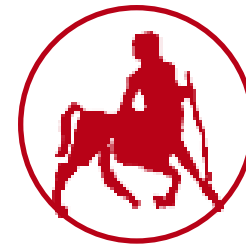
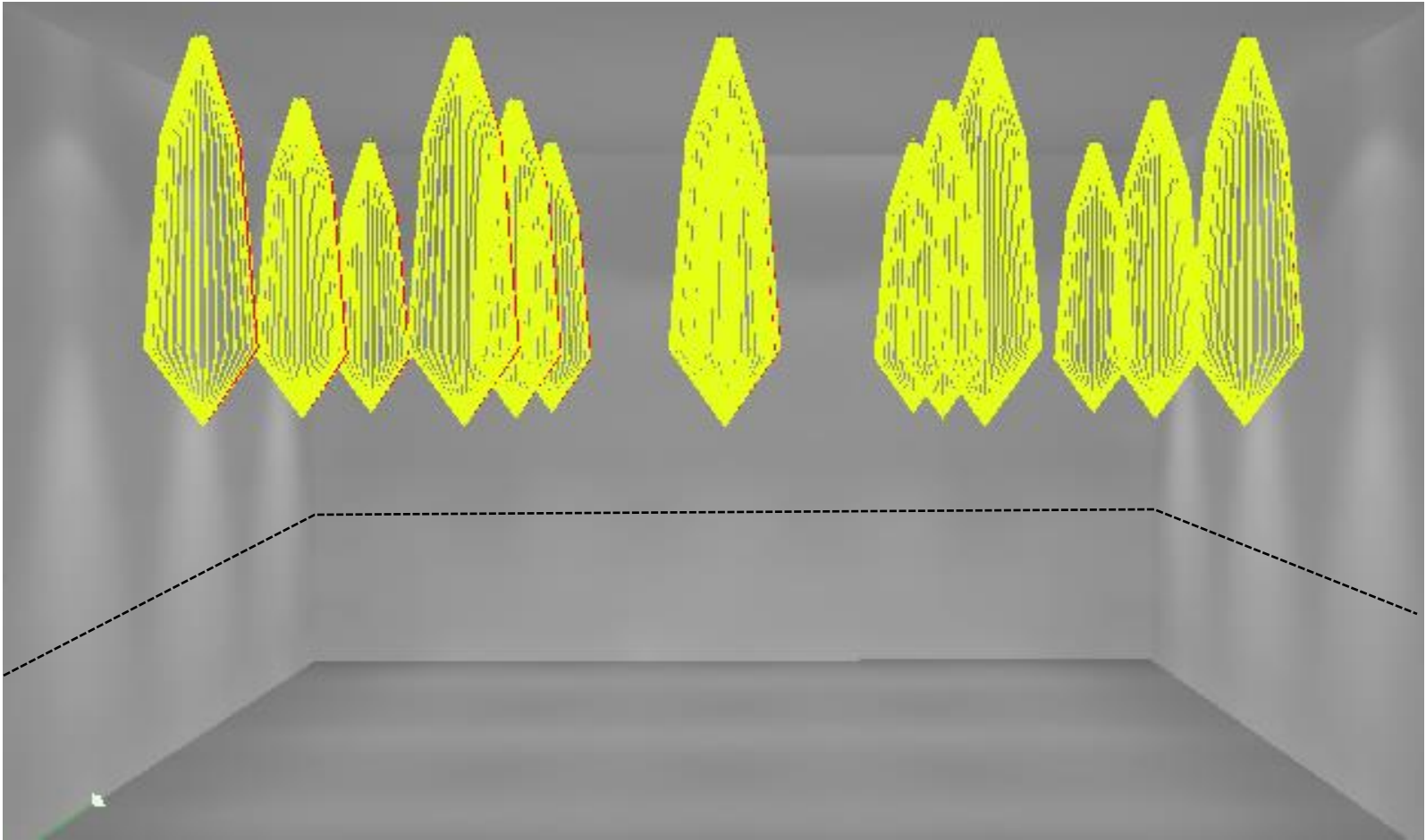


# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

**Α. Τσαγκρασούλης**  
**Τμ. Αρχιτεκτόνων Μηχανικών , Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**



# LUMEN METHOD (ή ZONAL CAVITY METHOD)



**Με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία εκτιμάται η φωτεινή ροή που εκπέμπεται απο τα φωτιστικά και φτάνει στην επιφάνεια εργασίας**

# LUMEN METHOD

Συντελεστής χρήσης

Συντελεστής συντήρησης

$$E_m = \frac{\Phi_{total} * UF * MF}{A_{\text{επιφάνεια εργασίας}}}$$

Επιθυμητά επίπεδα φωτισμού  
(στο τέλος του κύκλου συντήρησης)

ή

Αριθμός φωτιστικών

Αριθμός λαμπτήρων στο φωτιστικό

$$E_m = \frac{\eta * N * \Phi_{lamp} * UF * MF}{A_{\text{επιφάνεια εργασίας}}}$$

Φωτεινή ροή λαμπτήρα

# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)

$$E_m = E_{\text{initial}} * MF$$

**Αν ζητάμε  $E_m = 500 \text{ lux}$**

**Και  $MF = 0.8$  τότε όταν λειτουργήσει  
αρχικά το σύστημα θα έχουμε  $625 \text{ lux}$**

**ΓΙΑΤΙ ;**

# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)

- ☑ «Γήρανση» λαμπτήρων, **LLMF**
- ☑ Δυσλειτουργία λαμπτήρων, **LSF**
- ☑ Μείωση απόδοσης φωτιστικών (συγκέντρωση σκόνης), **LMF**
- ☑ Μείωση ανακλαστικότητας επιφανειών χώρου, **RMF**

