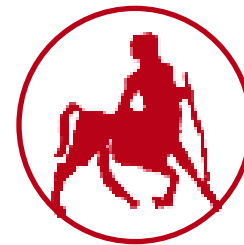


ΦΩΤΙΣΜΟΣ





Μια μικρή ανασκόπηση

Α. Τσαγκρασούλης

Τμ. Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

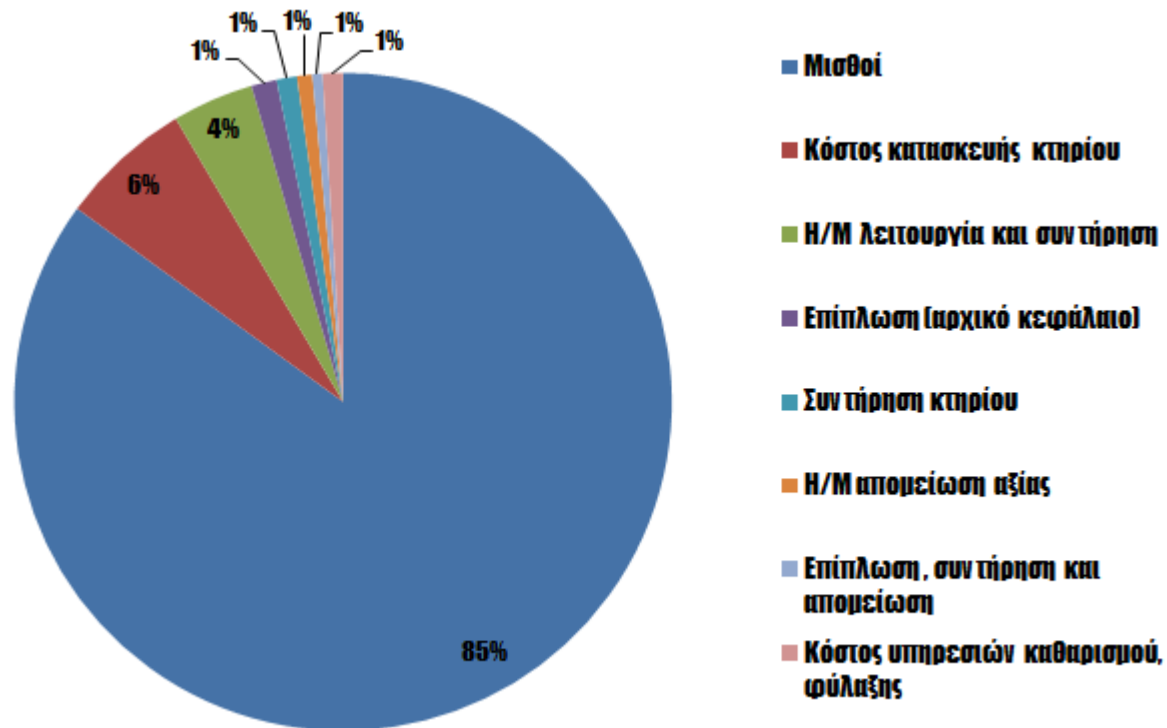


ΦΩΤΙΣΜΟΣ

-  Το μεγαλύτερο μέρος των προσλαμβανόμενων πληροφοριών απο το περιβάλλον οφείλεται στην όραση, η οποία είναι προϊόν του φωτός.
-  Ο φωτισμός του δομημένου περιβάλλοντος μας επηρεάζει τόσο σε βιολογικό όσο και σε ψυχολογικό επίπεδο, δρώντας σαν «δημιουργός» συναισθημάτων. Συνεπώς ο σχεδιαστής καλείται να φαντασθεί την αλληλεπίδραση του φωτισμού με τον χώρο και να προκαλέσει την σχεδιαζόμενη οπτική εμπειρία / διάθεση.
-  Η ανάπτυξη μας σαν είδος είναι αλληλένδετη με τον φυσικό φωτισμό, με το σύστημα μας να είναι προσαρμοσμένο στις εναλλαγές ημέρας – νύχτας. Η χρήση φυσικού φωτισμού. Σήμερα θεωρείται ακρογωνιαίος λίθος της προσπάθειας μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης δημιουργώντας ταυτόχρονα εσωτερικό περιβάλλον ευεξίας.
-  Η κατανάλωση για φωτισμό αντιστοιχεί στο ~20% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού παγκοσμίως¹ και εξετάζοντας τα στοιχεία που παρατίθενται φαίνεται ότι η κατανάλωση αυξάνεται με ρυθμό (2005-2010) περίπου 2.4% το χρόνο.

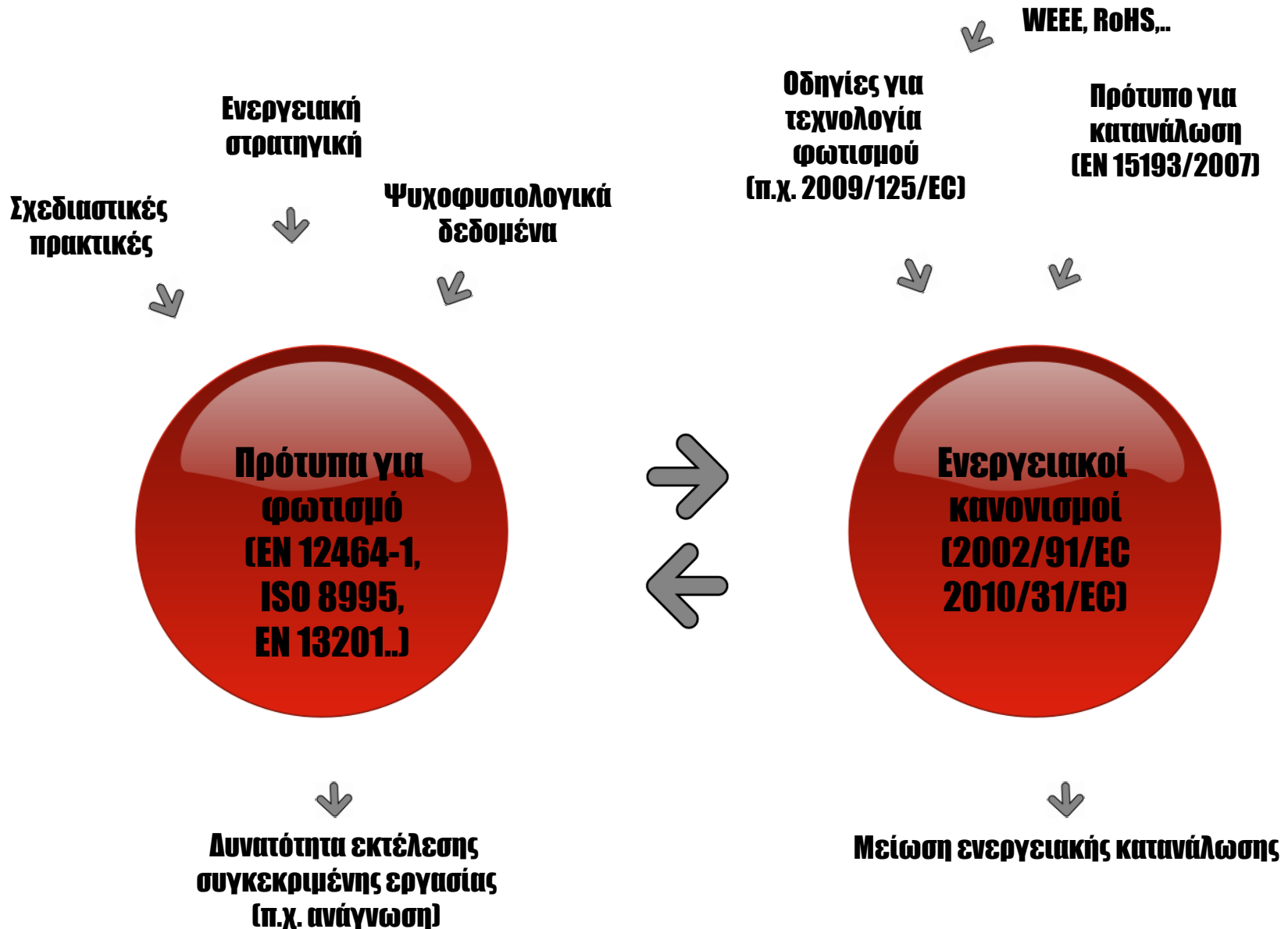
ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Ο φωτισμός (φυσικός/τεχνητός) αποτελεί αναπόσπαστη παράμετρο της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος, η οποία με τη σειρά της συνδέεται με την υγεία, ικανοποίηση και παραγωγικότητα των ανθρώπων. Για να τονισθεί η επίδραση του σωστού σχεδιασμού, να αναφερθεί ότι το κόστος των μισθών σε κάποιο κτήριο μπορεί να είναι δεκάδες φορές πολλαπλάσιο² από το κόστος της ενέργειας με αποτέλεσμα λανθασμένες σχεδιαστικές επιλογές να αντισταθμίζουν οποιοδήποτε εξοικονόμηση ενέργειας



ΦΩΤΙΣΜΟΣ

ΣΗΜΕΡΑ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΜΙΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΑΝΜΕΣΑ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΦΩΤΙΣΜΟΣ

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟ ΣΗΜΑΙΝΕΙ :

1. ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

1. ΜΕΙΩΣΗ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

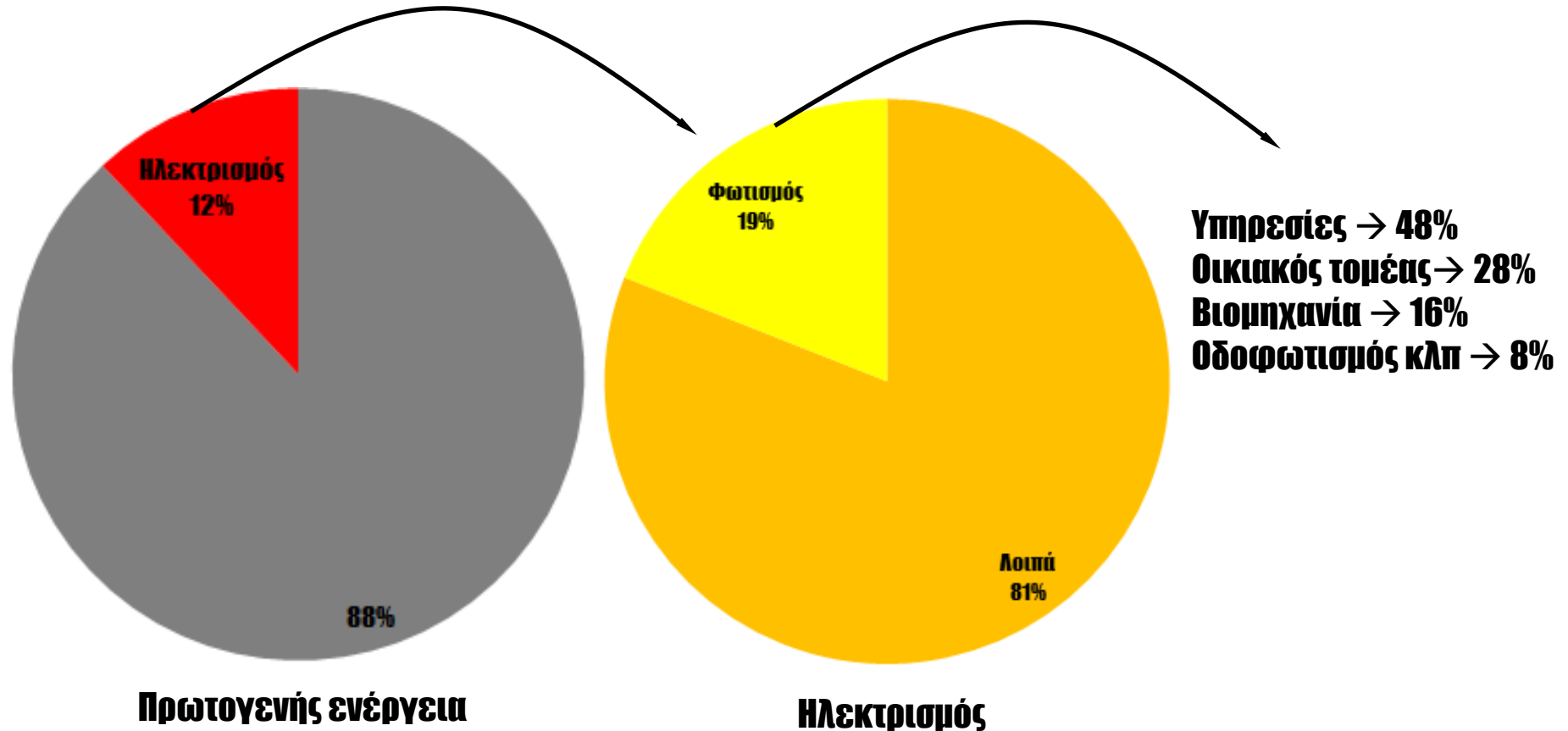
**A. Υιοθέτηση αυτοματισμών
B. Προσωπική ευαισθητοποίηση**

