

ΤΟ  
ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΣ  
στο ΜΟΥΣΕΙΟ

ανάλυση και μελέτη  
συστήματος φωτισμού σε εκθεσιακό χώρο

Ερευνητικό θέμα - Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών  
Αναστασία Ακρίβου  
Επιβλέπων: Άρης Τσαγκρασούλης

# ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΣ ΣΤΟ ΜΟΥΣΕΙΟ

Ανάλυση και μελέτη συστήματος φωτισμού σε εκθεσιακό χώρο

Ερευνητικό θέμα

Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Σεπτέμβριος 2010

Ακρίβου Αναστασία

Επιβλέπων: Τσαγκρασούλης Άρης

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα ερευνητική εργασία ευρύτερο αντικείμενο μελέτης αποτελεί ο φωτισμός και διερευνάται πρώτα ως φυσικό φαινόμενο, δεύτερον σε σχέση με τα κτίρια και ειδικότερα τέλος σε χώρους εκθέσεων - μουσεία. Η εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη: Στο πρώτο μέρος, που αποτελεί το εισαγωγικό κομμάτι όσον αφορά το φωτισμό, ανιχνεύονται τα χαρακτηριστικά του φυσικού και τεχνητού φωτός και η σχέση που αυτό έχει με το κτίριο. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται από τον αρχιτέκτονα κατά την αρχική φάση σχεδιασμού ενός κτιρίου, καθορίζουν τη συμπεριφορά που αυτό θα έχει σε σχέση με το φως. Τίθενται θέματα προσανατολισμού, μορφής του κτιρίου, θέσης των ανοιγμάτων και σε δεύτερο επίπεδο θέματα επιλογής των υαλοπινάκων, σκιάστρων και φωτιστικών.

Στο δεύτερο μέρος γίνεται μια εξειδίκευση της έρευνας στη σχέση του φωτισμού με τους εκθεσιακούς χώρους που, λόγω της λειτουργίας τους, απαιτούν ιδιαίτερο χειρισμό σε αυτό το θέμα. Επίσης ερευνάται κατά πόσο το φυσικό φως μπορεί να είναι αποτελεσματική λύση για αυτό το είδος κτιρίου, με κριτήρια κατ' αρχήν αρχιτεκτονικά, λειτουργικά και οικονομικά - ενεργειακά που πάνω απ' όλα όμως διαφυλάσσουν την προστασία και καλή διατήρηση των εκθεμάτων. Παρουσιάζονται μουσεία σε διεθνές επίπεδο που κάνουν χρήση φυσικού φωτισμού με συστήματα καινοτομικά και μη.

Τέλος, με βάση το θεωρητικό υπόβαθρο που έχει αναπτυχθεί και τα συμπεράσματα που μπορούν να προκύψουν, στο τρίτο και τελευταίο μέρος μελετάται το σύστημα φυσικού φωτισμού σε εκθεσιακό χώρο, σε υφιστάμενο κτίριο στην πόλη του Βόλου. Στόχος της πρότασης είναι να δημιουργηθεί ένα σύστημα φωτισμού που δέχεται το φυσικό φως από πλάγια ανοίγματα και μέσω ανακλάσεων το κατευθύνει προς το κέντρο του εκθεσιακού χώρου όπου βρίσκονται τα εκθέματα. Η τρισδιάστατη φύση των έργων τονίζεται με τις δέσμες φυσικού φωτός που πέφτουν πάνω τους, ενώ δεν υπάρχει ανάγκη για μεγάλο περιορισμό των επιπέδων φωτισμού καθώς τα έργα δεν παρουσιάζουν σημαντική ευαισθησία στο φυσικό φως και τη φωτοχημική αντίδραση. Το σύστημα μπορεί με τροποποιήσεις ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και τη θέση των ανοιγμάτων να αποτελέσει παράδειγμα εφαρμογής σε παρόμοια κτίρια,

---

**ABSTRACT**

The objective of this research is the investigation of lighting primarily as a natural phenomenon, secondly in relation to architecture and finally in relation to museums and exhibition halls. The project is divided in three parts:

On the introductory part about light there is an attempt to detect the characteristics of natural and artificial light and its relationship to the building. The decisions made by the architect during the first stages of design are the ones that determine the relationship between the building and natural light. Matters of orientation, building plan and section, position of the openings, shading devices, type of glass and lighting fixtures are being examined.

The second part includes a specialization about museum lighting. Due to their special function, each museum requires individual handling on the subject of lighting. Moreover it is being investigated whether natural lighting can be an effective solution for this type of building on the base of architectural, functional and cost - energy criteria, that primarily protect and preserve the nature of the exhibits. There is a presentation of internationally - famous museums that use natural lighting systems.

As a conclusion there is the study of the lighting system for an exhibition hall. The exhibition hall is created in a former industrial building situated in the city of Volos. The proposal aims to create a lighting system that receives natural light from side openings and through reflections it directs light to the center of the building towards the exhibits. The three dimensional nature of the exhibits is going to be highlighted by the beams of natural light falling on them. There is no need for huge reduction of lighting levels since the exhibits do not show significant sensitivity to natural light and to photochemical reaction. The system can be modified depending on the location and position of openings and serve as an example application for similar buildings,

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### 6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 9 Α' ΜΕΡΟΣ - ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Φωτισμός και αρχιτεκτονική

Η ηλιακή ακτινοβολία

Μετρώντας το φως

Το οπτικό μας σύστημα

Φυσικός φωτισμός

Συστήματα φωτισμού

Τζάμια

Συστήματα σκίασης

Τεχνητός φωτισμός

Φωτιστικά

Κατηγορίες φωτισμού

Φωτομετρικές απαιτήσεις φωτιστικών

Τεχνικές απαιτήσεις

Κατηγορίες φωτιστικών

Σχεδιασμός φωτιστικού

Θάμβωση

Παράμετροι για το σχεδιασμό

Εξοικονόμηση ενέργειας

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>71</b>	<b>Β' ΜΕΡΟΣ - ΠΕΡΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΟΥΣΕΙΩΝ</b>	Γενικά περί φωτισμού μουσείων Χρήση φυσικού φωτισμού Φθορά και προστασία των εκθεμάτων Τεχνητός φωτισμός Υποκειμενικά κριτήρια και υπόβαθρο για το σχεδιασμό φωτισμού Ανάδειξη αντικειμένων Φωτισμός προθηκών Προσαρμογή του συστήματος φωτισμού Μέθοδοι υπολογισμού - εργαλεία
<b>139</b>	<b>Γ' ΜΕΡΟΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ</b>	Το υφιστάμενο κτίριο Αποτύπωση του υφιστάμενου κτιρίου Ανάλυση του φωτισμού στην υφιστάμενη κατάσταση Η πρόταση
<b>203</b>	<b>ΕΠΙΛΟΓΟΣ</b>	
<b>205</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ



ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΣ ΣΤΟ ΜΟΥΣΕΙΟ. Ανάλυση και μελέτη συστήματος φωτισμού σε εκθεσιακό χώρο.



Ο ήλιος αποτελεί την κυριότερη πηγή ενέργειας χάρη στην οποία υπάρχει ζωή στον πλανήτη. Σε μια εποχή όπου η αλόγιστη χρήση γαι-ανθράκων έχει οδηγήσει στα γνωστά πλέον σε όλους ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα, το δομημένο περιβάλλον οφείλει να αξιοποιήσει όσο δυνατόν περισσότερο τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εν προκειμένω το φυσικό φωτισμό. Ο αρχιτέκτονας είναι εκείνος ο οποίος μέσα από το σωστά μελετημένο σχεδιασμό των κτιρίων θα δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης και εργασίας για τους χρήστες - κατοίκους του εκάστοτε τύπου κτιρίου και θα προωθήσει την αντίληψη για τη χρήση του φυσικού φωτισμού. Ιδιαίτερη πρόκληση αποτελεί για έναν αρχιτέκτονα ο σχεδιασμός του συστήματος φωτισμού σε μουσεία. Η ανάγκη για επαρκή φωτισμό και σωστή ανάδειξη των εκτιθέμενων αντικειμένων πρέπει να αντισταθμίσει τις βλαβερές συνέπειες που μπορεί να επιφέρει σε αυτά. Η προβολή και ταυτόχρονα η συντήρηση των έργων τέχνης αποτελούν αντικρουόμενες λειτουργίες ενός μουσείου που μόνο ως ενιαίο φαινόμενο μπορούν να μελετηθούν.





«...αρχιτεκτονική είναι το επιδέξιο,  
σωστό και θαυμαστό παιχνίδι  
των όγκων στο φως...»

*Le Corbusier, 1927, για τους Αιγαιοπελαγίτικους οικισμούς - στη φωτο: Άνω Σύρος*

Α' ΜΕΡΟΣ  
ΦΩΤΙΣΜΟΣ

## ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Κάνοντας μία μικρή αναδρομή στην ιστορία της αρχιτεκτονικής, θα δούμε ότι η μορφή, το σχήμα, οι επιλογές των υλικών και των χρωμάτων έχουν πάντα σχέση με την εισαγωγή του φυσικού φωτός μέσα στα κτίρια.

Τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού και η χωροθέτηση των δραστηριοτήτων αποτελούσαν για πολλούς αιώνες συστατικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής επίλυσης, με τα ανοίγματα να αποτελούν κυρίαρχο στοιχείο του κτιρίου. Τα υλικά κατασκευής (πέτρα και ξύλο) καθόριζαν αυτή τη σχέση, με αποτέλεσμα το φως να υπάρχει σχεδόν μόνο όπου ήταν απαραίτητο για τη λειτουργία του χώρου. Χαρακτηριστικό είναι πώς παρουσιάζεται το φως σε σχέση με την ανθρώπινη δραστηριότητα μέσα από τους πίνακες του Vermeer του 17<sup>ου</sup> αιώνα.

Με τη βιομηχανική επανάσταση η σχέση του φυσικού φωτός με το κτιριακό κέλυφος αλλάζει, αφού ο σίδηρος επιτρέπει πλέον τη δημιουργία μεγάλων ανοιγμάτων. Ο απόλυτος έλεγχος όμως της ποιότητας του φωτισμού πλέον χάνεται, αφού δημιουργούνται μεγάλες φωτιστικές επιφάνειες εμφανίζοντας ταυτόχρονα προβλήματα θάμβωσης, υπερθέρμανσης και θερμικών απωλειών.

Με την εφεύρεση του λαμπτήρα πυρακτώσεως από τον Thomas Edison το 1879, τα πράγματα στην ιστορία του φωτισμού αλλάζουν. Το τεχνητό φως, ως απόλυτα ελεγχόμενο μέσο, αντικαθιστά τα παράθυρα, τους φεγγίτες, τα ανοίγματα οροφής. Ο φωτισμός των χώρων δεν εξαρτάται πια από τη σχέση των ανοιγμάτων με το εξωτερικό περιβάλλον και το περιβάλλον. Η βιομηχανοποίηση, η μαζική παραγωγή και η δημιουργία νέων κατασκευαστικών υλικών και νέων τεχνολογικών δυνατοτήτων οδηγούν σε κτίρια με μεγαλύτερο βάθος, χαμηλότερο ύψος, που λειτουργούν ανεξάρτητα από το γύρω τους περιβάλλον και αδιάφορα προς αυτό.

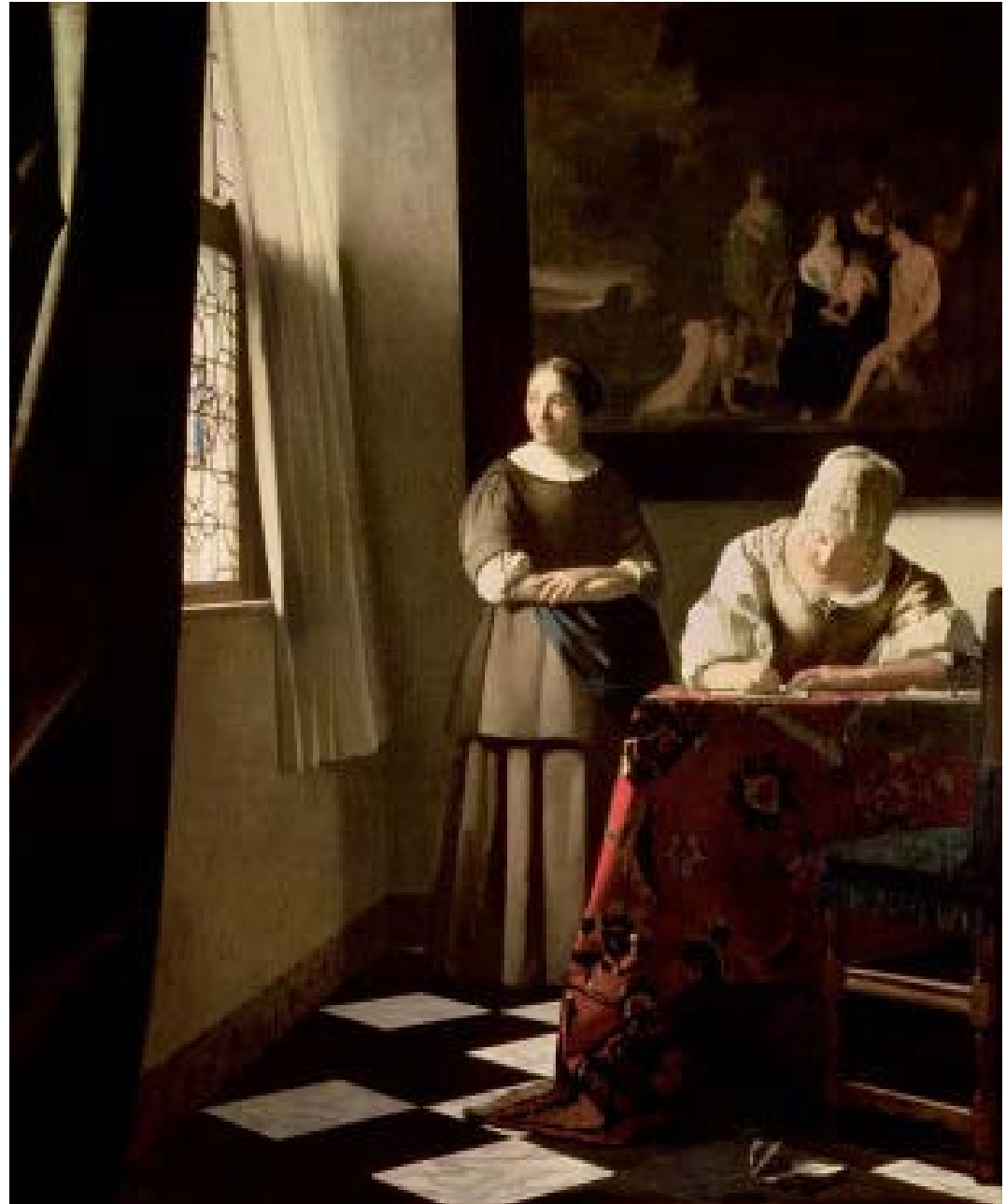
Το μοντέρνο κίνημα από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα θα χρησιμοποιήσει τα επιτεύγματα της νέας τεχνολογίας με τρόπο δημιουργικό ώστε να εξελιχθεί η μορφή και η λειτουργία της κατοικίας και των άλλων κτιριακών μορφών, ενσωματώνοντας παράλληλα παραμέτρους κλιματικές και στοιχεία από το περιβάλλον.

Οι τελευταίες δεκαετίες του 20<sup>ου</sup> αιώνα αντίθετα χαρακτηρίζονται από μια οικονομία στο κόστος, τα υλικά, το χρόνο κατασκευής, όχι όμως και στον τομέα της ενέργειας, με τα συστήματα φυσικού φωτισμού να αγνοούνται τελείως και να δίνουν τη θέση τους στον τεχνητό φωτισμό.

Ο τεχνητός φωτισμός όμως όταν χρησιμοποιείται αλόγιστα εκτός από το μεγάλο του λειτουργικό κόστος στον κτιριακό τομέα, έχει αποδειχθεί ότι συνδέεται με πολλά προβλήματα που εμφανίζονται στον άνθρωπο, όπως χρόνιοι πονοκέφαλοι, κόπωση, αλλεργίες, νόσο των Λεγεωναρίων, οφθαλμικά προβλήματα.

Έτσι τις τελευταίες δεκαετίες η αρχιτεκτονική σε παγκόσμιο επίπεδο κυριαρχείται από την εφαρμογή νέων τεχνολογιών και υλικών με στόχο τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου. Στο ενεργειακό πρόβλημα δίνεται απάντηση με κτίρια βιοκλιματικά, που προσαρμόζονται στο περιβάλλον και αξιοποιούν τους διαθέσιμους πόρους. Η ένταξη του φυσικού φωτισμού στα κτίρια αποτελεί πλέον πρωταρχική παράμετρο στο σχεδιασμό, με παράλληλη χρήση νέων τεχνικών για τον έλεγχο του φωτισμού με εξαιρετικά αισθητικά και λειτουργικά αποτελέσματα.





Εικόνα 1. (αριστερή σελίδα) σύστημα φυσικού φωτισμού στο θόλο του Reichstag στο Βερολίνο, από το N. Foster (προσωπικό αρχείο)

Εικόνα 2. (αριστερή σελίδα) σύστημα φυσικού φωτισμού και σκίασης στο θόλο του Reichstag στο Βερολίνο, από το N. Foster (προσωπικό αρχείο)

Εικόνα 3. (δεξιά) «Γυναίκα που γράφει γράμμα με τη βοηθό της», Vermeer, 1670

Κάθε τόπος έχει διαφορετικό φως, με συγκεκριμένο ρυθμό εναλλαγής φωτός - σκιάς και συγκεκριμένες εντάσεις, το γνωστό ως *genius loci*, που ορίζεται από τις γεωγραφικές συντεταγμένες του κάθε τόπου. Το φως δεν είναι ποτέ στατικό, αλλά αλλάζει διαρκώς ένταση, κατεύθυνση και φωτεινότητα. Το φυσικό φως εκτός από τις πρακτικές του ιδιότητες επιδρά θετικά στο οπτικό μας σύστημα, στην υγεία αλλά και στην ψυχολογία.

Από πρακτικής πλευράς το φυσικό φως είναι αναγκαίο για τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων του σώματός μας, την καλή λειτουργία του κυκλοφορικού μας συστήματος, την εξασφάλιση βιταμίνης D για την ανάπτυξη των οστών και την πρόληψη παθήσεων που σχετίζονται με κατάθλιψη λόγω ελλιπούς έκθεσης στον ήλιο.

Επίσης η εναλλαγή του φωτός (ποιοτική και ποσοτική) επηρεάζει την ψυχολογία του ανθρώπου. Ένα μεγάλο παράθυρο μπορεί να μεγαλώσει τα όρια ανοχής μας στο κρύο, αφού το φυσικό φως και η θέα είναι ιδιαίτερα επιθυμητά από τον άνθρωπο, ακόμα και αν αυτά λειτουργούν εις βάρος της ιδιωτικότητας. Επίσης ο φυσικός φωτισμός στο χώρο εργασίας μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα.

Ωστόσο παρά τις ευεργετικές του ιδιότητες, ο ήλιος μπορεί να είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για την ανθρώπινη υγεία όταν υπάρχει υπερέκθεση ή ελλιπής προστασία (γήρανση του δέρματος, εγκαύματα, θάμβωση).

Ο φυσικός φωτισμός καθορίζει τις συνήθειες, τον τρόπο ζωής και το χαρακτήρα των ανθρώπων αλλά και το χτισμένο περιβάλλον που ο ίδιος ο άνθρωπος δημιουργεί, οδηγούμενος συνειδητά ή υποσυνείδητα από τη σχέση του με το φως. Αυτό είναι πρακτικά εμφανές στον τρόπο με τον οποίο εισάγουμε το φως στα κτίρια σε διαφορετικά μέρη της γης (π.χ. Ιαπωνία, Ολλανδία, Ελλάδα) και σε διαφορετικές εποχές. Τα παράθυρα ανάλογα με το μέγεθος, τον προσανατολισμό, τα υλικά και τη θέα που προσφέρουν μαρτυρούν για τη σχέση ανάμεσα στον εσωτερικό χώρο και το περιβάλλον και κατ' επέκταση το φυσικό φως.

Σύμφωνα με τον Le Corbusier, *“the history of window is also that of architecture”*. Τα θερμικά οφέλη, η απώλεια θερμότητας και το φως οδηγούν κάθε φορά, και πάντα σε σχέση με το κλίμα της περιοχής, σε διαφορετική αντιμετώπιση του κτιρίου ως προς το φυσικό φως.

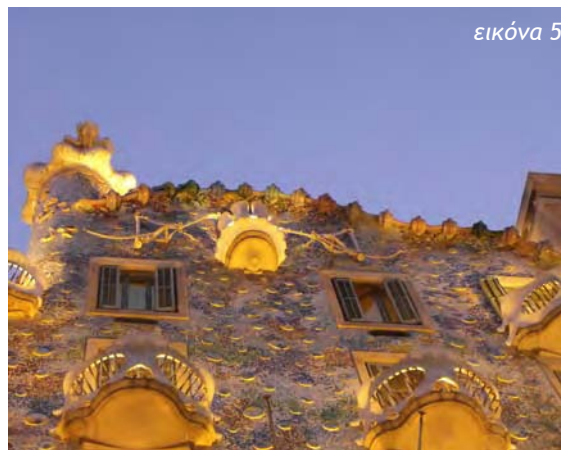
Το φως έχει τη δυνατότητα να ορίζει το χώρο και να λειτουργεί ως στοιχείο σύνδεσης, διαχωρισμού, ενότητας, διαφοροποίησης, προσανατολισμού, εστίασης, κυριαρχίας, κίνησης και ιδιωτικότητας, πάντα όμως λειτουργώντας σε σχέση με το περιβάλλον του κτιρίου, τα υλικά και τα χρώματα.

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δώσουμε στο συμβολικό χαρακτήρα του φωτός, που αποδίδει το «καλό» και το «Θείο» όπως παρουσιάζεται σε λατρευτικούς κυρίως χώρους, όπου σε σχέση με τις αρχιτεκτονικές φόρμες μπορεί να υπομνήσει το μυστήριο, την ανάταση και την ιερότητα.

εικόνα 6.



εικόνα 4.



εικόνα 5.

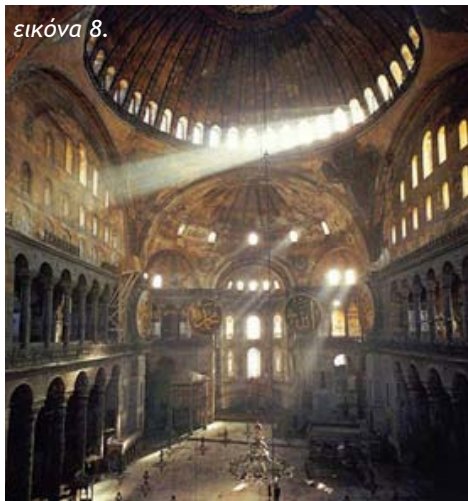


*"...structure is the maker of light. When you decide on the structure, you're deciding on light. In the old buildings, the columns were an expression of light. Light, no light, light, no light, light, you see. The module is also light, no light. The vault stems from it. The dome stems from it. And the same realization that you are releasing light."*

Louis Kahn



εικόνα 7.



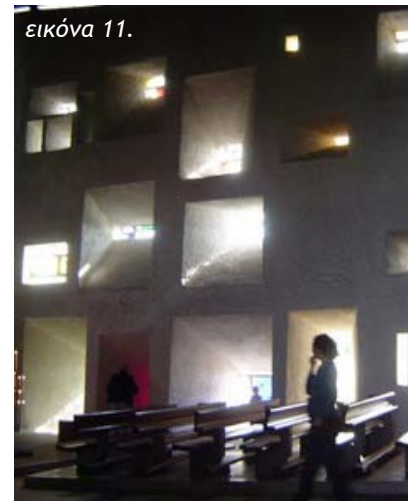
εικόνα 8.



εικόνα 9.



εικόνα 10.



εικόνα 11.

Εικόνα 4. Eames house, το φως ενοποιεί το μέσα με το έξω  
Εικόνα 5. Casa Batlo, Gaudi, το φως αναδεικνύει τη φόρμα και τα υλικά

Εικόνα 6. Larkin building, Frank Lloyd Wright, διάχυτο φως στο χώρο εργασίας και τοπικά τεχνητός φωτισμός

Εικόνα 7. Παρθενώνας, το φως ως δομικό στοιχείο

Εικόνα 8. Αγία Σοφία, το θείο φως εξαυλώνει το χώρο

Εικόνα 9. Church of light, Tadao Ando, το φως ως συμβολικό στοιχείο

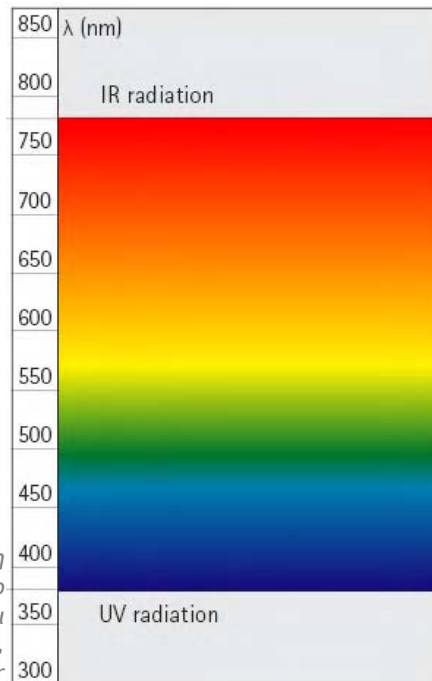
Εικόνα 10. Christ church, Saarinen, το φως συμβολικό και θείο και η σχέση του με τα υλικά

Εικόνα 11. Notre Dame du Haut, Le Corbusier, η ιερότητα του θείου φωτός σε σχέση με τα ανοίγματα (πηγές εικόνων: Google images)

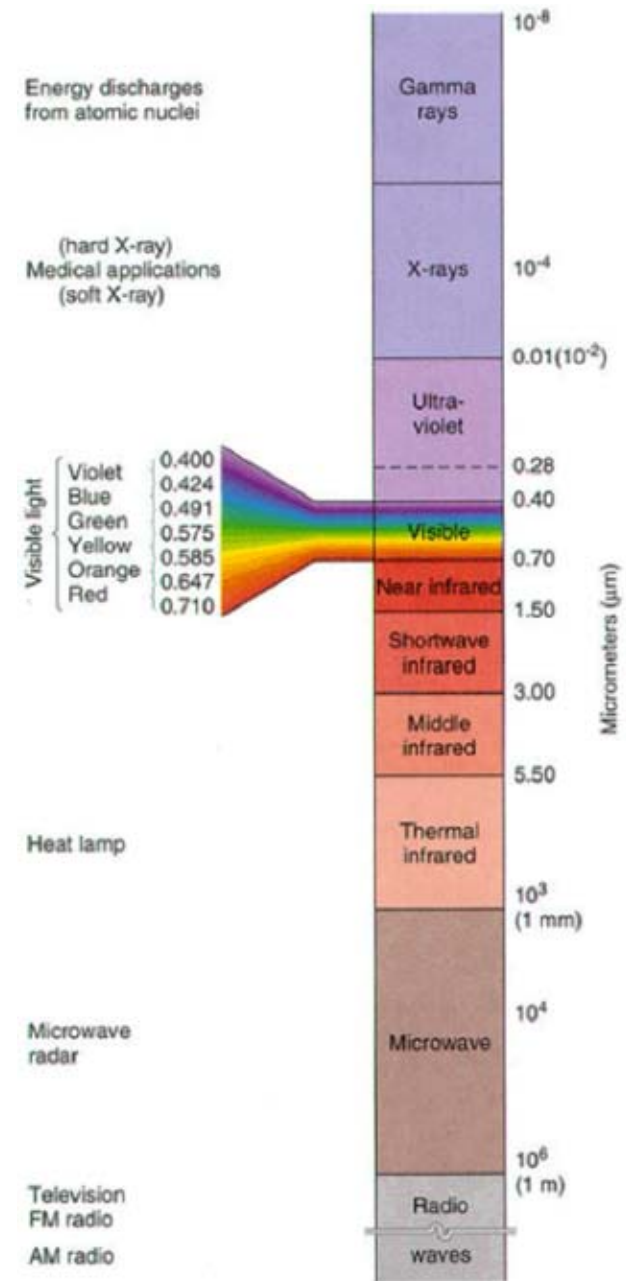
## Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ο ήλιος είναι η κυριότερη πηγή ενέργειας, χάρη στην οποία υπάρχει ζωή στον πλανήτη. Βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού μας συστήματος και γύρω του περιστρέφονται όλοι οι πλανήτες συμπεριλαμβανομένης και της γης. Σχετικά με τη φύση του φωτός, υπάρχουν δύο θεωρίες. Η πρώτη ανήκει στον Newton ο οποίος υποστήριξε ότι το φως έχει μοριακή υπόσταση, ενώ η δεύτερη θεωρία που διατυπώθηκε από τον Huygens αναφέρεται στο φως ως κύμα. Στην πραγματικότητα και οι δύο θεωρίες είναι σωστές, αφού μερικές ιδιότητες του φωτός εξηγούνται με τη θεωρία των μορίων, ενώ άλλες με τη θεωρία των κυμάτων.

Η ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος εμπίπτει σε ένα πολύ μικρό διάστημα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, που κυμαίνεται από τα 380 ως τα 780 nm. Αυτή η ακτινοβολία ονομάζεται γενικά «φως». Τελικά όμως αυτό που βλέπουμε με γυμνό μάτι (η ορατή ακτινοβολία) είναι ανάμεσα στα 400 και τα 700 nm. Άρα το φως (η ηλιακή ακτινοβολία) είναι ένα φυσικό μέγεθος.