$$\mathbf{MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RMF}$$

**Lamp Lumen Maintenance Factor → LLMF**

**Lamp Survival Factor → LSF**

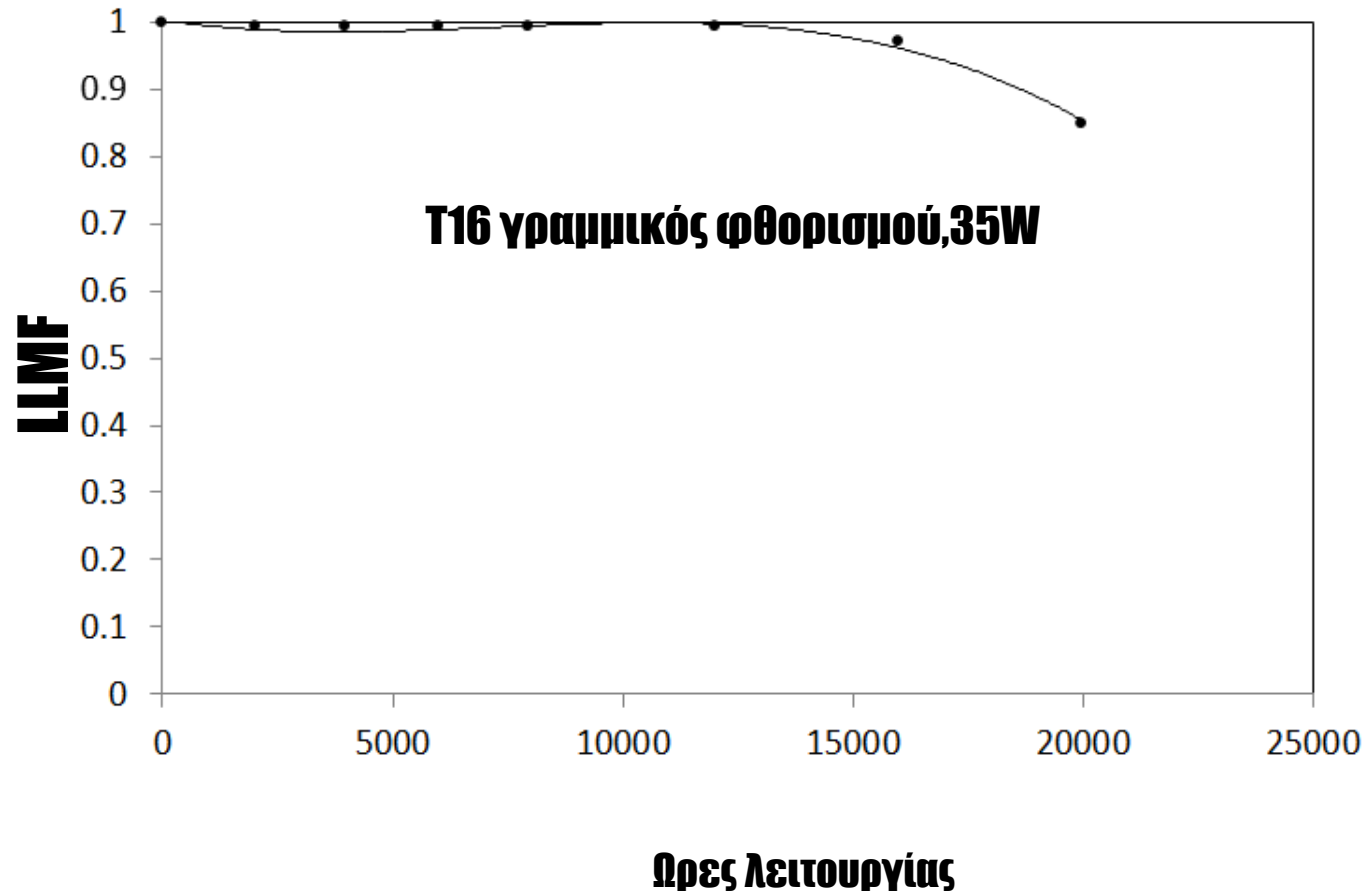
**Luminaire Maintenance Factor → LMF**

**Room Maintenance Factor → RMF**

# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)

## LSF

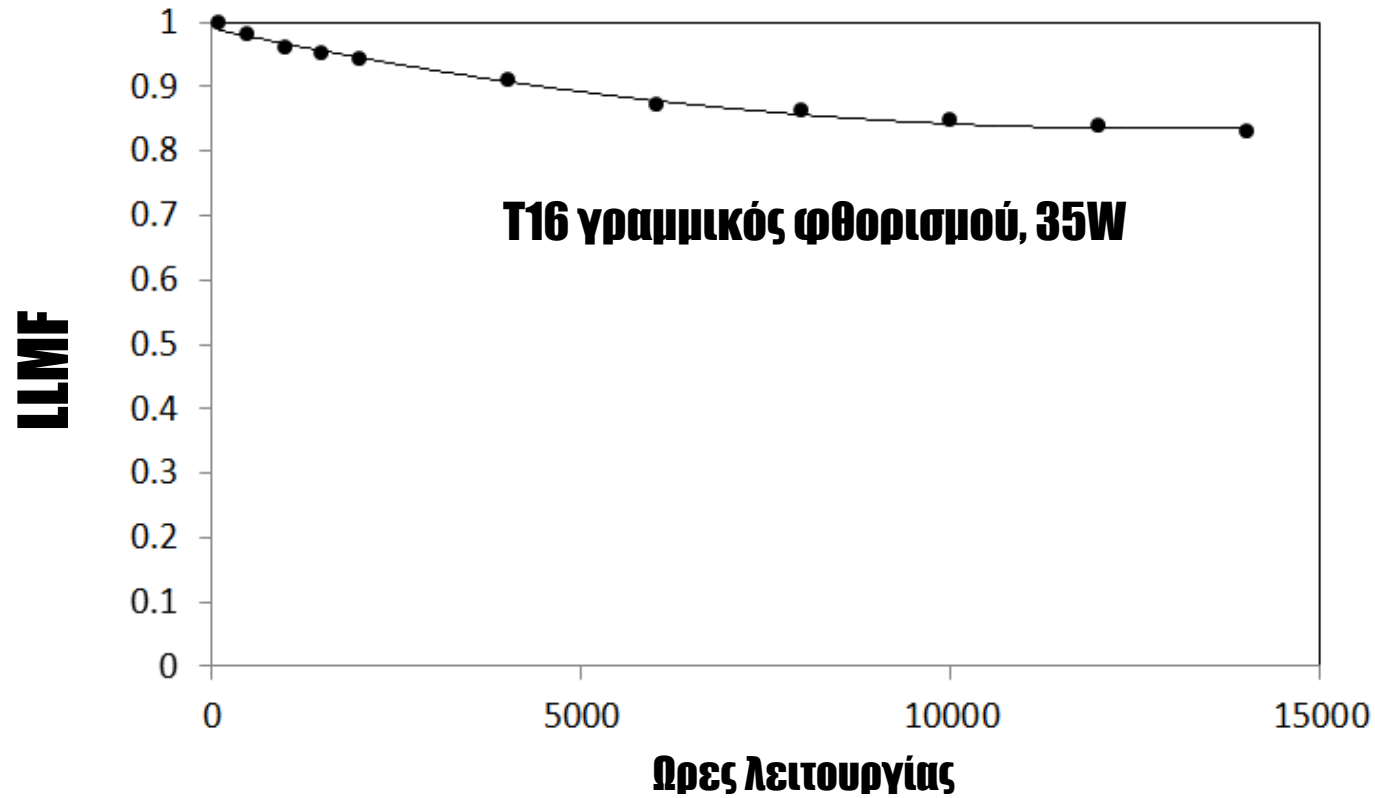
Αν υπάρχει συνδυασμός spot & group relamping=1



# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)

## LLMF

Δεδομένα απο κατασκευαστή







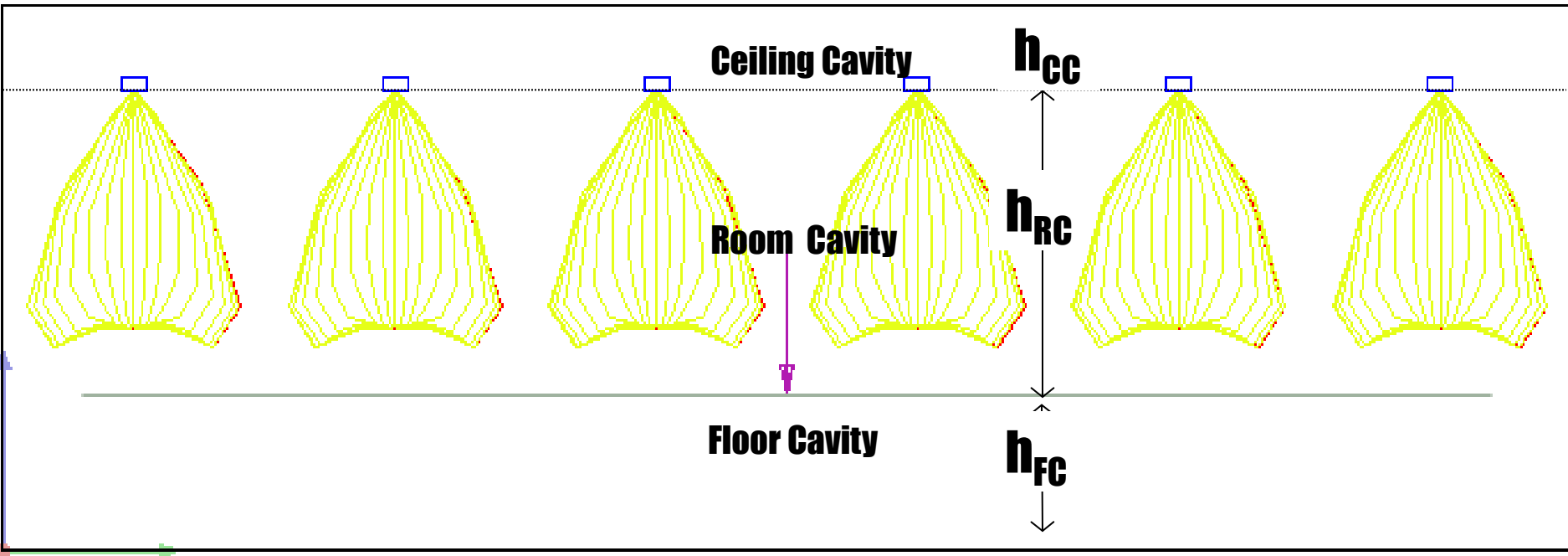
# **ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ (Utilisation Factor, UF)**