**A. Πιο αποδοτικές πηγές
B. Καλύτερος σχεδιασμός**

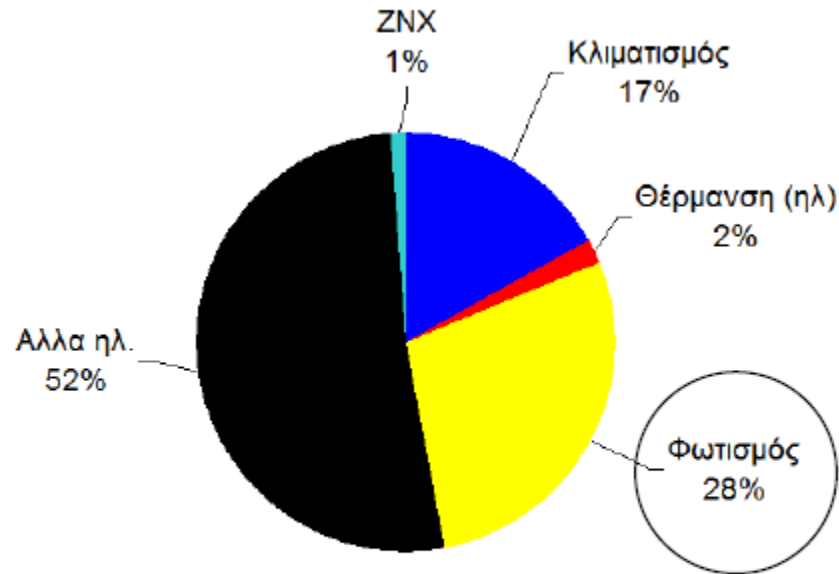
ΔΗΛ. ΠΑΡΟΧΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΟΠΟΥ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ, ΟΣΟ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ , ΟΤΑΝ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ

ΦΩΤΙΣΜΟΣ

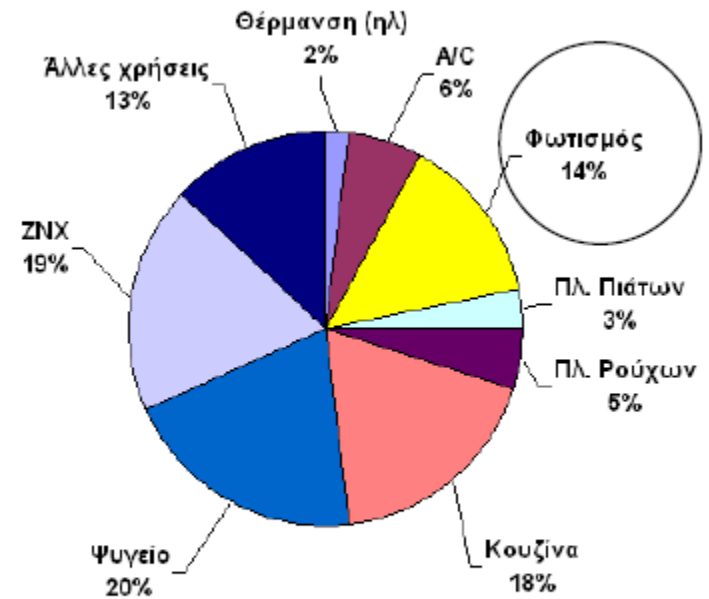
ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΦΩΤΙΣΜΟΣ: Τελική κατανάλωση σε ηλεκτρισμό στην Ελλάδα



Δημόσια κτήρια γραφείων



Κτήρια κατοικιών

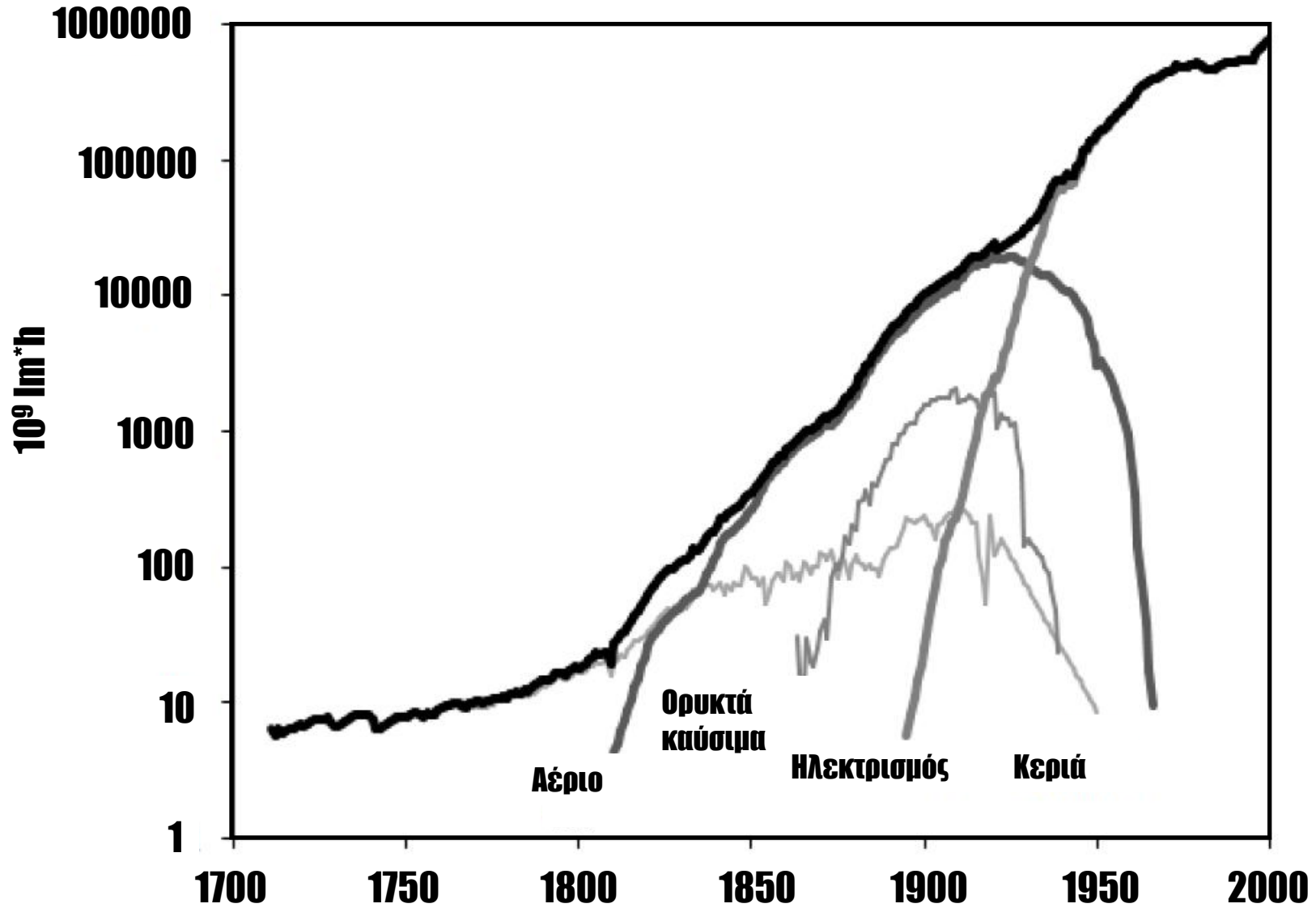
ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟ ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ ΣΥΝΕΧΩΣ ΠΕΡΙΠΟΥ ΜΕ ΡΥΘΜΟ 2.4 % ΕΤΗΣΙΩΣ (2005-2010) , ΠΑΡΟΛΟ ΠΟΥ Η ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ ΣΥΝΕΧΩΣ.

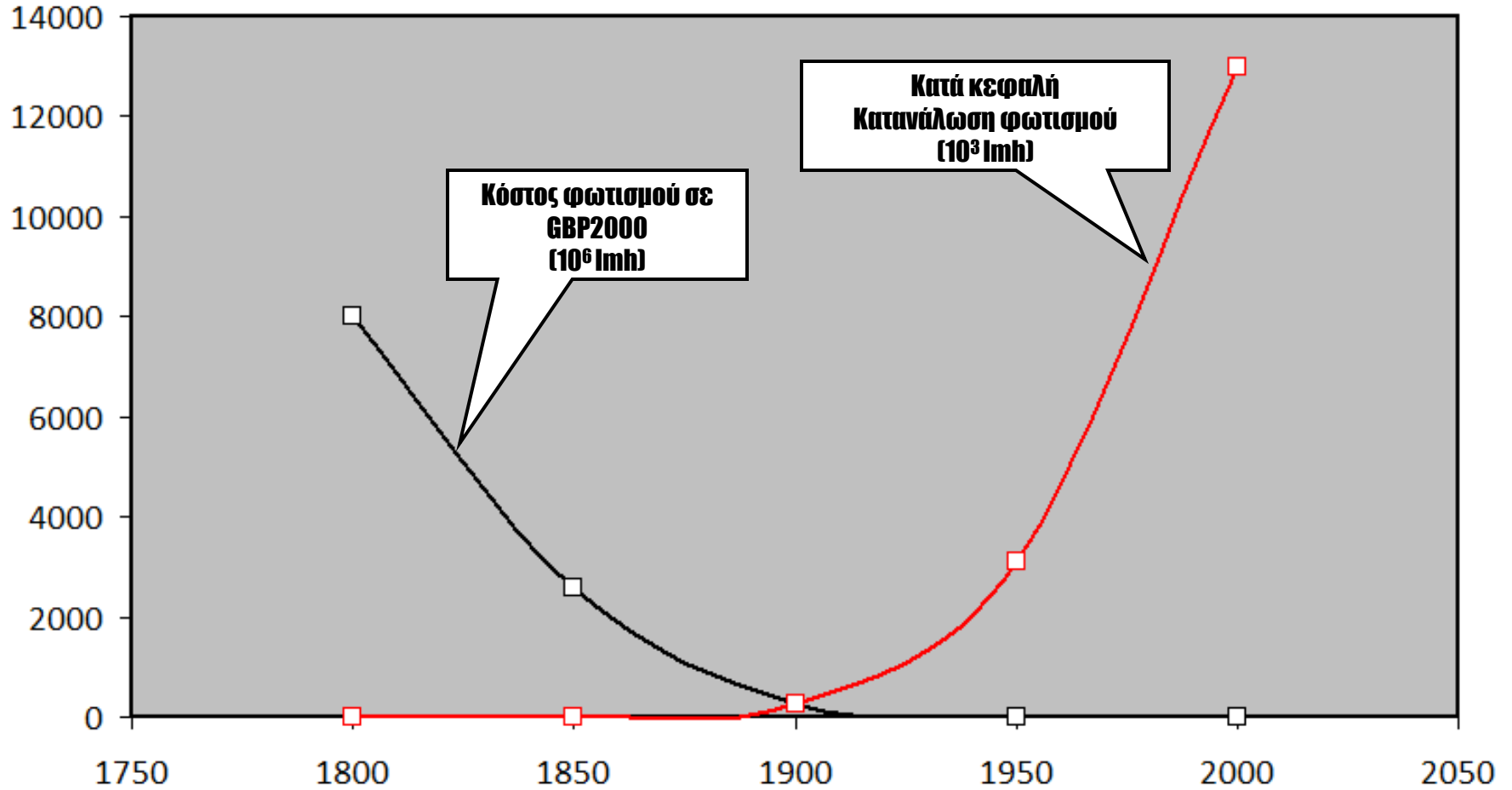
Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΣΑΟ ΕΤ ΑΛ. (2) ΕΞΕΤΑΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟ ΤΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 300 ΧΡΟΝΙΑ ΚΑΙ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ ΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ, ΤΩΝ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΤΕΛΗΞΕ ΣΤΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ΌΤΙ Η ΔΙΑΘΕΣΙΜΌΤΗΤΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΌΤΕΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΔΕΝ ΜΕΪΩΣΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΛΛΑ ΑΥΤΉ ΣΥΣΧΕΤΪΖΕΤΑΙ :

ΜΕ ΤΟ ΚΑΤΑ ΚΕΦΑΛΗ ΑΚΑΘΑΡΙΣΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΙΟΝ
ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΑΥΞΗΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ



ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΑΥΞΗΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ



ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΑΥΞΗΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ



Σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού της γής (~24% το 2006) δεν έχει πρόσβαση σε ηλ. ενέργεια με αποτέλεσμα ο φωτισμός να παράγεται με καύση. Η συγκεκριμένη κατανάλωση αποτελεί μόνο ένα μικρό κλάσμα της παγκόσμιας για φωτισμό (1%) αλλά είναι υπεύθυνη για το 20% των εκπομπών CO₂ εξαιτίας του φωτισμού.