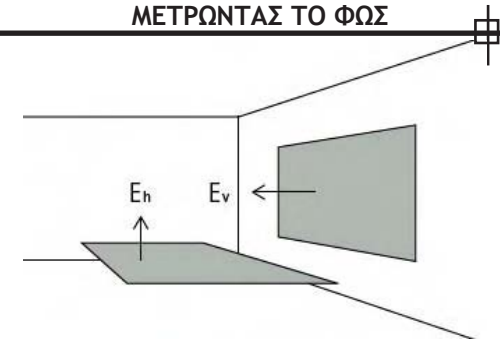
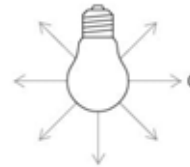


Εικόνα 12. το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και η ορατή ακτινοβολία - πηγή Ergo  
Εικόνα 13. το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και η ορατή ακτινοβολία - πηγή: light website, [www.light.physics.auth.gr](http://www.light.physics.auth.gr)



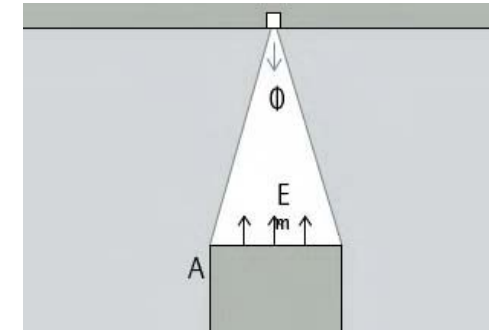
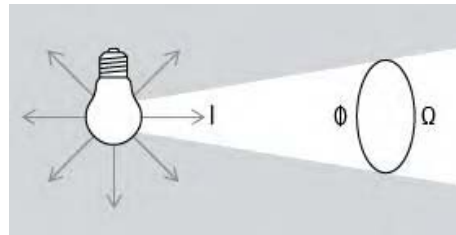
## ΜΕΤΡΩΝΤΑΣ ΤΟ ΦΩΣ

- **Φωτεινή ροή  $\Phi$  (luminous flux F)** είναι το συνολικό ποσό ορατής ακτινοβολίας που εκπέμπει μια πηγή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Από το φωτιστικό αυτό που τελικά παίρνω ( $\varphi$ ) είναι λίγο μικρότερο, και εξαρτάται από το συντελεστή απόδοσης ( $\eta$ ) του φωτιστικού. Η μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής  $\Phi$  είναι το lumen (lm)



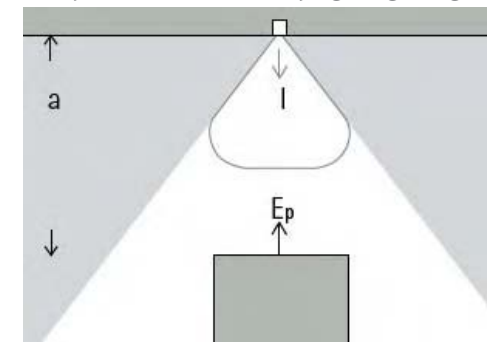
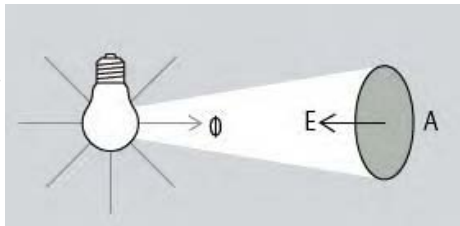
Εικόνα 14. πηγή: Erco, handbook of lighting design  
Εικόνα 15. πηγή: Erco, handbook of lighting design

- **Φωτεινή ένταση I (luminous intensity)** είναι το φως που εκπέμπει μια πηγή προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης I είναι η candela (cd). Ενδεικτικά η ένταση ενός κεριού είναι 1cd, ενώ του ήλιου  $3 \cdot 10^{27}$ cd



Εικόνα 16. πηγή: Erco, handbook of lighting design  
Εικόνα 17. πηγή: Erco, handbook of lighting design

- **Φωτισμός E (illuminance)** είναι η ποσότητα του φωτός που πέφτει ομοιόμορφα σε μια δοθείσα επιφάνεια. Στο φωτισμό παίζει ρόλο ο προσανατολισμός της επιφάνειας (για ένα γραφείο μετράμε τον οριζόντιο φωτισμό ενώ για ένα τοίχο τον κατακόρυφο), ενώ μπορεί να υπολογιστεί και για οποιοδήποτε σημείο στο χώρο. Όσο απομακρυνόμαστε από την πηγή φωτισμού, τόσο μικραίνει ο φωτισμός που μια επιφάνεια/σημείο δέχεται. Μετριέται με φωτόμετρα / λουξόμετρα και η μονάδα μέτρησης είναι το lux ( $\text{lm} / \text{m}^2$ ). Όταν το φως πέφτει κάθετα στην επιφάνεια, ο φωτισμός ισούται με το πηλίκο της έντασης με το τετράγωνο της απόστασης.  $E = I / d^2$



Εικόνα 18. πηγή: Erco, handbook of lighting design  
Εικόνα 19. πηγή: Erco, handbook of lighting design



- **Λαμπρότητα L (luminance)** είναι η ποσότητα φωτός που φτάνει στο μάτι μας, ύστερα από ανάκλαση σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια και αποτελεί το αντικειμενικό μέτρο αίσθησης της φωτεινότητας μιας επιφάνειας. Αλλιώς, είναι η φωτεινή ένταση που πέφτει σε μια επιφάνεια, διαιρούμενη με την επιφάνεια  $L=I/s$  και εξαρτάται από τη θέση του παρατηρητή.  $L=E \cdot \rho / \pi$  Κάθε αντικείμενο μπορεί να εκπέμπει φως μέσω ανάκλασης.

Η λαμπρότητα δεν είναι το ίδιο με τη φωτεινότητα. Η φωτεινότητα είναι η υποκειμενική αίσθηση της λαμπρότητας. Γενικά θέλω μικρές λαμπρότητες για να έχω μικρό contrast. Αν μεγαλώσω την πηγή, μικραίνει η λαμπρότητα. Τελικά αυτό που βλέπει το μάτι μας είναι η λαμπρότητα μιας επιφάνειας, πάνω στην οποία πέφτει φως, καθώς τη συγκρίνει με το γύρω περιβάλλον της.

Η μονάδα μέτρησης της λαμπρότητας L είναι  $cd/m^2$ . Ενδεικτικά η λαμπρότητα του κεριού είναι  $8000 cd/m^2$ , ενώ του ήλιου  $1,6 \cdot 10^2 cd/m^2$

- **$\rho$  reflectance - ανακλαστικότητα**

το ποσοστό του φωτός που πέφτοντας σε μια επιφάνεια θα ανακλαστεί

- **$\tau$  transmittance - διαπερατότητα**

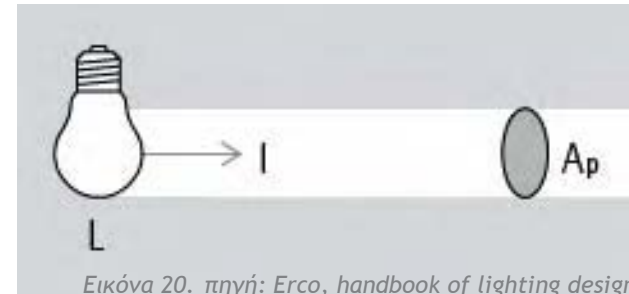
το ποσοστό που θα περάσει μέσα από την επιφάνεια

- **$\alpha$  absorptance - απορροφητικότητα**

το ποσοστό που απορροφάται από το σώμα στο οποίο προσπίπτει το φως

$\rho + \tau + \alpha = 1$  χαρακτηρίζουν τις ιδιότητες των υλικών -

δεν υπάρχουν ιδανικά υλικά με διαπερατότητα ή ανακλαστικότητα ή απορροφητικότητα 100%.



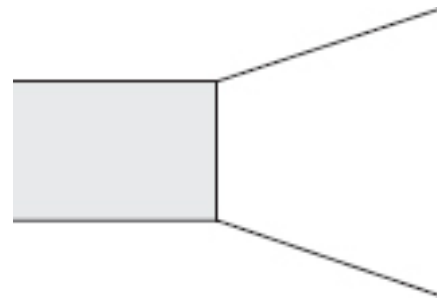
Εικόνα 20. πηγή: Erco, handbook of lighting design

Εικόνα 21. τυπικές τιμές φωτισμού - πηγή: Synthlight handbook

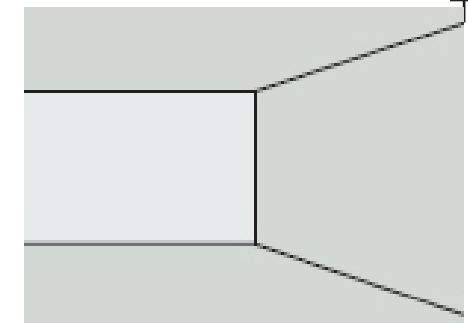


## ΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΜΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑ

Ο φωτισμός είναι ψυχοφυσικό μέγεθος, που παίζει πρακτικό αλλά και συναισθηματικό ρόλο στη ζωή μας. Μπαίνοντας κανείς σε ένα χώρο αυτό που αντιλαμβάνεται αμέσως σε σχέση με το φωτισμό είναι η αίσθηση μεγάλης φωτεινότητας ή πολύ μικρής ή κάτι το ενδιάμεσο. Σύμφωνα με την οπτική αντίληψη το μάτι μας παρατηρεί τη σταθερότητα των σχημάτων, ενώ τείνει να συμπληρώνει και να εντάσσει το σχήμα αυτού που βλέπει (εικόνες 25-27). Η αντίληψή μας βασίζεται στην εμπειρία, και τις γνώσεις από το παρελθόν, αφού τα γνωστά και οικεία σχήματα γίνονται πιο εύκολα αναγνωρίσιμα. Επίσης στην αντίληψη του χώρου σημαντικό ρόλο παίζει ο χρωματισμός των επιφανειών - αντικειμένων, αφού η συμπεριφορά του οπτικού μας συστήματος έχει σχέση και με το χρώμα. Το ίδιο ακριβώς χρώμα μπορεί να ερμηνευτεί διαφορετικά, ανάλογα με το χρώμα του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται (εικόνα 24).



Εικόνα 22. πηγή: Erco, handbook of lighting design



Εικόνα 23. πηγή: Erco, handbook of lighting design



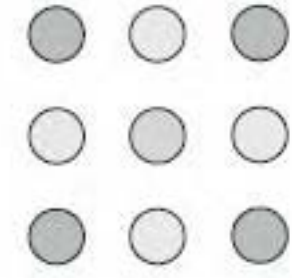
Εικόνα 24. πηγή: synthlight handbook



Εικόνα 25. πηγή: Erco, handbook of lighting design



Εικόνα 26. πηγή: Erco, handbook of lighting design



Εικόνα 27. πηγή: Erco, handbook of lighting design

Για παράδειγμα το ίδιο γκρι του πίσω τοίχου στις εικόνες 22 και 23 εμφανίζεται πιο σκούρο στην πρώτη, όπου το περιβάλλον είναι πιο ανοικτό, ενώ αντίθετα εμφανίζεται πιο ανοικτό όταν το συγκρίνουμε με το σκούρο περιβάλλον της δεύτερης. Στην τελευταία εικόνα ο μεσαίος κύκλος αν και είναι ίδιου χρώματος με τους 4 ανοιχτόχρωμους, στο μάτι μας εμφανίζεται πιο σκούρος από αυτούς, γιατί συγκρίνεται ταυτόχρονα και με τους 4 σκουρόχρωμους κύκλους.

Με αυτό τον τρόπο το μάτι προσαρμόζει το χρώμα που βλέπει στο περιβάλλον του.

Τα αντικείμενα που παρατηρούμε με ενδιαφέρον βρίσκονται στο κεντρικό πεδίο της όρασης περίπου σε έκταση  $2^\circ$ . Η περιφερειακή μας όραση αντίθετα είναι εξαιρετικά ευαίσθητη στην κίνηση και στην ξαφνική αλλαγή φωτεινότητας. Έτσι η κεντρική και περιφερειακή μας όραση μπορεί να είναι διαφορετικές, αλλά λειτουργούν συμπληρώνοντας η μία την άλλη, ώστε να αντιλαμβανόμαστε τις λεπτομέρειες των πραγμάτων που παρατηρούμε, ενώ ταυτόχρονα να μπορούμε να ελέγχουμε το γύρω περιβάλλον.

Σημαντικό στοιχείο επίσης για την κατανόηση της συμπεριφοράς του ματιού μας είναι ότι βλέπουμε λογαριθμικά, πράγμα που σημαίνει πρακτικά ότι για να αισθανθούμε διπλάσιο φως πρέπει να μεγαλώσουμε 7 φορές το μέγεθος του φωτισμού. Σε χαμηλά επίπεδα φωτισμού το οπτικό μας σύστημα είναι πολύ ευαίσθητο, ενώ αντίθετα σε υψηλά επίπεδα είναι πιο αναίσθητο.

Αν η διαφορά μεταξύ του φωτισμού σε δύο χώρους ξεπεράσει το 1:3 την αντιλαμβανόμαστε, ακριβώς επειδή βλέπουμε λογαριθμικά.

Το μάτι μας στην πραγματικότητα μπορεί να αντιληφθεί διαφορά ως και 1:1000, ενώ συνήθως για λειτουργικούς λόγους καθώς και λόγους προσαρμογής του ματιού, σχεδιάζουμε για διαφορά 1:40.

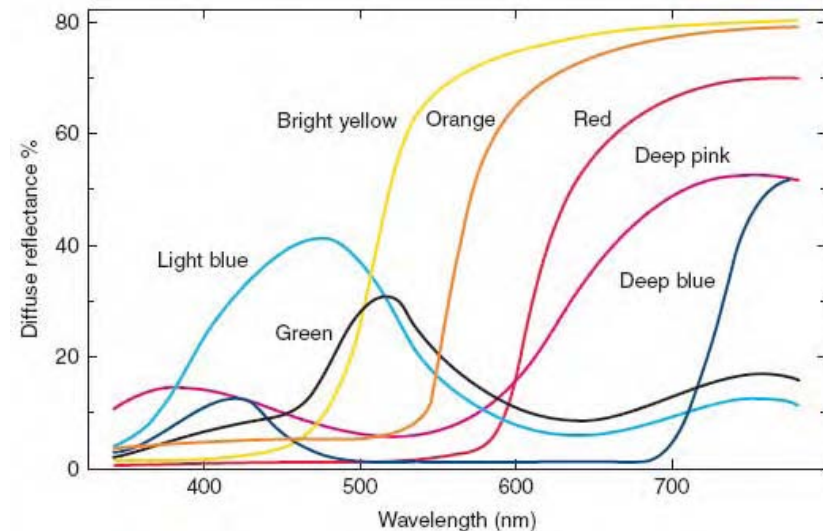
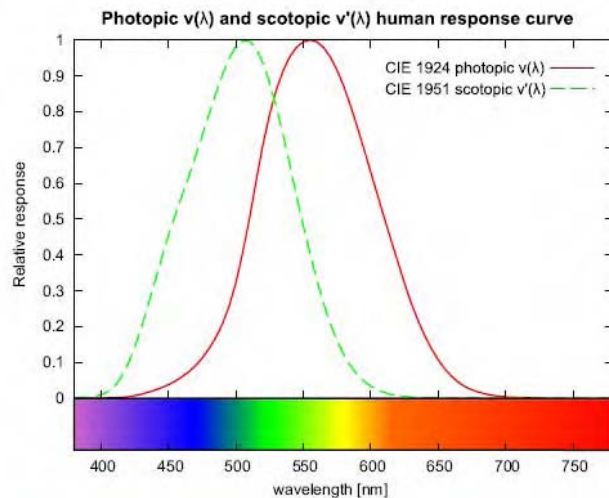
Το μάτι μας προσαρμόζεται συνεχώς σε εντελώς διαφορετικά επίπεδα λαμπροτήτων που αγγίζουν το 1:10.000.000.000 (π.χ. από το εξωτερικό περιβάλλον υπό το φως του ήλιου μπαίνουμε σε κλειστούς χώρους με κλειστά ή ανοικτά φώτα, κοιτάζουμε τηλεόραση, εστιάζουμε σε διαφορετικά αντικείμενα με διαφορετικές λαμπρότητες, διαβάζουμε κλπ.). Η προσαρμογή αυτή παίρνει κάποιο χρόνο. Ειδικότερα, η προσαρμογή από το φως στο σκοτάδι παίρνει σημαντικά περισσότερο χρόνο απ' ό,τι η προσαρμογή από το σκοτάδι στο φως. Είναι χαρακτηριστικό το μούδιασμα που νιώθουμε στα μάτια μας όταν από ένα κατάφωτο χώρο μπαίνουμε σε ένα σκοτεινό δωμάτιο μέχρι να μπορέσουμε να αντιληφθούμε πλήρως τα χαρακτηριστικά του. Έτσι διακρίνεται η σκοτοπική και η φωτοπική ευαισθησία, με υψηλότερη ευαισθησία στο πράσινο και στο κίτρινο αντίστοιχα. Χρειάζεται να περάσει μία ώρα περίπου για να αποκτήσουμε πλήρως σκοτοπική όραση. Γι' αυτό χρησιμοποιούμε μεταβατικούς χώρους (χώρους ανάσχεσης) που εξομαλύνουν αυτές τις διαφορές λαμπροτήτων και κάνουν πιο εύκολη και ξεκούραστη την προσαρμογή του ματιού μας (π.χ. διάδρομοι).

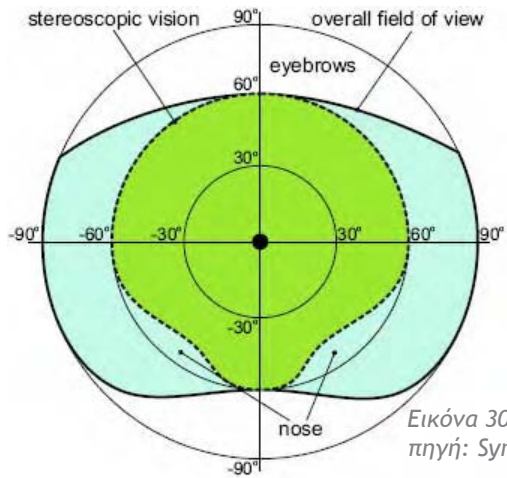
Σε ένα κτίριο χρειαζόμαστε ισορροπημένη κατανομή των λαμπροτήτων - contrast:

- μεταξύ επιφάνειας εργασίας και υποβάθρου 3:1
- μεταξύ επιφάνειας εργασίας και μακρινών σκοτεινών αντικειμένων 10:1
- μεταξύ πηγής φωτός και υποβάθρου 20:1

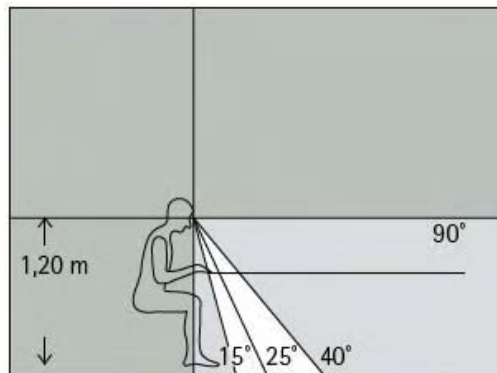
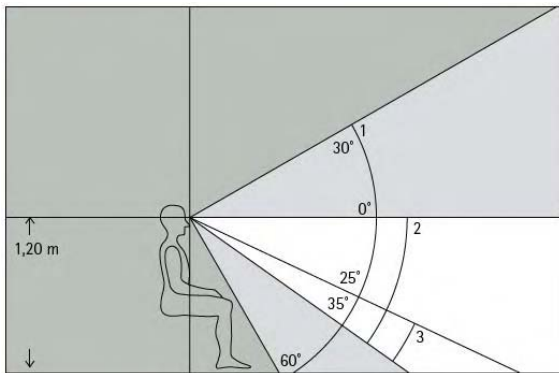
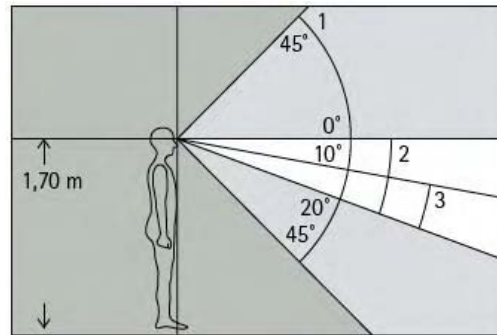
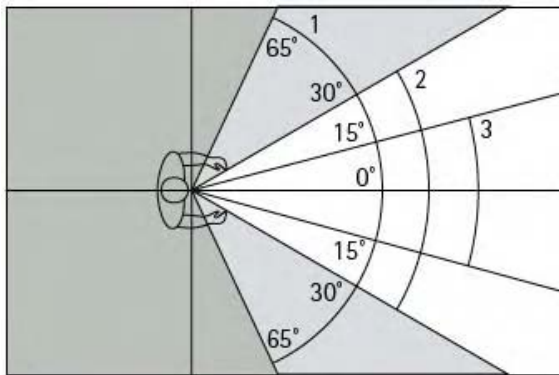
Εικόνα 28. σκοτοπική και φωτοπική ευαισθησία -  
πηγή: *Synthlight handbook*

Εικόνα 29. σχέση μήκους κύματος και φασματικής  
ανάκλασης - πηγή: *Cuttle, Lighting by design (2003)*





Εικόνα 30. το μάτι και το οπτικό πεδίο του ανθρώπου - πηγή: Synthlight handbook



Εικόνα 31.  
Εικόνα 32.  
Εικόνα 33.  
Εικόνα 34. το οπτικό πεδίο του ανθρώπου και το βέλτιστο οπτικό πεδίο για την καθιστή και όρθια στάση - πηγή: Synthlight handbook

## ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

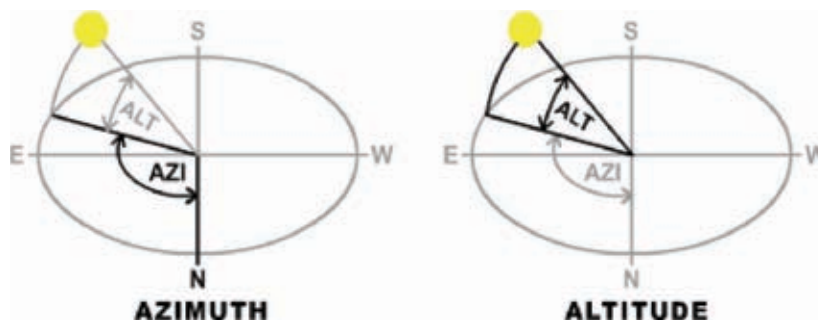
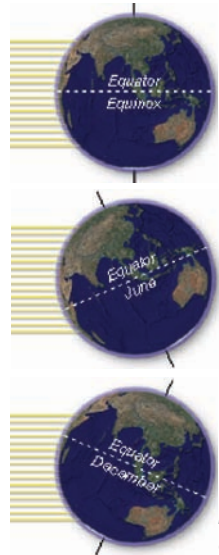
Η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονα Βορρά - Νότου ο οποίος σχηματίζει γωνία  $23,45^\circ$  με την κατακόρυφο. Σε αυτή την 24ωρη περιστροφή της οφείλεται ο διαχωρισμός της ημέρας και της νύχτας. Επίσης η γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο, ακολουθώντας ελλειπτική τροχιά, αποτέλεσμα της οποίας είναι η αλλαγή των εποχών και της διάρκειας της ημέρας καθ' όλο το έτος.

Τα ηλιακά διαγράμματα, όπως φαίνεται παρακάτω, μας δίνουν πληροφορίες για τη θέση του ήλιου στον ουράνιο θόλο ανά πάσα στιγμή, με βάση το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της υπό μελέτη περιοχής.

Η ακριβής θέση του ηλίου ορίζεται από τις ηλιακές γωνίες (solar angles), δηλαδή το αζιμούθιο (azimuth) και το ύψος (altitude), όπως φαίνεται στην εικόνα 36. Προκειμένου όμως να ορίσουμε τη θέση του ήλιου σε σχέση με ένα κτίριο χρειαζόμαστε τις γωνίες σκίασης (shadow angles) HSA και VSA, όπως φαίνεται στο σχήμα 37.

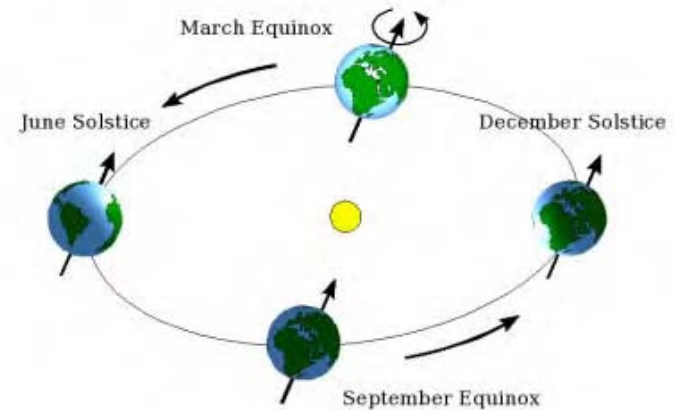
Κατά τη διάρκεια της ισημερίας (equinox) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου ο ήλιος κατανέμεται ομοιόμορφα στο Βόρειο και στο Νότιο ημισφαίριο, ενώ είναι ίση η διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.

Τον Ιούνιο η θέση της γης είναι τέτοια που το βόρειο ημισφαίριο δέχεται περισσότερη ακτινοβολία από τον ήλιο, σε σχέση με το νότιο ημισφαίριο. Στο βόρειο ημισφαίριο ο ήλιος βρίσκεται πιο ψηλά και είναι ορατός τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Στην υψηλότερη θέση βρίσκεται στις 21 Ιουνίου, οπότε και έχουμε το θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει στις 21 Δεκεμβρίου, οπότε έχουμε το χειμερινό ηλιοστάσιο. Στο νότιο ημισφαίριο προφανώς τα δύο ηλιοστάσια (equators) εμφανίζονται ανάποδα απ' ό,τι στο βόρειο.

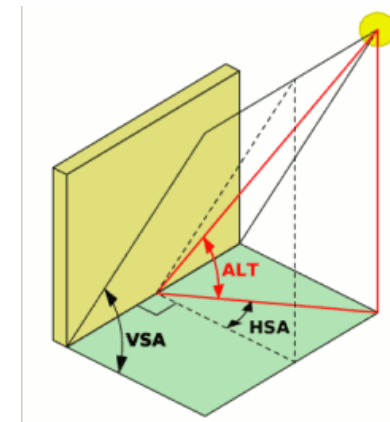


Εικόνα 37. το αζιμούθιο και το ύψος του ηλίου - πηγή: [www.squ1.org](http://www.squ1.org)

Εικόνα 36. ισημερία, το χειμερινό και το θερινό ηλιοστάσιο - πηγή: [www.squ1.org](http://www.squ1.org)



Εικόνα 35. Η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο -



Εικόνα 38. το αζιμούθιο και το ύψος του ηλίου - πηγή: [www.squ1.org](http://www.squ1.org)

Πηγές φυσικού φωτός:

- άμεσα από τον ήλιο (ηλιακό φως)
- από τον ουρανό (διάχυτο φως)
- από ανακλάσεις από το εξωτερικό περιβάλλον

Χαρακτηριστικά φυσικού φωτός:

μεγάλη φωτεινή δραστηριότητα 90-110 lm/W

άριστη χρωματική απόδοση - (συνεχές φάσμα, όλα τα χρώματα)

διαθέσιμο και ανεξάντλητο → εξοικονόμηση ενέργειας

ήλιος 80.000 lux το καλοκαίρι

ουρανός 20.000 lux το καλοκαίρι

Η κατανομή των λαμπροτήτων στον ουράνιο θόλο και συνεπώς η φωτεινότητα του ουρανού ποικίλει ανάλογα με τα κλιματικά δεδομένα. Για την απλοποίηση των υπολογισμών έχουν αναπτυχθεί τα ακόλουθα πρότυπα:

- ομοιόμορφη κατανομή λαμπροτήτων (uniform luminance sky distribution)  
με σταθερή τιμή προς όλες τις διευθύνσεις, ανταποκρίνεται σε μέρα με ομίχλη

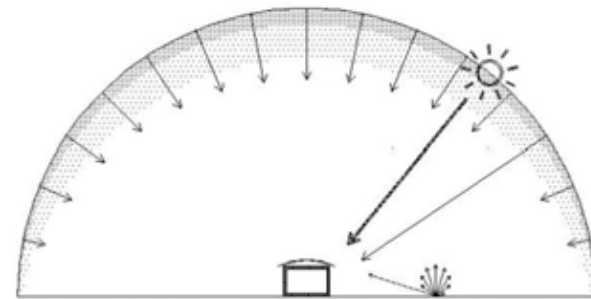
- CIE νεφοσκεπής ουρανός (overcast sky distribution)

Ουρανός καλυμμένος με σύννεφα όπου δε φαίνεται ο ήλιος. Αν υπάρχει νέφος κιτρινίζει. Το κέντρο είναι 3 φορές πιο λαμπρό από την περιφέρεια (γι' αυτό χρησιμοποιούμε ανοίγματα οροφής). Για τα κλιματικά δεδομένα της Ελλάδας ο νεφοσκεπής ουρανός είναι η χειρότερη περίπτωση και συμβαίνει με τη μικρότερη συχνότητα.

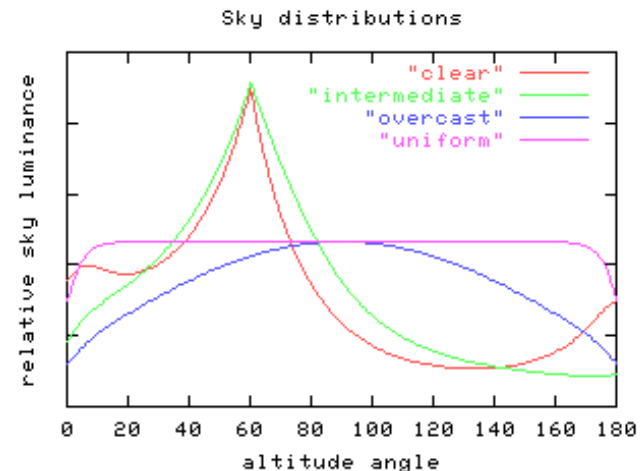
- Καθαρός ουρανός (clear sky luminance distribution)

Μη ομοιόμορφη κατανομή λαμπροτήτων. Το πιο σκοτεινό κομμάτι βρίσκεται σε γωνία 90° από τον ήλιο. Η περιφέρεια είναι πιο λαμπρή από το κέντρο.