**Ο συντελεστής UF εξαρτάται απο :**

- Την απόδοση του φωτιστικού**
- Την φωτομετρική κατανομή του φωτιστικού**
- Την γεωμετρία του χώρου**
- Την ανακλαστικότητα των επιφανειών του χώρου**

**Και καθορίζει το πώς «χρησιμοποιείται» στο χώρο η ροή που εκπέμπεται απο τα φωτιστικά (δηλ. τι ποσοστό της, «χρησιμοποιείται» απο την επιφάνεια εργασίας**

# LUMEN METHOD



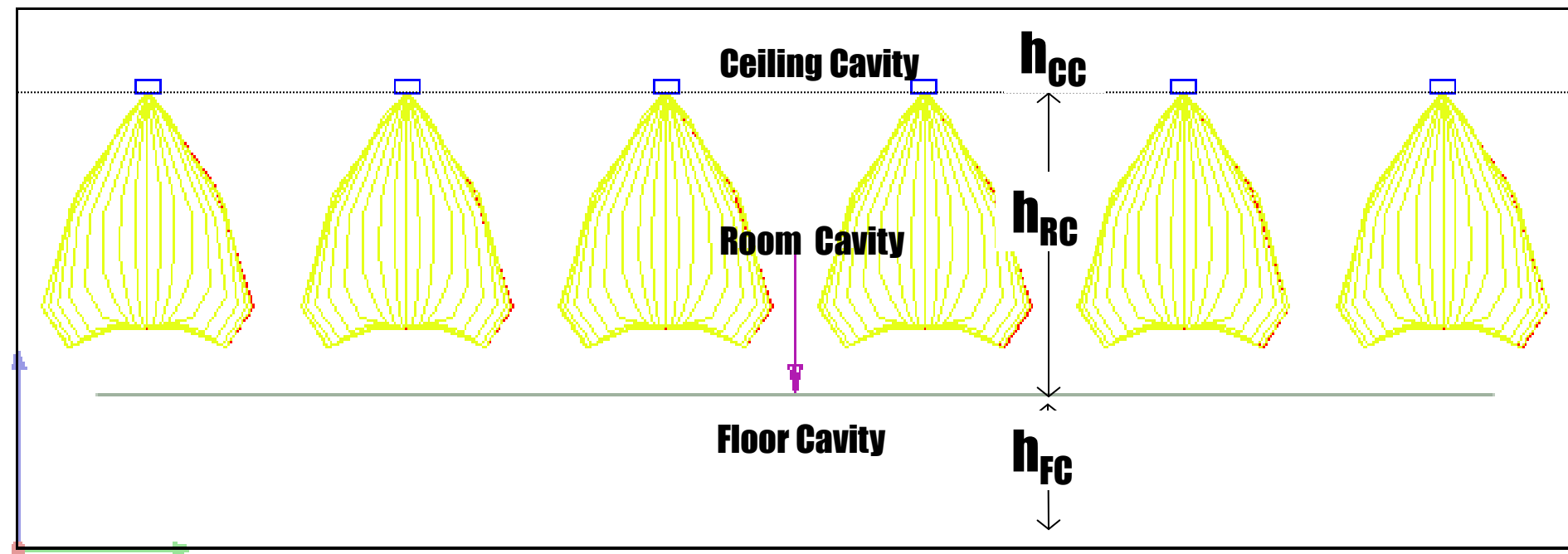
**Room Index (K)=**

$$\frac{(L * W)}{h_{RC} * (L + W)}$$

Μήκος χώρου      Πλάτος χώρου

Σε γενικές γραμμές χώροι με  $K > 3$  μπορούν να φωτιστούν αποδοτικά

# LUMEN METHOD



$$\text{Ceiling Cavity Index (CCI)} = \frac{(L * W)}{h_{cc} * (L + W)}$$

$$\text{Floor Cavity Index (FCI)} = \frac{(L * W)}{h_{fc} * (L + W)}$$

Ο λόγος που υπολογίζονται τα CCI & FCI είναι για να εκτιμηθεί η ανακλαστικότητα της «κοιλότητας» που σχηματίζεται στην οροφή και στο δάπεδο.

# LUMEN METHOD

Έτσι υπολογίζοντας τα CCI και FCI και με την βοήθεια πινάκων μπορεί να υπολογισθεί η ανακλαστικότητα της κοιλότητας της οροφής και του δαπέδου. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου πίνακα είναι και ο παρακάτω:

Ανακλαστικότητα		Cavity Index (είτε οροφής είτε δαπέδου)									
Τοίχω v	Δαπέδο υ/ορο φής	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5	0.3	0.193	0.233	0.252	0.262	0.269	0.274	0.277	0.280	0.282	0.282
0.5	0.8	0.348	0.509	0.587	0.633	0.662	0.683	0.698	0.710	0.719	0.727

Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο τύπος :

Ανακλαστικότητα κοιλότητας =  $\frac{CI \cdot R}{CI \cdot 2 \cdot (1-R)}$

Είτε CCI, είτε FCI

Μέση ανακλαστικότητα κοιλότητας

$A_1, A_2$  ..επιφάνεια τοίχων

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + A_3 \cdot R_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

$R_1, R_2$  ..ανακλαστικότητες τοίχων

$$A_1 + A_2 + A_3 + \dots$$

# LUMEN METHOD

**Οι συντελεστές χρήσης παρέχονται από τους κατασκευαστές ή μπορεί να υπολογισθούν από το φωτομετρικό αρχείο, πάντα σε σχέση με τις τιμές ανακλαστικότητας των επιφανειών και τον δείκτη του χώρου.**

**Τυπικό παράδειγμα ο παρακάτω πίνακας:**

Ανακλαστικότητα			Room Index (Δείκτης χώρου)								
Οροφή	Τοίχοι	Δάπεδο	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5
0.7	0.5	0.2	.66	.70	.73	.75	.78	.80	.81	.83	.84
0.7	0.3	0.2	.63	.67	.70	.73	.76	.78	.79	.81	.83

**Είναι η ανακλαστικότητα  
της κοιλότητας της οροφής, πατώματος  
κλπ (βλ. Προηγούμενη διαφάνεια)**

# LUMEN METHOD

Συνολικός αριθμός φωτιστικών

$$N = \frac{E_m^* A_{\text{επιφάνεια εργασίας}}}{\eta^* \Phi_{\text{lamp}}^* UF^* MF}$$

Πιθανόν να είναι δεκαδικός.  
Στρογγυλεύουμε σε ακέραιο.  
10% διαφορά είναι  
αποδεκτή. Π.χ. Αντι 10.9,  
μπορεί να γίνει 12

# **LUMEN METHOD**

**Πέραν του συνολικού αριθμού των φωτιστικών χρειάζεται να εκτιμηθεί και ο κώνναβος τοποθέτησης τους ώστε να υπάρξει ομοιομορφία.**