ΦΩΤΙΣΜΟΣ

ΜΕΡΙΚΕΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ:

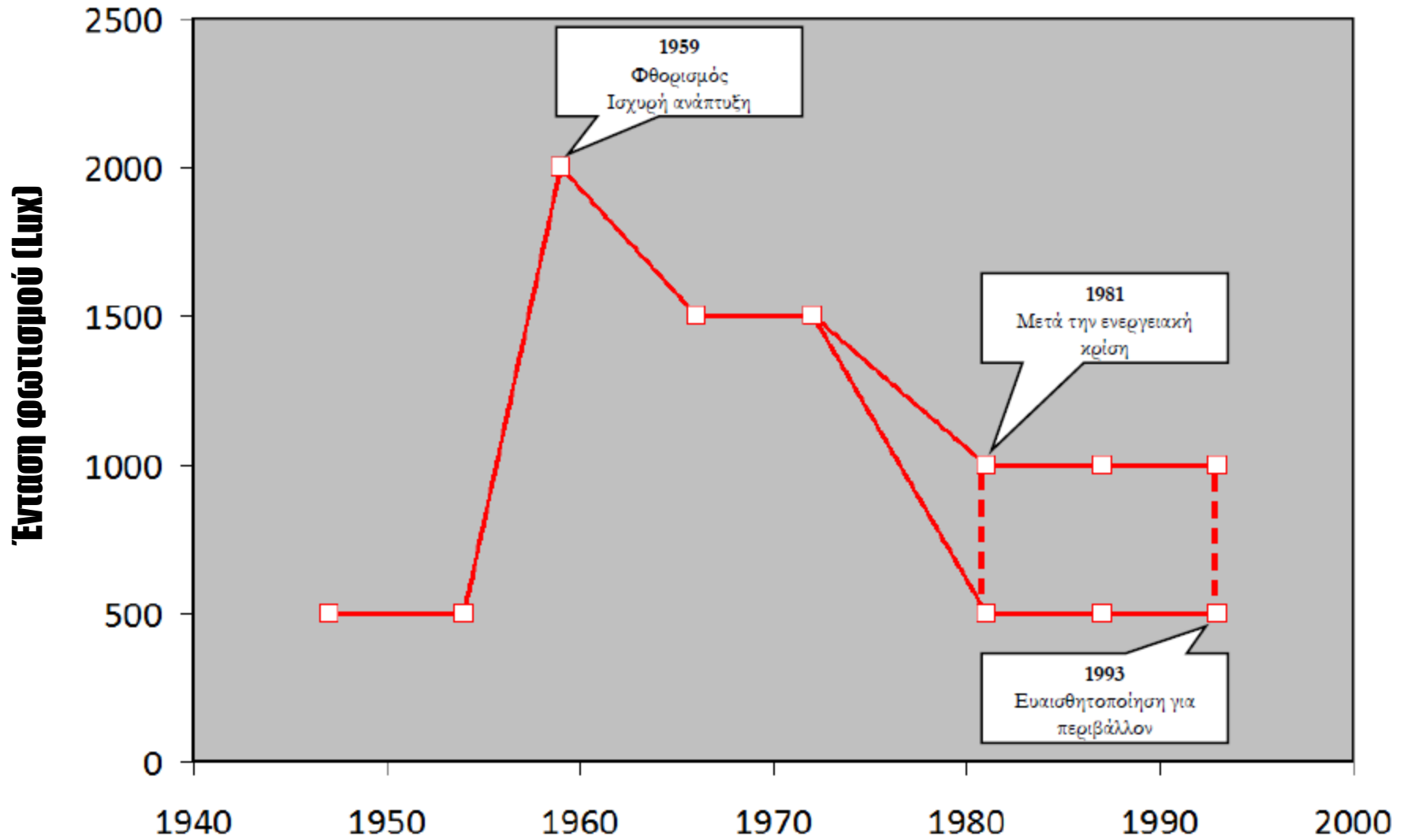
1. Hawthorne effect (1924-1932)

Τμήμα γραμμής παραγωγής απομονώθηκε και εφαρμόστηκαν αλλαγές στο σύστημα φωτισμού παρατηρώντας ταυτόχρονα την απόδοση (ταχύτητα) της γραμμής. Το παράδοξο που παρατηρήθηκε τότε ήταν αν οι συμμετέχοντες στο πείραμα εμφάνιζαν ενδιαφέρον για την συγκεκριμένη εργασία αυτή μπορούσε να πραγματοποιηθεί ακόμη και αν τα επίπεδα φωτισμού ήταν χαμηλά . Υπάρχει συζήτηση ακόμη και σήμερα. Η της εποχής προσέγγιση ήταν η υποβάθμιση της σημασίας του σχεδιασμού τουλάχιστο για το συγκεκριμένο είδος εργασίας.

2. Η θεωρία της κρίσιμης λεπτομέρειας των Weston-Beutell (1935).

Στηριζόταν στην υπόθεση ότι η ένταση φωτισμού εξαρτάται απο το μέγεθος της κρίσιμης λεπτομέρειας του αντικειμένου εργασίας. Π.χ. Στην ανάγνωση είναι το μέγεθος των γραμμάτων. Αυτό οδηγούσε σε υπερβολικές τιμές έντασης φωτισμού.

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: Εξέλιξη συνιστώμενων επιπέδων φωτισμού (γραφεία, ανάγνωση) κατά IESNA



ΦΩΤΙΣΜΟΣ:

ΑΛΛΑΓΗ ΘΕΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ



**Την δεκαετία του '80 υπήρξε μια αλλαγή:
Η είσοδος των προσωπικών υπολογιστών άλλαξε το
επίπεδο εργασίας απο οριζόντιο (τραπέζι) σε κατακόρυφο (οθόνη). Αυτό είχε σε αποτέλεσμα το σύστημα
φωτισμού καθώς και η πρόσοψη να καλύπτει μεγάλο τμήμα του οπτικού πεδίου**

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Απόδοση
 $\eta=88\%$

Εγκατεστημένη ισχύς
 8.9 W/m^2

Επίπεδα φωτισμού
 $E_m=546 \text{ lux}$

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

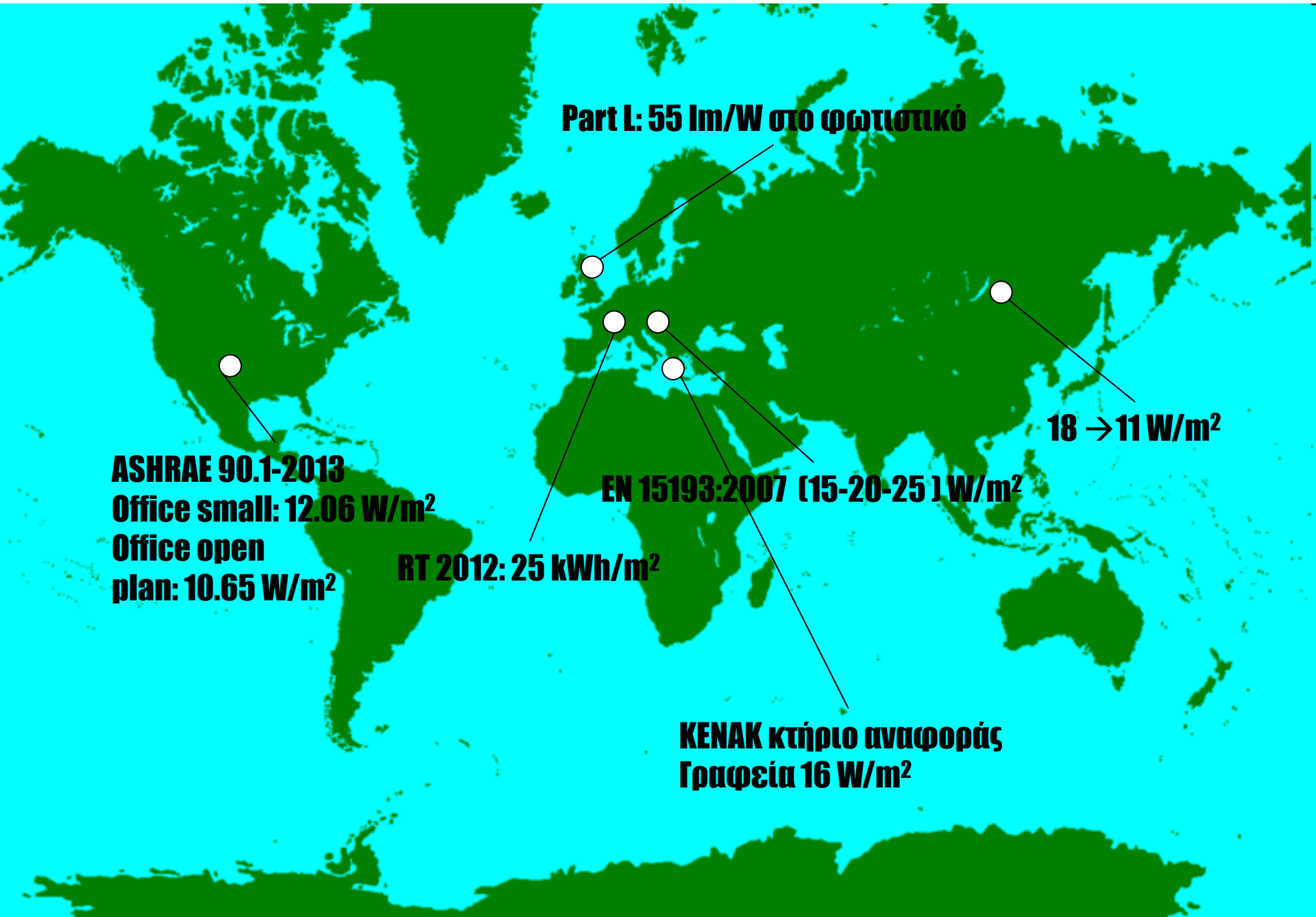
Η μείωση της κατανάλωσης για τον φωτισμό επιτυγχάνεται και μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού έτσι ώστε να συνυπάρχει με τη διατήρηση των απαιτούμενων συνθηκών άνεσης

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο υπάρχει ένας αριθμός οδηγιών που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην επίτευξη των στόχων για το κλίμα μέχρι το 2020. Οι οδηγίες που έχουν άμεσα σχέση με την κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό είναι:

- **Η οδηγία 2009/125/EC γνωστή και ως ErP αντικατέστησε την 2005/32/EC και με την υιοθέτηση των κανονισμών EC/244/2009 και EC/245/2009 καθορίζει μεταξύ άλλων τις ελάχιστες ενεργειακές αποδόσεις προϊόντων φωτισμού με χρονοδιάγραμμα απόσυρσης προϊόντων.**
- **Η οδηγία 2002/91/EC γνωστή και ως Energy Performance Building Directive (recast 2010/31/EC) η οποία προωθεί τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης/αύξησης αποδοτικότητας στον κτηριακό τομέα. (βλ. ΚΕΝΑΚ,2010)**

Γενικώς οι απαιτήσεις για την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος φωτισμού υιοθετείται από τους ενεργειακούς κανονισμούς οι οποίοι έχουν «περάσει» στις εθνικές νομοθεσίες. Ανα χώρα πιθανόν να υπάρχουν τεχνικές οδηγίες/οδηγοί εφαρμογής για τον καλό σχεδιασμό του φωτισμού.