Στους υπολογισμούς και στις θεωρήσεις που θα κάνουμε στη συνέχεια, θεωρούμε ότι ο ουρανός είναι νεφοσκεπής ακολουθώντας το πρότυπο CIE.



Εικόνα 39. οι πηγές του φυσικού φωτός - πηγή: TAREB energy comfort and buildings training source (2004), LEARN, London Metropolitan University



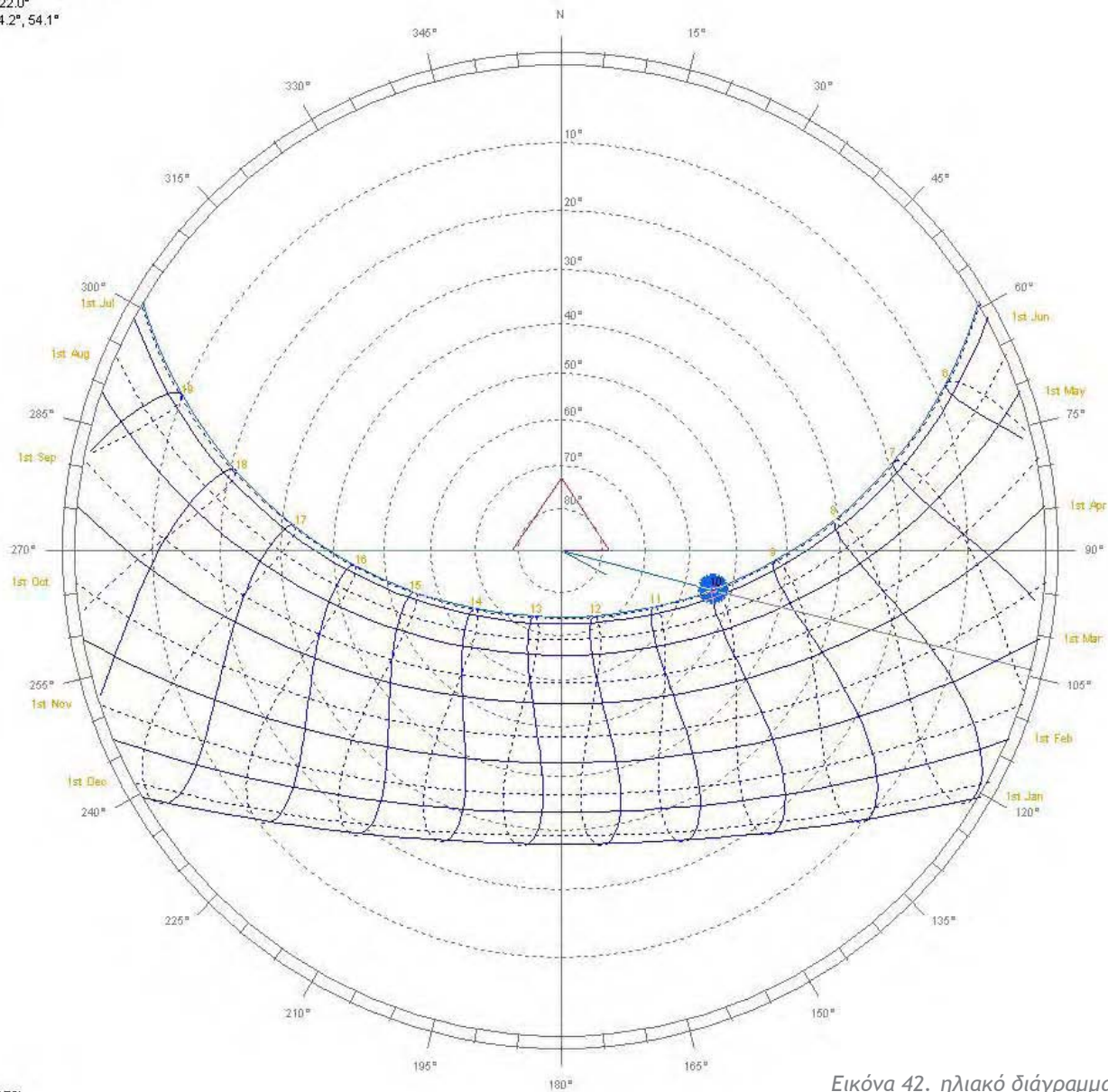
Εικόνα 40. διάγραμμα κατανομής λαμπροτήτων στον ουράνιο θόλο - πηγή: daymedia

Εικόνα 41. πρότυπα κατανομής λαμπροτήτων στον ουράνιο θόλο (ομοιόμορφη - νεφοσκεπής - καθαρός) - πηγή: www.squ1.org



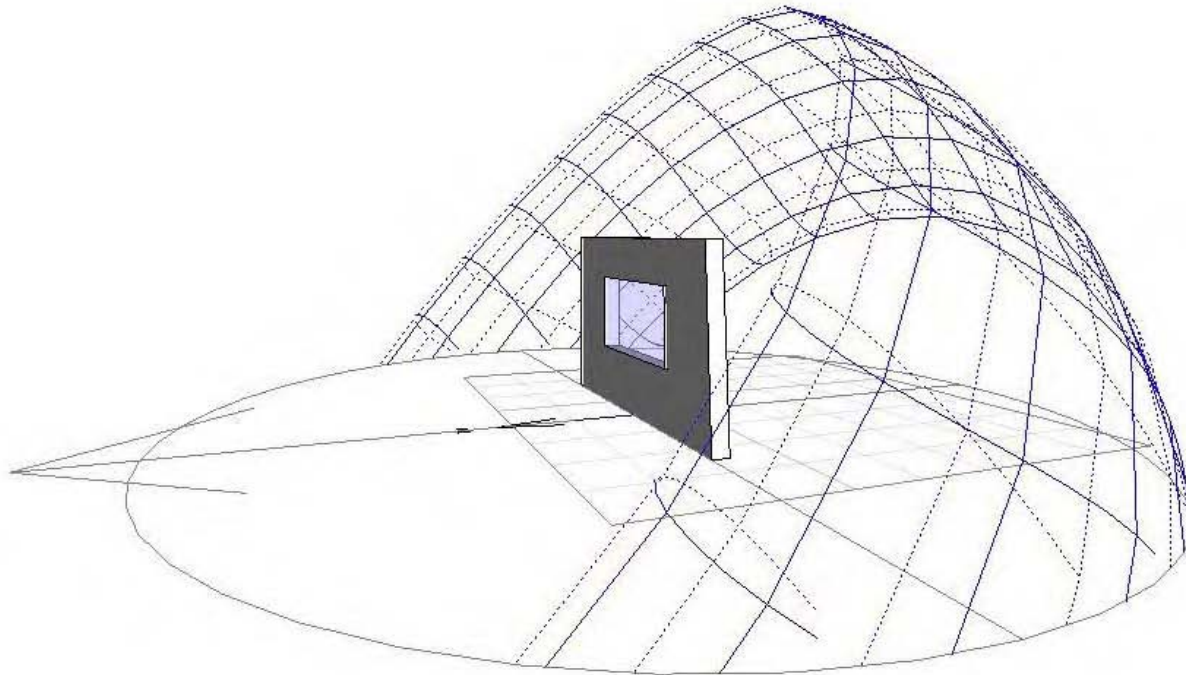
### Stereographic Diagram

Location: 39.0°, 22.0°  
 Sun Position: 104.2°, 54.1°  
 HSA: 104.2°  
 VSA: 100.1°



Time: 10:00  
 Date: 21st Jun (172)  
 Dotted lines: July-December.

Εικόνα 42. ηλιακό διάγραμμα για την πόλη του Βόλου -  
 πηγή: Solar tool, Square One



Εικόνα 43. ηλιακό διάγραμμα για την πόλη του Βόλου -  
πηγή: Solar tool, Square One



### ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ - Π.Φ.Φ.

Για να ορίσουμε τον τρόπο με τον οποίο το φυσικό φως εισχωρεί μέσα στο κτίριο, πρέπει να εξετάσουμε την κατανομή του φωτισμού στο εσωτερικό του σε σχέση με τις εξωτερικές συνθήκες φωτισμού.

Κάτω από νεφροσκεπή ουρανό ο πφφ σε ένα ορισμένο εσωτερικό σημείο ορίζεται ως «το ποσοστό του φυσικού φωτισμού σε αυτό το σημείο προς τον ταυτόχρονο εξωτερικό φωτισμό ενός ημισφαιρίου του ουρανού».

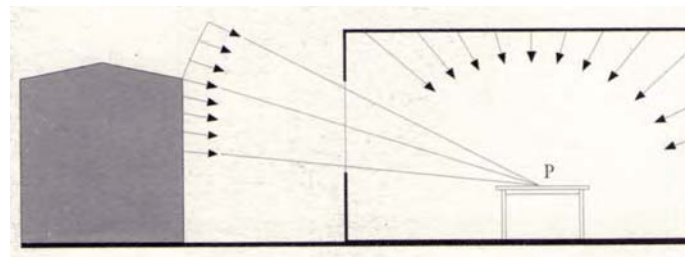
$$DF = E_{in} / E_{ext}$$

Ο πφφ δεν μπορεί να αποτελεί κριτήριο για το σχεδιασμό αν μελετάται σε καθαρό ουρανό, αφού το ποσοστό αυτό αλλάζει σημαντικά κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Ο πφφ εξαρτάται από τη συνολική φωτεινή ροή που εισέρχεται από τα ανοίγματα του κτιρίου / δωματίου, την αναλογία των ανοιγμάτων σε σχέση με το εμβαδόν του δαπέδου και την ανακλαστικότητα των εσωτερικών - εξωτερικών επιφανειών.

Προφανώς ο πφφ είναι σημαντικά μεγαλύτερος κοντά στα παράθυρα, σε σχέση με το εσωτερικό του δωματίου.

Για κατοικίες ο μέσος πφφ ορίζεται στα 2-5%, ενώ σε μουσεία πρέπει να είναι μικρότερος από 1%.



Εικόνα 44. ο ορισμός του ΠΦΦ σχηματικά - πηγή: Ενέργεια στην αρχιτεκτονική - εκδόσεις Μάλλιαρη

Η ομοιομορφία του φωτισμού SHR ορίζεται ως το κλάσμα  $E_{min}/E_{ave}$  (μεγαλύτερο από 80%) ή  $E_{max}/E_{min}$  (μικρότερο ή ίσο με 70%) και εξαρτάται από τη γεωμετρία του δωματίου και του ανοίγματος (σχήμα, αναλογίες, θέση, ύψος ποδιάς και προεκτού), από τις ανακλαστικότητες των εσωτερικών επιφανειών, από το είδος των υαλοπινάκων και από τα εξωτερικά εμπόδια (αν υπάρχουν). Αν δεν υπάρχει κάποιο σύστημα ανακατανομής - κατεύθυνσης του φωτός, η ανομοιομορφία εξαρτάται από το εύρος του ουρανού που είναι ορατός από το σημείο αναφοράς. Σε ένα τυπικό δωμάτιο φωτισμένο από το πλάι, ο φωτισμός στην οριζόντια επιφάνεια εργασίας μειώνεται μη γραμμικά όσο απομακρυνόμαστε από το παράθυρο. Πρακτικά αυτό που χρειάζεται να κάνουμε για να μεγαλώσει η ομοιομορφία είναι να μειώσουμε το βάθος του δωματίου, ώστε να επιτύχουμε αναλογίες φωτισμού 3:1 στο μπροστινό και πίσω μέρος του δωματίου.

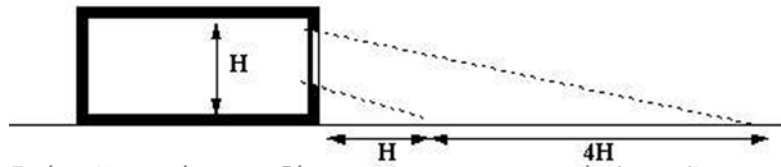
Γενικότερα ισχύει ο παρακάτω κανόνας:

$(L/W + L/H) \leq 2 / (1 - R_{back})$  όπου L, W και H είναι το μήκος, πλάτος και ύψος του δωματίου αντίστοιχα, ενώ  $R_{back}$  είναι η μέση ανακλαστικότητα του πίσω μισού δωματίου.

Σύμφωνα με την εικόνα 44, μπορεί εύκολα να υπολογιστεί το μήκος της επιφάνειας εργασίας που δέχεται άμεσο φυσικό φως, με δεδομένα το πρέκι του παραθύρου και το ύψος του απέναντι κτιρίου. Έτσι φροντίζουμε στο πίσω μέρος του δωματίου να γίνονται βοηθητικές εργασίες που δεν απαιτούν μεγάλες ποσότητες φωτισμού.

Οι κύριοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το ποσό του φυσικού φωτός στα κτίρια είναι:

- Ο προσανατολισμός
- Το περίγραμμα του κτιρίου (μορφή και αναλογίες)
- η απόσταση μεταξύ των κτιρίων
- το ύψος των απέναντι κτιρίων
- το μέγεθος και η θέση των ανοιγμάτων
- το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του συστήματος σκίασης
- η ανακλαστικότητα των εσωτερικών επιφανειών όπου γίνεται ο υπολογισμός
- ο προσανατολισμός και η ανακλαστικότητα των όψεων των απέναντι κτιρίων
- η ανακλαστικότητα των υλικών του εδάφους



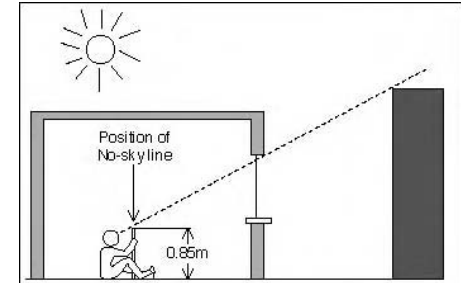
Εικόνα 46. η σχέση του εδάφους με τον π.φ.φ. - πηγή: daymedia

### ΤΟ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

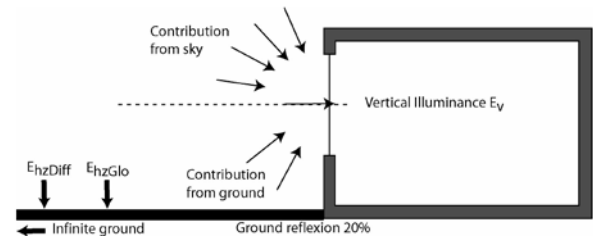
Αφορά άμεσα τη χρήση φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο, καθώς αυτός εξαρτάται από το μέγεθος της περιμετρικής ζώνης. Πρακτικά η ζώνη αυτή εκτείνεται σε μήκος 2.5 - 3 φορές το πρέκι του παραθύρου, ενώ το φυσικό φως εισχωρεί κατά μέσο όρο σε βάθος 4 - 6 μέτρα από τους εξωτερικούς τοίχους. Οι περιμετρικές ζώνες σε ένα κτίριο εξαρτώνται άμεσα από τη μορφή της κάτοψης του κτιρίου. Για τη μεγιστοποίησή τους ενδείκνυται η δημιουργία αίθριου ή περύγων σε αντιδιαστολή με τη δημιουργία συμπαγών μορφών που δεν έχουν πρόσβαση στο φυσικό φως. Επίσης πρέπει να αποφεύγονται τα μακρόστενα δωμάτια που είναι φωτισμένα μονόπλευρα, καθώς ο αμφίπλευρος φωτισμός μεγαλώνει σημαντικά την ομοιομορφία σε ένα χώρο σε σχέση με το μονόπλευρο.

Στο διπλανό διάγραμμα φαίνεται πώς αλλάζει η κατανομή του πφφ σε ένα δωμάτιο με την προσθήκη ενός φεγγίτη στο πίσω μέρος του δωματίου. Συγκεκριμένα στο πίσω μέρος του δωματίου ο πφφ διπλασιάζεται, με αποτέλεσμα να μειώνεται στο μισό η αναλογία μέγιστου / ελάχιστου πφφ.

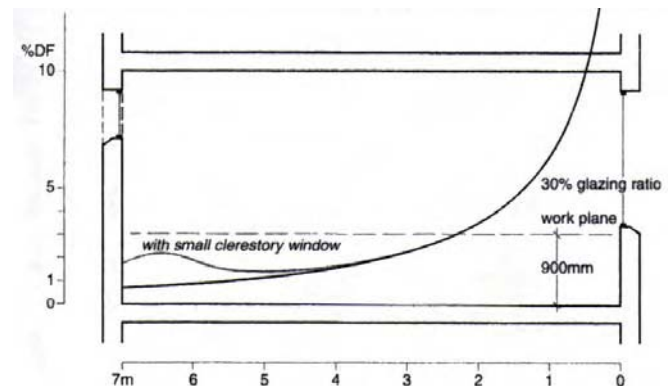
Εικόνα 48. διάγραμμα κατανομής π.φ.φ. - πηγή: Daylight design of buildings, Baker (2002)



Εικόνα 45. no-sky line - πηγή: TAREB energy comfort and buildings training source (2004), LEARN, London Metropolitan University



Εικόνα 47. φως που ανακλάται από το περιβάλλον - πηγή: TAREB energy comfort and buildings training source (2004), LEARN, London Metropolitan University



## ΤΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

Αποτελούν θεμελιώδες κομμάτι στο σχεδιασμό ενός κτιρίου, επιτελώντας ποικιλία λειτουργιών (φωτισμό, αερισμό, ηλιακή ενέργεια, θέα, προστασία από καιρικές συνθήκες και θόρυβο, ενώ προσδιορίζουν το χαρακτήρα του χώρου). Το ποσοστό της συνολικής επιφάνειας των ανοιγμάτων ως προς την επιφάνεια του δαπέδου επηρεάζει την ποσότητα και την κατανομή του φωτός στο εσωτερικό του κτιρίου / δωματίου. Στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό είναι 20%, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου. Επίσης υπάρχει και ο λόγος του ανοίγματος προς τον τοίχο που είναι κατ' ελάχιστο 10%.

Τα ποσοστά αυτά όμως από μόνα τους δεν μπορούν να είναι αποτελεσματικά, αν δεν εφαρμοστούν κατάλληλα σε σχέση με άλλες παραμέτρους, όπως το ύψος τοποθέτησης, τον αριθμό των ανοιγμάτων, τον προσανατολισμό κλπ. Διαφορετικά είδη δραστηριοτήτων επιβάλλουν διαφορετικά επίπεδα φωτισμού. Τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού μπορούν προφανώς να επιτευχθούν με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους διάταξης των ανοιγμάτων. Τότε πρέπει να εξεταστούν και άλλες παράμετροι (θέα, προσανατολισμός, κατανομή φωτισμού) ώστε το αποτέλεσμα να αποτελεί την βέλτιστη λύση για όλες τις παραμέτρους.

Η αναλογία ύψος / πλάτος ενός παραθύρου επηρεάζει την κατανομή του φωτισμού, το βάθος μέχρι το οποίο εισχωρεί το φως, τη θέα και τη στρατηγική για αερισμό που μπορεί να αναπτυχθεί.

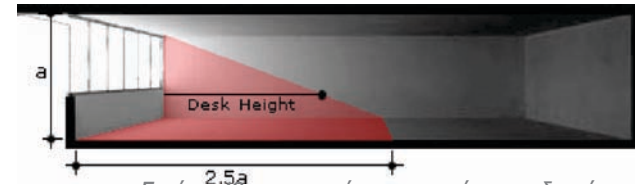
Όσο οι αναλογίες αυτές γίνονται πιο κατακόρυφες περιορίζεται η θέα αλλά μεγαλώνει η διεισδυτικότητα του φωτός. Μέσα στο χώρο θα παρατηρείται συνεχώς μια έντονη δέσμη φωτός που θα κινείται συνεχώς μέσα στο χώρο, ενώ υπάρχει η δυνατότητα για καλύτερο χειρισμό του συστήματος αερισμού, αφού ο αέρας θα μπορεί να εισέρχεται από το χαμηλό μέρος και να εξέρχεται από το υψηλότερο μέρος του παραθύρου.

Παράθυρο με οριζόντιες αναλογίες σε σχέση με το πλάτος του τοίχου μπορεί να τοποθετηθεί κεντρικά ή γωνιακά. Ένα παράθυρο τοποθετημένο στο κέντρο του χώρου μπορεί να καταναίμει καλύτερα το φως, όμως φαινόμενα θάμβωσης αποφεύγονται με την τοποθέτηση των παραθύρων σε γωνιακές τοποθεσίες. Σε όλες τις περιπτώσεις οριζόντια ανοίγματα χαρίζουν μεγάλη ομοιομορφία στο φωτισμό ενώ περιορίζουν τη διεισδυτικότητα του φωτός.

Για τον προσανατολισμό και τη διαστασιολόγηση των παραθύρων πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπ' όψιν το ηλιακό διάγραμμα για την αποφυγή υπερβολικού ηλιακού κέρδους ή θάμβωσης.

Γενικοί κανόνες που αφορούν τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων:

- βορράς: σταθερός φωτισμός, διάχυτο φως, μικρά ηλιακά κέρδη, μεγάλες απώλειες το χειμώνα - σταθερά συστήματα σκίασης, δραστηριότητες που απαιτούν υψηλά επίπεδα φωτισμού (βιομηχανικά κτίρια με πριονωτή στέγη, εικόνα 54)
- νότος: άμεσος φωτισμός, υψηλά επίπεδα φωτισμού, μεγάλα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι, μεσαία το χειμώνα, λαμπρότητες που κυμαίνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας - σταθερά συστήματα σκίασης, δραστηριότητες που απαιτούν υψηλά επίπεδα φωτισμού
- ανατολή & δύση: μεσαία επίπεδα φωτισμού, υψηλά κέρδη το καλοκαίρι, χαμηλά το χειμώνα, έντονο φως το πρωί ή το απόγευμα - κινητά συστήματα σκίασης



Εικόνα 49. φωτισμός σε μακρόστενο δωμάτιο -  
πηγή: [www.squ1.org](http://www.squ1.org)



Εικόνα 50. φωτισμός σε μακρόστενο δωμάτιο -  
πηγή: [www.squ1.org](http://www.squ1.org)



Εικόνα 51. φωτισμός σε μακρόστενο δωμάτιο -  
πηγή: [www.squ1.org](http://www.squ1.org)

### Ανοίγματα οροφής.

Κάτω από νεφοσκεπή ουρανό, ο εξωτερικός φωτισμός στο οριζόντιο επίπεδο είναι 2-4 φορές μεγαλύτερος σε σχέση με το κατακόρυφο επίπεδο. Επίσης η κατανομή του φωτισμού είναι ομοιόμορφη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά καθιστούν τα ανοίγματα οροφής ιδιαίτερα αποτελεσματικά για το φωτισμό μεγάλων και συμπαγών χώρων σε σχέση με τα πλαϊνά. Προβλήματα θάμβωσης μπορούν να αντιμετωπιστούν με συστήματα σκίασης ή ανακατεύθυνσης του φωτός, όπως ανακλαστήρες, περσίδες, κινητά πετάσματα (εσωτερικά ή εξωτερικά). Το μειονέκτημά τους είναι ότι δεν προσφέρουν θέα και επαφή με το περιβάλλον. Αν είναι ανοιγόμενα μπορούν να αποτελέσουν καλή λύση για τον αερισμό του κτιρίου. Τα οριζόντια ανοίγματα οροφής έχουν το μειονέκτημα ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ό,τι το χειμώνα και για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκίασμού.

Τα αίθρια συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, επιτρέποντας την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων οροφής.



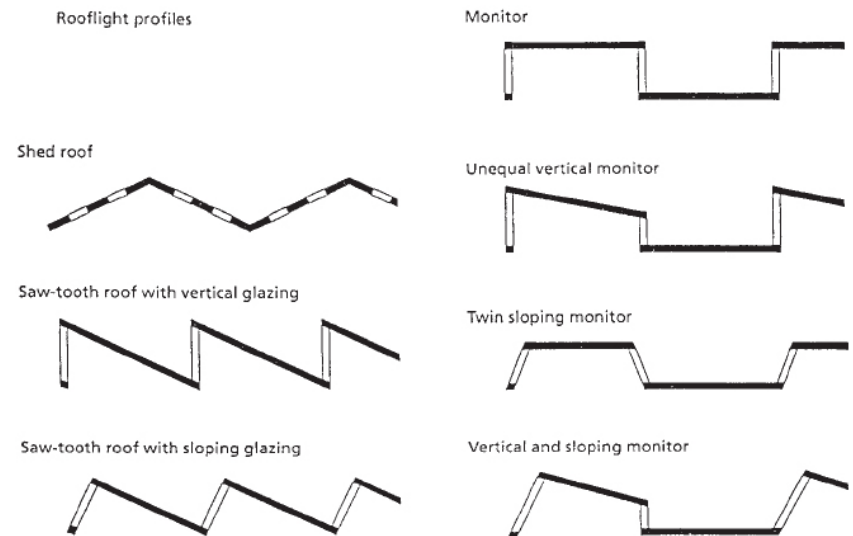
Εικόνα 52. οριζόντια ανοίγματα οροφής - πηγή: [www.squ1.org](http://www.squ1.org)



Εικόνα 53. κατακόρυφα ανοίγματα οροφής - πηγή: [www.squ1.org](http://www.squ1.org)



Εικόνα 54. ανοίγματα οροφής σε πριονωτή στέγη - πηγή: [www.squ1.org](http://www.squ1.org)



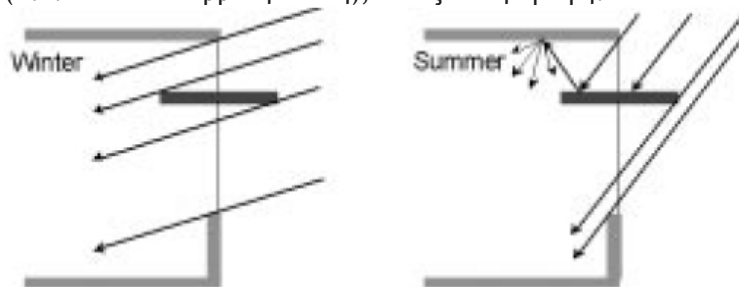
Εικόνα 55. τυπολογίες ανοιγμάτων οροφής - πηγή: Derek Phillips. *Daylight-natural light in architecture*, (2004)

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

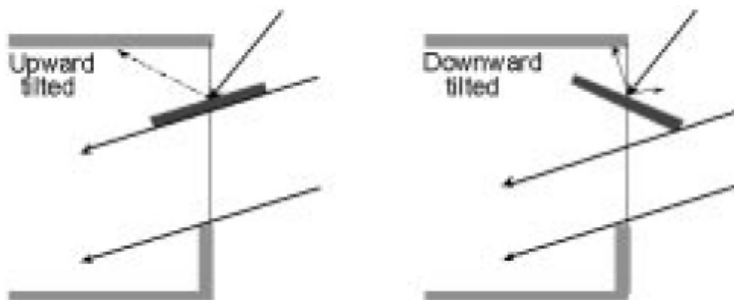
Ως συμπληρωματική ενότητα πρέπει να αναφέρουμε τα συστήματα ανακατεύθυνσης του φωτός, τα οποία χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν το φως μέσα στο κτίριο σε περιοχές που δεν μπορούν να φωτιστούν άμεσα από τα ανοίγματα και να αυξήσουν την ομοιομορφία του φωτισμού.

### Ράφι φωτισμού

Το πιο κοινό παράδειγμα εφαρμογής ενός τέτοιου συστήματος αποτελεί το ράφι φωτισμού, που ανακλά το φως που προσπίπτει σε αυτό και το διαχέει προς το πίσω μέρος του δωματίου, χωρίς να αποκόπτει τη θέα η οποία εξασφαλίζεται από το χαμηλότερο μέρος του παραθύρου. Η τοποθέτησή του πρέπει να έχει προβλεφθεί από την αρχική μελέτη του κτιρίου, καθώς προϋποθέτει μεγάλο ελεύθερο ύψος εσωτερικά στο χώρο που εφαρμόζεται. Η χρήση του συνίσταται σε περιοχές που δέχονται επί μεγάλο διάστημα το άμεσο φως του ηλίου και σε νότιο προσανατολισμό για το βόρειο ημισφαίριο. Το ράφι φωτισμού ανάλογα με το αν τοποθετείται εσωτερικά ή εξωτερικά, μπορεί να λειτουργήσει και ως σκίαστρο, επηρεάζοντας κάθε φορά με διαφορετικό τρόπο τη σχέση ανάμεσα στις απαιτήσεις για φυσικό φωτισμό και σκίαση. Σημαντικό σε κάθε περίπτωση είναι η επιφάνεια στην οποία προσπίπτει το φυσικό φως να έχει υψηλή ανακλαστικότητα (π.χ. να είναι βαμμένη λευκή), όπως και η οροφή.