**Δηλ. χρειάζεται να εκτιμηθεί ο αριθμός των σειρών και ο αριθμός των φωτιστικών ανα σειρά. Πιθανόν ο συνολικός αριθμός να διαφορποιηθεί από αυτόν που εκτιμάται από την τύπο της προηγούμενης διαφάνειας.**

**Η διαδικασία εκτίμησης του κωννάβου τοποθέτησης πραγματοποιείται με τη βοήθεια μια παράμετρου που λέγεται Space to Hight Ratio.**

# LUMEN METHOD

Οι κατασκευαστές παρέχουν μια «πρόταση» για την απόσταση μεταξύ των φωτιστικών ώστε να επιτευχθεί ομοιομορφία στην κατανομή της έντασης φωτισμού. Η παράμετρος που χρησιμοποιείται είναι η :

**SHR= Space to Height Ratio**

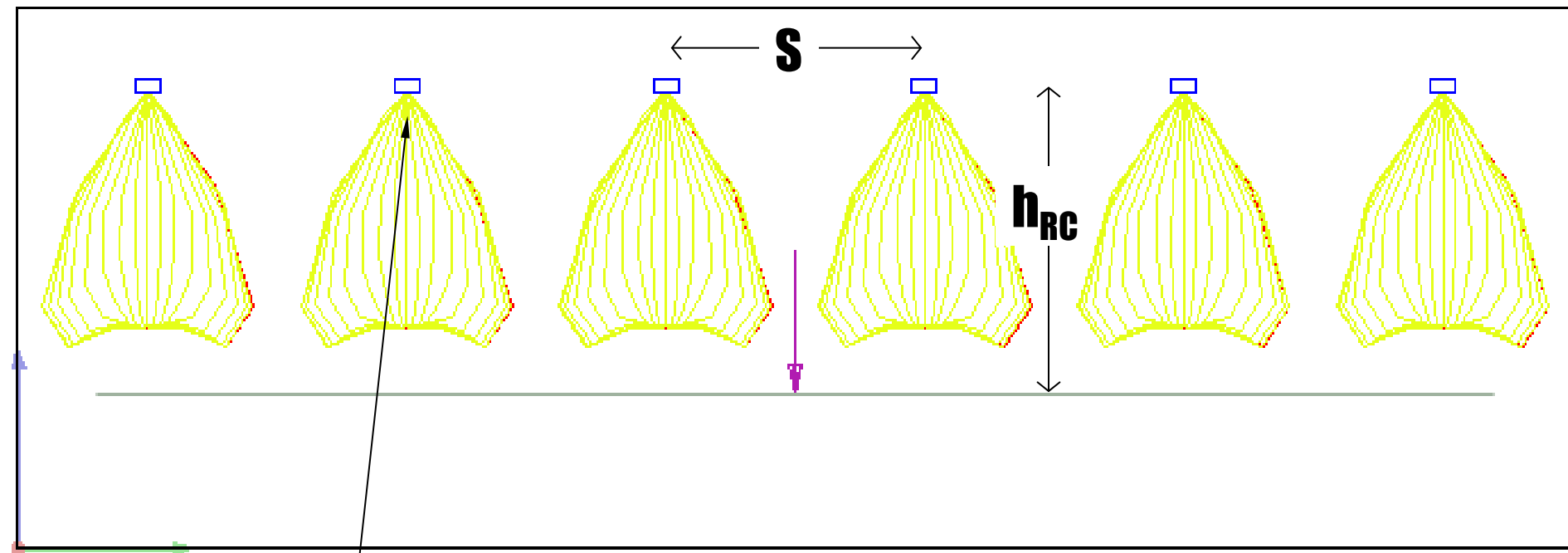
**$SHR_{max}$**  = Η μέγιστη απόσταση ανάμεσα στα φωτιστικά ώστε να επιτευχθεί ομοιομορφία στην κατανομή φωτισμού

**$SHR_{axial}, SHR_{transverse}$**  = Η μέγιστη απόσταση ανάμεσα στα φωτιστικά κατα μήκος του άξονα της λάμπας (axial) και κάθετα σε αυτόν (transverse).

**$SHR_{nom}$**  = Η μέση απόσταση ανάμεσα στα φωτιστικά ώστε να επιτευχθεί ομοιομορφία στην κατανομή φωτισμού. Είναι η μικρότερη τιμή από το  **$SHR_{max}$**  που είναι πολλαπλάσιο του 0.25.



# LUMEN METHOD



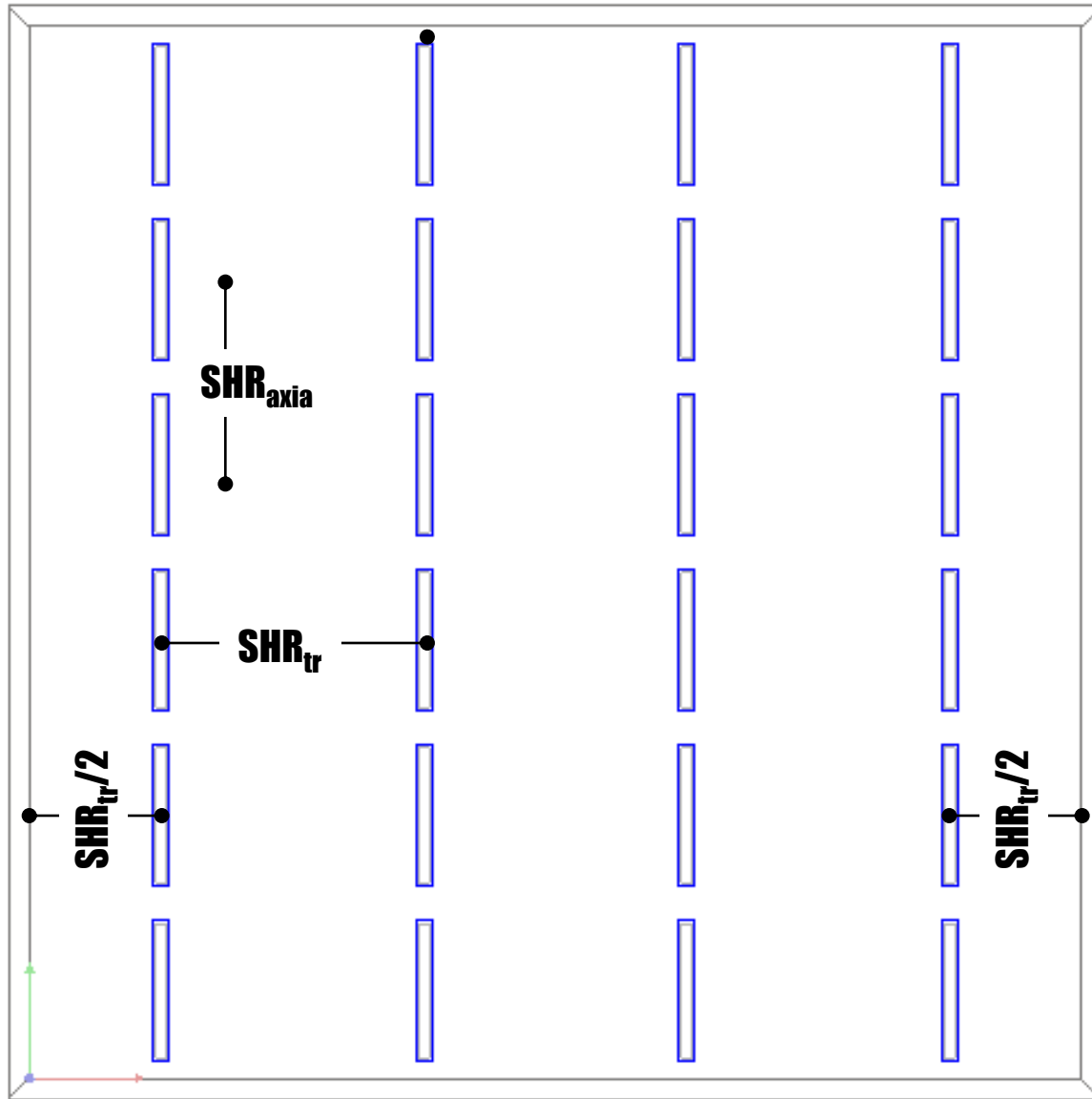
Ετσι αν για το φωτιστικό η σύσταση είναι SHR 1.5:1 ο υπολογισμός του κανάβου των φωτιστικών υπολογίζεται ως εξής. Εστω  $h_{RC}=2\text{ m}$ , πλάτος και μήκος χώρου 10m.  
 $1.5:1=S:2 \rightarrow S=3\text{ m}$ .

