32-Α δίνεται ο προσδιορισμός του μεγέθους ή της βαρύτητας κάθε εξωτερικής επίδρασης

Σημείωση: Αναλυτική έκθεση των εξωτερικών επιδράσεων παρέχεται από το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.3 S2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 32-Α
Συνοπτικός Πίνακας εξωτερικών επιδράσεων

A - Περιβαλλοντικές

AA	Θερμοκρασία (°C)			AG	Μηχανικές καταπονήσεις	AN	Ηλιακή ακτινοβολία
	Ελάχιστη		Μέγιστη	AG1	Μικρές	AN1	Χαμηλή
AA1	-60°C		+5°C	AG2	Μέτριες	AN2	Μέτρια
AA2	-40°C		+5°C	AG3	Ισχυρές	AN3	Υψηλή
AA3	-25°C		+5°C				
AA4	-5°C		+40°C	AH	Δονήσεις	AP	Σεισμικές επιδράσεις
AA5	+5°C		+40°C	AH1	Μικρές	AP1	Αμελητέες
AA6	+5°C		+60°C	AH2	Μέτριες	AP2	Μικρές
				AH3	Ισχυρές	AP3	Μέτριες
				AP4 Ισχυρές			
AB	Θερμοκρασία και υγρασία			AK	Χλωρίδα		
	Θερμοκρασία	Υγρασία %		AK1	Ακίνδυνη	AQ	Ατμοσφαιρικές εκκενώσεις
		Ελάχιστη	Μέγιστη				
AB1	AA1	3	100	AK2	Επικίνδυνη	AQ1	Αμελητέες
AB2	AA2	10	100	AQ2 Έμμεση επίδραση			
AB3	AA3	10	100	AL	Πανίδα	AQ3	Άμεση επίδραση
AB4	AA4	5	95	AL1	Ακίνδυνη		
AB5	AA5	5	85	AL2	Επικίνδυνη	AR	Κίνηση του αέρα
AB6	AA6	10	100	AR1 Περιορισμένη			
				AM	Ηλεκτρικές επιδράσεις <td>AE2</td> <th>Μέτρια</th>	AE2	Μέτρια
AC	Υψόμετρο (m)	AE	Ξένα σώματα	AM1	Αμελητέες <td>AR3</td> <th>Έντονη</th>	AR3	Έντονη
AC1	≤ 2000	AE1	Αμελητέα	AM2	Ρεύματα σκέδασης <td colspan="2"></td>		
AC2	> 2000	AE2	Μικρά	AM3	Ηλεκτρομαγνητική	AS	Άνεμος
		AE3	Πολύ μικρά	AM4	Ιονισμός	AS1	Ασθενής
AD	Νερό	AE4	Λίγη σκόνη	AM5	Ηλεκτροστατική	AS2	Μέτριος
AD1	Αμελητέο	AE5	Μέτρια σκόνη	AM6	Επαγωγή <td>AS3</td> <th>Ισχυρός</th>	AS3	Ισχυρός
AD2	Σταγόνες	AE6	Πολλή σκόνη				
AD3	Ράνισμα						
AD4	Εκπνάξεις	AF	Διάβρωση-Ρύπανση				
AD5	Δέσμη	AF1	Αμελητέα				
AD6	Κύματα	AF2	Ατμοσφαιρική				
AD7	Εμβάπτιση	AF3	Περιοδική				
AD8	Κατάκλυση	AF4	Συνεχής				

B - Χρήστες

BA	Ικανότητα	BC	Επαφή με το δυναμικό της γης	BE	Υλικά
BA1	Άτομα απληροφόρητα	BC1	Καμία	BE1	Κανένας κίνδυνος
BA2	Παιδιά	BC2	Μικρή	BE2	Κίνδυνος πυρκαγιάς
BA3	Άτομα με ειδικές ανάγκες	BC3	Συχνή	BE3	Κίνδυνος έκρηξης
BA4	Άτομα ενημερωμένα	BC4	Συνεχής	BE4	Κίνδυνος μόλυνσης
BA5	Άτομα ειδικευμένα				
		BD	Συνθήκες επείγουσας εκκένωσης		
		BD1	Κανονικές	BD3	Με συνωστισμό
		BD2	Δύσκολες	BD4	Δύσκολες και με συνωστισμό

C- Κατασκευή κτιρίου

CA	Υλικά κατασκευής	CB	Δομή
CA1	Άκαυστα	CB1	Αμελητέος κίνδυνος
CA2	Καυστά	CB2	Εξάπλωση φωτιάς
		CB3	Δομική μετατόπιση
		CB4	Παραμόρφωση

Βασικές απαιτήσεις μελέτης φωτισμού

Για να θεωρείται ολοκληρωμένη και ορθή μια μελέτη φωτισμού θα πρέπει να ικανοποιεί τις ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες των χρηστών. Οι βασικές, αυτές, ανάγκες είναι η:

- α) η οπτική άνεση, η οποία συμβάλλει στην επίτευξη υψηλής παραγωγικότητας και ποιότητας εργασίας,
- β) η οπτική απόδοση στην διατήρηση των ανωτέρω ακόμα και σε δύσκολες συνθήκες εργασίας τόσο ποιοτικά όσο και χρονικά,
- γ) η ασφάλεια η οποία αν και αναφέρεται τελευταία είναι η σημαντικότερη.

Οι ανωτέρω ανάγκες χαρακτηρίζουν την διαδικασία εκπόνησης μιας μελέτης φωτισμού και για να επιτευχθούν θα πρέπει ο μελετητής να λάβει υπόψη του μια σειρά από παραμέτρους που συμβάλουν στην δημιουργία ενός αποδοτικού περιβάλλοντος φωτισμού συνυπολογίζοντας τόσο τον τεχνητό όσο και τον φυσικό φωτισμό. Οι παράμετροι αυτοί είναι:

- η κατανομή της λαμπρότητας
- η ένταση φωτισμού
- η ομοιομορφία στην κατανομή της έντασης φωτισμού στον χώρο
- η μεταβλητότητα του φωτός (επίπεδα και χρώμα του φωτός)
- η χρωματική απόδοση και εμφάνιση του φωτός
- η θάμβωση
- η φωτεινή μαρμαρυγή

Συνολικά οι απαιτήσεις φωτισμού μπορούν να χωρισθούν:

- α) σε αυτές που αφορούν την επιφάνεια εργασίας ή το σχεδιασμό της περιοχής δραστηριότητας
- β) σε αυτές που αφορούν το χώρο ή το σχεδιασμό του.

Πίνακας 1:Καθορισμός των απαιτήσεων φωτισμού ανάλογα την επιφάνεια εργασίας ή το χώρο.

Αντικείμενο	Απαιτήσεις	Μέγεθος ελέγχου
Επιφάνεια εργασίας ή σχεδιασμός της περιοχής δραστηριότητας	Απαιτήσεις της επιφάνειας εργασίας ή της δραστηριότητας	Μέση ένταση φωτισμού E_m
		Ομοιομορφία U_o
		Χρωματική απόδοση R_a
		Θάμβωση R_{UGL}
Χώρος ή ο σχεδιασμός του	Για οπτική επικοινωνία και αναγνώριση αντικειμένων	Μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού $E_{m,z}$
	Εμφάνιση του χώρου ως προς τη φωτεινότητα	Μέση ένταση φωτισμού τοίχων $E_{m,wall}$
		Μέση ένταση φωτισμού οροφής $E_{m,ceiling}$

Επιπλέον, στις περισσότερες περιοχές και χρήσεις υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις οι οποίες θα πρέπει να ικανοποιούνται εξίσου, π.χ. το επίπεδο αναφοράς υπολογισμών να είναι στο δάπεδο στους διαδρόμους ή συμμόρφωση σε συγκεκριμένους περιορισμούς λαμπρότητας

των φωτιστικών σωμάτων που προσπίπτει στις οθόνες των υπολογιστών στους χώρους των γραφείων. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά βήματα μιας μελέτης φωτισμού:

Πίνακας 2: Συνοπτικά βήματα μελέτης φωτισμού.

Βήματα μελέτης φωτισμού	Περιεχόμενο – περιγραφή βήματος
Φάση Α: προεργασία	
Αναγνώριση και καθορισμός των απαιτήσεων φωτισμού	Καθορισμός: α) Απαιτήσεων εργασίας - χρήσης (ένταση φωτισμού, λαμπρότητα, θάμβωση κ.λπ.), β) ατμόσφαιρας του χώρου γ) αντικειμένων που θα δοθεί έμφαση ή το αντίθετο, δ) κατεύθυνση του φωτισμού και
Καθορισμός των μεθόδων και τεχνικών φωτισμού	Επιλογή τεχνικών φωτισμού (ομοιόμορφος διάχυτος φωτισμός, εστιακός φωτισμός, τονισμού, υπόβαθρου κ.λπ.),
Προεπιλογή φωτιστικών σωμάτων	Προεπιλογή φωτιστικών σωμάτων με βάση την τεχνική φωτισμού (άμεσος ή διάχυτος φωτισμός κ.λπ.), την τεχνολογία των φωτιστικών σωμάτων (LED, φθορισμού, κ.λπ.), την κατανομή φωτισμού, το διάγραμμα κώνου, τη φωτεινή απόδοση του φωτιστικού σώματος κ.λπ.
Επιλογή λογισμικού υπολογισμού φωτισμού	Επιλογή λογισμικού που καλύπτει τις απαιτήσεις του CIE 171.
Φάση Β: Υπολογισμοί	
Χρήση λογισμικού υπολογισμού φωτισμού	Εισαγωγή των απαραίτητων παραμέτρων στο υπολογιστικό λογισμικό.
Καθορισμός γεωμετρικών δεδομένων	Καθορισμός γεωμετρικών διαστάσεων χώρου, συντελεστών ανάκλασης, επιφανειών εργασίας, περιβαλλουσών περιοχών, περιοχών υποβάθρου, ζωνών
Φωτομετρικοί υπολογισμοί με χρήση λογισμικού	Υπολογισμοί των υποχρεωτικών φωτομετρικών παραμέτρων με βάση το EN 12464, EN 12193, EN 13201 (Μέση ένταση φωτισμού ανά επιφάνεια εργασίας/περιβάλλουσας/υποβάθρου, τοίχους, οροφή, δείκτη UGR, ομοιομορφία, κυλινδρική ένταση φωτισμού κ.λπ.).
Επανελέγχος φωτομετρικών υπολογισμών	Γίνεται αναπροσαρμογή επιλογών των φωτιστικών σωμάτων και της τεχνικής φωτισμού ώστε να υπάρχει συμμόρφωση με τα πρότυπα και την ιδέα φωτισμού (concept) με τη χρήση του λογισμικού υπολογισμών.
Σύστημα ελέγχου φωτισμού	Γίνεται έλεγχος των χρήσεων των χώρων για να καθοριστεί η χρήση ή όχι συστήματος ελέγχου και επιλέγεται το καταλληλότερο εφόσον αυτό κρίνεται βιώσιμο.
Φωτισμός ασφαλείας	Επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων και φωτομετρικοί υπολογισμοί με τη χρήση του λογισμικού υπολογισμού σύμφωνα με το EN 1838.

Βήματα μελέτης φωτισμού	Περιεχόμενο – περιγραφή βήματος
Φάση Γ: Τεκμηρίωση	
Τελική επιλογή φωτιστικών σωμάτων	Μετά τη χρήση του λογισμικού υπολογισμού και την τελική συμμόρφωση της μελέτης με τα πρότυπα, πραγματοποιείται η τελική επιλογή των φωτιστικών σωμάτων και της τεχνικής φωτισμού. Ενδεικτικά για όλα τα φωτιστικά σώματα που έχουν χρησιμοποιηθεί προδιαγράφεται η φωτεινή ροή (lm), η εγκατεστημένη ισχύς (W), η φωτεινή απόδοση του φωτιστικού σώματος (lm/W), η διάρκεια ζωής, οι διαστάσεις, η φωτεινή επιφάνεια, ο δείκτης UGR, η χρωματική απόδοση, τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, το πρωτόκολλο επικοινωνίας για πιθανή χρήση συστήματος ελέγχου π.χ. DALI, η συμβατότητα με το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο ή σύστημα ελέγχου κ.λπ. Καθοριστικής σημασίας είναι η συμμόρφωση των φωτιστικών σωμάτων με τις Κοινοτικές Οδηγίες της Ε.Ε.
Δημιουργία παραδοτέων μελέτης φωτισμού	Δημιουργείται αναφορά με τα αποτελέσματα της φωτομετρικής ανάλυσης για κάθε ανεξάρτητο χώρο, λίστα των φωτιστικών σωμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί, υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος ανά επιφάνεια χώρου, σχέδιο τοποθέτησης φωτιστικών σωμάτων με αντίστοιχο υπόμνημα στο οποίο παρουσιάζεται ο τύπος των φωτιστικών που έχουν χρησιμοποιηθεί (ισχύς, τύπος, διαστάσεις κ.λπ.), φωτομετρικά αρχεία όλων των φωτιστικών σωμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί και το αρχείο υπολογισμών του προγράμματος που έχει χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη, το πρόγραμμα συντήρησης της εγκατάστασης και ο συντελεστής συντήρησης.