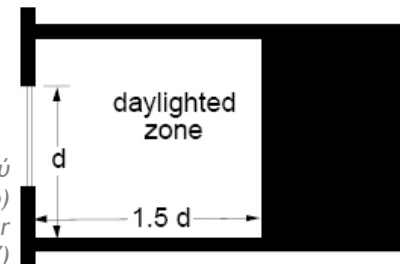
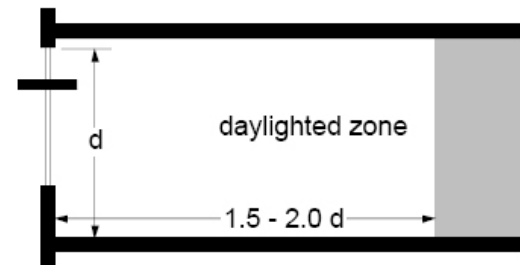
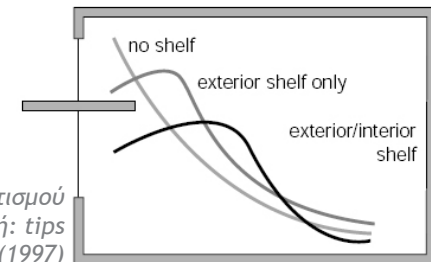


Εικόνα 56. οριζόντιο ράφι φωτισμού - πηγή: *daylight in buildings, IEA (2001)*



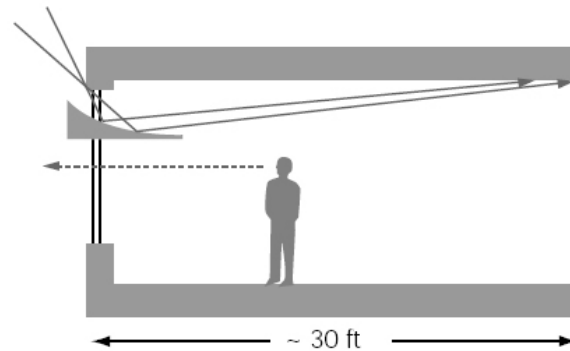
Εικόνα 57. κεκλιμένο ράφι φωτισμού - πηγή: *daylight in buildings, IEA (2001)*

Εικόνα 58. διάγραμμα κατανομής φωτισμού με τη χρήση ραφίου φωτισμού - πηγή: *tips for daylighting, O' Connor (1997)*

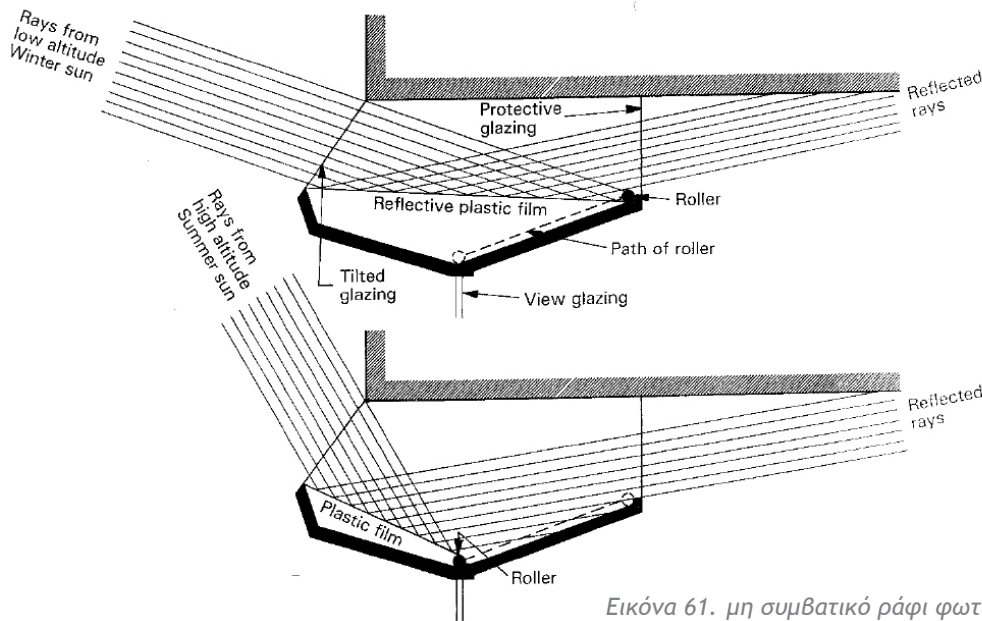


Εικόνα 59. σκίτσο κατανομής φωτισμού με τη χρήση ραφίου φωτισμού (πάνω) και χωρίς το ράφι (κάτω) - πηγή: *tips for daylighting, O' Connor (1997)*

Πιο εξελιγμένες τεχνολογικά περιπτώσεις του συμβατικού ραφίου φωτισμού, αποτελούν εκείνα που η γεωμετρία τους είναι τέτοια που να ανακλά το άμεσο φως όταν πέφτει υπό συγκεκριμένες γωνίες καθώς και εκείνα που έχουν ενσωματωμένα στην επιφάνειά τους υψηλά ανακλαστικά φιλμ. Τέλος υπάρχουν και εκείνα που κινούνται ανάλογα με τη θέση του ηλίου, ώστε να προσαρμόζονται στις διαφορετικές απαιτήσεις που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα τελευταία είναι αποτελεσματικά για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης του ηλιακού φωτός, όμως το κόστος εφαρμογής και συντήρησής τους είναι πολύ μεγαλύτερο ειδικά στην περίπτωση που η κίνηση γίνεται μηχανοκίνητα.



Εικόνα 60. ράφι φωτισμού με κεκλιμένη την άνω πλευρά - πηγή: *tips for daylighting*, O' Connor (1997)

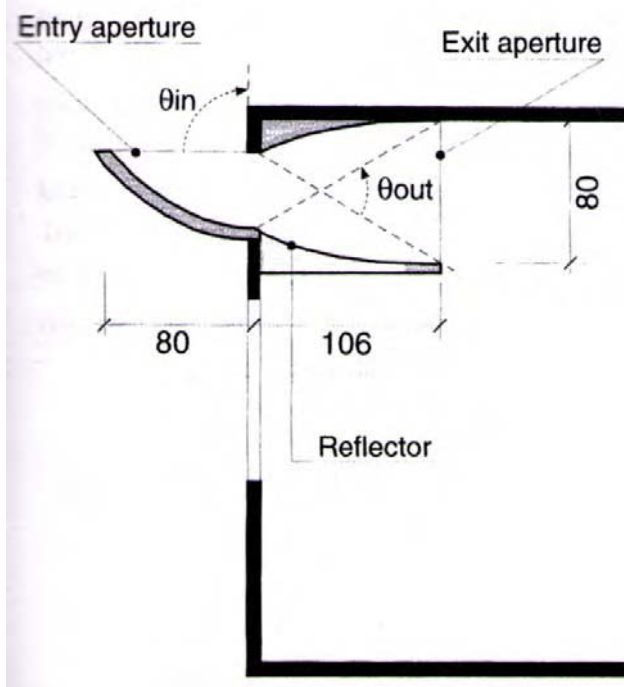


Εικόνα 61. μη συμβατικό ράφι φωτισμού - πηγή: *daylight in buildings*, IEA (2001)

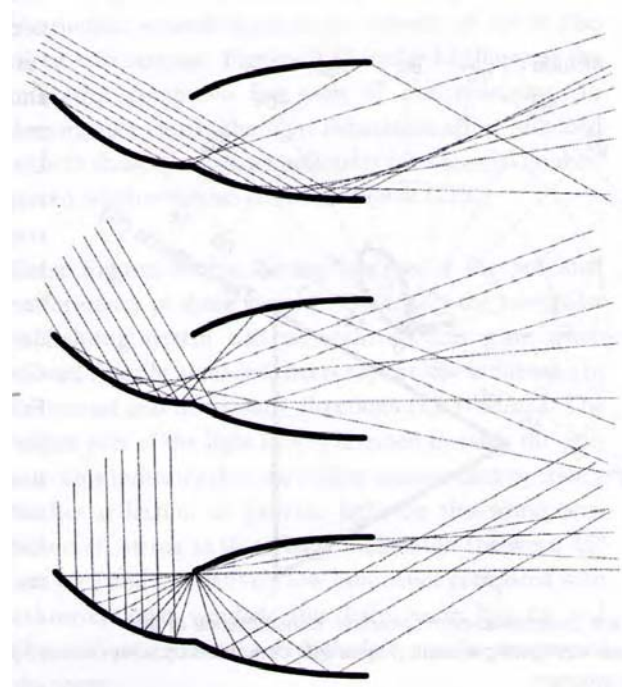
## Ανειδωλικά συστήματα

Πρόκειται για συστήματα φυσικού φωτισμού που πρέπει να σχεδιαστούν από την αρχή, με βάση τα χαρακτηριστικά και τον προσανατολισμό της όψης στην οποία θα εφαρμοστούν. Συνήθως αποτελούνται από καμπύλους ανακλαστήρες, πρισματικά στοιχεία και ολογραφικά φίλμ, η αρχή λειτουργίας των οποίων βασίζεται στο ράφι φωτισμού. Η λέξη «ανειδωλικά» σημαίνει τη συλλογή και μετάδοση του ηλιακού φωτός μέσα στο χώρο με τη μικρότερη απώλεια. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι το φως μπορεί να διεισδύσει πολύ βαθύτερα στο χώρο, με το σωστό σχεδιασμό από το μελετητή του συστήματος.

Οι ανακλαστήρες και το ράφι φωτισμού μπορούν να ενσωματωθούν στο κτίριο με τρόπο ώστε να αποτελούν δυναμικό αρχιτεκτονικό στοιχείο λόγω του μεγέθους τους, το οποίο συνήθως είναι ανάλογο των ανοιγμάτων. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος, το οποίο έχει τη δυνατότητα να εκμεταλλεύεται το φως ακόμα και όταν ο ήλιος βρίσκεται σε μεγάλο ύψος.



Εικόνα 62. κατά μήκος τομή ανειδωλικού συστήματος - πηγή: *daylight design of buildings*, Baker (2002)



Εικόνα 63. ανάκλαση του άμεσου ηλιακού φωτός με γωνίες πρόσπτωσης 30, 60 και 90° - πηγή: *daylight design of buildings*, Baker (2002)

## Αγωγοί φωτός - ηλιοστάτες

Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν το φυσικό φως στην καρδιά του κτιρίου, σε χώρους που δεν έχουν άμεση επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Οι αγωγοί φωτός μεταφέρουν το άμεσο ηλιακό φως σε μεγάλες αποστάσεις μέσω ανακλαστικών και πρισματικών υλικών. Αποτελούνται από τρία στοιχεία: το συλλέκτη (ηλιοστάτης) που συνήθως βρίσκεται στην οροφή, το σύστημα με τους αγωγούς που μεταφέρει το φως στο εσωτερικό του κτιρίου και τέλος το σύστημα που διαχέει το φως στο χώρο. Τα μειονεκτήματά τους είναι το πολύ υψηλό αρχικό κόστος και το κόστος συντήρησης που θα εξασφαλίσει την ομαλή λειτουργία του συστήματος, καθώς και η μικρή τους ικανότητα να συλλέγουν το διάχυτο φως σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού.

Εικόνα 64.



Εικόνα 64. αγωγοί φωτός στην Potsdamer Platz, Berlin

Εικόνα 65. Morgan Lewis law-firm, Washington, λειτουργία heliostat Lightron - πηγή: [www.bomin-solar-de](http://www.bomin-solar-de)

Εικόνα 66. Morgan Lewis law-firm, Washington, - πηγή: [www.bomin-solar-de](http://www.bomin-solar-de)

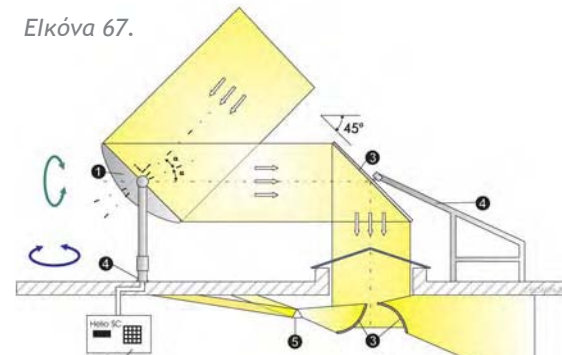
Εικόνα 67. αρχή λειτουργίας heliostat Lightron - πηγή: [www.bomin-solar-de](http://www.bomin-solar-de)

Εικόνα 68. Genzyme headquarter, heliostat Lightron - πηγή: [www.bomin-solar-de](http://www.bomin-solar-de)

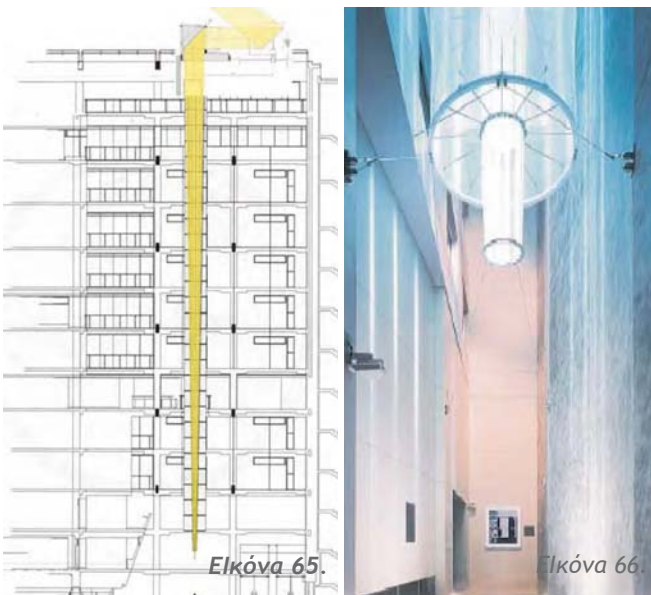
Εικόνα 69. φωταγωγός solatube - πηγή: [www.solatube.co.uk](http://www.solatube.co.uk)

Εικόνα 69.

Εικόνα 67.

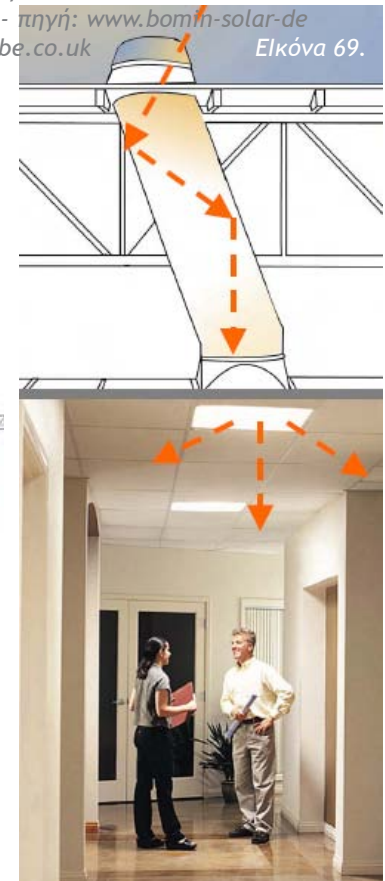


Εικόνα 68.



Εικόνα 65.

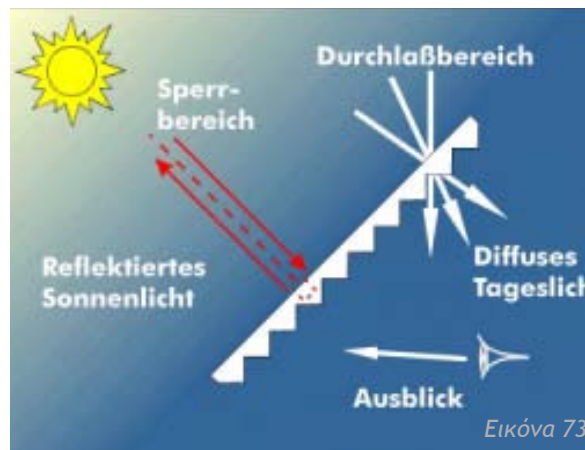
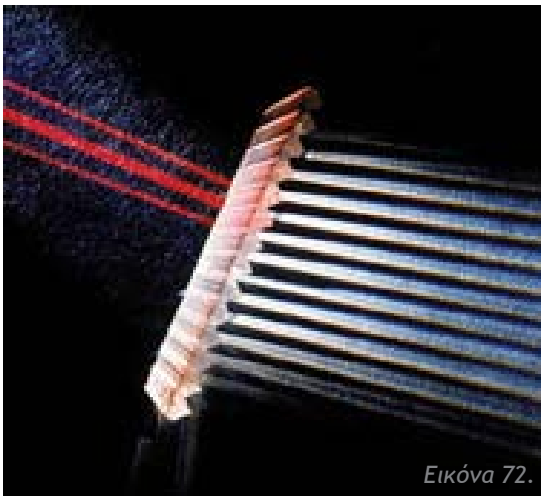
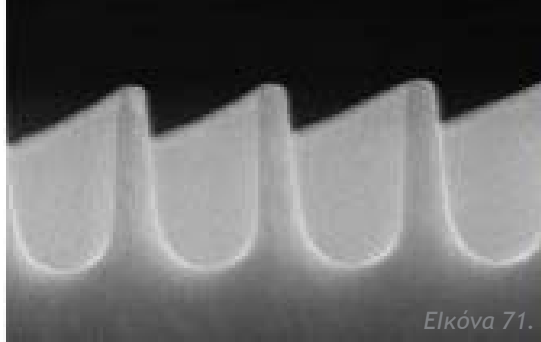
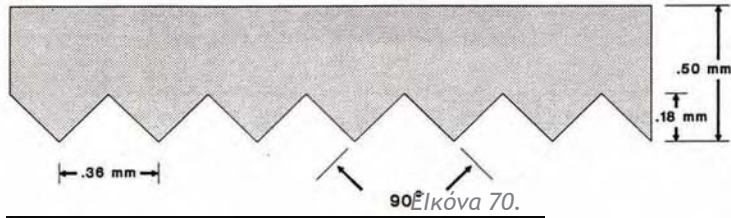
Εικόνα 66.





### Καινοτομικά συστήματα

Είναι στοιχεία που διαθλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία και, αναλόγως της κατασκευαστικής τους δομής, μπορούν να αποκλείσουν πλήρως την είσοδο ή να αλλάξουν την κατεύθυνση της δέσμης της εισερχόμενης ακτινοβολίας. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν πρίσματα και φιλμ, τα microlouner που χρησιμοποιούνται κυρίως για σκίαση σε ανοίγματα οροφής και άλλα συστήματα που κατευθύνουν το φως με τη χρήση πρισμάτων και υψηλά ανακλαστικών φιλμ. Τα κυριότερα μειονεκτήματά τους είναι ότι γενικά είναι ημιδιαφανή και άρα δε συνιστώνται εκεί που είναι επιθυμητή η θέα προς τα έξω, ενώ επίσης είναι αρκετά ακριβά. Τα πρισματικά στοιχεία τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου είτε σαν αυτόνομα στοιχεία είτε μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων.



Εικόνα 70. optical light film olf - πηγή: [www.3m.com](http://www.3m.com)

Εικόνα 71. holographic optical element HOE - πηγή: [www.holographix.com](http://www.holographix.com)

Εικόνα 72. πρισματικό τζάμι - πηγή: cres

Εικόνα 73. αρχή λειτουργίας πρισματικού τζαμιού - πηγή: [www.bomin-solar-de](http://www.bomin-solar-de)

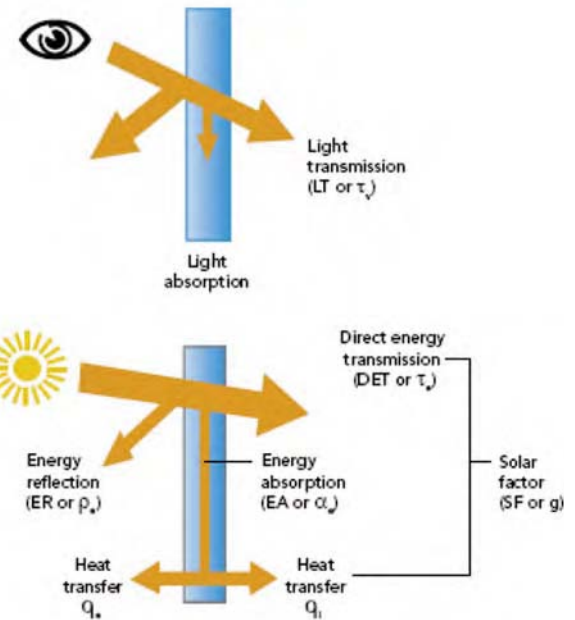
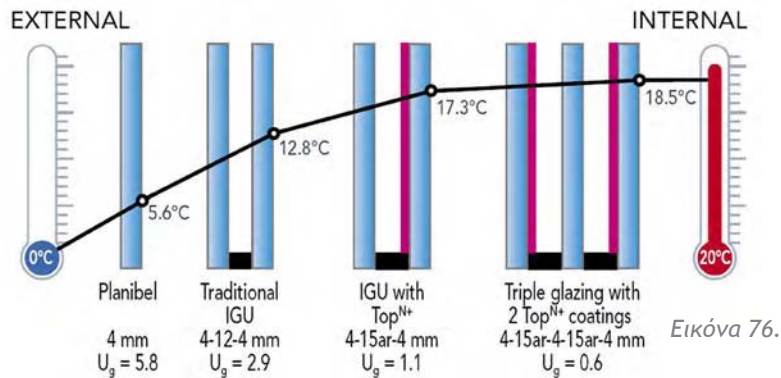
Εικόνα 74. εφαρμογή πρισματικού τζαμιού σε εξωτερικές περιόδους - πηγή: cres



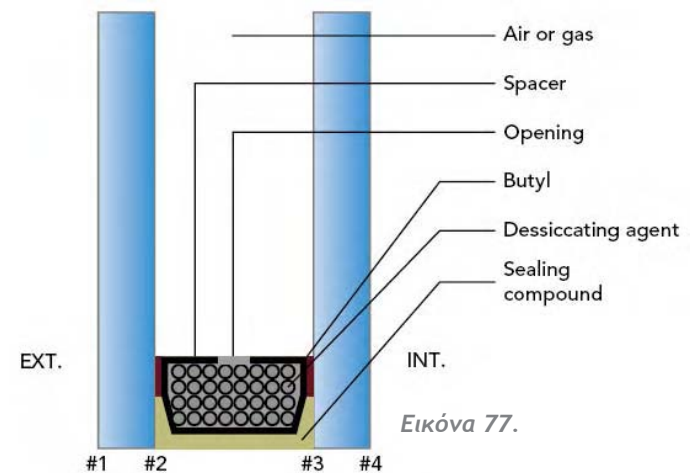
Στη μοντέρνα αρχιτεκτονική με κύριο χαρακτηριστικό τη διαφάνεια και το φως, το τζάμι χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο σε εφαρμογές πέρα από τα κλασικά ανοίγματα. Δε θα ήταν υπερβολή να υποστηρίξει κανείς ότι το γυαλί αποτελεί το κύριο δομικό στοιχείο κατασκευής των σύγχρονων κτιρίων. Έτσι οι απαιτήσεις γι' αυτό το υλικό αυξάνονται συνεχώς, με αποτέλεσμα να αποτελεί στις μέρες μας ένα από τα πιο μελετημένα δομικά υλικά, με διαρκείς εξελίξεις στην τεχνολογία και τις ιδιότητές του. Το τζάμι πρέπει να προστατεύει από την υπεριώδη ακτινοβολία, το θόρυβο και την υγρασία, να επιτρέπει στο φυσικό φως να εισέλθει στο κτίριο και να αντισταθμίζει τα θερμικά κέρδη, προστατεύοντας ταυτόχρονα από το κρύο, να προφυλάσσει το κτίριο από κακόβουλες επιθέσεις και βανδαλισμούς, να είναι άφλεκτο κλπ.

Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων:

- $T_{vis}$  *LT visible light transmittance*  $\tau$ , το ποσοστό ορατού φωτός που περνάει από το τζάμι
- $T_{sol}$  *solar transmittance*, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που περνάει από το τζάμι
- *Solar Heat Gain Coefficient*  $g$  factor, τα ηλιακά κέρδη δηλαδή το συνολικό ποσό ενέργειας που περνάει από το τζάμι (από τον ήλιο και από θερμότητα)
- *Coolness factor* ( $T_{vis}/g$ ), συντελεστής ψυχρότητας. Ένας ιδεατός υαλοπίνακας οφείλει να έχει μεγάλη περατότητα στο οπτικό φάσμα και μικρή στο θερμικό (συντελ. = 2). Αν  $>1$  είναι φασματικά επιλεκτικά, δηλαδή κόβουν την υπεριώδη ακτινοβολία επιτρέποντας παράλληλα το μεγαλύτερο ποσοστό ορατής ακτινοβολίας να περάσει από το τζάμι
- $U$  value θερμικά κέρδη που περνάνε από το τζάμι. Οι απλοί υαλοπίνακες έχουν πολύ μεγάλο συντελεστή, δηλαδή μεγάλες απώλειες θερμότητας.
- $\alpha$  *absorptance* απορροφητικότητα
- $\rho$  *reflectance* ανακλαστικότητα, με  $\tau + \rho + \alpha = 1$

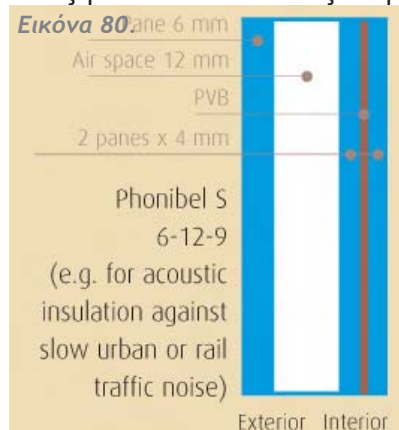
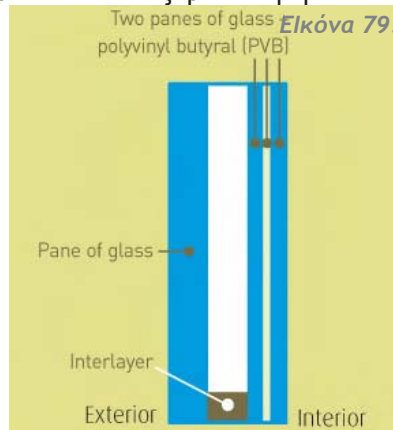
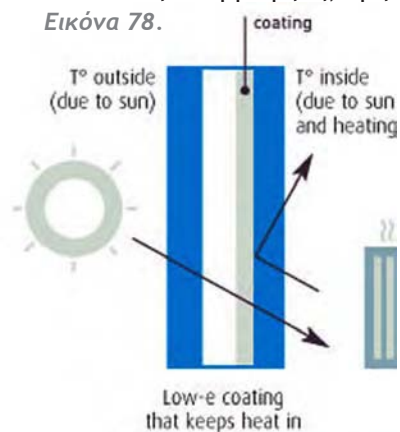


Εικόνα 75.



### Τύποι υαλοπινάκων:

- clear glass καθαρό τζάμι. Έχει φτωχές ιδιότητες από μόνο του σε θερμικά, αντοχή, επιλεκτικότητα.
- patterned με μοτίβα ή χρώματα, χρησιμοποιούνται για λόγους ιδιωτικότητας, διακόσμησης, αντοχής, διάχυσης του φωτός.
- wired, ενισχυμένα με μεταλλικό πλέγμα για λόγους αντοχής και πυρασφάλειας. Συνήθως έχουν σχέδια στην επιφάνειά τους και περιορισμένη διαφάνεια. Τα υαλότουβλα, οι υαλόπλακες κλπ. είναι ειδικά τεμάχια που χρησιμοποιούνται σε ειδικές χρήσεις.
- laminated τζάμια από συγκολλητά φύλλα (σάντουιτς) που συνδέονται με κάποια πλαστική ύλη και αποτελούν ένα ελαστικό σύνολο με μεγάλη αντοχή, ενώ ανάλογα με τις ιδιότητες της πλαστικής επιφάνειας μπορούν να ελέγχουν τη διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία και στο φως. Είναι γνωστά με τα ονόματα που τους δίνουν οι κατασκευαστές τους, όπως triplex, laminex κλπ.
- tempered ή θερμικής κατάψυξης, με εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες. Είναι γνωστά με τα ονόματα securit, durlux, clarit κλπ.
- tinted, έγχρωμοι, με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου
- απορροφητικοί υαλοπίνακες, απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και την αντανακλούν στο εσωτερικό του κτιρίου. Grey, bronze απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και χρησιμοποιούνται συχνά. Επίσης υπάρχουν οι μπλε και οι πράσινοι, οι οποίοι είναι φασματικά επιλεκτικοί και απορροφούν θερμική ενέργεια, ενώ αφήνουν το ορατό φως να περάσει (συνήθως χρησιμοποιούνται σε κτίρια γραφείων). Το πράσινο έχει τη μεγαλύτερη διαπερατότητα στο φυσικό φως.
- Reflective ανακλαστικά, έχουν ανακλαστικό φιλμ στην εξωτερική τους επιφάνεια. Ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία και δίνουν την εμφάνιση καθρέφτη. Δεν απορροφούν ζέστη, όπως τα χρωματιστά, όμως μειώνουν το φυσικό φωτισμό. Πρέπει να εξετάζονται οι επιπτώσεις στα απέναντι κτίρια διότι λόγω θάμβωσης. Χρησιμοποιούνται σε εμπορικά κτίρια όπου οι ανάγκες για ψύξη είναι μεγαλύτερες από τις ανάγκες για θέρμανση ή φυσικό φωτισμό.
- Spectrally selective φασματικώς επιλεκτικά, με μία ειδική επικάλυψη μειώνουν τα θερμικά κέρδη και είναι πολύ διαπερατά στο ορατό φως. Με επικάλυψη low-e ανακλούν την υπεριώδη ακτινοβολία.
- Optical switching αλλάζουν διαπερατότητα ανάλογα με τις συνθήκες
- Ενεργά (ηλεκτροχρωμικά), με ενσωματωμένα φιλμ που αλλάζουν διαπερατότητα με τη διοχέτευση ηλεκτρισμού (1 - 3 V).
- Παθητικοί, που αλλάζουν τη διαπερατότητά τους με βάση την προσπίπτουσα ακτινοβολία (φωτοχρωμικά) ή τις αλλαγές στη θερμοκρασία (θερμοχρωμικά). Η διαπερατότητά τους μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το φωτισμό και είναι αντιοικονομικοί.
- Θερμομονωτικοί, οι οποίοι στο διάκενο περιέχουν αργό αντί για αέρα. Συνιστώνται για κτίρια με πολύ μεγάλα ανοίγματα.
- Για ακουστική απορρόφηση, χρησιμοποιούνται τζάμια διαφορετικού πάχους για να καλύπτουν τις διαφορετικές συχνότητες.