Ετσι, ελάχιστος αριθμός σειρών Πλάτος χώρου/  $3\text{ m}=10/3=3.3 \rightarrow 4$  σειρές  
Αριθμός φωτιστικών ανα σειρά Μήκος χώρου/  $3\text{ m}=10/3=3.3 \rightarrow 4$  φωτιστικά

$$SHR_{axial} = 10/4 = 2.5, SHR_{axial} = 10/4 = 2.5$$

Θα πρέπει να είναι μικρότερες οι τιμές απο τις μέγιστες που δίνονται απο τον κατασκευαστή

# LUMEN METHOD



**Συμμετρική τοποθέτηση φωτιστικών. Αποστάσεις απο το κέντρο των φωτιστικών**

# LUMEN METHOD

Ένας γρήγορος τρόπος εκτίμησης της απόστασης μεταξύ των φωτιστικών βασίζεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$\text{SHR} = \frac{1}{h_{RC}} * \sqrt{\frac{A_{\text{επιφάνεια εργασίας}}}{N}}$$



$$\text{SHR} < \text{SHR}_{\text{max}}$$



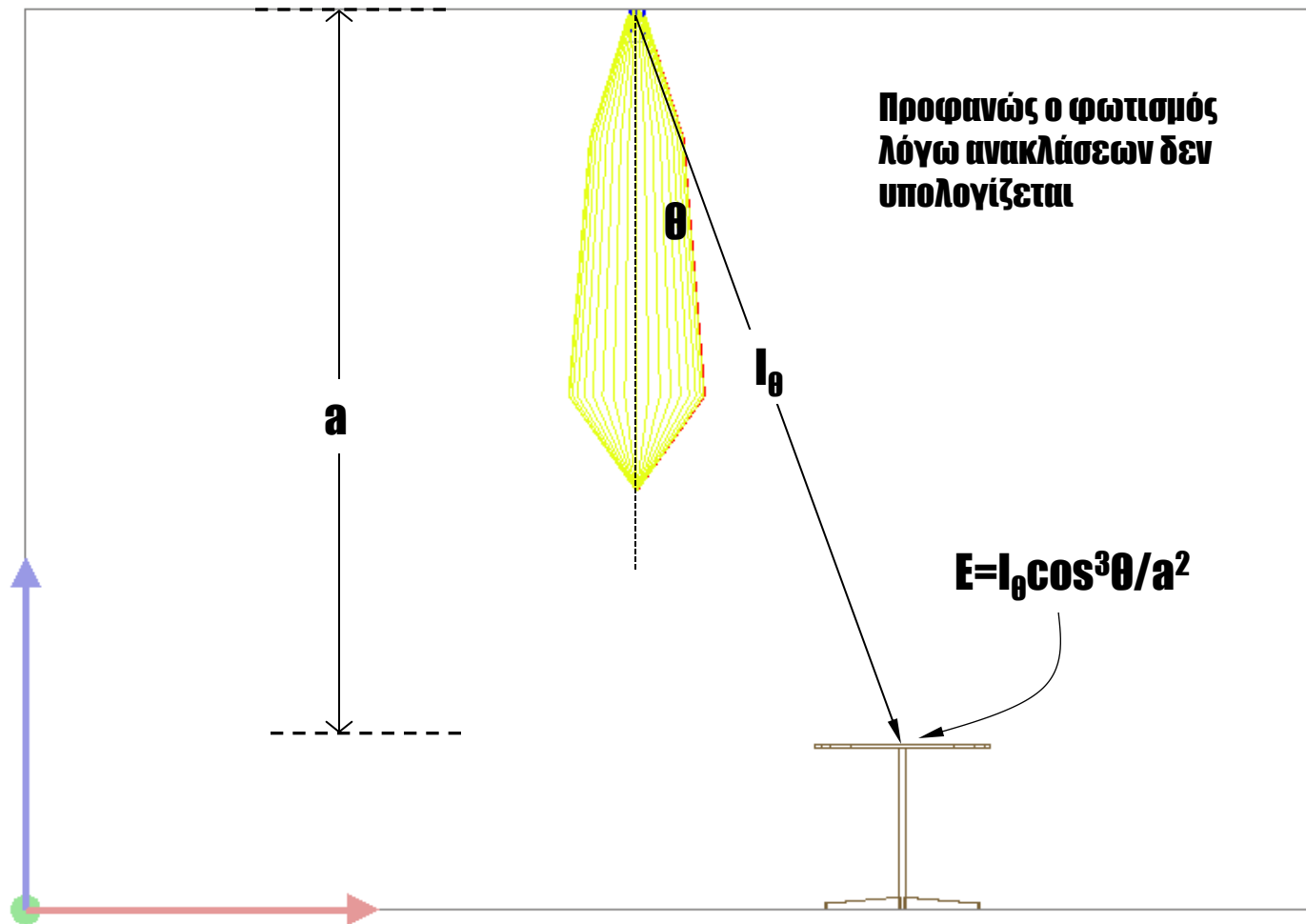
$$\sqrt{\text{SHR}_{\text{axial}} * \text{SHR}_{\text{transverse}}} \leq \text{SHR}_{\text{NOM}} \pm 0.5$$

Σε φωτιστικά πολύ μικρών διαστάσεων ο υπολογισμός είναι σχετικά εύκολος. Σε φωτιστικά όμως μεγαλύτερων διαστάσεων (γραμμικά φθορισμού) πρέπει να προσεχθεί ο αριθμός ώστε να «χωράνε» σε μια γραμμή.

**ΑΣΚΗΣΗ**

# POINT BY POINT METHOD

Έχει ήδη αναφερθεί στις αρχικές παρουσιάσεις. Θεωρώντας την πηγή σημειακή είναι εύκολο να υπολογισθεί ο φωτισμός σε κάποιο σημείο του χώρου χρησιμοποιώντας την τιμή της φωτεινής έντασης στην κατάλληλη κατεύθυνση.