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ



Part L: 55 lm/W στο φωτιστικό

18 → 11 W/m²

ASHRAE 90.1-2013
Office small: 12.06 W/m²
Office open
plan: 10.65 W/m²

RT 2012: 25 kWh/m²

EN 15193:2007 (15-20-25) W/m²

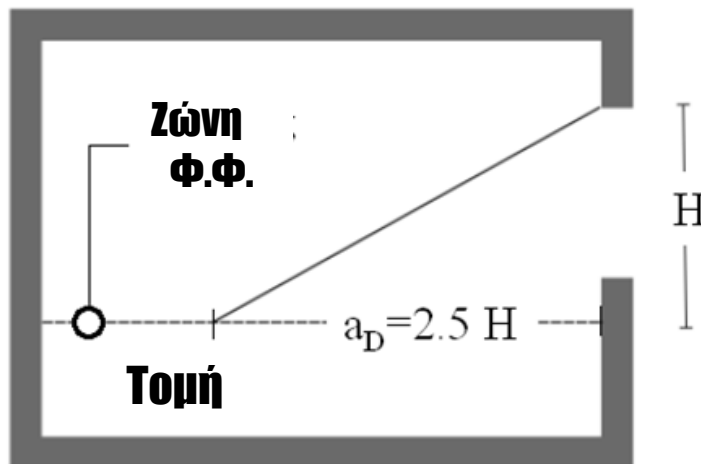
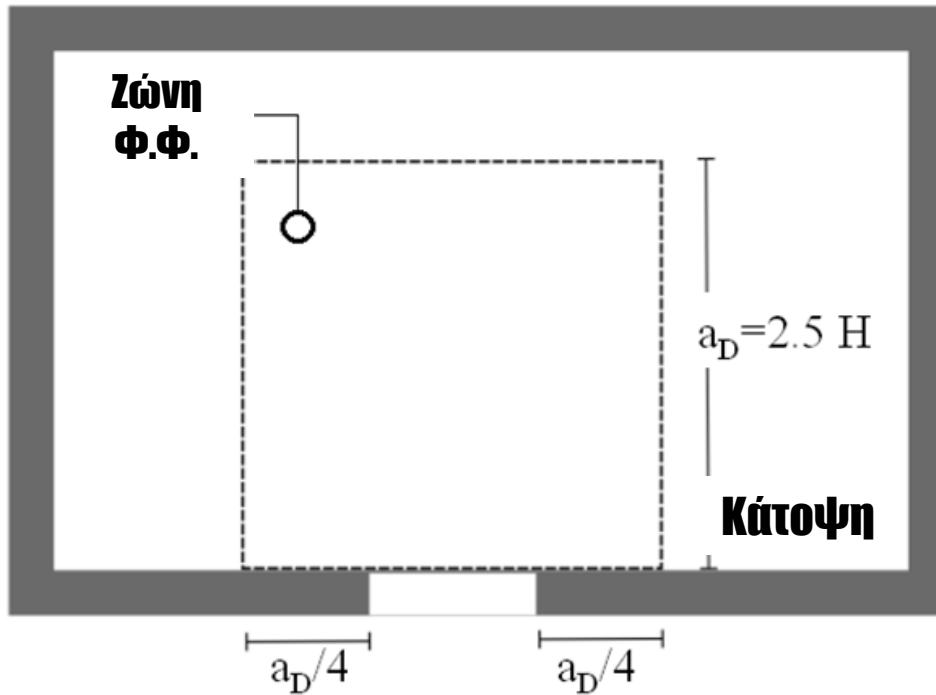
ΚΕΝΑΚ κτήριο αναφοράς
Γραφεία 16 W/m²

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ (EN 15193:2007)

Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 15193/2007 “Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting” ορίζει κλάσεις ποιότητας με βάση την εγκατεστημένη ισχύ. Δεν είναι το ίδιο αυστηρό με το π.χ. ASHRAE 90.1 δίνοντας μεγαλύτερη ευελιξία στον σχεδιαστή.

	Κλάση		
	*	**	***
	(15 W/ m ²)	(20 W/ m ²)	(25 W/m ²)
Συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας	Υποχρεωτική συμμόρφωση με EN 12464-1	Υποχρεωτική συμμόρφωση με EN 12464-1	Υποχρεωτική συμμόρφωση με EN 12464-1
Επαρκής αντιμετώπιση φαινομένων θάμβωσης (σύμφωνα με τον υπολογισμό του δείκτη UGR)	Υποχρεωτική συμμόρφωση με EN 12464-1	Υποχρεωτική συμμόρφωση με EN 12464-1	Υποχρεωτική συμμόρφωση με EN 12464-1
Αποφυγή φαινομένων φωτεινής μαρμαρυγής	Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1	Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1	Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1
Αποφυγή φαινομένων θάμβωσης από ανάκλαση		Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1	Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1
Βελτιωμένη απόδοση χρωμάτων		Υποχρεωτική συμμόρφωση με EN 12464-1	Υποχρεωτική συμμόρφωση με EN 12464-1
Αποφυγή είτε έντονων αντιθέσεων είτε πλήρους κατάργησης τους (διάχυτο φως) επηρεάζοντας την τρισδιάστατη ανάδειξη		Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1	Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1
Δημιουργία κατάλληλης κατανομής λαμπροτήτων (κριτήριο η τιμή της παραμέτρου $E_{vertical}$)		Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1	Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1
Ιδιαίτερη προσοχή στον φωτισμό προσώπων (οπτική επικοινωνία) (κριτήριο η τιμή της παραμέτρου $E_{cylindrical}$)			Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1
Ιδιαίτερη προσοχή στον φωτισμό που σχετίζεται με θέματα υγείας (πιθανό να απαιτεί αυξημένη εγκατεστημένη ισχύ)			Ανταπόκριση στις συστάσεις του EN 12464-1

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ (EN 15193:2007)

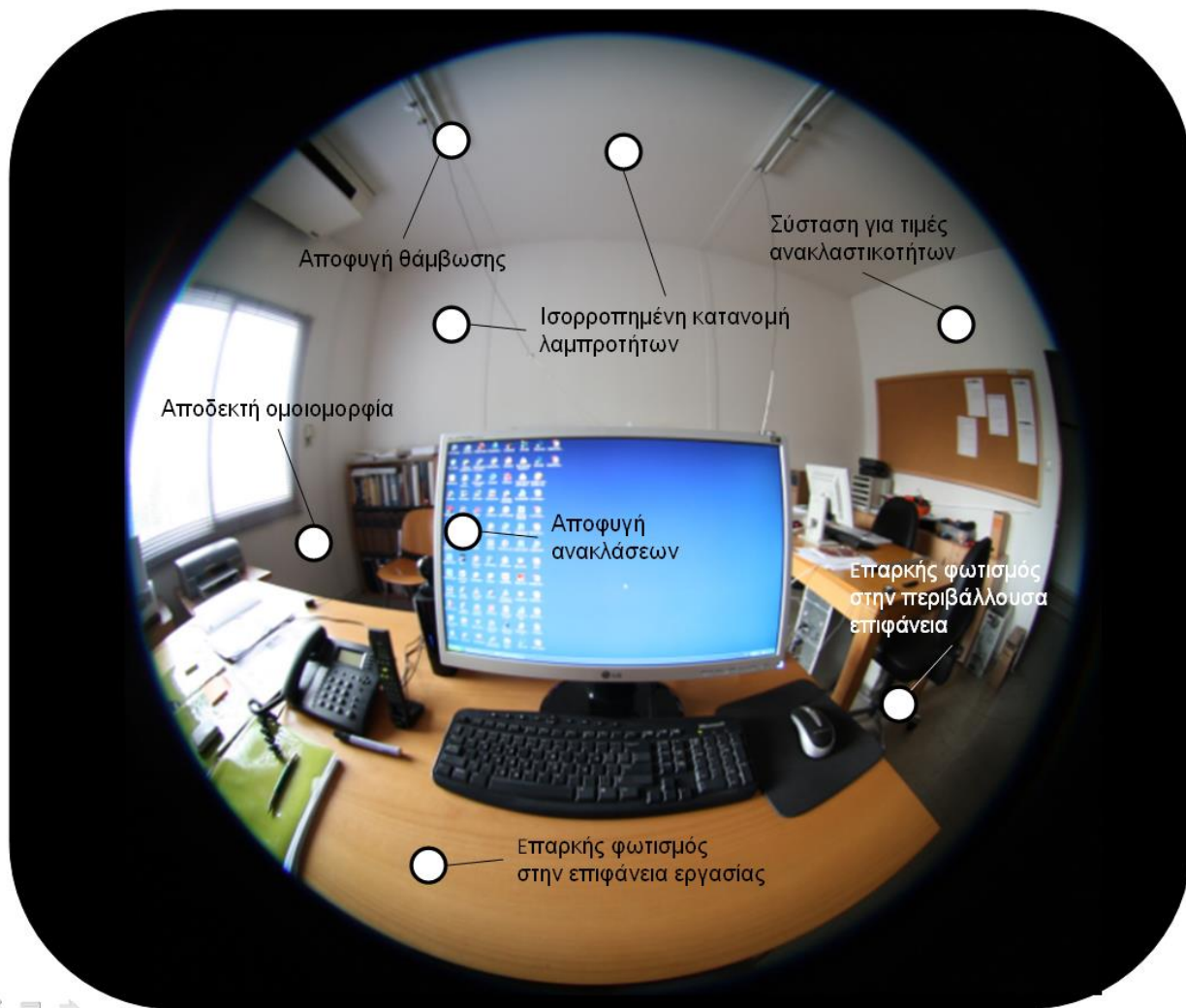


Καθορίζεται επίσης η μεθοδολογία εκτίμησης της εξοικονόμησης ενέργειας από τη χρήση του φυσικού φωτισμού. Καθοριστικής σημασίας είναι η εκτίμηση της ζώνης εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού. Ένα παράδειγμα του τρόπου εκτίμησης της έκτασης αυτής της ζώνης παρουσιάζεται στο διπλανό σχήμα.

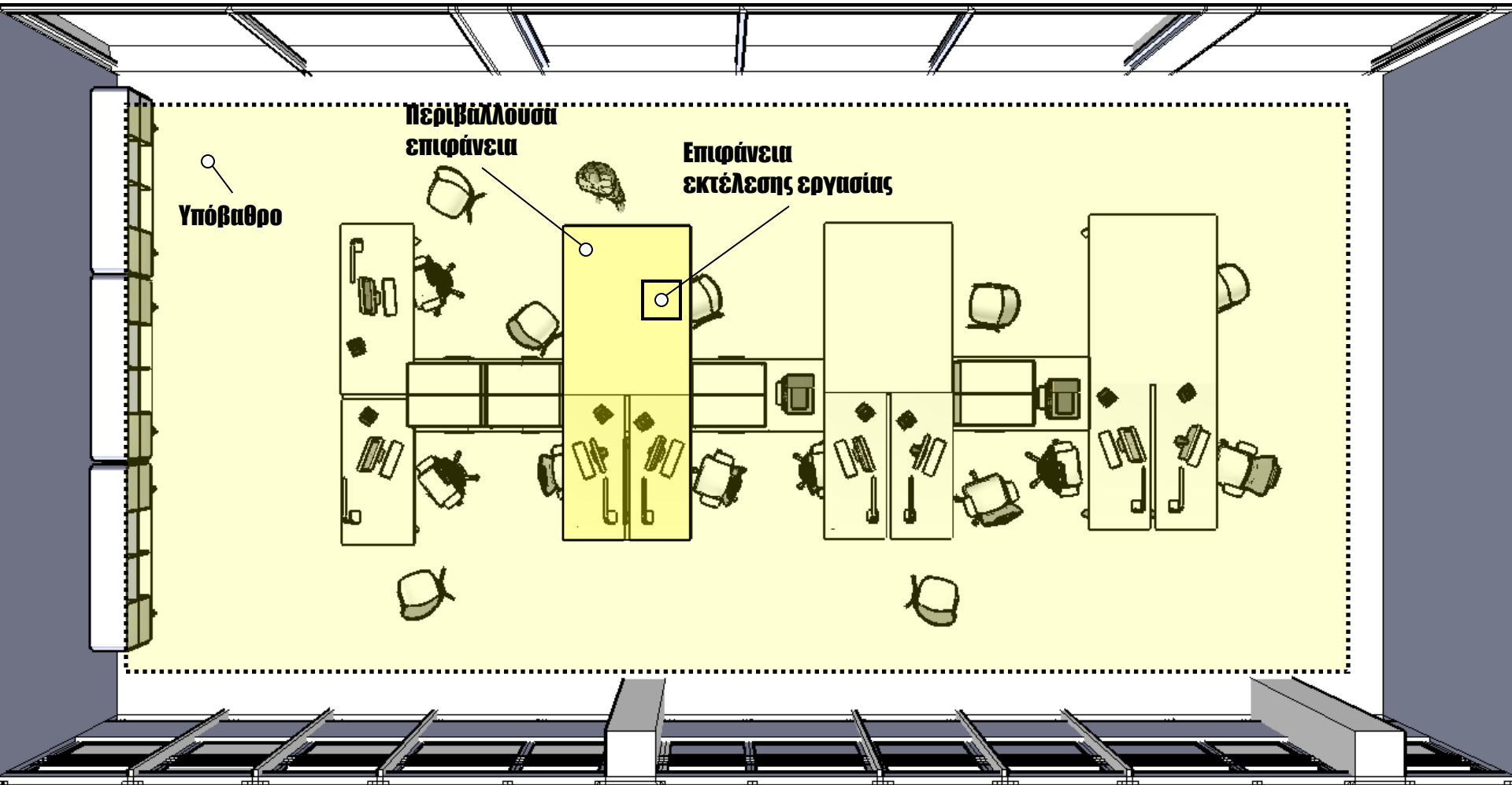
ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ , ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (EN12464-2011)

Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12464-1/20011 “ Light and lighting. Lighting of work places. Indoor work places” καθορίζει το πλαίσιο σχεδιασμού καθώς και τιμές αναφοράς.