Εικόνα 75. ιδιότητες ορατής και ηλιακής ακτινοβολίας  
 Εικόνα 76. η θερμοκρασία του εσωτερικού τζαμιού σε σχέση με το U value  
 Εικόνα 77. αρίθμηση των επιφανειών των υαλοπινάκων  
 Εικόνα 78. ιδιότητες τζαμιού με επίστρωση low-e  
 Εικόνα 79. δομή υαλοπίνακα ασφαλείας  
 Εικόνα 80. δομή υαλοπίνακα με ηχομονωτικές ιδιότητες  
 πηγή εικόνων: Glaverbel



Εικόνα 81. το γυαλί ως δομικό στοιχείο  
Nelson-Atkins museum of art, Kansas (Steven Holl, completed 2007)  
πηγή: [www.Stevenholl.com](http://www.Stevenholl.com)

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Ο προσεκτικός σχεδιασμός του συστήματος σκίασης μπορεί να ελέγξει αποτελεσματικά την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, αποκόποντάς την όταν δεν είναι επιθυμητή και ανακατανέμοντάς την σε μεγαλύτερο βάθος κτιρίου, καθώς και να ρυθμίσει εν μέρει τη διάχυτη ακτινοβολία και την ακτινοβολία από ανάκλαση. Επίσης οφείλει να ελέγξει φαινόμενα θάμβωσης από εξωτερικές ή εσωτερικές πηγές, ικανοποιώντας ταυτόχρονα τα επιθυμητά επίπεδα φυσικού φωτισμού χωρίς να εμποδίζει το φυσικό αερισμό. Για τη μελέτη των συστημάτων σκίασης πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η ακριβής θέση του κτιρίου και ο προσανατολισμός του. Προφανώς σε κάθε όψη του κτιρίου οι απαιτήσεις σκίασης είναι διαφορετικές, αφού αλλάζει ο προσανατολισμός. Ο έλεγχος της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να γίνει με:

- συστήματα σκίασης
- έλεγχο της γεωμετρίας του κτιρίου και του προσανατολισμού
- έλεγχο των διαστάσεων των ανοιγμάτων και των ιδιοτήτων των υαλοπινάκων
- προσαρμογή στο σχεδιασμό των γειτονικών κτιρίων και έλεγχο της σκίασης από άλλα εμπόδια
- φύτευση

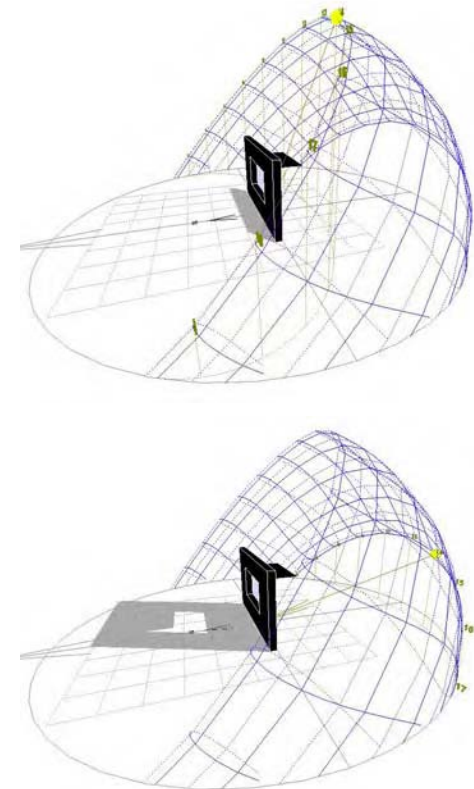
### Σταθερά συστήματα σκίασης

Συνήθως είναι εξωτερικά και αποτελούν κυρίως αρχιτεκτονικά στοιχεία. Μπορεί να είναι οριζόντιες ή κατακόρυφες περσίδες, είτε σκιάστρο, ή ακόμα και συνδυασμός τους. Επίσης τον ίδιο ρόλο μπορεί να επιτελέσει το μεγάλο πάχος του τοίχου όταν το παράθυρο τοποθετείται στην εσωτερική παρειά του (παραδοσιακά πέτρινα σπίτια). Συνήθως η κατασκευή αυτού του τύπου σκιάστρων αποτελεί μια πρακτική και οικονομική λύση, που είναι αποτελεσματική στον αποκλεισμό της άμεσης ακτινοβολίας όχι όμως και της διάχυτης (βλ. ράφι φωτισμού), ενώ δε δίνει λύση στα προβλήματα θάμβωσης.

Το πλάτος του σκιάστρου καθορίζεται από τον προσανατολισμό, το γεωγραφικό πλάτος, το ύψος του παραθύρου και την κατακόρυφη απόσταση ανάμεσα στο πρέκι του παραθύρου και το σκιάστρο. Το μήκος του καθορίζεται από το μήκος του παραθύρου και το γεωγραφικό πλάτος. Στις νότιες προσόψεις το καλοκαίρι μπορεί να αποκλείσει την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το χειμώνα να της επιτρέψει να εισχωρήσει στο κτίριο. Επίσης για να διευκολυνθεί η κυκλοφορία του αέρα το σκέπαστρο μπορεί να είναι περσιδωτό (π.χ. πέργκολα). Γενικότερα τα σταθερά συστήματα σκίασης δεν προσφέρουν επαρκή σκίαση στον πρωινό και απογευματινό ήλιο που βρίσκεται χαμηλά, γι' αυτό είτε πρέπει να προεξέχει αρκετά από τα δύο άκρα του παραθύρου ή να υπάρχουν και κατακόρυφα στοιχεία (τα οποία όμως μειώνουν το ποσό του φυσικού φωτός που εισέρχεται στο δωμάτιο). Σε αυτές τις περιπτώσεις ιδιαίτερα αποτελεσματική μπορεί να αποδειχθεί η φύτευση ή η τοποθέτηση κινητών στοιχείων σκίασης. Ένας γενικότερος κανόνας για τα σκιάστρα αυτού του τύπου είναι ότι είναι αποτελεσματικά για προσόψεις προσανατολισμένες στο νότο με απόκλιση ως  $45^\circ$ .

Στο παράδειγμα της διπλής εικόνας φαίνεται η λειτουργία του σταθερού σκιάστρου σε δωμάτιο προσανατολισμένο Νότια στις 21 Ιουνίου, όπου αποκόπτει πλήρως τον ήλιο και στις 21 Δεκεμβρίου όπου ο ήλιος εισέρχεται στο δωμάτιο λόγω του χαμηλού του ύψους.

Εικόνα 82. σταθερό σκιάστρο σε νότια όψη στις 21 Ιουνίου (πάνω) και στις 21 Δεκεμβρίου (κάτω) - πηγή: solar tool, Square One



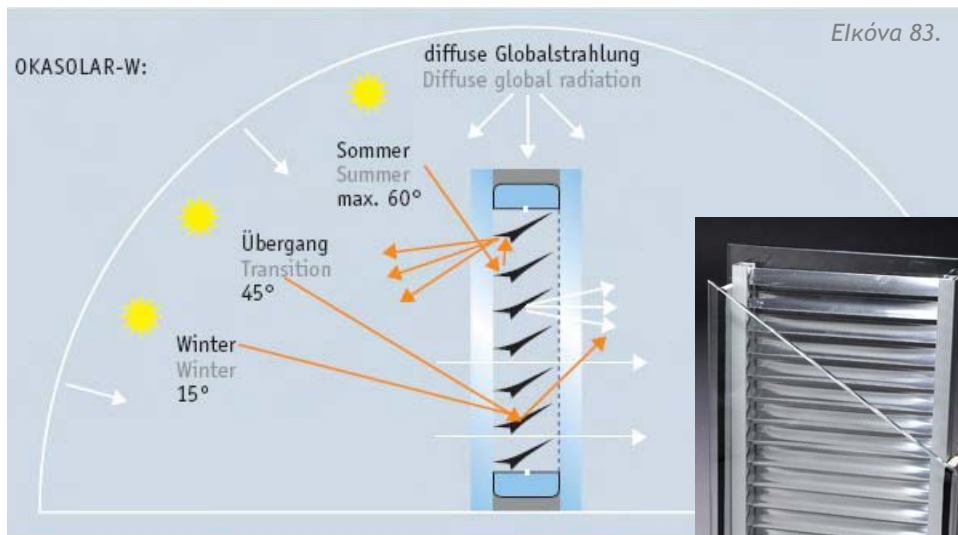
### Ανακλινόμενα συστήματα σκίασης

Είναι αυτά που μπορούν να αφαιρεθούν τελείως από το άνοιγμα του παραθύρου, να μαζευτούν στην άκρη ή στο πρέκι του παραθύρου. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι εσωτερικές περσίδες, οι κουρτίνες και τα πατζούρια τα οποία όμως δεν αποτελούν μόνιμη λύση αλλά εξυπηρετούν περισσότερο απαιτήσεις ιδιωτικότητας.

### Κινητά συστήματα σκίασης

Τοποθετούνται εσωτερικά, εξωτερικά ή στο κενό ενός διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα. Ο χειρισμός τέτοιων συστημάτων είναι πιο εύκολος και φθηνός όταν γίνεται χειροκίνητα. Γι' αυτό συνήθως τοποθετούνται εσωτερικά. Στα εξωτερικά συστήματα ο χειρισμός τους είναι αποδοτικός όταν έχουμε να αντιμετωπίσουμε άμεση ηλιακή ακτινοβολία χαμηλού ύψους, διάχυτη ή από ανάκλαση. Όταν ο χειρισμός γίνεται μηχανικά, τότε μιλάμε για ακριβή λύση η οποία κάθε φορά πρέπει να ξεετάζεται για το αν αξίζει να εφαρμοστεί, αφού εκτός από το αρχικό κόστος εγκατάστασης πρέπει να υπολογιστεί το κόστος και η δυνατότητα συντήρησης και αντικατάστασης.

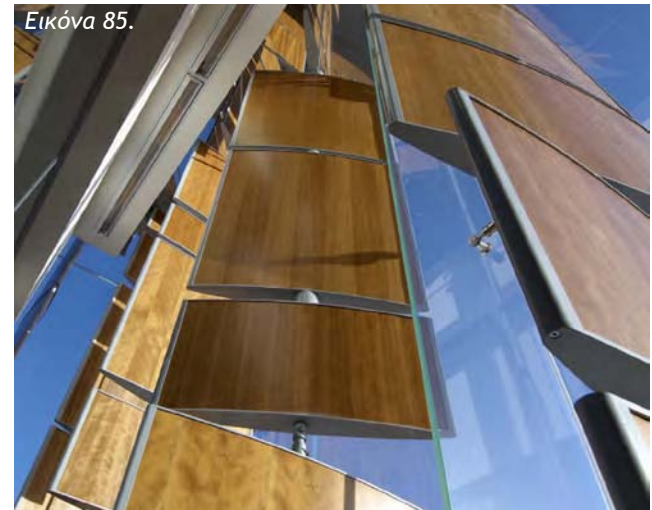
Πρέπει να σημειωθεί ότι τα συστήματα σκίασης που τοποθετούνται εσωτερικά μπορούν να εξυπηρετήσουν μόνο λόγους ιδιωτικότητας και περιορισμού της φωτεινής έντασης ή της θάμβωσης, ενώ δε συμβάλλουν στο φυσικό δροσισμό, εφόσον επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο χώρο χωρίς να την περιορίζουν, με αποτέλεσμα να απαιτούνται πρόσθετα μέτρα για τη μείωση των θερμικών κερδών το καλοκαίρι.



Εικόνα 83.



Εικόνα 84.



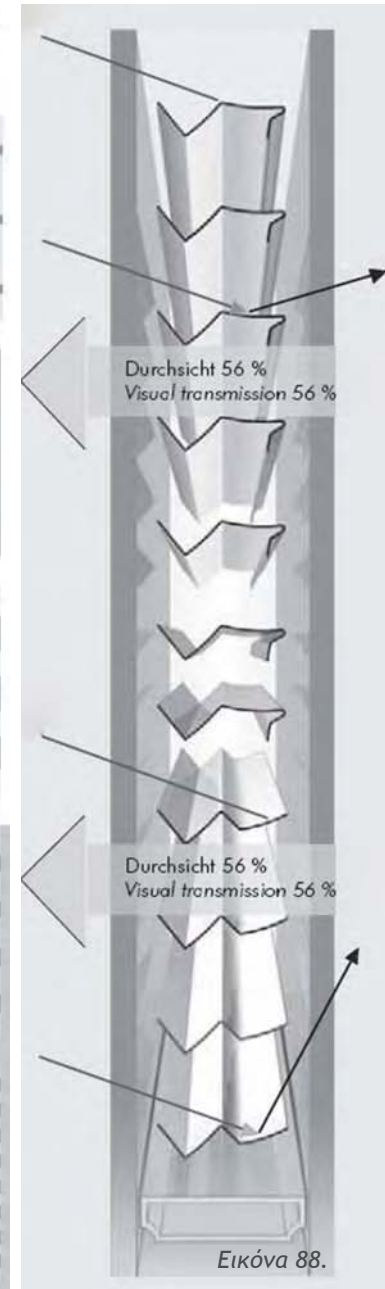
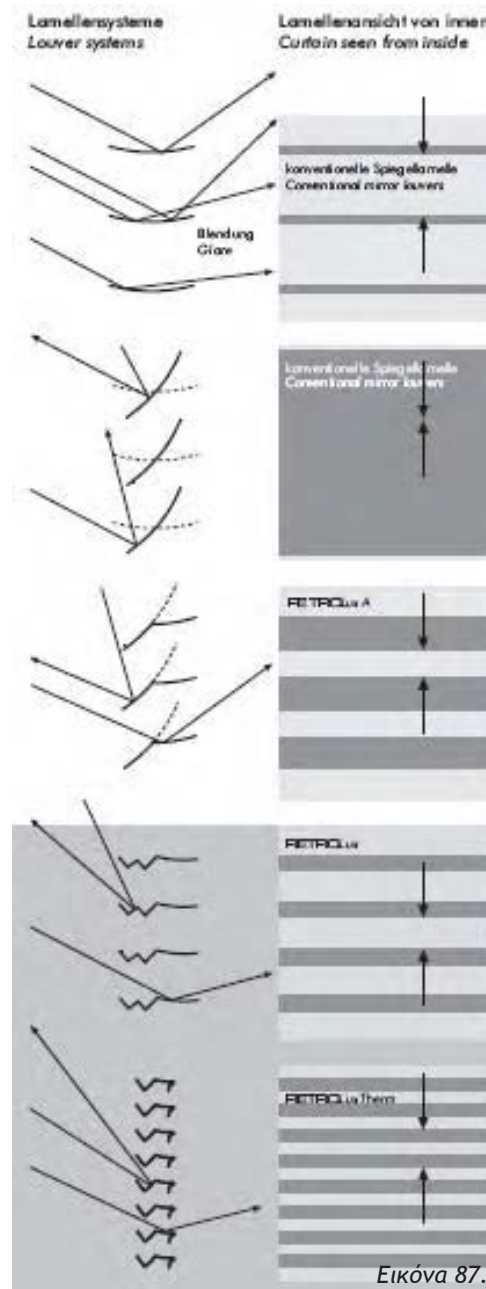
Εικόνα 85.

Εικόνα 83. okasolar, διπλό τζάμι με εσωτερικές πρισματικές περσίδες - πηγή: [www.glaverbel.com](http://www.glaverbel.com)

Εικόνα 84. διάφορες διατομές από περσίδες αλουμινίου - πηγή: [www.nysan.com](http://www.nysan.com)

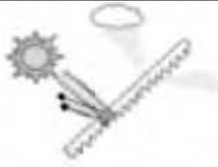
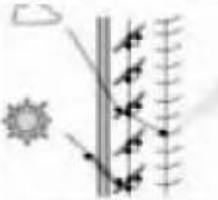
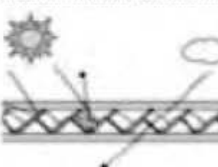


Εικόνα 85. κινητές κατακόρυφες περσίδες - πηγή: [www.nysan.com](http://www.nysan.com)

Εικόνα 86. οριζόντιες περσίδες σε κτίριο γραφείων στην Αθήνα, αρχ. Μανώλης Αναστασάκης - πηγή: [www.greekarchitects.gr](http://www.greekarchitects.gr)  
 Εικόνα 87. συστήματα περσίδων της εταιρείας Koester και η σχέση με τη θέα και το μοτίβο που εμφανίζεται στο παράθυρο όπου εφαρμόζονται - πηγή: [www.koester-lichtplanung.de](http://www.koester-lichtplanung.de)  
 Εικόνα 88. λειτουργία των περσίδων Retrolux-Therm της εταιρείας Koester - πηγή: [www.koester-lichtplanung.de](http://www.koester-lichtplanung.de)




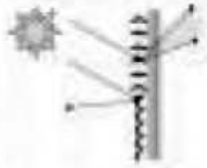



Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα συστήματα φωτισμού και σκίασης.  
πηγή: *Daylight in buildings*, IEA (2000)

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ





ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Ανοίγματα οροφής που διαχέουν το φυσικό φως		Πρίσματικά πανέλα	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα, φεγγίτες	Αποκόπτουν τη θέα, αυξάνουν την ομοιομορφία στο χώρο, ίσως προκαλούν θάμβωση
		Πρίσματα, Βενετικά στόρια	Ήπιο, νότιος προσανατολισμός	Κατακόρυφα παράθυρα	Ίσως αποκόπτουν τη θέα, αυξάνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, εμποδίζουν τη θάμβωση, πρέπει να προσαρμόζονται στη θέση του ήλιου
		Πρίσματικά στοιχεία που αποκόπτουν το άμεσο φως	Ήπιο	Φεγγίτες, γυάλινες οροφές	Δεν προσφέρουν θέα, προσφέρουν ομοιομορφία στο φωτισμό, δεν προκαλούν θάμβωση
		Ανειδωλικά συστήματα οροφής	Ήπιο	Ανοίγματα οροφής	Δεν προσφέρουν θέα, προσφέρουν ομοιομορφία στο φωτισμό, δεν προκαλούν θάμβωση
		Σύστημα κατεύθυνσης του φωτισμού με ολογραφικά στοιχεία ΗΟΕ	Όλα	Ανοίγματα οροφής, φεγγίτες	Εξωτερική θέα, ομοιογενής φωτισμός, πρέπει να ακολουθεί τη πορεία του ήλιου



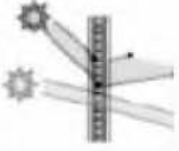
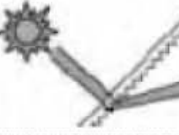

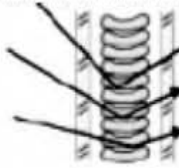
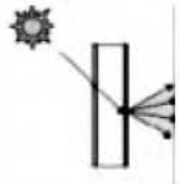
## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Συστήματα που χρησιμοποιούν άμεσο φως		Σκίαστρο που ανακλά το φως	Ζεστό, καθαρός ουρανός με ήλιο	Κατακόρυφα παράθυρα πάνω από το ύψος του ματιού	Θέα, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, ανακατευθύνουν το φως βαθιά μέσα στο χώρο
		Περσίδες και στόρια	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα	Ελέγχουν θάμβωση, αν είναι κινητά προσφέρουν και θέα, προσφέρουν ομοιομορφία στο φωτισμό, ανακατευθύνουν το φως βαθιά μέσα στο χώρο, πρέπει να ακολουθούν την κίνηση του ήλιου
		Ράφι φωτισμού με ανακλαστήρα	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα	Θέα, ανακατευθύνουν το φως βαθιά στο χώρο και μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού
		Τζάμι με περσίδες ανακλαστικές (π.χ. Okasolar)	Ήπιο	Κατακόρυφα παράθυρα, ανοίγματα οροφής	Ανακατευθύνουν το φως στο χώρο, ομοιομορφία, συνήθως είναι πολύ φωτεινά στοιχεία και κόβουν τη θέα
		Ανειδωλικές περσίδες	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα	Ελέγχουν τη θάμβωση, ανακατευθύνουν το φως στο χώρο, προσφέρουν ομοιομορφία

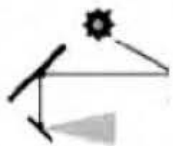


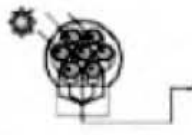

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΣΚΙΑΣΗ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Συστήματα που κατευθύνουν και διαχέουν το φως		Ράφι φωτισμού	Ήπιο, νεφοσκεπής ουρανός	Κατακόρυφα παράθυρα, νότιος προσανατολισμός	Θέα, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού,
		Ανειδωλικό σύστημα	Ήπιο	Κατακόρυφα παράθυρα	Θέα, ανακατευθύνουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Ανειδωλικό σύστημα οροφής	Ήπιο	Προσόψεις μεγάλου ύψους, πάνω από το ύψος του πρεκίου	Θέα, ανακατευθύνουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Σύστημα τύπου fish	Ήπιο	Κατακόρυφα παράθυρα	Ελέγχουν τη θάμβωση, αποκόπτουν τη θέα, ανακατευθύνουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΣΚΙΑΣΗ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Συστήματα που κατευθύνουν το φως		Πανέλα κομμένα με laser	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα, ανοίγματα οροφής	Αποκόπτουν τη Θέα, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, ανακατευθύνουν το φως, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Πρισματικά πανέλα	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα, ανοίγματα οροφής	Τα χαρακτηριστικά τους διαφέρουν κάθε φορά ανάλογα με την εφαρμογή
		Ολογραφικά οπτικά στοιχεία HOE σε ανοίγματα οροφής	Όλα	Ανοίγματα οροφής	Ανακατευθύνουν και διαχέουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Τζάμι που κατευθύνει το ηλιακό φως	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα, ανοίγματα οροφής	Αποκόπτουν τη θέα, ανακατευθύνουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
	Συστήματα διαχυτικά		Μεμβράνη διαχυτική	Όλα	Κατακόρυφα ανοίγματα, ανοίγματα οροφής

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΣΚΙΑΣΗ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Συστήματα που μεταφέρουν το φως σε μεγάλες αποστάσεις		Ηλιοστάτης	Όλα, καθαρός ουρανός με ήλιο	Οπουδήποτε	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Αγωγός φωτισμού	Όλα, καθαρός ουρανός με ήλιο	Οπουδήποτε	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Αγωγός φωτισμού	Όλα, καθαρός ουρανός με ήλιο	Οπουδήποτε	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου, δε χρειάζονται μεγάλη επιφάνεια για την εγκατάσταση
		Οπτικές ίνες	Όλα, καθαρός ουρανός με ήλιο	Οπουδήποτε	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, η πηγή μπορεί να βρίσκεται πολύ μακριά από τη φωτιστική επιφάνεια
		Σύστημα οροφής που μεταφέρει το φως	Όλα, καθαρός ουρανός με ήλιο	Προσόψεις μεγάλου ύψους, πάνω από το ύψος του πρεκτιού	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου

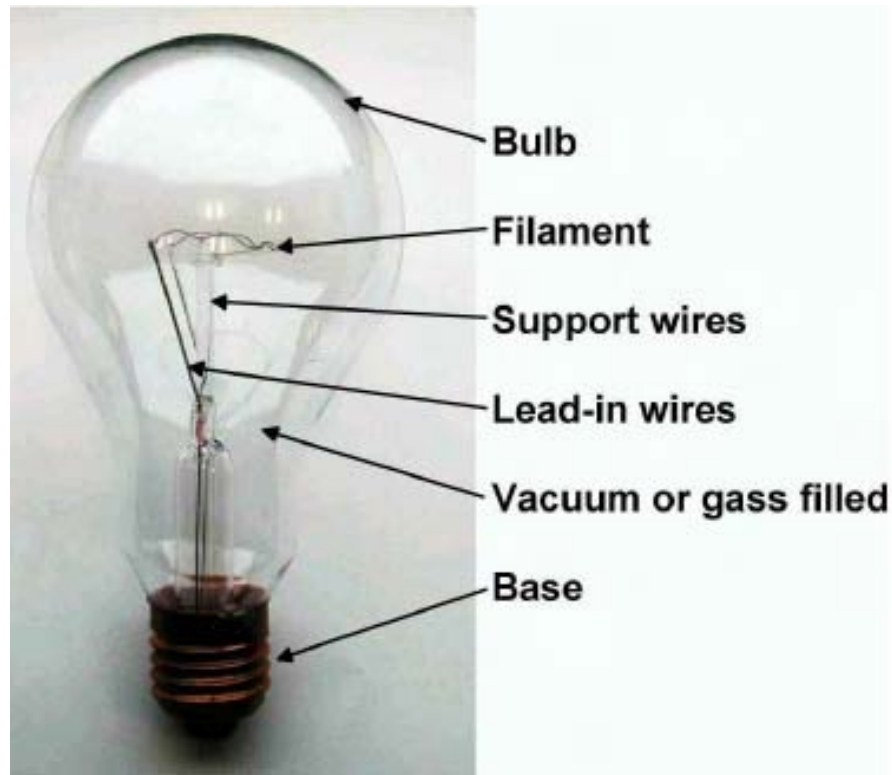
## ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

### ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ

Τα χαρακτηριστικά που εξετάζουμε για την επιλογή ενός είδους λαμπτήρα είναι τα εξής:

- τάση λειτουργίας, του δικτύου στο οποίο θα συνδεθεί ο λαμπτήρας
- ονομαστική ισχύς σε Watt (W)
- φωτεινή ροή (lm) και φωτεινή ένταση (cd)
- φωτεινή δραστηριότητα ή απόδοση, που μετριέται σε lumen/watt)
- θερμοκρασία χρώματος. Εκφράζει πόσο θερμό ή ψυχρό είναι το φως που εκπέμπει μία πηγή, σε βαθμούς Kelvin K. Το λευκό κυμαίνεται στα 3300-5000K. Πιο πάνω είναι ψυχρό (γίνεται μπλε) και πιο κάτω θερμό.
- δείκτης χρωματικής απόδοσης CRI. Χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει πόσο πιστά αποδίδονται τα χρώματα από το φως που εκπέμπει μία πηγή φωτός. Ο ήλιος έχει την καλύτερη χρωματική απόδοση, που συμβατικά ισούται με 100.
- διάρκεια ζωής. Αναφέρεται στο χρόνο κατά τον οποίο θα σβήσει το 50% του πληθυσμού των λαμπτήρων.

### Λαμπτήρες πυράκτωσης - *incandescent lamps*



Η λειτουργία τους είναι πολύ απλή: ένα συρματάκι τοποθετείται μέσα σε μία λάμπα. Μέσα από αυτό περνάει ηλεκτρικό ρεύμα και αυτό ζεσταίνεται έως ότου πυρακτωθεί. Η ακτινοβολία που εκπέμπει είναι θερμότητα και φως. Τα χαρακτηριστικά του σύρματος καθορίζουν την ποσότητα ρεύματος που θα καταναλωθεί και κατ' επέκταση τη φωτεινότητά της. Εκπέμπουν συνεχές φάσμα. Οι άσπρες λάμπες έχουν εσωτερική επικάλυψη με φώσφορο και εκπέμπουν απαλότερο φως χωρίς έντονες σκιές (μικρότερη λαμπρότητα) γιατί η επιφάνειά τους είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτές που έχουν μόνο το νήμα. Το ποσό υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπουν (άρα και η θερμότητα) είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με την ορατή ακτινοβολία.

- Φωτεινή ροή 200-2.500lm
- Χρωματική απόδοση άριστη 100 (συνεχές φάσμα - όλα τα χρώματα)
- Φωτεινή δραστηριότητα 10-18 lm/W (πολύ μικρή)
- Θερμοκρασία χρώματος 2600-3000 K (θερμό)
- Διάρκεια ζωής 1000 ώρες
- Μέγεθος λυχνιολαβής E27

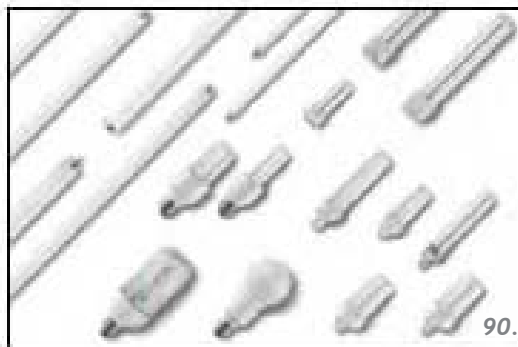
Εικόνα 89. τα στοιχεία μιας λάμπας πυράκτωσης  
πηγή: *synthlight handbook*

### Λαμπτήρες πυράκτωσης αλογόνου - low voltage halogen

Αποτελούν βελτιωμένους λαμπτήρες πυράκτωσης. Έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής γιατί τα άτομα που φεύγουν από το νήμα ξαναγυρνάνε σε αυτό. Έχουν μικρότερο νήμα, άρα και μικρότερο μέγεθος και μικρότερο ανακλαστήρα, επίσης η δέσμη τους είναι πιο στενή και γι' αυτό είναι πιο λαμπρές. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό περιβλημά είναι πολύ μεγάλη γι' αυτό δεν πρέπει να τις αγγίζουμε με γυμνό χέρι για να μη σπάσουν. Χρησιμοποιούνται σε spot για το φωτισμό κοσμημάτων.

Όλα τα spot είναι αλογόνου και λειτουργούν σε τάση 12V (μικρό νήμα, μικρός ανακλαστήρας, στενότερη δέσμη και μικρό μέγεθος). Τα spot δαπέδου χρησιμοποιούνται με διχρωμικούς ανακλαστήρες, οι οποίοι ανακλούν μόνο το φως που δεν περιέχει υπέρυθη ακτινοβολία, ώστε να μη θερμαίνονται επειδή περπατάμε πάνω τους. Λειτουργούν σε τάση 220V (μεγάλο νήμα). Για τα spot η ισχύς και το μέγεθος της λυχνιολαβής είναι προκαθορισμένα.