# **ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

**Αν και η μέθοδος Lumen μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια ταχεία εκτίμηση του καννάβου των φωτιστικών που θα χρειασθούν για να επιτευχθεί μια επιθυμητή τιμή έντασης φωτισμού σε κάποιο χώρο, η μέθοδος υπολογισμού του φωτισμού σε κάποιο σημείο είναι δύσκολα να εφαρμοσθεί. Έτσι η χρήση κάποιου υπολογιστικού εργαλείου προσφέρει;**

- 1. Τη χρήση διαφορετικών τύπων φωτιστικών στον ίδιο χώρο.**
- 2. Τη χρήση όχι μόνο ορθοκανονικών καννάβων. Η θέση των φωτιστικών θα πρέπει να μπορεί να απελευθερωθεί από την μεθοδολογία που χρησιμοποιείται**
- 3. Ένα πολύ μεγάλο αριθμό από σημεία υπολογισμού για την εκτίμηση της μέσης τιμής φωτισμού .**
- 4. Τον υπολογισμό τόσο της έντασης φωτισμού όσο και της λαμπρότητας**

**Προφανώς σήμερα μια φωτοτεχνική ανάλυση προαγματοποιείται με τη βοήθεια λογισμικών. Κατα κύριο λόγο αυτά τα λογισμικά χρησιμοποιούν δύο αλγόριθμους για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.**

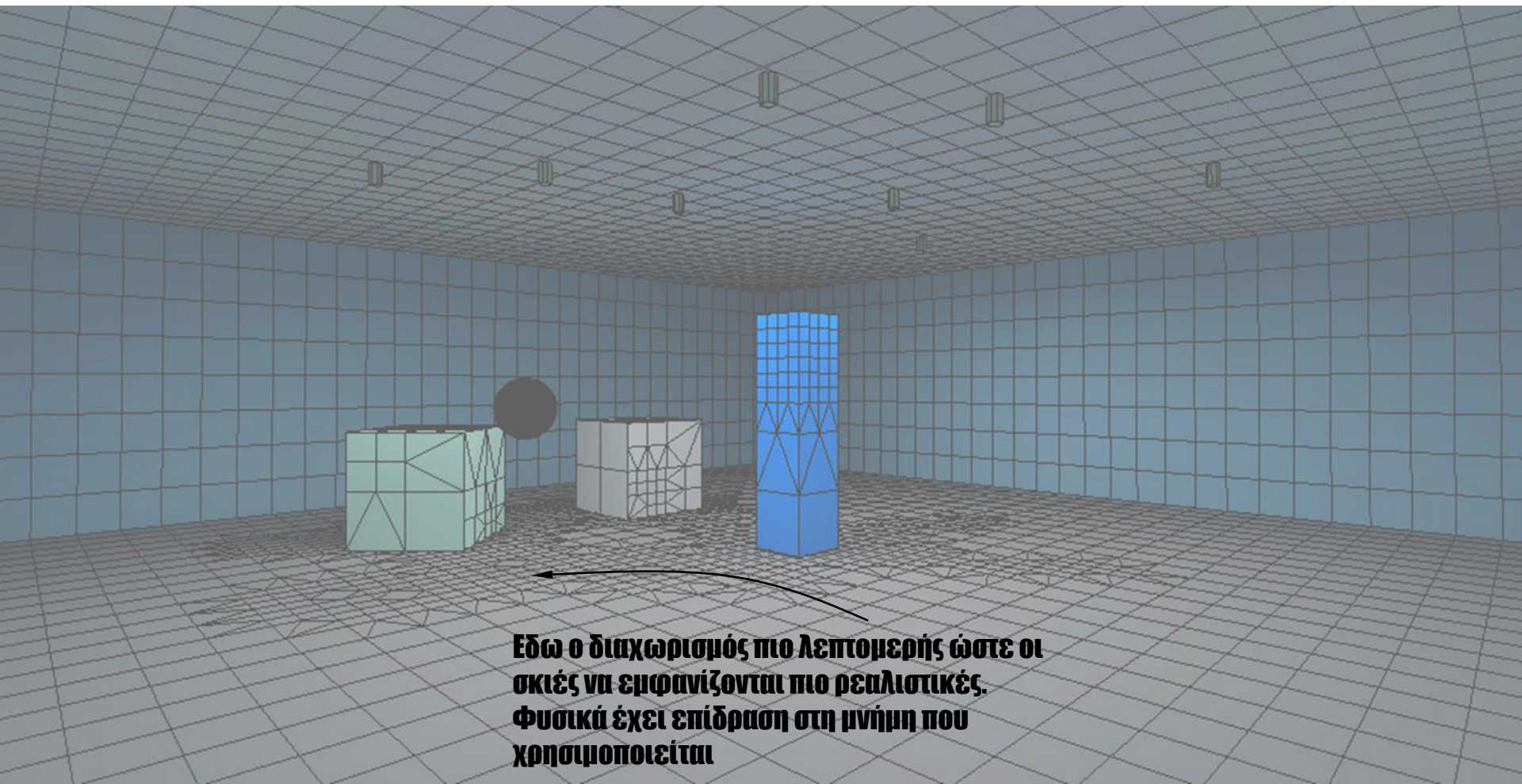
- 1. RADIOSITY**
- 2. RAY TRACING**

# **ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

**Υπάρχουν γενικά και διαφοροποιήσεις των προαναφερθέντων αλγορίθμων (forward/backward raytracing, photon mapping κλπ). Ο έλεγχος κάποιου λογισμικού όσον αφορά τα αποτελέσματα που παρεχει, ελέγχεται συγκρίνοντας τα αποτελέσματα απο συγκεκριμένους χώρους με συγκεκριμένες πηγές στους οποίους τα αποτελέσματα έχουν υπολογισθεί αναλυτικά (βλ. CIE 171:2006 Test Cases to Assess the Accuracy of Lighting Computer Programs, [http://div3.cie.co.at/?i\\_ca\\_id=575&pubid=114](http://div3.cie.co.at/?i_ca_id=575&pubid=114))**

# RADIOSITY

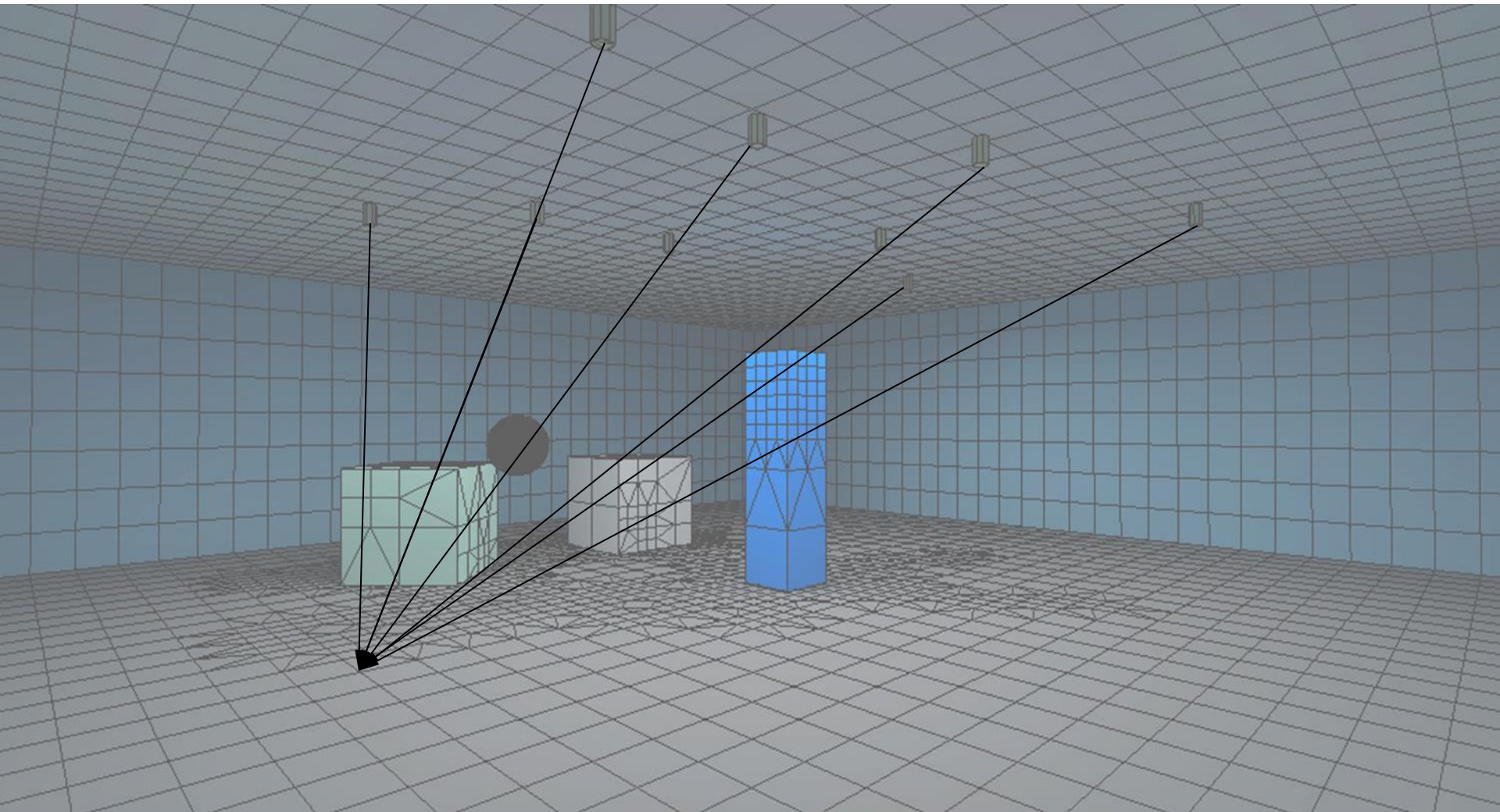
Μετά την δημιουργία της γεωμετρίας και την τοποθέτηση φωτιστικών, οι επιφάνειες του χώρου χωρίζονται σε μικρότερες ( τρίγωνα ή τετράγωνα). Υπόλογίζεται αρχικά ο άμεσος φωτισμός στις ακμές των μικρότερων αυτών επιφανειών και στη συνέχεια θεωρώντας την κάθε μικρή επιφάνεια «εκπομπό» υπολογίζεται ο φωτισμός λόγω των πολλαπλών ανακλάσεων.