Δεν προτείνει ενδεικτικές τιμές για την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού αλλά αναφέρεται στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σχεδιασμού (συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού, περιορισμό θάμβωσης, ισορροπημένη κατανομή λαμπροτήτων μεταξύ άλλων).



ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ , ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (EN12464-2011)



Στο πρότυπο προτείνεται ο διαχωρισμός της γενικής επιφάνειας εργασίας από την περιοχή εκτέλεσης της εργασίας (task area) και την περιβάλλουσα της (immediate surround area) η οποία είναι κατά τουλάχιστο 0.5 μ. Μεγαλύτερη. Προφανώς υιοθετούνται και διαφορετικά επίπεδα φωτισμού και ομοιομορφίας ανα περιοχή

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Συνήθως απαραίτητο χαρακτηριστικό της ποιότητας του σχεδιασμού ενός συστήματος φωτισμού είναι και η ελαχιστοποίηση συνθηκών οπτικής δυσφορίας. Όμως η εστίαση π.χ. στην εξάλειψη της δυσφορίας δεν συνεπάγεται και επίτευξη αυτής της ποιότητας. Γενικά έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις για την επίτευξη/χαρακτηρισμό της ποιότητας φωτισμού. Η ικανοποίηση των προσδοκιών των χρηστών του χώρου μέσα από το πλέγμα των διαφόρων περιορισμών που τίθενται στο σχεδιαστή έχει σαν αποτέλεσμα να αναδυθεί η έννοια της ποιότητας.

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την ποιότητα του φωτισμού εξαρτάται τόσο από παραμέτρους που μπορούν να εκτιμηθούν αντικειμενικά (αντίθεση, επίπεδα φωτισμού, λαμπρότητα πηγών, φωτεινότητα επιφανειών, φάσμα και χρωματική απόδοση αλλά και από παραμέτρους που χρειάζεται να διερευνηθούν με συμπεριφορικές αναλύσεις .

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η παροχή φωτισμού απλώς σε κάποιο χώρο δεν εξασφαλίζει μονοσήμαντα συνθήκες οπτικής άνεσης η οποία σαν συνθήκη καθορίζεται

από την απουσία δυσφορίας.

Οπτική δυσφορία μπορεί να προκληθεί απο ένα αριθμό αιτιών στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι προσδοκίες καθώς και η συνάφεια της σχεδίασης με τη χρήση του χώρου και επειδή αυτή αφορά το σύνολο του οπτικού πεδίου αντιμετωπίζεται διαφορετικά απο την ικανότητα εκτέλεσης κάποιου έργου (όπου ενδιαφέρει μόνο το τμήμα του οπτικού πεδίου που καλύπτει την επιφάνεια εργασίας).

Σε πρακτικό επίπεδο η επίτευξη της ποιότητας καθορίζεται από το βαθμό στον οποίο η εγκατάσταση ανταποκρίνεται στους στόχους και τους περιορισμούς που έχουν τεθεί τόσο απο τον σχεδιαστή όσον και απο τον χρήστη του χώρου.

ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΜΗ ΟΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

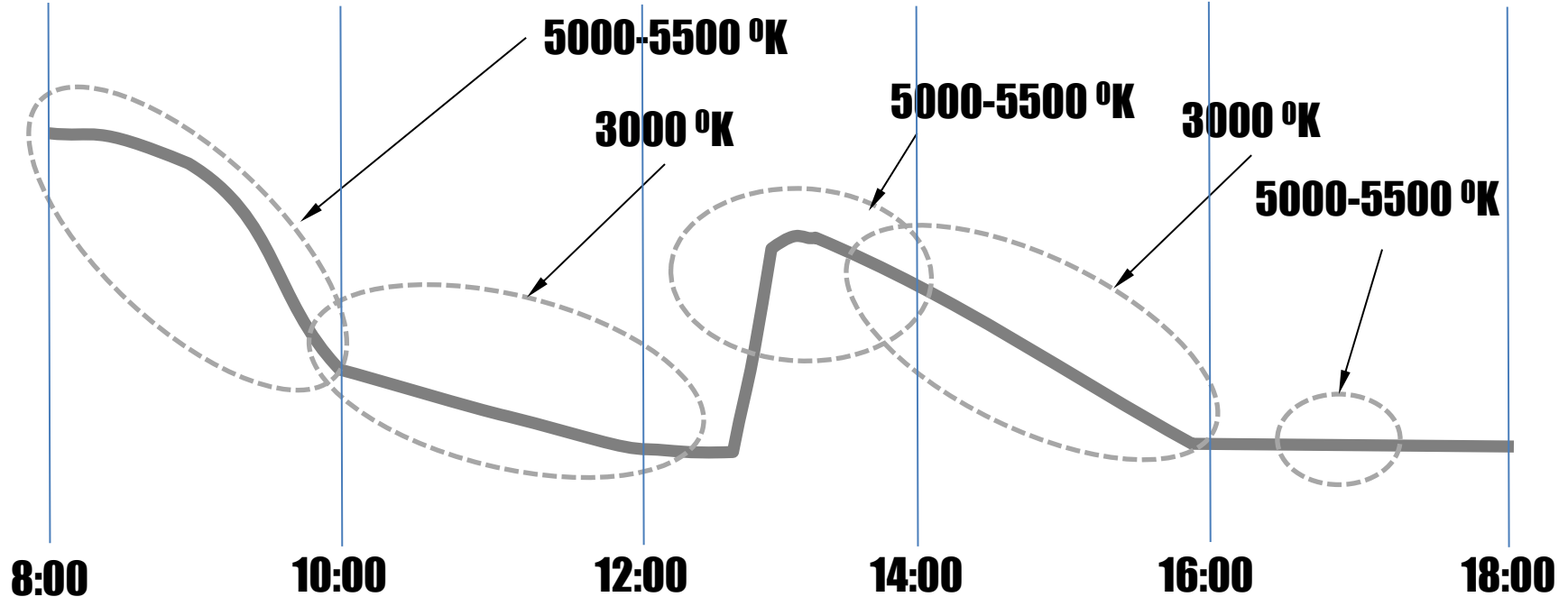
Τα οπτικά χαρακτηριστικά είναι :

- 1. Η απόδοση στην εκτέλεση κάποιου συγκεκριμένου έργου**
- 2. Η οπτική άνεση**
- 3. Θάμβωση**
- 4. Κατανομή λαμπρότητας**
- 5. Ομοιομορφία**
- 6. Ένταση φωτισμού**
- 7. Χρώμα και flicker**

Το 2002 οι Berson et al περιέγραψαν τη λειτουργία του νέου τύπου γαγγλιακών κυττάρων (ipRGC) τα οποία αντιπροσωπεύουν 1-3% του συνόλου των γαγγλιακών κυττάρων και λειτουργούν λαμβάνοντας σήματα από τα κωνία/ραβδία αλλά και αυτόνομα όταν το οπτικό σύστημα πάψει να λειτουργεί. Οι τελευταίοι φωτουποδοχείς μέσω των νευρικών ώσεων επικοινωνούν (αμφιβλιστοειδουποθαλαμική οδός) με τον υπεχιασματικό πυρήνα ο οποίος με τη σειρά του με την επίφυση με συνέπεια έκκριση μελατονίνης. Η έκκριση της ορμόνης αυτής είναι μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της νύχτας

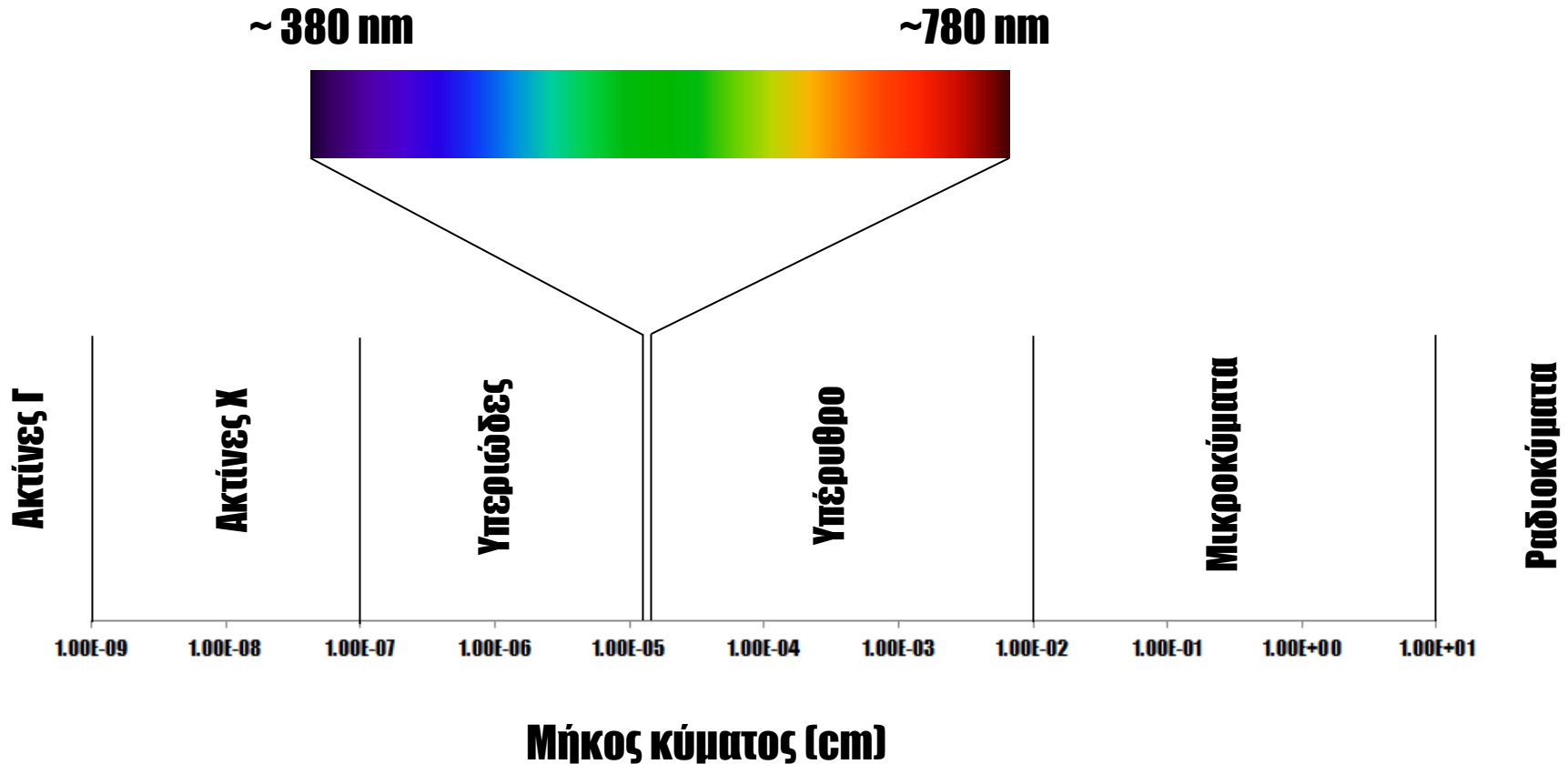
ΦΩΤΙΣΜΟΣ: ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Υπάρχουν αρκετά συστήματα σήμερα με δυναμική λειτουργία. Ο σκοπός είναι τόσο η αυξομείωση των επιπέδων φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά ταυτόχρονα και της θερμοκρασίας χρώματος (βλ. προηγούμενη διαφάνεια).



ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

Τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (ορατό φως,)



ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

- **Διαδική φύση του φωτός (κύμα- σωματίδιο χωρίς μάζα). Ανάλογα με τις συνθήκες εκδηλώνεται με διαφορετικό τρόπο.**
- **Οι πηγές φωτισμού εκπέμπουν φωτόνια τα οποία κινούμενα ευθύγραμμα. Μετά απο την ανάκλαση τους σε κάποια επιφάνεια (όποτε μερικά απορροφώνται) «συλλέγονται» απο κάποιο αισθητήρα (μέτρηση) είτε απο το αισθητήριο όργανο (μάτι : αίσθηση). Δεν χρειάζεται κάποιο μέσον για να διαδοθεί (π.χ.σαν τον ήχο).**
- **Το χρώμα των αντικειμένων του περιβάλλοντος το αντιλαμβανόμαστε σαν το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του φάσματος της πηγής, της ανακλαστικότητας της επιφάνειας του αντικειμένου και της φασματικής ευαισθησίας του αισθητήρα (στην περίπτωση μας το μάτι).**

ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

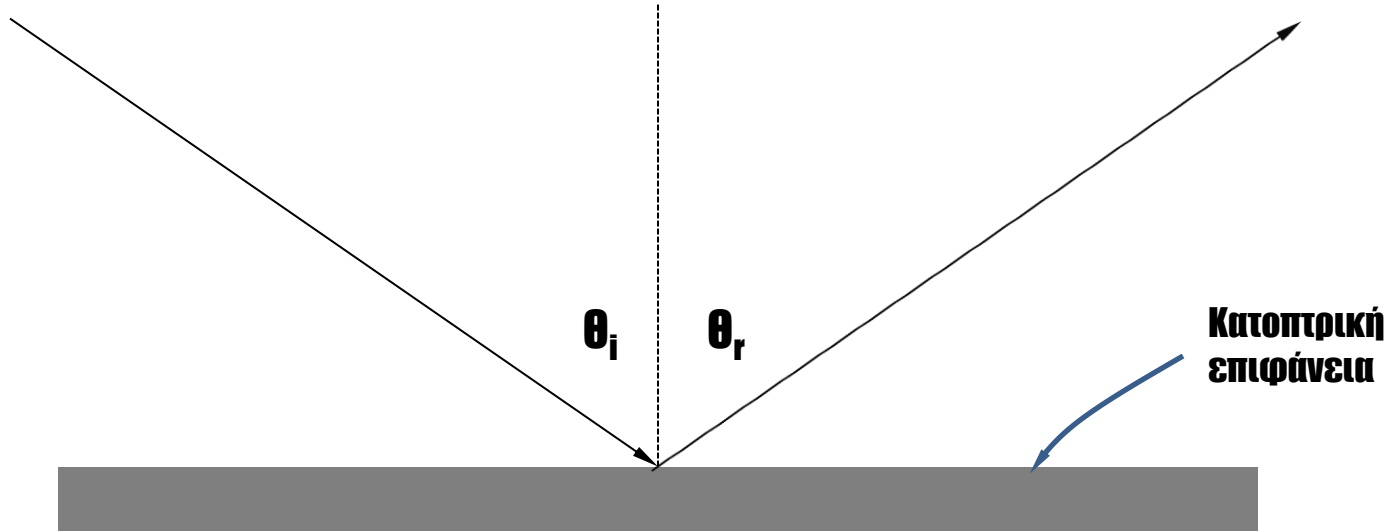
Υπάρχουν διάφορα φαινόμενα που συμβαίνουν όταν το φως συναντά διάφορα αντικείμενα γύρω μας αλληλεπιδρά μαζί τους:

**Ανάκλαση , διάθλαση, απορρόφηση , συμβολή ,
περίθλαση.**

Συνήθως -λίγο ή περισσότερο- τα προαφαρθέντα φαινόμενα συμβαίνουν ταυτόχρονα.

ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

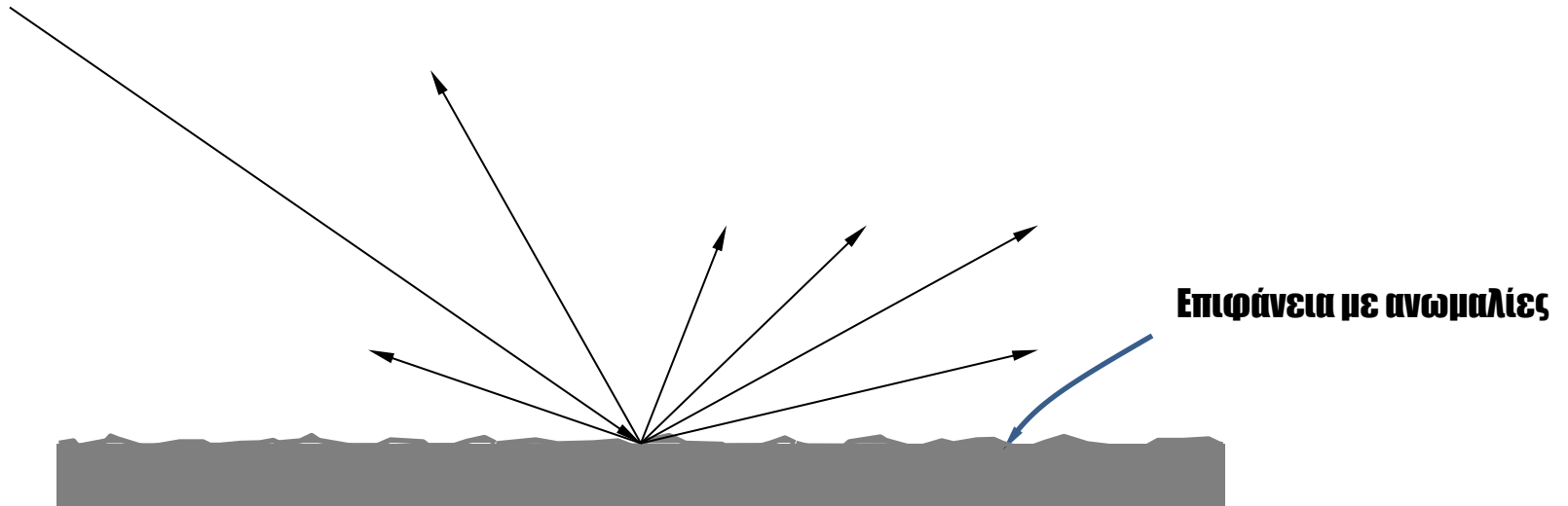
Ανάκλαση



$$\theta_i = \theta_r$$

ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

Ανάκλαση

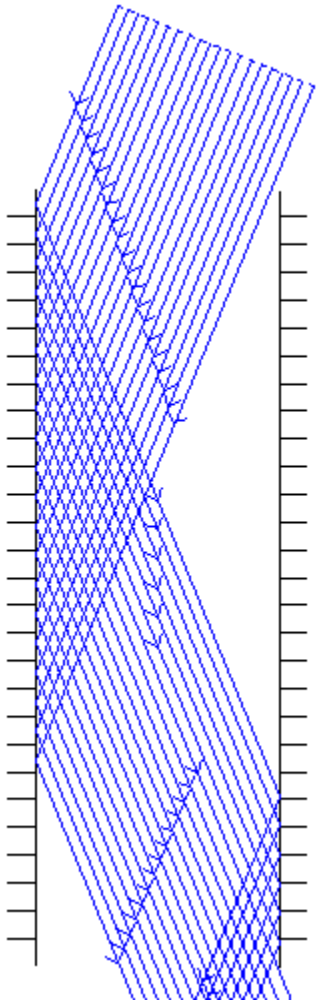


Η διαχυτική ανάκλαση οφείλεται σε μικροανωμαλίες της επιφάνειας. Έχει σαν αποτέλεσμα την δασπορά της ανακλώμενης φωτεινής ροής σε πολλές κατευθύνσεις.

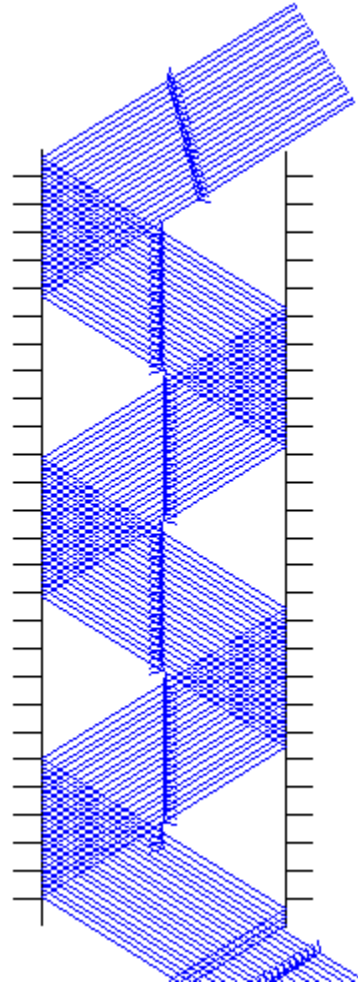
Πρόλο που ο συντελεστής ανάκλασης ανάμεσα σε μια κατοπτρική και μια διαχυτική επιφάνεια μπορεί να είναι ο ίδιος ο τρόπος που εκπέμπεται η ανακλώμενη ροή είναι διαφορετικός.

ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ



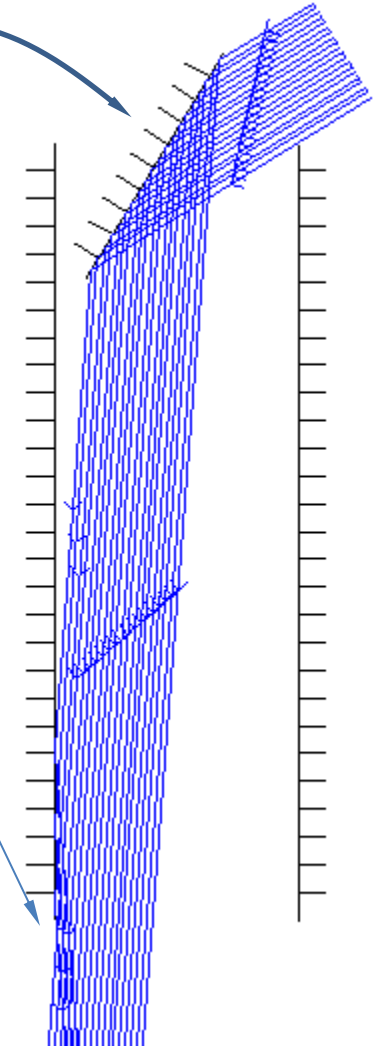
Καλοκαίρι:
Υψηλότερη τροχιά ήλιου
Λιγότερες ανακλάσεις