Ένταση φωτισμού και περιοχές εργασίας

Οι απαιτήσεις φωτισμού ενός χώρου εξαρτώνται από τη χρήση αυτού, δηλαδή από τη φύση της δραστηριότητας όπου επιτελείται. Τα επίπεδα φωτισμού έχουν άμεση επίδραση στην ταχύτητα, στην ευκολία και στην αξιοπιστία με την οποία μπορούν να εκτελούνται οι οπτικές εργασίες. Οι απαιτήσεις αυτές ανά χρήση χώρου παρουσιάζονται στον αντίστοιχο πίνακα (Πίνακας 3-3) στον οποίο καταγράφονται τέσσερα μεγέθη: η στάθμη ή επίπεδο φωτισμού, το επίπεδο αναφοράς, η ομοιομορφία φωτισμού και ο δείκτης θάμβωσης. Περισσότερες χρήσεις χώρων δίνονται στο πρότυπο EN 12464-1.

Οι τιμές της έντασης (στάθμης) φωτισμού που καθορίζονται, ονομάζονται διατηρητέες μέσες τιμές E_m , και αποτελούν την ελάχιστη τιμή κάτω από την οποία η μέση ένταση φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς δεν πρέπει να είναι χαμηλότερη σε όλη τη διάρκεια ζωής του συστήματος φωτισμού. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να γίνουν δράσεις συντήρησης ή αντικατάστασης του συστήματος φωτισμού.

Ως ομοιομορφία φωτισμού ορίζεται ο λόγος της ελάχιστης προς τη μέση ένταση φωτισμού μιας συγκεκριμένης περιοχής και περιγράφει τις έντονες διακυμάνσεις της έντασης φωτισμού ενός χώρου. Πρόκειται για ένα πολύ σημαντικό μέγεθος, καθώς, οι έντονες διακυμάνσεις του φωτισμού γύρω από την επιφάνεια εργασίας μπορεί να οδηγήσουν σε οπτικό στρες και οπτική δυσφορία στον χρήστη εκτός και αν η έντονη αντίθεση αποτελεί μέρος της ιδέας φωτισμού (concept).

Πίνακας 3: Στάθμη, δείκτης θάμβωσης και ομοιομορφία γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού ανά χρήση χώρου.

αα	Χρήση χώρου	E_m Μέση ένταση φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης R [-]	Ομοιομορφία φωτισμού U_o
1	Μονοκατοικία (κύριοι χώροι)	200	0,8	-	-
2	Διαμέρισμα πολυκατοικίας (κύριοι χώροι)	200	0,8	-	-
3	Κοιν. & βοηθ. θερμαινόμενοι χώροι Κατοικίας	100	0,0	25	0,40
4	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου Lux	250	0,8	22	-
5	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου Α και Β	250	0,8	22	-
6	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου Γ και ξενώνα	250	0,8	22	0,40
7	Reception, Lobby	300	0,8	22	0,60
8	Αίθουσα εκδηλώσεων	300	0,8	22	0,60
9	Εσωτερική πισίνα - Spa	200	0,0	19	0,50
10	Χώροι προσωπικού	300	0,8	19	0,60
11	Αποδυτήρια	200	0,8	25	0,40
12	Πλυντήρια / Σιδερωτήρια	200	0,8	25	0,40
13	Κοιτώνες (οικοτροφείου, δομές φιλοξενίας κ.λπ.)	250	0,8	22	0,40
14	Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας Προσωρινής Δια-	100	0,0	25	0,40
15	Βοηθ. θερμ. χώροι Προσωρινής Διαμονής (κλιμ/σία, αποθήκες, λινοθήκες, χώρος αποσκευών, W.C. κ.λπ.)	100	0,8	25	0,40
16	Εστιατόριο (χώρος πελατών)	-	-	-	-
17	Ζαχαροπλαστείο, Καφενείο, Πρόχειρο γεύμα	300	0,8	22	0,60
18	Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	0,8	22	0,60
19	Μουσική σκηνή - κυρίως καθημένοι	200	0,0	22	0,50
20	Σκηνή χώρου θεαμάτων	1.000	0,8	19	0,60
21	Χοροστάσιο, Bar - κυρίως όρθιοι	300	0,0	25	0,40
22	Αίθουσα Bowling	300	0,8	22	0,40
23	Χώρος ατομικών παιχνιδιών (π.χ. φρουτάκια)	300	0,8	22	0,40
24	Χώρος ομαδικών παιχνιδιών (τραπέζια, ρουλέττες κ.λπ.).	300	0,8	22	0,40
25	Χαρτοπαικτική λέσχη (κύρια αίθουσα)	300	0,8	22	0,40
26	Έκδοση εισιτηρίων	300	0,8	19	0,60
27	Foyer	200	0,8	22	0,40
28	Κουζίνα - Παρασκευαστήρια	500	0,8	22	0,60
29	Θέατρο, Κινηματογράφος (αίθουσα)	300	0,0	22	0,60
30	Χώρος εκθέσεων τέχνης, Μουσείο (κύριοι χώροι)	-	-	-	-
31	Εκθεσιακό Κέντρο	300	0,8	22	0,40
32	Βιβλιοθήκη (χώρος ανάγνωσης)	500	0,8	19	0,60
33	Βιβλιοθήκη (χώρος ραφιών)	200	90°	19	0,60
34	Αίθουσα συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	500	0,8	19	0,60
35	Τράπεζα (χώρος συναλλαγών)	300	0,8	19	0,60

36	Χώροι συναλλαγών (ταμεία, ασφαλιστικά ταμεία κ.λπ.)	300	0,8	22	0,60
37	Αίθουσα γυμναστηρίου, χοροδιδασκαλείο	300	0,8	22	0,40
38	Χώρος διακίνησης κοινού - Check In	500	0,8	19	0,70
39	Χώρος ελέγχου επιβατών - αποσκευών	300	0,8	19	0,60
40	Χώροι αναμονής	200	0,8	22	0,40
41	Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	0,8	22	0,40
42	Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας Συνάθροισης Κοι-	100	0,0	25	0,40
43	Βοηθ. θερμ. χώροι Συνάθροισης Κοινού	100	0,8	25	0,40
44	Αίθουσα διδασκαλίας 1-βάθμιας & 2-βάθμιας εκ- παίδευσης	300	0,8	19	0,60
45	Αίθουσα διδασκαλίας 3-βάθμιας εκπαίδευσης	500	0,8	19	0,60
46	Αίθουσα διδασκαλίας φροντιστηρίου	300	0,8	19	0,60
47	Νηπιαγωγείο	300	0,8	22	0,40
48	Νηπιαγωγείο (αίθουσα χαλάρωσης-ύπνου)	100	0,8	22	0,40
49	Κουζίνα - Προετοιμασία Φαγητού	500	0,8	22	0,60
50	Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας Εκπαίδευσης	100	0,0	25	0,40
51	Βοηθ. θερμ. χώροι Εκπαίδευσης	100	0,8	25	0,40
52	Δωμάτια ασθενών (πτέρυγα)	100	0,8	19	0,40
53	Μονάδα Εντατικής Θεραπείας - Αυξημένης Φροντί- δας	300	0,0	19	0,60
54	Χειρουργείο (τακτικό)	1.000	0,8	19	0,60
55	Εξωτερικά ιατρεία (αίθουσα εξέτασης)	500	0,8	19	0,60
56	Αίθουσες θεραπείας - αιμοδοσίας	1.000	0,8	19	0,70
57	Αίθουσες - διάδρομοι αναμονής	200	0,0	22	0,40
58	Εργαστήρια	500	0,8	19	0,60
59	Φυσικοθεραπευτήριο - Γυμναστήριο	300	0,8	22	0,40
60	Αγροτικό ιατρείο, Υγειονομικός σταθμός	500	0,8	19	0,60
61	Κοιτώνες Ψυχιατρείου, ΑΜΕΑ, Ευγηρίας, Βρεφοκο- μείου	100	0,0	19	0,40
62	Βρεφικός - Παιδικός σταθμός	200	0,8	22	0,40
63	Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας Υγείας	100	0,0	25	0,40
64	Βοηθ. θερμ. χώροι Υγείας (κλιμ/σια, αποθήκες, W.C., λινοθήκες, απόβλητα	100	0,8	25	0,40
65	Κρατητήριο, Αναμορφωτήριο, Φυλακή	200	0,8	22	0,40
66	Κρατητήριο, Αναμορφωτήριο, Φυλακή	100	0,8	22	0,40
67	Αίθουσα επισκεπτηρίου	300	0,8	22	0,60
68	Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας Σωφρονισμού	100	0,0	25	0,40
69	Βοηθ. θερμ. χώροι Σωφρονισμού	100	0,8	25	0,40
70	Κατάστημα	300	0,8	22	0,40
71	Υπεραγορά τροφίμων	300	0,8	22	0,40
72	Κυλικείο - Κατάστημα υγειον.ενδ. χωρίς τραπεζοκα- θίσματα.	200	0,8	22	0,40
73	Κουρείο, κομμωτήριο	500	0,8	19	0,60

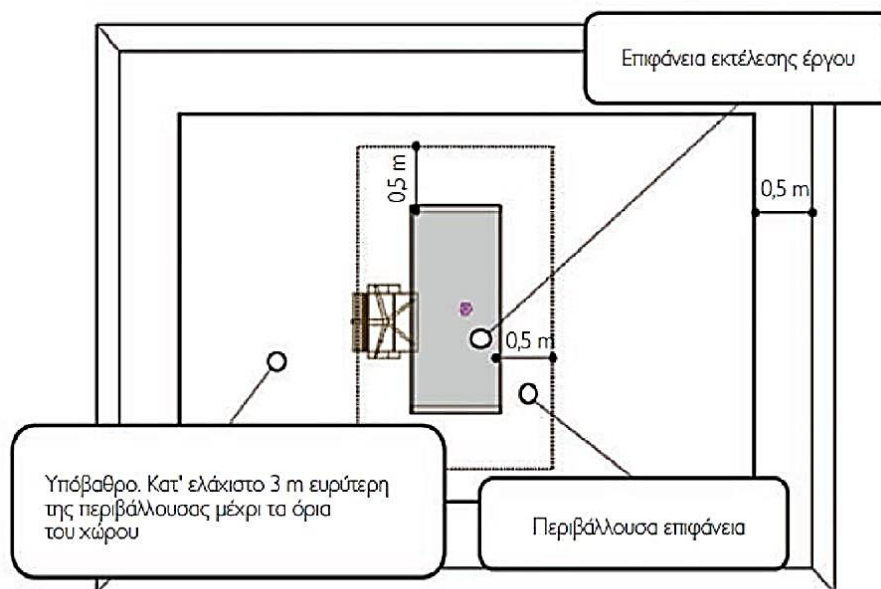
74	Ινστιτούτο αισθητικής, παροχή υπηρεσιών καλλωπισμού	300	0,8	19	0,60
75	Διάδρομοι κίνησης και αναμονής εμπορικών κέντρων, στεγασμένα αίθρια κ.λπ.	100	0,0	25	0,40
76	Κοιν. & βοηθ. θερμαινόμενοι χώροι Εμπορίου (διάδρομοι - πλήν χώρων κίνησης εμπορικών κέντρων -, κλιμ/σία, αποθήκες, W.C. κ.λπ.)	100	0,8	25	0,40
77	Κλειστά γραφεία	500	0,8	19	0,60
78	Ανοιχτοί γραφειακοί χώροι	500	0,8	19	0,60
79	Εντευκτήριο	400	0,8	22	0,40
80	Αρχείο	200	0,8	25	0,40
81	Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας Γραφείων	100	0,0	25	0,40
82	Βοηθ. θερμ. χώροι Γραφείων	100	0,8	25	0,40
83	Κερκίδες κλειστού γηπέδου	100	0,0	25	0,40
84	Κλειστό γήπεδο, χώροι αθλητών	200	0,8	25	0,40
85	Κερκίδες κλειστού κολυμβητηρίου	100	0,0	25	0,40
86	Κλειστό κολυμβητήριο, χώροι αθλητών	200	0,8	25	0,40
87	Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας	100	0,0	25	0,40
88	Βοηθ. θερμ. χώροι Αθλητικών Εγκαταστάσεων	100	0,8	25	0,40
89	Εκκλησία (> 50 άτ.)*	200	0,0	22	0,40
90	Μικρή Εκκλησία - Παρεκκλήσι (≤ 50άτ.)*	200	0,0	22	0,40
91	Χώρος λατρείας	200	0,0	22	0,40
92	Είσοδος-έξοδος ραμπών κατά τη νύχτα, εσωτερικές ράμπες, λωρίδες κίνησης και διαβάσεις πεζών σε χώρους θέσεων στάθμευσης (εσωτερικοί χώροι)	75	0,0	25	0,40
93	Περιοχές χώρων στάθμευσης (κλειστές σε ευρύ κοινό, πχ γραφείων)	75	0,0	-	0.25
94	Περιοχές χώρων στάθμευσης (ανοιχτές σε ευρύ κοινό με πολύ μεγάλο αριθμό χρηστών, πχ εμπορικά κέντρα, αθλητικές εγκαταστάσεις κλπ)	150	0,0	-	0.40
Σημειώσεις *Οι συγκεκριμένες τιμές προτείνονται αποκλειστικά για τον υπολογισμό των ενεργειακών καταναλώσεων και δεν αποτελούν υποχρέωση για χρήση σε μελέτη ή εγκατάσταση.					

Περιοχές φωτισμού

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464-1 οι περιοχές φωτισμού καθορίζονται, όχι επακριβώς, αλλά ανάλογα με τη χρήση, τη διαμόρφωση και το μέγεθος του χώρου. Συνεπώς, ο μελετητής είναι υπεύθυνος για τον ορισμό τους σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες του έργου. Υπάρχουν τρεις περιοχές φωτισμού:

- η επιφάνεια εκτέλεσης έργου (ή εργασίας),
- η περιβάλλουσα επιφάνεια και
- η επιφάνεια υποβάθρου με τις ελάχιστες αναλογίες διαστάσεων των τριών επιφανειών να παρουσιάζονται στο Σχήμα 3-1.

Ως επιφάνεια εργασίας ορίζεται η περιοχή στην οποία εκτελείται η οπτική εργασία. Σε περίπτωση που ως επιφάνεια εργασίας ορίζεται η επιφάνεια του γραφείου, τότε οι διαστάσεις του (π.χ. 1,6m x 0,8m) μπορεί να είναι μια τέτοια επιλογή. Η ένταση φωτισμού στην περιβάλλουσα επιφάνεια, από την επιφάνεια εργασίας, πρέπει να σχετίζεται με την ένταση φωτισμού της επιφάνειας εργασίας και πρέπει να παρέχει μια ισορροπημένη κατανομή λαμπρότητας σύμφωνα με την κλίμακα βηματικής διαβάθμισης της έντασης φωτισμού, όπως αυτή προτείνεται στο πρότυπο EN 12665 (5 / 7,5 / 10 / 15 / 20 / 30 / 50 / 75 / 100 / 150 / 200 / 300 / 500 / 750 / 1000lx). Η περιβάλλουσα επιφάνεια πρέπει να καλύπτει μια ζώνη με πλάτος τουλάχιστον 0,5m γύρω από την επιφάνεια εργασίας εντός του οπτικού πεδίου των χρηστών. Σε εσωτερικούς χώρους εργασίας, ιδιαίτερα σε αυτούς όπου δεν υπάρχει φυσικός φωτισμός, πρέπει να φωτιστεί ένα μεγάλο μέρος της περιοχής όπου λαμβάνουν χώρα οι εκάστοτε εργασίες. Αυτή η περιοχή, που είναι γνωστή ως επιφάνεια υποβάθρου, πρέπει να καλύπτει μια ζώνη πλάτους τουλάχιστον 3m πέρα από την περιβάλλουσα επιφάνεια και μέχρι τα όρια του χώρου και η ένταση φωτισμού να είναι τουλάχιστον το 1/3 της τιμής της περιβάλλουσας επιφάνειας. Τέλος, ανάλογα με τις ανάγκες μπορεί να υπάρχει μια περιφερειακή περιοχή πλάτους 0,5m (στα όρια του χώρου), όπου δεν υπάρχει ανάγκη για κάποια επίπεδα φωτισμού.



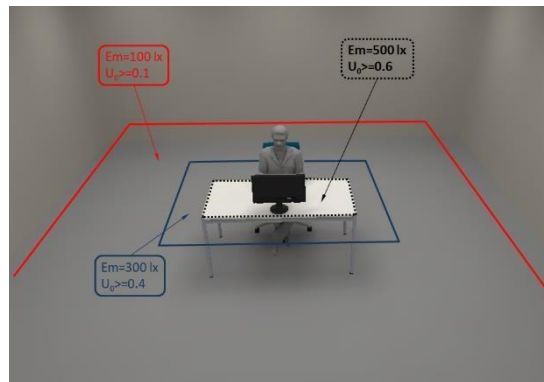
Σχήμα 3-1: Επιφάνεια εργασίας, περιβάλλουσα επιφάνεια και επιφάνεια υποβάθρου.

Πίνακας 4: Αντιστοίχιση έντασης φωτισμού στις διαφορετικές επιφάνειες φωτισμού

Επιφάνεια	Ένταση φωτισμού E_m [lx]				
Επιφάνεια εργασίας	150	200	300	500	750
Περιβάλλουσα επιφάνεια	150	150	200	300	500
Επιφάνεια υποβάθρου	50	50	67	100	167

Η δυνατότητα διαχωρισμού της επιφάνειας εργασίας συνοδεύεται και από διαφορετικές απαιτήσεις όχι μόνο όσον αφορά στις μέσες εντάσεις φωτισμού, αλλά και της ομοιομορφίας.

Στην επιφάνεια εργασίας η ομοιομορφία (U_0) δεν πρέπει να είναι μικρότερη από τις ελάχιστες τιμές του αντίστοιχου πίνακα (*Πίνακας 3-3*) ενώ στην περιβάλλουσα επιφάνεια και στην επιφάνεια υποβάθρου θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από 0,40 και 0,10 αντίστοιχα.



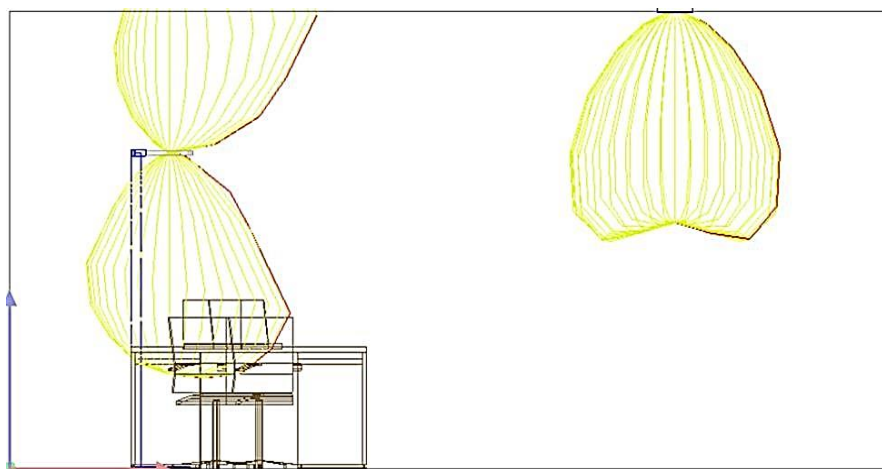
Σχήμα 3-2: Διατηρητέα μέση ένταση φωτισμού και ομοιομορφία στην επιφάνεια εργασίας.

Φωτισμός χώρων που δεν είναι επακριβώς γνωστή η χρήση τους

Όπως προαναφέρθηκε ο μελετητής θα πρέπει να ορίσει τις περιοχές-επιφάνειες της μελέτης φωτισμού καθώς επίσης και να αιτιολογήσει τον ορισμό αυτών. Σε περίπτωση που δεν μπορεί να γίνει αυτό π.χ. δεν είναι γνωστή η χρήση του χώρου ή των θέσεων εργασίας τότε υπάρχουν οι παρακάτω επιλογές:

- α) Ολόκληρος ο χώρος ορίζεται ως επιφάνεια εργασίας με τις αντίστοιχες απαιτήσεις έντασης φωτισμού και ομοιομορφίας (π.χ. για γραφεία 500 lx , $U_0 \geq 0,6$) ή
- β) Ολόκληρος ο χώρος φωτίζεται ομοιόμορφα $U_0 \geq 0,40$ με ένα επίπεδο φωτισμού που επιλέγει ο μελετητής (π.χ. 100 lx) και όταν καθοριστούν οι επιφάνειες εργασίας τότε αυτές φωτίζονται κατάλληλα όπως προβλέπεται από τις απαιτήσεις της χρήσης του (π.χ. για γραφεία 500 lx , $U_0 \geq 0,6$ στη συγκεκριμένη περιοχή του χώρου).

Μία περίπτωση που τα επίπεδα φωτισμού διαφοροποιούνται στην επιφάνεια εργασίας από αυτά της περιβάλλουσας επιφάνειας παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 3-3).



Σχήμα 3-3: Διαφοροποίηση συστημάτων φωτισμού ανάμεσα σε περιοχή εργασίας και περιβάλλουσα περιοχή.

Τροποποίηση έντασης φωτισμού για ειδικές περιπτώσεις

Σε ειδικές περιπτώσεις ο μελετητής μπορεί να τροποποιήσει την ένταση φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου σύμφωνα με την κλίμακα βηματικής διαβάθμισης της έντασης φωτισμού, όπως αυτή προτείνεται στο πρότυπο EN 12665. Για παράδειγμα, ένα τμήμα της κλίμακας αντιπροσωπεύουν οι τιμές 5 / 7,5 / 10 / 15 / 20 / 30 / 50 / 75 / 100 / 150 / 200 / 300 / 500 / 750 / 1000lx. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί για διάφορους λόγους. Για την αύξηση των απαιτούμενων επιπέδων φωτισμού μπορεί να ισχύει κάποιο ή περισσότερα από τα παρακάτω:

- Η οπτική εργασία είναι κρίσιμη.
- Τα λάθη από τη συγκεκριμένη εργασία έχουν αυξημένο κόστος επιδιόρθωσης.
- Η ακρίβεια, η υψηλότερη παραγωγικότητα ή η υψηλή συγκέντρωση είναι ύψιστης σημασίας.
- Οι λεπτομέρειες στην επιφάνεια εργασίας έχουν ασυνήθιστα μικρό μέγεθος ή χαμηλή αντίθεση.
- Η ολοκλήρωση της εργασίας έχει ασυνήθιστα μεγαλύτερη διάρκεια.
- Η επιφάνεια εργασίας ή η γενικότερη περιοχή έχει μικρά επίπεδα φυσικού φωτισμού.
- Η οπτική ικανότητα του χρήστη είναι χαμηλότερη του κανονικού

Καθώς η γήρανση του ανθρώπινου οφθαλμού μειώνει τα επίπεδα φωτισμού που αντιλαμβάνεται ο χρήστης είναι λογικό να επιλέγονται υψηλότερα επίπεδα για να εξυπηρετούνται τα ηλικιωμένα άτομα (βλ. Κεφάλαιο 8).

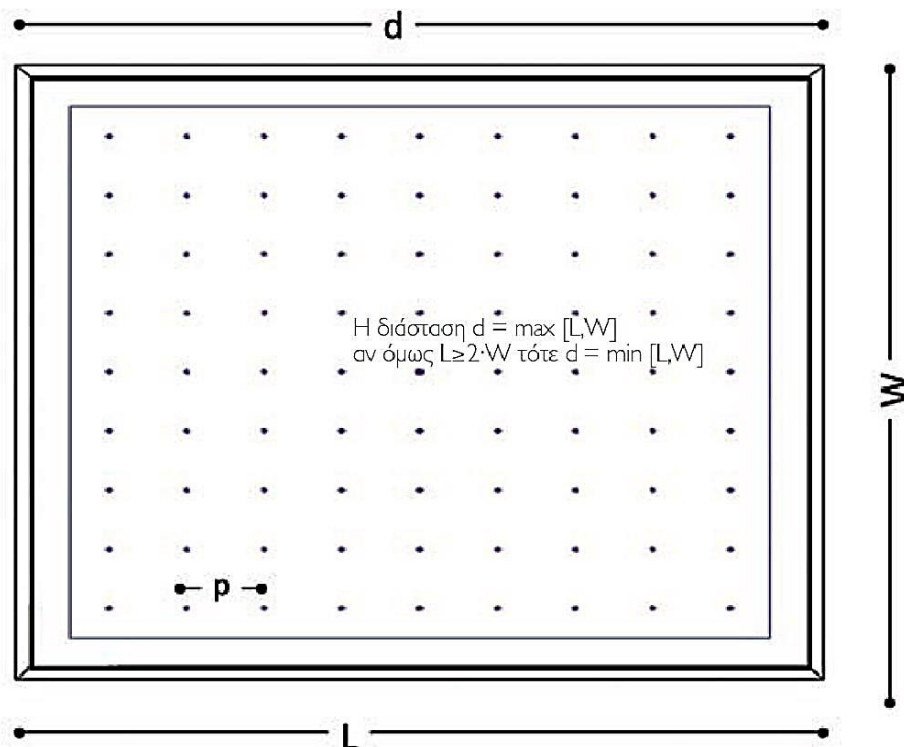
Εφόσον ο μελετητής αποφασίσει να αυξήσει τα επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας, αφού πληρούνται οι απαραίτητες προϋποθέσεις, π.χ. από 500lx → 750lx (σύμφωνα με τη βηματική διαβάθμιση όπως περιεγράφηκε παραπάνω) θα πρέπει να επιλέξει υποχρεωτικά φωτιστικό σώμα με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής (dimmable), έτσι ώστε να μπορεί να ρυθμίζεται η στάθμη φωτισμού και αντίστροφα στα κατάλληλα όρια π.χ. 750lx → 500lx. Ενδεικνύται ο σχεδιασμός φωτισμού να ακολουθεί τις επιφάνειες εργασίας για αποφυγή υπερκατανάλωσης. Επιπλέον ο μελετητής μπορεί να σχεδιάσει το σύστημα φωτισμού έτσι ώστε τα επιπλέον απαιτούμενα επίπεδα φωτισμού π.χ. τα επιπλέον 250lx να δίνονται με τοπικό φωτισμό (π.χ. επιδαπέδιο ή επιτραπέζιο φωτιστικό σώμα). Στην περίπτωση αυτή σχεδιασμού ο τοπικός φωτισμός περιλαμβάνεται στην καταμέτρηση ισχύος για το σύστημα φωτισμού. Στον ενεργειακό σχεδιασμό δεν προσλαμβάνεται η τοπική αύξηση φωτισμού ως αύξηση του ορίου της εγκατεστημένης ισχύος. Σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να υπάρξει και μείωση των επιπέδων φωτισμού εφόσον συντρέχουν κάποιες από τις παρακάτω αιτίες:

- Οι λεπτομέρειες στην επιφάνεια εργασίας έχουν ασυνήθιστα μεγάλο μέγεθος ή υψηλή αντίθεση.
- Η ολοκλήρωση της εργασίας έχει ασυνήθιστα μικρότερη διάρκεια.

Και σε αυτήν την περίπτωση το σύστημα φωτισμού πρέπει να καλύπτει τις μεγαλύτερες ανάγκες φωτισμού και με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής (dimmable) το σύστημα φωτισμού να προσαρμόζεται ή να προγραμματίζεται στα χαμηλότερα επίπεδα φωτισμού π.χ. 500lx → 300lx.

Καθορισμός πλέγματος υπολογισμών για τη σχεδίαση εγκαταστάσεων φωτισμού

Επειδή η βάση των υπολογισμών είναι οι μέσες (διατηρητέες) τιμές έντασης φωτισμού E_m , καθορίζεται επίσης και ελάχιστος αριθμός σημείων υπολογισμού, ο οποίος μεταβάλλεται ανάλογα με τις διαστάσεις του χώρου. Μ' αυτόν τον τρόπο περιορίζεται η τροποποίηση των μέσων τιμών αλλά και της ομοιομορφίας λόγω υιοθέτησης διαφορετικών κανάβων υπολογισμού στην ίδια φωτοτεχνική ανάλυση (με διαίρεση της μέγιστης διάστασης του χώρου προς την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων). Αυτή η σχέση παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 3-4). Να σημειωθεί πως τα λογισμικά υπολογισμού προσδιορίζουν αυτόματα τον αριθμό των υποχρεωτικών σημείων υπολογισμού κατά EN 12464-1, εφόσον αυτό έχει επιλεγθεί στις ρυθμίσεις τους.



Σχήμα 3-4: Πλέγμα υπολογισμού της έντασης φωτισμού.

Είναι επιθυμητό τα κελιά πλέγματος να προσεγγίζουν σχήμα τετραγώνου. Επίσης, η αναλογία μήκους προς πλάτος ενός κελιού του πλέγματος να διατηρείται μεταξύ 0,5 και 2. Ενδεικτικές τιμές του μήκους ενός χώρου και των ελαχίστων σημείων του πλέγματος και της μεταξύ τους απόστασης φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 5: Ενδεικτικές τιμές του μήκους ενός χώρου και των ελαχίστων σημείων του πλέγματος και της μεταξύ τους απόστασης.

Πίνακας 5: Ενδεικτικές τιμές του μήκους ενός χώρου και των ελαχίστων σημείων του πλέγματος και της μεταξύ τους απόστασης.

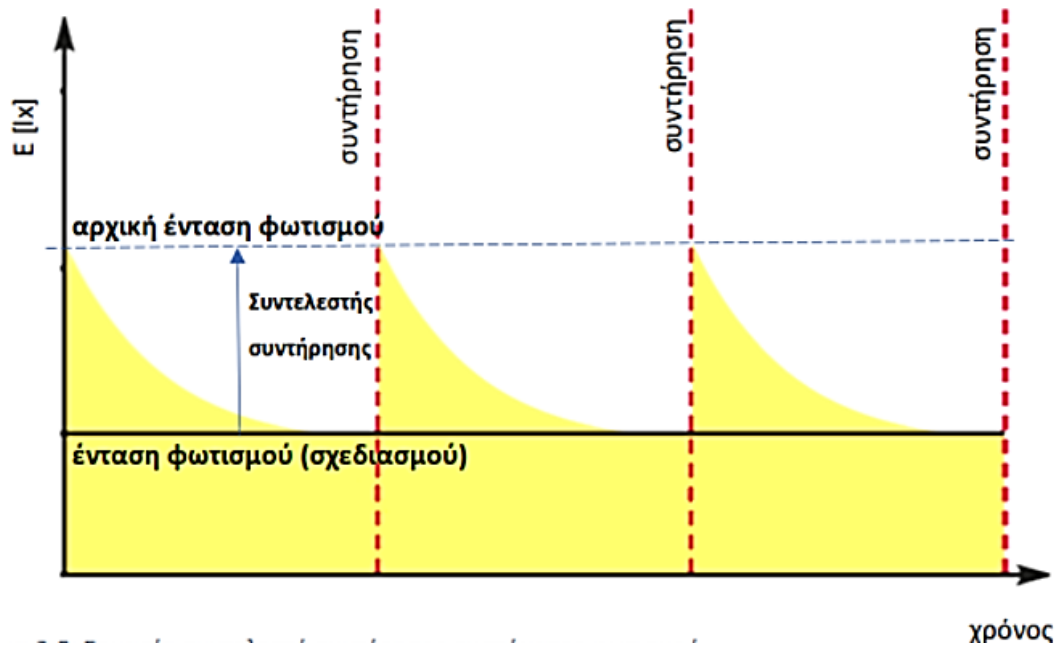
Μήκος του χώρου d [m]	Μέγιστη διάσταση μεταξύ σημείων του πλέγματος p [m]	Ελάχιστος αριθμός σημείων πλέγματος
2,0	0,3	6
3,0	0,4	7
5,0	0,6	8
10,0	1,0	10
15,0	1,3	11
20,0	1,6	12
Όπου d είναι η μεγαλύτερη διάσταση της περιοχής υπολογισμού (m), ωστόσο εάν η αναλογία της μεγαλύτερης προς τη μικρότερη πλευρά είναι ≥ 2 , τότε το d γίνεται η μικρότερη διάσταση της περιοχής υπολογισμού και		

Μεταβολή της απόδοσης του συστήματος φωτισμού με την πάροδο του χρόνου

Με την πάροδο του χρόνου, η φωτεινή ροή που παρέχεται από ένα σύστημα φωτισμού μειώνεται καθώς οι φωτεινές πηγές και τα φωτιστικά γερνούν και συσσωρεύουν ρύπους κ.λπ. Πρέπει να τονισθεί ότι η απαίτηση για συγκεκριμένη μέση (διατηρητέα) ένταση φωτισμού E_m ανά είδος δραστηριότητας αναφέρεται στο τέλος του κύκλου συντήρησης του συστήματος. Ο κύκλος καθορίζεται από το μελετητή, ο οποίος εκτιμά τις εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. ρύπανση στους χώρους) και το χρονοδιάγραμμα συντήρησης (π.χ. πρώτο έτος), αλλά εξαρτάται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος (π.χ. γήρανση φωτεινών πηγών).

Συντελεστής συντήρησης του συστήματος φωτισμού (f_m)

Όλα τα προηγούμενα συγχωνεύονται στο συντελεστή συντήρησης (f_m) που είναι ο λόγος της φωτεινής ροής κατά τη στιγμή της συντήρησης προς την αρχική φωτεινή ροή κατά την εγκατάσταση του συστήματος. Τυχόν μικρή τιμή του, που μπορεί να οφείλεται σε ένα επιλεγμένο διευρυμένο χρονοδιάγραμμα συντήρησης (χωρίς συχνό καθαρισμό και αλλαγή φωτεινών πηγών μόνο όταν τεθούν εκτός λειτουργίας) οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους αγοράς των φωτιστικών σωμάτων διότι χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερος αριθμός φωτιστικών. Προτείνεται να επιλέγονται προγράμματα συντήρησης και επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων ώστε οι τιμές του συντελεστή συντήρησης να είναι υψηλές.



Σχήμα 3-5: Σημασία συντελεστή συντήρησης συστήματος φωτισμού.

Αναλυτικότερα, οι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του συντελεστή συντήρησης (f_m) είναι:

- η καθαρότητα του χώρου,
- τα διαστήματα συντήρησης του χώρου,
- οι ανακλαστικότητες των επιφανειών (τοίχοι, οροφή, δάπεδο),
- το είδος φωτισμού των φωτιστικών σωμάτων (άμεσου, έμμεσου, μεικτού),
- ο δείκτης προστασίας των φωτιστικών σωμάτων,
- τα διαστήματα συντήρησης φωτιστικών σωμάτων,
- το είδος των λαμπτήρων,
- οι ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων σε ετήσια βάση,
- ο τύπος των τροφοδοτικών διατάξεων (ballast, driver),
- το διάστημα αλλαγής των λαμπτήρων,
- τα διαστήματα αλλαγής όλων των λαμπτήρων ταυτόχρονα και η δυνατότητα αλλαγής μεμονωμένου λαμπτήρα εφόσον αστοχήσει.

Ο υπολογισμός του συντελεστή συντήρησης f_m γίνεται από τον τύπο:

$$f_m = f_{LF} \cdot f_s \cdot f_{LM} \cdot f_{SM}$$

όπου	$f_m [-]$	ο συντελεστής συντήρησης του συστήματος φωτισμού
	$f_{LF} [-]$	ο συντελεστής διατήρησης φωτεινής ροής (luminous flux factor)
	$f_s [-]$	ο συντελεστής επιβίωσης (survival factor)
	$f_{LM} [-]$	ο συντελεστής συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων (luminaire maintenance factor)
	$f_{SM} [-]$	ο συντελεστής συντήρησης των επιφανειών των χώρων (surface maintenance factor)

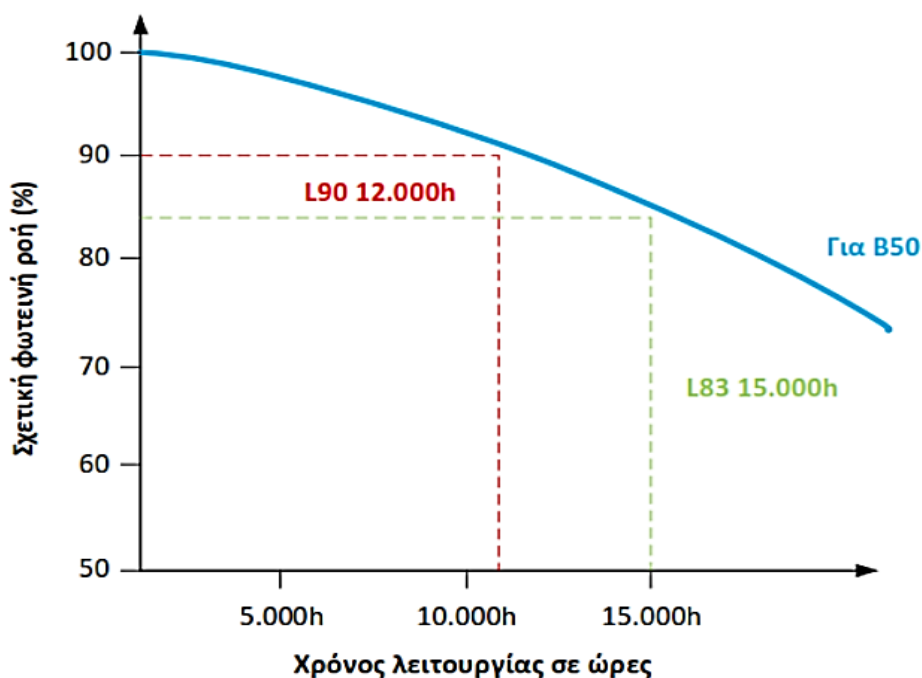
Συντελεστής διατήρησης φωτεινής ροής (fLF)

Η παραγόμενη φωτεινή ροή όλων των φωτεινών πηγών, LED, αλογόνου, μεταλλικών αλογονιδίων, φθορισμού κ.λπ. μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Η ποσότητα του φωτός που παράγεται από μια συγκεκριμένη φωτεινή ροή σε κάποια μελλοντική στιγμή αναφέρεται ως συντελεστής διατήρησης της φωτεινής ροής.

Για τους συμβατικούς λαμπτήρες π.χ. αλογόνου, CFL, γραμμικοί φθορισμού ο δηλωμένος από τον κατασκευαστή χρόνος ζωής αντιστοιχεί σε ώρες λειτουργίας όπου το 50% των συνολικών δειγμάτων θα έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας (χρόνος ημίσειας ζωής), σε ιδανικές συνθήκες εργαστηρίων, και εκτός των φωτιστικών σωμάτων που επιβαρύνουν την λειτουργία τους. Για παράδειγμα αν σε έναν λαμπτήρα αλογόνου αναγράφεται η τιμή των 1.000h τότε αυτό σημαίνει πως αν κάποιος αγόραζε 100 αντίστοιχους λαμπτήρες, μόνο οι 50 θα ξεπερνούσαν τις 1.000 ώρες λειτουργίας πριν τεθούν εκτός λειτουργίας.

Στους λαμπτήρες LED όμως, υπάρχει διαφορετικός ορισμός για τη διάρκεια ζωής τους. Αν οι λαμπτήρες LED τοποθετηθούν σε κατάλληλο φωτιστικό σώμα το οποίο έχει προδιαγραφές CE για τον αντίστοιχο λαμπτήρα, δηλαδή έχουν πραγματοποιηθεί οι αντίστοιχοι έλεγχοι ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (Electromagnetic compatibility, EMC) και σύμφωνα με την οδηγία χαμηλής τάσης LVD, και ψύχεται κατάλληλα, τότε ο λαμπτήρας αυτός μπορεί να μην τεθεί ποτέ εκτός λειτουργίας. Αυτό όμως δεν σημαίνει πως και η εκπεμπόμενη φωτεινή ροή θα διατηρείται επ' αόριστον στα απαιτούμενα επίπεδα φωτισμού. Για αυτό στη διάρκεια ζωής των λαμπτήρων LED δίνεται ο χρόνος ζωής τους συνδυαζόμενος με το ποσοστό της φωτεινής ροής (στο οποίο έχει απομειωθεί) στο βάθος χρόνου λειτουργίας τους μαζί με το ποσοστό πλήθους αυτών που θα έχουν λιγότερη φωτεινή από αυτή που αναφέρεται (Σχήμα 3-6).

Αυτό περιγράφεται από την εξής μορφή $L_{xx}B_{yy} ZZ.ZZZh$ (π.χ. $L80B10 50.000h$), όπου L_{xx} το ποσοστό απο- μείωσης της φωτεινής ροής (π.χ. $L80 = 80\%$ της αρχικής φωτεινής ροής), B_{yy} το ποσοστό των πηγών στο οποίο η φωτεινή ροή έχει απομειωθεί από το ποσοστό που δίνεται το L_{xx} (π.χ. $B10$, το 10% των πηγών θα έχουν φωτεινή ροή μικρότερη του 80%) και $ZZ.ZZZh$ οι ώρες στις οποίες επιτυγχάνεται (π.χ. στις 50.000h). Σε περίπτωση που δίνεται μόνο η τιμή L_{xx} , αυτή αντιστοιχεί πάντα για $B50$.



Σχήμα 3-6:Φωτεινή ροή λαμπτήρων LED συναρτήσει του χρόνου λειτουργίας τους.

Παράδειγμα χρόνου διάρκειας ζωής LED (Σχήμα 3-6) σε σχέση με την απομείωση της φωτεινής ροής (L90 και L83, φωτεινή ροή στο 90% και 83% αντίστοιχα) σε βάθος χρόνου για πλήθος λαμπτήρων 50% του συνολικού αριθμού (B50). Η αντίστοιχη καμπύλη για διαφορετικό πλήθος π.χ. B10 θα είναι διαφορετική για το ίδιο προϊόν LED.

Οι μελετητές φωτισμού θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τα ανωτέρω όταν διαστασιολογούν μια εγκατάσταση φωτισμού, καθώς ένα φωτιστικό ή ένας λαμπτήρας θα πρέπει να φτάνει σε μια ελάχιστη φωτεινή ροή στο τέλος της «ζωής» του. Σε αρκετές περιπτώσεις ο κατασκευαστής των φωτιστικών σωμάτων δίνει την τιμή των ωρών για το L70 ενώ ο μελετητής χρειάζεται τις ώρες για το L90. Με χρήση του αντίστοιχου πίνακα (Πίνακας 6) μπορεί να εξαχθεί η πληροφορία που χρειάζεται ανάλογα με την αρχική πληροφορία του κατασκευαστή.

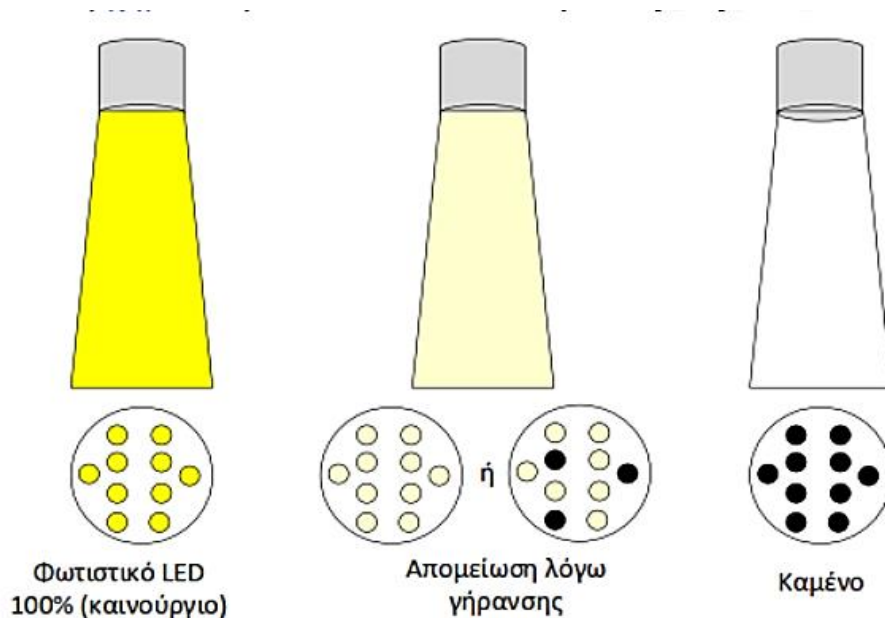
Πίνακας 6:Τυπικές τιμές του συντελεστή fLF

Διάρκεια ζωής L _x		Τιμές f _{LF}			
Ώρες	x	15.000	30.000	50.000	70.000
50.000	70	0,90	0,81	0,70	-
	80	0,94	0,87	0,80	-
	90	0,97	0,94	0,90	-
70.000	70	0,93	0,86	0,78	0,70
	80	0,95	0,91	0,85	0,80
	90	0,98	0,96	0,93	0,90
100.000	70	0,95	0,90	0,94	0,78
	80	0,97	0,94	0,89	0,86
	90	0,98	0,97	0,95	0,93

Στην περίπτωση που ο παραπάνω πίνακας δεν περιλαμβάνει τις τιμές που αναζητούνται, μπορεί να γίνει χρήση του προτύπου ISO/CIE TS 22012 στο οποίο δίνεται μεγάλο εύρος τιμών του συντελεστή fLF.

Συντελεστής επιβίωσης (fS)

Ο συντελεστής επιβίωσης εκφράζει τη πιθανότητα μία φωτεινή πηγή ή/και ένα φωτιστικό σώμα να συνεχίσουν να λειτουργούν μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Σε μερικούς λαμπτήρες η διάρκεια ζωής τους μεταβάλλεται από τη συχνότητα της διακοπής της λειτουργίας τους. Οι κατασκευαστές δίνουν πίνακες με την τιμή του συντελεστή επιβίωσης. Στην περίπτωση που ένας λαμπτήρας ή φωτιστικό σώμα σταματήσει να λειτουργεί θα πρέπει να ληφθεί η απόφαση αν θα αντικατασταθεί άμεσα ή όχι. Συνεπώς, η τιμή του συντελεστή έχει άμεση σχέση με το πρόγραμμα αντικατάστασης τους. Αν γίνει άμεση αντικατάσταση του λαμπτήρα που σταμάτησε να λειτουργεί η τιμή του συντελεστή είναι μονάδα. Αυτό, όμως, είναι σε πολλές περιπτώσεις αντισυμβατικό, ιδιαίτερα σε ένα χώρο που πρέπει να σταματήσει η λειτουργία του για να γίνει η αντικατάσταση. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των φωτιστικών LED η τιμή του συντελεστή είναι μονάδα, καθώς η πιθανότητα να μην λειτουργεί καθόλου ένα φωτιστικό LED είναι πολύ μικρή. Μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα για μερική λειτουργία ενός φωτιστικού LED (Σχήμα 3-7). Οπότε στα LED θεωρείται $fL \times fS = L_{xx}$



Σχήμα 3-7: Πλήρης και μερική λειτουργία φωτιστικού LED.

Συντελεστής συντήρησης φωτιστικών (fLM)

Ο συντελεστής συντήρησης φωτιστικών εκφράζει τη σχετική παραγωγή φωτός από το φωτιστικό λόγω των ρύπων που επικαθονται στις φωτεινές πηγές, στα οπτικά συστήματα του φωτιστικού και σε ότι σχετίζεται με το φωτιστικό σώμα και επηρεάζει την εξερχόμενη από αυτό φωτεινή ροή. Ο σχεδιασμός, οι περιβαλλοντικοί ρύποι και το πρόγραμμα συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων εσωτερικών χώρων επιδρούν καταλυτικά στην τιμή του fLM. Στα φωτιστικά σώματα εξωτερικών χώρων σημαντικό ρόλο παίζει, στη σχεδίαση τους, και ο βαθμός προστασίας IP. Τυπικές τιμές του συντελεστή fLM, υπάρχουν σε πίνακες στο πρότυπο ISO/CIE TS 22012.

Συντελεστής συντήρησης επιφανειών των χώρων (fSM)

Ο συντελεστής συντήρησης επιφανειών των χώρων σχετίζεται με την κατανομή της φωτεινής ροής που παράγεται από τα φωτιστικά. Επηρεάζεται από τις τιμές των ανακλαστικότητων των επιφανειών του χώρου (οροφή, δάπεδο, τοίχοι) και συνεπώς με τη ρύπανση από τις δραστηριότητες και το περιβάλλον και τη συχνότητα καθαρισμού και συντήρησης αυτών. Τυπικές τιμές του συντελεστή fSM, υπάρχουν σε πίνακες στα πρότυπα CIE 097 και ISO/CIE TS 22012.

Τυπικές τιμές

Ο μελετητής είναι υπεύθυνος για την κατάλληλη επιλογή των φωτιστικών σωμάτων με βάση τις παραμέτρους που επηρεάζουν τον συντελεστή συντήρησης (τοποθέτηση στην οροφή ή κρεμαστό, προστασία έναντι σκόνης IP, αυτοκαθαριζόμενο ή όχι, διάρκεια ζωής φωτεινής πηγής κ.λπ.) και τον καθορισμό του προγράμματος συντήρησης, έτσι ώστε ο συντελεστής συντήρησης να έχει την υψηλότερη δυνατή τιμή. Στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 3-6) παρουσιάζονται ενδεικτικές τιμές του συντελεστή συντήρησης για διάφορες παραδοχές. Σε περίπτωση που οι παράμετροι διαφέρουν ο μελετητής θα πρέπει να παρουσιάζει την κατάλληλη τεκμηρίωση.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως η διάρκεια ζωής των LED Lxx είναι μέρος του προσδιορισμού του γινομένου του συντελεστή συντήρησης fm. Έτσι δε δύναται να χρησιμοποιείται μεγαλύτερος συντελεστής fm στις μελέτες π.χ. 0,80 από ότι του ποσοστού απομείωσης της φωτεινής ροής Lxx στη συγκεκριμένη διάρκεια ζωής των LED π.χ. L70 ή 0,70. Θα πρέπει να αναζητούνται οι κατάλληλες προδιαγραφές και οι αντίστοιχοι χρόνοι διάρκειας των LED π.χ. για συντελεστή συντήρησης fm=0,8, τότε θα πρέπει να αναζητούνται προϊόντα LED με υψηλή διάρκεια ζωής στα L90 ή L85. Σε αντίθετη περίπτωση, αν δίνεται από τον κατασκευαστή των LED προδιαγραφή L70 50.000h τότε ο μελετητής θα πρέπει να χρησιμοποιήσει την τιμή L84 με ωφέλιμη διάρκεια ζωής 25.000h, όπως δίνεται από το ISO/CIE TS 22012, για να χρησιμοποιήσει στις μελέτες τιμή fm ίση με 0,80. Με λίγα λόγια η διάρκεια ωφέλιμης ζωής για L70 μπορεί να είναι παραπλανητική αφού η φωτεινή ροή θα έχει απομειωθεί περισσότερο από τον προβλεπόμενο χρόνο της μελέτης. Ο μελετητής θα πρέπει με τη χρήση του ISO/CIE TS 22012 να αναζητεί τις αντίστοιχες ώρες διάρκειας ωφέλιμης ζωής εφόσον έχει ως μοναδική πληροφορία το L70.

Πίνακας 3-7: Ενδεικτικές τιμές συντελεστή συντήρησης για ενδεικτικά προγράμματα συντήρησης και χρήσεις χώρων για LED και συμβατικές φωτεινές πηγές.

Τεχνολογία φωτεινής πηγής		Ενδεικτικές τιμές συντελεστή συντήρησης f_m για εσωτερικούς χώρους	Χρήσεις
LED	Συμβατικές φωτεινές πηγές		
L90 50.000h	-	0,85	Control rooms, πολύ καθαροί χώροι, μόνο χρήση LED με υψηλή διάρκεια ζωής στο L90

<i>L₈₅ 50.000h</i> <i>L₈₀ 60.000h</i>	Πολύ καθαρός χώρος, καθαρισμός φωτιστικών κάθε 1 έτος, λειτουργία λαμπτήρων 2.000 ώρες/έτος, φωτιστικά άμεσου φωτισμού με τάση να συσσωρεύουν ελάχιστη σκόνη	0,80	Γραφεία, καθαροί χώροι, χρήση LED με κανονική διάρκεια ζωής στο L ₉₀ , πολύ υψηλή διάρκεια ζωής στο L ₈₀ , χρήση συμβατικών φωτεινών
<i>L₉₀ 50.000h</i> <i>L₈₀ 70.000h</i>	-	0,80	Εργοστάσια, μέτριας καθαριότητας χώροι, χρήση LED με υψηλή διάρκεια ζωής στο L ₉₀
-	Χώρος τυπικής καθαρότητας, συντήρηση φωτιστικών ανά 3 έτη, λειτουργία λαμπτήρων 2.000 ώρες/έτος, φωτιστικά έμμεσου / άμεσου φωτισμού	0,70	Εργοστάσια, μέτριας καθαριότητας χώροι, χρήση συμβατικών φωτεινών πηγών με συχνή συντήρηση

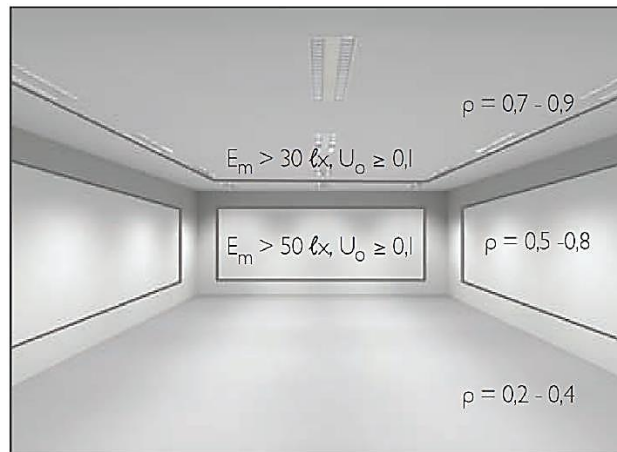
Ισορροπημένη κατανομή λαμπροτήτων

Η παροχή μόνο της απαιτούμενης έντασης φωτισμού σε κάποιο χώρο, στο οριζόντιο επίπεδο, δεν εξασφαλίζει μονοσήμαντα συνθήκες οπτικής άνεσης η οποία σαν συνθήκη καθορίζεται από την απουσία δυσφορίας. Οπτική δυσφορία μπορεί να προκληθεί από ένα αριθμό αιτιών στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και οι προσδοκίες καθώς και η συνάφεια της σχεδίασης με τη χρήση του χώρου. Επειδή αυτή αφορά το σύνολο του οπτικού πεδίου αντιμετωπίζεται διαφορετικά από την ικανότητα εκτέλεσης κάποιου έργου όπου ενδιαφέρει μόνο το τμήμα του οπτικού πεδίου που καλύπτει την επιφάνεια εργασίας.

Επιπρόσθετα, με δεδομένο ότι ο φωτισμός σε κάποιο χώρο παρέχει τη δυνατότητα στο μάτι να λαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες από το περιβάλλον, η όποια διαταραχή αυτής της σύνδεσης μπορεί να προκαλέσει δυσφορία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η διαφοροποίηση των κατανομών λαμπρότητας ανάμεσα σε αυτά που οφείλονται σε φωτισμό και αυτών στην ανακλαστικότητα των αντικειμένων του χώρου. Η ύπαρξη πολύ λαμπρών μικρών περιοχών στην περιφερειακή όραση προ- καλεί την εξέταση τους με την κεντρική. Αν δεν υπάρξει λόγος να εξετασθούν περαιτέρω η κεντρική όραση επιστρέφει στην προηγούμενη κατάσταση όμως η ύπαρξη των περιοχών αυτών προκαλεί δυσφορία. Το μάτι δεν αντιλαμβάνεται την ένταση φωτισμού αλλά τη λαμπρότητα των διαφόρων επιφανειών που βρίσκονται στο οπτικό του πεδίο. Για την ακρίβεια εκτιμά την διαφοροποίηση της λαμπρότητας των επιφανειών σε σχέση με τις γειτονικές τους, δηλαδή πρακτικά πραγματοποιεί μια υποκειμενική εκτίμηση. Συνεπώς η κατανομή λαμπροτήτων στο οπτικό πεδίο είναι σημαντικός παράγοντας κατά την διάρκεια του σχεδιασμού και έχει σαν σκοπό να αποφευχθούν π.χ. σχεδιασμοί που να μην πληρούν τις απαιτήσεις για τα επίπεδα φωτισμού στην οριζόντια επιφάνεια εργασίας αλλά οι λαμπρότητες των υπόλοιπων επιφανειών είναι πολύ μικρές (στην ακραία περίπτωση μαύρο δωμάτιο).

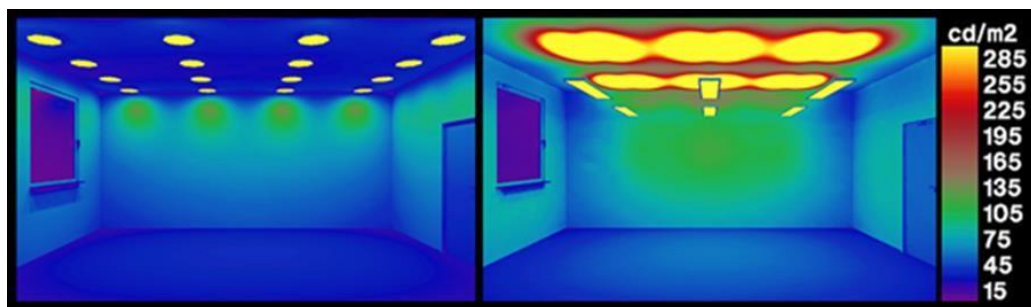
Η λαμπρότητα εξαρτάται από τον φωτισμό που προσπίπτει σε κάποια επιφάνεια, από τις φυσικές της ιδιότητες, π.χ. την ανακλαστικότητα, την υφή κ.λπ. αλλά και τη θέση του παρατηρητή. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα αντί να προτείνονται απαιτήσεις φωτισμού απευθείας σε τιμές λαμπροτήτων, δίνονται απαιτήσεις σε μονάδες έντασης φωτισμού ταυτόχρονα με τιμές ανακλαστικότητας των επιφανειών.

Τυπικές τιμές της μέσης έντασης φωτισμού και τα εύρη των ανακλαστικότητων για οροφές και τοίχους μαζί με την σχετική ομοιομορφία παρουσιάζονται στο Σχήμα 3-8. Οι τιμές αυτές μπορεί να μεταβάλλονται ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Για παράδειγμα σε γραφεία και εκπαιδευτικά κτίρια οι τιμές έντασης φωτισμού που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3-8 αυξάνονται σε 50lx για την οροφή και 75lx για τους τοίχους.



Σχήμα 3-8: Περιοχές τιμών ανακλαστικότητας και εντάσεως φωτισμού επιφανειών.

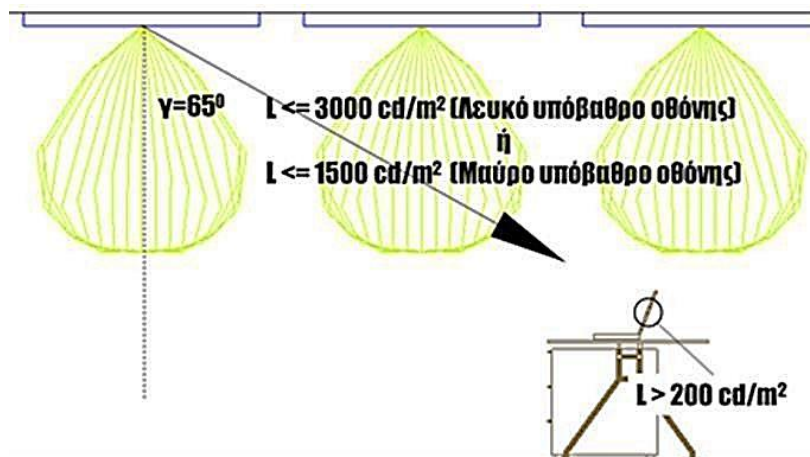
Ένας γενικός κανόνας που μπορεί να εφαρμοσθεί σε τυπικές χρήσεις γραφείου είναι ο λόγος λαμπροτήτων ανάμεσα στην επιφάνεια εκτέλεσης κάποιου έργου για στις γειτονικές επιφάνειες να μην είναι μεγαλύτερος από 3:1, ανάμεσα στην επιφάνεια εκτέλεσης έργου και στους γειτονικούς τοίχους να μην είναι μεγαλύτερος από 5:1 και ανάμεσα στην επιφάνεια εκτέλεσης έργου και τις επιφάνειες που βρίσκονται περιφερειακά στο οπτικό πεδίο (μακρινοί τοίχοι) να μην είναι μεγαλύτερη από 10:1.



Σχήμα 3-9: Κατανομές λαμπροτήτων σε χώρο με διαφορετικά συστήματα φωτισμού (αρ. άμεσο και δεξ. άμεσο-έμμεσο).

Μια ειδική περίπτωση είναι και η αύξηση της λαμπρότητας της οροφής λόγω χρήσης κάποιου έμμεσου συστήματος φωτισμού, λαμπρότητα η οποία συνίσταται να βρίσκεται στο εύρος 500-1.500 cd/m² (Σχήμα 3-9). Η ικανότητα εκτέλεσης κάποιας εργασίας σε υπολογιστή εξαρτάται τόσο από την λαμπρότητα της οθόνης τους όσο φυσικά και από την λαμπρότητα του περιβάλλοντος. Ειδικά ενδιαφέρει η λαμπρότητα των φωτιστικών σε γωνίες μεγαλύτερες των 65 μοιρών από το ναδίρ. Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 3-10) εμφανίζονται τα όρια των λαμπροτήτων όταν χρησιμοποιηθεί οθόνη με λαμπρότητα > 200cd/m². Η κλίση της οθόνης θεωρείται 15°.

Γενικά σε έναν χώρο γραφείων η τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε από το ημιεπίπεδο φωτισμού C που είναι παράλληλο προς την κατεύθυνση της επιφάνειας της οθόνης των υπολογιστών, η λαμπρότητα του φωτιστικού σώματος για εύρος γωνιών γ 65° – 85° θα πρέπει να είναι μικρότερη των 3.000cd/m² (εφόσον στο χώρο υπάρχουν οθόνες υπολογιστών υψηλής λαμπρότητας). Σε διαφορετικές περιπτώσεις υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις για την επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων.



Σχήμα 3-10: Όριο λαμπρότητας φωτιστικών για την αποφυγή ενοχλητικών ανακλάσεων στην οθόνη. Σε περίπτωση οθόνης με $L \leq 200 \text{ cd/m}^2$ τα όρια λαμπρότητας είναι 1.500cd/m² (κανονικές συνθήκες γραφείων) και 1.000cd/m² (υψηλές απαιτήσεις πχ σχέδια CAD) και ανάλογα την πολικότητα της οθόνης, ενώ για οθόνες $L > 200 \text{ cd/m}^2$ τα όρια είναι αντίστοιχα είναι 3.000cd/m² και 1.500cd/m².

Ποιότητα του εσωτερικού φωτισμού

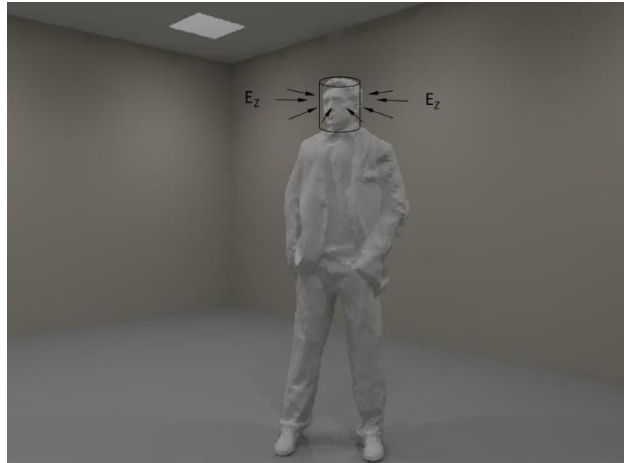
Το πρότυπο EN 12464-1 τονίζει τη σημασία της ποιότητας του φωτισμού στον εσωτερικό χώρο. Εκτός από τον απαραίτητο φωτισμό για την εκτέλεση εργασιών, απαιτείται κατακόρυφος φωτισμός για τον χώρο που καταλαμβάνουν τα άτομα. Ο κατακόρυφος φωτισμός είναι απαραίτητος για την ενίσχυση της οπτικής επικοινωνίας μεταξύ των ατόμων που χρησιμοποιούν κάποιο χώρο (ευκολότερη αναγνώριση εκφράσεων), της τρισδιάστατης ανάδειξης προσώπων και δομικών χαρακτηριστικών αλλά και της βιολογικής επίδρασης του φωτισμού στους χρήστες. Η ποιότητα του φωτισμού εκφράζεται με τους όρους

- μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού,
- μοντελοποίηση φωτισμού και
- κατευθυντικός φωτισμός.

Μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού

Προκειμένου να ενισχυθεί η προαναφερθείσα οπτική επικοινωνία θα πρέπει να φωτίζεται επαρκώς ο όγκος του χώρου στον οποίο δραστηριοποιούνται οι χρήστες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού.

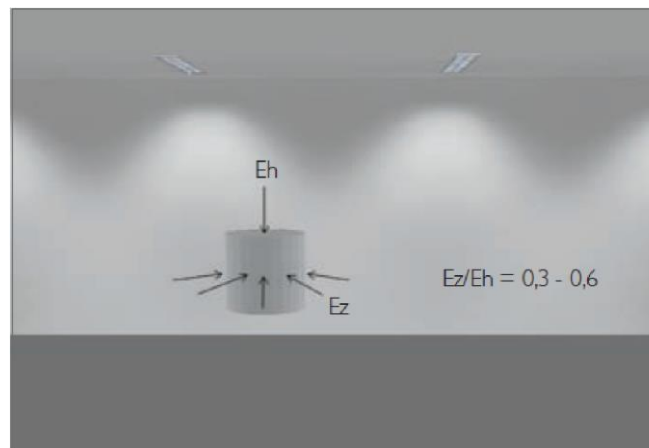
Η διατηρητέα μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού (E_z) είναι η μέση τιμή της έντασης φωτισμού στην κατακόρυφη πλευρά ενός νοητού κυλίνδρου γύρω από το πρόσωπο των χρηστών (Σχήμα 3-11) και σύμφωνα με το EN 12464-1 δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 50lx σε γενικούς χώρους κυκλοφορίας. Σε μέρη όπου η καλή οπτική επικοινωνία είναι ζωτικής σημασίας, π.χ. σε γραφεία, αίθουσες συσκέψεων ή αίθουσες διδασκαλίας, η E_z μπορεί να αυξηθεί και στα 150lx. Αυτές οι τιμές πρέπει να επιτυγχάνονται στα 1,2m πάνω από το επίπεδο του δαπέδου για καθήμενα άτομα και 1,6m πάνω από το επίπεδο του δαπέδου για όρθια άτομα (Σχήμα 3-11). Και στις δύο περιπτώσεις, η ομοιομορφία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,10.



Σχήμα 3-11: Διατηρητέα μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού (E_z).

Δείκτης μοντελοποίησης

Η μοντελοποίηση είναι ένα ποιοτικό κριτήριο για την τρισδιάστατη αντίληψη ατόμων και αντικειμένων σε ένα δωμάτιο. Εκφράζει την ισορροπία μεταξύ διάχυτου και κατευθυντικού φωτός και καθορίζεται από την αναλογία κυλινδρικής έντασης φωτισμού (E_z) προς την οριζόντια ένταση φωτισμού (E_h) σε ένα δεδομένο σημείο (συνήθως 1,2m πάνω από το επίπεδο του δαπέδου). Σύμφωνα με τη νέα έκδοση του EN 12464-1, μια τιμή μεταξύ 0,30 και 0,60 (του λόγου E_z/E_h) είναι ένας δείκτης καλής μοντελοποίησης, για μια ομοιόμορφη κατανομή φωτιστικών στην οροφή, διότι τα πρόσωπα και τα σώματα δεν είναι πολύ δραματικά σκιασμένα ή έντονα φωτισμένα (Σχήμα 3-12).



Σχήμα 3-12: Κυλινδρική προς οριζόντια ένταση φωτισμού.

Κατευθυντικός φωτισμός

Ο κατευθυντικός φωτισμός μπορεί να δώσει έμφαση στις λεπτομέρειες μιας οπτικής εργασίας, να διευκολύνει την πραγματοποίηση της ή να συμβάλει στην καλύτερη προβολή κάποιων αντικειμένων. Ωστόσο, απαιτείται προσοχή καθώς, θα πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία ενοχλητικών σκιών. Το EN 12464-1 επισημαίνει την ανάγκη αποφυγής της δημιουργίας πολλαπλών σκιών, οι οποίες μπορεί να προκληθούν από τον κατευθυντικό φωτισμό που μπορεί να δημιουργηθεί από την ύπαρξη περισσοτέρων από μία φωτεινών πηγών και μπορεί να οδηγήσει σε σύγχυση τους χρήστες. Στο σχεδιασμό φωτισμού η χρήση πολλαπλών στρωμάτων φωτισμού μπορεί να αντιμετωπίσει το συγκεκριμένο πρόβλημα (π.χ. ομοιόμορφος φωτισμός υπόβαθρου 100lx).

Περιορισμός της θάμβωσης

Απαραίτητο χαρακτηριστικό της ποιότητας του σχεδιασμού ενός συστήματος φωτισμού είναι και η ελαχιστοποίηση των συνθηκών οπτικής δυσφορίας. Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την ποιότητα του φωτισμού εξαρτάται τόσο από παραμέτρους που μπορούν να εκτιμηθούν αντικειμενικά (αντίθεση, επίπεδα φωτισμού, λαμπρότητα πηγών, φωτεινότητα επιφανειών, φάσμα και χρωματική απόδοση) αλλά και από παραμέτρους που χρειάζεται να διερευνηθούν με συμπεριφορικές αναλύσεις (π.χ. επίδραση θέας).

Ο φωτισμός παρέχει την δυνατότητα καταγραφής πληροφοριών από το οπτικό περιβάλλον, και όποια διαταραχή αυτής της σύνδεσης (μάτι-περιβάλλον) μπορεί να προκαλέσει δυσφορία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η διαφοροποίηση των κατανομών λαμπρότητας ανάμεσα σε αυτά που οφείλονται σε φωτισμό και αυτών από την ανακλαστικότητα των αντικειμένων του χώρου. Η ύπαρξη πολύ λαμπρών μικρών περιοχών στην περιφερειακή όραση προκαλεί την εξέταση τους με την κεντρική. Αν δεν υπάρξει λόγος να εξετασθούν περαιτέρω η κεντρική όραση επιστρέφει στην προηγούμενη κατάσταση όμως η ύπαρξη των περιοχών αυτών προκαλεί δυσφορία.

Η εμφάνιση θάμβωσης μπορεί να επηρεάσει καθοριστικά την άνεση των χρηστών καθώς επίσης και την απόδοση τους. Η εκτίμησή της πραγματοποιείται με τη χρήση ενός αριθμού δεικτών μετά από συσχέτιση υποκειμενικών αντιδράσεων με αντικειμενικές παραμέτρους. Ενώ είναι σχετικά εύκολο να μετρηθούν διάφορα μεγέθη (λαμπρότητες, κατανομή φωτισμού κ.λπ.) σε κάποιο χώρο, η εκτίμηση των υποκειμενικών αντιδράσεων από τους ανθρώπους που χρησιμοποιούν τον χώρο επηρεάζεται και από παραμέτρους όπως π.χ. η θέα, δηλ. το περιεχόμενο της εικόνας έχει σημαντική επίδραση στην εμφάνιση η όχι θάμβωσης.

Από τη δεκαετία του '80 άρχισε να αλλάζει η θέση της επιφάνειας εργασίας από οριζόντια σε κατακόρυφη λόγω της συνεχούς αυξανόμενης χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών. Αυτή η τροποποίηση της θέσης της κεφαλής έφερε στο οπτικό πεδίο μεγάλο τμήμα της πρόσοψης και της οροφής με αυξημένες τιμές λαμπρότητας. Λαμβάνοντας υπόψη τη σημερινή επικράτηση της χρήσης υπολογιστών σε χώρους γραφείων, ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε τυχόν φαινόμενα θάμβωσης να μπορούν να μειωθούν σημαντικά.

Θάμβωση ορίζεται ως «η αίσθηση που προκαλείται όταν η λαμπρότητα στο οπτικό πεδίο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την λαμπρότητα στην οποία είναι προσαρμοσμένα τα μάτια και προκαλεί ενόχληση, δυσφορία ή μείωση της απόδοσης ή/και της ορατότητας». Ανάμεσα στα είδη θάμβωσης που παρατηρούνται, στο εσωτερικό των κτιρίων ενδιαφέρει η Θάμβωση ανικανότητας (Disability glare, φυσιολογική θάμβωση).

Το είδος αυτό της θάμβωσης εμποδίζει την όραση χωρίς αναγκαστικά να προκαλεί δυσφορία. Συνήθως όταν δημιουργηθεί, η αντίδραση είναι άμεση με τροποποίηση της θέσης εργασίας (δηλ. με τροποποίηση της διεύθυνσης παρατήρησης).

Θάμβωση δυσφορίας (Discomfort glare, ψυχολογική θάμβωση). Σε αυτό το είδος θάμβωσης προ- καλείται απλώς δυσφορία χωρίς απαραίτητα να επηρεάζεται η ικανότητα εκτέλεσης κάποιας εργασίας. Το γεγονός ότι μπορεί να μην ανιχνεύεται άμεσα όταν συμβαίνει δεν σημαίνει όμως ότι συσσωρευτικά δεν παρατηρούνται αντιδράσεις (π.χ. πονοκέφαλοι).

Συχνά παρατηρούνται και τα δύο είδη θάμβωσης ταυτόχρονα και υπάρχει αντικειμενική δυσκολία στο να διαχωρισθεί η αιτία. Στην περίπτωση της θάμβωσης δυσφορίας έχουν αναπτυχθεί αρκετοί δείκτες των οποίων ο υπολογισμός βασίζεται γενικώς σε τέσσερις παραμέτρους:

- Την λαμπρότητα της πηγής
- Την λαμπρότητα του υποβάθρου
- Το μέγεθος και τον αριθμό των πηγών
- Τη σχετική τους θέση ως προς τον παρατηρητή

Ανάλογα την εξεταζόμενη εγκατάσταση φωτισμού υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι υπολογισμού της θάμβωσης:

- Εσωτερικές εγκαταστάσεις-τεχνητός φωτισμός (πλην αθλητικών εγκαταστάσεων) EN 12464 - 1: Unified Glare Rating (UGR). (βλ. παρακάτω)
- Εσωτερικές εγκαταστάσεις-φυσικός φωτισμός EN 17037: Daylight Glare Probability (DGP). (ενότητα 11.2)
- Εξωτερικές εγκαταστάσεις και εσωτερικές αθλητικές εγκαταστάσεις-τεχνητός φωτισμός EN12464-2, EN 12193: Glare Rating (RGL). (ενότητα 5.1)
- Οδοφωτισμός EN 13201: Threshold Increment (fTI)

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

όπου L_B [cd/m²] η λαμπρότητα του υποβάθρου, η οποία υπολογίζεται ως E_{ind}/π , όπου E_{ind} είναι η κατακόρυφη έμμεση ένταση φωτισμού στα μάτια του παρατηρητή

L [cd/m²] η μέση λαμπρότητα των φωτεινών μερών του φωτιστικού στην κατεύθυνση του παρατηρητή

ω [sr] η στερεά γωνία των φωτεινών μερών κάθε φωτιστικού που είναι ορατά από τη θέση του παρατηρητή

p [-] ο δείκτης θέσης Guth για κάθε ανεξάρτητο φωτιστικό

Η μεθοδολογία αυτή έχει περιορισμούς όσον αφορά κάποια φωτιστικά συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Δεν ισχύει δε όταν οι πηγές έχουν πολύ μεγάλες διαστάσεις (π.χ. φωτεινές οροφές) είτε πολύ μικρές (π.χ. προβολείς σε μακρινή απόσταση).