- Φωτεινή ροή 60-44.000lm
- Χρωματική απόδοση 100
- Φωτεινή δραστηριότητα 25 lm/W
- Θερμοκρασία χρώματος 3000-3400 K (θερμό)
- Διάρκεια ζωής 2000 ώρες



Εικόνα 90. διάφοροι λαμπτήρες πυράκτωσης - πηγή: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)

Εικόνα 91. σύγκριση μεγεθών της κοινής λάμπας πυράκτωσης με τις λάμπες πυράκτωσης αλογόνου πηγή: [synthlight handbook](#)

Εικόνα 92. πίνακας χαρακτηριστικών διαφόρων τύπων λαμπτήρων πυράκτωσης πηγή: [synthlight handbook](#)

Overview of incandescent lamps and their specifications									92.
Lamp	Shape	Bulb	Socket	Power W	Luminous flux lm	Luminous intensity cd	Luminous efficacy lm/W	Colour and Colour rendering	Life h
General Service lamp		clear matt	E27 E40	25...1000	230...3200 5000...19000	---	9...16 17...19	ww/1	1000
Reflector lamp PAR		inside mirrored	E27	25...300	---	180...40000	---	ww/1	2000
High voltage Tungsten Halogen lamp		clear matt	R7s E27 E14	60...2000 40...250	840...44000 580...4200	---	14...22 14...17	ww/1	2000
Low voltage Tungsten Halogen lamp		Reflector Al or glass	Gy 6,35 G4	5...150	50...3200	---	10...21	ww/1	2000
Low voltage Tungsten Halogen lamp with reflector		clear matt	Gu 5,3 Gy 4	10...250	---	600...45000	---	ww/1	2000...4000

## Λαμπήρες εκκένωσης

### - Λαμπήρες φθορισμού *fluorescent lamps*

περιέχουν υδράργυρο σε χαμηλή πίεση. Δημιουργείται ηλεκτρική εκκένωση και εκπέμπεται ακτινοβολία υπεριώδης η οποία μετατρέπεται εν μέρει σε φυσικό φως και θερμότητα. Για να διατηρείται η λειτουργία της λάμπας χρειάζεται ballast. Αν και δουλεύουν με εναλλασσόμενο ρεύμα, λειτουργούν στα 20.000Hz (ηλεκτρονικό ballast) με αποτέλεσμα να μην υπάρχει το flicker της αλλαγής συχνότητας. Ο φώσφορος που περιέχουν, ο οποίος τους δίνει το χαρακτηριστικό τους άσπρο χρώμα, χρησιμοποιείται για να μετατρέψει την υπεριώδη ακτινοβολία σε φως ενώ για να δώσουν άσπρο χρώμα χρησιμοποιούνται τρία στρώματα «πούδρας» αναλογικά με το σύστημα RGB. Ο υδράργυρος που περιέχουν είναι τοξική ουσία γι' αυτό δεν πρέπει να τις σπάμε.

Για να δουλέψει επαρκώς ο φθορισμός πρέπει να φτάσει σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (35° C), πράγμα που εξηγεί το ότι αυτές οι λάμπες καθυστερούν να φτάσουν στη μέγιστη απόδοση, περίπου 15 λεπτά από την έναυσή τους. Αυτό σημαίνει επίσης ότι το φωτιστικό που τις συνοδεύει πρέπει να εξασφαλίζει αυτή τη θερμοκρασία.

Έχουν διάρκεια ζωής 12.000-20.000 ώρες και πολύ καλή φωτεινή δραστηριότητα της τάξης των 80 lm/W (7 φορές περισσότερο από τις κοινές λάμπες πυράκτωσης). Οι λαμπήρες φθορισμού έχουν συγκεκριμένο μήκος (0,60 - 1,00 - 1,50 μ.) και ισχύ. Κάθε μήκος συνδυάζεται με συγκεκριμένη ισχύ, έτσι ώστε βγάζουν την ίδια ένταση φωτισμού. Η φωτεινή τους ροή κυμαίνεται από 300 μέχρι 7.000lm.

Εικόνα 93. πίνακας χαρακτηριστικών διαφόρων τύπων λαμπήρων φθορισμού  
πηγή: *synthlight handbook*

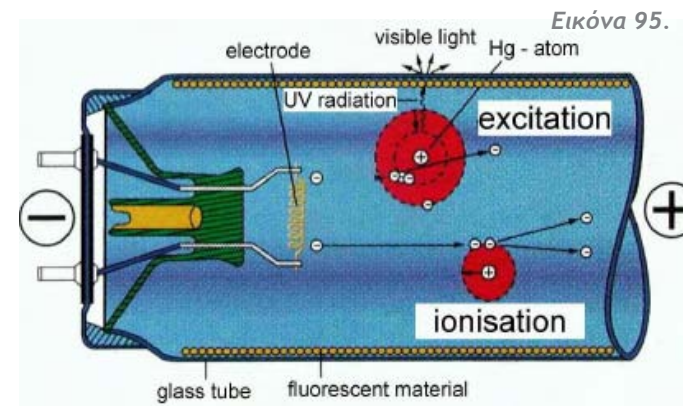
Εικόνα 94. λαμπήρας φθορισμού T5 - πηγή: *Osram*

Εικόνα 95. λειτουργία λαμπήρα φθορισμού - πηγή: *synthlight handbook*

Types of fluorescent lamps and their specifications 93.					
Lamp	Power W	Luminous flux lm	Luminous efficacy ind.conv. Ballast lm/W	Light colour and colour rendering	Life h
T8 Standard fluorescent lamp	18...58	1050...4600	35...65	tw/2,3 nw/2,3 ww/1	7500
T8 Triphosphor lamp	18...58	1300...5200	43...73	tw/1 nw/1 ww/1	7500
T5 Fluorescent high efficiency	14...35	1350...3650	96...105	tw/1 nw/1 ww/1	7500



Εικόνα 94.



Εικόνα 95.

### - Λαμπτήρες φθορισμού compact CFL

#### - με ενσωματωμένο ballast

τα μειονεκτήματά τους είναι η μικρή φωτεινή δραστηριότητα 12 lm/W και η μικρή διάρκεια ζωής 1.000-2.000 ώρες. Το πλεονέκτημά τους είναι το μέγεθος. Αποτελούν πολύ καλή λύση από ενεργειακή άποψη για την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυράκτωσης. Είναι γνωστές με την ονομασία «οικονομικές» ή «energy-saving».

#### - με ξεχωριστό ballast

λειτουργούν με βάση την αρχή λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού. Έχουν μεγάλη φωτεινή δραστηριότητα και διάρκεια ζωής 8.000 ώρες. Τα ballast πρέπει να ενσωματωθούν μέσα στο φωτιστικό. Επίσης έχουν μικρό βάρος και μέγεθος και χρησιμοποιούνται σε σπίτια, εστιατόρια και μέρη όπου απαιτείται εξοικονόμηση ενέργειας

Various compact fluorescent lamps							
Compact fluorescent lamps	Socket	Power	Luminous flux	Luminous efficacy incl. Ballasts	Colour and colour rendering	Average life	Starting time
		W	lm	lm/W		h	min.
with built-in ballast	E27	9...25	375...1200	41...48	ww/1	5000	2
	E27	7...32	400...2000	58...83	ww/1	8000	1
with external ballast	G23	5...11	250...900	28...80	ww/1	8000	1
	2 G 7	5...28	250...1800	42...50	ww/1	8000	1
	G R 10q	18...28	1050...2050	50...57	ww/1	8000	1
	2 G 11	18...55	1200...4800	40...79 EVG	nw/1 ww/1	8000 (10000 with EVG)	1

Εικόνα 96. πίνακας χαρακτηριστικών διαφόρων τύπων λαμπτήρων φθορισμού - πηγή: synthlight handbook

Εικόνα 97. λαμπτήρας φθορισμού compact Osram Dulux - πηγή: Osram

Εικόνα 98. λαμπτήρας υψηλής πίεσης αλογονιδίων Powerball - πηγή: Osram

### - Λαμπτήρες υψηλής πίεσης HID αλογονιδίων metal halide lamps

Λόγω της μεγάλης πίεσης υπάρχει κίνδυνος έκρηξης γι' αυτό πρέπει να είναι προστατευμένοι. Βγάζουν πολύ έντονο φως (προβολείς) και εκπέμπουν μεγάλη ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας γι' αυτό πρέπει να υπάρχει από κάτω οπωσδήποτε φίλτρο για προστασία. Αποκτούν το μέγιστο της ισχύος τους μετά από 3 περίπου λεπτά και φτάνουν σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες. Έχουν συγκεκριμένη θέση τοποθέτησης στην οποία τα ηλεκτρόνια καταστρέφονται πιο αργά, ενώ όσο πλησιάζουν προς το τέλος της ζωής τους παρατηρείται διαφοροποίηση στη χρωματική τους απόδοση. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε γήπεδα και για να φωτίζουν προς τα πάνω (up lighters). Από τη στιγμή που θα τη σβήσω πρέπει να περιμένω 10 λεπτά για την ανάψω ξανά. Δε χρησιμοποιούνται σε σπίτια, ενώ είναι κατάλληλες για γραφεία και βιτρίνες καταστημάτων λόγω της αποδοτικότητάς τους.

- Φωτεινή ροή 2.400 - 200.000lm
- Φωτεινή δραστηριότητα 85 - 120lm/W
- Θερμοκρασία χρώματος 3.300 - 5.700K
- Χρωματική απόδοση 65 - 80 (όχι πολύ καλή)
- Διάρκεια ζωής 6.000 - 20.000 ώρες



Εικόνα 97.



Εικόνα 98.



### - Λαμπτήρες υδραργύρου *mercury-vapor lamps*

Παράγουν κατευθείαν ορατή ακτινοβολία. Παρόλο που λειτουργούν με εκκένωση δε χρειάζονται ballast. Χρησιμοποιούνται για εξωτερικό φωτισμό σε πλατείες γιατί έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής 24.000 ώρες (πρακτικά αυτό σημαίνει 7 με 8 χρόνια) και δε μας ενδιαφέρει η οωστή χρωματική απόδοση στην οποία είναι ιδιαίτερα χαμηλοί (15-55). Φωτεινή δραστηριότητα 55-60 lm/W.

Overview: Metal Halide and High Pressure Sodium Lamps										
Lamp	Shape	Bulb	Socket	Power W	Luminous flux lm	Luminous efficacy lm/W	Colour	Colour rendering	Life h	Igniter required
Mercury vapour lamp	ellipsoid	scattering with fluorescent m.	E27	50...125	2000...6500	32...52	nw,ww	3	16000	no
			E40	250...1000	13000...58000	52...60	nw,ww	3	16000	no
Metal halid lamp	ellipsoid	scattering	E40	250...1000	17000...80000	62...96	tw,nw	1A,1B	6000	yes
	tube	clear	E40	250...3500	19000...300000	69...110	tw,nw	1A+2B	1000...3000	partially
	tubular	clear	R7s	70...150	5000...11250	67...82	ww,nw	1B	6000	yes
	tubular	clear	Fc2	250...1000	20000...90000	73...86	tw	1A,1B	6000	yes
	ellipsoid	clear, scattering	E27	70...100	5000...8500	66...85	ww,nw	1B	6000	yes
	tubular	clear	E40	2000...3500	170000...300000	85...86	tw	1A	1000...6000	yes
tubular	no outer bulb	E40	1000...2000	90000...200000	98...100	tw	1A	4000...6000	yes	

Εικόνα 99. χαρακτηριστικά των λαμπτήρων υψηλής πίεσης - πηγή: *synthlight handbok*

Εικόνα 100. εφαρμογή του Luxeon LED, Royal Ballet School, London -  
πηγή: Φωτισμός και αρχιτεκτονική, Κοντορήγας (2006)

Εικόνα 100.

### - LED *light emitting diodes*

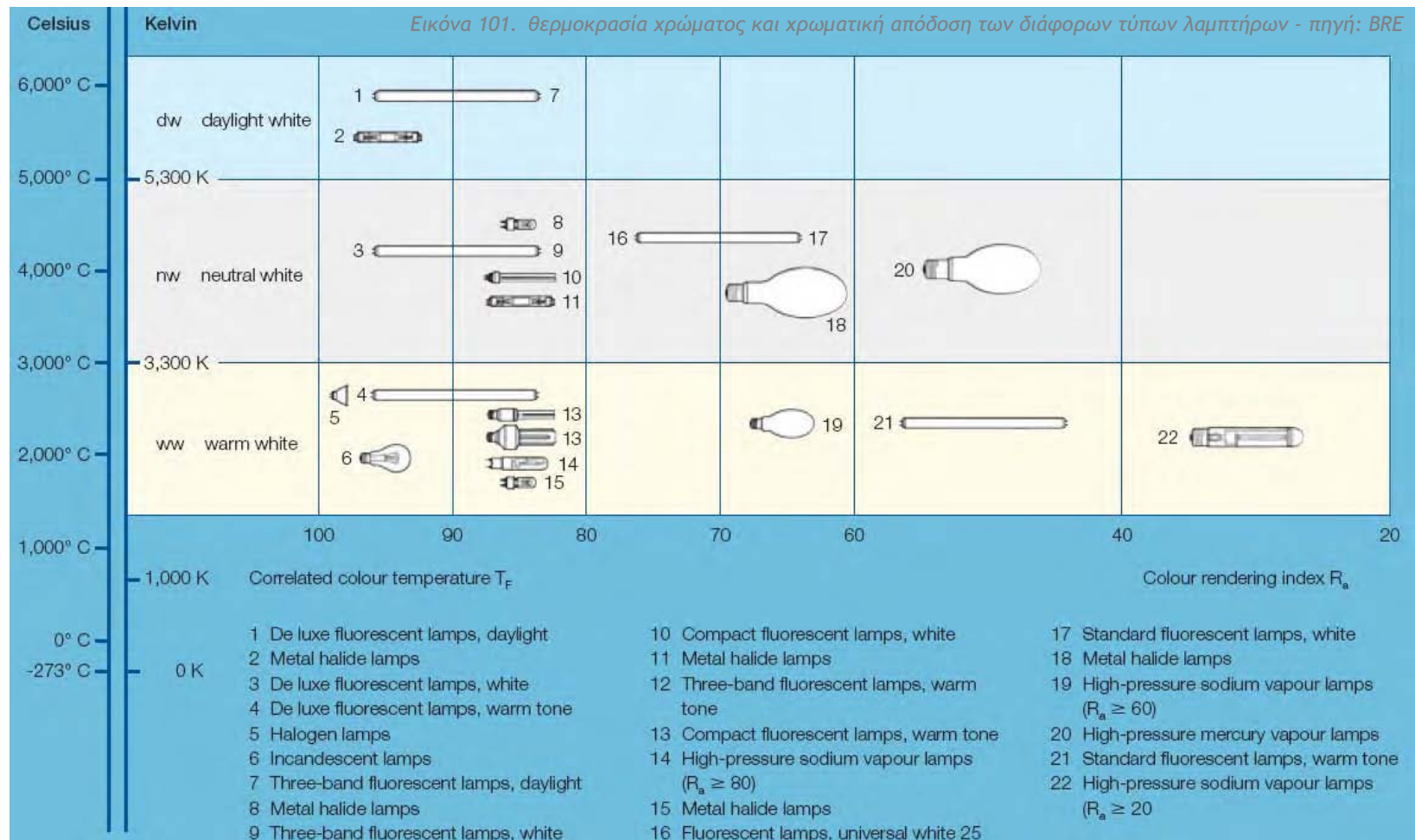
Τα LED έχουν μικρές ηλεκτρονικές διατάξεις ημιαγωγών, που όταν ενεργοποιούνται από ηλεκτρικό ρεύμα χαμηλής τάσης (12 - 24 V) παράγουν φως σε ένα περιορισμένο τμήμα του ορατού φάσματος - κόκκινο, πράσινο, κίτρινο και μπλε χρώμα.

Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, υψηλή αποδοτικότητα και χαμηλό κόστος συντήρησης. Λόγω της εξαιρετικά στενής δέσμης τους (σχεδόν σημειακή πηγή, μικρότερη από 5 mm), έχουν πολύ μεγάλη λαμπρότητα (1 Watt/lumen) και το φως μπορεί να φωτίσει πολύ μακριά χωρίς τη χρήση ανακλαστήρων, κάτι που διευκολύνει τη χρήση τους για φωτισμό ανάδειξης, ενώ δεν παράγουν υπεριώδη ή υπέρυθη ακτινοβολία. Δε χρησιμοποιούνται για λειτουργική χρήση όπως δουλειά γραφείου. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι η δυνατότητα μίξης των χρωμάτων για την παραγωγή ενδιάμεσων αποχρώσεων και άλλων εφέ με τη χρήση του χρώματος. Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη στην τεχνολογία των LED είναι τεράστια και έχει παραχθεί λευκό χρώμα με θερμοκρασία χρώματος περίπου 7.000 - 8.000K, που χαρακτηρίζεται ψυχρό. Πρόσφατα η εταιρεία Lumileds παρουσίασε ένα νέο λευκό LED (Luxeon) με πολύ υψηλή φωτεινή απόδοση και διάρκεια ζωής 50.000 ώρες.



### - Οπτικές ίνες *optic fibers*

Το φως από μια φωτεινή πηγή ταξιδεύει κατά μήκος της οπτικής ίνας μέσω μιας σειράς εσωτερικών ανακλάσεων μέχρι την άκρη της, όπου και εκπέμπεται απευθείας ή μέσω κάποιου φακού. Οι οπτικές ίνες είναι διαφανείς και αποτελούνται από πλαστικό ή γυαλί. Οι γυάλινες θεωρούνται η καλύτερη επιλογή όταν μας ενδιαφέρει η ένταση και χρωματική απόδοση του φωτός. Η ποιότητα του φωτισμού εξαρτάται από το είδος της φωτεινής πηγής, το μήκος, τη διάμετρο και το συντελεστή απόσβεσης της οπτικής ίνας. Το σημαντικότερο πλεονέκτημά τους είναι η ταυτόχρονη μεταφορά φωτός (απαλλαγμένο από υπεριώδη και υπέρυθη ακτινοβολία) σε πολλά σημεία από μία μόνο φωτεινή πηγή, η οποία βρίσκεται μακριά από το φωτιζόμενο αντικείμενο. Επίσης υπάρχει δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης του φωτός, εναλλαγής χρωμάτων και δημιουργίας οπτικών εφέ. Τέλος η απουσία ηλεκτρικού ρεύματος παρέχει στεγανότητα στις οπτικές ίνες, δίνοντάς μας τη δυνατότητα να τις χρησιμοποιήσουμε με ασφάλεια σε εξωτερικούς χώρους, πισίνες κλπ.



**Table 1 Comparison of lamp types**

Type of lamp	Efficacy (lumens/watt)	Economic life (hours)	Dimming control	Re-strike time	Colour rendition	Comparative installation costs	Comparative operating costs	Applications
<b>Tungsten filament</b>	14–20	1000	Excellent	Prompt	Good	Low	Very high	General purpose Display lighting
<b>Tungsten halogen</b>	18–30	2000–4000	Excellent	Prompt	Good	High	High	Display lighting
<b>Mercury vapour</b>	40–60	14 000– 28 000	Not possible	4–7 min	Poor to good	Moderate	Low to moderate	Large area lighting Becoming obsolete
<b>Compact fluorescent</b>	50–80	8000– 10 000	Good (depending on lamp choice)	Prompt	Good	Low	Low	General purpose Display lighting
<b>Fluorescent</b>	50–100	10 000– 16 000	Good	Prompt	Good	Low	Low	General purpose
<b>Induction</b>	65	60 000	Not possible	Prompt	Good	High	Low	Areas where access for maintenance is difficult
<b>Metal halide</b>	70–100	6000– 16 000	Satisfactory	5–15 min	Good	High	Generally low	Shops, Commercial applications
<b>High pressure sodium (standard)</b>	80–130	24 000	Satisfactory	1 min	Fair	High	Low	Exterior lighting, eg car parks
<b>High pressure sodium (deluxe)</b>	125–180	6000	Satisfactory	1 min	Good	High	Low	Commercial interiors

Εικόνα 102. συγκριτικός συγκεντρωτικός πίνακας λαμπτήρων - πηγή: BRE



Το φωτιστικό είναι μια ολοκληρωμένη μονάδα φωτισμού που αποτελείται από λαμπτήρες (πηγές φωτός), οπτικά και μηχανικά στοιχεία. Σχεδιάζεται έτσι ώστε να φιλοξενεί τους λαμπτήρες, να τους προστατεύει και να τους συνδέει με την παροχή ενέργειας, ούτως ώστε να λειτουργήσουν όσο το δυνατό πιο αποδοτικά και να επιτευχθεί μία σκηνή φωτισμού που να ικανοποιεί τις οπτικές μας ανάγκες. Τα φωτιστικά πρέπει να πληρούν κάποιες φωτομετρικές και τεχνικές απαιτήσεις. Έτσι για την αποδοτικότητα ενός φωτιστικού πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν, εκτός από το αισθητικό κομμάτι, η επιλογή των υλικών, ο σχεδιασμός του ανακλαστήρα, η μέθοδος παραγωγής, τα εξαρτήματα που χρειάζεται, η εγκατάσταση, η συντήρηση, ο καθαρισμός και η δυνατότητα αντικατάστασης κάποιου στοιχείου του.

Μπορεί να είναι εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου και ανάλογα με τη διανομή της φωτεινής ροής του λαμπτήρα διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες, ακολουθώντας το πρότυπο CIE:

- Άμεσου φωτισμού  
(direct)

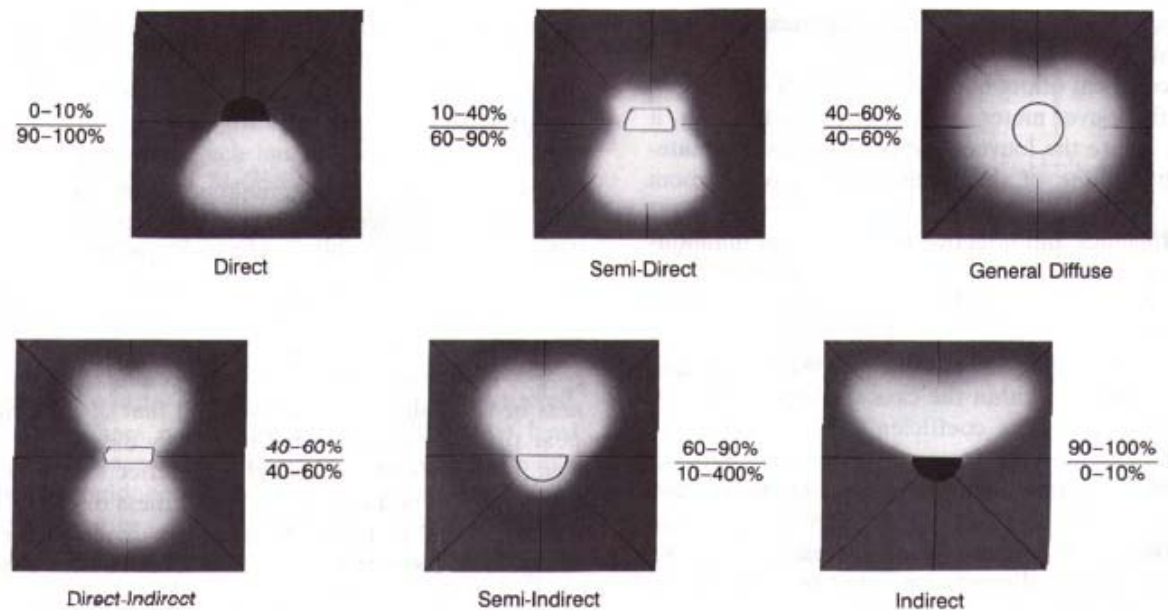
- Ημιάμεσου φωτισμού  
(semi-direct)

- Διάχυτου φωτισμού  
(diffuse)

- Άμεσου - έμμεσου φωτισμού  
(direct-indirect)

- Ημιέμμεσου φωτισμού  
(semi-indirect)

- Έμμεσου φωτισμού  
(indirect)



Εικόνα 103. κατηγορίες φωτιστικών σύμφωνα με το πρότυπο CIE - πηγή: *Lighting handbook, Mark (1993)*

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η αίσθηση που αποκομίζουμε από ένα χώρο που επισκεπτόμαστε ή από ένα αντικείμενο που παρατηρούμε εξαρτάται από το είδος του φωτισμού που πέφτει σε αυτό. Έτσι κατατάσσουμε το είδος του φωτισμού σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

### - γενικός (general)

Χρησιμοποιείται για να δώσει ένα ομοιόμορφο αποτέλεσμα στο οριζόντιο επίπεδο εργασίας, όπου τα ποσοτικά χαρακτηριστικά είναι βασικής σημασίας για τους χρήστες. Περιλαμβάνει και άμεσο φωτισμό και φως από διάχυση. Με το γενικό φωτισμό μπορούμε να αναδείξουμε μόνο τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία του χώρου, καθώς οι σκιές που δημιουργούνται είναι απαλές και δεν αναδεικνύουν λεπτομέρειες, ώστε να μπορούμε να προσανατολιστούμε μέσα σε αυτόν. Εφαρμογή σε κατοικίες, lobby, ανοικτούς χώρους και ως υπόβαθρο για άλλα είδη φωτισμού, π.χ. τονισμού.

### - κατευθυντικός (directional)

Χρησιμοποιείται για να δηλώσει την κατεύθυνση στο χώρο, όπου ο γενικός φωτισμός είναι δεύτερης σημασίας. Τα φωτιστικά λειτουργούν ως στοιχεία προσανατολισμού και σήμανσης στο χώρο και διατάσσονται σε γραμμική πορεία. Εφαρμογή σε διαδρόμους, σκάλες, εξόδους κινδύνους, πορείες.

### - τονισμού (accentuational)

Χρησιμοποιείται για να δώσει έμφαση σε κάποιο στοιχείο του χώρου και να αναδείξει τις χαρακτηριστικές του ποιότητες, όπως δομή, υφή, σχήμα. Το εύρος της δέσμης και η σχέση με το γύρω περιβάλλον είναι αυτά που δίνουν διαφορετική έμφαση στο αντικείμενο που φωτίζεται. Εφαρμογή σε στοιχεία όψεων κτιρίων, αντικείμενα, εκθέματα μουσείων.

### - χαρακτήρα (washlighting)

Χρησιμοποιείται για να αποδώσει τις αρχιτεκτονικές ποιότητες του χώρου, τα όρια και τις αναλογίες του. Εφαρμόζεται σε μεγάλες επιφάνειες και δημιουργεί ένα ομοιόμορφο αποτέλεσμα με απαλές σκιές, ενώ συχνά αποτελεί το φόντο πάνω στο οποίο τονίζονται με έμφαση κάποια αντικείμενα. Εφαρμογή σε τοίχους, όψεις κτιρίων.

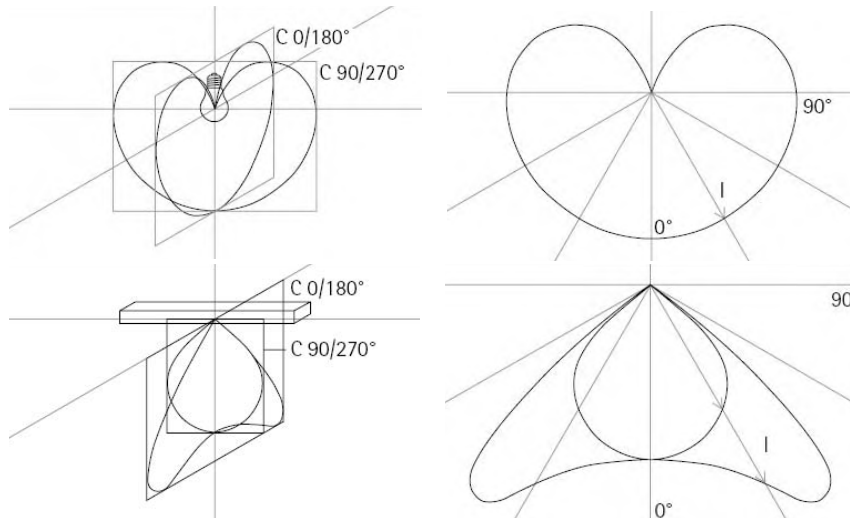
Εικόνα 104. απεικονίσεις των τεσσάρων κατηγοριών φωτισμού (γενικός - κατευθυντικός - τονισμού - χαρακτήρα) - πηγή: Ergo





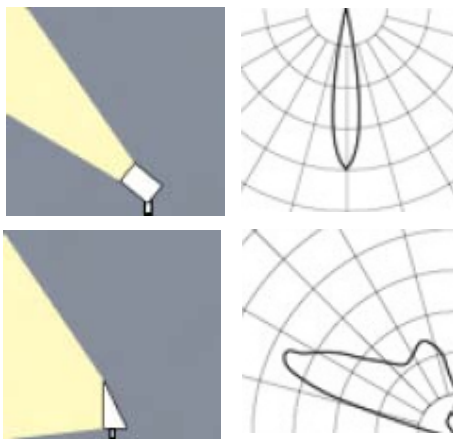
### - κατανομή φωτεινής έντασης *luminous intensity distribution lid*

παρουσιάζει την τρισδιάστατη κατανομή της φωτεινής ροής ενός φωτιστικού και είναι γνωστή ως φωτομετρική καμπύλη ή πολικό διάγραμμα. Όλες οι καμπύλες αναφέρονται σε φωτεινή ροή 1000 lumen, ανεξάρτητα από την ένταση που βγάζει η φωτεινή πηγή και αναφέρονται και στους δύο κατακόρυφους άξονες  $x$  και  $\psi$ , εκτός κι αν αναφέρεται αλλιώς. Όσο πιο φαρδιά είναι η καμπύλη, τόσο μεγαλώνει η δέσμη, άρα και η θάμβωση, επειδή βλέπω τη λάμπα. Στενή καμπύλη σημαίνει στενή δέσμη (π.χ. spot), δηλαδή καλό φωτισμό στο επίπεδο εργασίας αλλά σκοτεινό περιβάλλον, αν δεν έχω άλλη πηγή φωτισμού. Αν η καμπύλη είναι κύκλος τότε έχω διάχυση. Ασύμμετρη καμπύλη σημαίνει ότι φωτίζονται κατακόρυφες επιφάνειες αναδεικνύοντας την 3διάστατη υφή τους. Αν έχω δύο καμπύλες τότε σημαίνει ότι έχω άμεσο - έμμεσο φωτιστικό. Αν οι δύο καμπύλες διαφέρουν σημαντικά, τότε έχω περισίδες.



Εικόνα 105. φωτομετρική καμπύλη πηγής φωτισμού που έχει συμμετρία ως προς τον κατακόρυφο άξονα - πηγή: Ergo

Εικόνα 106. φωτομετρική καμπύλη πηγής φωτισμού που έχει διαφορετική συμμετρία σε κάθε άξονα - πηγή: Ergo



Εικόνα 107. φωτομετρική καμπύλη spot - πηγή: Ergo

Εικόνα 108. φωτομετρική καμπύλη ασύμμετρου floodlight - πηγή: Ergo

### - κατανομή φωτεινής ροής

το φως που βγαίνει από μια πηγή κατευθύνεται σε ένα επίπεδο αναφοράς εν μέρει άμεσα και εν μέρει έμμεσα από ανάκλαση. Επίσης κάποιο ποσό φωτός απορροφάται και χάνεται. Μόνο ένα ποσοστό της αρχικής ροής που κατευθύνεται προς τα κάτω θα πάει στο επίπεδο αναφοράς (utilized flux) και ομοίως μόνο ένα ποσοστό της ροής που κατευθύνεται προς τα πάνω θα καταλήξει τελικά στο ταβάνι (ceiling luminoous flux). Η κατανομή αυτή της φωτεινής ροής παρουσιάζεται με ένα γράμμα και ένα νούμερο που χαρακτηρίζει το φωτιστικό.

Designation	Luminaire type	Luminous flux in % in	
		Lower half space	Upper half-space
A	Direct	100...90	
B	Mainly direct	90... 60	0 .. 10
C	Uniform	40... 10	10 .. 40
D	Mainly indirect	40... 10	40 .. 60
E	Indirect	10.....0	90 ..100

1st figure Portion of utilised flux		2nd figure Portion of ceiling flux	
6	0.71...1.0	3	0.71...0.9
5	0.61...0.7	2	0.51...0.7
4	0.51...0.6	1	0.00...0.5
3	0.41...0.5		
2	0.31...0.4		
1	0.00...0.3		

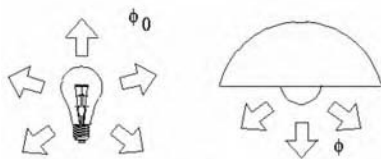
Εικόνα 109. πηγή: Synthlight handbook

Για παράδειγμα και σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες, ο συμβολισμός B41.3 σημαίνει ότι το φωτιστικό εκπέμπει φως κυρίως άμεσα με χρηστική ροή 0,4-0,5 και ροή προς το ταβάνι 0-0,5.

### - απόδοση φωτιστικού $\eta$ LOR

Η απόδοση περιγράφει το ποσό της ροής που φεύγει από το φωτιστικό σε σχέση με το ποσό της ροής που εκπέμπει η λάμπα. Τα δύο μεγέθη δεν είναι ίδια, γιατί ένα μέρος της φωτεινής ροής που εκπέμπει η λάμπα χάνεται. Αυτό συμβαίνει κατ' αρχήν γιατί ο ανακλαστήρας δεν είναι τέλειος (η ανακλαστικότητα του πρακτικά δεν μπορεί να φτάσει το 100%) και δεύτερον γιατί μέρος του φωτός που ανακλάται ξαναπερνά μέσα από τη λάμπα και απορροφάται από αυτήν. Βέβαια τελικά δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν το φως που εκπέμπει το φωτιστικό τελικά φτάνει στο σημείο αναφοράς ή απορροφάται από κάποια άλλη επιφάνεια. Γενικά πρέπει:

Ροή φωτιστικού / ροή λάμπας > 70%



Εικόνα 110. απόδοση φωτιστικού - πηγή: Synthlight handbook

Για να περιγράψουμε τη φωτεινή ροή ενός φωτιστικού που τελικά φωτίζει μία επιφάνεια (π.χ. την οριζόντια επιφάνεια εργασίας) δημιουργήθηκε ο όρος utilization factor, ο οποίος εξαρτάται από το είδος του φωτιστικού (απόδοση, κατανομή φωτεινής έντασης) και το χώρο (ανακλαστικότητες επιφανειών, γεωμετρία χώρου). Ωστόσο αν και μεγάλη τιμή του όρου utilization factor σημαίνει ότι έχουμε για παράδειγμα αρκετό φως στην οριζόντια επιφάνεια εργασίας, αυτό δηλώνει παράλληλα ότι έχουμε ελάχιστο φως στο πάτωμα ή στους τοίχους, γεγονός που εγείρει θέματα γενικότερου φωτισμού του χώρου και αντίθεσης - contrast.

### - Κατανομή λαμπρότητων *luminance distribution*

Η θάμβωση που μπορεί να προκληθεί στον παρατηρητή εξαρτάται από τις λαμπρότητες των φωτεινών επιφανειών που βλέπω, το μέγεθός τους, τη διάταξη των φωτιστικών στο χώρο σε σχέση με κάποιο σημείο αναφοράς και την ένταση του φωτισμού.

### ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Η ασφάλεια από τη λειτουργία των φωτιστικών πρέπει να εξασφαλίζεται για κατασκευαστές και αγοραστές, γι' αυτό έχουν δημιουργηθεί διάφορα πρότυπα.

Στην Ελλάδα έχουμε το πρότυπο ΕΛΟΤ 09. Σύμφωνα με το EN 60 598 για την ηλεκτρολογική προστασία υπάρχουν τρία επίπεδα προστασίας (I, II, III). Για τη μηχανική προστασία (έναντι σε ξένα σώματα και υγρασία) χρησιμοποιείται το νούμερο IP σύμφωνα με το EN 60 529, ακολουθούμενο από ένα διψήφιο νούμερο, κάθε ψηφίο του οποίου αναφέρεται στις παραπάνω προστασίες αντίστοιχα.

Για εξωτερικούς χώρους πρέπει να είναι τουλάχιστον IP 45, ενώ προστασία IP 65 σημαίνει ότι το φωτιστικό είναι στεγανό, κατάλληλο για χρήση μέσα σε πισίνες.

<b>Protection against foreign substance according to first figure.</b>	
<b>Index/Figure</b>	<b>Short description</b>
IP 0X	No protection
IP 1X	Protection against foreign substance > 50 mm
IP 2X	Protection against foreign substance > 12 mm
IP 3X	Protection against foreign substance > 2.5 mm
IP 4X	Protection against foreign substance > 1 mm
IP 5X	Protection against dust (penetration of dust not fully prevented)
IP 6X	Dustproof (penetration of dust prevented)

<b>Protection against humidity according to second figure.</b>	
<b>Index/Figure</b>	<b>Short description</b>
IP X0	No protection
IP X1	Rain-proof
IP X2	Rain-proof under 15°
IP X3	Proof against water spray
IP X4	Proof against splashed water
IP X5	Proof against jets
IP X6	Proof against heavy sea
IP X7	Immersion-proof (pressure and time must be stated)
IP X8	Submersion-proof (with indications made by manufacturer)

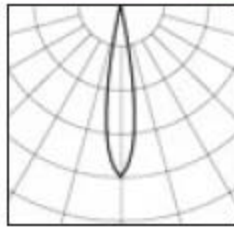
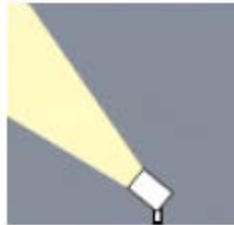
Εικόνα 111. Πίνακες που περιγράφουν τις βαθμίδες προστασίας IP - πηγή: Synthlight



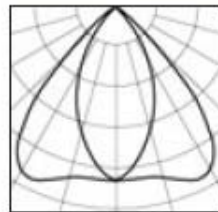
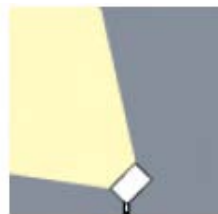
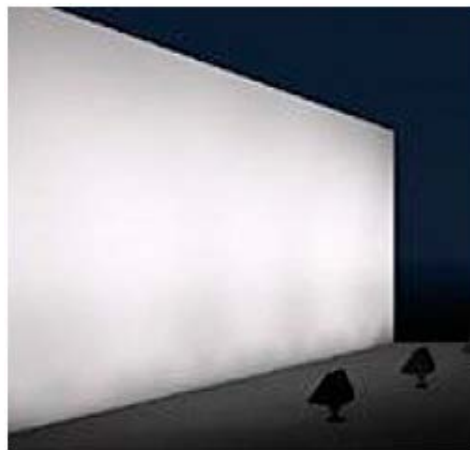
### ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ

Υπάρχουν πολλά είδη φωτιστικών, καθένα από τα οποία ανταποκρίνεται σε διαφορετικές απαιτήσεις φωτισμού. Η επιλογή κάθε φορά του κατάλληλου φωτιστικού εξαρτάται από το είδος του φωτισμού που είναι επιθυμητός, από το βαθμό ενσωμάτωσης των φωτιστικών μέσα στο γενικότερο φωτιστικό περιβάλλον, καθώς και από τη δυνατότητα προσαρμογής των επιπέδων και του είδους φωτισμού. Έτσι έχουμε την παρακάτω ομαδοποίηση των φωτιστικών σε:

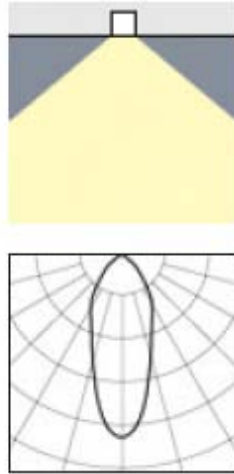
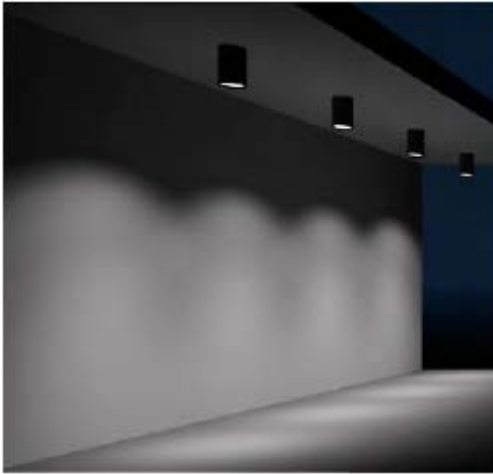
- προβολείς (projectors - spots), που χρησιμοποιούνται για να φωτίσουν μία συγκεκριμένη και ορισμένη περιοχή, με συμμετρική κυκλικά κατανομή της έντασής τους. Χρησιμοποιούνται για φωτισμό ανάδειξης. Με ειδικά φίλτρα μπορώ να αλλάξω το χρώμα τους, να αποκόψω την υπεριώδη ακτινοβολία και να αλλάξω το σχήμα της δέσμης σε ελλειπτική, τετράγωνη κλπ.



- floodlights, που έχουν ευρεία δέσμη με ασύμμετρη ή μη κατανομή και χρησιμοποιούνται για να φωτίσουν ομοιόμορφα μεγάλες επιφάνειες.

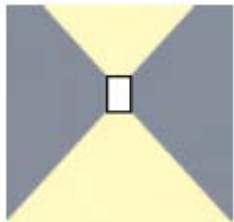


- downlights, εκπέμπουν φως σε κατακόρυφη διεύθυνση, γι' αυτό τοποθετούνται στο ταβάνι. Μπορούν να έχουν στενή ή ευρεία δέσμη και συμμετρική ή ασύμμετρη κατανομή, να είναι χωνευτά ή μη. Με την κατάλληλη τοποθέτηση, μπορούν να φωτίζουν παράλληλα τον τοίχο και τμήμα του δαπέδου. Χρησιμοποιούνται για να αναδείξουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χώρου με άμεσο φως.



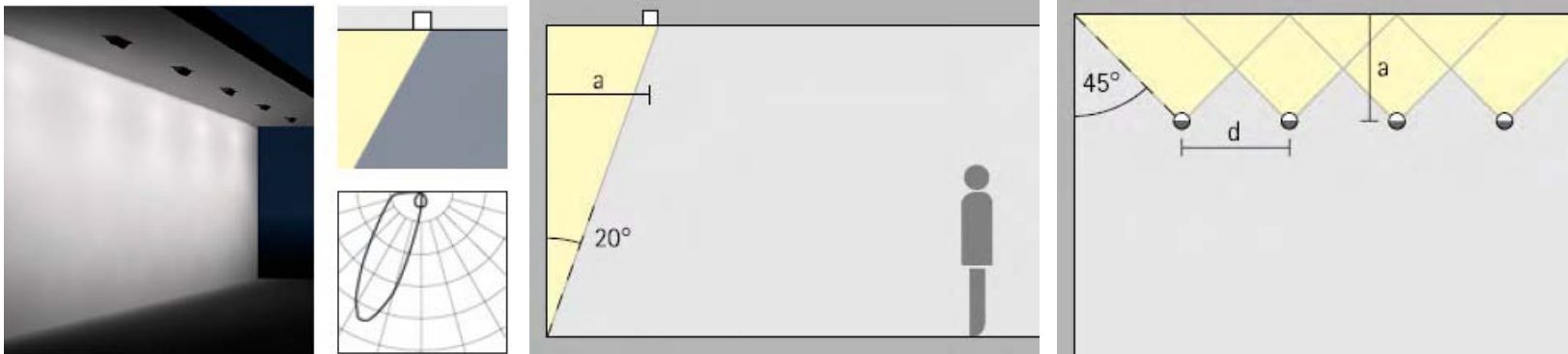
Εικόνα 114. τεχνικά χαρακτηριστικά των downlights και εφαρμογές - πηγή: Erco

- ceiling- or wall- mounted, φωτιστικά οροφής ή επιτοίχια. Χαρακτηρίζονται από την τοποθέτησή τους και όχι από τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά, αφού μπορεί να έχουν στενή ή ευρεία δέσμη και συμμετρική ή ασύμμετρη κατανομή. Χρησιμοποιούνται για να αναδείξουν τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του χώρου, γι' αυτό η τοποθέτησή τους πρέπει να βασίζεται σε αυτά.



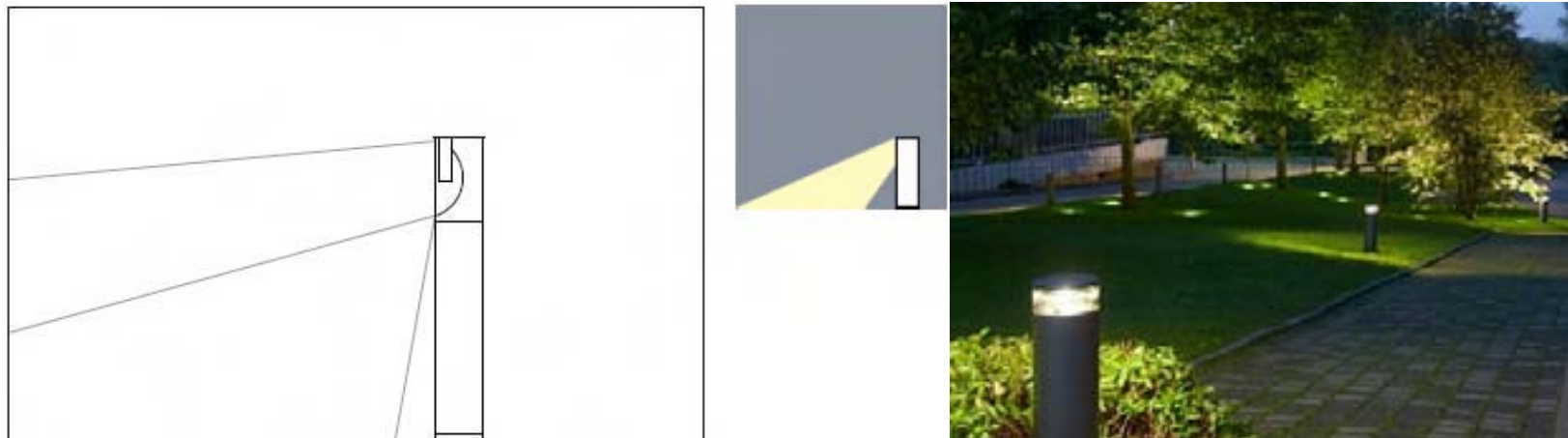
Εικόνα 115. τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών τοίχου-οροφής και εφαρμογές - πηγή: Erco

- wallwashers, που έχουν ευρεία δέσμη και ασύμμετρη κατανομή και όπως υποδηλώνει το όνομά τους χρησιμοποιούνται για τον ομοιόμορφο φωτισμό μεγάλων επιφανειών, όπως τοίχοι και όψεις κτιρίων. Προκειμένου να εξασφαλιστεί ομαλή κατανομή φωτισμού στο κατακόρυφο επίπεδο, πρέπει τα φωτιστικά να τοποθετούνται σε απόσταση από τον τοίχο ίση με το 1/3 του ύψους του δωματίου ή αλλιώς σε γωνία που σχηματίζει  $20^\circ$  με την κατακόρυφο. Για να επιτευχθεί οριζόντια ομοιομορφία κατά μήκος του τοίχου που φωτίζεται, πρέπει η απόσταση μεταξύ των φωτιστικών μεταξύ τους να είναι ίση με την απόστασή τους από τον τοίχο. Μεγαλύτερη μεταξύ τους απόσταση δημιουργεί σκοτεινές ζώνες στον τοίχο, προκαλώντας ανομοιομορφία.



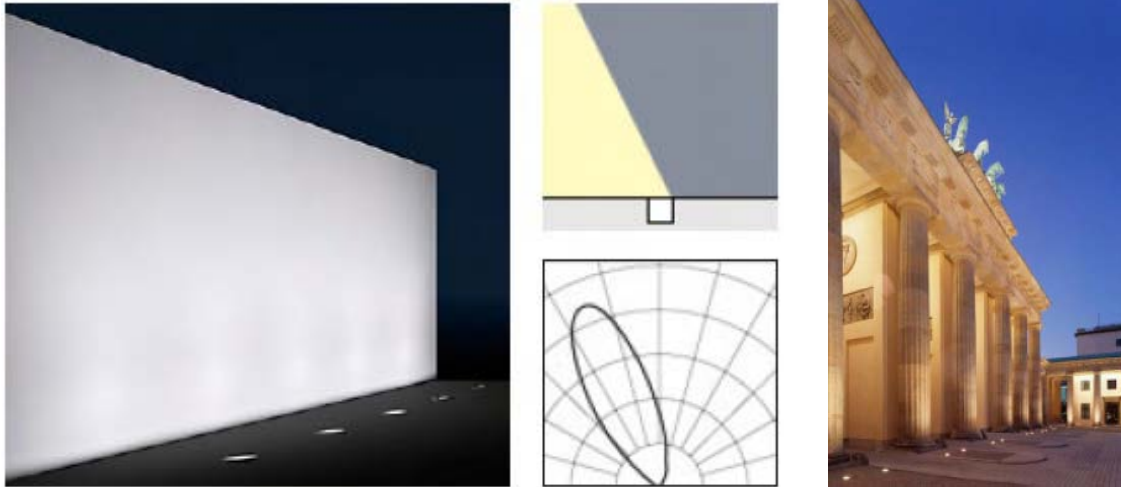
Εικόνα 116. τεχνικά χαρακτηριστικά και διάταξη των wallwashers - πηγή: Erco

- open area, που έχουν ευρεία δέσμη και συνήθως ασύμμετρη κατανομή και χρησιμοποιούνται για το φωτισμό ανοικτών χώρων, όπως πλατείες και διάδρομοι κίνησης, όπου λειτουργούν ως αρχιτεκτονικά - διακοσμητικά στοιχεία.



Εικόνα 117. τεχνικά χαρακτηριστικά των open area και εφαρμογές - πηγή: Erco

- recessed floorlights, ενδοδαπέδια φωτιστικά. Εκπέμπουν φως με κατεύθυνση προς τα πάνω, με στενή ή ευρεία δέσμη, συμμετρική ή ασύμμετρη κατανομή και χρησιμοποιούνται συνήθως σε εξωτερικούς χώρους για να σηματοδοτούν σημαντικά στοιχεία και να αναδεικνύουν την τρισδιάστατη υφή επιφανειών - τοίχων. Αυτό που είναι σημαντικό να προσέχουμε είναι το βάρος που αντέχει το κάλυμμα τους, η θερμοκρασία τους και η υγραμόνωσή τους (για έξω). Επίσης συνήθως έχουν μεγάλο βάθος γύρω στα 30εκ.



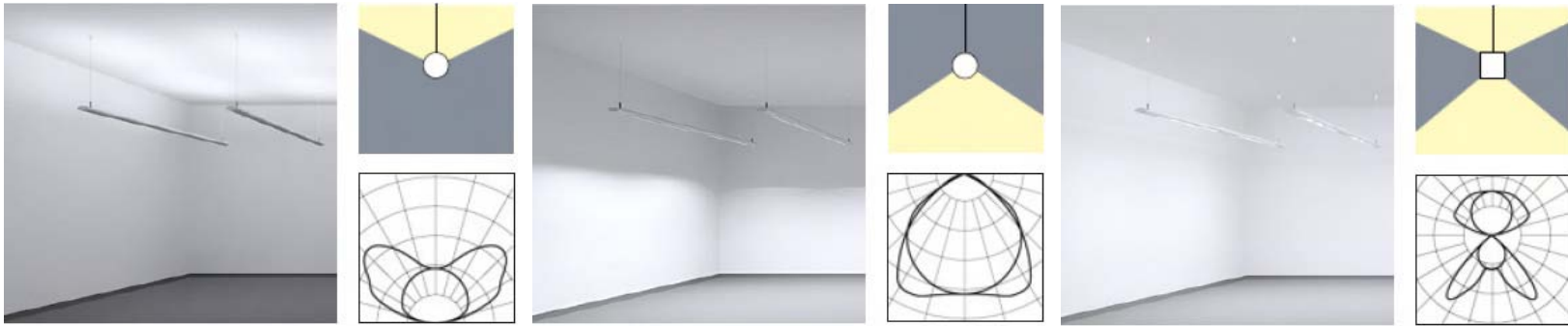
Εικόνα 118. τεχνικά χαρακτηριστικά των κωνευτών φωτιστικών δαπέδου και εφαρμογές - πηγή: Ergo

- orientation, προσανατολισμού ή κατεύθυνσης. Το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν την κατεύθυνση σε ένα χώρο, όπως την έξοδο. Σημαντικό είναι να αποτελούν διακριτά στοιχεία από το γύρω περιβάλλον, ώστε να μπορούν να προσανατολίζουν και να κατευθύνουν με ευκολία το χρήστη.



Εικόνα 119. τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών κατεύθυνσης και εφαρμογές - πηγή: Ergo

- αναρτώμενα (suspended) συνήθως σε ράγα. Μπορεί να είναι άμεσου, έμμεσου ή άμεσου-έμμεσου φωτισμού. Τα τελευταία χρησιμοποιούνται σε ψηλούς χώρους, απαλύνοντας τις σκιές. Στο κάτω κομμάτι που φωτίζει άμεσα έχουν συνήθως περσίδες για αποφυγή θάμβωσης, ενώ στο πάνω διαχύτη.



Εικόνα 120. τεχνικά χαρακτηριστικά των αναρτώμενων φωτιστικών - πηγή: Ergo

Τέλος ξεχωριστή κατηγορία αποτελούν τα φωτιστικά εξόδου και ασφαλείας, τα οποία χρησιμοποιούνται για να σηματοδοτούν την πορεία της εξόδου κινδύνου σε επείγουσες περιπτώσεις. Ειδική σήμανση - πικτογράμματα πρέπει να δείχνουν όλες τις εξόδους διαφυγής, τις διασταυρώσεις γωνιών και τα κλιμακοστάσια συνεχώς και καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου. Ο φωτισμός ασφαλείας πρέπει να τροφοδοτείται από εφεδρική πηγή ενέργειας, έτσι ώστε να λειτουργεί σε περίπτωση διακοπής του κανονικού φωτισμού.



Εικόνα 121. φωτισμός εξόδου και ασφαλείας - πηγή: Ergo



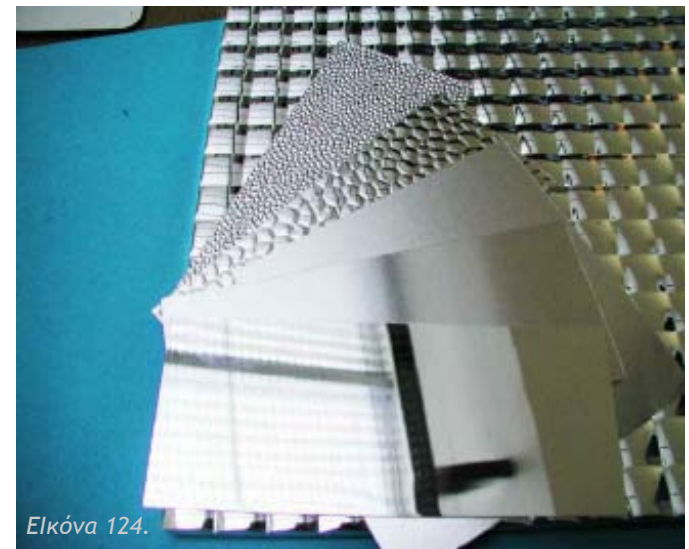
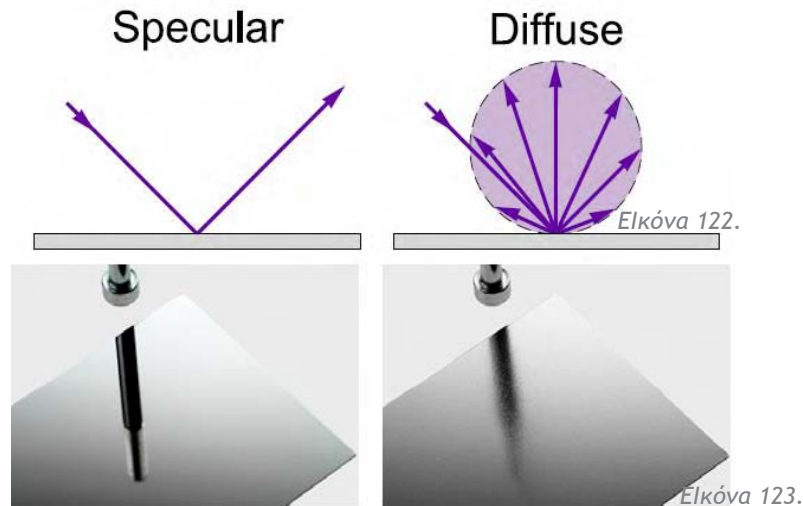


Ο ανακλαστήρας αποτελεί το πιο σημαντικό μέρος του φωτιστικού, καθώς ο σχεδιασμός του πρέπει να είναι τέτοιος που να ελέγχει την κατεύθυνση της φωτεινής δέσμης με βάση το επιθυμητό αποτέλεσμα φωτισμού και να ελαχιστοποιεί τις απώλειες του φωτός.

### Υλικά ανακλαστήρα

Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται ανοδιωμένο αλουμίνιο γιατί είναι εύκολα κατεργάσιμο και έχει σταθερή ανακλαστικότητα, πράγμα που σημαίνει ότι ανακλά όλα τα χρώματα με τον ίδιο τρόπο. Η ανοδίωση κάνει την επιφάνεια του αλουμινίου σκληρή όσο το γυαλί και πολύ διαφανή. Επίσης είναι σαν υλικό ανακυκλώσιμο και φθινό. Δε χρησιμοποιούμε πλαστικούς ανακλαστήρες για λόγους ασφάλειας (γείωση), ούτε γυαλί γιατί είναι βαρύ και μπορεί να σπάσει από την υπερθέρμανση. Το πλαστικό με επινικέλωση είναι τέλειος καθρέφτης. Το ασημί αν και έχει πολύ καλύτερες ανακλαστικές ιδιότητες είναι πολύ ακριβό υλικό.

Ο ανακλαστήρας μπορεί κατασκευαστικά να είναι τελείως λείος αν αποτελείται από ένα ολόσωμο κομμάτι φτιαγμένο με καλούπι. Εναλλακτικά μπορεί να αποτελείται από πολύ μικρά κομματάκια κολλημένα μεταξύ τους ώστε να δημιουργηθεί το επιθυμητό σχήμα. Σε κάθε περίπτωση το ίχνος που αφήνει το φως στον τοίχο είναι διαφορετικό: στην πρώτη περίπτωση είναι τέλειος κύκλος, ενώ στη δεύτερη πριονωτό σχήμα. Επίσης το χρώμα του ανακλαστήρα επηρεάζει το χρώμα που θα δούμε τελικά να βγαίνει από το φωτιστικό.



### - Κατοπτρική ανάκλαση (specular)

Οι λείες επιφάνειες σαν καθρέφτες ανακατευθύνουν το φως χωρίς να αλλάζουν τη μορφή της δέσμης. Η γωνία πρόσπτωσης ισούται με τη γωνία ανάκλασης. Τέτοια υλικά χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται ακριβής έλεγχος της δέσμης φωτός. Οι επιφάνειες αυτές μπορούν ανάλογα από το σημείο θέασης να φανούν σκούρες ή φωτεινές.

### - Διαχυτική ανάκλαση (diffuse)

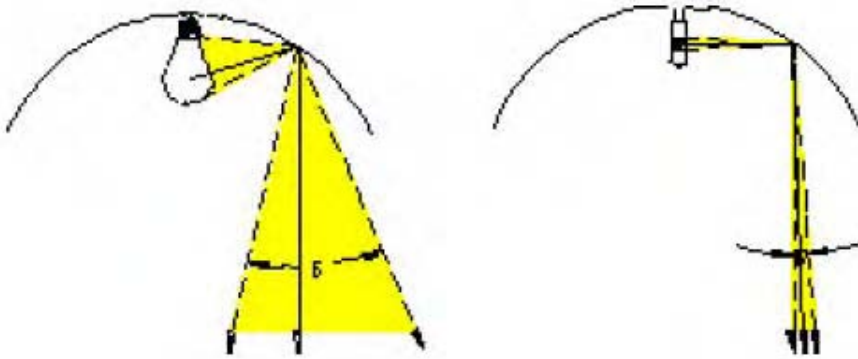
Επιτυγχάνεται με τραχιές ή ματ επιφάνειες που αλλάζουν τα χαρακτηριστικά της δέσμης φωτός. Το φως ανακλάται σε κάθε σημείο της επιφάνειας προς όλες τις κατευθύνσεις με μέγιστη ένταση κάθετα στην επιφάνεια. Δεν υπάρχουν φωτεινά σημεία και η επιφάνεια φαίνεται ίδια από όπου κι αν την κοιτάξεις. Στα φωτιστικά με διάχυση γίνεται κατανομή του φωτός σε μεγάλη έκταση.

### Σχεδιασμός ανακλαστήρα

Όσο πιο κατοπτρική είναι η επιφάνεια του ανακλαστήρα, τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια χρειάζεται για την κατεύθυνση της δέσμης φωτός. Η ανακατεύθυνση εξαρτάται από την αναλογία της πηγής φωτός και της απόστασής της από τον ανακλαστήρα.

Όσο πιο μικρή είναι η πηγή, τόσο πιο κοντά σε αυτή τοποθετείται ο ανακλαστήρας, άρα τόσο «μικραίνει» το φωτιστικό. Γι' αυτό πρέπει ο ανακλαστήρας να είναι πολύ μεγαλύτερος από τη φωτεινή πηγή. Όσο πιο στενή είναι η δέσμη φωτός που εκπέμπει το φωτιστικό, τόσο μεγαλώνει η απόσταση ανάμεσα στη λάμπα και τον ανακλαστήρα.

Όταν τα φωτιστικά επιτρέπουν να βλέπουμε τη λάμπα, τότε ο ανακλαστήρας πρέπει να περιορίζει την ακτινοβολία που αυτή εκπέμπει. Τα φωτιστικά που δε μας επιτρέπουν να βλέπουμε κατευθείαν τη λάμπα λέγονται δευτερεύοντα. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι περιορίζουν τη θάμβωση, όμως απαιτούν πολύ προσεκτικό σχεδιασμό για να μη μειώνουν την απόδοσή τους λόγω της πολλαπλής ανάκλασης του φωτός. Όσο μεγαλώνει ο αριθμός των ανακλάσεων τόσο πιο σημαντικό είναι να χρησιμοποιούνται υλικά με υψηλή ανακλαστικότητα ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες.



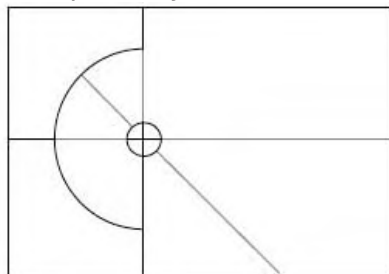
Εικόνα 122. τα δύο βασικά είδη ανάκλασης - πηγή: *Light measurement handbook, Ryer (1997)*

Εικόνα 123. κατοπτρική και διαχυτική επιφάνεια - πηγή: *Erco*  
 Εικόνα 124. ανακλαστικά υλικά - πηγή: *synthlight handbook*  
 Εικόνα 125. (αριστερά) σχέση λαμπτήρα - ανακλαστήρα - φωτεινής δέσμης - πηγή: *synthlight handbook*

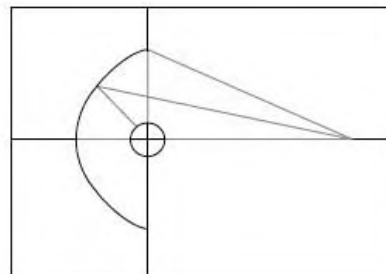
Το σχήμα του ανακλαστήρα καθορίζει την κατεύθυνση του φωτός που βγαίνει από το φωτιστικό. Έτσι μπορεί να είναι:

- σφαιρικός
- ελλειπτικός
- παραβολικός
- υπερβολικός

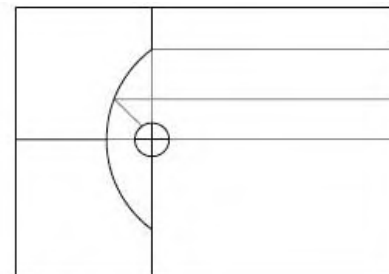
Εικόνα 126. το σχήμα του ανακλαστήρα σε σχέση με την κατεύθυνση της φωτεινής δέσμης - πηγή: *Erco*



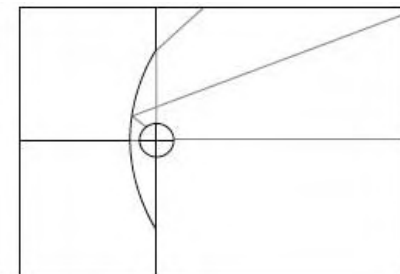
Circle



Ellipse



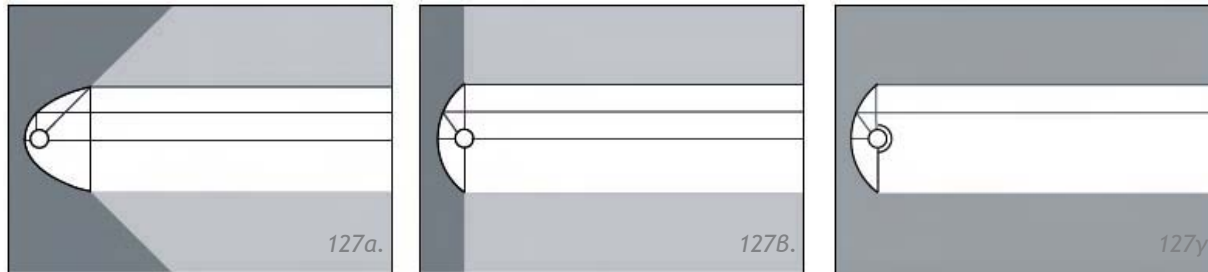
Parabola



Hyperbola

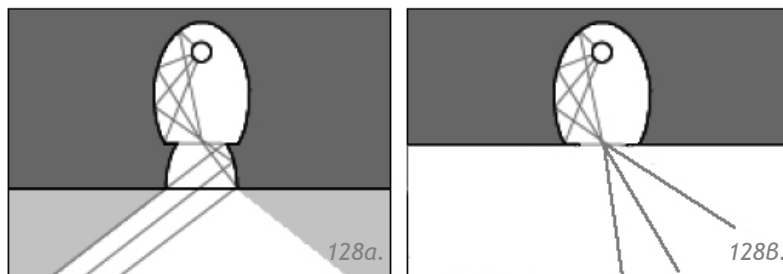
126.

Οι πιο συνηθισμένοι ανακλαστήρες είναι παραβολικοί. Το χαρακτηριστικό της παραβολής είναι ότι οι ανακλώμενες ακτίνες φωτός βγαίνουν παράλληλες μεταξύ τους, με την προϋπόθεση ότι το υλικό του ανακλαστήρα είναι ανακλαστικό. Αν ο λαμπτήρας τοποθετηθεί στο κέντρο της παραβολής (εικ. 127β), η δέσμη βγαίνει μεν παράλληλα, όμως θα υπάρχει ταυτόχρονα διάχυση του φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις έξω από τον ανακλαστήρα. Προκειμένου να εξασφαλίσουμε ότι θα υπάρχει μόνο η παράλληλη δέσμη, μπορούμε να καλύψουμε το λαμπτήρα με κάποιο καπέλο που ταυτόχρονα θα μας προστατεύει από το να δούμε την πηγή φωτός (εικ. 127γ). Εναλλακτικά, μπορεί η λάμπα να τοποθετηθεί πιο μέσα στον ανακλαστήρα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται γωνία αποκοπής απ' όπου δε θα μπορούμε να δούμε τη λάμπα (εικ. 127α). Αν το υλικό του ανακλαστήρα δεν είναι ανακλαστικό, τότε προφανώς θα έχω διάχυση του φωτός.



Εικόνα 127. παραβολικός ανακλαστήρας - πηγή: Ergo

Η έλλειψη έχει δύο κέντρα. Έτσι στους ελλειπτικούς ανακλαστήρες αν η φωτεινή πηγή είναι τοποθετημένη στο ένα κέντρο, το φως θα περάσει και από το δεύτερο κέντρο (εικ. 128α). Το δεύτερο κέντρο της έλλειψης μπορεί να αποτελέσει με αυτό τον τρόπο δευτερεύουσα φωτεινή πηγή. Αν μάλιστα το δεύτερο κέντρο τοποθετηθεί στο ίδιο επίπεδο με την ψευδοροφή, θα αποτελέσει φωτεινή πηγή αποκρύπτωντας την πραγματική. Οι ελλειπτικοί ανακλαστήρες είναι πιο δύσκολοι στην κατασκευή και βρίσκουν εφαρμογή στα χωνευτά φωτιστικά οροφής για να δημιουργήσουν φωτεινό ταβάνι.



Εικόνα 128. ελλειπτικός ανακλαστήρας - πηγή: Ergo



## ΘΑΜΒΩΣΗ

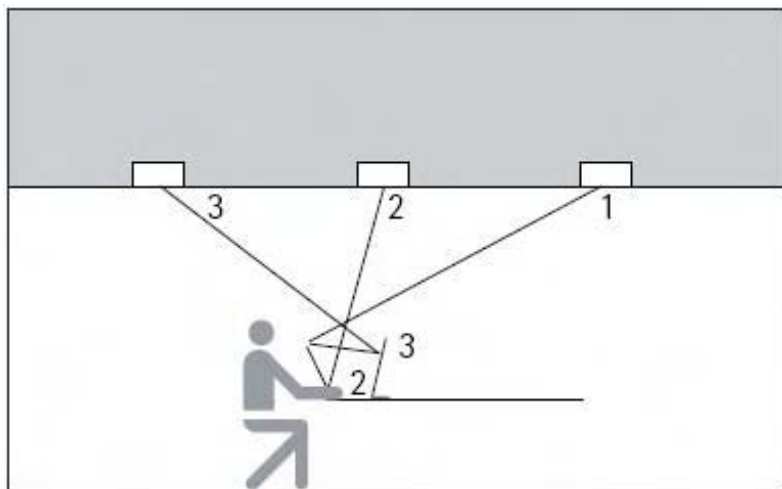
Η πρόληψη φαινομένων θάμβωσης αποτελεί εξαιρετικά σημαντικό παράγοντα κατά τη διαδικασία σχεδιασμού. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις θάμβωσης:

### α/ άμεση θάμβωση - direct glare

προκύπτει όταν είναι ορατή η πηγή φωτισμού από το σημείο παρατήρησης (βρίσκεται μέσα στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή) και εξαρτάται από τη λαμπρότητα, την ανακλαστικότητα και το μέγεθος της επιφάνειας που βλέπω, τη διάταξη των φωτιστικών σε σχέση με τη θέση του σημείου αναφοράς - παρατηρητή και τέλος το επίπεδο φωτισμού.

### β/ θάμβωση από ανάκλαση - reflected glare

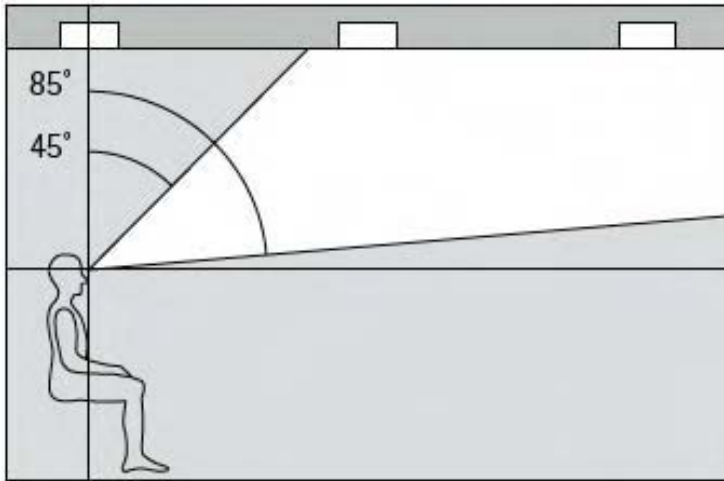
προκύπτει όταν υπάρχουν υψηλά ανακλαστικές επιφάνειες στο άμεσο οπτικό πεδίο του παρατηρητή όπου ανακλώνται οι πηγές φωτός. Και οι δύο τύποι θάμβωσης μπορούν να προκαλέσουν θάμβωση ανικανότητας (disability glare) ή ψυχολογική θάμβωση (discomfort glare). Η ψυχολογική θάμβωση είναι αυτή που συναντάμε μέσα στα κτίρια και είναι ιδιαίτερα ενοχλητική αλλά δεν σε σταματάει να δουλέψεις, αντίθετα με τη θάμβωση ανικανότητας (π.χ. τα μεγάλα φώτα αντίθετα διερχόμενου αυτοκινήτου κατά τη νυχτερινή οδήγηση).



Εικόνα 129. είδη θάμβωσης 1.άμεση 2.από ανάκλαση 3.στην οθόνη - πηγή: Ergo

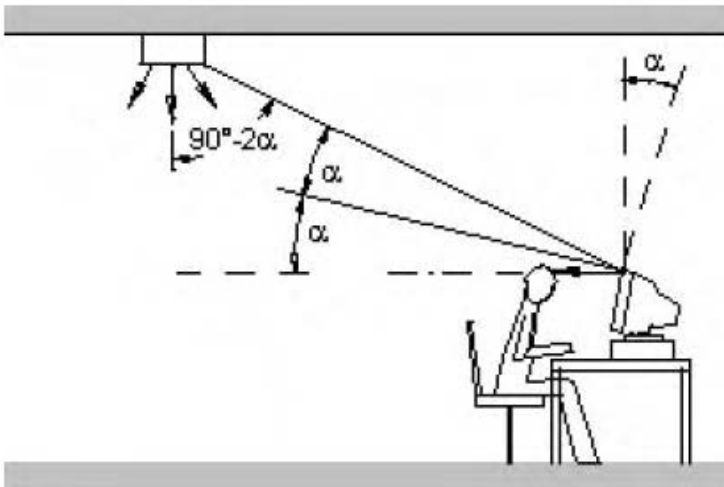
Η θάμβωση μετράται με το δείκτη UGR για τον τεχνητό φωτισμό και με το δείκτη DGI για το φυσικό φωτισμό. Για λεπτομερείς εργασίες ο δείκτης είναι στο 16, για δουλειά γραφείου 19 και για βιομηχανικές δραστηριότητες κυμαίνεται από 25-28.

Για την άμεση θάμβωση από τις πηγές τεχνητού φωτισμού, είναι κριτική η ζώνη ανάμεσα στις 45° και 85°, όπως επίσης και η γωνία αποκοπής των φωτιστικών η οποία με ενδιαφέρει να είναι μικρή (άρα στενή φωτεινή δέσμη). Προσοχή πρέπει να δίνεται στα πολύ γυαλιστερά και στιλπνά αντικείμενα τα οποία μπορούν να αποτελέσουν πηγή υψηλών λαμπροτήτων άρα και θάμβωσης.

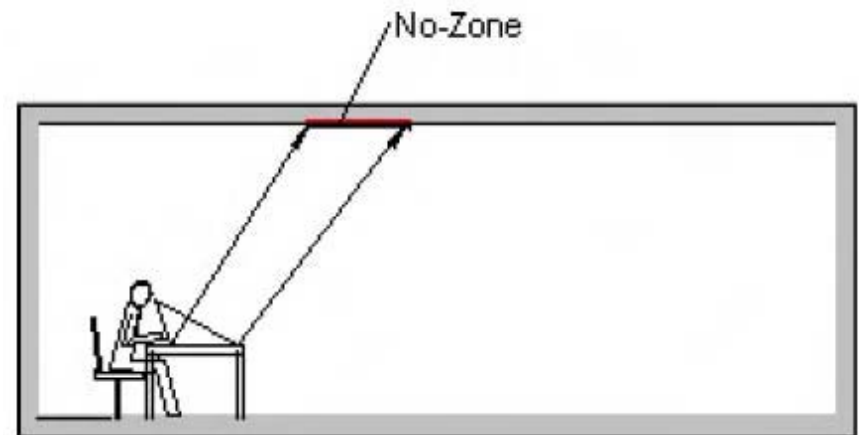


Εικόνα 130. άμεση θάμβωση - πηγή: Ergo

Εικόνα 131. θάμβωση από ανάκλαση στην οθόνη - πηγή: synthlight handbook



Εικόνα 132. θάμβωση από ανάκλαση στην επιφάνεια εργασίας - πηγή: synthlight handbook



## ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Ο εκτιμώμενος φωτισμός που πρέπει να επιτευχθεί για μια ορισμένη εργασία υπολογίζεται ανάλογα με τη χρήση σε ένα επίπεδο αναφοράς-εργασίας. Για διαδρόμους και χώρους κίνησης αυτό υπολογίζεται σε ύψος 20 εκ. από το πάτωμα, ενώ για δουλειά γραφείου στα 85 εκ.

Για χώρους κατοικίας το σύστημα φωτισμού πρέπει να παρέχει ποικιλία στους χρήστες, να εξασφαλίζει ένα γενικό επίπεδο φωτισμού και ταυτόχρονα να τονίζει συγκεκριμένα σημεία του χώρου είτε με χρώμα είτε με έντονες αντιθέσεις έτσι ώστε να δημιουργείται ευχάριστο περιβάλλον (pools of light).

Αντίθετα με την κατοικία, για τους χώρους εργασίας πρέπει να εξασφαλίζονται συγκεκριμένα επίπεδα φωτισμού, σύμφωνα με το βρετανικό πρότυπο EN 12464-1. Οι τιμές φωτισμού που παρουσιάζονται είναι οι ελάχιστες για συνήθεις συνθήκες φωτισμού και λαμβάνουν υπ' όψιν:

- ψυχολογικές παραμέτρους σχετικά με την οπτική αντίληψη και οπτική άνεση
- τις απαιτήσεις για κάθε εργασία
- την εμπειρία από την πράξη
- την ασφάλεια
- την οικονομία και εξοικονόμηση ενέργειας.

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά τα επίπεδα φωτισμού που χρειάζονται για τυπικές εργασίες σύμφωνα με το βρετανικό πρότυπο, καθώς και ο προτεινόμενος δείκτης χρωματικής απόδοσης.

Είδος δραστηριότητας	Φωτισμός (Lux)	Χρωμ. απόδοση Ra
δημόσιοι χώροι	30	40
αποκλειστικά κίνηση χωρίς αντίληψη λεπτομερειών (διάδρομοι, χώροι στάθμευσης)	50	40
χώροι εργασίας όπου χρειάζεται περιορισμένη αντίληψη λεπτομερειών (αποθήκες)	100	60
εργασίες που ενέχουν μικρό κίνδυνο για τους ανθρώπους ή τον εξοπλισμό (κλιμακοστάσια)	150	60
εργασίες που προϋποθέτουν κάποια αντίληψη λεπτομερειών (πλυντήρια, ράφια βιβλιοθηκών)	200	80
λεπτομερείς εργασίες σε περιβάλλον με μεγάλες αντιθέσεις (αίθουσα διδασκαλίας)	300	80
πιο δύσκολες εργασίες σε περιβάλλον με μικρές αντιθέσεις όπου μπορεί να απαιτείται σωστή χρωματική αντίληψη (κουζίνα εστιατορίου, δουλειά γραφείου, πίνακας αίθουσας διδασκαλίας)	500	80
εργασίες με μικρές λεπτομέρειες χαμηλών αντιθέσεων όπου απαιτείται σωστή χρωματική αντίληψη (ράφιμο, αίθουσες σχεδίου)	750	80
δύσκολες εργασίες με μικρές λεπτομέρειες και αντιθέσεις, για ακριβή χρωματική αντίληψη (ιατρεία, κατασκευή κοσμημάτων)	1000	90
εργαστήρια ηλεκτρονικών, εργασία με πολύτιμες πέτρες	1500	90
χαρακτική σε χαλκό, χάλυβα	2000	90
τραπέζι εργασίας νεκροτομείου, λεύκανση δοντιών	5000	90

Για να πετύχουμε το συγκεκριμένο κάθε φορά επίπεδο φωτισμού, τότε χρειάζεται να εξασφαλίσουμε συγκεκριμένη φωτεινή ροή. Η λαμπρότητα μπορεί να αλλάξει αν αλλάξει η ανακλαστικότητα της επιφάνειας. Η ανακλαστικότητα εξαρτάται από το υλικό και το χρώμα της επιφάνειας, πράγμα που σημαίνει ότι το πρώτο που πρέπει να κάνω για να αλλάξω τις λαμπρότητες σε ένα χώρο είναι να πειράξω τα χρώματα και τα υλικά των επιφανειών.

Σύμφωνα με το Βρετανικό πρότυπο EN 12464-1, οι ανακλαστικότητες των επιφανειών ενός δωματίου πρέπει να κυμαίνονται:

- στην οροφή 0,6 - 0,9
- στους τοίχους 0,3 - 0,8
- στην επιφάνεια εργασίας 0,2 - 0,6
- και στο δάπεδο 0,1 - 0,5.

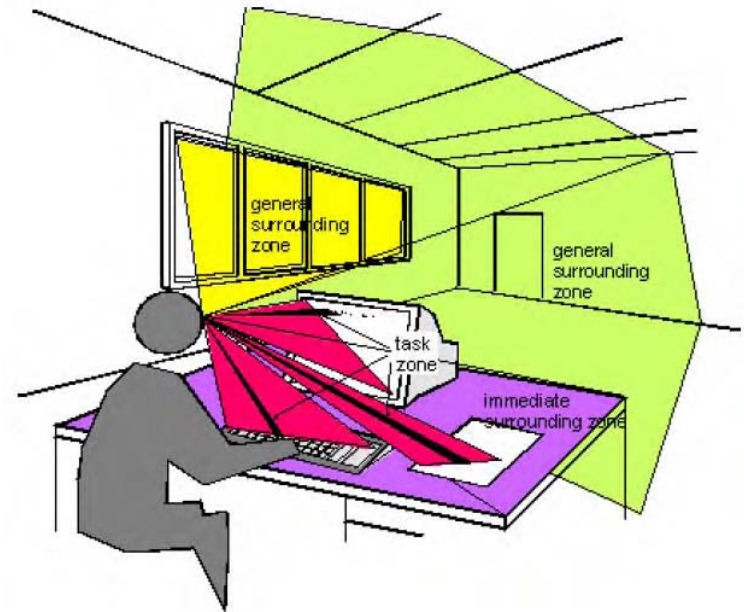
Σε χώρους γραφείων το σύστημα φωτισμού πρέπει να σχεδιάζεται πολύ προσεκτικά και να αποφεύγονται οι αντιθέσεις ώστε να μην κουράζουν το μάτι μας που προσπαθεί να συγκεντρωθεί σε συγκεκριμένη εργασία. Ο φωτισμός γραφείων πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες, που περνούν το 1/3 της ημέρας τους εκεί, να εργάζονται αποδοτικά και ξεκούραστα.

Το οπτικό πεδίο ενός ατόμου που κάνει δουλειά γραφείου χωρίζεται σε τρεις ζώνες:

- α/ τη ζώνη όπου γίνεται η εργασία (οθόνη η/υ, χαρτιά, πληκτρολόγιο),
- β/ το άμεσο περιβάλλον (το γραφείο) και
- γ/ το γενικότερο περιβάλλον (τους τοίχους, το πάτωμα, το ταβάνι του δωματίου).

Για να εξασφαλίζεται οπτική άνεση πρέπει να υπάρχει αναλογία ανάμεσα στην πρώτη και τρίτη ζώνη περίπου 1/3.

Το ελάχιστο επίπεδο λαμπροτήτων για να εξασφαλίζεται οπτική οξύτητα και αντίληψη των χρωμάτων είναι 100 cd/m<sup>2</sup>. Για δουλειά γραφείου κατά το Βρετανικό πρότυπο EN 12464-1 είναι απαραίτητος ο φωτισμός της επιφάνειας εργασίας με 500 lux και του γύρω περιβάλλοντος με 750 lux, ενώ τυπικές τιμές ανάκλασης σε υλικά που υπάρχουν πάνω στο γραφείο (για χαρτιά  $\rho=0,80$ ) δημιουργούν λαμπρότητες γύρω στις 130 cd/m<sup>2</sup>. Επομένως με βάση τα προηγούμενα η λαμπρότητα των τοίχων περιορίζεται στις 50 cd/m<sup>2</sup>. Για τους υπολογισμούς δε λαμβάνεται υπ' όψιν η επίπλωση του χώρου, εκτός κι αν είναι σταθερή. Επίσης την επιφάνεια εργασίας την «τραβάω» περίπου 50 εκ. πιο μέσα από το περίγραμμα του δωματίου, αφού πρακτικά δεν εργάζομαι ποτέ σε αυτή τη ζώνη.



Task illuminance lx	Illuminance of immediate surrounding areas lx
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	$E_{task}$
<b>Uniformity: ≥ 0,7</b>	<b>Uniformity: ≥ 0,5</b>

Εικόνα 133. (πάνω) το οπτικό πεδίο ατόμου που εργάζεται σε γραφείο - πηγή: *synthlight handbook*

Εικόνα 134. φωτισμός χώρου εργασίας και άμεσου περιβάλλοντος για την επίτευξη ομοιομορφίας - πηγή: *British standard 12464-1 light and lighting - lighting of workplaces - part1-indoor work places (2002)*

Η φωτεινή ροή που εκπέμπουν τα φωτιστικά μειώνεται συνεχώς από τη στιγμή της εγκατάστασης και μετά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ροή των λαμπτήρων μειώνεται όσο πλησιάζουν προς το τέλος της ζωής τους, όπως επίσης και στη σκόνη. Για να εξασφαλιστεί το ελάχιστο επιθυμητό ποσό φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος και του χώρου που φωτίζει, πρέπει να αυξηθεί ο αρχικά εγκατεστημένος φωτισμός. Σύμφωνα με τον αναμενόμενο συντελεστή απωλειών (light loss factor  $\nu$ ) και ανάλογα με τη χρήση του χώρου, υπολογίζεται ένας συντελεστής προσαύξησης (planning factor  $p$ ) κατά τον αρχικό σχεδιασμό. Οι δύο συντελεστές είναι αντιστρόφως ανάλογοι. Σε κανονικές συνθήκες με απώλειες της τάξης του 0,8 ο αρχικός φωτισμός προσαυξάνεται κατά 25%. Όταν ο φωτισμός πέσει στο 80% της αρχικής τιμής, πράγμα που προϋποθέτει τακτικό έλεγχο των επιπέδων φωτισμού στο χώρο, τότε πρέπει να αρχίσει η αντικατάσταση των λαμπτήρων και να καθαριστούν τα φωτιστικά.

degree of soiling	light loss factor [ $\nu$ ]	planning factor [ $p$ ]
normal	0,8	1,25
increased	0,7	1,43
high	0,6	1,67

Εικόνα 135. ο συντελεστής προσαύξησης σε σχέση με το συντελεστή απωλειών λόγω σκόνης - πηγή: *synthlight handbook*



Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο, ενώ στην Ελλάδα ο φωτισμός καταναλώνει το 14% της συνολικής ενέργειας του κτιριακού τομέα. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, τα παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα, ο φυσικός φωτισμός και ο φυσικός δροσισμός μπορούν να μειώσουν την ενεργειακή κατανάλωση κατά 60% σε ένα μέσο Ευρωπαϊκό κτίριο. Επιπλέον οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν πρόσθετο δυναμικό εξοικονόμησης.

Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορες κατηγορίες χρήσης, προκύπτει ότι η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται σε κτίρια γραφείων 30-50%, σε καταστήματα 25-50%, σε νοσοκομεία 10-20% και σε ξενοδοχεία 10-25%.

Όμως, έχει διαπιστωθεί ότι, σε μεγάλο αριθμό εγκαταστάσεων είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας από το φωτισμό σε ποσοστό 30-50%, με την υιοθέτηση των κατάλληλων μέτρων και τεχνικών. Οι βασικοί κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται είναι η χρήση λαμπτήρων χαμηλής κατανάλωσης και υψηλής απόδοσης, η αποδοτική χρήση του φωτισμού που εκπέμπουν οι πηγές μέσω σωστού σχεδιασμού του συστήματος φωτισμού, η μέγιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου και η τακτική συντήρηση των φωτιστικών.

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας.

Το ενεργειακό κόστος του τεχνητού φωτισμού στο μέσο ελληνικό σπίτι είναι της τάξης του 17% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, δηλαδή περίπου 134 € ανά έτος. Για την καλύτερη κατανόηση της σημασίας του ενεργειακού κόστους στον φωτισμό αρκεί να αναφέρουμε ότι στον κύκλο ζωής μίας κατοικίας, το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων είναι περίπου 3%, ενώ το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου 86%.

Σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 98/11/EG, που εξέδωσε μία τυποποιημένη μέθοδο υπολογισμού, οι λαμπτήρες κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες ενεργειακής κατανάλωσης, ξεκινώντας από την κατηγορία A για τους πιο οικονομικούς έως την κατηγορία G για τους πιο ενεργοβόρους. Η ταξινόμηση αυτή (A-B-C-D-E-F-G) στοχεύει στην ενημέρωση του καταναλωτικού κοινού, καθιστώντας την επιλογή/αγορά λαμπτήρων ενεργειακής αποδοτικότητας άμεσα ορατή στον υποψήφιο αγοραστή.

Οι σύγχρονοι οικονομικοί λαμπτήρες, για το ίδιο επίπεδο φωτεινότητας με τους κοινούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, έχουν 10 φορές μεγαλύτερο χρόνο ζωής (10.000 ώρες), και το ένα πέμπτο της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Το κόστος αγοράς τους είναι μεν μεγαλύτερο αλλά το συνολικό οικονομικό όφελος κατά τη χρήση τους είναι σημαντικό ως αποτέλεσμα της χαμηλής κατανάλωσης ρεύματος και της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους (1 λαμπτήρας χαμηλής κατανάλωσης αντιστοιχεί με 10 κοινούς λαμπτήρες). Παρακάτω δίνεται η αντιστοιχία ισχύος ενός λαμπτήρα χαμηλής κατανάλωσης και ενός κοινού λαμπτήρα για το ίδιο επίπεδο φωτισμού.

Λαμπτήρας χαμηλής κατανάλωσης	Κοινός λαμπτήρας πυρακτώσεως
5 W	25 W
7 W	40 W
11 W	60 W
15 W	75 W
20 W	100 W
23 W	120 W