Χειμώνας:
Χαμηλότερη τροχιά ήλιου
Περισσότερες ανακλάσεις
Μικρότερη απόδοση

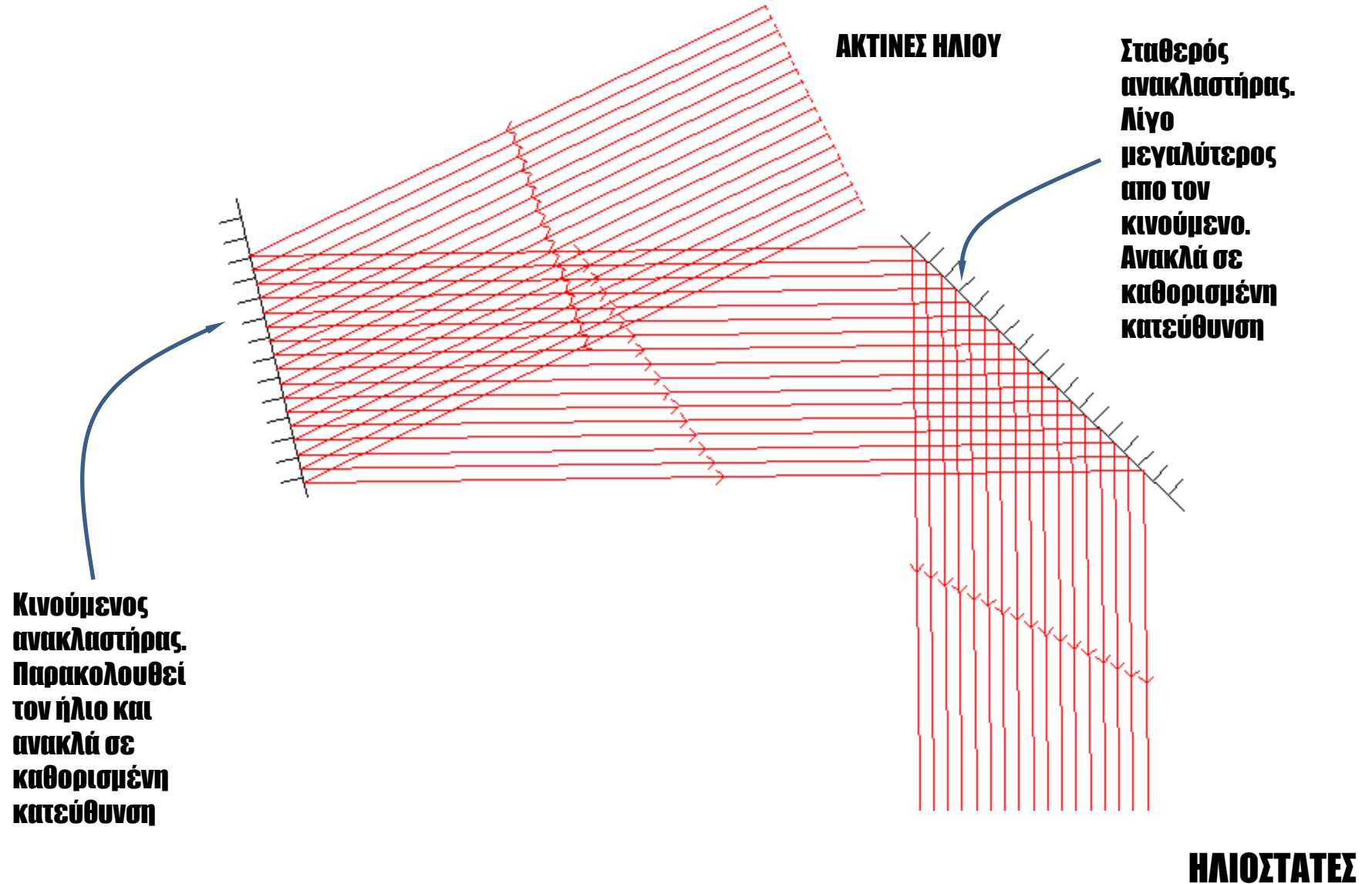
Προσπάθεια
αύξησης
απόδοσης τον
χειμώνα με
ανακλαστήρα.
Τι συμβαίνει στο
καλοκαίρι;

Μικρότερος
αριθμός
ανακλάσεων



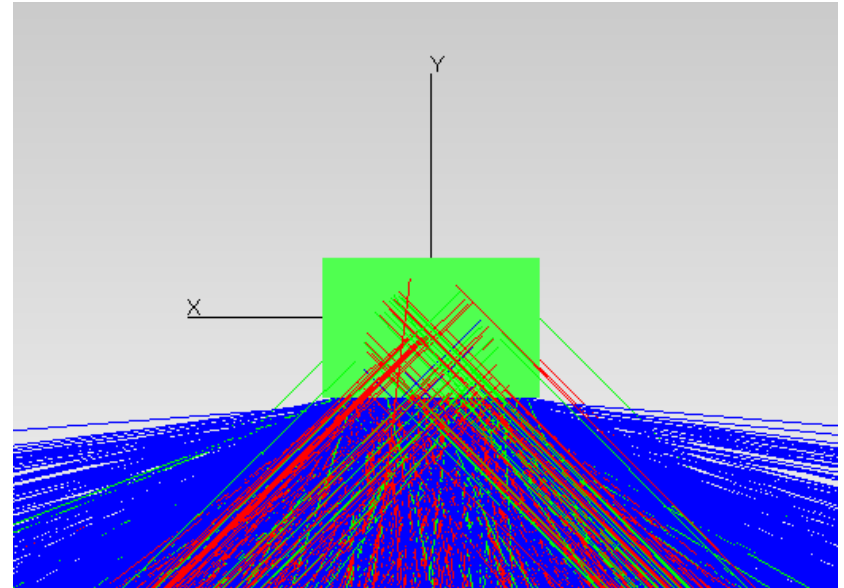
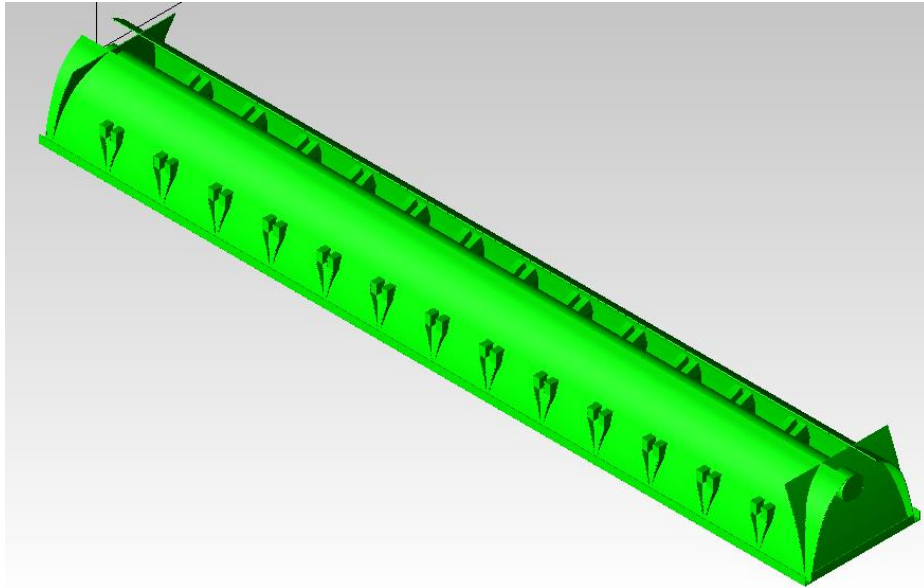
ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ



ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

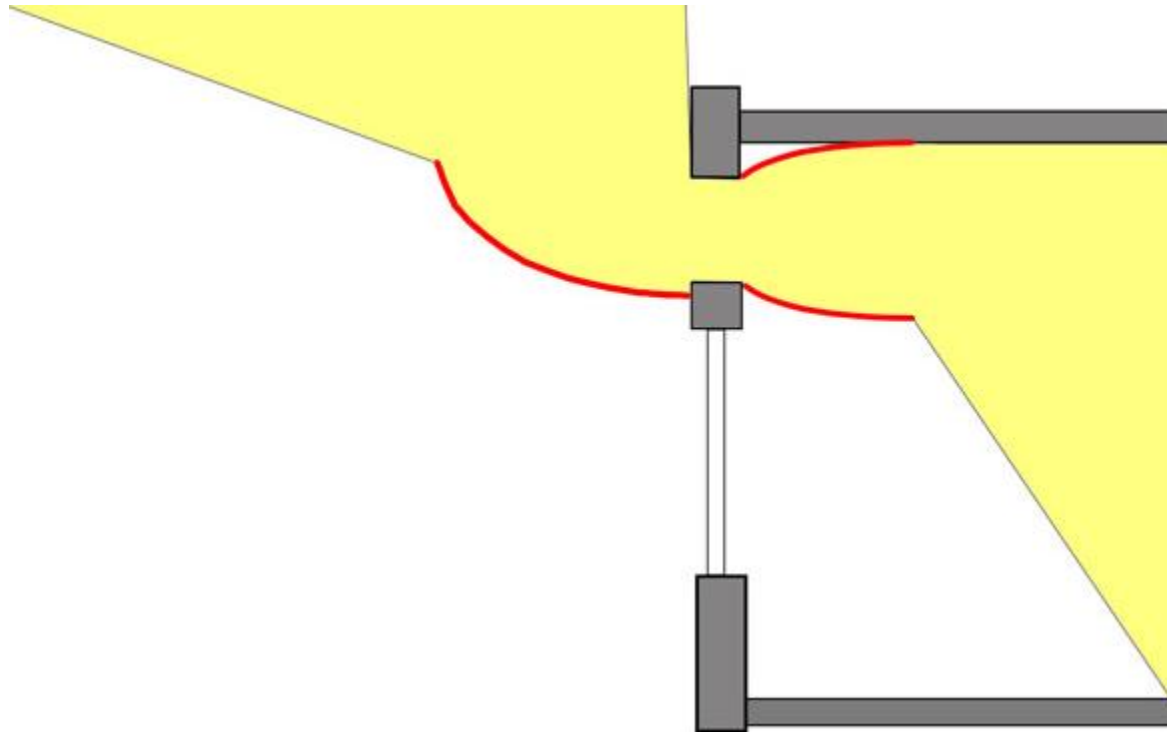
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ



ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΕΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ

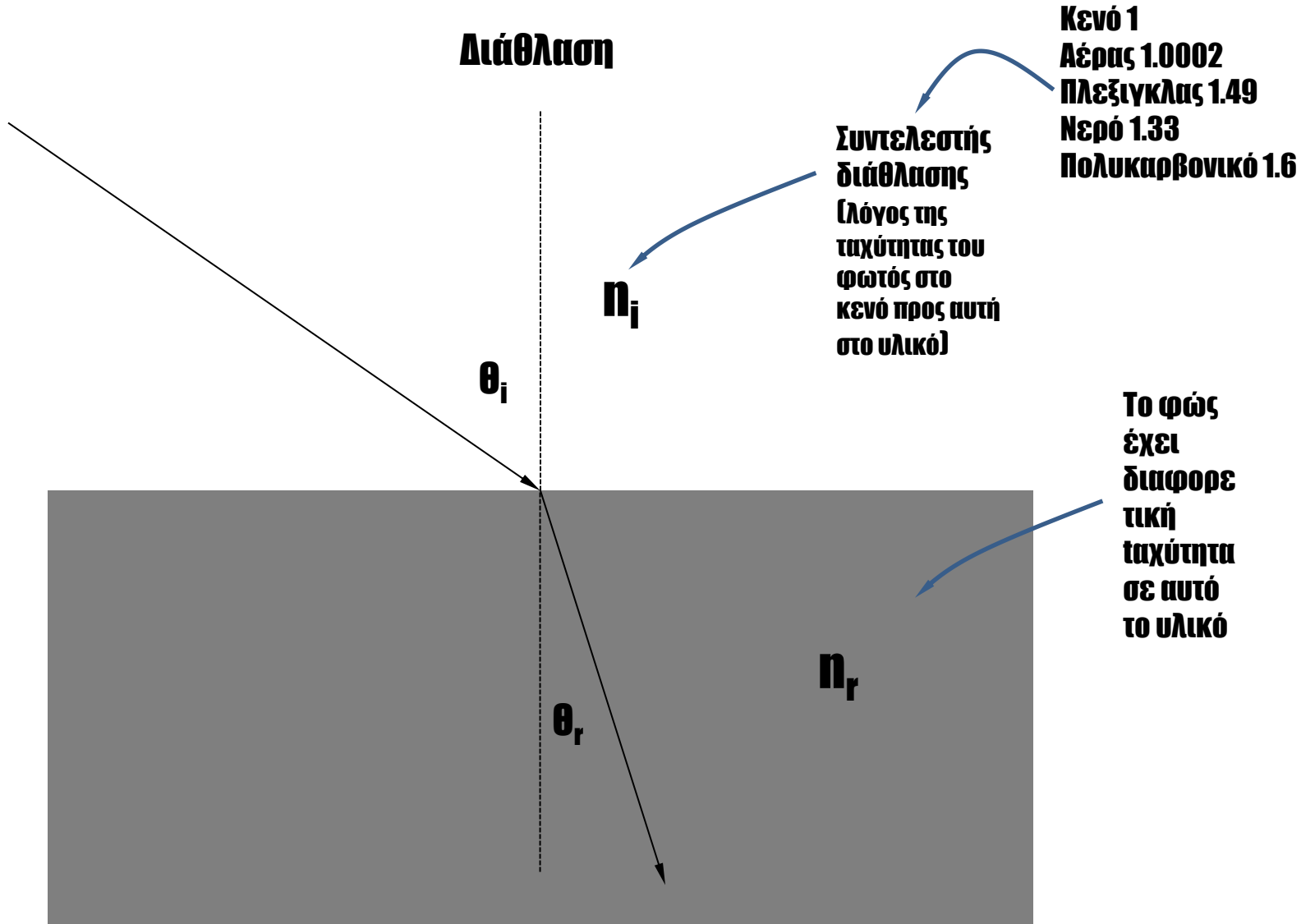
ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ



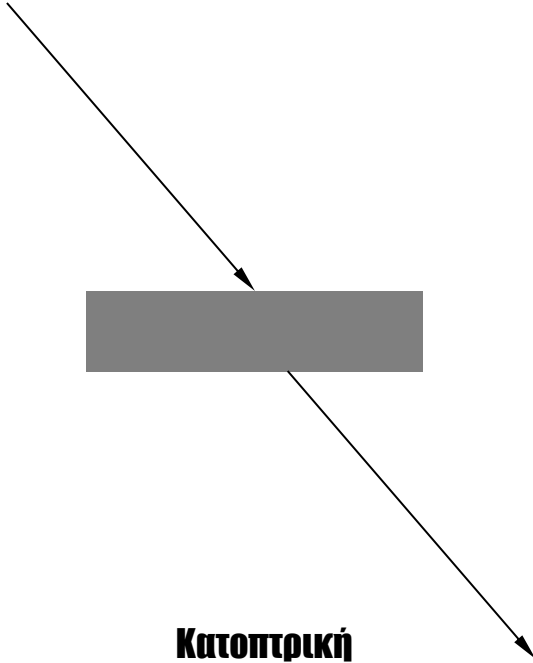
ΑΝΕΙΔΩΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

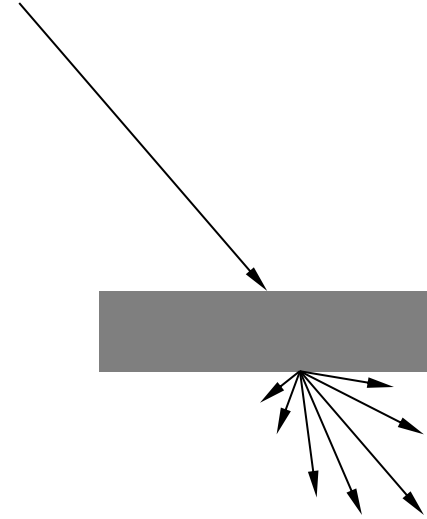


$$n_i/n_r = \sin(\theta_r)/\sin(\theta_i)$$

ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά



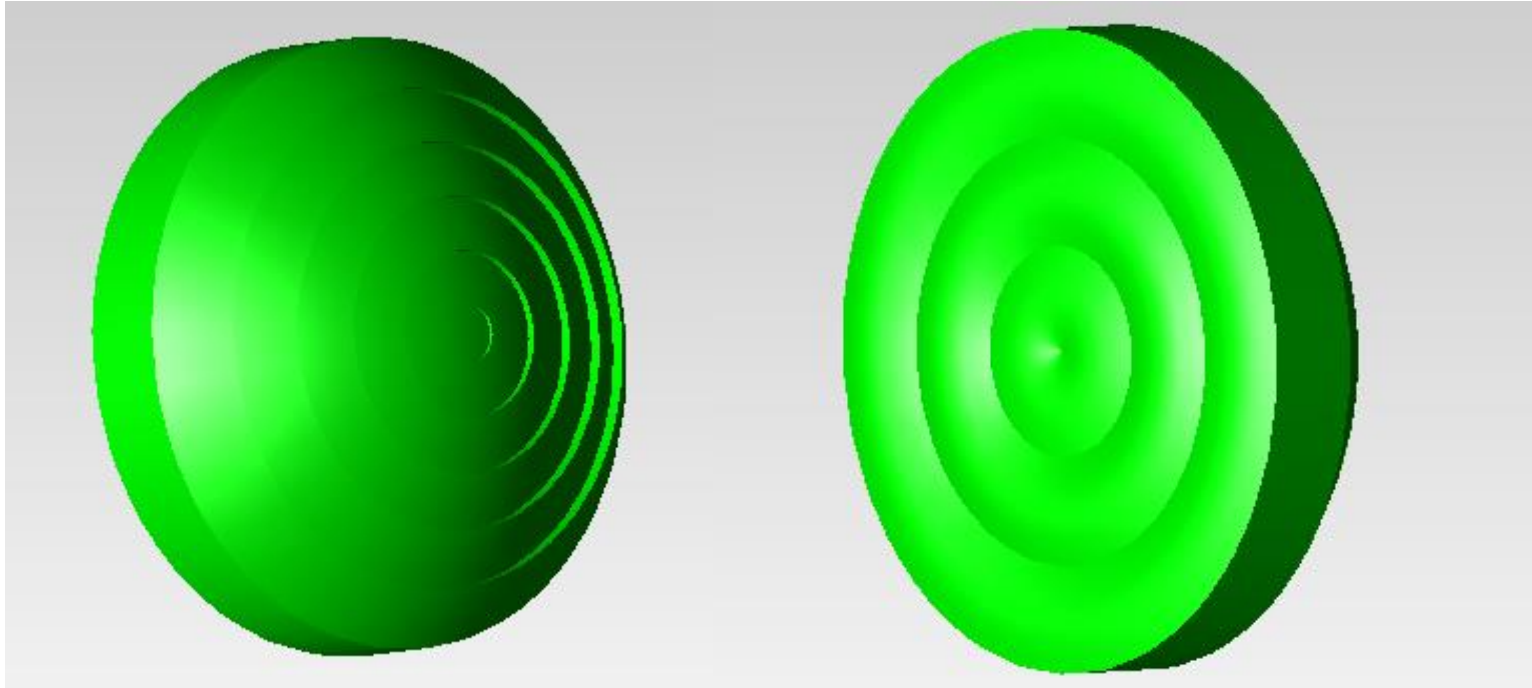
**Κατοπτρική
διαπερατότητα
(Διαφανής
υαλοπίνακας)**



**Διαχυτική
διαπερατότητα
(Με τροποποίηση
της επιφάνειας (π.χ.
Αμμοβολή) είτε με
προσθήκη
σωματιδίων στο
υλικό)**

ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

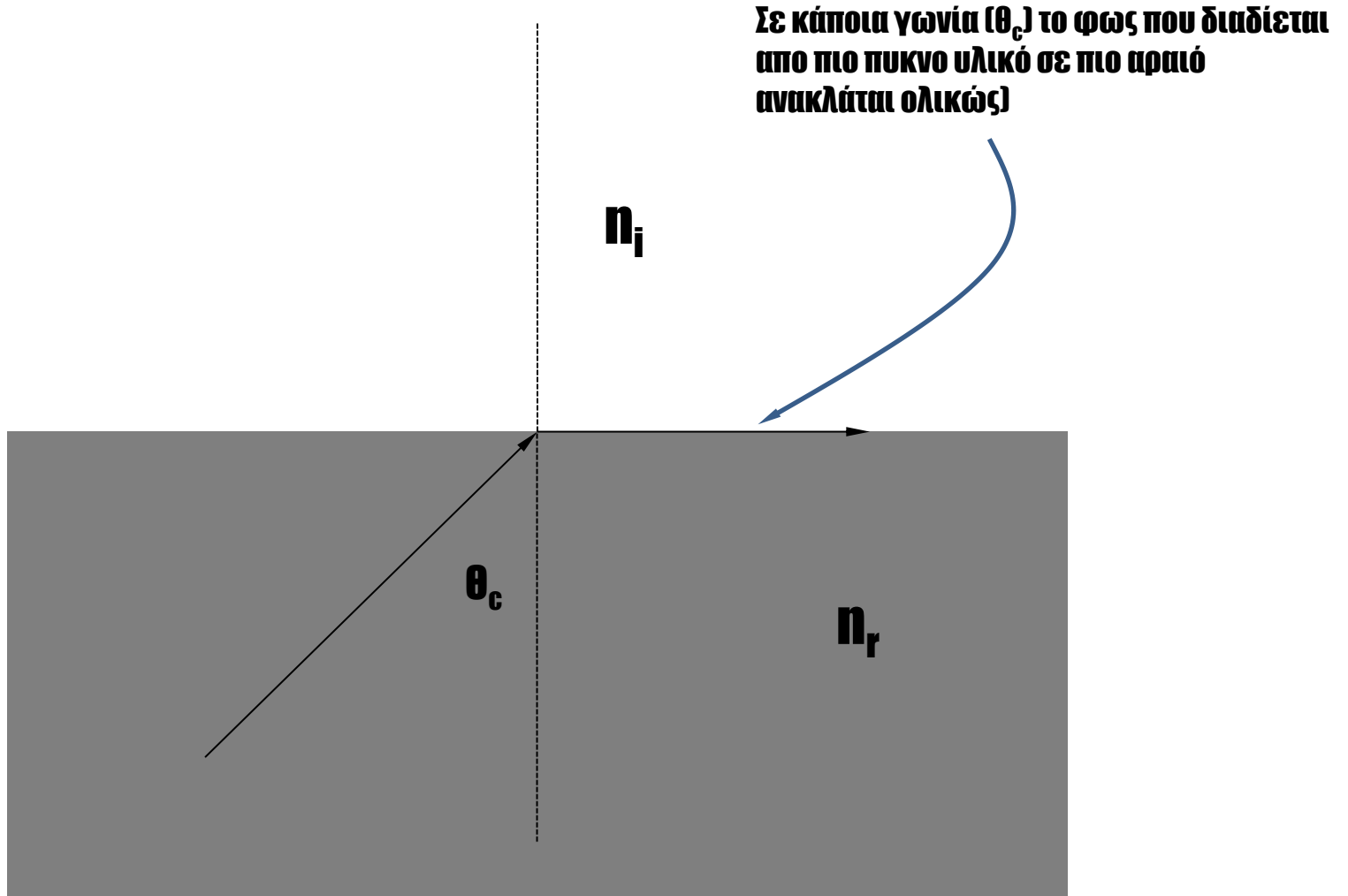
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΑΚΩΝ FRESNEL

ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

Ολική ανάκλαση



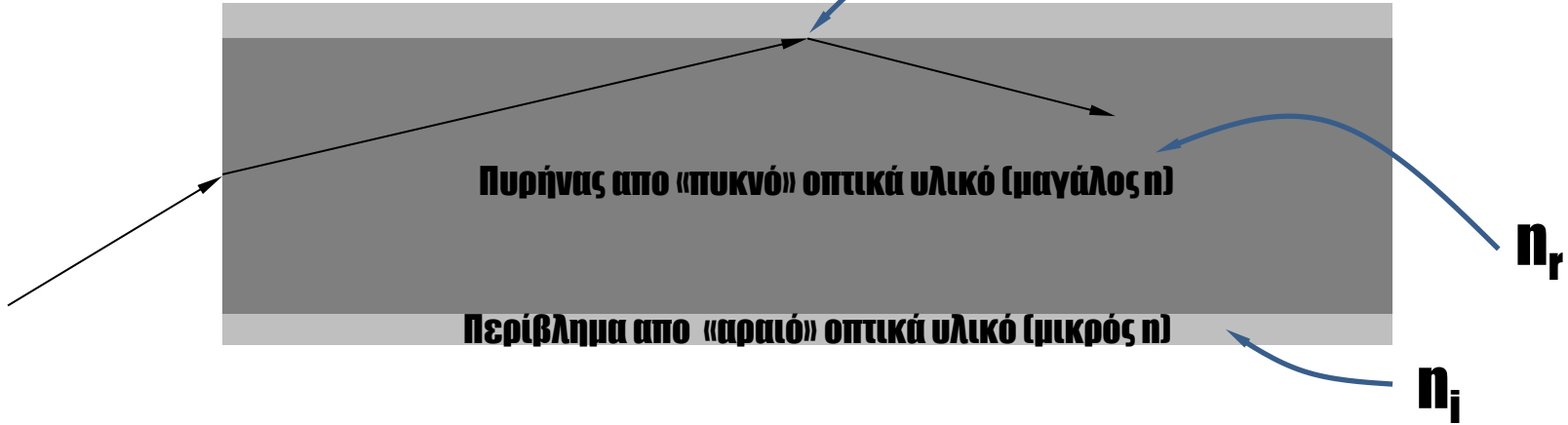
$$\sin(\theta_c) = n_i / n_r$$

ΦΩΣ : Μερικά βασικά χαρακτηριστικά

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΛΙΚΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Ολική ανακλαση. Έτσι διαδίδεται φωτεινή ροή σε μεγάλες αποστάσεις



ΦΩΤΟΟΔΗΓΟΙ (ΤΥΠΟΣ ΗΛΙΟΣΩΛΗΝΑ)

Ολική ανακλαση.