Εδώ ο διαχωρισμός πιο λεπτομερής ώστε οι σκιές να εμφανίζονται πιο ρεαλιστικές. Φυσικά έχει επίδραση στη μνήμη που χρησιμοποιείται

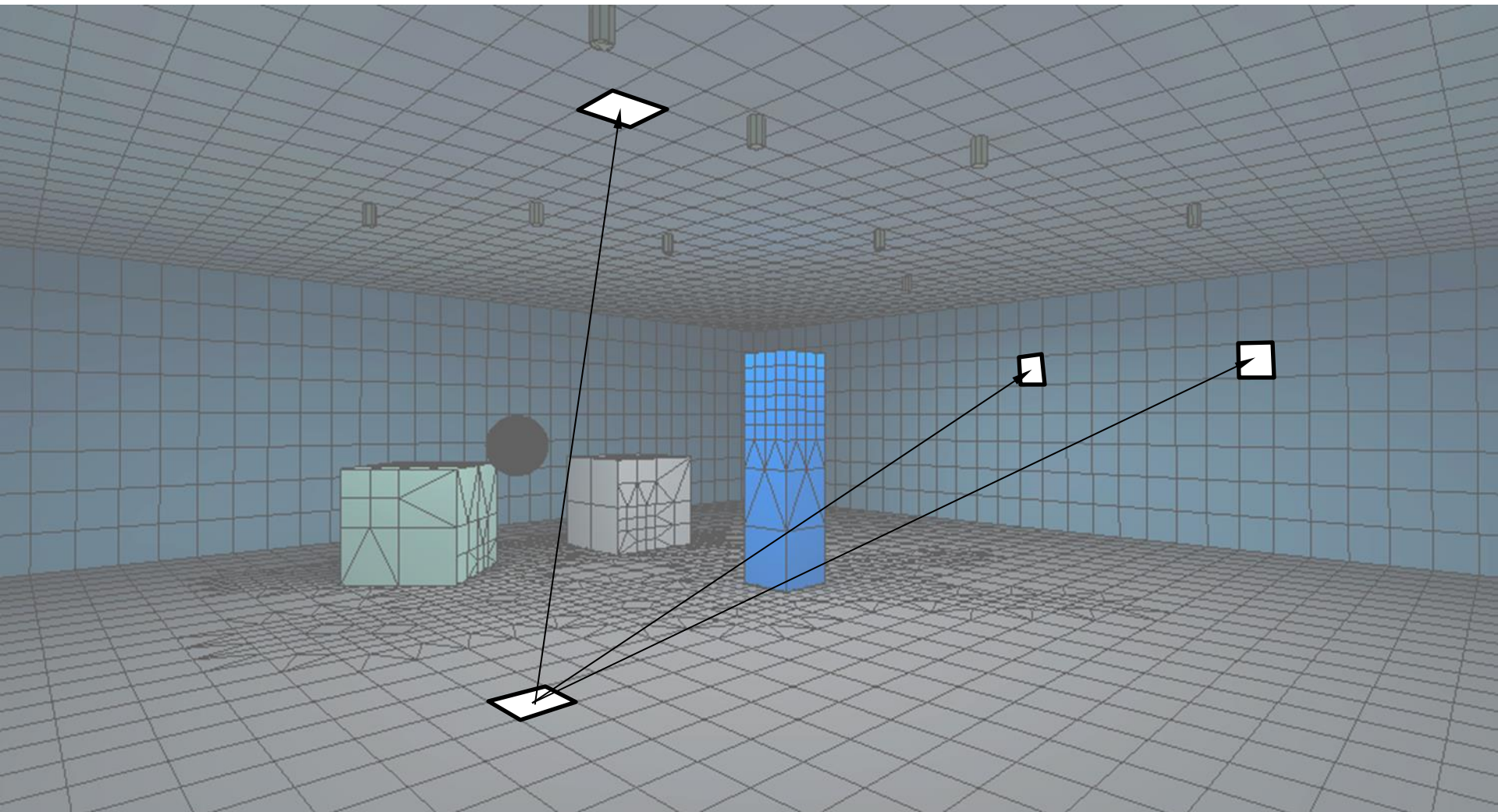


# RADIOSITY



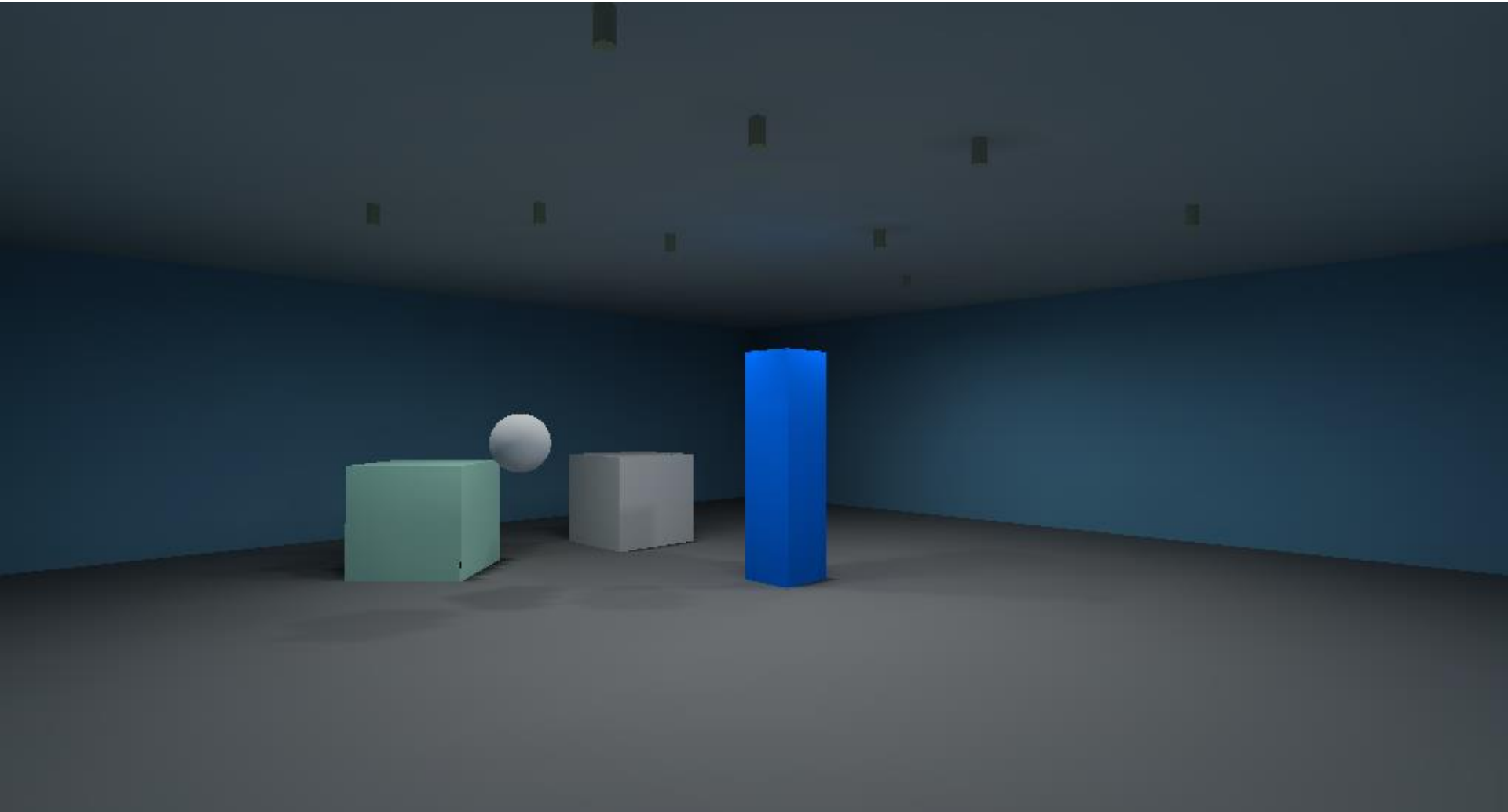
**Υπολογισμός άμεσου φωτισμού σε σημεία. Δηλ. πρακτικά ενώνεται το σημείο με κάθε φωτιστικό και υπολογίζεται ο άμεσος φωτισμός στο σημείο λαμβάνοντας υπόψη τον προσανατολισμό της υπο-επιφάνειας που ανήκει.**

# RADIOSITY



**Στη συνέχεια υπολογίζεται η φωτεινή ενέργεια που ανταλλάσσεται μεταξύ των υπο-επιφανειών.**

# RADIOSITY



**Σχηματισμός τελικής εικόνας. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος εφαρμόζεται για διαχυτικές επιφάνειες. Ένα πλεονέκτημα είναι ότι αν ο υπολογισμός πραγματοποιηθεί μια φορά , διαφορετικές εικόνες (ή και video) μπορούν να παραχθούν απο διαφορετικές θέσεις κάποιου παρατηρητή χωρίς επανάληψή του.