Εναλλακτικά η εκτίμηση του δείκτη UGR μπορεί να πραγματοποιηθεί με χρήση πινάκων, οι οποίοι παρουσιάζουν αποτελέσματα του δείκτη για ένα συνδυασμό διαστάσεων χώρου (19 χώροι) και ανακλαστικότητων. Ο πίνακας UGR είναι μοναδικός για κάθε φωτιστικό αφού δημιουργείται με βάση τη κατανομή της φωτεινής έντασης (πολικό διάγραμμα) που είναι μοναδική για κάθε τύπο φωτιστικού. Εφόσον δεν δίνεται από τον κατασκευαστή, ο μελετητής μπορεί να εξάγει τον πίνακα UGR από τα λογισμικά υπολογισμών με την προσθήκη του φωτομετρικού αρχείου του εξεταζόμενου φωτιστικού σώματος. Οι επιφάνειες των χώρων έχουν τυπικές τιμές ανακλαστικότητας, 20% για το δάπεδο, 30-

50% για τους τοίχους και έως 70% για την οροφή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι λευκοί τοίχοι ή οροφές με υψηλότερη ανακλαστικότητα (75-90%), όπως συμβαίνει σε αρκετούς εσωτερικούς χώρους, δεν λαμβάνονται υπόψη σε αυτή τη προσέγγιση. Αναλυτικός πίνακας εύρους τιμών ανακλαστικότητας ανά υλικό ή χρώμα παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ: Ανακλαστικότητα συνήθων υλικών. Οι υπολογισμοί βασίζονται στην υπόθεση ότι ο παρατηρητής είναι τοποθετημένος στο μέσο του τοίχου της μιας πλευράς του χώρου που περιγράφεται από το πρότυπο και παρατηρεί τα φωτιστικά τοποθετημένα είτε κατά μήκος είτε κατά πλάτος των αξόνων του δωματίου (δεν λαμβάνεται υπόψη η περίπτωση που κάποιος παρατηρητής κοιτάει διαγώνια στον άξονα των φωτιστικών). Για αυτό το λόγο και ο πίνακας UGR χωρίζεται σε 2 μέρη. Τα φωτιστικά σώματα είναι τοποθετημένα σε πλέγμα όπου το μέσο των φωτιστικών βρίσκεται σε απόσταση 0,25 φορές την απόσταση H μεταξύ του επιπέδου του φωτιστικού και του ύψους των ματιών του παρατηρητή (SHR, space-height ratio). Τα μεσαία σημεία των φωτιστικών που βρίσκονται πλησιέστερα στους τοίχους απέχουν το μισό αυτής της απόστασης από τον τοίχο.

Όταν επιλέγονται φωτιστικά, πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε να συγκρίνονται πίνακες με τον ίδιο λόγο απόστασης προς ύψος (SHR) και λαμπτήρες με την ίδια φωτεινή ροή. Επίσης, σε περίπτωση ύπαρξης διαφορετικών τύπων φωτιστικών σωμάτων στη ίδια εγκατάσταση, ο κάθε τύπος φωτιστικού σώματος εξετάζεται με τον δικό του πίνακα UGR. Το UGR εκτός από τους τυποποιημένους πίνακες από τους κατασκευαστές, υπολογίζεται και από τα λογισμικά μελετών φωτισμού εισάγοντας όμως εκ νέου παρατηρητές σε όποια θέση ή θέσεις επιθυμεί ο μελετητής. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται μια περίπτωση φωτιστικού και των διορθωμένων τιμών του δείκτη UGR.

Πίνακας 8: Ενδεικτικός πίνακας δήλωσης UGR από κατασκευαστή φωτιστικού σώματος.

Τιμές UGR									SHR=0,25		
ρ Οροφή		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Τοίχοι		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Δάπεδο		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Μέγεθος Χώρου		Οπτική κατεύθυνση εγκάρσια προς τον άξονα του φωτιστικού					Οπτική κατεύθυνση παράλληλα προς τον				
2H	2H	12,0	12,8	12,2	13,0	13,2	12,0	12,8	12,2	13,0	13,2
	3H	11,8	12,5	12,1	12,8	13,0	11,9	12,6	12,1	12,8	13,0
	4H	11,8	12,4	12,1	12,7	12,9	11,8	12,4	12,1	12,7	13,0
	6H	11,7	12,3	12,0	12,6	12,9	11,7	12,3	12,0	12,6	12,9
	8H	11,7	12,2	12,0	12,5	12,8	11,7	12,2	12,0	12,5	12,8
	12H	11,6	12,2	12,0	12,5	12,8	11,6	12,2	12,0	12,5	12,8
4H	2H	11,8	12,4	12,1	12,7	12,9	11,8	12,4	12,1	12,7	13,0
	3H	11,6	12,2	12,0	12,5	12,8	11,7	12,2	12,0	12,5	12,8
	4H	11,6	12,0	11,9	12,4	12,7	11,6	12,0	12,0	12,4	13,7
	6H	11,6	11,9	11,9	12,2	12,6	11,5	11,9	11,9	12,3	12,6
	8H	11,4	11,8	11,9	12,2	12,6	11,5	11,8	11,9	12,2	12,6
	12H	11,4	11,7	11,8	12,1	12,5	11,4	11,7	11,9	12,1	12,6
8H	4H	11,4	11,8	11,9	12,2	12,6	11,5	11,8	11,9	12,2	12,6
	6H	11,4	11,5	11,8	12,0	12,5	11,4	11,7	11,8	12,1	12,5
	8H	11,3	11,5	11,8	12,0	12,5	11,3	11,6	11,8	12,0	12,5
	12H	11,3	11,5	11,7	11,9	12,4	11,3	11,5	11,8	11,9	12,4
12H	4H	11,4	11,7	11,8	12,1	12,5	11,4	11,7	11,9	12,1	12,6
	6H	11,3	11,5	11,8	12,0	12,5	11,3	11,8	11,8	12,0	12,5
	8H	11,3	11,5	11,7	11,9	12,4	11,3	11,8	11,8	11,9	12,4

Το ηλεκτρικό σύστημα

Τον πρώτο ρόλο εδώ έχει η συντήρηση. Συχνά συναντάμε στα σχολεία φθαρμένα καλώδια, σπασμένες λάμπες οροφής με πλαστικά καλύμματα που έχουν χαλαρώσει και είναι έτοιμα να πέσουν, πρίζες κατεστραμμένες, με σπασμένα καλύμματα ασφαλείας, φθορά στα υδραυλικά συστήματα έτσι ώστε να περνά νερό στο ηλεκτρικό δίκτυο. Όλα αυτά θα πρέπει να επισημαίνονται και να διορθώνονται έγκαιρα.

Βασικές αρχές ασφάλειας

- ✚ Καλύμματα ασφαλείας στις πρίζες, ειδικά σε σχολεία που έχουν μικρούς σε ηλικία μαθητές. Διακόπτες ηλεκτροπληξίας στους πίνακες ελέγχου. Προσοχή όμως, ο διακόπτης διαφυγής δεν είναι πανάκεια. Η τοποθέτησή του δεν δικαιολογεί τη μη τήρηση των κανόνων συντήρησης και ασφαλούς χρήσης του ηλεκτρικού συστήματος.
- ✚ Ο ηλεκτρονικός πίνακας καλό θα είναι να παραμένει κλειδωμένος.
- ✚ Δεν επιτρέπεται η συγκράτηση των ασφαλειών με κολλητή ταινία «για να μην πέφτουν» (κάτι που έχει παρατηρηθεί σε αρκετά κτίρια). Οι ασφάλειες υπάρχουν για να «πέφτουν», όταν υπάρχει κάποιο πρόβλημα και αν μια ασφάλεια πέφτει συχνά, το πρόβλημα θα το λύσει ο ηλεκτρολόγος.
- ✚ Δεν θα πρέπει να υπάρχουν εκτεθειμένα καλώδια που κρέμονται ή αιωρούνται. Τα καλώδια θα πρέπει να είναι καλά στερεωμένα και να υπάρχει μονωτικό υλικό. Φθαρμένα καλώδια και φις αντικαθίστανται αμέσως.
- ✚ Δεν αναφερόμαστε στις θερμάστρες με ανοικτή πυρακτούμενη αντίσταση και φθαρμένα καλώδια διότι πιστεύουμε ότι δεν χρησιμοποιούνται πια. Όπου υπάρχουν, πρέπει να καταργηθούν αμέσως.

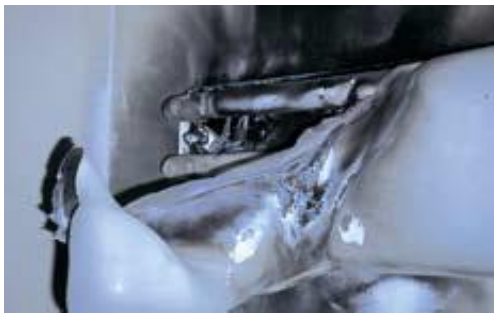
Πρόληψη ηλεκτροπληξίας

- Μόνο κατάλληλες ασφάλειες! Ποτέ συρματάκια στην ασφάλεια. Για ορισμένα κράτη βέβαια η συνήθεια μη αλλαγής (πρόσθεση) καμμένης ασφάλειας, αλλά η ένωση των δύο άκρων με σύρμα είναι αδιανόητη και άγνωστη.
- Σωστές πρίζες και φις (όχι λεπτές κατασκευές που σπάνε εύκολα).
- Έλεγχος καλωδίων συχνά. Φθαρμένα καλώδια δεν «μπαλώνονται», αλλά αντικαθίστανται αμέσως.
- Πριν ανοιχτούν μηχανήματα (π.χ. φωτοτυπικά για αφαίρεση χαρτιού) πάντα απομόνωση του ρεύματος.
- Πιστή εφαρμογή των οδηγιών κατασκευαστού κάθε μηχανήματος.
- Κλήση ηλεκτρολόγου αμέσως μόλις εντοπιστεί βλάβη.
- Όχι υπερφόρτωση παροχής (πολλά φις σε μια παροχή).
- Όχι ερασιτεχνική και πρόχειρη επισκευή. Πρόχειρες επισκευές συνήθως παραμένουν μόνιμα.
- Όχι αλλαγή ασφάλειας χωρίς κλείσιμο γενικού διακόπτη (φακός φωτισμού κοντά στο κουτί).
- Όχι τράβηγμα του φις από το καλώδιο για να το βγάλουμε από την πρίζα.
- Ποτέ καλώδια μέσα από νερά ή υγρές περιοχές. Προσοχή εάν τρέχουν νερά στους τοίχους!

- Να μην κρέμονται ελεύθερα καλώδια-όχι πολύπριζα και καλώδια στο πάτωμα (και για λόγους Πρόληψης πτώσεων).

Φωτισμός κτιρίου (προδιαγραφές ελληνικού Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων - ΟΣΚ)–(Επιλογή)

○ Αίθουσα διδασκαλίας	300 LUX
○ Εργαστήριο	300 LUX
○ Βιβλιοθήκη	500 LUX
○ Αίθουσα πολλαπλής χρήσης	300 LUX
○ Διάδρομοι	150 LUX
○ Λεβητοστάσιο – Αποθήκες	150 LUX
○ Κυλικείο	300 LUX



Βραχυκύκλωμα με επικίνδυνη πυρκαγιά σε φωτιστικό οροφής, κακής κατασκευής.



Η πτώση καλυμμάτων φωτιστικών σωμάτων (συνήθης πληγή στην Ελλάδα) μπορεί να γίνει και επικίνδυνη. Μήπως πέφτουν και οι λάμπες φθορίου; (Πάτρα 2000).



Κακή κατασκευή φωτιστικών σωμάτων (ετοιμόρροπο κάλυμμα, σκουριά). Θα πρέπει να δίνεται (από την επιβλέπουσα την κατασκευή των σχολείων υπηρεσία του ΟΣΚ) σημασία και στο εργοστάσιο παραγωγής (Ανατολική Χαλκιδική