**

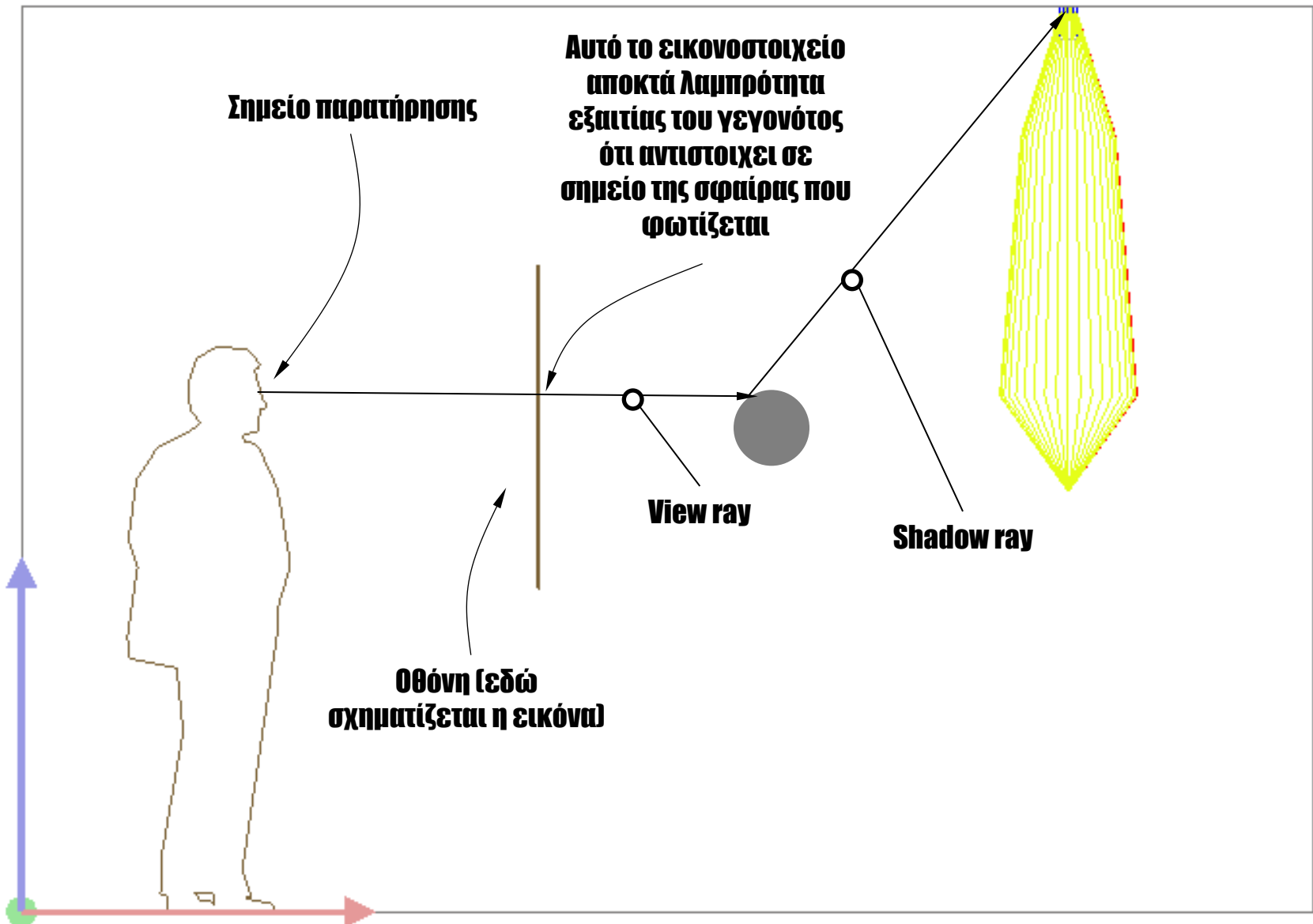
# RADIOSITY



**Κατοπτρική ανάκλαση. Υπολογισμός με ray-tracing**

**Για να ληφθούν υπόψη οι κατοπτρικές ανακλάσεις, συνήθως μετά το τέλος του αλγορίθμου εφαρμόζεται κάποιος αλγόριθμος ιχνηλασίας ακτίνας (ray tracer)**

# RAY-TRACING



**Backward ray tracing. Κάθε φορά που αλλάζει το σημείο παρατήρησης χρειάζεται να επαναληφθεί ο υπολογισμός**

# RAY-TRACING



**Άμεσος φωτισμός. Δηλ. μόνο μια ακτίνα συνδέει κάθε σημείο του χώρου με τις φωτεινές πηγές (για αυτό και η οροφή δεν έχει φωτισθεί)**

# RAY-TRACING



**Άμεσος + έμμεσος φωτισμός. Συνολικά 3 ανακλάσεις αντιστοιχούν σε κάθε ακτίνα παρατήρησης**

# **ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ**