



Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΑΡΧΕΙΟ

4/Γ  
573

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

“ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΗΠΕΔΟΥ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟΥ  
ΜΕ ΤΟ RELUX”

**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

ReluxSuite



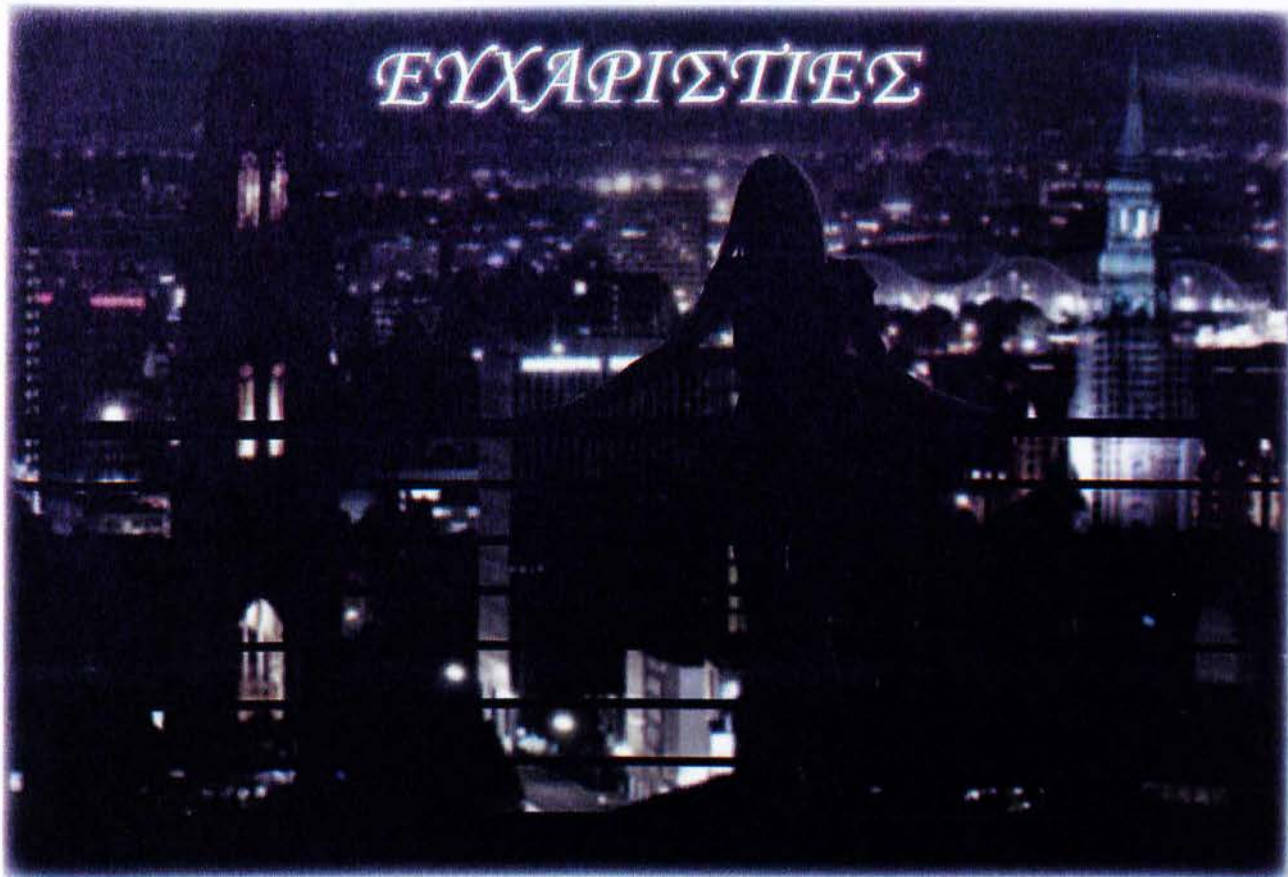
Welcome to the simulation world

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωαννίδης Γεώργιος  
Σπουδαστής: Βελούδης Γεώργιος

ΑΜ: 30309

Τόπος  
Πειραιάς  
Μήνας - Έτος  
2011

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ



Στους γονείς μου...

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ [2](#)

Περίληψη [6](#)

Λέξεις Κλειδιά [6](#)

Abstract [7](#)

Key Words [7](#)

**1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ "ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ"** [8](#)

1.1 Βασικές θεμελιώδεις έννοιες [8](#)

1.1.1 Φως [8](#)

1.1.2 Διάδοση του φωτός [9](#)

1.1.3 Ορισμοί [9](#)

1.1.4 Θεωρίες για τη φύση του φωτός [10](#)

1.1.4.1 Θεωρία Newton [11](#)

1.1.4.2 Θεωρία Huygens [12](#)

1.1.4.3 Θεωρία του Maxwell [13](#)

1.1.4.4 Κβαντική θεωρία [13](#)

1.1.5 Ταχύτητα φωτός [14](#)

1.1.6 Ανάλυση του φωτός [14](#)

1.1.7 Ορισμοί [14](#)

1.1.8 Ανασύνθεση φωτός [15](#)

**2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ "ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ"** [16](#)

2.1 Φωτεινή ένταση (Luminous Intensity, I): [17](#)

2.2 Φωτεινή ροή (Luminous Flux): [18](#)

2.2.1 Φωτεινή Απόδοση [19](#)

2.3 Φωτισμός, Ενταση φωτισμού (Illuminance, E): [20](#)

2.4 Λαμπρότητα (Luminance, L): [22](#)

2.4.1 Ομοιομορφία λαμπρότητας (Uniformity, U): [22](#)

2.5 Θάμβωση (Glare, G): [24](#)

Ανάκλαση (Reflectance): [24](#)



2.6 Αντίθεση (Contrast, C): [27](#)

**3° ΚΕΦΑΛΑΙΟ “Προδιαγραφές από τη FIFA”** [30](#)

3.1 Παροχή ενέργειας [31](#)

3.2 Προϋποθέσεις της Εγκατάστασης [33](#)

3.2.1 Γενικά [33](#)

3.2.2 Περιβάλλον [33](#)

3.2.3 Παίκτες και επίσημοι [33](#)

3.2.4 Θεατές [33](#)

3.2.5 Τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης [33](#)

3.3 Κατηγορίες διαγωνισμών [34](#)

3.4 Ύψος αναρτήσεως των φωτιστικών [34](#)

3.5 Θεάσεις καμερών που πρέπει να ληφθούν υπόψη [34](#)

3.6 Γωνίες θέασης παικτών και τηλεοπτικής κάλυψης [36](#)

3.6.1 Περιοχή του κόρνερ : [36](#)

3.6.2 Πίσω από τη γραμμή του τέρματος : [36](#)

3.7 Έλεγχος σκιών (πολύ-ζωνική στόχευση) [38](#)

3.8 Υπολογισμός της εγκατάστασης (σε μη-τηλεοπτικά καλυπτόμενους χώρους) [38](#)

3.9 Προδιαγραφές φωτιστικού σχεδιασμού και τεχνολογία [41](#)

3.9.1 Οριζόντια ομοιομορφία [41](#)

3.9.2 Κάθετος φωτισμός [42](#)

3.9.3 Θερμοκρασία χρώματος (Colour temperature) [43](#)

3.9.4 Απόδοση χρώματος (Colour rendering) [43](#)

3.9.5 Περίληψη των προδιαγραφών φωτισμού για τηλεοπτικά καλυπτόμενους αγώνες [44](#)

3.9.6 Περίληψη των προδιαγραφών φωτισμού για μη-τηλεοπτικά καλυπτόμενους αγώνες [45](#)

3.9.7 Επίδραση στο περιβάλλον [46](#)

3.9.8 Κατασκευή [47](#)

Επιθεώρηση και εξοπλισμός [47](#)

**4° ΚΕΦΑΛΑΙΟ “ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΓΗΠΕΔΑ”** [48](#)

4.1 Λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων (Metal Halide lamps) [49](#)



4.2 Λαμπτήρες νατρίου υψηλής πιέσεως (High-pressure sodium vapour lamps) [52](#)

iGuzzini Hatles [54](#)

iGuzzini Ring [55](#)

5° ΚΕΦΑΛΑΙΟ “Μελέτη φωτισμού γηπέδου ποδοσφαίρου με το Relux” [58](#)

5.1 Φτιάχνοντας τη μελέτη φωτισμού γηπέδου ποδοσφαίρου με το Relux [59](#)

5.2 Materials / textures... [62](#)

5.3 Location... [63](#)

5.4 North angle (0°) [64](#)

5.5 Σχεδίαση του χώρου [65](#)

5.6 Τοποθέτηση του γηπέδου ποδοσφαίρου στον χώρο [66](#)

5.7 Χρησιμοποιώντας το Cad Import [67](#)

5.8 Τοποθετώντας Φωτιστικά [71](#)

5.9 Τελικοί Υπολογισμοί [78](#)

5.10 Συμπεράσματα [109](#)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ [110](#)

## Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο τη μελέτη φωτισμού γηπέδου ποδοσφαίρου με τη βοήθεια του προγράμματος για ηλεκτρονικούς υπολογιστές, το Relux. Αναλύονται όλα τα φωτομετρικά δεδομένα που πρέπει να γνωρίζει ο υπεύθυνος ηλεκτρολόγος, ξεκινώντας από τις βασικές αρχές του φωτισμού και του φωτός, προχωρώντας στις τεχνικές προδιαγραφές των γηπέδων ποδοσφαίρων και τις απαιτήσεις της FIFA για τα επίπεδα φωτισμού, και καταλήγουμε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Relux, τη χρήση του από μηδενική βάση, και τα απαραίτητα βήματα που πρέπει να κάνει κάποιος για να κάνει τη μελέτη φωτισμού.

## Λέξεις Κλειδιά

Relux, μελέτη φωτισμού, FIFA, φως, φωτεινή ένταση, φωτεινή ροή, ένταση φωτισμού, λαμπρότητα, ομοιομορφία λαμπρότητας, θάμβωση, αντίθεση



## *Abstract*

**T**his paper's goal is the study of the lighting of a football field with the aid of the computer program, Relux. Analyzed herein are all the photometric data essential for the master electrician, starting with the basic principles of lighting and light, then following up with technical recommendations of the soccer field stadiums and lighting requirements from FIFA, and ending with the Relux program, it's use from zero base, and the necessary steps for a lighting study.

## *Key Words*

Relux, lighting study, FIFA, light, luminous intensity, luminous flux, illuminance, luminance, uniformity, glare, contrast



## 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ”

#### 1.1 Βασικές θεμελιώδεις έννοιες

##### 1.1.1 Φως

Το φως, η βάση για όλη την όραση, είναι ένα στοιχείο των ζωνών μας που παίρνουμε για δεδομένο.

Εξοικειωνόμαστε τόσο με τη φωτεινότητα, το σκοτάδι και το φάσμα των ορατών χρωμάτων που μια άλλη μορφή αντίληψης σε ένα διαφορετικό φάσμα συχνότητας και με διαφορετική ευαισθησία χρώματος είναι δύσκολη για μας να τη φανταστούμε.

Το φως είναι στην πραγματικότητα ένα μικρό μέρος ενός ευρύτερου φάσματος ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, τα οποία κυμαίνονται από τις κοσμικές ακτίνες μέχρι τα ραδιοκύματα.

Δεν είναι τυχαίο ότι το εύρος των 380-780 nm αποτελεί τη βάση της όρασης μας, δηλ. “το ορατό φως”. Είναι αυτό το ίδιο το εύρος που έχουμε στη διάθεσή μας ως ηλιακή ακτινοβολία στη γη σε σχετικά ομοιόμορφα ποσά και μπορεί επομένως να λειτουργήσει ως αξιόπιστη βάση για την αντίληψή μας.

Το ανθρώπινο μάτι επομένως, χρησιμοποιεί μέρος του φάσματος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που είναι διαθέσιμα για να συγκεντρώσει τις πληροφορίες για τον κόσμο γύρω μας. Αντιλαμβάνεται τη ποσότητα του φωτός που ακτινοβολείται ή αντανακλάται από αντικείμενα για να λάβει πληροφορίες για την ύπαρξή τους ή τη ποιότητά τους. Αντιλαμβάνεται επίσης το χρώμα από αυτό το φως για να αποκτήσει πρόσθετες πληροφορίες για αυτά τα αντικείμενα.

Το ανθρώπινο μάτι είναι προσαρμοσμένο στη μόνη πηγή φωτός που είναι διαθέσιμη για εκατομμύρια έτη - ο ήλιος. Το μάτι είναι επομένως στο πιο ευαίσθητο σημείο του στην περιοχή της μέγιστης ηλιακής ακτινοβολίας. Η αντίληψη μας για χρώμα είναι επομένως επίσης προσαρμοσμένη στο συνεχές φάσμα του ηλιακού φωτός.

Η πρώτη τεχνητή πηγή φωτός ήταν η φλόγα της φωτιάς, στην οποία φωτεινά μόρια άνθρακα παράγουν φως, το οποίο, όπως το φως του ήλιου, έχει ένα συνεχές φάσμα. Για πολύ καιρό η παραγωγή του φωτός βασίστηκε σε αυτή την αρχή, η οποία εκμεταλλεύτηκε τις δάδες και την ανάφλεξη, έπειτα το κεριά και την ελαιολυχνία και το γκάζι σε όλο και περισσότερο αποτελεσματικό βαθμό.



### 1.1.2 Διάδοση του φωτός

Η διάδοση του φωτός στο χώρο γενικά ακολουθεί τις εξής αρχές:

1. **Αρχή του Ήρωνα:** Το φως διαδιδόμενο από ένα σημείο σε άλλο ακολουθεί την συντομότερη οδό. Η αρχή αυτή ισχύει για όλα τα οπτικά μέσα ακόμη και στα "μη ισότροπα".
2. Το φως σε ένα ισότροπο μέσο διαδίδεται ευθύγραμμα.
3. **Αρχή του ελαχίστου χρόνου.** Πρόκειται για την "αρχή του Ήρωνα" εκπεφρασμένη από τον Φερμά (1662) στην έννοια του χρόνου.
4. **Αρχή της αντίστροφης πορείας.** Όταν το φως διαδίδεται προς ορισμένο δρόμο προς μια φορά είναι δυνατόν ν' ακολουθήσει τον ίδιο κατ' αντίθετη φορά.



**Εικόνα 1.1** Ήρων ο Αλεξανδρεύς  
(10 μ.Χ. – 70 μ.Χ.)

### 1.1.3 Ορισμοί

- **Αυτόφωτα σώματα:** χαρακτηρίζονται όλα εκείνα που εκπέμπουν ενέργεια σε μορφή του φωτός. Λέγονται επίσης και φωτεινές πηγές.
- **Ετερόφωτα σώματα:** χαρακτηρίζονται όλα εκείνα που δεν εκπέμπουν τα ίδια φως, αλλά γίνονται αντιληπτά όταν φως προερχόμενο από αλλού πέσει επάνω τους και ανακλαστεί ή περάσει μέσα από το υλικό τους.
- **Φωτεινή ακτίνα** ή **ακτίνα φωτός:** ονομάζεται η τροχιά μεταβίβασης της φωτεινής ενέργειας.
- **Φωτεινή δέσμη** ή **δέσμη φωτός:** χαρακτηρίζεται ένα σύνολο από φωτεινές ακτίνες, που όταν αυτές οι ακτίνες είναι παράλληλες ονομάζεται παράλληλη δέσμη (φωτεινών ακτίνων). Οι φωτεινές δέσμες διακρίνονται σε παράλληλες, συγκλίνουσες και σε αποκλίνουσες.
- **Παράλληλη δέσμη φωτός** λέγεται εκείνη της οποίας οι ακτίνες είναι μεταξύ τους παράλληλες.
- **Συγκλίνουσα δέσμη φωτός** λέγεται εκείνη τις οποίας οι ακτίνες κατευθύνονται προς ένα σημείο που ονομάζεται σημείο σύγκλισης.
- **Αποκλίνουσα δέσμη φωτός** λέγεται τέλος εκείνη τις οποίας οι φωτεινές ακτίνες προέρχονται από ένα σημείο και στη συνέχεια αποκλίνουν.
  - Αν οι φωτεινές ακτίνες μια συγκλίνουσας δέσμης συνεχίσουν την πορεία τους πέραν του σημείου σύγκλισης τότε εμφανίζονται ως αποκλίνουσα δέσμη.
- **Σημειακή φωτεινή πηγή** χαρακτηρίζεται εκείνη της οποίας οι διαστάσεις θεωρούνται αμελητέες σε σύγκριση αποστάσεων από τα διαπερατά μέσα, το φακό ή το κάτοπτρο ή και των διατάξεων των αντικειμένων έξ αυτών. Συχνή είναι η χρήση της στη σχεδίαση και στην επίλυση σχετικών προβλημάτων.



### 1.1.4 Θεωρίες για τη φύση του φωτός

Ένα από τα σκοτεινότερα αλλά και ελκυστικότερα θέματα που απασχόλησαν τον άνθρωπο ήταν και η φύση του φωτός. Η έρευνα γύρω από το πρόβλημα αυτό σύνδεσε μεγάλα ονόματα της επιστήμης.

Πρώτος ο Ισαάκ Νεύτων (1643-1737) και στη συνέχεια ο φυσικός Ολλανδός Κρίστιαν Χούχενς (1629-1695) ανέπτυξαν θεωρίες που για πολλά χρόνια αντιμάχονταν σε μεγάλο βαθμό.

Το μεγάλο κύρος του πρώτου απέτρεπε κάθε ένσταση ή άλλη πρόταση ακόμη και συμβιβασμούς. Όταν όμως μια θεωρία δεν μπορεί να δώσει λύσεις σε όλο το εύρος της τότε αυτή πάσχει. Έτσι κλονίζεται και παραχωρεί την θέση της σε άλλη.

Αυτό συνέβη και με τη θεωρία του Νεύτωνα που δεν μπόρεσε ν' αντέξει ελέγχους και παρατηρήσεις που είχαν να κάνουν και από τις μετρήσεις της ταχύτητας του φωτός. Όμως το τελειωτικό κτύπημα δόθηκε από τον Γάλλο φυσικό Αυγουστίνο Φρενέλ (1788-1827) όταν ανακάλυψε το φαινόμενο της συμβολής ή αλληλοτυπίας του φωτός όπου φως προστιθέμενο σε φως άλλοτε γεννά εντονότερο και άλλοτε ασθενέστερο ακόμη και σκότος.

Έτσι σύμφωνα μ' αυτά το φως χαρακτηρίζεται από κύματα και έτσι εδραιώθηκε η πεποίθηση της κυματικής φύσεως του φωτός. Στη συνέχεια οι Φυσικοί προχώρησαν στην ερμηνεία των φαινομένων της διάθλασης, της περίθλασης και της πόλωσης του φωτός. Τότε όμως πρόβαλε μια άλλη δυσκολία που αφορούσε τη φύση του μέσου αν πάλλεται και πως πάλλεται και διαδίδει το φως.

Και αυτή η δυσκολία παραμερίστηκε όταν ο Άγγλος φυσικός Τζέιμς Μάξγουελ απέδειξε θεωρητικά το 1870 ότι τα φωτεινά κύματα είναι κύματα ηλεκτρομαγνητικά περιοδικώς μεταβλητά κατά χρόνο και τόπο. Τέλος όταν η θεωρία του Μάξγουελ επαληθεύτηκε στα πειράματα του Χερτζ το 1888 δεν έμεινε πλέον καμία αμφιβολία ότι τα κύματα του φωτός έχουν ηλεκτρομαγνητική φύση.

Έτσι είχαν τα πράγματα μέχρι το τέλος του αιώνα όταν ξεπρόβαλε νέα δυσκολία ακολουθίας της τελευταίας θεωρίας που ήταν ποιο έντονη και που αφορούσε ένα φαινόμενο που ήταν αδύνατον να ερμηνεύσει η κυματική. Ήταν το "φωτοηλεκτρικό" όπως ονομάστηκε. Παρατηρήθηκε δηλαδή πως όταν φωτεινή δέσμη μικρού μήκους κύματος προσπέσει σε μεταλλική πλάκα αποσπώνται απ' αυτή ηλεκτρόνια και μάλιστα αμέσως όσο ασθενές κι αν είναι το φως. Βέβαια για ν' αποσπασθεί ένα ηλεκτρόνιο απαιτείται κάποια ενέργεια.

Αν επομένως το φως είναι κύμα, που έχει το χαρακτηριστικό της συνέχειας, θα έπρεπε να πέρναγε κάποιος χρόνος μέχρι αυτό το ηλεκτρόνιο ν' απορροφήσει ενέργεια για ν' αποσπασθεί λαμβανομένου υπ' όψη ότι η ταχύτητα των ηλεκτρονίων είναι ίδια όση απόσταση κι αν παρεμβάλλεται μεταξύ πηγής και πετάσματος. Οι παρατηρήσεις αυτές έφεραν σε πολύ δύσκολη θέση τους φυσικούς. Πως να συμβιβάσουν την θεωρία με την παρατήρηση; Έτσι αν τα πειράματα ήταν ορθά θα έπρεπε ν' αναζητηθεί άλλη βάση της υφής του φωτός που να ερμηνεύει και το νέο πλέον παρατηρούμενο φαινόμενο.

Στη δύσκολη αυτή θέση των Φυσικών στις 14 Δεκεμβρίου του 1900 ο φυσικός και καθηγητής του Πανεπιστημίου του Βερολίνου Μαξ Πλανκ (1858-1947) έκανε μια καταπληκτική ανακοίνωση που αποτέλεσε τη βάση της θεωρίας των κβάντα με την οποία και ανατράπηκε η μέχρι τότε αντίληψη περί της συνέχειας της ακτινοβολίας. Οι δηλώσεις αυτές του Πλανκ πράγματι συγκλόνισαν όπως ήταν επόμενο τους φυσικούς που την αποδέχθηκαν στην αρχή με επιφυλάξεις και σκεπτικισμό. Στις επιφυλάξεις εκείνες που διέκοψαν τις περαιτέρω έρευνες το 1905 ακούστηκε η επιδοκμαστική φωνή του Αϊνστάιν που προχώρησε και σε πέρα των αρχικών θέσεων του Πλανκ και έδωσε την απόδειξη με την "κβαντική σύσταση του φωτός". Έτσι οι δισταγμοί υποχώρησαν και οι τότε φυσικοί εξοικειώθηκαν με την σύγχρονη αντίληψη.

Με την ανάπτυξη ακόμη της "μικροφυσικής" νέα ακόμη φαινόμενα ανακαλύφθηκαν που ήταν εξηγήσιμα μεν με τη κυματική θεωρία αλλ' όμως με την κβαντική ερμηνεύονταν καλύτερα. Έτσι μέσα απ' αυτόν τον υπέροχο δρόμο της έρευνας πραγματοποιείται η σύνθεση της θεωρίας του Νεύτωνα και της κυματικής του Χούχενς, αφού το φωτόνιο του Πλανκ είναι κάτι και από τα δύο δηλαδή "σωμάτιο και κύμα".

Ακολουθεί, πολύ συνοπτικά, η επιμέρους παράθεση των παραπάνω θεωριών.



### 1.1.4.1 Θεωρία Newton

Η πρώτη θεωρία που εξηγούσε κάπως ικανοποιητικά ορισμένα από τα φαινόμενα που έχουν σχέση με το φως διατυπώθηκε από τον Ισαάκ Νεύτωνα ο οποίος δεχόταν ότι τα φωτεινά σώματα εκπέμπουν σωματίδια, τα οποία κινούνται ευθύγραμμα και με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα διάδοσης του φωτός. Τα σωματίδια αυτά ανακλώνται στο μάτι και προκαλούν τη ανάλογη αίσθηση, αντίληψη.

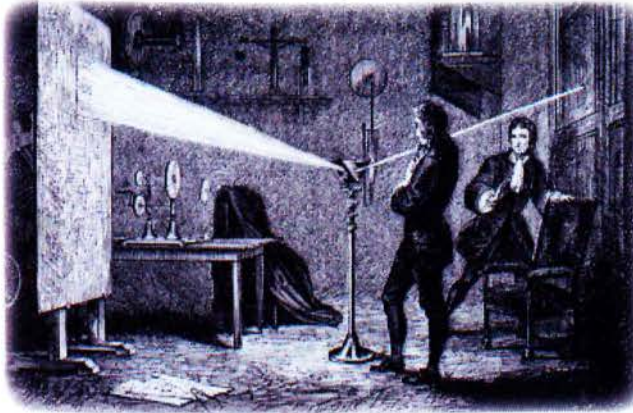


Ο Newton ήταν ένας Άγγλος φυσικός και μαθηματικός, και μια από τις πιο επιδραστικές φιγούρες στην επιστήμη.

Ανακάλυψε ότι το λευκό φως αποτελείται από πολλά χρώματα, και έβαλε τις βάσεις για την μοντέρνες οπτικές επιστήμες.

**Εικόνα 1.2** Isaac Newton

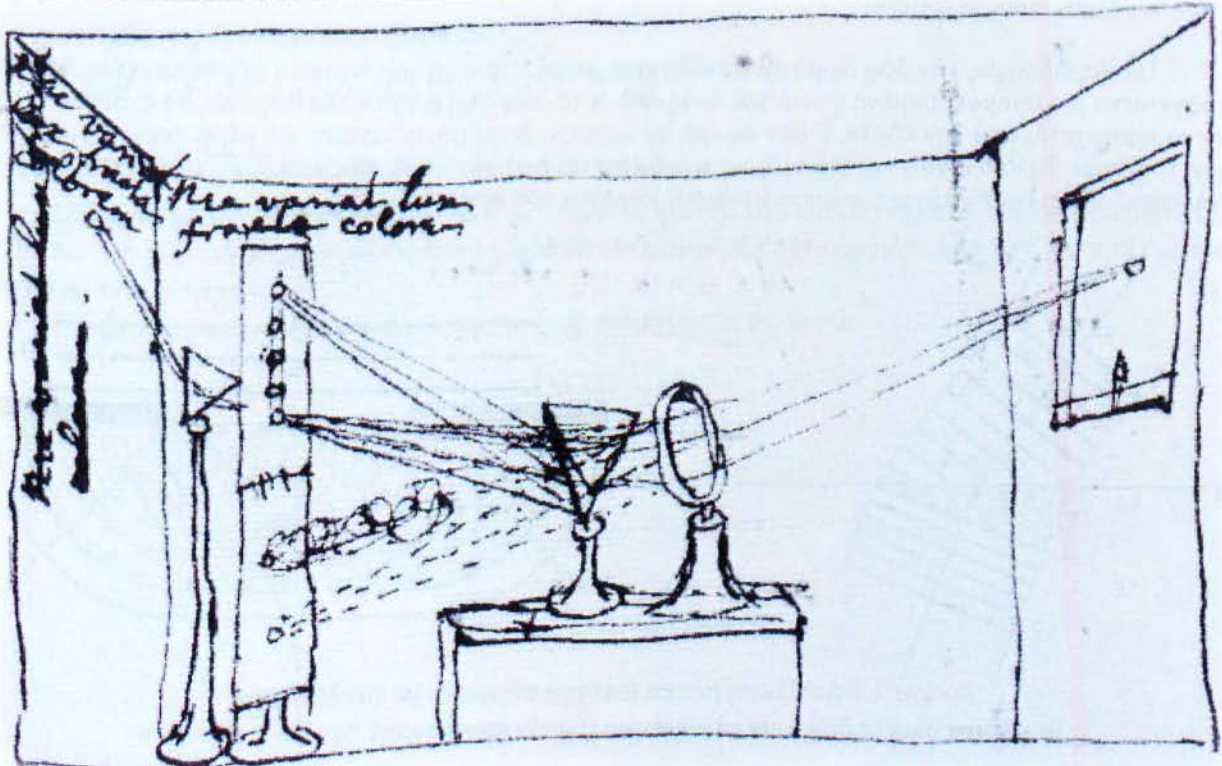
Δεκέμβριος 25 1642 - Μάρτιος 20 1727



**Εικόνα 1.3** Σκίτσο του Newton για το κρίσιμο πείραμα του (experimentum crucis) στο οποίο ηλιακό φως διαθλάται μέσα από ένα πρίσμα.

Ένα χρώμα έπειτα διαθλάται μέσα από ένα δεύτερο πρίσμα για να δείξει ότι δεν έχει υποστεί περαιτέρω αλλαγή.

Το φως μετά φαίνεται να αποτελείται από τα χρώματα που διαθλώνται στα δεύτερα πρίσματα.

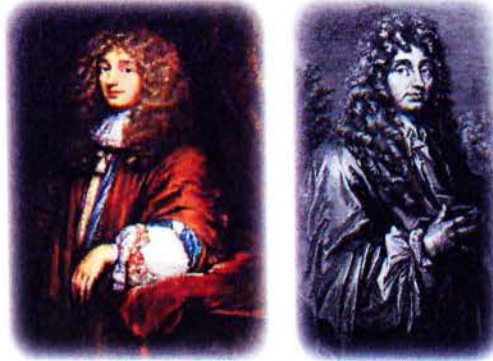




### 1.1.4.2 Θεωρία Huygens

Σε μεγάλη αντιπαράθεση της προηγούμενης θεωρίας την ίδια εποχή υπήρξε αυτή του Χούχενς. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή το φως αποστέλλεται από κύματα κατά περιοδικές "διαταραχές" κάποιου υποθετικού μέσου. Εστίες των περιοδικών αυτών μεταβολών είναι οι φωτεινές πηγές των οποίων τα μόρια βρίσκονται σε "ταχύτατη κραδασμική κίνηση" ενώ το υποθετικό μέσον διά του οποίου μεταδίδονται οι παλμικές κινήσεις είναι ο "αιθέρας", ένα ελαστικό ακίνητο και αβαρές ρευστό με το οποίο πληροίτε το σύμπαν.

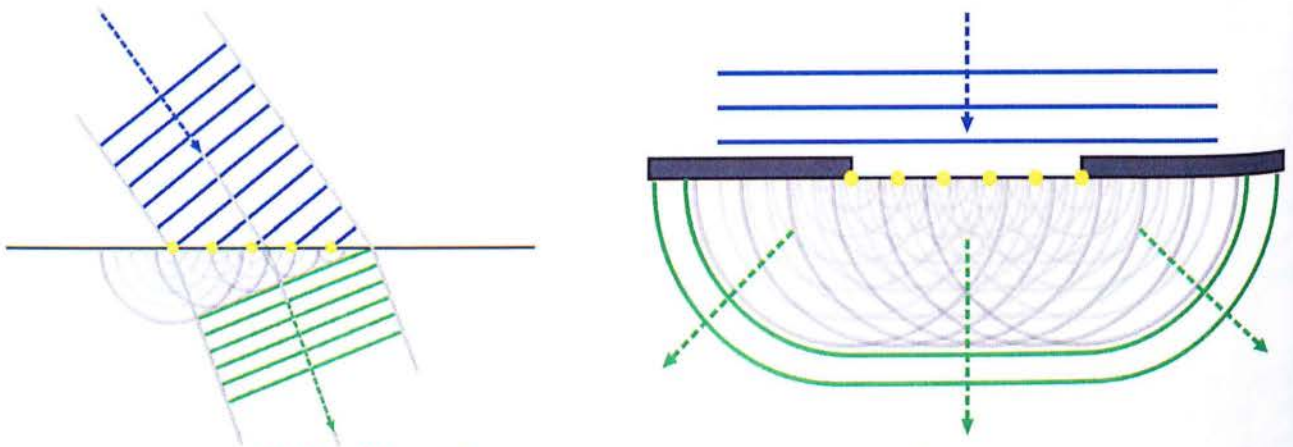
Ο αιθέρας αυτός φέρεται διάχυτος στο μεταξύ των ουρανίων σωμάτων διάστημα, προκειμένου έτσι να εξηγηθεί η εις το "κενό" διάδοση του φωτός αυτών των ουρανίων σωμάτων.



**Εικόνα 1.4** Christiaan Huygens  
14 Απριλίου 1629 - 8 Ιουλίου 1695

Το θεώρημα Huygens-Fresnel (από τον Ολλανδό φυσικό Christiaan Huygens και τον Γάλλο φυσικό Augustin-Jean Fresnel) είναι μια μέθοδος ανάλυσης που εφαρμόζεται για τα προβλήματα της διάδοσης κυμάτων. Αναγνωρίζει ότι κάθε σημείο ενός ταχέως κινούμενου μετώπου κύματος είναι στην πραγματικότητα το κέντρο μιας νέας διαταραχής και η πηγή μιας νέας σειράς κυμάτων. Επιπλέον, το κύμα στο σύνολό του μπορεί να θεωρηθεί ως το άθροισμα όλων των δευτερευόντων κυμάτων που προέρχονται από σημεία του μέσου που ήδη διέρχεται. Αυτή η άποψη της διάδοσης κυμάτων βοηθά να κατανοηθεί καλύτερα ένα ευρύ φάσμα φαινομένων κυμάτων, όπως διάθλαση.

Για παράδειγμα, εάν δύο δωμάτια συνδέονται μεταξύ τους με μια ανοικτή πόρτα και ένας ήχος που παράγεται σε μια απομακρυσμένη γωνιά του ενός από αυτά, ένα άτομο στο άλλο δωμάτιο, θα ακούσει τον ήχο σαν να προέρχεται από την πόρτα. Όσον αφορά το δεύτερο δωμάτιο, η δόνηση του αέρα στην πόρτα είναι η πηγή του ήχου. Το ίδιο ισχύει και για το φως που διέρχεται από την άκρη ενός εμποδίου, αλλά αυτό δεν είναι τόσο εύκολα αντιληπτό, λόγω του μικρού μήκους κύματος του ορατού φωτός.



**Εικόνα 1.5** Διάθλαση σε ένα άνοιγμα σύμφωνα με τον Huygens.  
Τα κίτρινα σημεία δείχνουν πλασματικά σημεία προέλευσης των νέων κυμάτων.

### 1.1.4.3 Θεωρία του Maxwell

Σύμφωνα με την θεωρία αυτή που ονομάζεται και "ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Μάξγουελ" λαμβάνοντας ως βάση τη κυματική θεωρία του Χούχεν, προτάθηκε ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα που ξεκινούν από φωτεινή πηγή. Η θεωρία αυτή επιβεβαιώθηκε αργότερα με τα πειράματα που έκανε ο Χερτζ.

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q / \epsilon_0$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = -d\Phi_{\mathbf{B}} / dt$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 d\Phi_{\mathbf{E}} / dt$$



**Εικόνα 1.6** Οι τέσσερις εξισώσεις του Μάξγουελ περιγράφουν αντίστοιχα,

- το πως ηλεκτρικά φορτία παράγουν ηλεκτρικά πεδία,
- την πειραματική απουσία μαγνητικών μονόπολων,
- πως η μεταβολή ενός μαγνητικού πεδίου παράγει ηλεκτρικά πεδία,
- και το πως τα ηλεκτρικά ρεύματα και τα μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά πεδία παράγουν μαγνητικά πεδία.

**Εικόνα 1.7** James Clerk Maxwell  
Ιούνιος 13 1831 - Νοέμβριος 5 1879

### 1.1.4.4 Κβαντική θεωρία

Σύμφωνα με την θεωρία αυτή το φως ως ενέργεια ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου εκπέμπεται και διαδίδεται στο χώρο κατά στοιχειώδη ποσά (δηλαδή ούτε συνέχεια ούτε ομοιόμορφα κατ'έκταση) που καλούνται κβάντα ενέργειας.

- Τα κβάντα ενέργειας που ανάγονται στο φως ονομάζονται φωτόνια.



### 1.1.5 Ταχύτητα φωτός

Γενικά σήμερα έχει γίνει αποδεκτή η ταχύτητα του φωτός στο κενό ίση με 300.000 Km/sec. Σημειώνεται πως με την γενική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν η ταχύτητα του φωτός είναι οριακή ταχύτητα στη Φύση και κανένα υλικό σώμα δεν μπορεί να υπερβεί αυτή. Επί πλέον η παραπάνω θεωρία κατάργησε τον αιθέρα, το υποθετικό εκείνο μέσον διά του οποίου μεταδίδεται το φως. Στη θέση εκείνου του ελαστικού και ακίνητου αιθέρα έχει αντιπαραταχθεί το χωροχρονικό συνεχές στις τέσσερις διαστάσεις μέσα στις οποίες δραματίζονται όλα τα φαινόμενα.

### 1.1.6 Ανάλυση του φωτός

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

- Την ανάλυση του φωτός ως φάσμα, εξετάζει με ειδικά όργανα η Φασματοσκοπία.

### 1.1.7 Ορισμοί

- Σύνθετο φως: ονομάζεται οποιοδήποτε φως που αναλύεται σε χρώματα.
- Μονοχρωματικό φως, αντίθετα, ονομάζεται εκείνο μιας φωτεινής δέσμης που δεν αναλύεται όταν διέρχεται από ένα διαφανές πρίσμα.
- Φωταύγεια: ονομάζεται κάθε εκπομπή φωτός που όμως δεν οφείλεται στη μεγάλη θερμοκρασία της πηγής που την εκπέμπει.
- Φθορισμός: ονομάζεται το φαινόμενο της εκπομπής φωτός από μια ουσία όταν αυτή διεγείρεται από άλλη φωτεινή ακτινοβολία.
- Φωσφορισμός: ονομάζεται το φαινόμενο της παράτασης εκπομπής φωτός από μια ουσία την οποία έχει πάψει να διεγείρει άλλη φωτεινή ακτινοβολία.

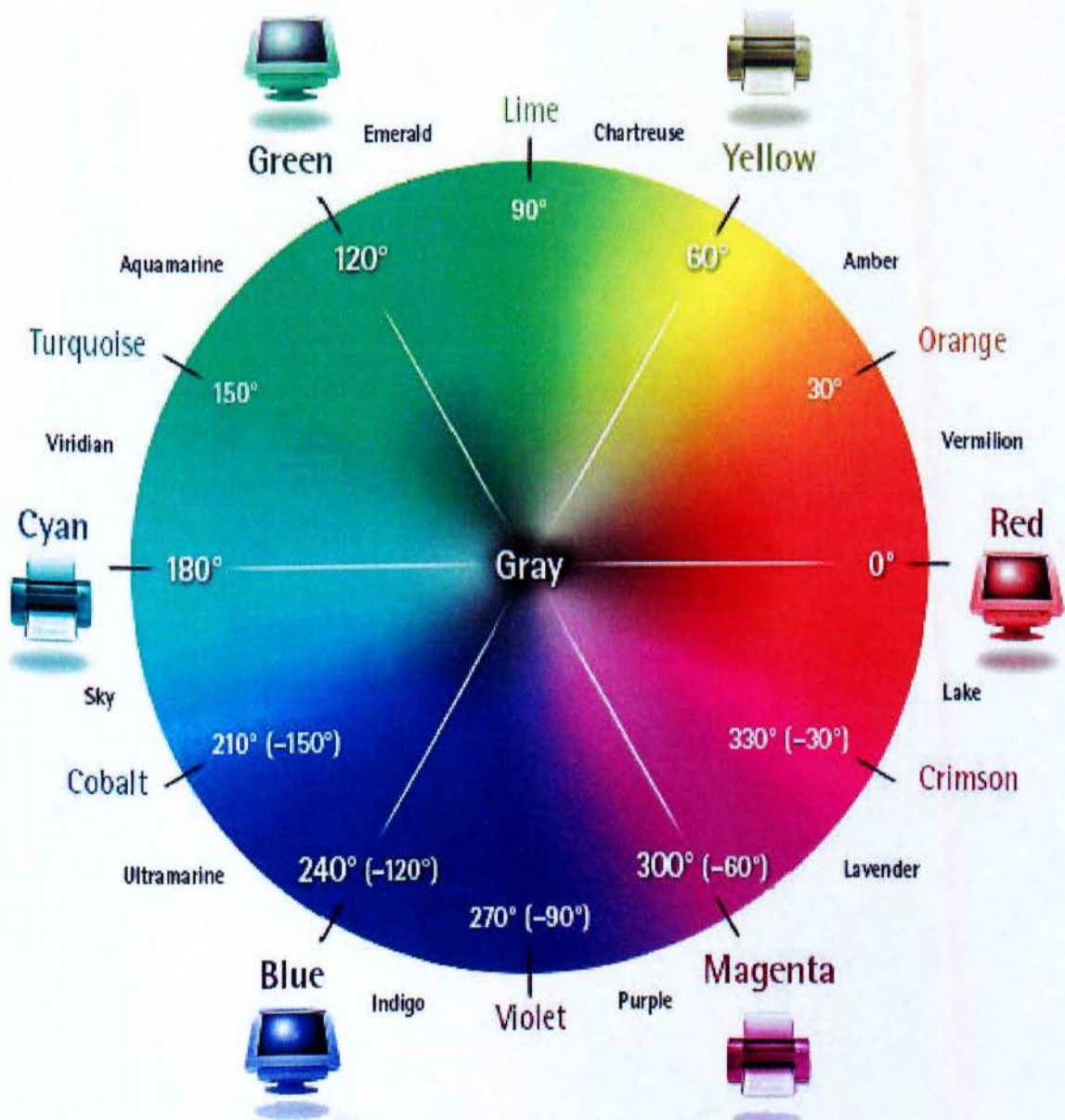
Ο Φθορισμός (και τα είδη του), ο φωσφορισμός και η φωτοτροπία αποτελούν τα φωτοφυσικά φαινόμενα τα οποία και εξετάζει κατ' αντικείμενο έρευνας η Φωτοχημεία.



### 1.1.8 Ανασύνθεση φωτός

Κάθε σύνθετο φως μπορεί να υποστεί ανασύνθεση από τις συνιστώσες ακτίνες του. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν οι αναδυόμενες από ένα διαφανές πρίσμα μονοχρωματικές φωτεινές ακτίνες προσπέσουν σε όμοιο ισότροπο πρίσμα σε αντίστροφη διάταξη οπότε εξερχόμενες του δεύτερου θα συγκεντρωθούν σε ένα σημείο σχηματίζοντας μια λευκή κηλίδα. Αν το αρχικό φως δεν ήταν λευκό αλλά κάποιο άλλο σύνθετο, τότε η τελική κηλίδα θα έχει το αυτό χρώμα με το αρχικό.

Μια τέτοια ανασύνθεση λευκού φωτός μπορεί να γίνει επίσης και με τον δίσκο του Νεύτωνα. Πρόκειται για ένα δίσκο που περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και που είναι χρωματισμένος κατά τομείς με τα χρώματα του ορατού φάσματος σε ίδια σειρά χρωμάτων. Μόνο που η επιφάνεια του κάθε χρωματιστού τομέα είναι ανάλογη της περιεκτικότητας των διαφόρων χρωμάτων στο λευκό φως. Όταν λοιπόν ο δίσκος αυτός περιστρέφεται με ταχύτητα δημιουργείται στον οφθαλμό η εντύπωση του λευκού φωτός. Αυτό συμβαίνει διότι η εντύπωση του κάθε χρώματος παραμένει στο μάτι για 1/16 του δευτερολέπτου. Όμως στο χρόνο αυτό συμβαίνει να έχουν παρέλθει, με την ταχύτητα περιστροφής του δίσκου, όλα τα χρώματα.





## 2° ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ”

Οι βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό και την εγκατάσταση κάθε είδους φωτισμού, και συγκεκριμένα του φωτισμού γηπέδου ποδοσφαίρου που αφορά την παρούσα εργασία, είναι :

- η Φωτεινή ένταση,
- η Φωτεινή ροή,
- η Ένταση φωτισμού,
- η Λαμπρότητα,
- η Ομοιομορφία λαμπρότητας,
- η Θάμβωση,
- η Ανάκλαση και
- η Αντίθεση.



## 2.1 Φωτεινή ένταση (Luminous Intensity, I):

Είναι η φωτεινή ροή ανά μονάδα στερεάς γωνίας, από μια δεδομένη πηγή σε μια δεδομένη κατεύθυνση. Περιγράφει τη δύναμη μιας πηγής να παρέχει φως (δύναμη κεριού) προς πάσα κατεύθυνση. Η μονάδα μέτρησης είναι το candela (cd), όπου 1 candela ισούται με 1 lumen/steradian.

$$I_v = 683 I \bar{y}(\lambda)$$

Η φωτεινή ένταση (luminous intensity) για το μονοχρωματικό φως ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος  $\lambda$  δίνεται από τον τύπο

όπου 
$$I_v = 683 \int_0^\infty I(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

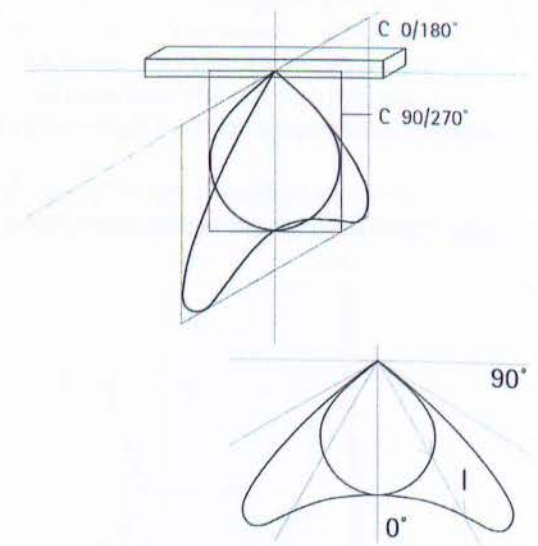
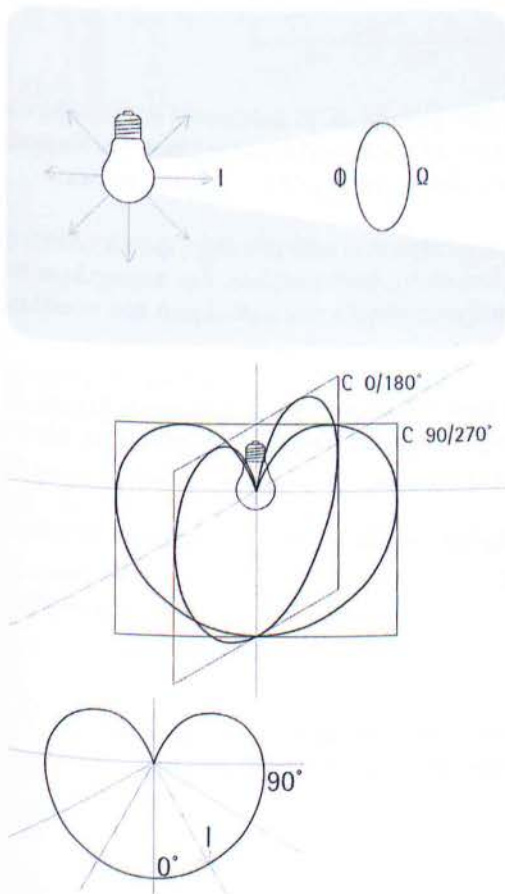
- $I_v$  είναι η φωτεινή ένταση σε candelas,
- $I$  είναι η ακτινοβολούμενη (radiant) ένταση σε W/sr,
- $\bar{y}(\lambda)$  είναι η συνάρτηση της λαμπρότητας.

Αν παραπάνω από ένα μήκος κύματος είναι παρών (όπως γίνεται συνήθως), τότε πρέπει να αθροίσουμε ή να ολοκληρώσουμε το φάσμα των μηκών κύματος για να πάρουμε την φωτεινή ένταση.

**Εικόνα 2.1**

Η φωτεινή ένταση  $I$  είναι η φωτεινή ροή  $\Phi$  που ακτινοβολείται σε μια δοσμένη κατεύθυνση ανά συμπαγή γωνία  $\Omega$ .

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad [I] = \frac{lm}{sr} \quad \frac{lm}{sr} = \text{candela (cd)}$$

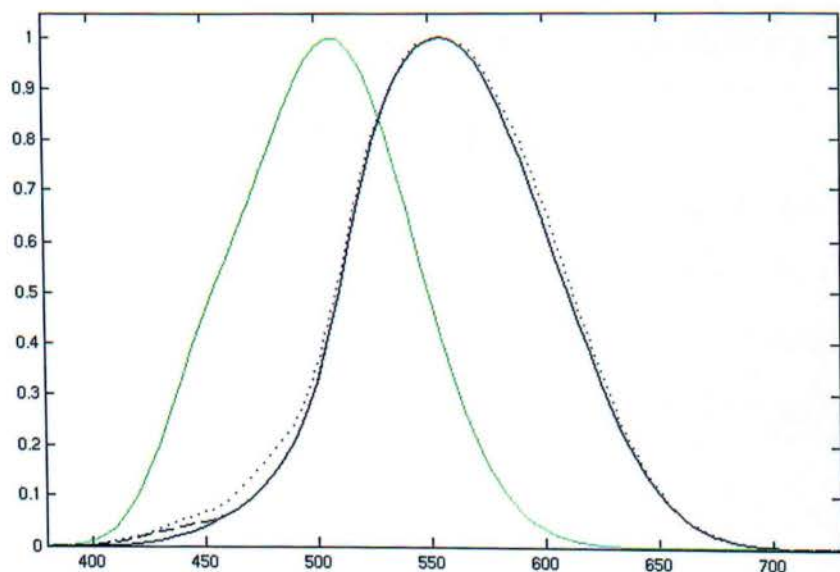


Η διάδοση της φωτεινής εντάσεως μιας φωτεινής πηγής με περιστρεφόμενη συμμετρία.

Η διάδοση της φωτεινής εντάσεως ενός “συμμετρικού σε άξονα” φωτιστικού.

## 2.2 Φωτεινή ροή (Luminous Flux) :

Αποτελεί την ακτινοβολούμενη ενέργεια (φως) που εκπέμπεται από μία πηγή ή λαμβάνεται από μια επιφάνεια, ασχέτως των διευθύνσεων κατά τις οποίες αυτό κατανέμεται. Η μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής είναι το lumen (lm), το οποίο είναι η ροή που εκπέμπεται από μια στερεά γωνία 1 steradian από μία σημειακή πηγή, η οποία έχει ομοιόμορφη φωτεινή ένταση 1 candela.



**Εικόνα 2.1** Φωτοπικές (μαύρο) και σκοτοπικές (πράσινο) λειτουργίες φωτισμού. Η φωτοπική περιλαμβάνει την CIE 1931 standard (συμπαγής), την Judd-Vos 1978 τροποποιημένη πληροφορία (παύλες), και την Sharpe, Stockman, Jagla & Jägle 2005 πληροφορία (κουκκίδες). Ο οριζόντιος άξονας είναι μήκος κύματος σε nm.

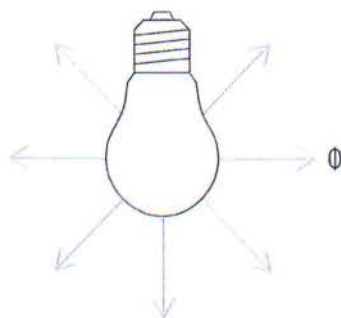
Η φωτεινή ροή περιγράφει το συνολικό ποσό του φωτός που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός. Αυτή η ακτινοβολία θα μπορούσε ουσιαστικά να μετρηθεί ή να εκφραστεί σε watt. Αυτό ωστόσο, δεν περιγράφει το οπτικό αποτέλεσμα μιας φωτεινής πηγής επαρκώς, αφού η φασματική ευαισθησία του οφθαλμού που ποικίλει, δεν λαμβάνεται υπόψη.

Για να συμπεριληφθεί η φασματική ευαισθησία των οφθαλμών, η φωτεινή ροή μετριέται σε lumen. Η ακτινοβολημένη ροή του 1 W που εκπέμπεται στην κορυφή της φασματικής ευαισθησίας (στο φωτοπικό εύρος των 555nm) παράγει μια φωτεινή ροή των 683lm.

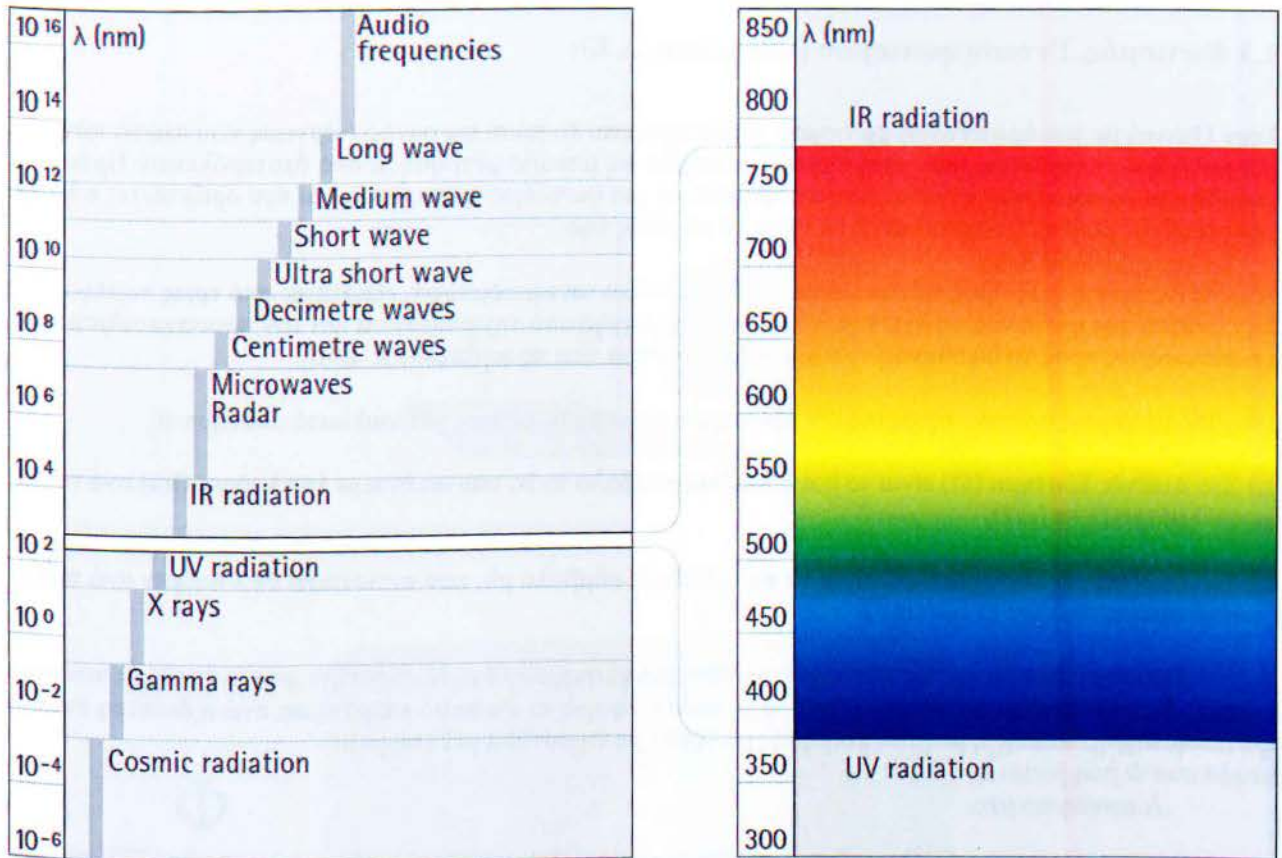
Λόγω του σχήματος της  $V(\lambda)$  καμπύλης, η ίδια ακτινοβολημένη ροή θα παράγει αντίστοιχα λιγότερο φωτεινή ροή σε διάφορα σημεία συχνότητας.

**Εικόνα 2.2**

Το ποσό του φωτός που ακτινοβολείται από μια φωτεινή πηγή είναι η φωτεινή ροή  $\Phi$ .







Εικόνα 2.3 Φάσμα ορατού φωτός

### 2.2.1 Φωτεινή Απόδοση

$$n = \frac{\Phi}{P}$$

$$[n] = \frac{lm}{W}$$

Η φωτεινή απόδοση περιγράφει τη φωτεινή ροή ενός λαμπτήρα σε σχέση με την κατανάλωση της και είναι συνεπώς, εξεφρασμένη σε lumen ανά watt (lm / W).

Η μέγιστη τιμή θεωρητικά εφικτή όταν η συνολική ισχύς ακτινοβολίας μετατρέπεται σε ορατό φως, είναι 683 lm / W.

Η φωτεινή απόδοση ποικίλλει από πηγή φωτός σε πηγή φωτός, αλλά παραμένει πάντα πολύ κάτω από τη ονομαστική τιμή.

## 2.3 Φωτισμός, Ένταση φωτισμού (Illuminance, E):

Στην Οπτική με τον όρο ένταση φωτισμού χαρακτηρίζεται το ποσό φωτεινής ενέργειας που πέφτει πάνω σε μια μοναδιαία επιφάνεια, (που έχει δηλαδή εκληφθεί ως μονάδα μέτρησης), ανά δευτερόλεπτο. Πρόκειται δηλαδή για φωτομετρικό μέγεθος που αναφέρεται σε μια φωτιζόμενη επιφάνεια και που ορίζεται ως ο λόγος της φωτεινής ροής που δέχεται αυτή ως προς το μέγεθος της.

Η φωτεινότητα ή φωτισμός των επιφανειών, που φωτίζονται ομοιόμορφα, εξαρτάται από τρεις παράγοντες: Την ένταση της φωτεινής πηγής, την απόσταση της πηγής από την επιφάνεια και τον προσανατολισμό της επιφάνειας, ως προς τη διεύθυνση των φωτεινών ακτίνων που προσπίπτουν σ' αυτή.

Μονάδα μέτρησης φωτεινότητας (και εν προκειμένω του φωτισμού ως μέτρου) κατά συστήματα:

1.) Στο Διεθνές Σύστημα (SI) είναι το λουξ, διεθνές σύμβολο το lx, που ισούται με ένα λούμεν (lm) ανά τετραγωνικό μέτρο (1 lm/m<sup>2</sup>).

2.) Στο δε Μετρικό Σύστημα CGS είναι το φωτ, διεθνές σύμβολο ph, που αντιστοιχεί σε 1 λούμεν ανά τετραγωνικό εκατοστόμετρο (1 lm/cm<sup>2</sup>).

• Προσοχή: Δεν θα πρέπει να συγχέεται η ένταση φωτισμού με τη λαμπρότητα φωτεινής πηγής που είναι τελείως διαφορετικό φωτομετρικό μέγεθος, η πρώτη αφορά το φωτισμό επιφάνειας, ενώ η δεύτερη ένταση φωτεινής πηγής. Επίσης η μονάδα μέτρησης ph (φωτ) με τη μονάδα pH (πε-χα).

### Ορισμένες μονάδες μέτρησης έντασης φωτισμού

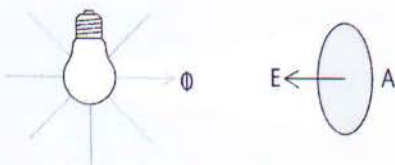
footcandle	1 fc = 10.764 lx
dalx (in canadian safety regulations)	1 dalx = 10.764 lx
phot	1 ph = 10.000 lx

### Τυπικές τιμές έντασης φωτισμού

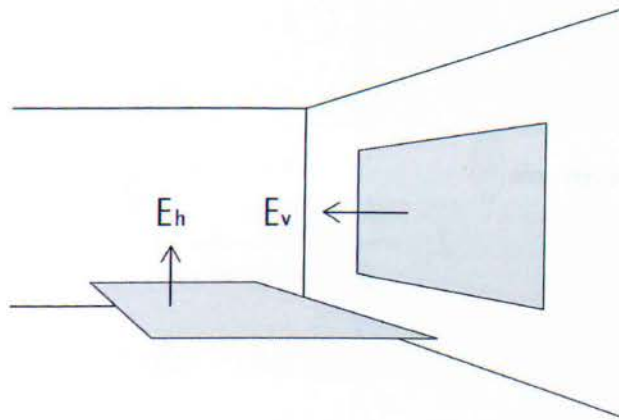
1 lx	full moon ( πανσέληνος )
10 lx	street lighting ( φωτισμός δρόμου )
100-1.000 lx	workspace lighting ( φωτισμός χώρου εργασίας )
10.000 lx	surgerly lighting ( φωτισμός χειρουργείου )
100.000 lx	plain sunshine ( λιακάδα )

### **Εικόνα 2.4**

Η ένταση φωτισμού E μας δείχνει το ποσό της φωτεινής ροής από μια φωτεινή πηγή που πέφτει σε μια επιφάνεια A.

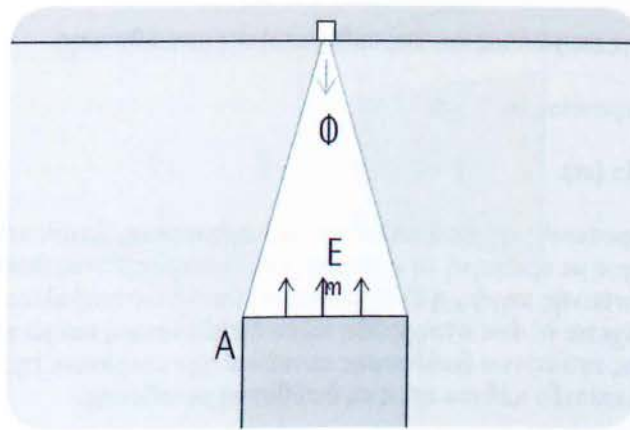






**Εικόνα 2.5**

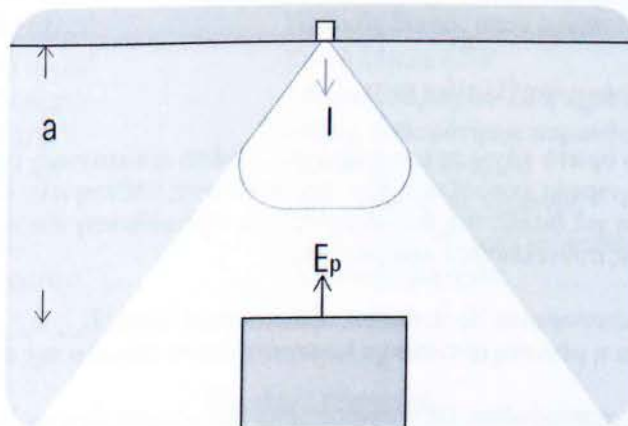
Οριζόντια ( $E_h$ ) και κάθετη ( $E_v$ ) ένταση φωτισμού σε εσωτερικούς χώρους.



**Εικόνα 2.6**

Η μέση ένταση φωτισμού  $E_m$  υπολογίζεται από την φωτεινή ροή  $\Phi$  που πέφτει στη επιφάνεια  $A$ .

$$E_m = \frac{\Phi}{A}$$



**Εικόνα 2.7**

Η ένταση φωτισμού σε ένα σημείο  $E_p$  υπολογίζεται από την φωτεινή ένταση  $I$  και την απόσταση μεταξύ της φωτεινής πηγής και του σημείου.

$$E_p = \frac{I}{a^2}$$

$$[E_p] = lx$$

$$[I] = cd$$

$$[a] = m$$

## 2.4 Λαμπρότητα (Luminance, L):

Ορίζεται ως το πηλίκο:

$$L = I / S$$

όπου

- I: η ένταση της φωτεινής πηγής και
- S: η επιφάνειά της.

$$L_v = \frac{d^2 F}{dA d\Omega \cos \theta}$$

ή ακόμα και με τον τύπο :

όπου

- $L_v$  είναι η λαμπρότητα ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ),
- F είναι η φωτεινή ροή ή φωτεινή ενέργεια (lm),
- $\theta$  είναι η γωνία μεταξύ της επιφάνειας και της καθορισμένης κατεύθυνσης,
- A είναι η περιοχή της επιφάνειας ( $\text{m}^2$ ), και
- $\Omega$  είναι η συμπαγής γωνία (sr).

Στη Φυσική η λαμπρότητα φωτεινής πηγής ή απλούστερα λαμπρότητα, (luminance), αποτελεί φωτομετρικό μέγεθος που ορίζεται ως λόγος με αριθμητή τη φωτεινή ροή, που προσπίπτει, διασχίζει και εξέρχεται από ένα στοιχείο επιφάνειας μιας φωτεινής πηγής, ή ενός δέκτη φωτεινής ακτινοβολίας ή σημείου διαδρομής μιας φωτεινής δέσμης, που περιέχεται σ' ένα στοιχειώδη κώνο διεύθυνσεων, και με παρονομαστή του λόγου το γινόμενο της στερεάς γωνίας του κώνου διεύθυνσης αυτού επί την επιφάνεια της ορθογώνιας προβολής του στοιχείου επιφάνειας σ' ένα επίπεδο κάθετο προς τη διεύθυνση μετάδοσης.

### 2.4.1 Ομοιομορφία λαμπρότητας (Uniformity, U):

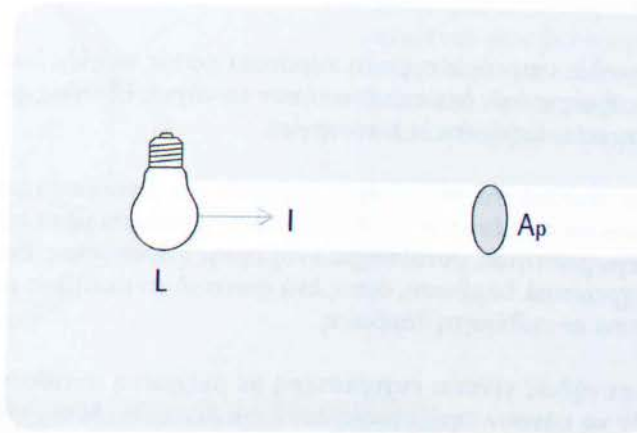
Για να είναι ένα αντικείμενο ορατό πάνω σε μια επιφάνεια, πρέπει η κατανομή της λαμπρότητας σε αυτό να είναι ομοιόμορφη. Η ομοιομορφία εκφράζεται είτε για διεύθυνση κάθετη στη διεύθυνση του παρατηρητή (εγκάρσια ομοιομορφία) είτε για διεύθυνση που συμπίπτει με τη διεύθυνση του παρατηρητή (διαμήκης ομοιομορφία). Διακρίνονται τρεις συντελεστές ομοιομορφίας:

- Γενικός συντελεστής ομοιομορφίας  $U_0$ , ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος  $L_{\min}/L_{\text{med}}$  ή  $L_{\min}/L_{\max}$ , όπου  $L_{\min}$ ,  $L_{\text{med}}$ ,  $L_{\max}$  η ελάχιστη, μέση και η μέγιστη αντίστοιχα λαμπρότητα στο σύνολο της εξεταζόμενης επιφάνειας.
- Συντελεστής διαμήκους ακτινοβολίας  $U_l$ , ο οποίος ορίζεται ως ο μικρότερος λόγος  $L_{\min}/L_{\max}$  σε ευθείες παράλληλες προς τον άξονα της οδού. Η ανεπαρκής διαμήκης ομοιομορφία βλάπτει την άνεση και την ασφάλεια.
- Συντελεστής εγκάρσιας ομοιομορφίας  $U_n$ , ο οποίος ορίζεται ως ο μικρότερος λόγος  $L_{\min}/L_{\max}$  σε ευθείες κάθετες προς τον άξονα της οδού. Καλή εγκάρσια ομοιομορφία επιτρέπει στον οδηγό να διακρίνει με ευκρίνεια την επιφάνεια της οδού σε όλο της το πλάτος.



$$L = \frac{I}{A_p}$$

$$[L] = \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$



**Εικόνα 2.8**

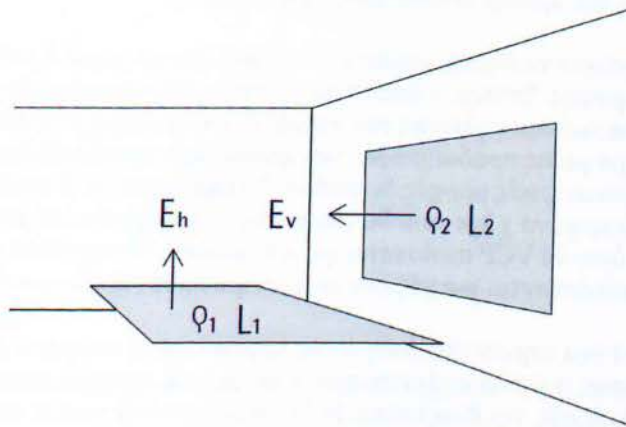
Η λαμπρότητα μιας φωτεινής επιφάνειας είναι ο λόγος της φωτεινής έντασης  $I$  και της επιφάνειας  $A_p$ .

$$L_1 = \frac{E_h Q_1}{\pi}$$

$$L_2 = \frac{E_v Q_2}{\pi}$$

$$[L] = \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

$$[E] = \text{lx}$$



**Εικόνα 2.9**

Η λαμπρότητα μιας φωτισμένης επιφάνειας με διάχυτη ανάκλαση είναι ανάλογη της έντασης φωτισμού και της ανάκλασης της επιφάνειας.

**Τυπικές τιμές λαμπρότητας**

1.6 x 109 cd/m <sup>2</sup>	Ηλιακός δίσκος το μεσημέρι
600.000 cd/m <sup>2</sup>	Ηλιακός δίσκος στον ορίζοντα
120.000 cd/m <sup>2</sup>	Κοινή λάμπα 60W
11.000 cd/m <sup>2</sup>	Λάμπα φθορισμού T8 ψυχρού φωτός
8.000 cd/m <sup>2</sup>	Μέση καθαρότητας ουρανό
2.500 cd/m <sup>2</sup>	Επιφάνεια φεγγαριού
2.000 cd/m <sup>2</sup>	Συννεφιασμένος ουρανό
30 cd/m <sup>2</sup>	Πηγή πράσινης ηλεκτροφωταύγειας
0.0004 cd/m <sup>2</sup>	Σκοτεινός ουρανό

**Μονάδες μέτρησης**

Η λαμπρότητα στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) μετριέται σε νέα κηρία (candela) ανά τετραγωνικό μέτρο: cd/m<sup>2</sup>. Στη πράξη όμως συνεχίζεται η χρήση των μονάδων στίλβη, με σύμβολο sb, που είναι ίση μ' ένα κηρίο ανά τετραγωνικό εκατοστόμετρο (1cd/cm<sup>2</sup>) και το λάμπερτ, με σύμβολο L, που είναι ίσο με 1πcd/cm<sup>2</sup>.



## 2.5 Θάμβωση (Glare, G):

Θάμβωση είναι η δυσκολία στην όραση με τη παρουσία φωτός υψηλής λαμπρότητας όπως άμεσου ή ανακλώμενου ηλιακού φωτός ή τεχνητού, όπως αυτοκινήτων τη νύχτα. Εξαιτίας αυτού, ορισμένα αυτοκίνητα έχουν καθρέπτες με αυτόματες αντι-θαμβωτικές λειτουργίες.





Ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας σε σχέση με την ποιότητα φωτισμού να είναι η θάμβωση. Θάμβωση είναι η αίσθηση που δημιουργείται από έντονη λαμπρότητα που βρίσκεται μέσα στο ορατό πεδίο. Μπορεί να προκαλέσει μείωση της παραγωγικότητας, συναισθημα ενόχλησης ή δυσφορίας. Ένα φωτεινό αντικείμενο από μόνο του δεν προκαλεί υποχρεωτικά θάμβωση, όμως ένα φωτεινό αντικείμενο μπροστά από ένα σκοτεινό φόντο, συνήθως θα προκαλέσει ανεπιθύμητη θάμβωση.

Αν και μια εργασία συνήθως γίνεται ευχερέστερη με αυξημένη αντίθεση (contrast), πολύ μεγάλα ποσοστά αντίθεσης μπορούν να κάνουν την εργασία πολύ πιο δύσκολη. Μπορείτε να μειώσετε τα ποσοστά θάμβωσης ή φωτεινότητας με το να μην υπερβαίνετε τα προτεινόμενα επίπεδα φωτισμού και με την χρήση φωτιστικού εξοπλισμού σχεδιασμένου ειδικά για την μείωση της θάμβωσης. Γρίλιες ή φακοί χρησιμοποιούνται συνήθως για την παρεμπόδιση της άμεσης θέασης μιας πηγής φωτός.

Ο έμμεσος φωτισμός μπορεί να δημιουργήσει ένα περιβάλλον με χαμηλά επίπεδα θάμβωσης μέσω του ομοιόμορφου φωτισμού της οροφής. Επίσης, η σωστή τοποθέτηση του φωτιστικού ή ο φωτισμός της οροφής μπορούν να μειώσουν την αντανακλώμενη λάμψη στις επιφάνειες εργασίας ή στις οθόνες των υπολογιστών. Τα δεδομένα που παρέχονται τώρα με τις προδιαγραφές των φωτιστικών περιλαμβάνουν πίνακες για την άνεση όρασης (VCP) για διάφορες γεωμετρικές μορφές δωματίων. Το ευρετήριο VCP παρέχει ενδείξεις για το ποσοστό των ατόμων σε ένα συγκεκριμένο χώρο που θα μπορούσαν να δεχτούν ως αποδεκτή την θάμβωση από ένα φωτιστικό. Ένα ελάχιστο όριο 70 VCP συνιστάται για εμπορικούς εσωτερικούς χώρους, ενώ φωτιστικά με VCP που υπερβαίνουν το 80 συνιστανται για χώρους με ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Η θάμβωση προκαλείται από ένα σημαντικό βαθμό της λαμπρότητας ανάμεσα στην εργασία (ο στόχος) και στη πηγή. Παράγοντες όπως η γωνία ανάμεσα στην εργασία και τη πηγή και οπτική προσαρμογή έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη εμπειρία της θάμβωσης. Η θάμβωση μπορεί γενικά να διαιρεθεί σε δύο μορφές, την θάμβωση ενόχλησης και τη θάμβωση ανικανότητας. Η θάμβωση ενόχλησης έχει ως αποτέλεσμα την ενστικτώδη επιθυμία να κοιτάξεις μακριά από τη λαμπερή φωτεινή πηγή ή δυσκολία στην εργασία. Η θάμβωση ανικανότητας καθιστά την εργασία αδύνατη να ειδωθεί, όπως η οδήγηση δυτικά την ώρα που δύει ο ήλιος. Η θάμβωση ανικανότητας συχνά προκαλείται από ενδο-αντανάκλαση του φωτός στο μάτι, μειώνοντας την αντίθεση ανάμεσα στην εργασία και τη πηγή θάμβωσης, στο σημείο που η εργασία δεν μπορεί να διακριθεί.

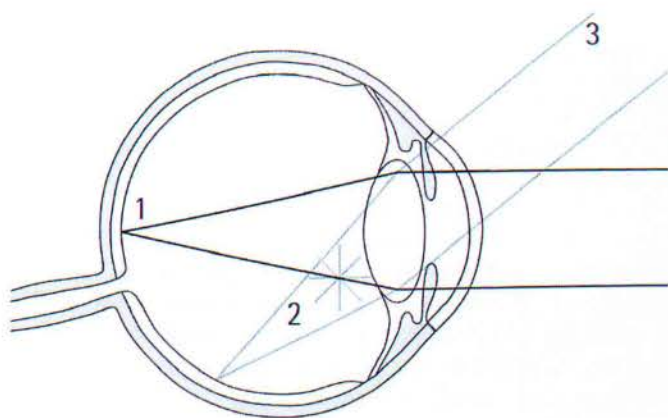
Η θάμβωση μπορεί να μειώσει την ορατότητα με :

-  μείωση την φωτεινότητας του υπόλοιπου περιβάλλοντος με τη σύσφιξη των ματιών
-  μείωση στην αντίθεση του υπόλοιπου περιβάλλοντος με το διασκορπισμό του λαμπερού φωτός μέσα στο μάτι.
-  μείωση στην αντίθεση με το διασκορπισμό φωτός σε σωματίδια στον αέρα, όπως όταν τα φώτα αυτοκινήτου φωτίζουν την ομίχλη κοντά σε αυτό, παρεμποδίζοντας την ορατότητα σε μεγαλύτερη απόσταση.
-  μείωση στην αντίθεση ανάμεσα στο τυπωμένο και στο χαρτί με την αντανάκλαση της λαμπερής πηγής στο τυπωμένο αντικείμενο (θάμβωση πέπλου)

## Ανάκλαση (Reflectance):

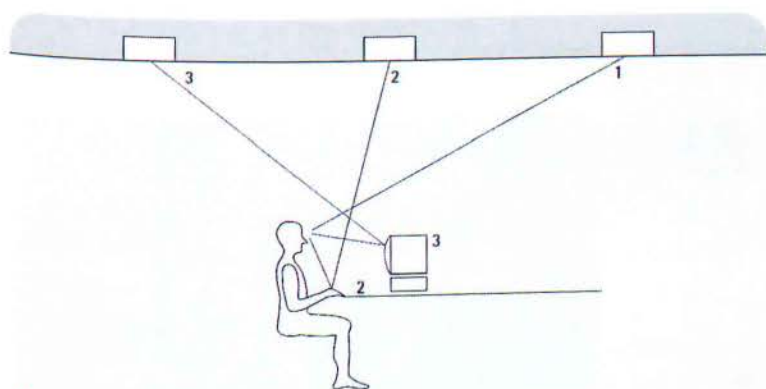
Ως ανάκλαση ορίζεται ο λόγος της ροής που ανακλάται από μία επιφάνεια προς τη ροή που προσπίπτει σε αυτήν την επιφάνεια.





**Εικόνα 2.10**

Στην φυσιολογική θάμβωση, η εικόνα του αντικειμένου που βλέπουμε στον αμφιβληστροειδή (1) επικαλύπτεται από τη λαμπρότητα που δέχεται το μάτι από τη διασπορά του φωτός (2) που παράγεται από τη θαμβωτική πηγή (3).



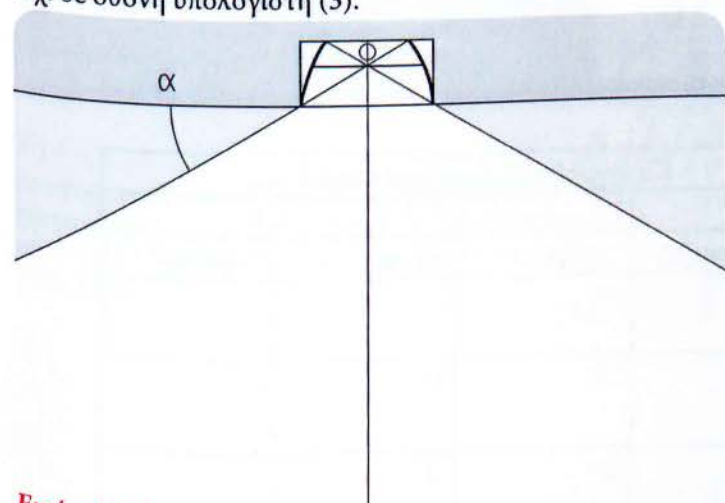
**Εικόνα 2.11**

Η θάμβωση διαχωρίζεται σε:

άμεση θάμβωση, που οφείλεται κυρίως σε φωτιστικά σώματα (1),

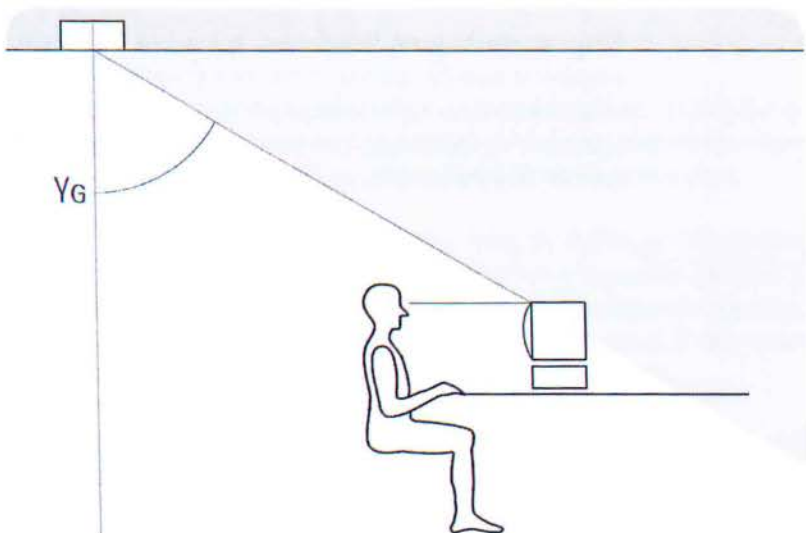
αντανακλώμενη θάμβωση στη περίπτωση των οπτικά οριζόντιων εργασιών (2)

και στην αντανακλώμενη θάμβωση στη περίπτωση των οπτικά κάθετων εργασιών, π.χ. σε οθόνη υπολογιστή (3).



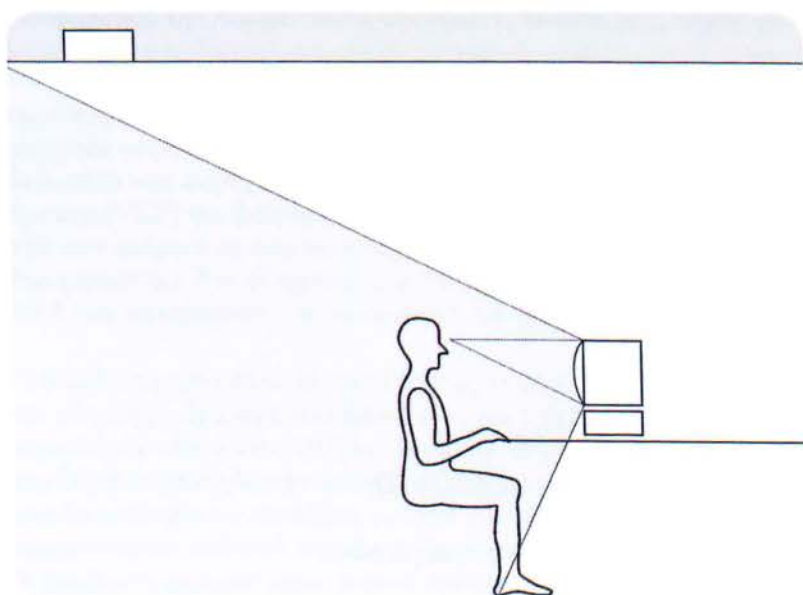
**Εικόνα 2.12**

Για τον περιορισμό θάμβωσης σε επίπεδα εργασίας με οθόνες, είναι προτεινόμενη μια γωνία αποκοπής (cut-off angle) τουλάχιστον 30°.



**Εικόνα 2.13**

Η λαμπρότητα των φωτιστικών που προκαλούν ανατακλάσεις σε οθόνες υπολογιστών δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τις  $200\text{cd/m}^2$  σε μια κρίσιμη ακτίνα  $Y_G$ . Τυπικές τιμές της ακτίνας  $Y_G$  κυμαίνονται μεταξύ  $50^\circ$  και  $60^\circ$ .



**Εικόνα 2.14**

Τα επίπεδα λαμπρότητας σε τοίχους που παράγουν ανατακλάσεις σε οθόνες δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τις  $200\text{cd/m}^2$  για μέση τιμή, ή τις  $400\text{cd/m}^2$  για μέγιστη τιμή. Η αντανάκλαση παραθύρων σε οθόνες υπολογιστών θα πρέπει να αποφεύγονται.

Ελάχιστες τιμές της γωνίας αποκοπής φωτιστικών με διαφορετικές πηγές φωτός, σε σχέση με τη κατηγορία περιορισμού θάμβωσης.

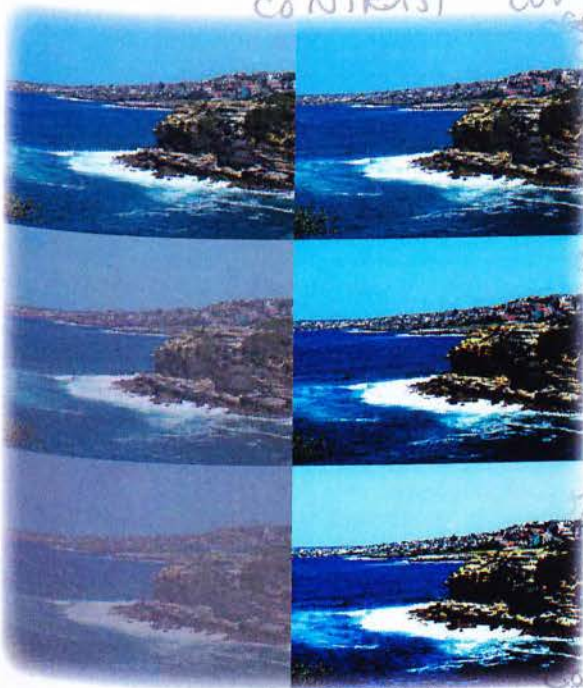
Τύπος λαμπτήρα	Κατηγορία περιορισμού θάμβωσης			
	A	B	C	D
	Πολύ χαμηλή	Υψηλή	Μέση	Χαμηλή
Λαμπτήρας φθορισμού	$20^\circ$	$10^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού	$20^\circ$	$15^\circ$	$5^\circ$	$0^\circ$
Λαμπτήρας υψηλής πίεσης, ματ	$30^\circ$	$20^\circ$	$10^\circ$	$5^\circ$
Λαμπτήρας υψηλής πίεσης Λαμπτήρας πυρακτώσεως	$30^\circ$	$30^\circ$	$15^\circ$	$10^\circ$



## 2.6 Αντίθεση (Contrast, C):

Η αντίθεση είναι η διαφορά στις οπτικές ιδιότητες που κάνει ένα αντικείμενο (ή την εκπροσώπηση του σε μια εικόνα) διακριτό από άλλα αντικείμενα και το περιβάλλον. Στην οπτική αντίληψη του πραγματικού κόσμου, η αντίθεση καθορίζεται από τη διαφορά στο χρώμα και στη φωτεινότητα του αντικείμενου και άλλων αντικειμένων μέσα στο ίδιο πεδίο όρασης.

Επειδή το ανθρώπινο σύστημα όρασης είναι πιο ευαίσθητο στην αντίθεση από ότι στην απόλυτη λαμπρότητα, μπορούμε να αντιληφθούμε τον κόσμο το ίδιο ανεξάρτητα από τις τεράστιες διαφορές στο φωτισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας ή από μέρος σε μέρος. Η ανθρώπινη λειτουργία της ευαισθησίας της αντίθεσης δείχνει μια τυπική χαμηλο - περατή μορφή που κορυφώνεται περίπου στους 4 κύκλους ανά μοίρα με την ευαισθησία να πέφτει και στις δύο μεριές τις κορυφώσεις. Αυτό μας λέει ότι το ανθρώπινο οπτικό σύστημα είναι ικανό να αντιλαμβάνεται δικτυώματα των 4 κύκλων ανά μοίρα σε μικρότερη αντίθεση από οποιαδήποτε άλλη χωρική συχνότητα.



**Εικόνα 2.15**

Διαφορετικά επίπεδα αντίθεσης - με την αρχική φωτογραφία πάνω αριστερά. Λιγότερη αντίθεση αριστερά (50%, 75%). Περισσότερη δεξιά (25%, 50%, 75%).



**Τύποι**

Πολλοί ορισμοί της αντίθεσης χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές περιπτώσεις. Εδώ, η αντίθεση λαμπρότητας χρησιμοποιείται σαν παράδειγμα, αλλά οι τύποι μπορούν να εφαρμοστούν σε άλλες φυσικές ποσότητες. Σε πολλές περιπτώσεις, οι ορισμοί της αντίθεσης παρουσιάζουν ένα κλάσμα της μορφής

Διαφορά Λαμπρότητας  
Μέση Λαμπρότητα

Ο λόγος πίσω από αυτό είναι ότι μια μικρή διαφορά είναι ανεκτή αν η μέση λαμπρότητα είναι υψηλή, ενώ η ίδια μικρή διαφορά μετράει αν η μέση λαμπρότητα είναι χαμηλή (βλέπε νόμο Weber – Fechner). Παρακάτω, δίνονται ορισμένοι κοινοί ορισμοί.

**Η αντίθεση κατά Weber**

Η αντίθεση κατά Weber ορίζεται ως

$$\frac{I - I_b}{I_b}$$

Όπου το  $I$  και το  $I_b$  είναι η λαμπρότητα των αντικειμένων και η λαμπρότητα του περιβάλλοντος, αντίστοιχα. Χρησιμοποιείται κοινώς σε περιπτώσεις που μικρά αντικείμενα είναι παρόντα σε μεγάλα περιβάλλοντα, π.χ. η μέση λαμπρότητα είναι περίπου ίση με τη λαμπρότητα του περιβάλλοντος.

**Η αντίθεση κατά Michelson**

Η αντίθεση κατά Michelson χρησιμοποιείται κοινώς μοτίβα όπου και τα λαμπερά και τα σκοτεινά αντικείμενα είναι ίσα και καταλαμβάνουν παρόμοιες ποσότητες της περιοχής. Η αντίθεση κατά Michelson ορίζεται ως

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

όπου  $I_{\max}$  και  $I_{\min}$  είναι η μέγιστη και η ελάχιστη λαμπρότητα. Ο παρονομαστής μας δείχνει δύο φορές τη μέση λαμπρότητα.

**Η RMS αντίθεση**

Η RMS αντίθεση δεν εξαρτάται από το περιεχόμενο της χωρικής συχνότητας ή το χωρικό διαμοιρασμό της αντίθεσης στην εικόνα. Η RMS αντίθεση ορίζεται ως η standard απόκλιση εντάσεων των pixels :

$$\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (I_i - \bar{I})^2}$$

Όπου οι εντάσεις  $I_i$  είναι κανονικοποιημένες με μέγιστη τιμή 1. Το  $N$  είναι ο συνολικός αριθμός των pixels στην εικόνα, και το  $\bar{I}$  είναι η μέση ένταση στην εικόνα.



## Εναισθησία αντίθεσης (Contrast sensitivity)

Η εναισθησία αντίθεσης είναι το ποσό της ικανότητας να ξεχωρίζει κάτι μεταξύ λαμπροτήτων διαφορετικών επιπέδων σε μια στατική εικόνα. Η εναισθησία αντίθεσης είναι διαφορετική μεταξύ ατόμων, και γίνεται μέγιστη γύρω στα 20 χρόνια της ηλικίας του ατόμου, και σε χωρικές συχνότητες της τάξεως των 2-5 κύκλων/μοίρα. Ακόμα, μπορεί να μειωθεί με την αύξηση της ηλικίας και λόγω άλλων παραγόντων όπως ο καταρράκτης και η διαβητική ρετινοπάθεια.



**Εικόνα 2.16**

Στο κάθετο άξονα έχουμε το πλάτος αντίθεσης, ενώ στον οριζόντιο, την χωρική συχνότητα. Παρατηρούμε ότι για μεσαία συχνότητα χρειάζεται λιγότερη αντίθεση από ότι για υψηλή ή χαμηλή συχνότητα για να γίνει αντιληπτή.



3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“Προδιαγραφές από τη FIFA”



**FIFA**

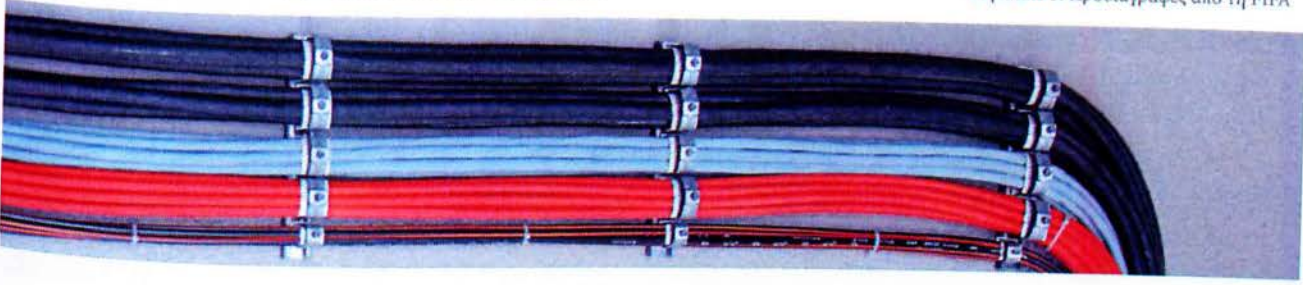
*For the Game. For the World.*



**FIFA®**

*For the Good of the Game*





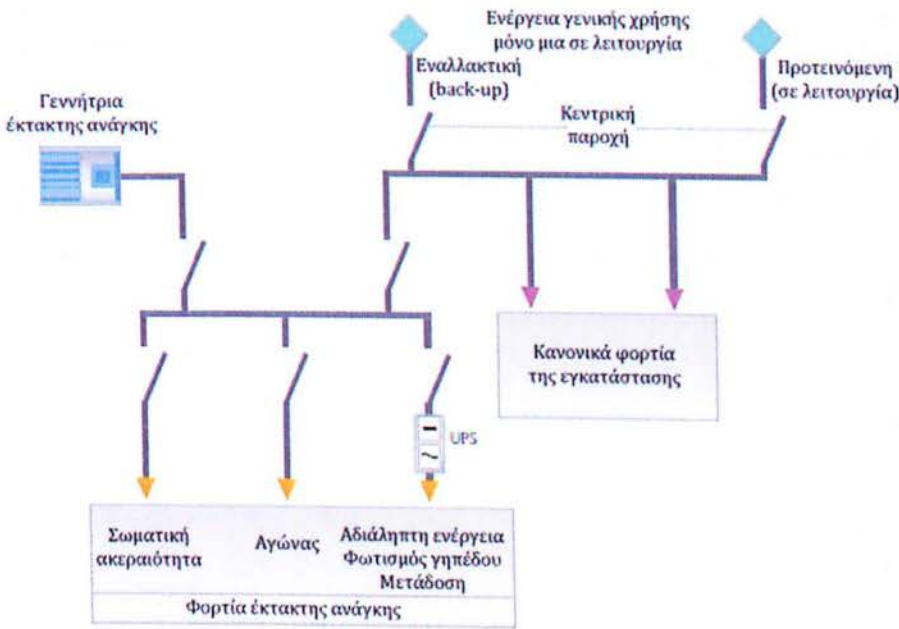
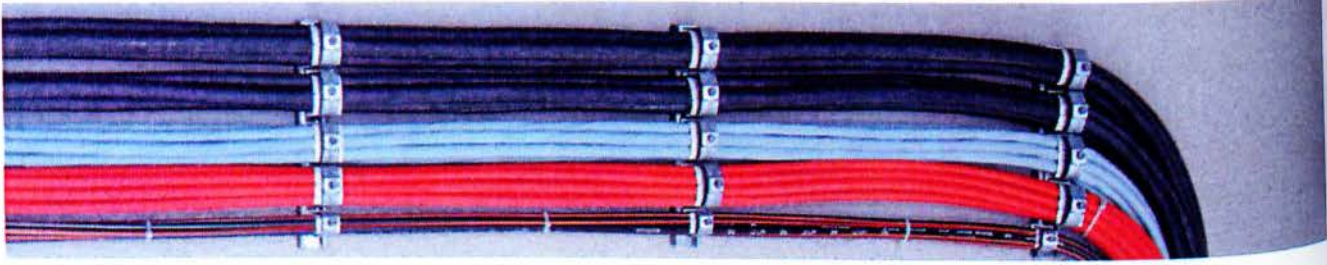
### 3.1 Παροχή ενέργειας

**Η** καθυστέρηση ή η ακύρωση ενός αγώνα λόγω αποσύνδεσης από το κεντρική παροχή ρεύματος είναι μη-αποδεκτή. Μια προσεκτική αξιολόγηση της διαθέσιμης εταιρείας κοινής ωφέλειας είναι κρίσιμη, αλλά πλεονάζοντες παροχές είναι απαραίτητες ως υποστηρικτικές (back-up) ενεργειακές πηγές.

Οι πλεονάζοντες παροχές θα πρέπει να είναι πλήρως ικανές να υποστηρίξουν την εγκατάσταση κάτω από συνθήκες αγώνα.

Η κεντρική παροχή μπορεί να είναι συνδεδεμένη με μια προτεινόμενη/εναλλακτική ρύθμιση (διάγραμμα 1α) ή ως χρησιμοποιημένες “ζεστές” πηγές (διάγραμμα 1β) διαχειρίζοντας ξεχωριστά φορτία της εγκατάστασης με χειροκίνητους ή αυτόματους διακόπτες. Με τη διακοπή της κεντρικής παροχής, οι εναλλακτικές πηγές θα πρέπει να ξεκινήσουν αμέσως αλλά θα υπάρξει μια χρονοκαθυστέρηση. Συνεπώς, αυτή η εναλλακτική θα πρέπει να περιλαμβάνει κάποια ride-through ικανότητα ενώ οι κύριες πηγές ξεκινούν, αφού ο φωτισμός του γηπέδου, ο οποίος είναι τυπικά εκφόρτιση υψηλής-έντασης (High Intensity Discharge, HID), θα σβήσει και θα χρειαστεί αρκετά λεπτά για να επανεκκινήσει και η μετάδοση του αγώνα θα διακοπεί. Αυτή η ride-through ικανότητα μπορεί να πραγματοποιηθεί με αρκετούς τρόπους, συμπεριλαμβανομένου αρκετών γεννητριών και αδιάκοπων συστημάτων παροχής ενέργειας (UPS). Η υποστηρικτική back-up ενέργεια θα πρέπει να έχει τη χωρητικότητα να λειτουργήσει για τρεις ώρες τουλάχιστον, κατά τη διακοπή.

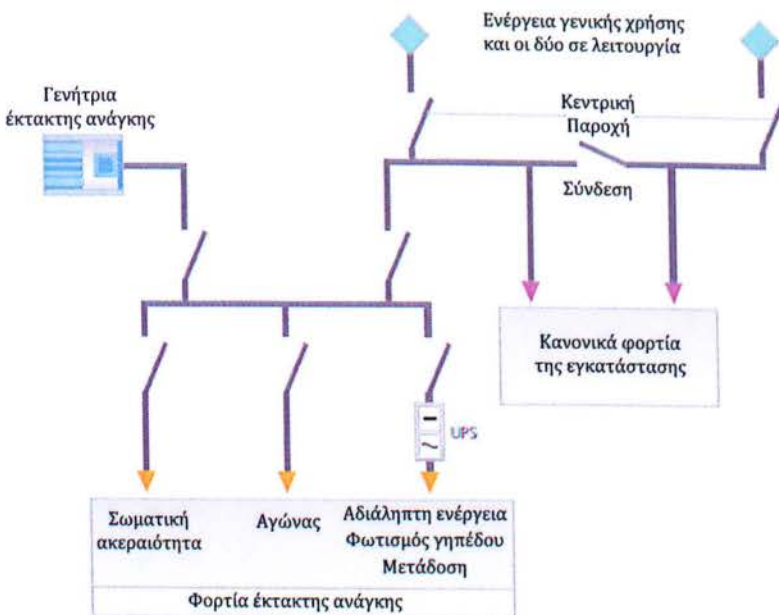
Η περιγραφή και το ξεχώρισμα των απαραίτητων φορτίων του αγώνα από τα φορτία προσωπικής ασφάλειας, είναι απαραίτητα καθώς η ride-through ικανότητα χρειάζεται πρωτίστως για τη διεξαγωγή του αγώνα, και όχι για την έξοδο της εγκατάστασης σε έκτακτες καταστάσεις. Υπολογισμός χρειάζεται και για το που θα τοποθετηθούν οι κεντρικές παροχές και οι back-up πηγές. Η διατήρηση του ξεχωρίσματος και η παροχή πολλών σημείων διανομής με κάποιο πλεονασμό είναι προτεινόμενη.



Διάγραμμα 1α:

Ενεργειακή επιλογή 1

Δύο παροχές ενέργειας είναι σχεδιασμένες και κατασκευασμένες - και οι δύο σε πλήρες μέγεθος - μόνο μια χρησιμοποιείται κάθε φορά. Η απώλεια της χρησιμοποιημένης παροχής θα είχε ως αποτέλεσμα μια χρονική καθυστέρηση μέχρι να κλείσει η εναλλακτική πηγή.

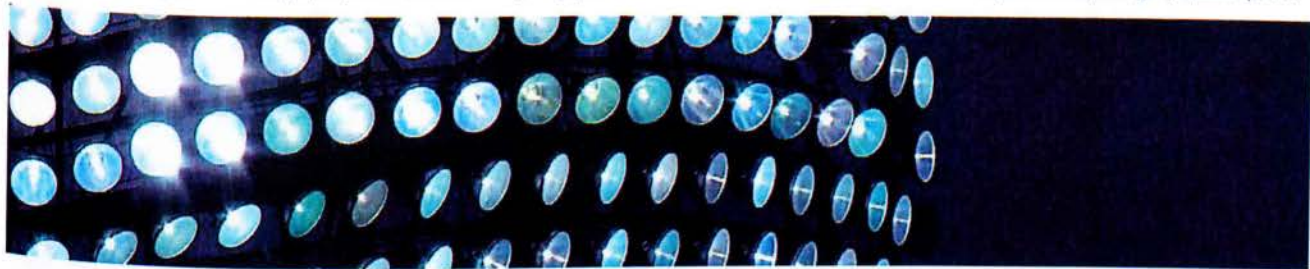


Διάγραμμα 1β:

Ενεργειακή επιλογή 2

Δύο παροχές ενέργειας είναι σχεδιασμένες και εγκατεστημένες και οι δύο σε χρήση - η απώλεια της μιας έχει ως αποτέλεσμα μόνο μερική διακοπή μέχρι να κλείσει η σύνδεση.





## 3.2 Προϋποθέσεις της Εγκατάστασης

### 3.2.1 Γενικά

Ο κύριος στόχος του φωτιστικού συστήματος είναι να φωτίζει το γεγονός σε ψηφιακή ποιότητα βίντεο για τα Μ.Μ.Ε. χωρίς να δημιουργεί ενοχλητική θάμβωση στους παίκτες / επίσημους και να προσθέτει υπερβολικό φως / θάμβωση στους θεατές και στο περιβάλλον. Ο μόνιμος φωτισμός, ο προσωρινός φωτισμός και ένας συνδυασμός αυτών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη.

### 3.2.2 Περιβάλλον

Ειδική προσοχή πρέπει να παρθεί για να περιοριστεί το περίσσιο φως και η θάμβωση από το γήπεδο, μέσα και έξω από το στάδιο.

### 3.2.3 Παίκτες και επίσημοι

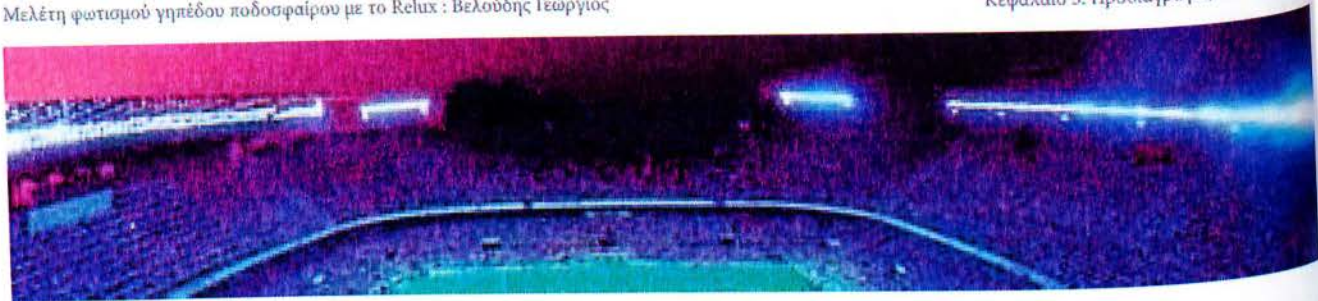
Οι παίκτες και οι επίσημοι θα πρέπει να είναι ικανοί να δρουν με πλήρη ικανότητα μέσα σε ένα φωτισμένο περιβάλλον που βελτιώνει τη διεξαγωγή του αγώνα.

### 3.2.4 Θεατές

Οι θεατές θα πρέπει να μπορούν να δουν το γεγονός, το σκορ, το βίντεο και όλες τις δραστηριότητες στο γήπεδο με άνεση, χωρίς θάμβωση και υπερβολικό φως.

### 3.2.5 Τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης

Οι λήψεις και οι μεταδόσεις θα πρέπει να είναι ψηφιακής ποιότητας, με ισορροπημένο φωτισμό και χωρίς έντονες σκιές και θάμβωση.



### 3.3 Κατηγορίες διαγωνισμών

Πέντε κατηγορίες φωτιστικών συστημάτων έχουν αναπτυχθεί (I έως V). Υπάρχουν 2 κατηγορίες που χρειάζονται φωτισμό αρκετό για τηλεοπτική κάλυψη και 3 κατηγορίες για γεγονότα που δεν καλύπτονται από την τηλεόραση.

Κατηγορία V	Διεθνής τηλεοπτική κάλυψη Ο χώρος πρέπει να είναι χωρίς σκιές / θάμβωση
Κατηγορία IV	Εθνική τηλεοπτική κάλυψη Ο χώρος πρέπει να είναι χωρίς σκιές / θάμβωση
Κατηγορία III	Εθνικό παιχνίδι χωρίς τηλεοπτική κάλυψη Ο χώρος πρέπει να είναι χωρίς σκιές / θάμβωση με 8 στύλους τουλάχιστον
Κατηγορία II	Leagues και clubs χωρίς τηλεοπτική κάλυψη Ο χώρος πρέπει να είναι χωρίς σκιές / θάμβωση με 6 στύλους τουλάχιστον
Κατηγορία I	Προπόνηση και ψυχαγωγία χωρίς τηλεοπτική κάλυψη Ο χώρος πρέπει να είναι χωρίς σκιές / θάμβωση με 4 στύλους τουλάχιστον

### 3.4 Ύψος αναρτήσεως των φωτιστικών

Το ύψος αναρτήσεως των φωτιστικών είναι κρίσιμο για την επιτυχία του συστήματος φωτισμού. Η γεωμετρία του ύψους αναρτήσεως για τους πλαϊνούς κύριους σκελετούς και στύλους είναι 25 μοίρες πάνω από τον ορίζοντα, αρχίζοντας από τη μέση του γηπέδου και κοιτώντας πίσω προς τις κερκίδες. Ο κύριος σκελετός μπορεί να ξεπερνάει αυτές τις 25 μοίρες αλλά όχι τις 45 μοίρες. (βλέπε Διάγραμμα 1γ)

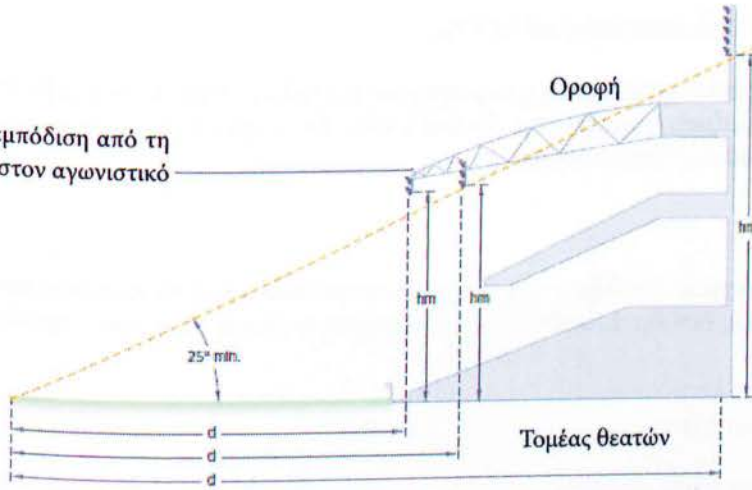
### 3.5 Θεάσεις καμερών που πρέπει να ληφθούν υπόψη

Υπάρχουν πολλές πιθανές θέσεις καμερών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουν τηλεοπτική εμπειρία. Οι εικονιζόμενες θέσεις καμερών είναι μερικές από εκείνες που είναι δημοφιλείς. Πρέπει να ληφθεί υπόψη οι πραγματικές θέσεις των καμερών που θα χρησιμοποιηθούν ώστε να είμαστε σίγουροι ότι όλες οι κάμερες θα έχουν αρκετό φως, από όπου μπορούμε να δημιουργήσουμε καλής-ποιότητας βίντεο. Όταν χρειάζεται, οι συμβουλές ενός τηλεοπτικού καναλιού μπορούν να παρθούν. Ο κύριος στόχος του συστήματος φωτισμού είναι να έχουμε συμμετρικό φωτισμό παντού στο γήπεδο. Στάσιμες και κινητές κάμερες μπορούν τοποθετηθούν χωρίς να επηρεάζουν την ψηφιακή ποιότητα του βίντεο. (βλέπε Διάγραμμα 1δ)





Καμία παρεμπόδιση από τη κατασκευή στον αγωνιστικό χώρο



Διάγραμμα 1γ:

Ύψος ανάρτησης των φωτιστικών εγκαταστάσεων

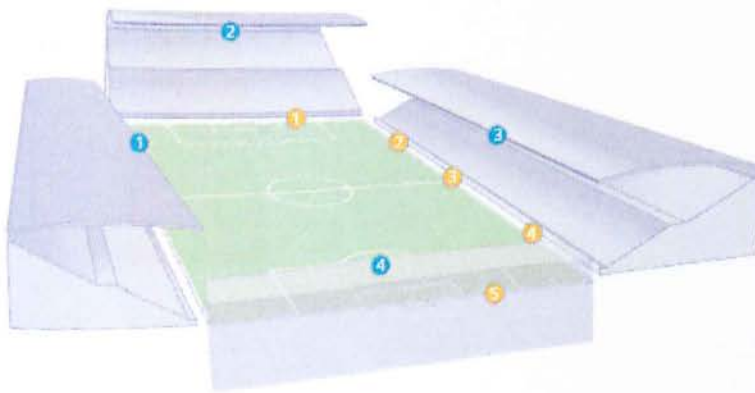
Mounting height  $\geq 25^\circ$

$$hm = d \cdot \tan(25)$$

Διάγραμμα 1δ:

Κανονικές θέσεις καμερών

- Σταθερή κάμερα
- Φορητή κάμερα





### 3.6 Γωνίες θέασης παικτών και τηλεοπτικής κάλυψης

Η πιο σημαντική προϋπόθεση του σχεδίου είναι η παροχή ενός περιβάλλοντος χωρίς θάμβωση για τους παίκτες, τους επισήμους και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Οι ακόλουθες δύο περιοχές χαρακτηρίζονται ως "no floodlight zones" για όλες τις 5 κατηγορίες διαγωνισμών :

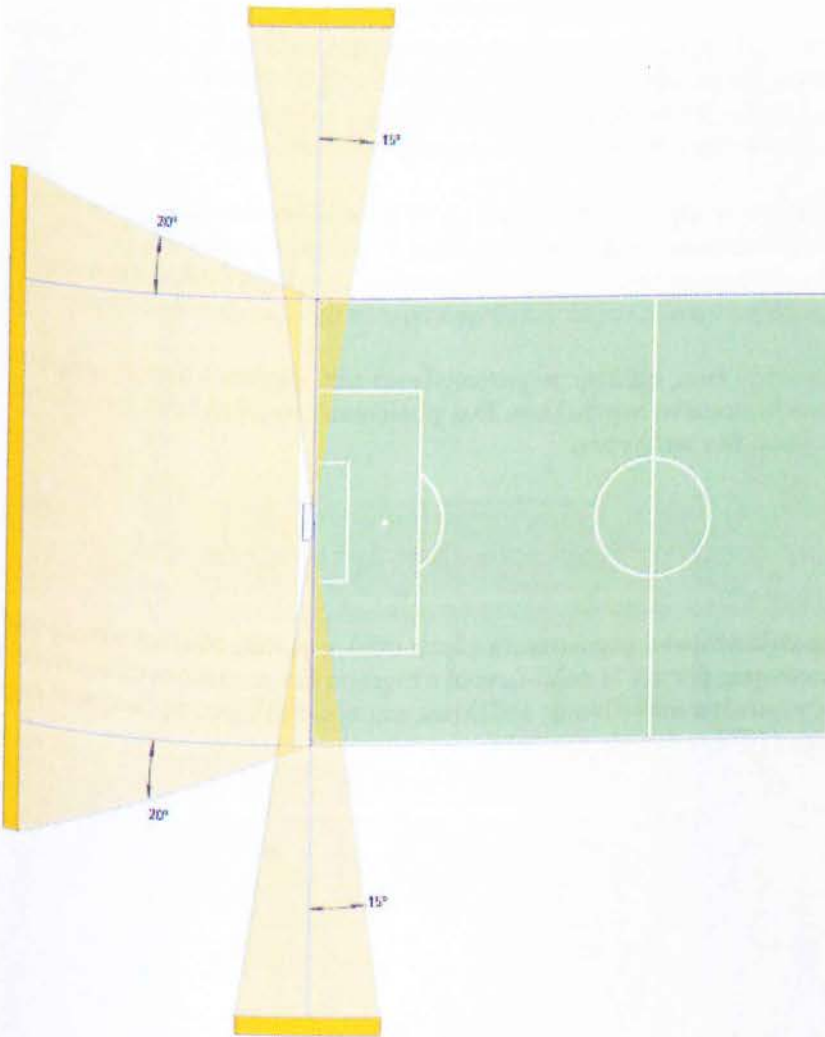
#### 3.6.1 Περιοχή του κόρνερ :

Για να διατηρήσουμε καλές οπτικές συνθήκες για τον τερματοφύλακα και τους επιτιθέμενους παίκτες στα κόρνερ, ο φωτιστικός εξοπλισμός δεν θα τοποθετηθεί μέσα σε μια περιοχή 15 μοιρών εκατέρωθεν της γραμμής του τέρματος.

#### 3.6.2 Πίσω από τη γραμμή του τέρματος :

Για να διατηρήσουμε καλές οπτικές συνθήκες για τους επιτιθέμενους παίκτες μπροστά από το τέρμα και τον τερματοφύλακα, και για τα τηλεοπτικά συνεργεία, ο φωτιστικός εξοπλισμός δεν θα τοποθετηθεί μέσα σε μια περιοχή 20 μοιρών πίσω από τη γραμμή του τέρματος και 45 μοίρες πάνω από τον ορίζοντα της γραμμής του τέρματος. (βλέπε Διάγραμμα 1ε)





Διάγραμμα 1ε:

Floodlight glare

- No floodlights
- No floodlight zone



### 3.7 Έλεγχος σκιών (πολύ-ζωνική στόχευση)

Ο περιορισμός των σκληρών (hard-line) σκιών στο γήπεδο γίνεται ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα αντιμετωπίζοντας βίντεο υψηλής-ευκρίνειας, ψηφιακής ποιότητας. Η πολύ-ζωνική στόχευση είναι η επαναληπτική στόχευση από διαφορετικά σημεία σε ίδιες περιοχές του γηπέδου. Αυτή η επαναληπτική στόχευση από διαφορετικά σημεία περιορίζει τις “σκληρές” σκιές που δημιουργούνται από τους παίκτες.

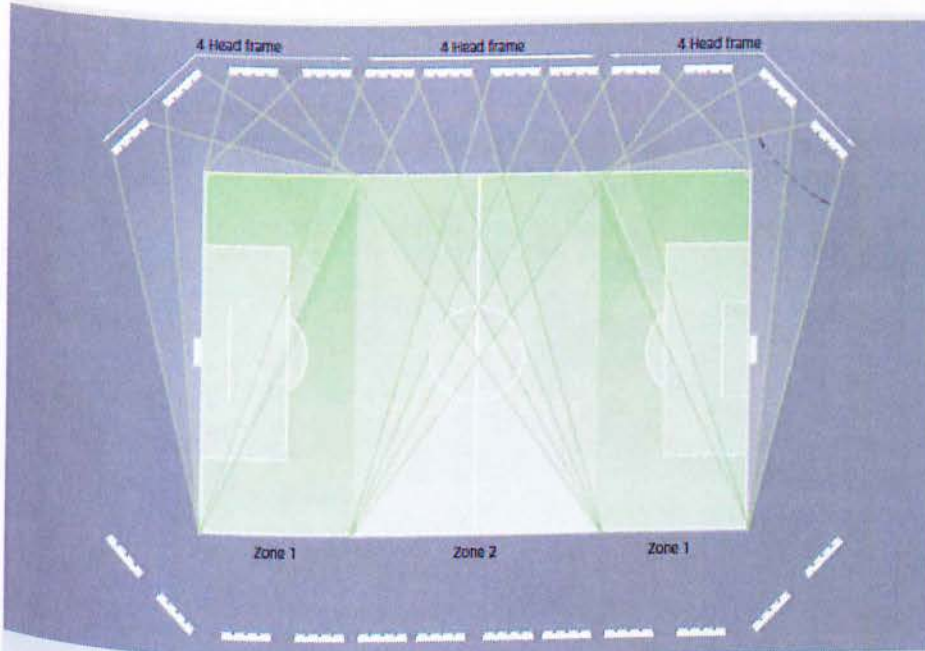
Τα διαγράμματα (1ς) και (1ζ) χωρίζουν το γήπεδο σε 3 ζώνες, με τη Ζώνη 1 να αντιπροσωπεύει και τις 2 τερματικές ζώνες και η Ζώνη 2 να αντιπροσωπεύει τη μέση του γηπέδου. Η στόχευση για κάθε ζώνη θα έχει ένα ελάχιστο των τεσσάρων επικαλυπτόμενων φωτιστικών παρατάξεων ανά πλευρά για διεθνή γεγονότα και τριών επικαλυπτόμενων φωτιστικών παρατάξεων ανά πλευρά για εθνικά τηλεοπτικά καλυπτόμενα γεγονότα.

Η μοντελοποίηση επιτυγχάνεται όταν ένας παίκτης περιστοιχίζεται από φωτισμό από διαφορετικά σημεία, δημιουργώντας ένα φωτισμένο ισορροπημένο περιβάλλον. Ένα χωρίς-σκιές περιβάλλον επιτυγχάνεται όταν οι σκληρές σκιές στον αγωνιστικό χώρο δεν υπάρχουν.

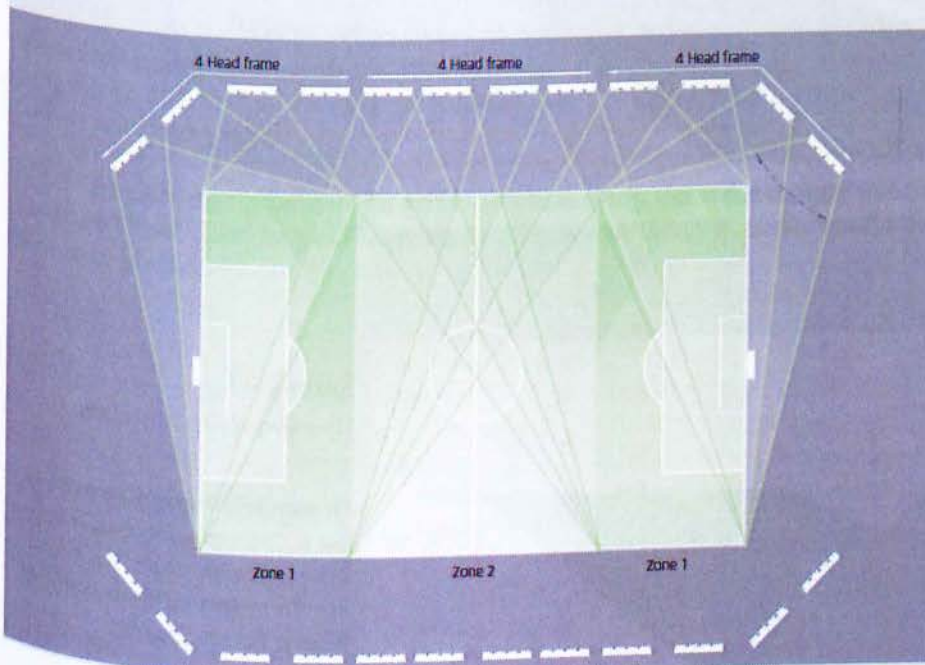
### 3.8 Υπολογισμός της εγκατάστασης (σε μη-τηλεοπτικά καλυπτόμενους χώρους)

Για διεθνή και εθνικά τηλεοπτικά καλυπτόμενα γεγονότα, οι κύριοι στύλοι φωτισμού είναι τοποθετημένοι στο στάδιο για φωτισμό ψηφιακής ποιότητας βίντεο. Η πολύ-ζωνική στόχευση δεν απαιτείται σε αγωνιστικό χώρο μη-τηλεοπτικά καλυπτόμενο. Για γεγονότα από εθνικής εμβέλειας και πρωταθλήματος (leagues) μέχρι προπόνηση, ισχύουν οι ακόλουθες οδηγίες (βλέπε διάγραμμα 1η) :

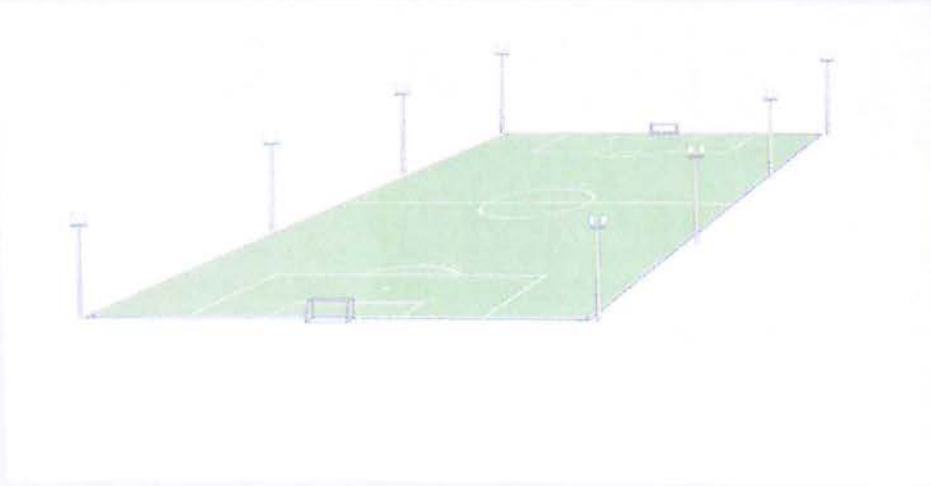




Διάγραμμα 1ς:  
Κατηγορία V  
Field aiming international  
—— Fitting head frame  
- - - - Aiming zone

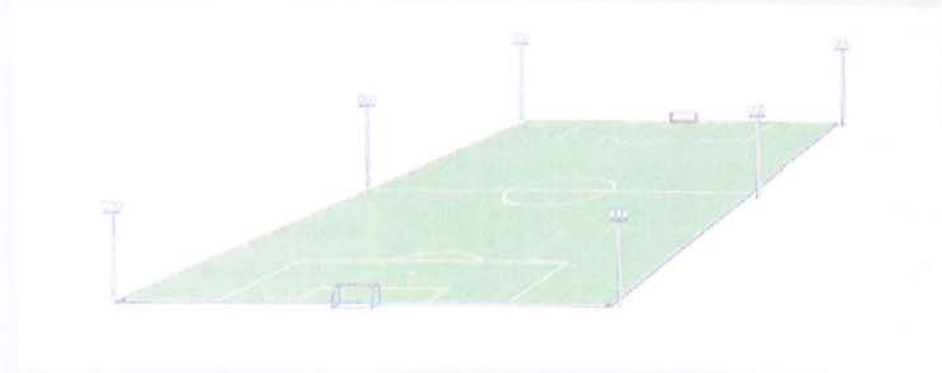


Διάγραμμα 1ζ:  
Κατηγορία V  
Field aiming national  
—— Fitting head frame  
- - - - Aiming zone

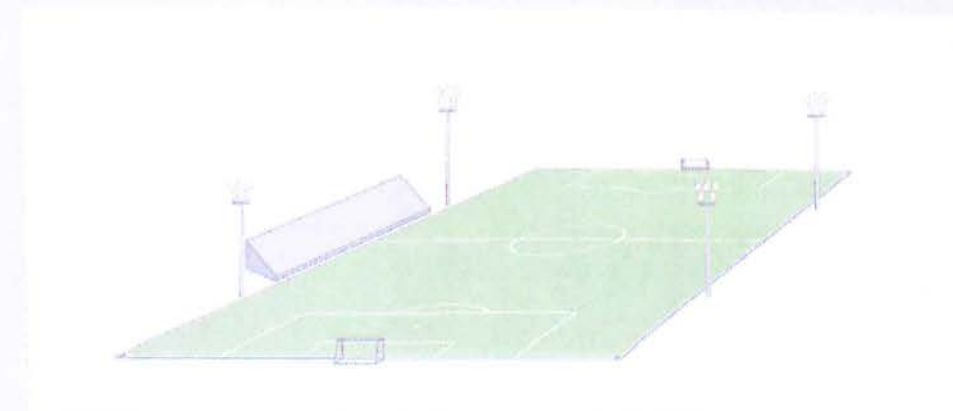


Διάγραμμα 1η:  
Σχεδιασμός της εγκατάστασης

Κατηγορία III  
National game



Κατηγορία II  
Leagues and clubs



Κατηγορία I  
Προπόνηση και διασκέδαση

Οι ακριβείς θέσεις των στηλών και οι λεπτομέρειες είναι διαφορετικές σε κάθε στάδιο. Οι στηλές δεν θα πρέπει να είναι εμπόδιο θέασης για τους θεατές.





### 3.9 Προδιαγραφές φωτιστικού σχεδιασμού και τεχνολογία

#### 3.9.1 Οριζόντια ομοιομορφία



Η οριζόντια φωτεινότητα είναι ένα ποσό φωτός που φτάνει το οριζόντιο επίπεδο, ένα μέτρο πάνω από τον αγωνιστικό χώρο. Ένα 10m x 10m δικτύωμα σχεδιασμένο σε όλο τον αγωνιστικό χώρο χρησιμοποιείται ως βάση για τη συλλογή αυτών των μετρήσεων και τον υπολογισμό του μέγιστου / ελάχιστου / μέσου φωτισμού στον αγωνιστικό χώρο.

Το ποδόσφαιρο είναι ένα πολύ γρήγορο σπορ και η διατήρηση ενός ομοιόμορφου φωτισμού σε όλο τον αγωνιστικό χώρο θα βελτιώσει την αποδοτικότητα των παικτών και θα δημιουργήσει εξαιρετικό υψηλής-ανάλυσης βίντεο.





### 3.9.2 Κάθετος φωτισμός



Ο κάθετος φωτισμός στο αγωνιστικό επίπεδο είναι το ποσό του φωτισμού που φτάνει την κάθετη επιφάνεια των παικτών. Αυτός ο φωτισμός βοηθάει στο να φαίνονται κοντινές λεπτομέρειες των παικτών, και πιο συγκεκριμένα, τα πρόσωπα τους, σε κρίσιμες στιγμές κατά τη διάρκεια του αγώνα. Αυτές οι εικόνες καταγράφονται από τις θέσεις των φορητών καμερών (και χειροκίνητων και αυτόματων). Παραλλαγές στο κάθετο φωτισμό θα δημιουργήσει χαμηλής ποιότητας ψηφιακό βίντεο. Ο σχεδιαστής πρέπει να αναλογιστεί την ισορροπία του φωτισμού για να ελαττώσει υπέρ-/υπό-φωτιζόμενες περιοχές κατά τη λειτουργία των φορητών καμερών.

Το κάθετο φως πάνω από το γήπεδο τραβηγμένο από τις ανώτατες κάμερες αναφέρεται ως κάθετος φωτισμός των σταθερών καμερών. Αυτές οι κάμερες που κοιτούν πανοραμικά το γήπεδο πρέπει να καταγράφουν ολόκληρο τον αγώνα. Παραλλαγή στο φωτισμό θα δημιουργήσει χαμηλής ποιότητας ψηφιακό βίντεο. Ο σχεδιαστής πρέπει να αναλογιστεί την ισορροπία του φωτισμού για να ελαττώσει υπέρ-/υπό-φωτιζόμενες περιοχές κατά τη λειτουργία των σταθερών καμερών.





### 3.9.3 Θερμοκρασία χρώματος (Colour temperature)

Η θερμοκρασία χρώματος περιγράφει την αίσθηση ή την εμφάνιση του πόσο θερμό (κόκκινο) ή ψυχρό (μπλε), ένας συγκεκριμένος τύπος φωτισμού φαίνεται να είναι. Μετριέται σε Κέλβιν (Tk). Η τωρινή τεχνολογία των ψηφιακών καμερών επιτρέπει στα βίντεο να αλλάζουν με “βελτιωμένα” χρώματα και αντίθεση, όπου χρειάζεται, για να παραχθεί η επιθυμητή ποιότητα χρωμάτων. Αποδεκτή θερμοκρασία χρώματος για γήπεδα εξωτερικού χώρου όλων των κλάσεων διαγωνισμών είναι  $Tk \geq 4,000$ .

### 3.9.4 Απόδοση χρώματος (Colour rendering)

Η απόδοση χρώματος είναι η ικανότητα μιας πηγής τεχνητού φωτισμού να αναπαράγει φυσικό φως. Η πρακτική κλίμακα της απόδοσης χρώματος είναι Ra20 έως Ra100, όπου όσο υψηλότερη η βαθμολογία, τόσο καλύτερη η ποιότητα του χρώματος. Καλό χρώμα παραγόμενο από σύστημα τεχνητού φωτισμού θα είναι Ra  $\geq 65$  για τηλεοπτικά και μη-τηλεοπτικά καλυπτόμενους αγώνες.



### 3.9.5 Περίληψη των προδιαγραφών φωτισμού για τηλεοπτικά καλυπτόμενους αγώνες

Ο επόμενος πίνακας είναι μια περίληψη των κριτηρίων που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τηλεοπτικά καλυπτόμενους αγώνες. Περιλαμβάνει τις προτεινόμενες τιμές για τον κάθετο και οριζόντιο φωτισμό, ομοιομορφία και τις χρωματικές ιδιότητες των λαμπτήρων, για κάθε κατηγορία δραστηριότητας.

#### Προδιαγραφές φωτισμού για τηλεοπτικά καλυπτόμενους αγώνες

		Οριζόντια ένταση φωτισμού			Χαρακτηριστικά λαμπτήρων	
		Eh ave	Ομοιομορφία		Θερμοκρασία χρώματος	Δείκτης χρωματικής απόδοσης
Κλάση	Calculation towards	Lux	U1	U2	Tk	Ra
Κλάση V International	Fixed camera	3,500	0,6	0,8	>4,000	≥ 65
	Field camera (at pitch level)					
Κλάση IV National	Fixed camera	2,500	0,6	0,8	> 4,000	≥ 65
	Field camera (at pitch level)					

#### Σημειώσεις:

- Όλες οι παραπάνω τιμές φωτισμού πρέπει να είναι σταθερές σε όλη τη διάρκεια του αγώνα.
- Σε όλες τις κατηγορίες, η θάμβωση είναι  $GR \leq 50$  για παίκτες στο γήπεδο μέσα στην κύρια οπτική γωνία των παικτών. Αυτή η τιμή για τη θάμβωση είναι ικανοποιητική όταν οι οπτικές γωνίες των παικτών είναι ικανοποιητικές.





### 3.9.6 Περίληψη των προδιαγραφών φωτισμού για μη-τηλεοπτικά καλυπτόμενους αγώνες

Ο επόμενος πίνακας είναι μια περίληψη των κριτηρίων που πρέπει να ληφθούν υπόψη για μη-τηλεοπτικά καλυπτόμενους αγώνες. Περιλαμβάνει τις προτεινόμενες τιμές για τον οριζόντιο φωτισμό, ομοιομορφία και τις ιδιότητες των λαμπτήρων, για κάθε επίπεδο δραστηριότητας.

#### Προδιαγραφές φωτισμού για τηλεοπτικά καλυπτόμενους αγώνες

Κλάση επιπέδου δραστηριότητας	Οριζόντια ένταση φωτισμού $E_{h\ ave}$ (lux)	Ομοιομορφία U2	Θερμοκρασία χρώματος λαμπτήρα Tk	Δείκτης χρωματικής απόδοσης λαμπτήρα Ra
Κλάση III Εθνικά παιχνίδια	750	0.7	>4000	≥ 65
Κλάση II Leagues and clubs	500	0.6	>4000	≥ 65
Κλάση I Προπόνηση και διασκέδαση	200	0.5	>4000	≥ 65

#### Σημειώσεις:

Όλες οι παραπάνω τιμές φωτισμού πρέπει να είναι σταθερές σε όλη τη διάρκεια του αγώνα.

Οι κύριες οπτικές γωνίες παικτών πρέπει να μην έχουν καθόλου θάμβωση. Αυτή η τιμή για τη θάμβωση είναι ικανοποιητική όταν οι οπτικές γωνίες των παικτών είναι ικανοποιητικές.

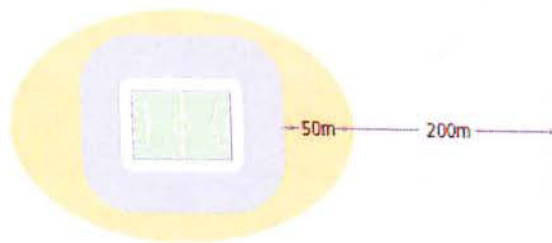


### 3.9.7 Επίδραση στο περιβάλλον

Για τη φωτορύπανση και το ανεπιθύμητο φως έχουμε 2 κατηγορίες : τον περίσσιο φωτισμό (spill illumination), που είναι το φως που φεύγει από τη περίμετρο του σταδίου και είναι μετρήσιμο, και η θάμβωση που είναι η υπερβάλλουσα φωτεινότητα στο κανονικό οπτικό πεδίο των περαστικών και των αυτοκινήτων έξω από το στάδιο. Η επίδραση αυτή στις γειτονικές κοινότητες είναι κρίσιμη για την ασφάλεια, τον σκοτεινό ουρανό και την ευημερία των χώρων και των πόλεων που βρίσκονται. Κάθε μέτρο πρέπει να παρθεί για να περιοριστεί ο περίσσιος φωτισμός και η θάμβωση μέσα και έξω από το στάδιο. Καινούργιες σχεδιαστικές προδιαγραφές θα πρέπει να περιλαμβάνουν έντονους cut-off ανακλαστήρες και υψηλής απόδοσης ανακλαστήρες για τηλεοπτικά καλυπτόμενα γεγονότα.

Ο περίσσιος φωτισμός που φεύγει από το στάδιο μπορεί να υπολογιστεί και να μετρηθεί. Αυτές οι τιμές είναι εκφρασμένες σε τιμές οριζόντιου φωτισμού και μέγιστο κάθετο φωτισμό. Αν δεν υπάρχουν τοπικές οδηγίες, ο παρακάτω πίνακας θα πρέπει να ληφθεί υπόψη :

Γωνία φωτισμού	Απόσταση από τη περίμετρο του σταδίου	
Οριζόντιος περισσέυων	50m από τη περίμετρο του σταδίου	25 lux
	200m μακρύτερα	10 lux
Μέγιστη κάθετη	50m από τη περίμετρο του σταδίου	40 lux
	200m από τη περίμετρο του σταδίου	20 lux



Διάγραμμα 10:  
Επίδραση στο περιβάλλον

- 25 lux horizontal
- 40 lux max vertical
- 10 lux horizontal
- 20 lux max vertical





### 3.9.8 Κατασκευή

#### Επιθεώρηση και εξοπλισμός

Η μέτρηση του πραγματικού φωτισμού πριν τον αγώνα χρειάζεται για την απόδοση του συστήματος. Οι προτεινόμενες προδιαγραφές είναι οι ακόλουθες:

Προδιαγραφές	Σύμβολο
Μέση οριζόντια ένταση φωτισμού	Eh ave
Μέση ένταση φωτισμού για σταθερές κάμερες	Ev ave (fixed camera)
Μέση ένταση φωτισμού για κάμερες γηπέδου	Ev ave (field camera)
Ομοιομορφία (ελάχιστη / μέγιστη ένταση φωτισμού)	U1
Ομοιομορφία (ελάχιστη / μέση ένταση φωτισμού)	U2

## 4° ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΓΗΠΕΔΑ”





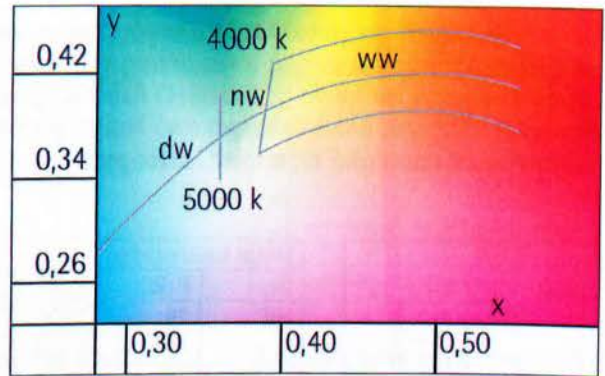
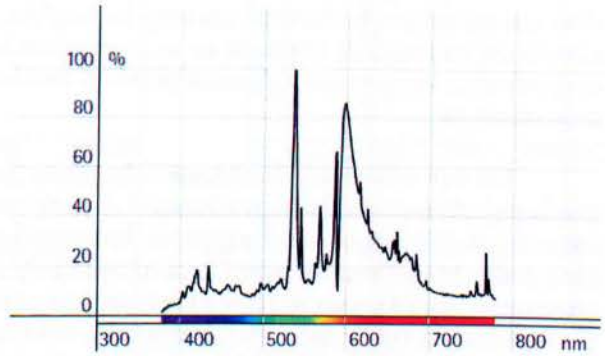
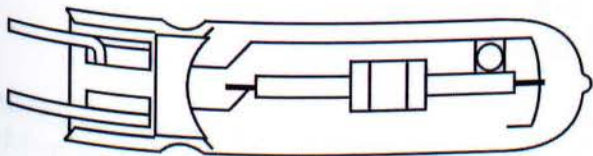
### 4.1 Λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων (Metal Halide lamps)

Οι ΜΗ λαμπτήρες είναι ένας τύπος λαμπτήρα εκφορτίσεως (High Intensity Discharge) που προσφέρει μεγάλη διάρκεια ζωής, υψηλή απόδοση και καλή χρωματική απόδοση. Η θερμοκρασία χρώματος του φωτός που προσφέρουν κυμαίνεται από 3200 μέχρι 5200 kelvin και έχουν συνήθως CRI 65-70, αλλά μπορεί να έχουν 90 και παραπάνω. Αυτό τις κάνει να υπερέχουν σε σχέση με τους περισσότερους λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης (HPS) και τους λαμπτήρες υδραργύρου (MV) που έχουν μικρότερες τιμές CRI.

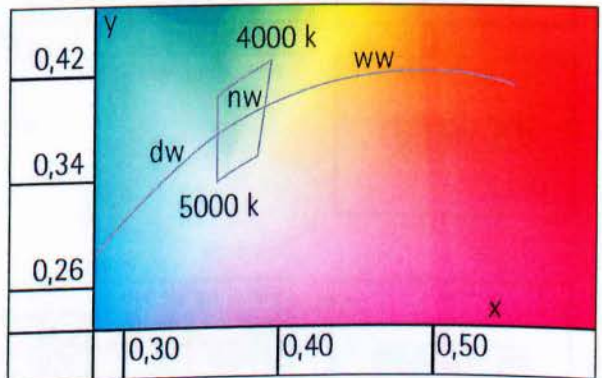
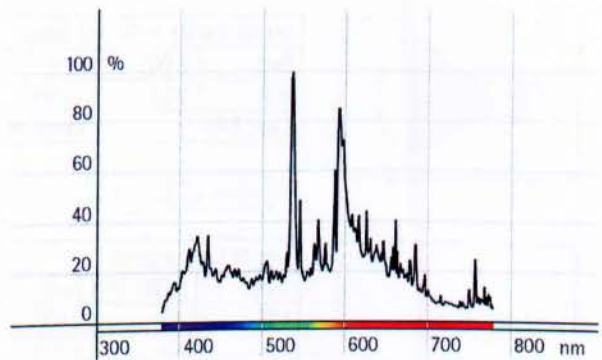
Αντιπροσωπεύουν μια συμπαγή πηγή φωτός, το φως μπορεί να καθοδηγηθεί καλά και η απόδοση χρωμάτων δεν είναι σταθερή. Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων είναι διαθέσιμοι στα εξής χρώματα: Θερμό λευκό, ουδέτερο λευκό, και λευκό ημέρας και δεν μπορεί η απόδοσή τους να αυξομειωθεί. Χρειάζονται τόσο τον εκκινητή όσο και τα πηνία για τη λειτουργία τους. Έχουν επίσης χρόνο έναυσης αρκετών λεπτών και χρειάζονται αρκετό χρόνο πριν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Σε μερικές περιπτώσεις η άμεση έναυση είναι δυνατή χρησιμοποιώντας ειδικούς εκκινητές ή ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου.

Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων είναι διαθέσιμοι ως μονόπλευροι ή δίπλευροι σωληνωτοί λαμπτήρες, ως ελλειπτικοί λαμπτήρες και ως λαμπτήρες ανάκλασης. Οι λαμπτήρες ανάκλασης μεταλλικών αλογόνων συνδυάζουν την τεχνολογία των λαμπτήρων μεταλλικών αλογόνων με εκείνη των παραβολικών λαμπτήρων.

Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων είναι διαθέσιμοι από 35W έως 2000W. Όλοι οι μεγάλοι παραγωγικοί λαμπτήρων τους διαθέτουν σε: 175, 200, 225, 250, 300, 320, 350, 360 και 400W.



Σχετική φασματική κατανομή θερμού λευκού



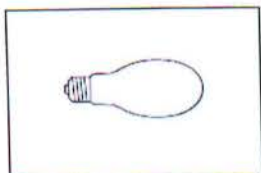
Σχετική φασματική κατανομή ουδέτερου λευκού



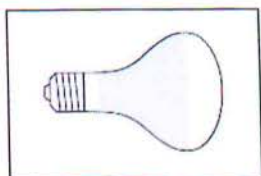
Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων είναι μια αναβάθμιση των λαμπτήρων υδραργύρου και οπότε είναι παρόμοιοι στη κατασκευή και στην λειτουργία. Περιέχουν εκτός από υδράργυρο, ένα μείγμα μεταλλικών αλογόνων, τα οποία σε αντίθεση με τα αγνά μέταλλα, λιώνουν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μέταλλα που δεν παράγουν μεταλλικούς ατμούς όταν ο λαμπτήρας είναι σε λειτουργία.

Με την προσθήκη μεταλλικών αλογόνων, βελτιώνεται η φωτεινή απόδοση και ο δείκτης χρωματικής απόδοσης. Αν οι μεταλλικοί συνδυασμοί είναι σωστοί, τότε θα έχουμε ένα συνεχές φάσμα όμοιο με αυτό των λαμπτήρων φθορισμού. Ο υδράργυρος λειτουργεί ως βοήθημα ανάφλεξης και σταθεροποιητής της διαδικασίας εκκένωσης. Όταν τα μεταλλικά αλογόνα εξατμιστούν μέσω της αρχικής εκκένωσης του υδραργύρου, παράγεται φως. Η παρουσία των αλογόνων μέσα στον λαμπτήρα σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητα εξωτερικά ηλεκτρόδια για την έναρξη. Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων χρειάζονται εξωτερικό σύστημα ελέγχου.

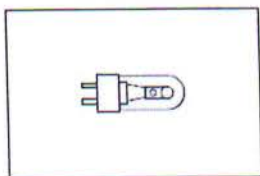
Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων έχουν εξαιρετική φωτεινή απόδοση, καλές τιμές του δείκτη χρωματικής απόδοσης και υψηλή ονομαστική τιμή ζωής. Είναι εξαιρετικά συμπαγής φωτεινές πηγές, το φως των οποίων μπορεί εύκολα να χειριστεί. Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης και η θερμοκρασία χρώματος ωστόσο δεν είναι σταθερά, αλλά διαφέρει από λαμπτήρα σε λαμπτήρα και ανάλογα με την ηλικία του λαμπτήρα και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργεί.



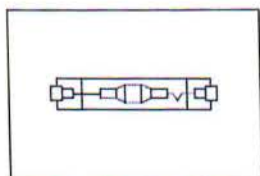
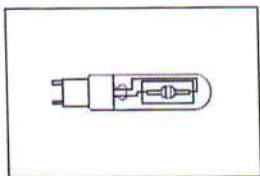
Metal halide lamp				
Des.	P (W)	(lm)	l (mm)	d (mm)
HIE	75	5500	138	54
	100	8500	138	54
	150	13000	138	54
	250	17000	226	90
Cap: E27/E40		Lamp life 5000 h		



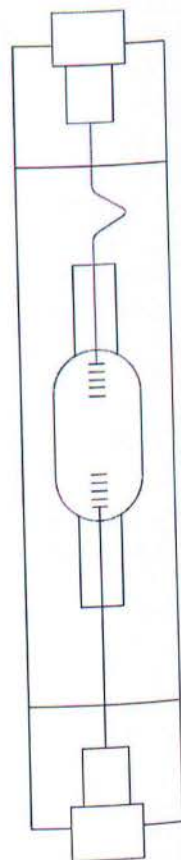
Metal halide reflector lamp				
Des.	P (W)	(lm)	l (mm)	d (mm)
HIR	250	13500	180	125
Cap: E40		Lamp life 6000 h		



Metal halide lamp				
Des.	P (W)	(lm)	l (mm)	d (mm)
HIT	35	2400	84	26
	70	5200		
	150	12000		
Cap: G12/PG12		Lamp life 5000 h		

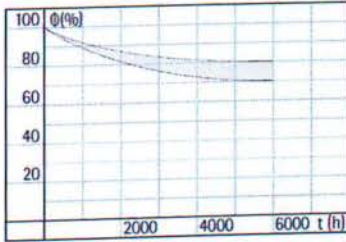
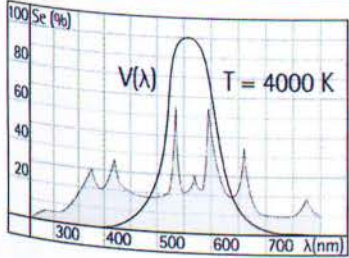
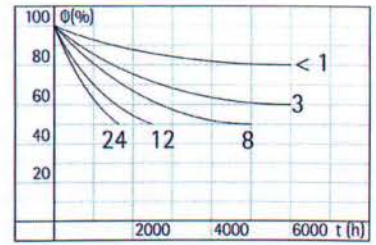
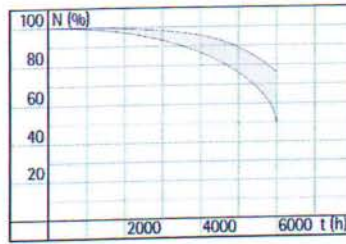
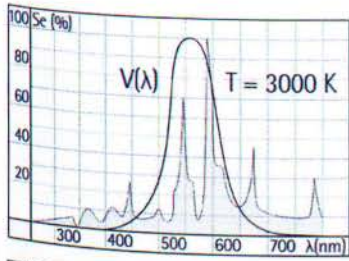


Metal halide lamp				
Des.	P (W)	(lm)	l (mm)	d (mm)
HIT-DE	75	5500	114	20
	150	11250	132	23
	250	20000	163	25
Cap: RX7s		Lamp life 5000 h		

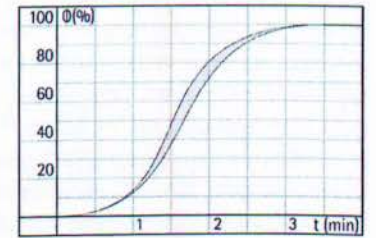
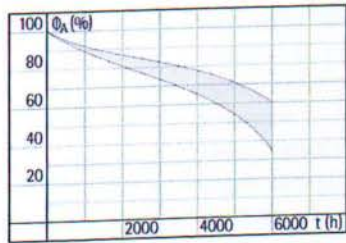
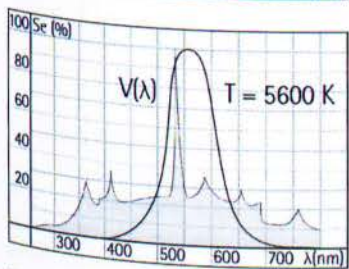


Δίπλευρος λαμπτήρας μεταλλικών αλογόνων με συμπαγή σωλήνα εκφόρτισης και γυάλινο περίβλημα από χαλαζία (quartz).





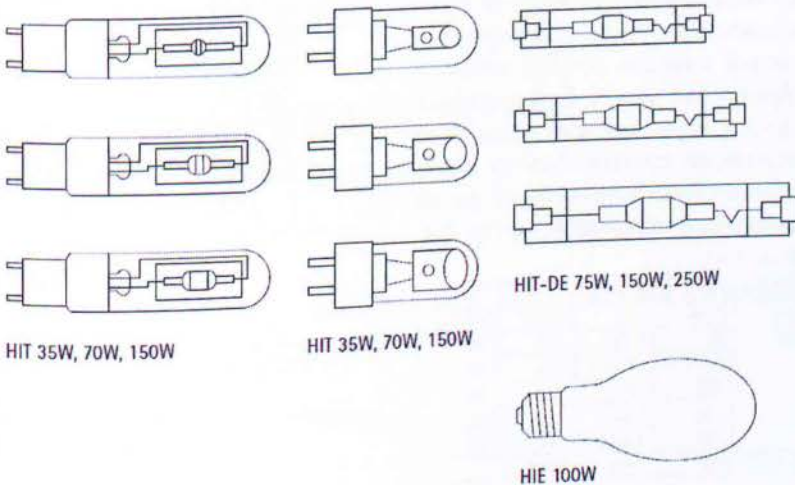
Μείωση της φωτεινής ροής  $\Phi$  σε διαφορετικές συχνότητες των τάξεων των 24, 12, 8, 3 και  $< 1$  φορών ανά ημέρα.



Σχετική φασματική κατανομή  $S(\lambda)$  λαμπτήρων μεταλλικών αλογόνων με διαφορετικές θερμοκρασίες χρώματος. Θερμό λευκό (πάνω), Ουδέτερο λευκό (μέση), Λευκό ημέρας (κάτω)

Ποσοστό των λειτουργικών λαμπτήρων  $N$ , των λούμεν  $\Phi$  και της φωτεινής ροής  $\Phi_A$  (ως το γινόμενο των 2 τιμών) σε σχέση με τον χρόνο λειτουργίας  $t$ .

Χαρακτηριστική καμπύλη έναυσης (run-up): Λούμεν  $\Phi$  σε σχέση με τον χρόνο  $t$ .



Λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων, μονόπλευροι (single-ended)(HIT), δίπλευροι (double-ended)(HIT-DE) και ελλειπτικοί (elliptical)(HIE).

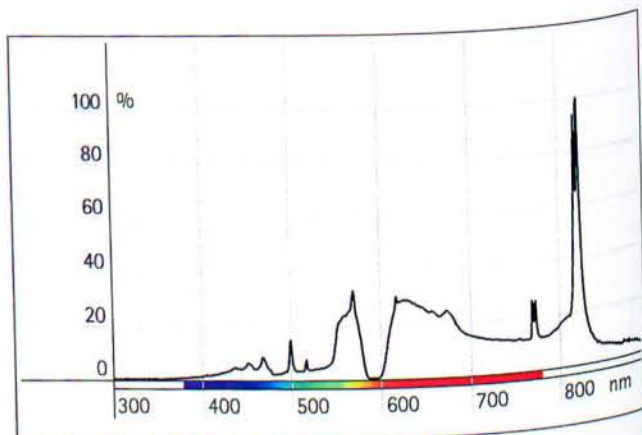
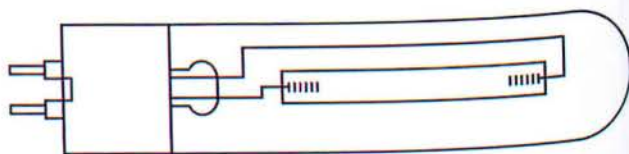


## 4.2 Λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης (High-pressure sodium vapour lamps)

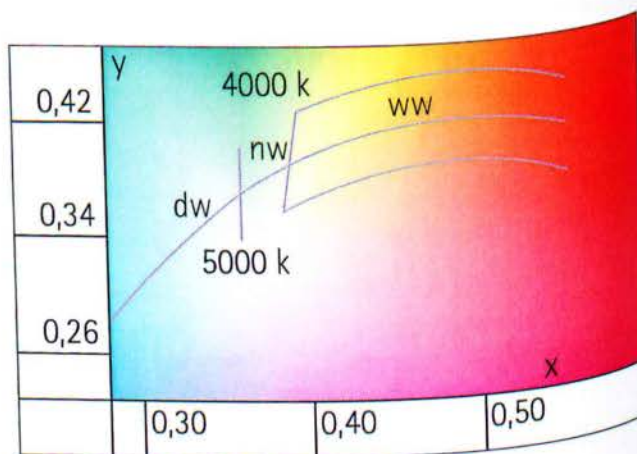
Οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης έχουν άριστη φωτεινή απόδοση και υψηλή ονομαστική διάρκεια ζωής. Η χρωματική απόδοσή τους είναι από μέτρια έως καλή. Οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης λειτουργούν με σύστημα ελέγχου και ένα εκκινητή. Απαιτούν χρόνο ανάφλεξης αρκετών λεπτών και ένα στάδιο ηρεμίας πριν να μπορέσουν να λειτουργήσουν και πάλι. Σε ορισμένες μορφές, η άμεση επανέναυση είναι εφικτή με ειδικούς εκκινητές ή με ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου.

Όπως με τους λαμπτήρες υδραργύρου, το φάσμα που παράγεται από λαμπτήρες νατρίου μπορεί να επεκταθεί με την αύξηση της πίεσης. Αν η πίεση είναι αρκετά υψηλή, το φάσμα που θα παραχθεί είναι πρακτικά συνεχές με τη συνακόλουθη ενίσχυση της χρωματικής απόδοσης. Αντί του μονόχρωμου κίτρινου φωτός που παράγεται από το λαμπτήρα νατρίου χαμηλής πίεσης, με την εξαιρετικά φτωχή χρωματική απόδοση, το φως που παράγεται είναι κιτρινωπό προς θερμό λευκό παράγοντας μεσαία προς καλή χρωματική απόδοση.

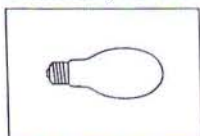
Η βελτίωση στην χρωματική απόδοση, ωστόσο, έχει αντίκτυπο στο κόστος της φωτεινής απόδοσης. Οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης είναι συγκρίσιμοι με τους λαμπτήρες υδραργύρου όσον αφορά την κατασκευή και τη λειτουργία τους. Έχουν επίσης έναν μικρό σωλήνα εκκένωσης, ο οποίος περιβάλλεται από ένα γυάλινο περίβλημα. Ενώ ο σωλήνας εκκένωσης στους λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης είναι κατασκευασμένος από γυαλί χαλαζία (quartz), ο σωλήνας εκκένωσης στους λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης είναι κατασκευασμένος από κεραμική αλουμίνα, αφού οι ατμοί νατρίου υψηλής πίεσης έχουν επιθετική επίδραση στο γυαλί. Οι λαμπτήρες είναι πλήρεις με αδρανή αέρια και ένα αμάλγαμα υδραργύρου και νατρίου, με αποτέλεσμα το αέριο και το στοιχείο του υδραργύρου χρησιμεύουν για να ανάψει ο λαμπτήρας και στη σταθεροποίηση της διαδικασίας εκκένωσης.



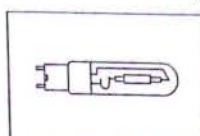
Σχετική φασματική κατανομή



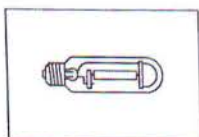
Θερμοκρασία χρώματος



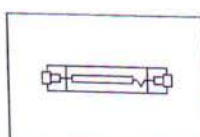
High-pressure sodium lamp				
Des.	P (W)	(lm)	l (mm)	d (mm)
HSE	50	3500	156	70
	70	5600	156	70
	100	9500	186	75
	150	14000	226	90
	250	25000	226	90
Cap: E27/E40		Lamp life 10000 h		



High-pressure sodium lamp				
Des.	P (W)	(lm)	l (mm)	d (mm)
HST	35	1300	149	32
	70	2300		
	100	4700		
Cap: PG12		Lamp life 5000 h		



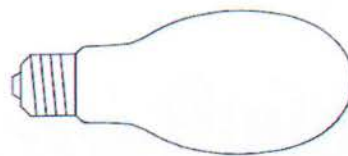
High-pressure sodium lamp				
Des.	P (W)	(lm)	l (mm)	d (mm)
HST	50	4000	156	37
	70	6500	156	37
	100	10000	211	46
	150	17000	211	46
	250	33000	257	46
Cap: E27/E40		Lamp life 10000 h		



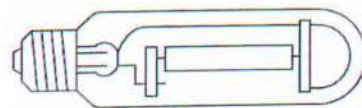
High-pressure sodium lamp				
Des.	P (W)	(lm)	l (mm)	d (mm)
HST-DE	70	7000	114	20
	150	15000	132	23
Cap: RX7s		Lamp life 10000 h		



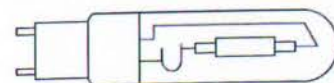
Οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης είναι διαθέσιμοι ως διαφανείς λαμπτήρες σε σωληνωτή μορφή, και ως επικαλυπτόμενοι λαμπτήρες σε ελλειψοειδές μορφή. Επιπλέον, υπάρχουν επίσης δίπλευροι συμπαγείς σωληνωτοί λαμπτήρες, οι οποίοι επιτρέπουν την άμεση επανέναυση και αντιπροσωπεύουν μια ιδιαίτερα μικρού μεγέθους πηγή φωτός. Ένα μέρος από τους λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης έχει μια επιστρωμένη εξωτερική κάψουλα. Αυτή η επιστρωση χρησιμεύει μόνο για τη μείωση της φωτεινότητας του λαμπτήρα και για να δώσει μια πιο διάχυτη εκπομπή φωτός, δεν περιέχει καμία φθορίζουσα ουσία.



HSE 70W



HST 70W



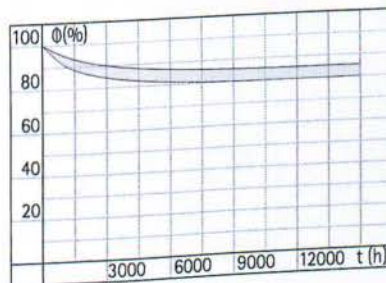
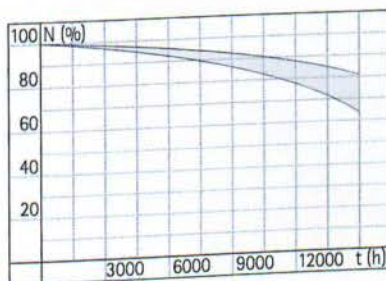
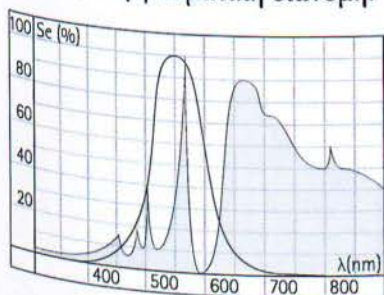
HST 100W



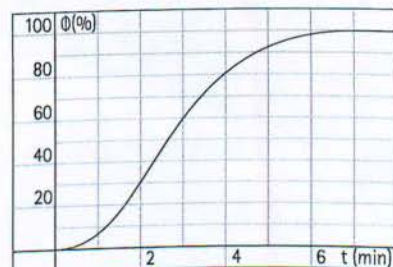
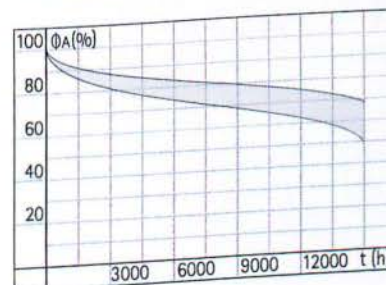
HST-DE 150W

Λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης, μονόπλευροι ελλειπτικοί (HSE), σωληνωτοί (HST), και δίπλευροι σωληνωτοί (HST-DE).

Σχετική φασματική κατανομή Se ( $\lambda$ ) των λαμπτήρων νατρίου υψηλής πίεσης. Με την αύξηση της πίεσης το φάσμα είναι αντεστραμμένο, σε αντίθεση με την εκφόρτιση χαμηλής πίεσης. Το αποτέλεσμα είναι μεγάλη φασματική διανομή.



Χαρακτηριστική καμπύλη έναυσης (run-up): Λούμεν Φ σε σχέση με τον χρόνο t.



Ποσοστό των λειτουργικών λαμπτήρων N, των λούμεν Φ και της φωτεινής ροής Φ<sub>A</sub> (ως το γινόμενο των 2 τιμών) σε σχέση με τον χρόνο λειτουργίας t.



# Hatles

## iGuzzini Hatles



optic lamp optic  
 Metal-halide projector complete with anchoring bracket and ignitor  
**BE18** 1000 W HQI-TS D/S AM  
**BE19** 1000 W MHN-LA AM  
**BE20** 1000 W MHN-FC AM  
**BE21\*** 1000 W HQI-TS D/S AI  
**BE22\*** 1000 W MHN-LA AI  
**BE23\*** 1000 W MHN-FC AI



IP65 IK07-10

\* Projectors come equipped with ignitors

High-pressure sodium projector complete with anchoring bracket  
**BE24** 1000 W NAV-T SON/T AI  
**BE25** 1000 W NAV-T SON/T AM



IP65 IK07-10

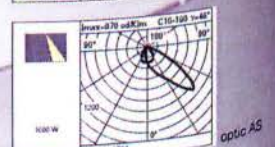
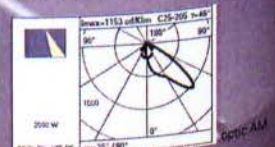
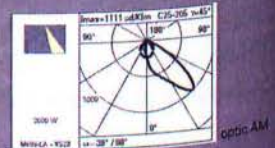
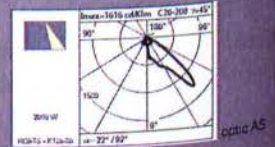
Projectors come equipped with ignitors

Metal-halide projector complete with anchoring bracket  
**BE26** 2000 W HQI-TS D/S AM  
**BE27** 2000 W HQI-TS N/L AM  
**BE28** 2000 W MHN-LA AM  
**BE29** 2000 W MHN-FC AM  
**BE30** 2000 W HQI-TS D/S AI  
**BE31** 2000 W HQI-TS N/L AI  
**BE32** 2000 W MHN-LA AI  
**BE33** 2000 W MHN-FC AI



IP65 IK07-10

Projectors come equipped with ignitors



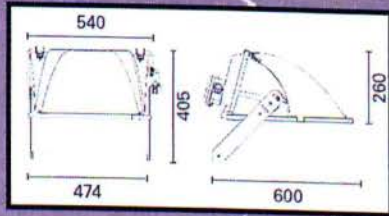
AS = Asymmetrical optic - spot beam  
AM = Asymmetrical optic - medium beam

Πατενταρισμένη συσκευή anti-vacuum από πολυαμίδια με IP66

Σύστημα στόχευσης φιλικό προς τον χρήστη χάρις στο βαθμονομημένη κλίμακα

Καπάκι με κλιπς από ανοξείδωτο ατσάλι με γάντζο ασφαλείας

Διακόπτης αυτόματης διακοπής γραμμής LCP



- Polyester powder-painted die-cast aluminium body.
- Closing clip for cover made of stainless steel with safety hook.
- Polyamide electrical connection box complete with ignitor secured directly to the body.
- High-quality superpure aluminium reflectors.
- Ceramic lamp supports with stainless-steel check spring and nickel-plated contacts.
- THT silicone internal cables.
- Hot galvanised steel bracket.
- Silicone retention gasket.
- LCP automatic line disconnecting switch.
- Heat-hardened extraclear safety glass (5mm).
- Stainless-steel glass closing springs.
- Polyamide IP66-patented anti-vacuum device.

- STAINLESS-STEEL external screws and bolts.
- IP65 IK07 - IK 10
- F Mark
- ENEC approval
- Insulation class I/II



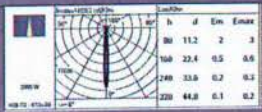


# Ring

## iGuzzini Ring



Model	Power	Material
BE68	1000 W HQI-TS D/S	SS
BE69	1000 W HQI-TS D/S	S
BE70	1000 W HQI-TS D/S	F
BE71	1000 W HQI-TS D/S	WF



Model	Power	Material
BE76	2000 W HQI-TS D/S	SS
BE77	2000 W HQI-TS D/S	S
BE78	2000 W HQI-TS D/S	F
BE79	2000 W HQI-TS D/S	WF



They can only work in the positions allowed



Καπάκι με κλιπς από ανοξείδωτο ατσάλι με γάντζο ασφαλείας



Διακόπτης αυτόματης διακοπής γραμμής



Πατενταρισμένη συσκευή anti-vacuum από πολυαμίδια με IP66

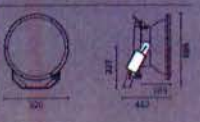
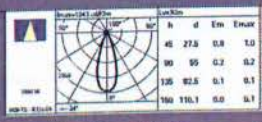


Κρυσμμένη συσκευή στόχευσης από ανοξείδωτο ατσάλι



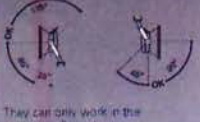
Σύστημα στόχευσης φιλικό προς τον χρήστη χάρις στο βαθμονομημένο κλιμακά

Model	Power	Material
BE76	2000 W HQI-TS D/S	SS
BE77	2000 W HQI-TS D/S	S
BE78	2000 W HQI-TS D/S	F
BE79	2000 W HQI-TS D/S	WF



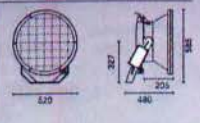
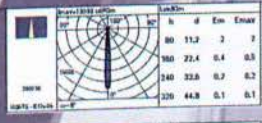
They can only work in the positions allowed

Model	Power	Material
BE80	2000 W HQI-TS D/S	SS
BE81	2000 W HQI-TS D/S	S
BE82	2000 W HQI-TS D/S	F



They can only work in the positions allowed

Model	Power	Material
BE80	2000 W HQI-TS D/S	SS
BE81	2000 W HQI-TS D/S	S
BE82	2000 W HQI-TS D/S	F



- Die-cast glass-holding body and rings painted with metalised - aluminium-grey powder (RAL9006).
- Closing clip for cover made of stainless steel with safety hook.
- Polyamide electrical connection box complete with ignitor.
- Wide range of thick weather-proof reflectors made of superpure 99.98% aluminium - polished and oxidised. The

- reflectors also act as heat sinks, thus helping limit the lamps' temperature and increase their lives as a consequence.
- Ceramic lamp supports with stainless-steel retention spring.
- Nickel-plated copper internal cables (section 1.5-4 mm<sup>2</sup>) with THT silicone coating.
- Painted galvanised steel bracket complete with graduated goniometers.

- Gasket made from bicomponent silicone-gel as deposited directly on the glass. Protected against the lamp's UV radiation.
- LCP automatic line disconnecting switch.
- Heat-hardened 5mm-thick glass or chemically-hardened 2mm-thick glass (HU version).
- A stainless-steel glass fall-prevention net may be provided for

- Stainless-steel concealed aiming device.
- Polyamide IP66 - patented anti-vacuum device.
- Stainless-steel external screws and bolts.
- IP66 IK07 - IK10
- F Mark
- ENEC approval
- Insulation class I





## ArenaVision MVF404 – exceptional optical efficiency

### ArenaVision MVF404



Side view of ArenaVision MVF404 with  
connection box on the bracket



Compact lamp with conventional hot-  
restrike ignitor (HRE)

The ArenaVision MVF404 floodlight – designed for outdoor sports stadiums – dramatically increases the theatrical and emotional impact of sports for TV audiences and spectators, while allowing the players to perform under optimal visual conditions. Thanks to the innovative Philips MHN-SE 2000 W high-output compact single-ended metal-halide lamp and high-tech single-piece precision optics, ArenaVision MVF404 offers much higher optical efficiency than ever before. In addition, this 2 kW floodlight boasts easy lamp fitting and replacement, full IP65 compliance, a new safety knife connector system and a breakthrough electronic hot-restrike solution – while continuing to deliver all the traditional benefits of Philips ArenaVision systems.

#### Οφέλη

- Innovative floodlight with a new compact single-ended lamp which has been developed exclusively for ArenaVision and brings out the best in the game
- New quartz metal halide lamp meets the most demanding lighting and TV broadcast requirements with excellent color rendering
- New lamp and special optics ensure maximum optical efficiency and enable accurate light distribution with a minimum of spill light



© 2011 Koninklijke Philips Electronics N.V.  
Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Οι προδιαγραφές υπόκεινται σε αλλαγές χωρίς προηγούμενη ειδοποίηση. Τα εμπορικά σήματα ανήκουν στην Koninklijke Philips Electronics N.V. ή στους αντίστοιχους ιδιοκτήτες τους.

[www.philips.com/lighting](http://www.philips.com/lighting)

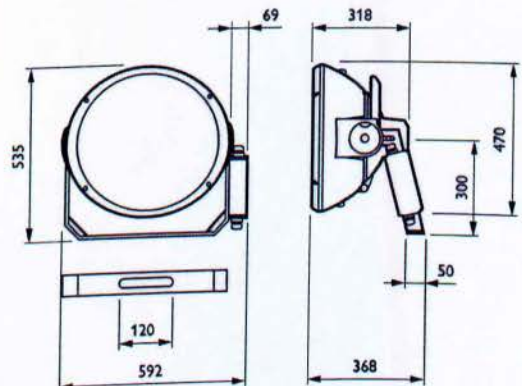


## Χαρακτηριστικά

• Type	MVF404
• Light source	HID: - 1 x MASTER MHN-SE HO / GX22-HR / 2000 W
• Lamp included	Yes (light color 956)
• Optic	Beam category B1 (B1) Beam category B2 (B2) Beam category B3 (B3) Beam category B4 (B4) Beam category B5 (B5) Beam category B6 (B6) Beam category B7 (B7) Beam category B8 (B8)
• Optical cover	Front-glass for downlighting (DOWN) and uplighting versions (UP)
• Ignitor	Series (SI), integral Hot-restrike, electronic (HRE), integral
• Options	Aiming memory (AM) to safeguard the original aiming position of the luminaire during servicing Hot re-strike versions enabling immediate restoration of lighting after power supply failure Uplighting versions available for architectural lighting Special cable sleeve version for tropical regions
• Installation	On mast head frame, ceiling, wall and floor mounting The lamp is easily installed and lamping/relamping can be done with one hand only Precision aiming facilities at both top and bottom of the housing for use in conjunction with the ZVF403 PAD accessory Adjustment of mounting bracket: 360° Ambient temperature outdoor: 35°C (25°C indoor) Drag factor (Cx): 0.93 Projected area in 70° position: 0.20 m <sup>2</sup> Max adjustment from the horizontal: -90 / +90°
• Maintenance	Lamp access by opening clips of rear cover (tool-less) Equipped with knife connector system, which automatically disconnects the mains power when the rear-access back cover is opened (no need for additional relay/contactors or any extra cabling) No internal cleaning required

• Materials and finishing	Housing and rear cover: non-corrosive, high-pressure die-cast aluminum Glass: chemically toughened, 1.6 mm thick (for downlighting versions), ceramic 3 mm thick (for uplighting versions) Mounting bracket: hot-dipped galvanized, painted steel Clips: stainless steel (to secure the back cover) Reflector: anodized and brightened 99.99% aluminum Finishing in raw aluminum
---------------------------	---

• Accessories	External louver (ZVF403 GS), precision (ZVF403 PAD) aiming device
• Remarks	Equipped with series ignitor (SI) and terminal block in aluminum connection box on the bracket Color filters for architectural lighting are available on request Wire mesh to prevent large glass falling out Pre-wired 380 - 415 V / 50 Hz gear trays (ZVF320) are available, to be ordered separately
• Main applications	Outdoor sport stadiums

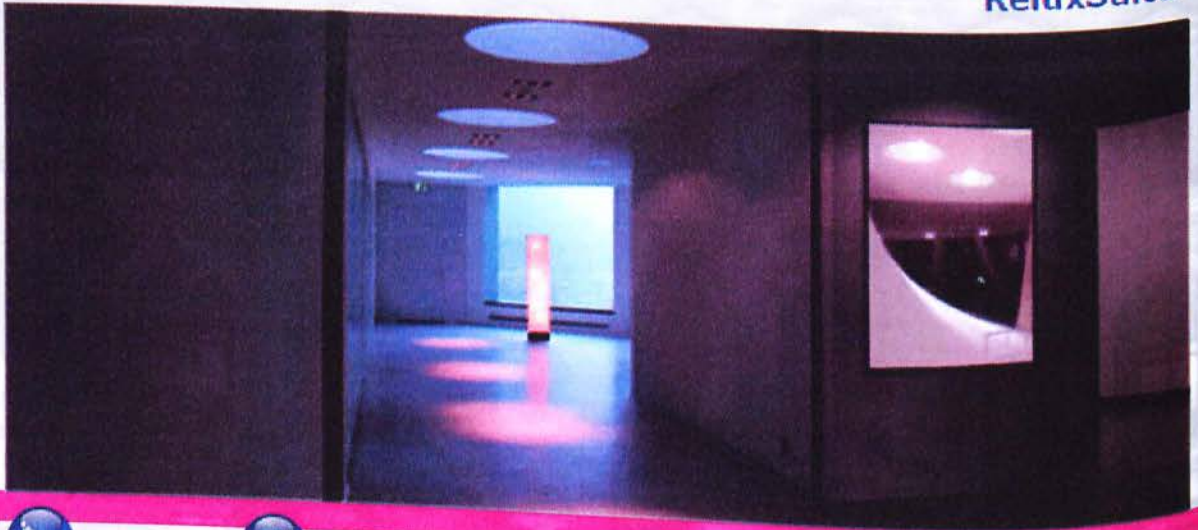


## 5° ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“Μελέτη φωτισμού γηπέδου ποδοσφαίρου με το **Relux**”

**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

ReluxSuite



Welcome to the simulation world



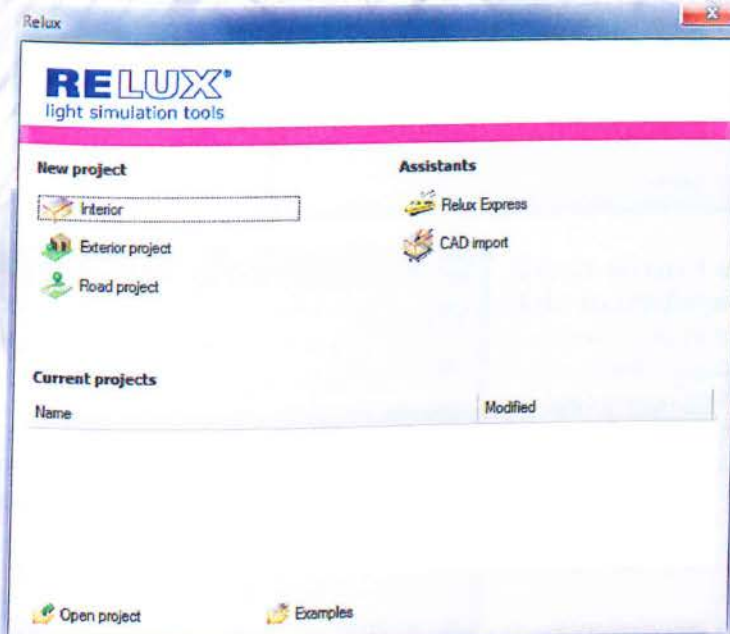
## 5.1 Φτιάχνοντας τη μελέτη φωτισμού γηπέδου ποδοσφαίρου με το Relux

Στο κεφάλαιο αυτό, θα ασχοληθούμε με τη δημιουργία της μελέτης φωτισμού ενός γηπέδου ποδοσφαίρου στο Relux. Το αντικείμενο της μελέτης μας είναι:

- ένα γήπεδο ποδοσφαίρου 105x68m για το οποίο θέλουμε:
- φωτισμό κατηγορίας I (Προπόνηση και διασκέδαση) (βλέπε σελ.45),
- και πιο συγκεκριμένα, 200 lux με ομοιομορφία 0,5.

Το φωτιστικό της επιλογής μας είναι ο προβολέας Hatles της iGuzzini, ο οποίος χρησιμοποιεί λαμπτήρα μεταλλικών αλογόνων με δείκτη χρωματικής απόδοσης  $CRI = 90$ , καθώς σε αθλητικούς χώρους χρειαζόμαστε μεγάλη απόδοση χρωμάτων ίση και μεγαλύτερη από 65.

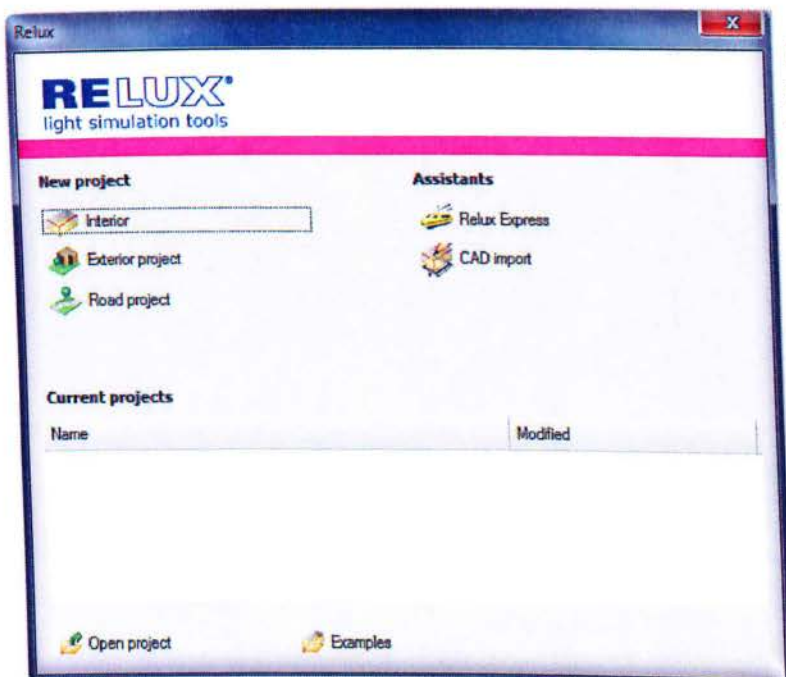
Αφού κατεβάσουμε το Relux από το επίσημο site της Relux Informatik AG ([www.relux.biz](http://www.relux.biz)), και το εγκαταστήσουμε στον υπολογιστή μας, το ξεκινάμε από το αντίστοιχο εικονίδιο που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας του. Μετά τη flash screen, το Relux μας υποδέχεται με το παρακάτω παράθυρο:



Στο μενού υπάρχουν οι επιλογές για:

1. εσωτερικό φωτισμό (Interior),
2. εξωτερικό φωτισμό (Exterior Project),
3. φωτισμό δρόμου (Road Project),
4. φωτισμός τούνελ (Tunnel)

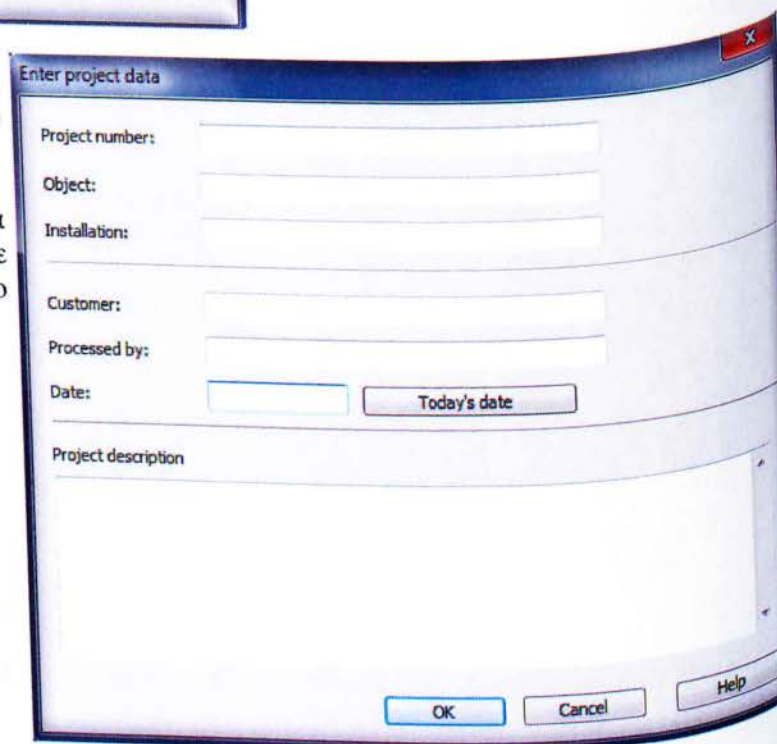
Ακόμα, αν πρόκειται για ένα απλό δωμάτιο, μπορούμε γρήγορα μέσω του Relux Express να ορίσουμε τις διαστάσεις του και τις λάμπες που θα χρησιμοποιήσουμε για γρήγορα αποτελέσματα. Μια επιλογή που ξεχωρίζει στο μενού αυτό, είναι το CAD Import, που μας επιτρέπει να επέμβουμε σε σχέδια του Autocad σαν επιπλέον layer, γλυτώνοντας έτσι χρόνο, αλλά και έχοντας το πλήρες σχέδιο του χώρου που θέλουμε να φωτίσουμε.



Εμείς καθώς είναι η πρώτη φορά που ασχολούμαστε με το πρόγραμμα και θέλουμε να κάνουμε μελέτη φωτισμού ενός γηπέδου ποδοσφαίρου, κάνουμε click στο Exterior Project, διότι το γήπεδο μας είναι εξωτερικός χώρος.

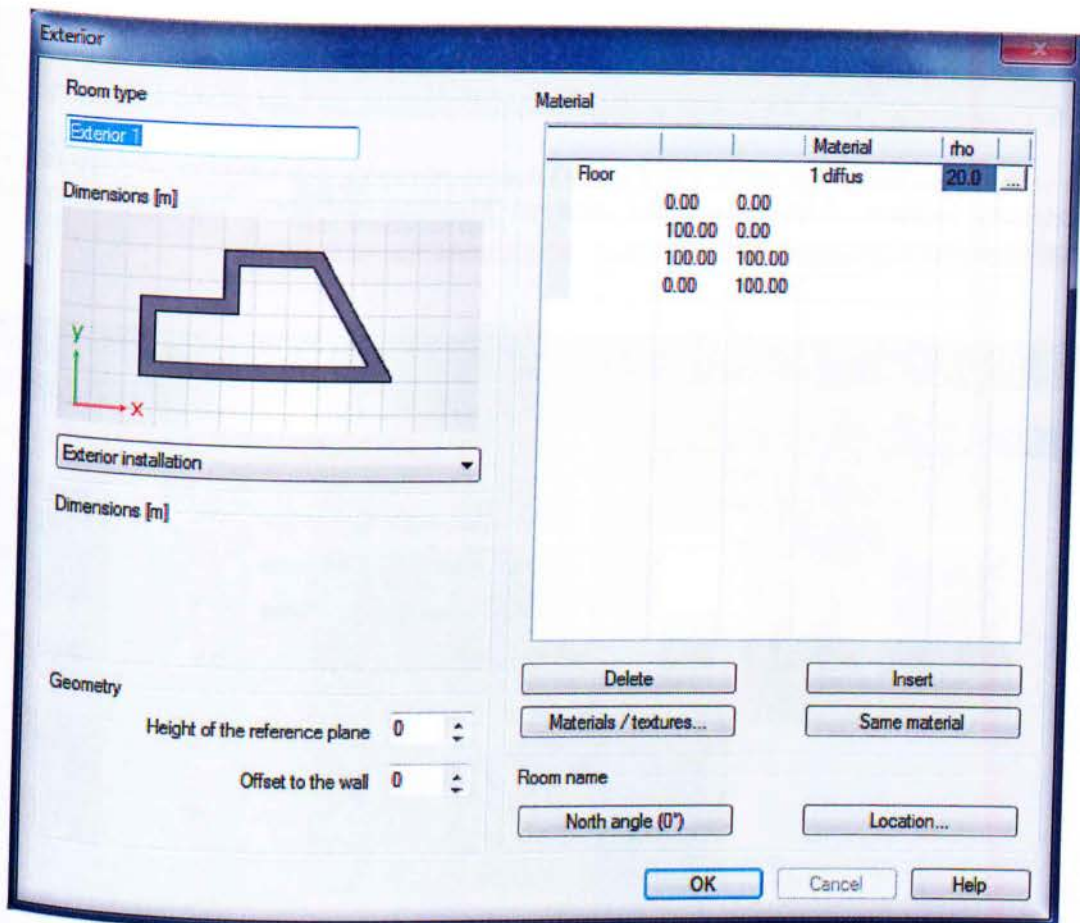
Αφού κάνουμε click στο Exterior Project, μας εμφανίζεται το παράθυρο με τίτλο Enter project data.

Εδώ, μπορούμε να συμπληρώσουμε τα πεδία με τις ανάλογες τιμές, και μπορούμε να τα επεξεργαστούμε αν αλλάξει κάτι στο μέλλον.



Αφού συμπληρώσαμε τα προηγούμενα πεδία της μελέτης μας, μας εμφανίζονται τα στοιχεία του δωματίου που θα ερραστούμε.





Μπορούμε να ονομάσουμε το “δωμάτιο” μας στο κουτί **Room type** (από default ρυθμίσεις ονομάζεται Exterior 1). Ορίζουμε το ύψος του επιπέδου αναφοράς σε m (**Height of the reference plane**), και αν θέλουμε, να ορίσουμε το πάχος των τοίχων (**Offset to the wall**) εφόσον αυτοί υπάρχουν (η μελέτη μας αφορά μόνο το γήπεδο ποδοσφαίρου, οπότε δεν έχουμε τοίχους, άρα το πάχος είναι ίσο με 0 m).

Επειτα, θέτουμε τις συντεταγμένες των 4 άκρων του γηπέδου-δωματίου. Εμείς στο παράδειγμα μας θα θέσουμε τις διαστάσεις του γηπέδου ως 105m x 68m.

Άρα, τα 4 σημεία μας θα είναι τα:  $(0.00, 0.00)$ ,  $(105.00, 0.00)$ ,  $(105.00, 68.00)$ ,  $(0.00, 68.00)$ .

Αν το δωμάτιο μας έχει περισσότερα από 4 γωνίες, μπορούμε να προσθέσουμε μια, click-άροντας το **Insert**, και αν αποφασίσουμε ότι έχουμε βάλει παραπάνω γωνίες, μπορούμε να τις σβήσουμε, επιλέγοντας τη αντίστοιχη σειρά, και πατώντας **Delete**.

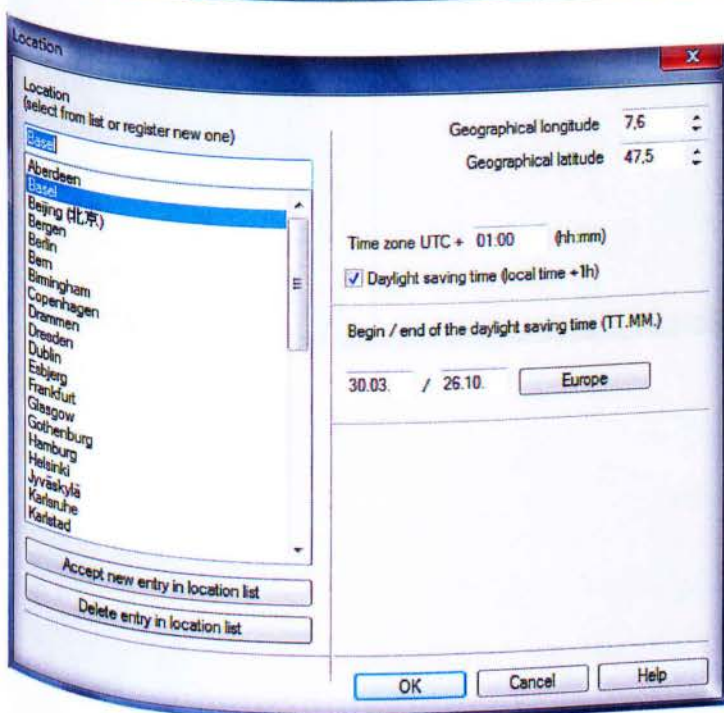
## 5.2 Materials / textures...

Μπορούμε να ορίσουμε ακόμα και από τι υλικό αποτελείται το πάτωμα και οι τοίχοι του δωματίου μας, μέσα από το “Materials / textures...”. Κάνοντας click λοιπόν στο “Materials / textures...”, εμφανίζεται το παράθυρο “Edit materials...”.



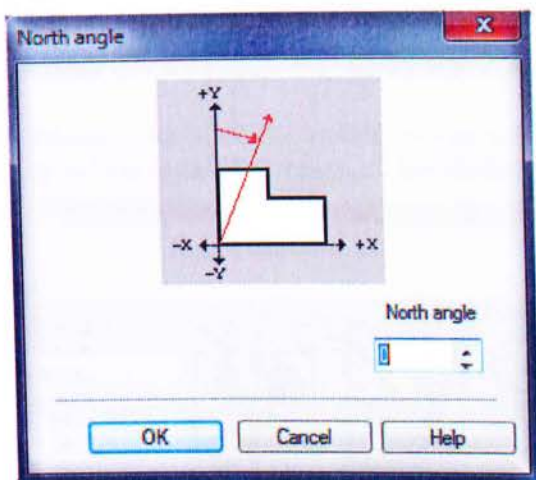
Από εδώ, μπορούμε να βάλουμε στη βάση δεδομένων της μελέτης μας ένα καινούργιο υλικό από το “Add ...”, οπότε έχουμε να επιλέξουμε από μια μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, υλικών, ακόμα και τοπίων για εξωτερικούς χώρους, όπως φαίνεται στο παράθυρο με τίτλο “Select material”.





### 5.3 Location...

Αν πατήσουμε το “Location...”, εμφανίζεται το παράθυρο με τίτλο Location, όπου βάζουμε την ευρύτερη τοποθεσία του γηπέδου μας διαλέγοντας από την αριστερή λίστα. Αν η τοποθεσία μας δεν υπάρχει στη λίστα, μπορούμε να την βάλουμε στη λίστα, γράφοντας το όνομα της και τα στοιχεία της. Δηλαδή, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, σε ποιά χρονική ζώνη ανήκει, και τότε ξεκινάει – τελειώνει η καλοκαιρινή ώρα.



### 5.4 North angle (0°)

Μια ακόμα χρήσιμη επιλογή, είναι ο ορισμός του Βορά στο γήπεδο μας.

Αυτό, μπορούμε εύκολα να το ορίσουμε βάζοντας την επιθυμητή γωνία σε σχέση με τον άξονα Y όπως δείχνει το σχέδιο.

Έχοντας εξαντλήσει τις επιλογές μας για τα δεδομένα του γηπέδου μας, πατάμε το OK.

Βλέπουμε το κυρίως παράθυρο του Relux για πρώτη φορά.





## 5.5 Σχεδίαση του χώρου

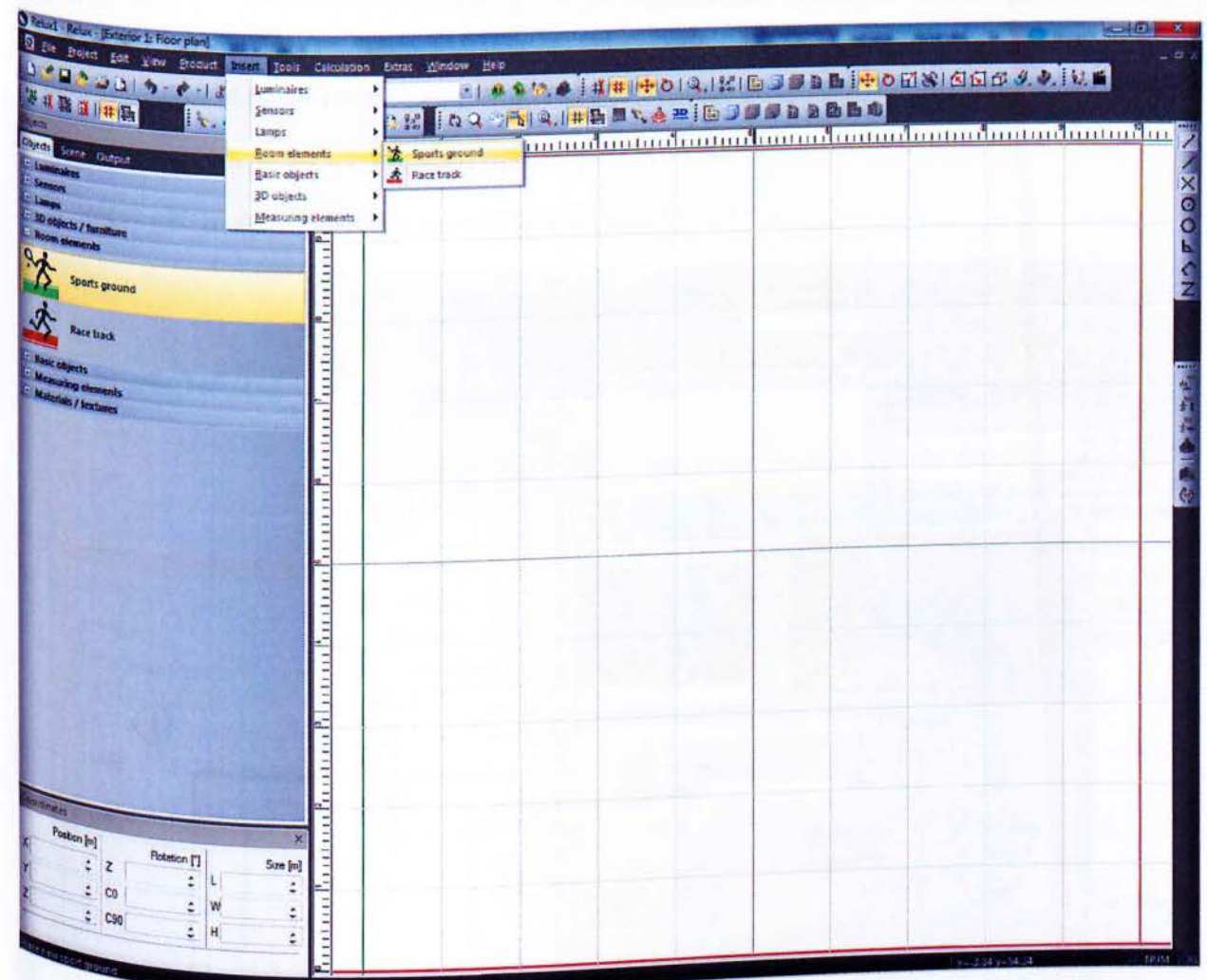
Μπορούμε να διακρίνουμε με έντονο κόκκινο περίγραμμα το επίπεδο αναφοράς που έχουμε ορίσει.

Αυτό δεν είναι άλλο, από το γήπεδο μας με διαστάσεις 105 x 68.

Όμως, το Relux δεν γνωρίζει ακόμα ότι πρόκειται για γήπεδο και πόσο μάλλον ποδοσφαίρου.

Γι' αυτό, η επόμενη μας κίνηση, θα είναι να βάλουμε ένα αθλητικό χώρο μέσα στο δωμάτιο-γήπεδο μας.

Αυτό το επιτυγχάνουμε μέσα από το **Insert > Room Elements > Sports ground**.

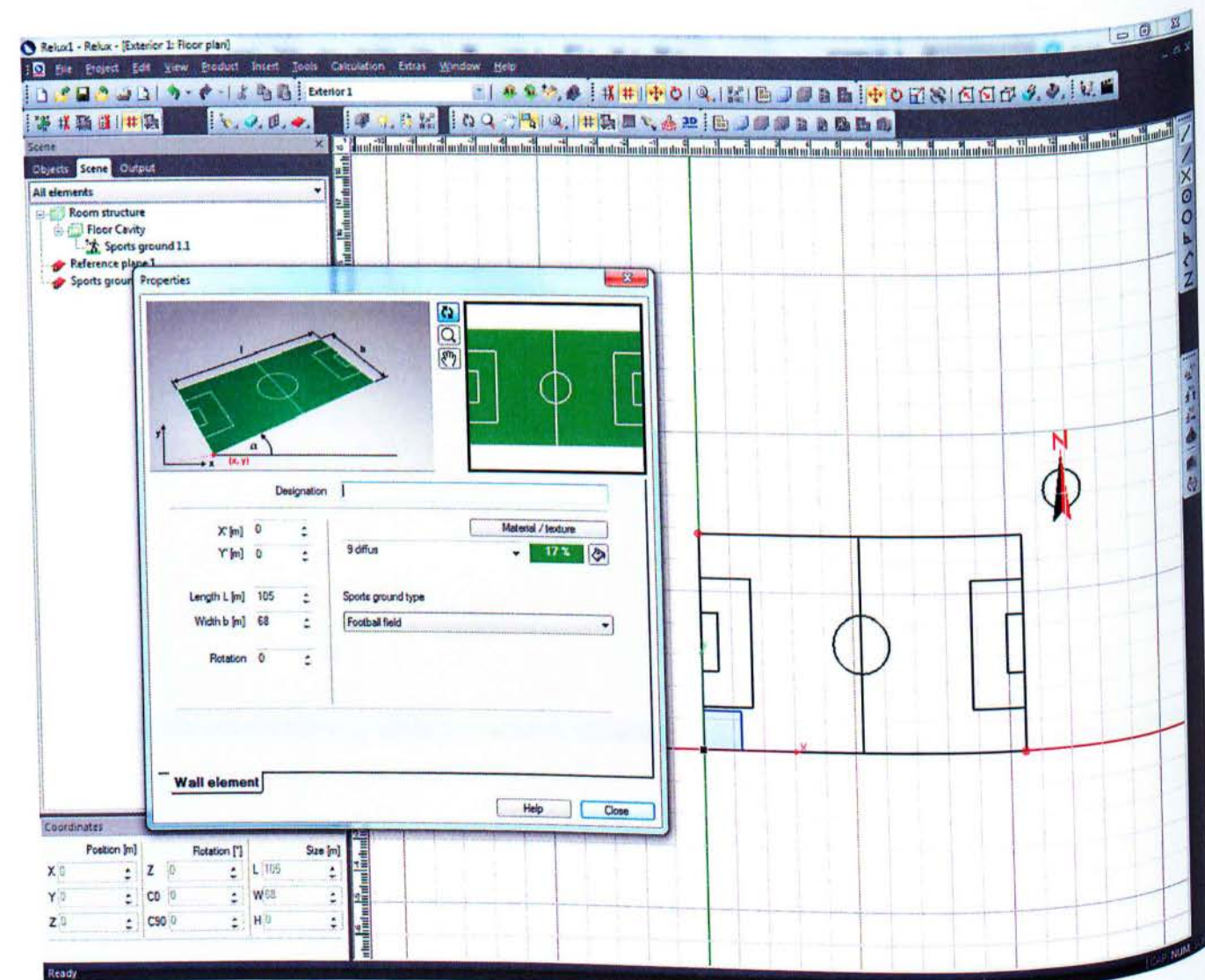


## 5.6 Τοποθέτηση του γηπέδου ποδοσφαίρου στον χώρο

Επιλέγουμε για Sports ground type το Football Field, το οποίο θέτει αυτόματα το υλικό του πατώματος σε Grass με 12 diffus. Αν θέλουμε, μπορούμε να παρακάμψουμε τη συγκεκριμένη τιμή του 12 diffus με άλλη τιμή αν γνωρίζουμε ότι το γρασίδι του γηπέδου έχει διαφορετική τιμή διάχυσης.

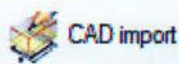
Τοποθετούμε για σημείο εισαγωγής του Sports ground 1.1 το σημείο (0, 0) στα πεδία X'[m] και Y'[m], και το μήκος και πλάτος του στα Length L [m] και Width b [m] αντίστοιχα.

Αν το γήπεδο έχει κλίση, τότε γράφουμε στο πεδίο Rotation, το ποσό των μοιρών που έχει κλίση το γήπεδο σε σχέση πάντα με τον άξονα X και το σημείο (x,y) που ορίσαμε σαν σημείο εισαγωγής, και είναι η κάτω αριστερή γωνία του γηπέδου.





## 5.7 Χρησιμοποιώντας το Cad Import



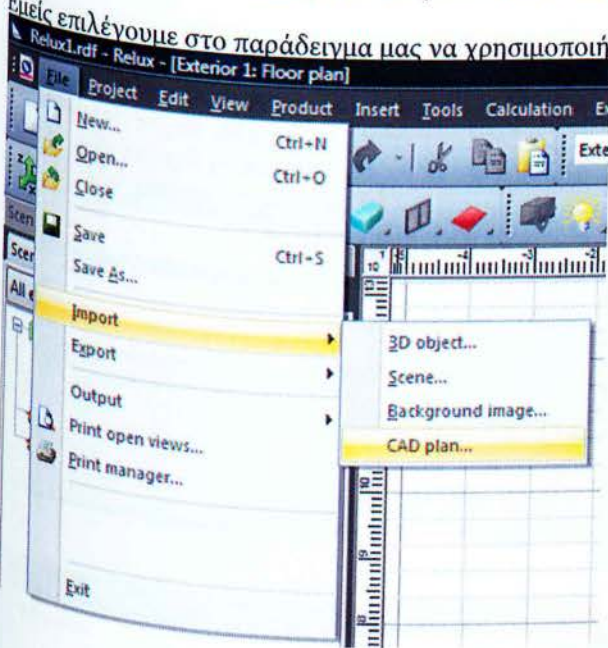
Αφού δείξαμε στο Relux, ότι έχουμε ένα γήπεδο ποδοσφαίρου που ταυτίζεται με την επιφάνεια εργασίας μας, το επόμενο μας βήμα είναι να φτιάξουμε κάπως τα νοητά όρια που έχουμε από τους επίσημους κανονισμούς, για το που μπορούμε και που όχι, να τοποθετήσουμε στύλους και καθ' επέκταση, τα φωτιστικά μας.

Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε ένα άλλο χαρακτηριστικό του Relux, που δεν είναι άλλο από την επιλογή CAD import. Με το CAD import, είμαστε σε θέση να εισάγουμε στο project μας ένα σχέδιο από το AutoCAD της Autodesk. Αφού μπορούμε να clickάρουμε πάνω στο CAD import, αυτόνομη πρέπει να είναι ότι έχουμε εγκατεστημένο στον υπολογιστή μας το AutoCAD και το ειδικό Plug-in που συνδέει τα δύο προγράμματα.

Μπορούμε να εισάγουμε ένα σχέδιο από το AutoCAD με 2 τρόπους.

1. Από το αρχικό μενού του Relux και την επιλογή CAD import,
2. Μέσα από το Relux, μέσω του μενού File > Import > CAD plan...

Εμείς επιλέγουμε στο παράδειγμα μας να χρησιμοποιήσουμε τη δεύτερη επιλογή, ως φυσική συνέχεια του.

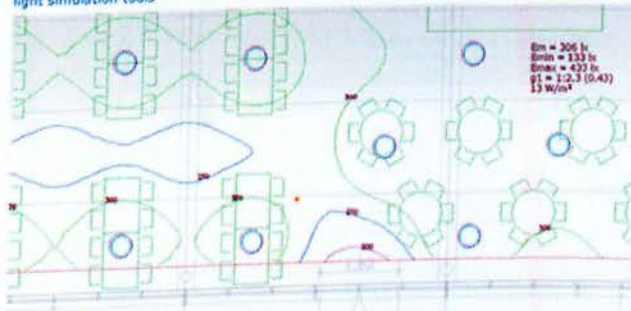


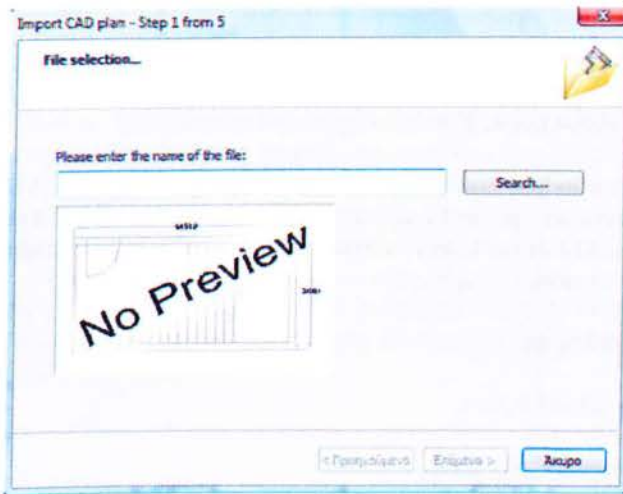
Εισάγουμε λοιπόν από το AutoCAD, το σχέδιο του γηπέδου που πρόκειται να φωτίσουμε, και πιο συγκεκριμένα, το ένα παραλληλόγραμμο με διαστάσεις 105 x 68. Εδώ ας προσθέσουμε, ότι σε ξεχωριστό layer, σοφή επιλογή θα ήταν, να έχουμε τις γωνίες με τα επιτρεπτά όρια που μπορούμε να τοποθετήσουμε ιστούς, που έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Με το Plug-in ReluxCAD, μπορούμε απευθείας από το Autocad, να μεταφέρουμε το σχέδιο στο Relux, και αφού κάνουμε την φωτομετρική μας μελέτη, να μεταφέρουμε στο Autocad τις φωτομετρικές καμπύλες, τα επίπεδα φωτισμού και τα φωτιστικά που χρησιμοποιήσαμε, από το Relux.

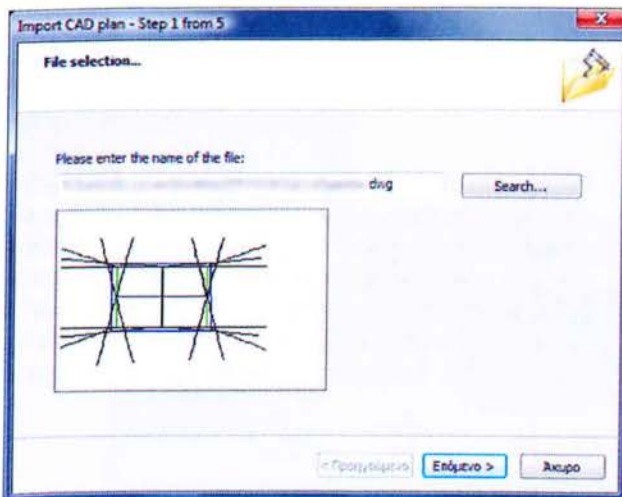
**RELUX**  
light simulation tools

ReluxSuite

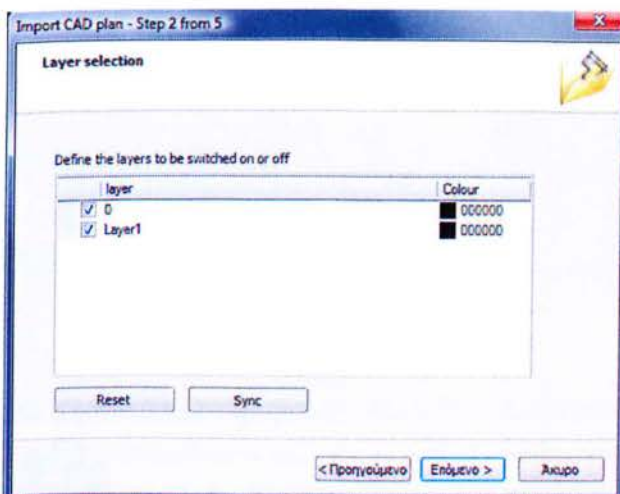


**Βήμα 1/5 :**

Αφού πατήσαμε το CAD plan..., δεν έχουμε παρά να βρούμε το αποθηκευμένο μας σχέδιο και να πατήσουμε το **Επόμενο** >.

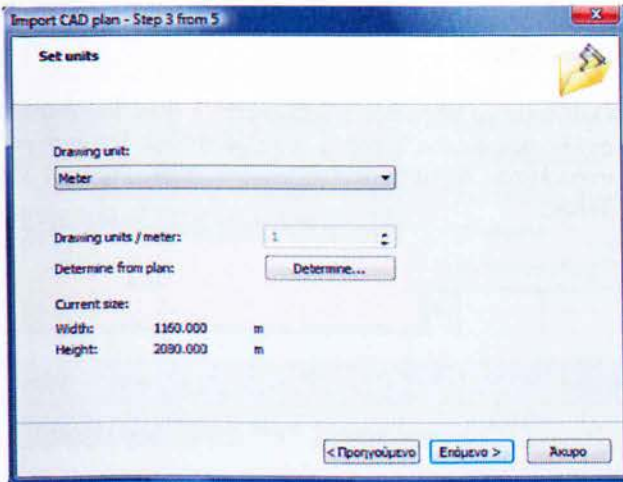
**Βήμα 1/5 :**

Όταν βρούμε το σχέδιο μας, τότε το **preview window** αλλάζει ώστε να έχουμε μια πρόχειρη ιδέα για το αν πράγματι αν είναι αυτό το σχέδιο που θέλαμε. Κάνουμε click στο **Επόμενο** >.

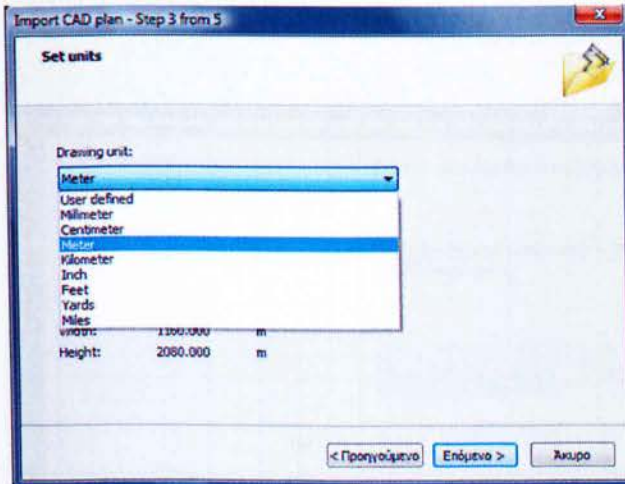
**Βήμα 2/5 :**

Εδώ επιλέγουμε ποια layers θα είναι ενεργά και ποια όχι. Εμείς επιλέγουμε και τα 2 layers να φαίνονται (layer 0 = το γήπεδο, layer 1 = οι γωνίες που ορίζουν τα όρια των ιστών). Να σημειωθεί ότι μπορούμε να επιλέξουμε τα ενεργά layers όποτε θέλουμε μετά.

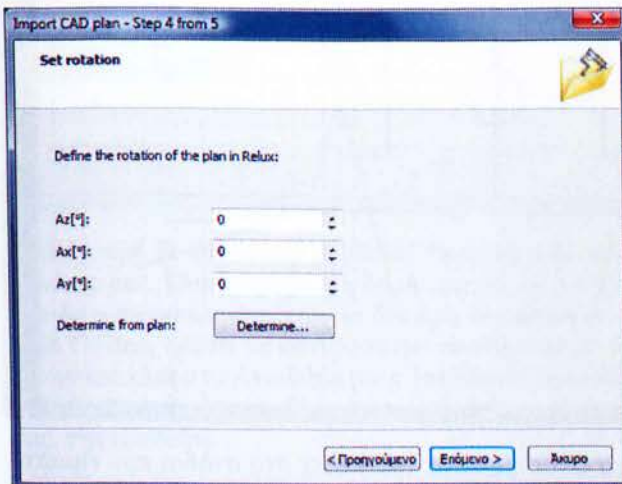


**Βήμα 3/5 :**

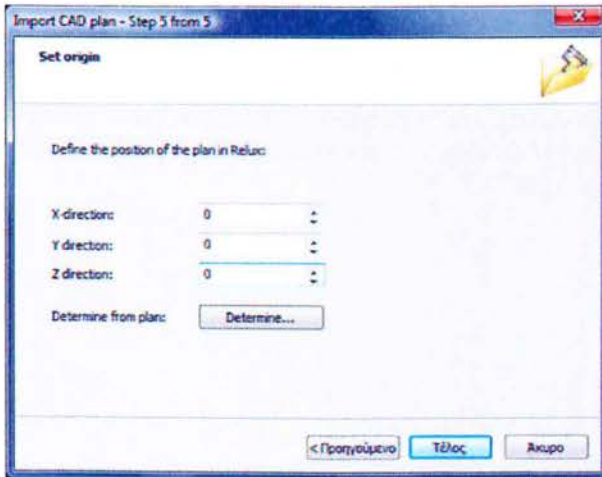
Όρα να επιλέξουμε τη μονάδα μέτρησης για το σχέδιο μας. Από default είναι ρυθμισμένο σε μέτρα (meter), και το αφήνουμε όπως είναι, αφού με μέτρα σχεδιάσαμε το γήπεδο στο AutoCAD. Πατάμε το Επόμενο >.

**Βήμα 3/5 :**

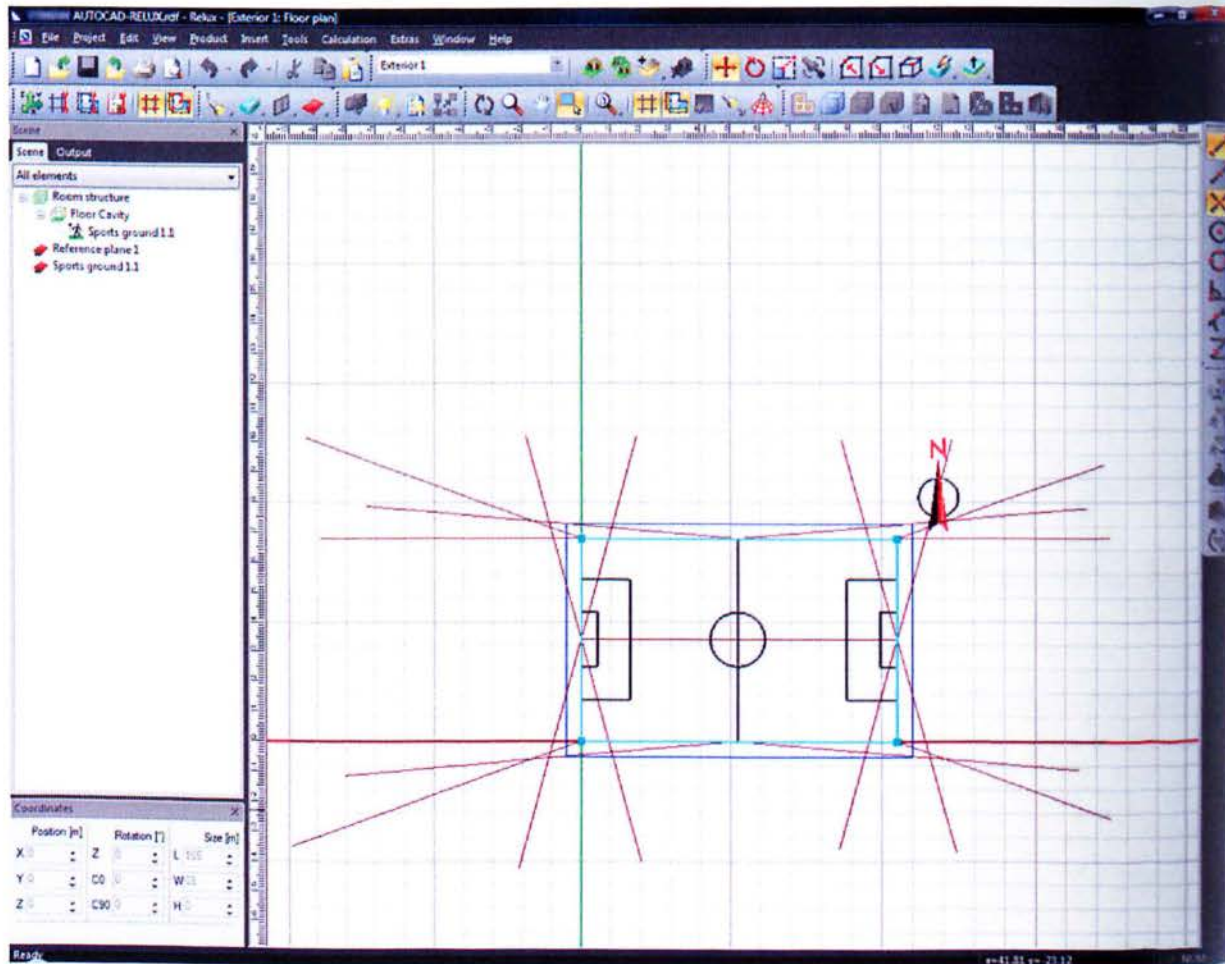
Οι διαθέσιμες επιλογές μας για μονάδα μέτρησης.

**Βήμα 4/5 :**

Ορίζουμε την περιστροφή του σχεδίου στο Relux. Δεν χρειαζόμαστε περιστροφή, οπότε το αφήνουμε στο 0. Πατάμε στο Επόμενο >.

**Βήμα 5/5 :**

Ορίζουμε τη θέση του σχεδίου στο Relux. Επειδή το σχέδιο μας είναι ο “καμβάς” μας, θα το τοποθετήσουμε στο κέντρο, δηλαδή στο (0, 0, 0). Και clickάρουμε το Τέλος.

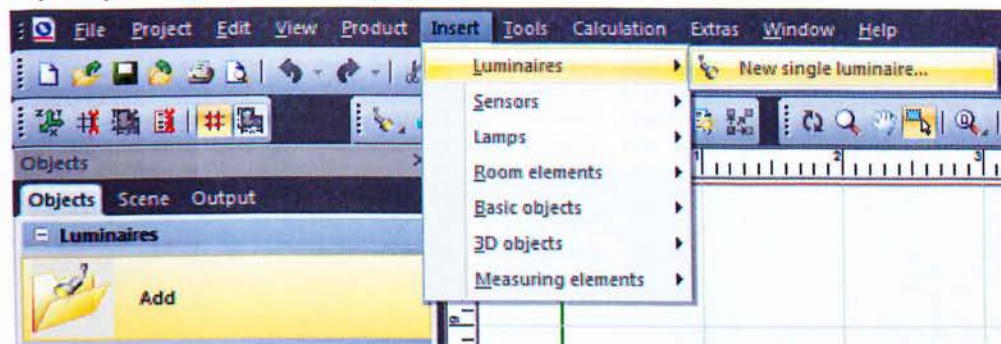


Και κάνοντας όλα τα παραπάνω, κάπως έτσι πρέπει να είναι η εικόνα του Relux στο στάδιο που είμαστε. Με **θαλασσί** χρώμα διαγράφεται ο αγωυστικός χώρος, ενώ όλες οι άλλες γραμμές, είναι οι βοηθητικές γραμμές που αναφέραμε πριν.

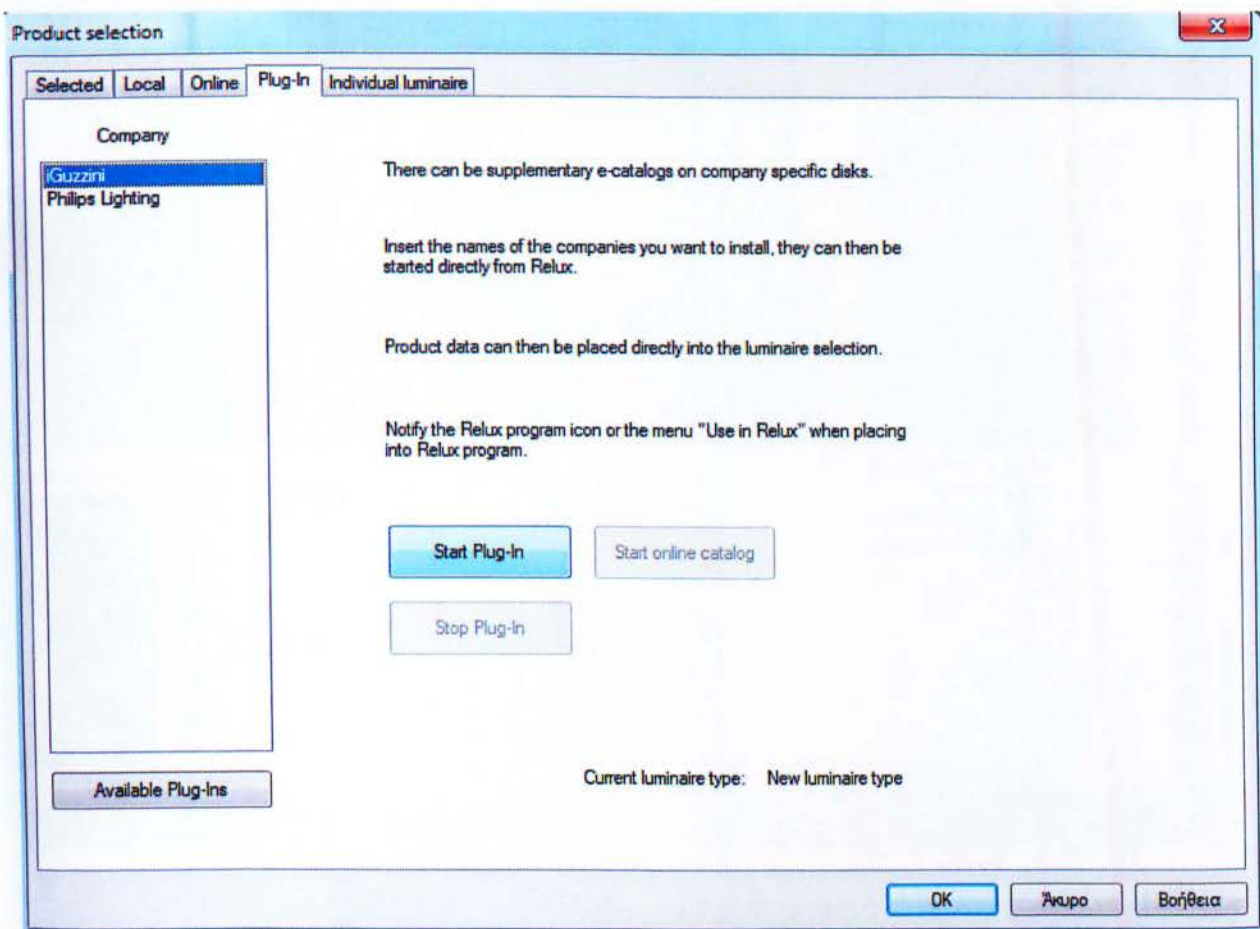


## 5.8 Τοποθετώντας Φωτιστικά

Αφού οριοθετήσαμε την περιοχή μας



Κάνουμε κλικ στο Insert και από το μενού επιλέγουμε Luminaires, και έπειτα το “New single luminaire...”.



Εδώ έχουμε το παράθυρο με τίτλο “Product selection”. Από εδώ μπορούμε να επιλέξουμε φωτιστικά για τις μελέτες μας. Όσον αφορά τη δικιά μας τώρα, θα χρειαστούμε το φωτιστικό *Hatles* της εταιρίας *iGuzzini*. Επειδή η συγκεκριμένη εταιρία δεν έχει τα προϊόντα της προς επιλογή κατευθείαν από το Relux από την καρτέλα Online, πρέπει να κατεβάσουμε το απαραίτητο έξτρα για το Relux. Πάμε οπότε στη καρτέλα Plug-in, και κάνοντας κλικ στο Available plug-ins (Διαθέσιμα plug-ins), μεταφερόμαστε αυτομάτως στην ιστοσελίδα του Relux για τα διαθέσιμα Plug-ins και εγκαθιστούμε το αντίστοιχο της εταιρίας που θέλουμε. Στην περίπτωση μας, της *iGuzzini*.

**iGuzzini Plugin - Relux 2011-04**

Product code number

- Interiors
- Exteriors
  - Wall/ceiling-mounted luminaires
  - Wall-mounted luminaires
  - Wall-mounted luminaires for lumi
  - Bollards for residential/public are
  - Ceiling-recessed luminaires
  - Surface-mounted recessed fittin
  - Ground/floor-recessed luminaire:
  - In-ground spike fittings
  - Ceiling-mounted fittings
  - Floodlights
    - iPro
    - iTeka
    - Lingotto projector
    - MaxiWoody
    - Miniwoody
    - Platea
    - Woody
    - Hatles
      - Luminaire (BE19)
        - Colour (015)
        - Accessories (None)
        - Colour
        - Lamp (L251)
      - Ring
    - Direct lighting systems for urban
    - Indirect lighting systems for urba
    - Wall systems for urban areas
    - Lighting projector systems for u
    - Pendants
    - New Products 2011-2012
    - Specials
    - Out of production
    - Prodotti di prova

Code	Description
BE18	Floodlight 1000W HQI-TS/D/S asymmetrical optic, medium beam (AM)
BE19	Floodlight 1000W MHN-LA asymmetrical optic, medium beam (AM)
BE20	Floodlight 1000W MHN-FC asymmetrical optic, medium beam (AM)
BE21	Floodlight 1000W HQI-TS/D/S asymmetrical optic, narrow beam (AI)
BE22	Floodlight 1000W MHN-LA asymmetrical optic, narrow beam (AI)
BE23	Floodlight 1000W MHN-FC asymmetrical optic, narrow beam (AI)
BE24	Floodlight 1000W HST E40 asymmetrical optic, medium beam (AM)
BE25	Floodlight 1000W HST E40 asymmetrical optic, narrow beam (AI)
BE26	Floodlight 2000W HQI-TS/D/S or MHN-SB asymmetrical optic, medium
BE27	Floodlight 2000W HQI-TS/N/L asymmetrical optic, medium beam (AM)
BE28	Floodlight 2000W MHN-LA asymmetrical optic, medium beam (AM)

Angles

Description	Values	Min	Max
Rotation of light source	0	0	90

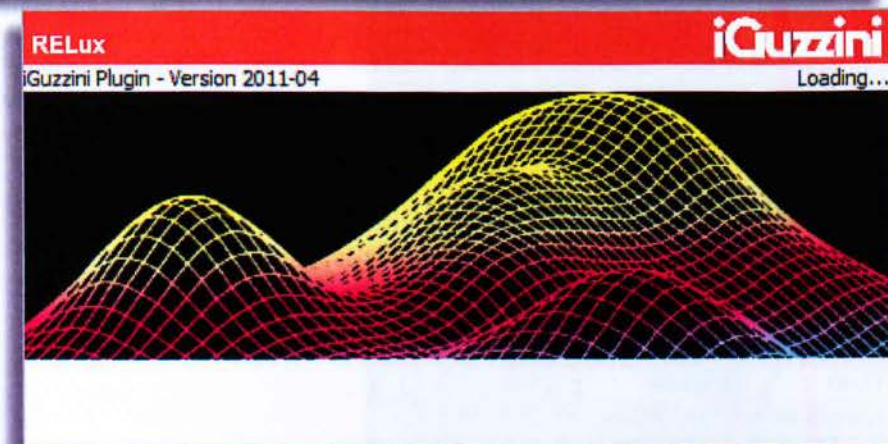
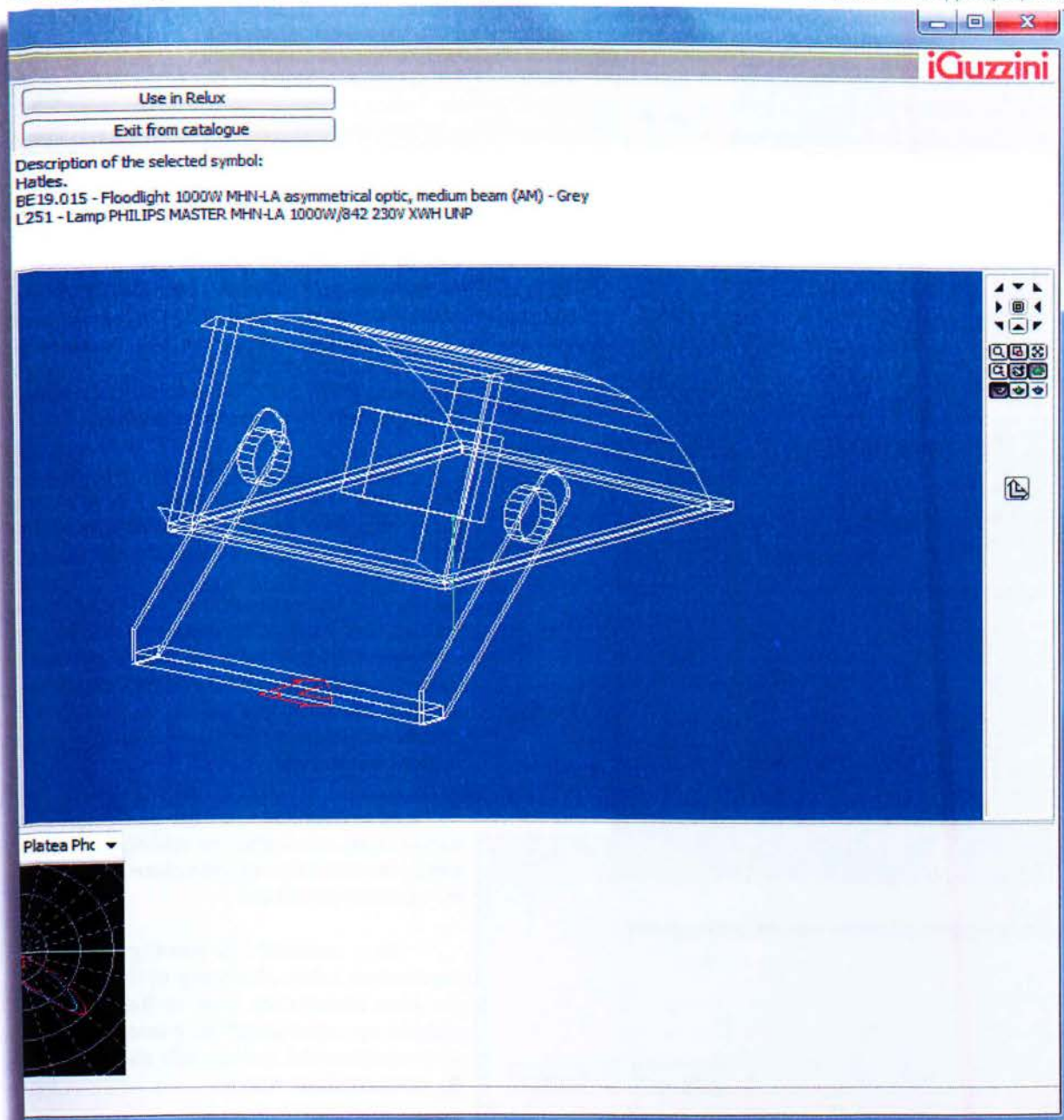
Photograph  Drawing  BE190000.251:

ImageBox

x = -75,11 y = -286,87 z = 515,59

Επιλέγουμε από το μενού του Plug-in, *exterior*(εξωτερικό φωτισμό)► *Floodlights* και από εκεί το *Hatles* που θέλουμε, το BE19. Όπως βλέπουμε στην περιγραφή του, είναι ένα φωτιστικό προβολέας, της τάξεως των 1000W, χρησιμοποιεί λαμπτήρα μεταλλικών αλογόνων (MHN-LA), έχει ασύμμετρη φωτομετρική καμπύλη, και μεσαία δέσμη. Αφού το έχουμε επιλέξει με ένα απλό κλικ, πατάμε το *Use in Relux* και το *Exit from catalogue* για να βγούμε από το plug-in.





The screenshot shows the Relux software interface. The 'Insert' menu is open, showing the path: Insert > Luminaires > Hatles (BE24 1x1045W). The 'Objects' panel on the left shows the 'Luminaires' category selected, with 'Hatles (BE24 1x1045W)' listed. A 'Settings' dialog box is open, with the checkbox 'Fix aiming points of luminaires when changing their position' unchecked. The 'Coordinates' panel at the bottom shows the following data:

Position [m]		Rotation [°]		Size [m]	
X	-45.804	Z	81.408	L	0,775
Y	-36.875	C0	-0,665	W	0,694
Z	17,739	C90	5,063	H	0,543

Το φωτιστικό που διαλέξαμε είναι διαθέσιμο από την καρτέλα Objects, αλλά και από την *Insert > Luminaires > ...*. Κάνοντας κλικ σε οποιαδήποτε από τις δύο, μπορούμε με το ποντίκι να τοποθετήσουμε τα φωτιστικά στις επιθυμητές θέσεις.

Έστω ότι τοποθετούμε το πρώτο φωτιστικό στη θέση (-45.804 , -36.875, 17.739), όπως φαίνεται στην αριστερή εικόνα.

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο του Relux, “κάτω από το πλαίσιο με τίτλο *Coordinates (Συντεταγμένες)* υπάρχει ένα κουμπί με τίτλο “...”

Πατώντας το, εμφανίζεται το παράθυρο *Settings*, στο οποίο μπορούμε να επιλέξουμε αν ή όχι το στοχεύων σημείο του φωτιστικού θα μετακινηθεί όταν το φωτιστικό θα μετακινηθεί. Με αυτό τον τρόπο, το φωτιστικό μπορεί να μετακινηθεί χωρίς να αλλάζει η περιοχή που φωτίζει.

Αυτό είναι χρήσιμο όταν φωτίζουμε ένα αντικείμενο, και πρέπει να αλλάξουμε θέση στο φωτιστικό αλλά το αντικείμενο πρέπει να συνεχίσει να φωτίζεται.

Αν η επιλογή *Fix aiming points of luminaires when changing their position* δεν είναι επιλεγμένη, τότε το Relux δεν θα αλλάξει την περιστροφή του φωτιστικού όταν αυτό μετακινηθεί, και το τόξο κατεύθυνσης θα μετακινηθεί με το φως.”

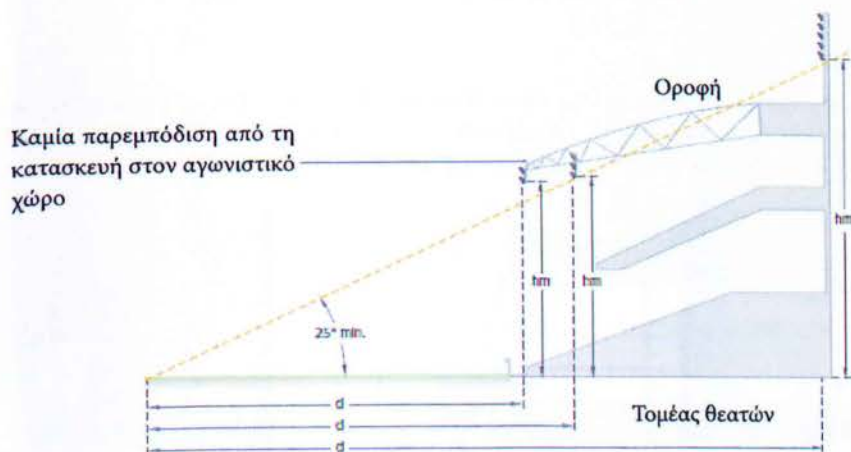
Μπορούμε όμως να στοχεύσουμε τα φωτιστικά μας στα σημεία που θέλουμε με το “*Aim luminaires*” (το οποίο έχει συντόμευση *ctrl+j*), επιλέγοντας το φωτιστικό και μετά το σημείο στόχευσης.



Όσον αφορά το ύψος ανάρτησης των φωτιστικών σωμάτων, θα πρέπει να ανατρέξουμε στο κεφάλαιο 3.4 “Ύψος αναρτήσεως των φωτιστικών” και στο διάγραμμα 1γ. Σύμφωνα με αυτά, το ύψος αναρτήσεως των φωτιστικών σωμάτων θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το γινόμενο της απόστασης τους από το κέντρο του γηπέδου με την εφαπτομένη των 25 μοιρών. Δηλαδή,  $MH \geq d \cdot \tan(25)$ .

Στην περίπτωση μας, η απόσταση των φωτιστικών  $d$  από τη μέση του γηπέδου (αφού η μέση είναι στο  $Y = 0$ ) είναι ίση με το  $Y$  δηλαδή 36,875 m.

Κάνοντας τον υπολογισμό, έχουμε ότι  $MH \geq 36,875 \cdot \tan(25) \rightarrow MH \geq 17,19$  m. Άρα το ύψος ανάρτησης των φωτιστικών θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 17,19 m για τέτοια απόσταση. Εμείς έχουμε αναρτήσει τα φωτιστικά μας σε ύψος μεγαλύτερο (17,739 m), οπότε προχωράμε κανονικά.

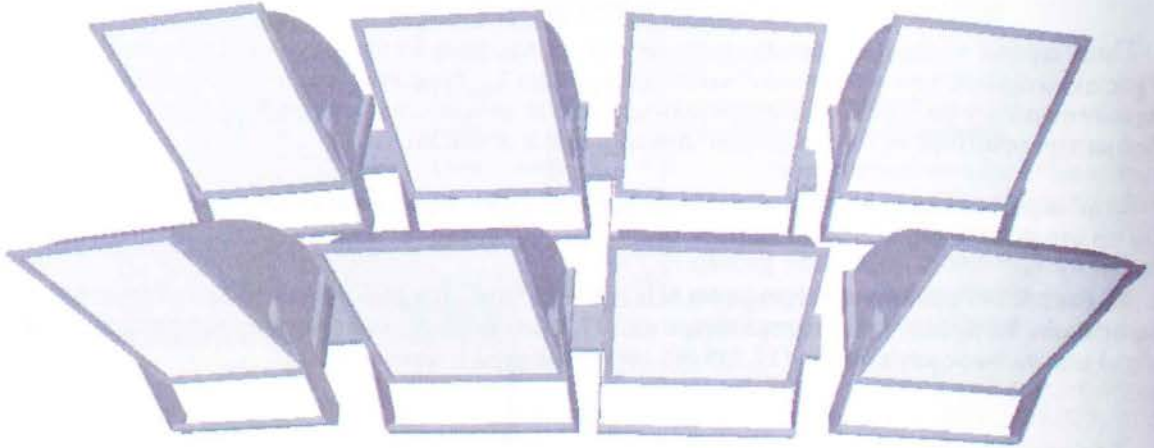


Διάγραμμα 1γ:

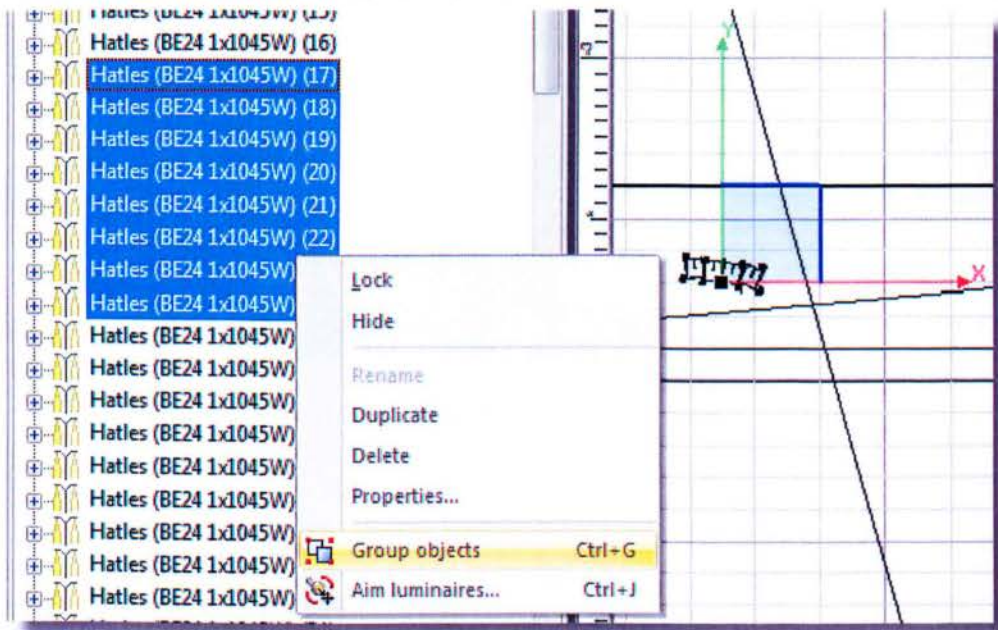
Ύψος ανάρτησης των φωτιστικών εγκαταστάσεων

Mounting height  $\geq 25^\circ$

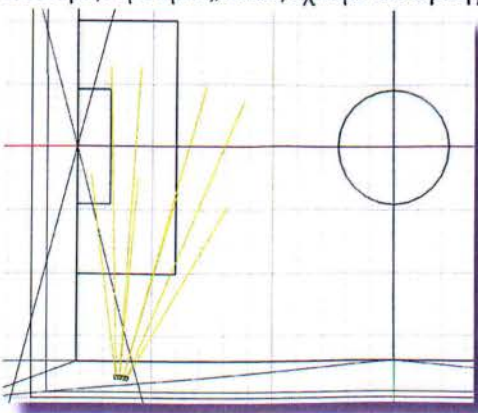
$$hm = d \cdot \tan(25)$$



Για να βάλουμε περισσότερα φωτιστικά, μπορούμε να επαναλάβουμε τα προηγούμενα βήματα, ή να επιλέξουμε το φωτιστικό και με ctrl+click να αντιγράψουμε το φωτιστικό. Με αυτόν τον τρόπο πολλαπλασιάζουμε τα φωτιστικά μέχρι να έχουμε 8 φωτιστικά όπως στην παραπάνω εικόνα.

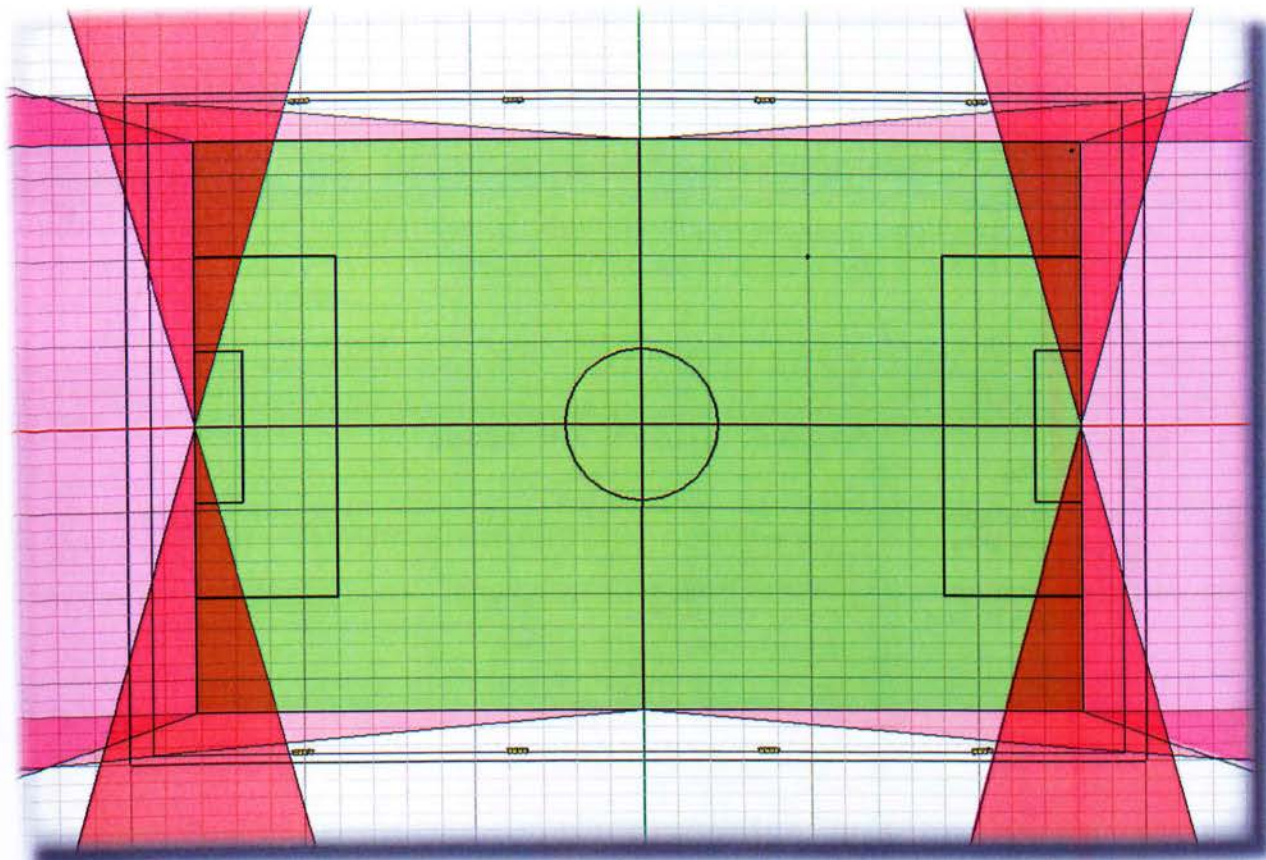


Αν θέλουμε, υπάρχει η επιλογή να ομαδοποιήσουμε τα φωτιστικά σε ένα γκρουπ, επιλέγοντας τα και πατώντας δεξί κλικ, και μετά το group objects από το αναδυόμενο μενού. Αυτό είναι χρήσιμο όταν ο αριθμός των φωτιστικών είναι αρκετά μεγάλος. Αφού τα έχουμε τοποθετήσει στον χώρο, τα στοχεύουμε στα σημεία που ορίζουμε εμείς, όπως έχουμε πει προηγουμένως.

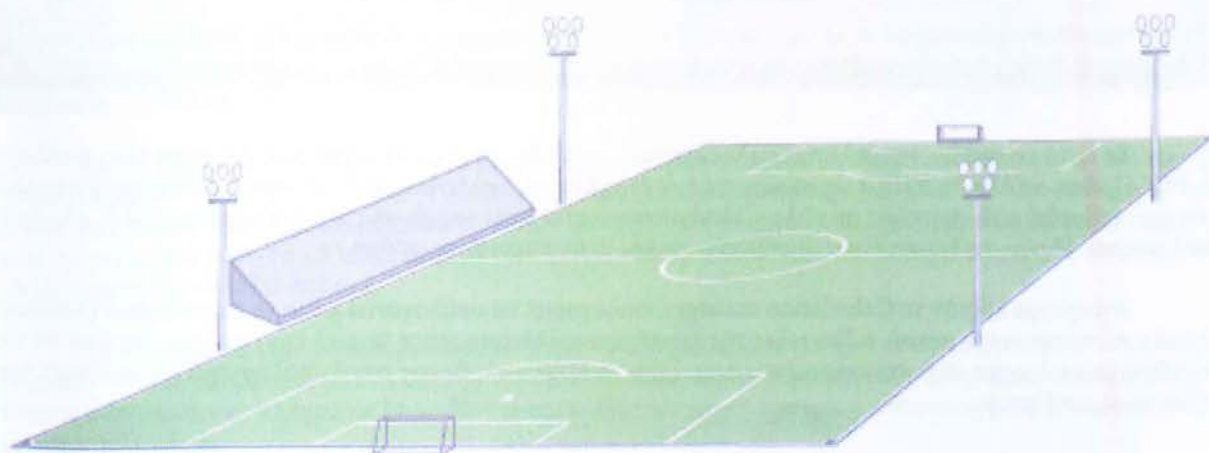


Και φτάνουμε στο διπλανό αποτέλεσμα. Όπου οι κίτρινες γραμμές αντιπροσωπεύουν τις νοητές γραμμές που στοχεύουν τα φωτιστικά.

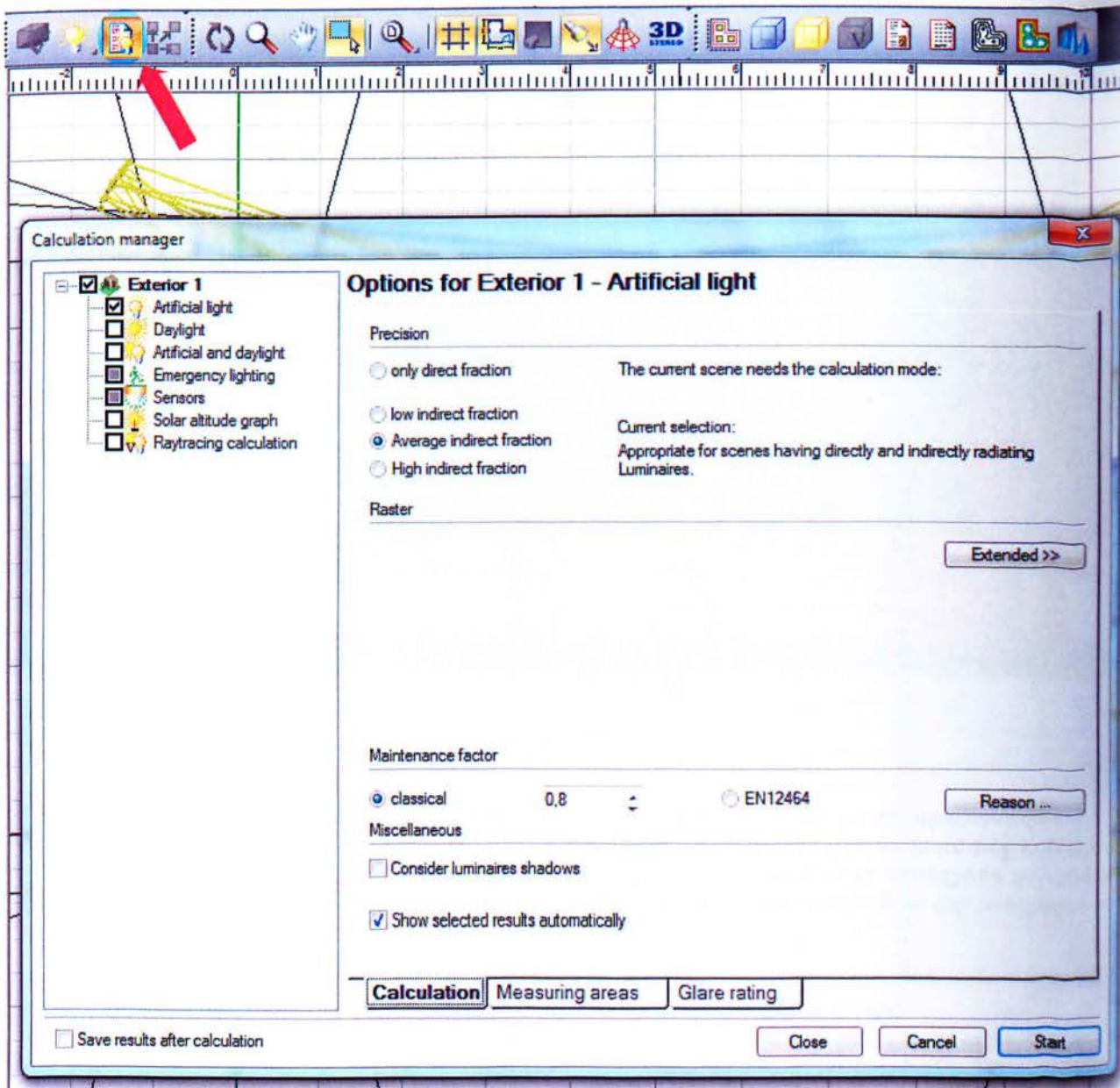




Φροντίζουμε τα σημεία στόχευσης να καλύπτουν ομοιόμορφα τον αγωνιστικό χώρο, ώστε να πετύχουμε όσο γίνεται καλύτερη ομοιομορφία. Μετά από 7 αντιγραφές του αρχικής ομάδας, και περιστρέφοντας τα ώστε να στοχεύουν τα επιθυμητά σημεία, φτάνουμε σε αυτή την εικόνα. Και προχωράμε στους τελικούς υπολογισμούς, για να δούμε αν έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.



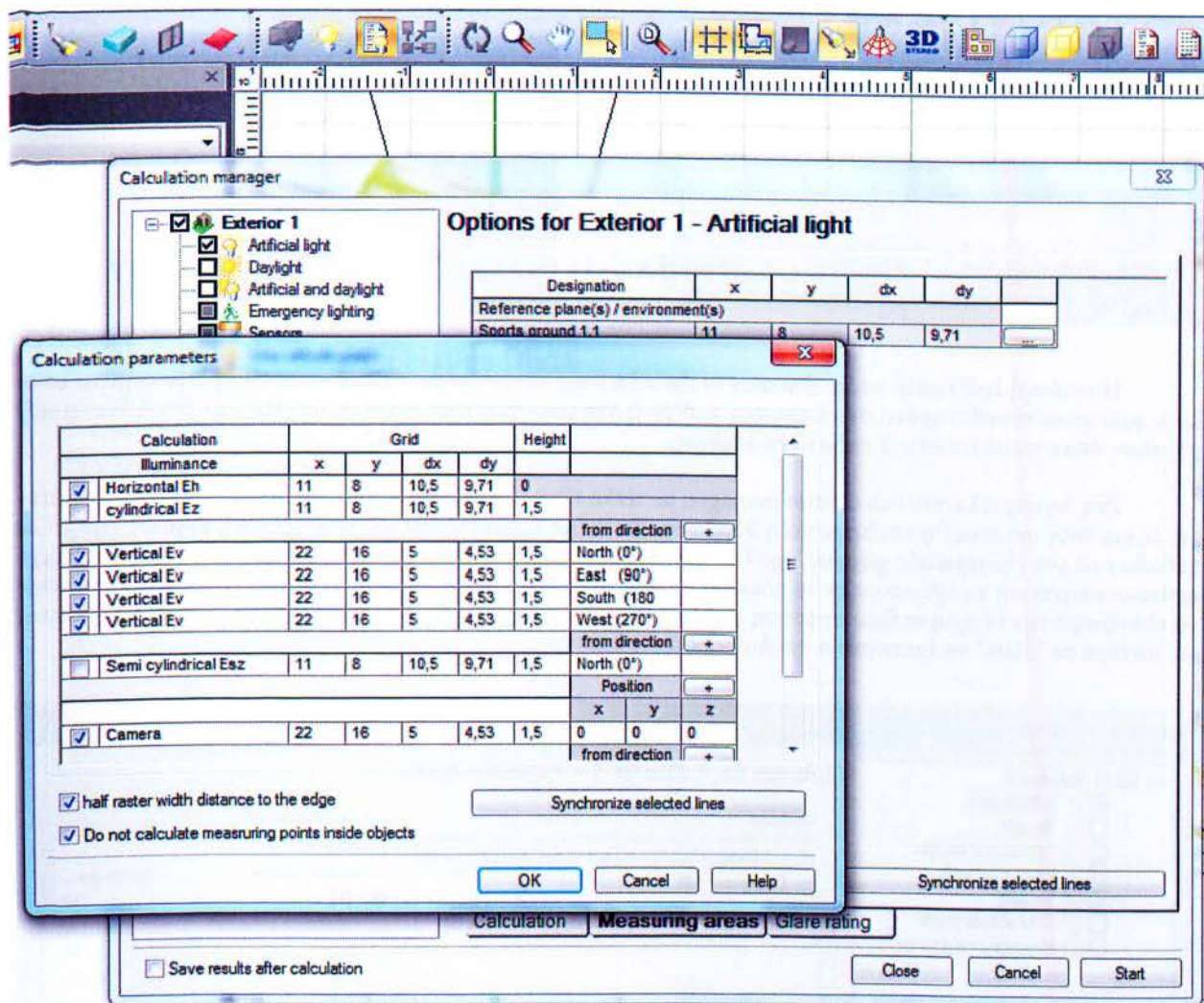
## 5.9 Τελικοί Υπολογισμοί



Σε αυτό το στάδιο της μελέτης, καλούμαστε να καθοδηγήσουμε το Relux πως θα κάνει τους υπολογισμούς. Πρώτα απ'όλα θα πρέπει να ανοίξουμε τον Διαχειριστή Υπολογισμού (Calculation Manager) ο οποίος μπορεί να βρεθεί από τη μπάρα με τίτλο Calculation και επιλέγοντας το από το αναδιώμενο μενού, αλλά και από το εικονίδιο με τη λάμπα όπως υποδικνύουμε και στην παραπάνω εικόνα.

Ανοίγουμε λοιπόν το Calculation manager, επιλέγουμε να υπολογιστεί μόνο το τεχνητό φως (Artificial light) από το αριστερό μενού, ο Συντελεστής Συντήρησης (Maintenance factor) τον οποίο μπορούμε να τον αλλάξουμε αν έχουμε κάτι συγκεκριμένο, ακόμα και να συμπεριλάβουμε στον υπολογισμό και τις σκιες των ίδιων των φωτιστικών.





Στην επόμενη καρτέλα, με τίτλο Measuring areas (Περιοχές Μέτρησης), υπάρχει η μετρήσιμη περιοχή που θα βάλουμε τους εικονικούς μετρητές για να υπολογίσουμε την οριζόντια ένταση φωτισμού  $E_h$  και την κάθετη ένταση  $E_v$ .

Ακόμα, μπορούμε να ορίσουμε σημεία που θα είναι τοποθετημένες οι κάμερες και να δούμε αν είναι αρκετή η ένταση φωτισμού σε αυτά. Επίσης, μπορούμε να κάνουμε το ίδιο και για τον Ενοποιημένο Δείκτη Θάμβωσης (Unified Glare Rating).

Για τα πεδία με άσπρο φόντο, μπορούμε να ορίσουμε τα σημεία υπολογισμού για την "x" και την "y" κατεύθυνση από τις στήλες "x" και "y" αντίστοιχα. Εναλλακτικά, μπορούμε να ορίσουμε την επιθυμητή απόσταση των σημείων υπολογισμού μέσω των "dx" και "dy". Αν βάλουμε έναν αριθμό υπολογιστικών σημείων, τότε η απόσταση τους θα αλλάξει αυτόματα. Ομοίως, αν ορίσουμε τις αποστάσεις, ο αριθμός των σημείων υπολογισμού θα αλλάξει αμέσως.

Αν θέλουμε να υπολογίσουμε παραπάνω από ένα σημεία, τότε μπορούμε να πατήσουμε τα αντίστοιχα κουμπιά "+" και θα εμφανιστεί ένα νέο σημείο υπολογισμού. Για το παράδειγμα μας, έχουμε για την οριζόντια ένταση φωτισμού, ένα πλέγμα με 11 οριζόντια και 8 κάθετα σημεία που έχουν απόσταση μεταξύ τους  $dx = 10.5$  και  $dy = 9.71$  μέτρα.









## Γήπεδο Ποδοσφαίρου 105x68m

Installation : iGuzzini Hatles BE19

Project number :

Customer :

Processed by :

Date : 30.05.2011

The following values are based on exact calculations on calibrated lamps, luminaires and their arrangement. In practice, gradual divergences can occur.

Guarantee claims for luminaire data are excluded.

Relux and the luminaire manufacturers accept no liability for consequential damage and damage which is occasioned to the user or to third parties.

**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

Λίστα περιεχομένων

**Table of contents**

First Page	1
Table of contents	2
<b>1 Luminaire data</b>	
<b>1.1 iGuzzini, Hatles (BE19)</b>	
1.1.1 Data sheet	3
1.1.2 LDC	4
1.1.3 Soellner diagram	5
1.1.4 Luminance chart	6
1.1.5 Glare Rating (UGR)	7
<b>2 Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1</b>	
<b>2.1 Summary, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1</b>	
2.1.1 Result overview, Measuring area (virtual) 1	8
<b>2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1</b>	
2.2.1 Table, Measuring area (virtual) 1 (E)	10
2.2.2 Isolines representation, Measuring area (virtual) 1 (E)	11
2.2.3 Pseudo colours, Measuring area (virtual) 1 (E)	12
2.2.4 3D mountain plot, Measuring area (virtual) 1 (E)	13
2.2.5 3D luminance, View from the back	14
2.2.6 3D luminance, View 2	15
2.2.7 3D luminance, View from the back	16
2.2.8 3D luminance, View from the left	17
2.2.9 3D pseudo colours, View from the back (L)	18
2.2.10 3D pseudo colours, View 2 (L)	19
2.2.11 3D pseudo colours, View from the back (L)	20
2.2.12 3D pseudo colours, View from the left (L)	21
2.2.13 3D pseudo colours, View from the back (E)	22
2.2.14 3D pseudo colours, View 2 (E)	23
2.2.15 3D pseudo colours, View from the back (E)	24
2.2.16 3D pseudo colours, View from the left (E)	25
2.2.17 Glare rating, observer: Goalkeeper	26
2.2.18 Glare rating, observer: GR 2	27
2.2.19 Glare rating, observer: Centre	28
2.2.20 Glare rating, observer: Corner	29



**RELUX®**  
light simulation tools

## 1 Luminaire data

### 1.1 iGuzzini, Hatles (BE19)

#### 1.1.1 Data sheet

Πληροφορίες για το φωτιστικό που χρησιμοποιήσαμε στη μελέτη μας από την κατασκευάστρια εταιρία.

**Manufacturer:** iGuzzini

#### **BE19 Hatles**

Asymmetrical light luminaire, designed to use 1000W MHN-LA long arc metal halide lamps, with medium beam optic. Die-cast aluminium body painted with aluminium grey metallic powder RAL 9007, with sandblasting and chromating, corrosion-resistant. Stainless steel cover closing clips, with safety fastener. Polyamide electric connection box, complete with ignitor and PG16 cable gland suitable for cables with 10-16mm diameter. The thick reflector can withstand bad weather and is made of 99.85% super-pure aluminium, plated, polished and anodised, with medium beam asymmetrical emission (AM). Ceramic lamp supports with stainless steel retaining spring and nickel-plated brass contacts. Nickel-plated copper internal cables with 1.5-4 mm<sup>2</sup> cross-section and THT silicone coating. Painted steel bracket with graduated scale for aiming. Silicone seal. LCP automatic line circuit breaker. 5mm thick extra-clear thermally tempered sodium-calcium safety glass. Stainless steel glass closing springs. Polyamide IP66 patented anti-vacuum device. External bolts and screws made of A2 stainless steel. The luminaire technical features conform to EN-60598-1 standards and particular requirements.

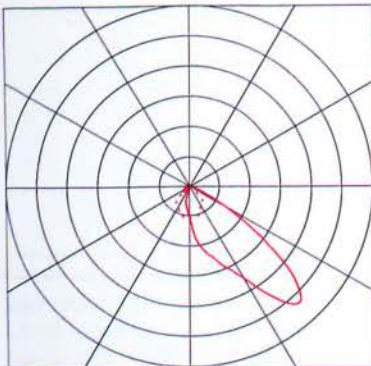
BE19.015 - Floodlight 1000W MHN-LA asymmetrical optic, medium beam (AM) - Grey  
L315 - Lamp PHILIPS MASTER MHN-LA 1000W/956 230V XWH UNP

#### **Luminaire data**

Luminaire efficiency	: 89%
Luminaire efficacy	: 76.65 lm/W
Classification	: A40 ? 100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes	: 49 94 100 100 89
Control gear	:
System power	: 1045 W
Length	: 490 mm
Width	: 565 mm

#### **Equipped with**

Quantity	: 1
Designation	: PHILIPS MASTER MHN-LA
Power	: 1045 W
Colour	: 5600
Luminous flux	: 90000 lm



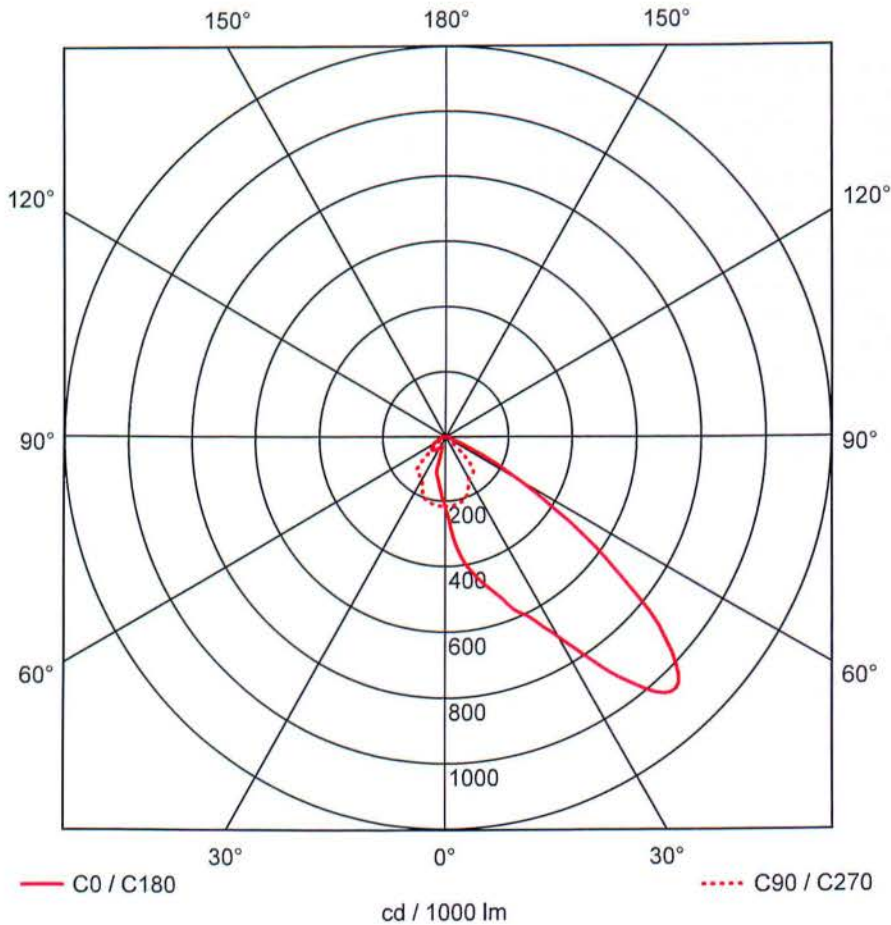
# RELUX®

light simulation tools

## 1.1 iGuzzini, Hatles (BE19)

### 1.1.2 LDC

Φωτομετρική καμπύλη του φωτιστικού ως προς τους άξονες C0 / C180 και C90/ C270



	C0	C90	C180
0°	214	214	214
5°	310	215	170
10°	404	211	135
15°	468	206	100
20°	532	197	31
25°	606	172	35
30°	710	152	42
35°	868	144	49
40°	1021	140	56
45°	1032	97	59
50°	832	35	56
55°	533	21	48
60°	273	12	37
65°	102	7	25
70°	13	4	16
75°	4	2	9
80°	1	1	4
85°	0	0	1
90°	0	0	0
	cd / 1000 lm		

Manufacturer : iGuzzini  
 Order number : BE19  
 Luminaire name : Hatles  
 Equipment : 1 x PHILIPS MASTER MHN-LA 1000  
 Dimensions : L 490 mm x W 565 mm x H 0.0 mm  
 File name : SOURCE\_1.ltd

Efficiency factor : 89%  
 Luminaire efficacy : 76.65 lm/W (A40)  
 Light distribution : asymmetric  
 Beam Angle : 54.1° C0  
 -- C90  
 -- C180  
 -- C270



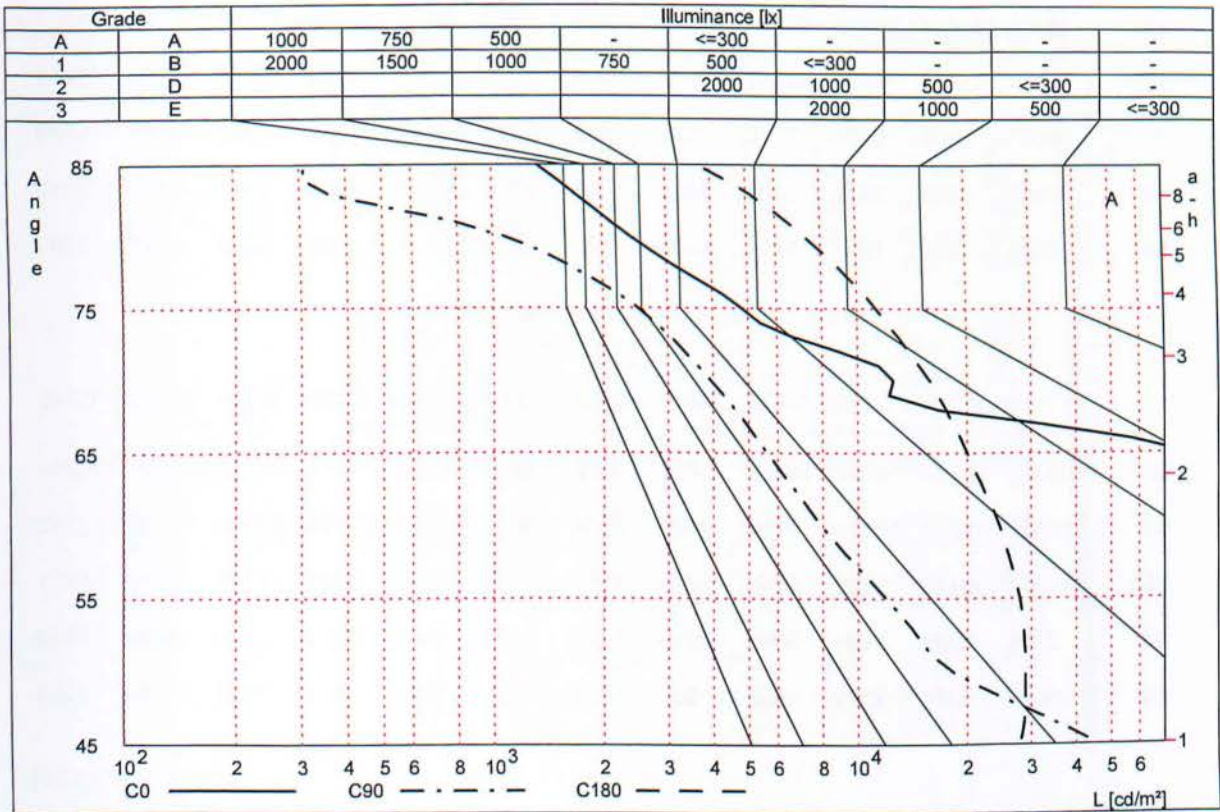
# RELUX®

light simulation tools

## 1.1 iGuzzini, Hatles (BE19)

### 1.1.3 Soellner diagram

Διάγραμμα Soellner για τη θάμβωση του φωτιστικού



Manufacturer : iGuzzini  
 Order number : BE19  
 Luminaire name : Hatles  
 Equipment : 1 x PHILIPS MASTER MHN-LA 1000\  
 Dimensions : L 490 mm x W 565 mm x H 0.0 mm  
 File name : SOURCE\_1.ltd

Efficiency factor : 89%  
 Luminaire efficacy : 76.65 lm/W (A40)  
 Light distribution : asymmetric  
 Beam Angle : 54.1° C0  
 -- C90  
 -- C180  
 -- C270

**RELUX®**  
light simulation tools

## 1.1 iGuzzini, Hatles (BE19)

### 1.1.4 Luminance chart

Πίνακας λαμπρότητας

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165
65°	80924	10124	[132753]	67364	34441	11858	5620	3839	5715	10635	16202	19757
70°	12517	13112	18406	30898	21039	5914	3926	2848	4199	7814	12131	15216
75°	4801	5291	5530	7740	7086	2548	2490	2160	3276	5399	8225	10449
80°	2399	2503	2436	3301	2885	1093	1083	1347	2269	3391	5134	6542
85°	1329	1356	1262	1450	1296	820	308	674	998	1605	2312	3281

	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
65°	20002	19757	16202	10635	5715	3839	5620	11858	34441	67364	[132753]	101240
70°	15781	15216	12131	7814	4199	2848	3926	5914	21039	30898	18406	13112
75°	11299	10449	8225	5399	3276	2160	2490	2548	7086	7740	5530	5291
80°	7256	6542	5134	3391	2269	1347	1083	1093	2885	3301	2436	2503
85°	3680	3281	2312	1605	998	674	308	820	1296	1450	1262	1356

Luminance [cd/m<sup>2</sup>]

Manufacturer	: iGuzzini	Efficiency factor	: 89%
Order number	: BE19	Luminaire efficacy	: 76.65 lm/W (A40)
Luminaire name	: Hatles	Light distribution	: asymmetric
Equipment	: 1 x PHILIPS MASTER MHN-LA 1000\	Beam Angle	: 54.1° C0
Dimensions	: L 490 mm x W 565 mm x H 0.0 mm		– C90
File name	: SOURCE_1.Idt		– C180
			– C270



# RELUX®

light simulation tools

## 1.1 iGuzzini, Hatles (BE19)

### 1.1.5 Glare Rating (UGR)

#### Πίνακας θάμβωσης

Reflectance of											
Ceiling	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	
Walls	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	
Floor Cavity	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
Room dimension		Viewed crosswise					Viewed endwise				
x	y										
2H	2H	37.1	38.6	37.4	38.9	39.3	25.4	27.0	25.8	27.3	27.6
	3H	37.0	38.4	37.4	38.7	39.1	25.3	26.7	25.7	27.1	27.4
	4H	36.9	38.3	37.3	38.6	39.0	25.3	26.6	25.7	26.9	27.3
	6H	36.9	38.1	37.3	38.5	38.9	25.2	26.4	25.7	26.8	27.2
	8H	36.9	38.0	37.3	38.4	38.8	25.2	26.3	25.6	26.7	27.1
	12H	36.8	37.9	37.2	38.3	38.7	25.1	26.2	25.6	26.6	27.0
4H	2H	37.0	38.3	37.4	38.7	39.0	27.5	28.8	27.9	29.2	29.6
	3H	36.9	38.0	37.3	38.4	38.8	27.5	28.6	27.9	28.9	29.3
	4H	36.9	37.9	37.3	38.3	38.7	27.5	28.4	27.9	28.8	29.2
	6H	36.8	37.7	37.3	38.1	38.5	27.4	28.2	27.8	28.6	29.1
	8H	36.8	37.6	37.3	38.0	38.5	27.3	28.1	27.8	28.5	29.0
	12H	36.8	37.5	37.2	37.9	38.4	27.3	28.0	27.8	28.5	29.0
8H	4H	36.8	37.6	37.3	38.0	38.5	27.3	28.1	27.8	28.6	29.0
	6H	36.7	37.3	37.2	37.8	38.3	27.2	27.9	27.7	28.4	28.9
	8H	36.7	37.2	37.2	37.8	38.2	27.3	27.8	27.8	28.3	28.8
	12H	36.7	37.1	37.2	37.6	38.1	27.2	27.7	27.7	28.2	28.7
12H	4H	36.8	37.5	37.3	37.9	38.4	27.3	28.0	27.8	28.5	29.0
	6H	36.7	37.2	37.2	37.8	38.2	27.3	27.8	27.8	28.3	28.8
	8H	36.7	37.1	37.2	37.6	38.1	27.2	27.7	27.7	28.2	28.7

Distance between luminaires: 0.25

Due to missing symmetry characteristics the values apply only to the indicated line of sight.

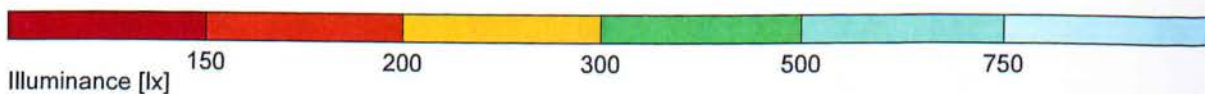
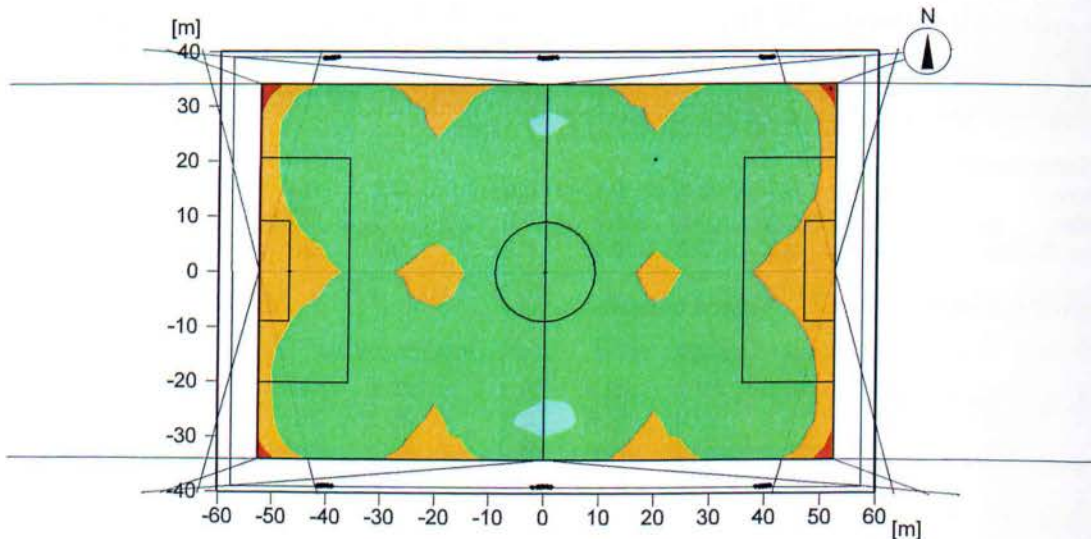
Manufacturer	: iGuzzini	Efficiency factor	: 89%
Order number	: BE19	Luminaire efficacy	: 76.65 lm/W (A40)
Luminaire name	: Hatles	Light distribution	: asymmetric
Equipment	: 1 x PHILIPS MASTER MHN-LA 1000\	Beam Angle	: 54.1° C0
Dimensions	: L 490 mm x W 565 mm x H 0.0 mm		– C90
File name	: SOURCE_1.ltd		– C180
			– C270

## 2 Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.1 Summary, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

#### 2.1.1 Result overview, Measuring area (virtual) 1

Η σημαντικότερη σελίδα της μελέτης, καθώς όλα τα γενικά αποτελέσματα της μέτρησης είναι εδώ.



#### General

Calculation algorithm used High indirect fraction  
 Height of evaluation surface -0.00 m  
 Maintenance factor 0.80

Total luminous flux of all lamps 5040000 lm ← Συνολικά λούμεν όλων των λαμπτήρων  
 Total power 58520 W ← Συνολική ισχύς  
 Total power per area (9600.00 m<sup>2</sup>) 6.10 W/m<sup>2</sup> ← Συνολική ισχύς /m<sup>2</sup>

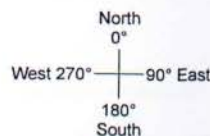
#### Illuminance

Average illuminance Eav 354 lx ← Μέση ένταση φωτισμού  
 Minimum illuminance Emin 215 lx ← Ελάχιστη ένταση φωτισμού  
 Maximum illuminance Emax 538 lx ← Μέγιστη ένταση φωτισμού  
 Uniformity g1 Emin/Em 1:1.65 (0.61) ← Ομοιομορφία U1  
 Uniformity g2 Emin/Emax 1:2.5 (0.4) ← Ομοιομορφία U2

#### Observer GR

Lve = 0.99 cd/m<sup>2</sup>, Ehav(MF:1.0) = 442 lx, ρ = 20 %

No.	Description	Position	Max GR	Direction
1	Goalkeeper	-47 m/0 m/1.2 m	44.4	11° (-2°)
2	GR 2	20 m/20 m/1.2 m	40	162° (-2°)
3	Centre	0 m/0 m/1.2 m	45.4	North (0°) (-2°)
4	Corner	51.5 m/33 m/1.2 m	37.7	189° (-2°)



#### Type No. \ Make

4 56 **iGuzzini**  
 Order No. : BE19  
 Luminaire name : Hatles  
 Equipment : 1 x PHILIPS MASTER MHN-LA 1000W/956 230V XWH UNP 1045 W / 90000 lm

“Παρατηρητές” για θάμβωση (όπου max GR ≤ 50)

Σύντομη περιγραφή των φωτιστικών που χρησιμοποιήσαμε και ποσότητα τους



**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2 Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάση 1

#### 2.2.1 Table, Measuring area (virtual) 1 (E)

Πίνακας έντασης φωτισμού στην επιφάνεια μέτρησης

65	(215)	327	405	410	344	293	278	286	337	421	450	428	344	291	281	298	348	421	425	341	223
60	271	399	487	477	393	321	284	314	389	485	531	494	398	321	289	326	398	485	503	415	282
55	284	389	451	459	405	342	308	337	401	464	483	472	411	348	315	348	412	470	463	402	295
50	283	369	413	425	398	349	326	349	393	430	443	436	404	358	334	356	406	438	426	381	296
45	275	340	376	383	372	340	330	341	372	392	404	396	379	348	336	346	380	395	387	350	285
40	257	309	337	346	337	321	315	323	340	358	364	361	345	328	319	325	342	352	342	313	262
35	240	282	305	315	311	304	298	306	318	330	333	331	321	309	301	308	315	318	306	282	241
30	236	273	295	305	302	297	291	300	310	320	324	322	313	303	293	300	304	306	295	272	234
25	245	285	307	315	309	301	295	303	317	330	335	333	321	308	298	303	310	314	305	281	239
20	266	316	341	345	331	313	309	318	340	360	368	363	343	321	313	318	333	344	337	310	258
15	290	352	383	385	363	331	323	338	371	398	409	403	376	341	329	337	365	382	377	343	278
10	302	382	424	427	393	342	321	351	405	436	453	445	409	354	328	350	399	421	416	370	287
5	300	407	461	470	412	336	306	347	421	477	496	491	428	350	313	346	414	460	453	393	285
	288	425	496	484	399	320	284	324	410	510	(538)	517	416	331	289	323	400	482	486	408	273
	235	349	424	417	346	289	272	289	355	442	474	448	360	298	275	288	346	413	410	334	220
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100										

illuminance [lx]

- Μέγιστη ένταση φωτισμού
- Ελάχιστη ένταση φωτισμού

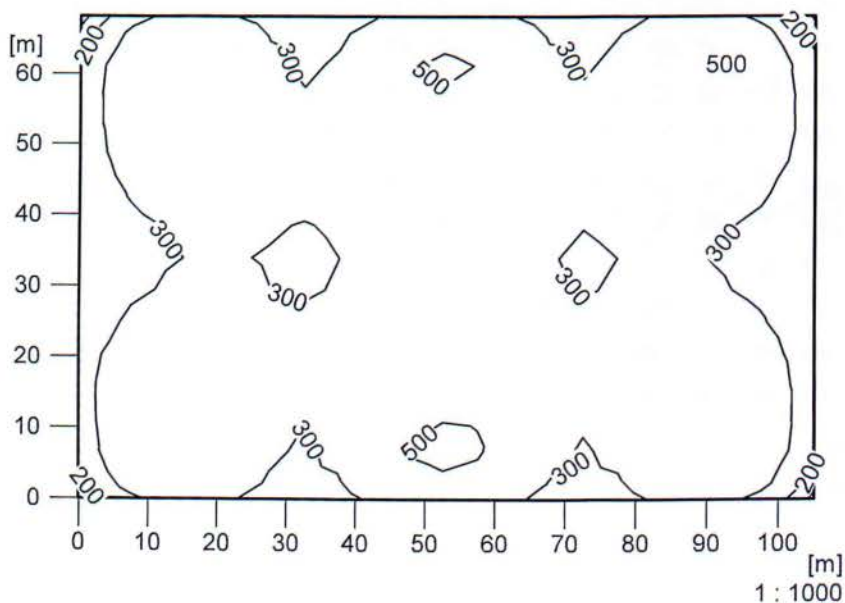
Height of the reference plane	:	-0.00 m
Average illuminance	Eav	: 354 lx
Minimum illuminance	Emin	: 215 lx
Maximum illuminance	Emax	: 538 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	: 1 : 1.65 (0.61)
Uniformity g2	Emin/Emax	: 1 : 2.50 (0.40)

**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.2 Isolines representation, Measuring area (virtual) 1 (E)

Αναπαράσταση των περιοχών  
διαφορετικής έντασης φωτισμού με  
isolines



Illuminance [lx]

Height of the reference plane		: -0.00 m
Average illuminance	Eav	: 354 lx
Minimum illuminance	Emin	: 215 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub>	: 538 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	: 1 : 1.65 (0.61)
Uniformity g2	Emin/E <sub>max</sub>	: 1 : 2.50 (0.40)

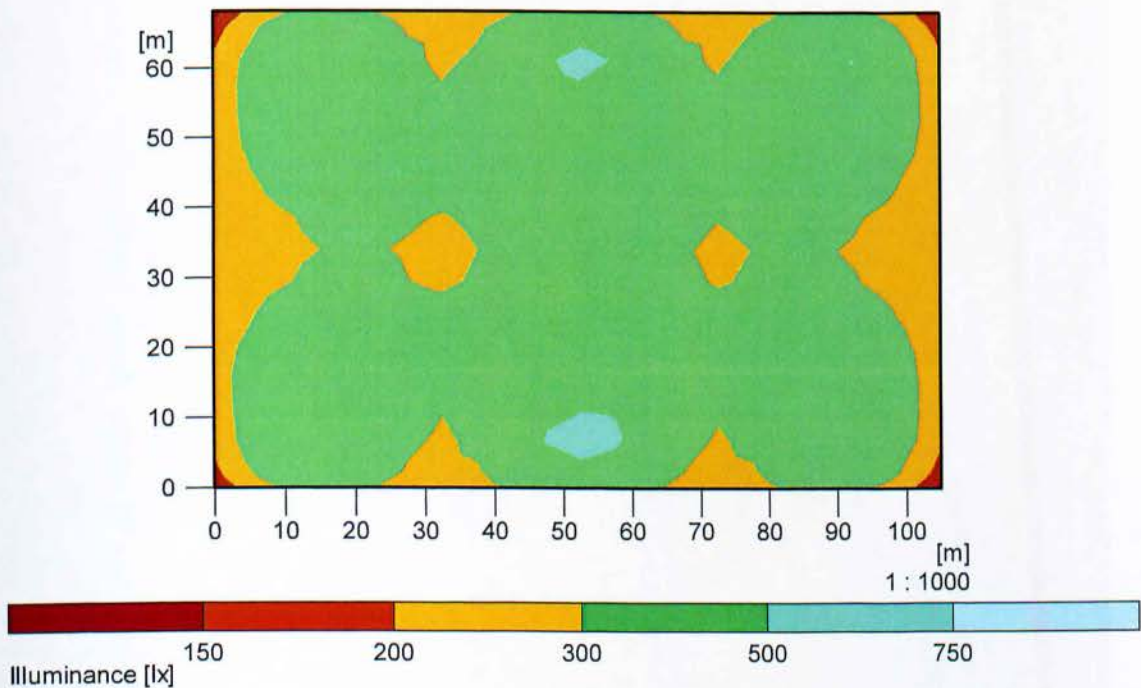


**RELUX®**  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.3 Pseudo colours, Measuring area (virtual) 1 (E)

Αναπαράσταση των περιοχών διαφορετικής έντασης φωτισμού με "ψευδο - χρώματα"



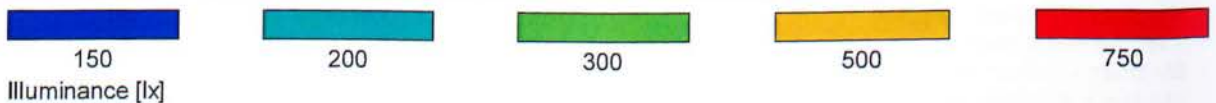
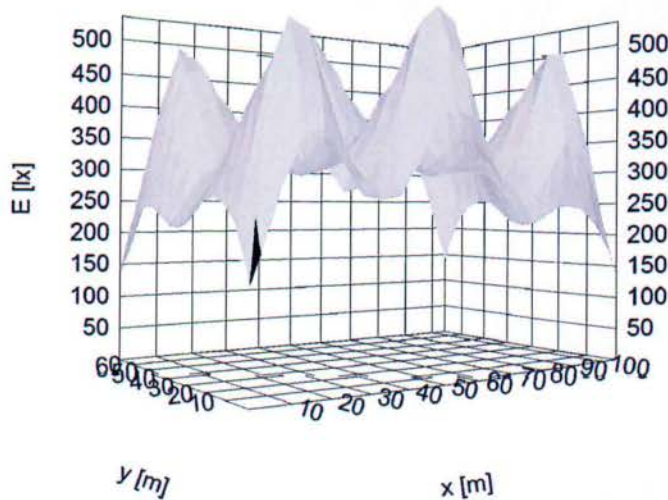
Height of the reference plane	: -0.00 m
Average illuminance	Eav : 354 lx
Minimum illuminance	Emin : 215 lx
Maximum illuminance	Emax : 538 lx
Uniformity g1	Emin/Eav : 1 : 1.65 (0.61)
Uniformity g2	Emin/Emax : 1 : 2.50 (0.40)



## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.4 3D mountain plot, Measuring area (virtual) 1 (E)

Αναπαράσταση των περιοχών διαφορετικής έντασης φωτισμού με τρισδιάστατο γράφημα



Average illuminance  
 Minimum illuminance  
 Maximum illuminance  
 Uniformity g1  
 Uniformity g2

$E_{av}$  : 354 lx  
 $E_{min}$  : 215 lx  
 $E_{max}$  : 538 lx  
 $E_{min}/E_{av}$  : 1 : 1.65 (0.61)  
 $E_{min}/E_{max}$  : 1 : 2.50 (0.40)



Τρισδιάστατη απεικόνιση του χώρου

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.5 3D luminance, View from the back



Luminance in the scene

Minimum: : 0.08 cd/m<sup>2</sup>

Maximum: : 2910 cd/m<sup>2</sup>

**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.6 3D luminance, View 2



Luminance in the scene

Minimum: : 0.08 cd/m<sup>2</sup>

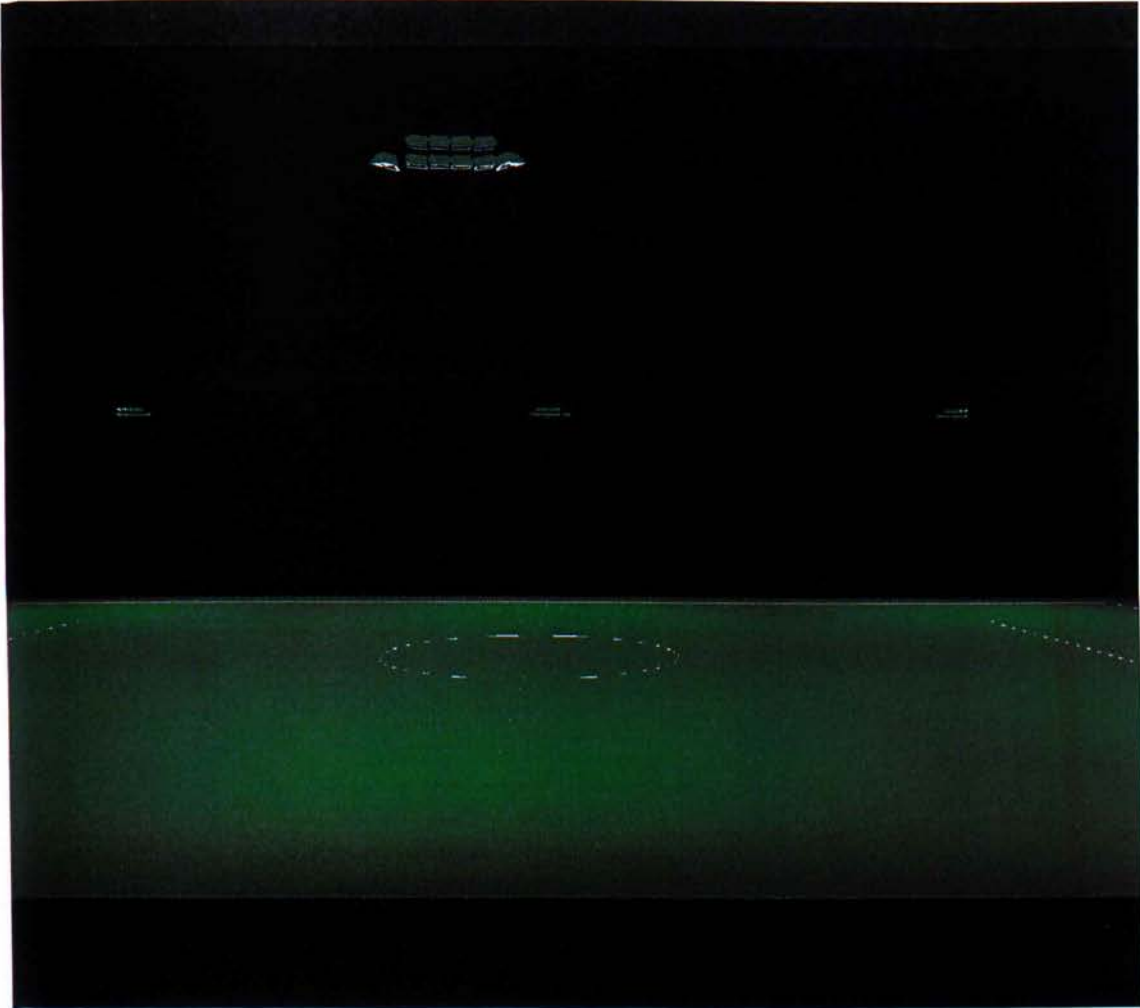
Maximum: : 2910 cd/m<sup>2</sup>



**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.7 3D luminance, View from the back



Luminance in the scene

Minimum: : 0.08 cd/m<sup>2</sup>

Maximum: : 2910 cd/m<sup>2</sup>

**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.8 3D luminance, View from the left



Luminance in the scene

Minimum: : 0.08 cd/m<sup>2</sup>  
Maximum: : 2910 cd/m<sup>2</sup>

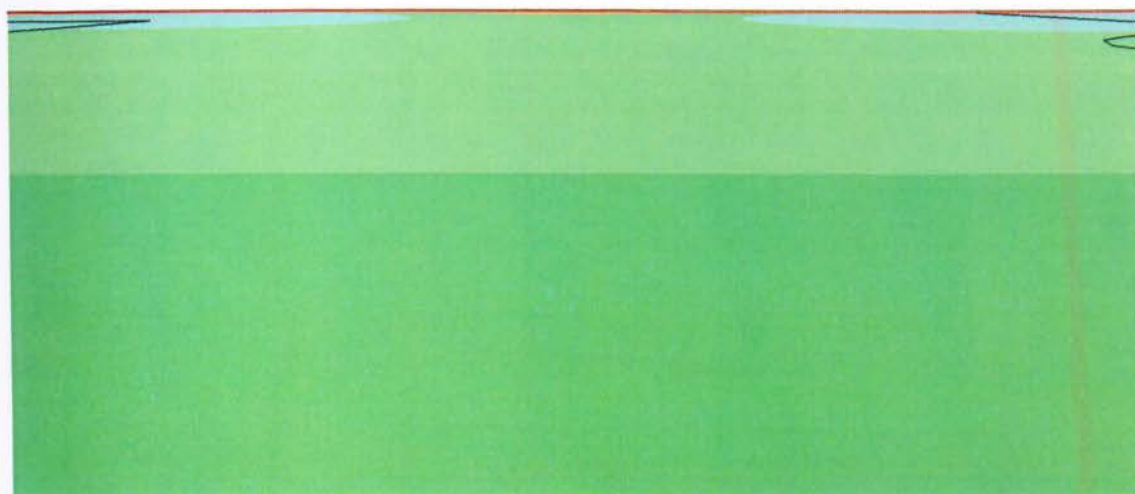




## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.9 3D pseudo colours, View from the back (L)

Τρισδιάστατη απεικόνιση του χώρου με “ψευδο - χρώματα” όπου κάθε χρώμα αντιπροσωπεύει μια τιμή λαμπρότητας



7.5

10

15

20

30

Luminance [cd/m<sup>2</sup>]

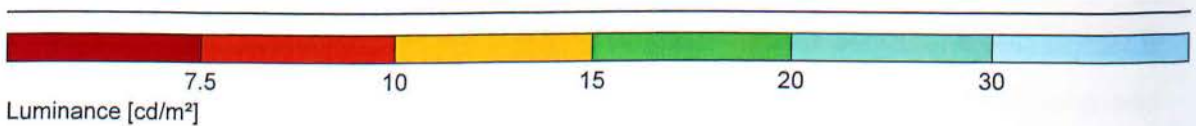
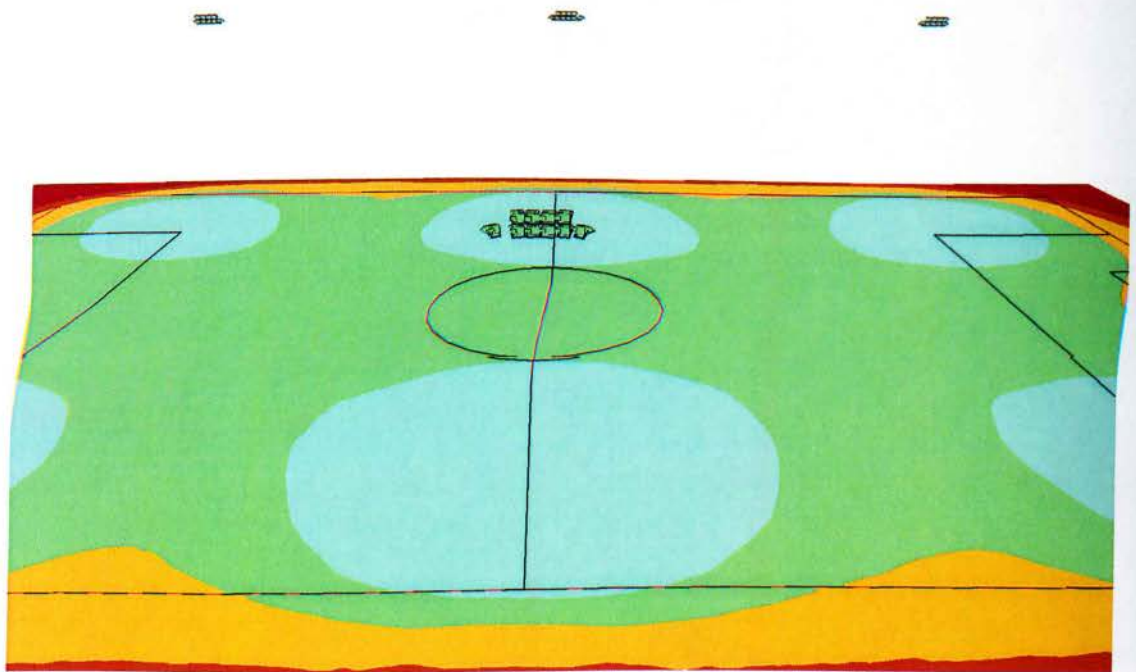
Minimum: : 0.08 cd/m<sup>2</sup>

Maximum: : 2910 cd/m<sup>2</sup>

**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.10 3D pseudo colours, View 2 (L)



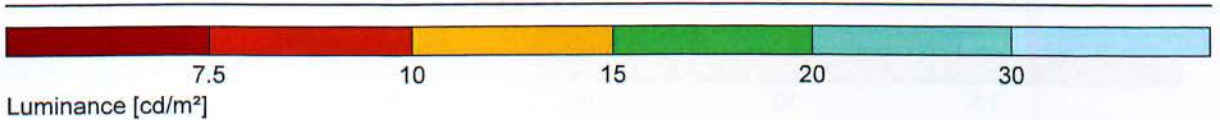
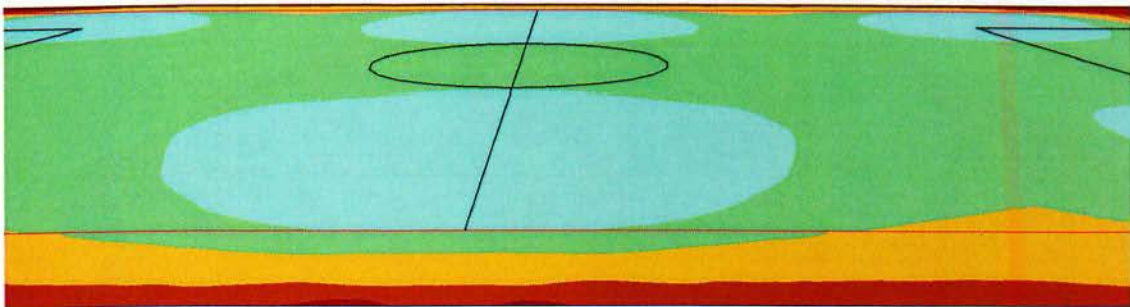
Minimum: : 0.08 cd/m<sup>2</sup>  
Maximum: : 2910 cd/m<sup>2</sup>





## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.11 3D pseudo colours, View from the back (L)

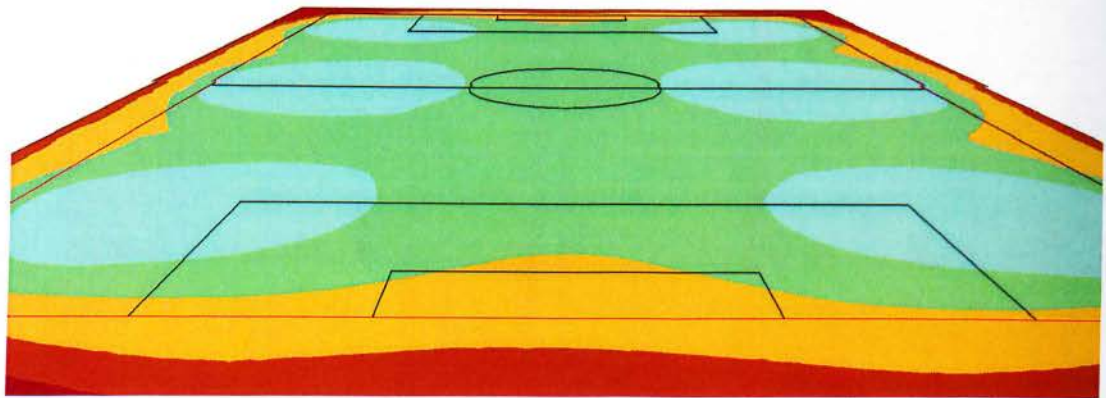


Minimum: : 0.08 cd/m<sup>2</sup>  
Maximum: : 2910 cd/m<sup>2</sup>

**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.12 3D pseudo colours, View from the left (L)



Luminance [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]

Minimum: : 0.08  $\text{cd}/\text{m}^2$   
Maximum: : 2910  $\text{cd}/\text{m}^2$

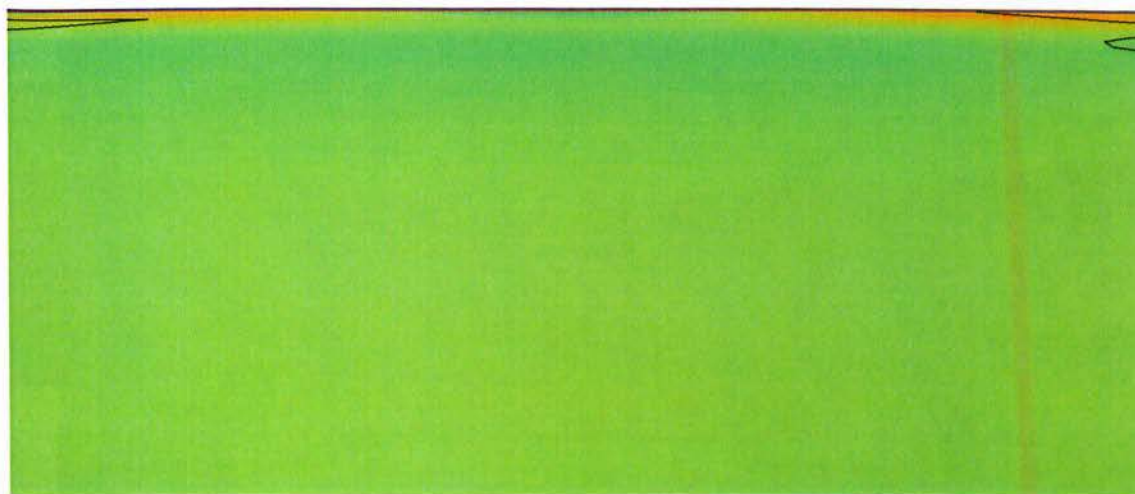




## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.13 3D pseudo colours, View from the back (E)

Τρισδιάστατη απεικόνιση του χώρου με “ψευδο - χρώματα” όπου κάθε χρώμα αντιπροσωπεύει μια τιμή έντασης φωτισμού



150



200



300



500



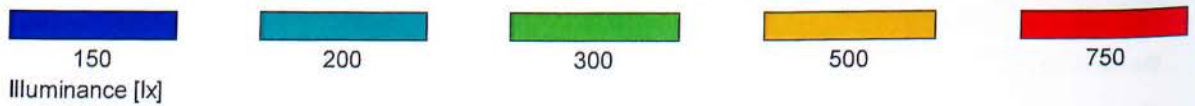
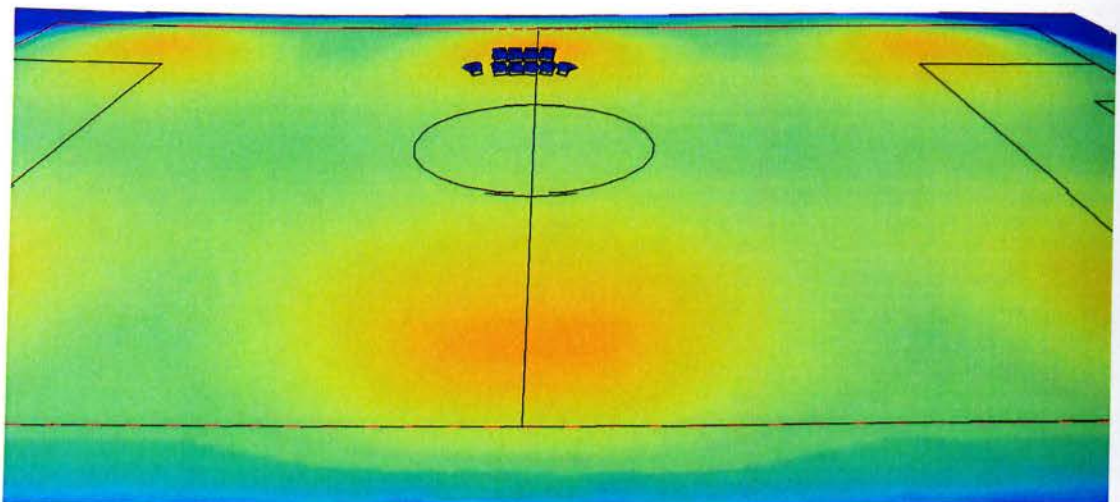
750

Illuminance [lx]

**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.14 3D pseudo colours, View 2 (E)

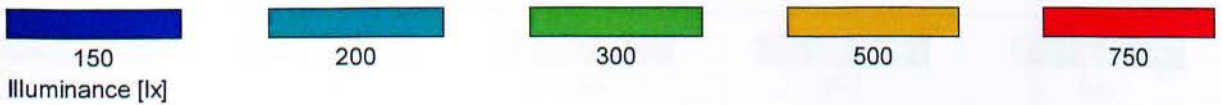
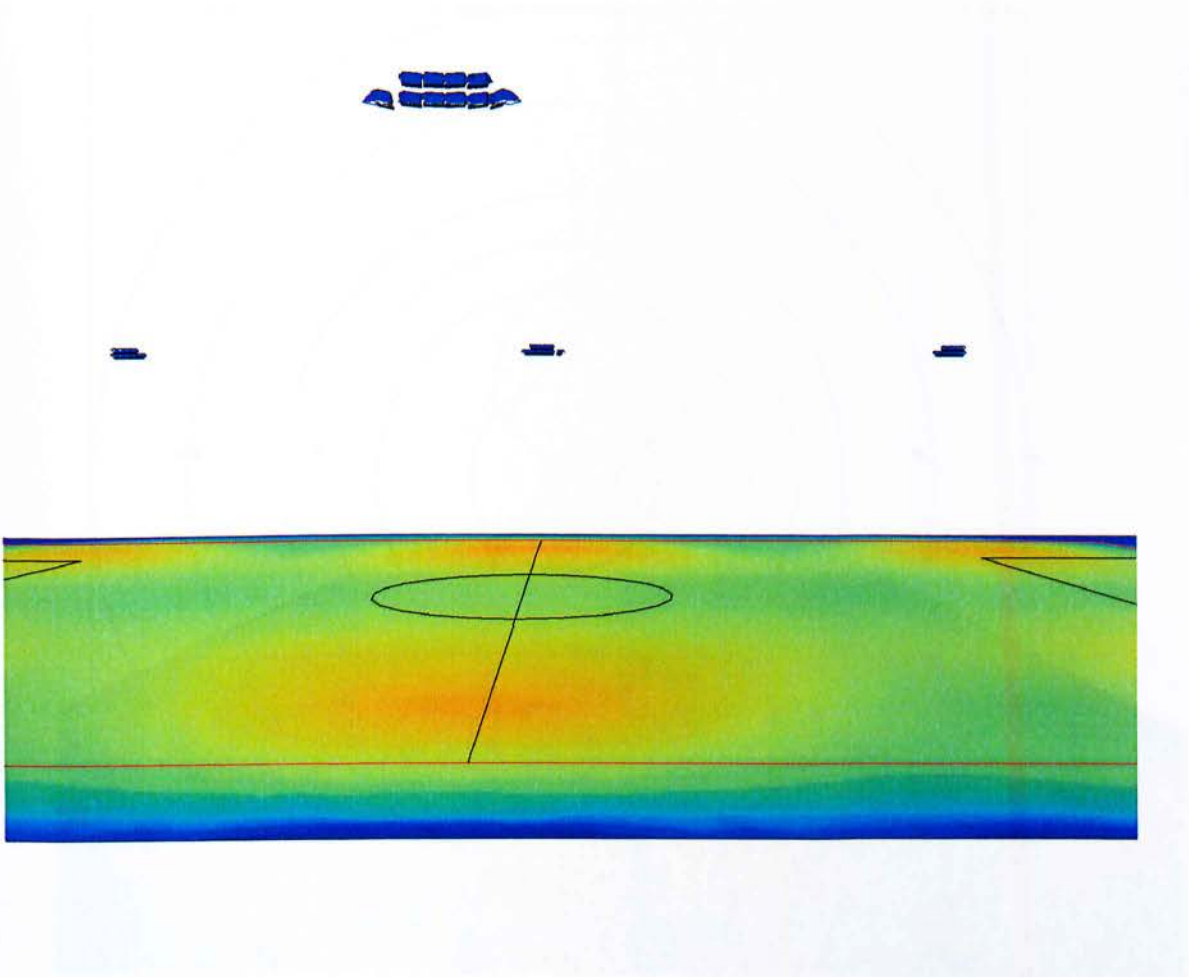




**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

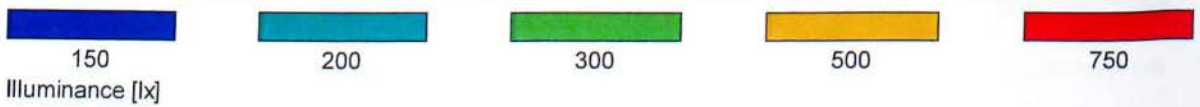
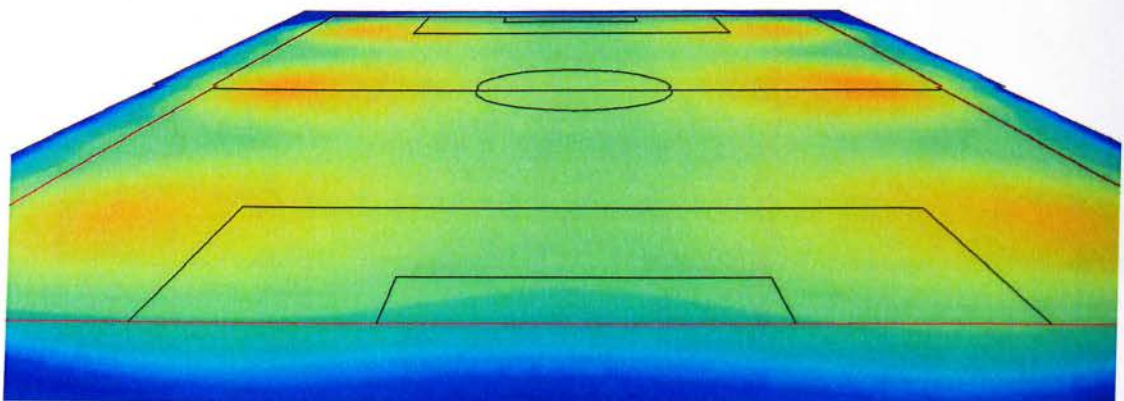
### 2.2.15 3D pseudo colours, View from the back (E)



**RELUX**<sup>®</sup>  
light simulation tools

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.16 3D pseudo colours, View from the left (E)

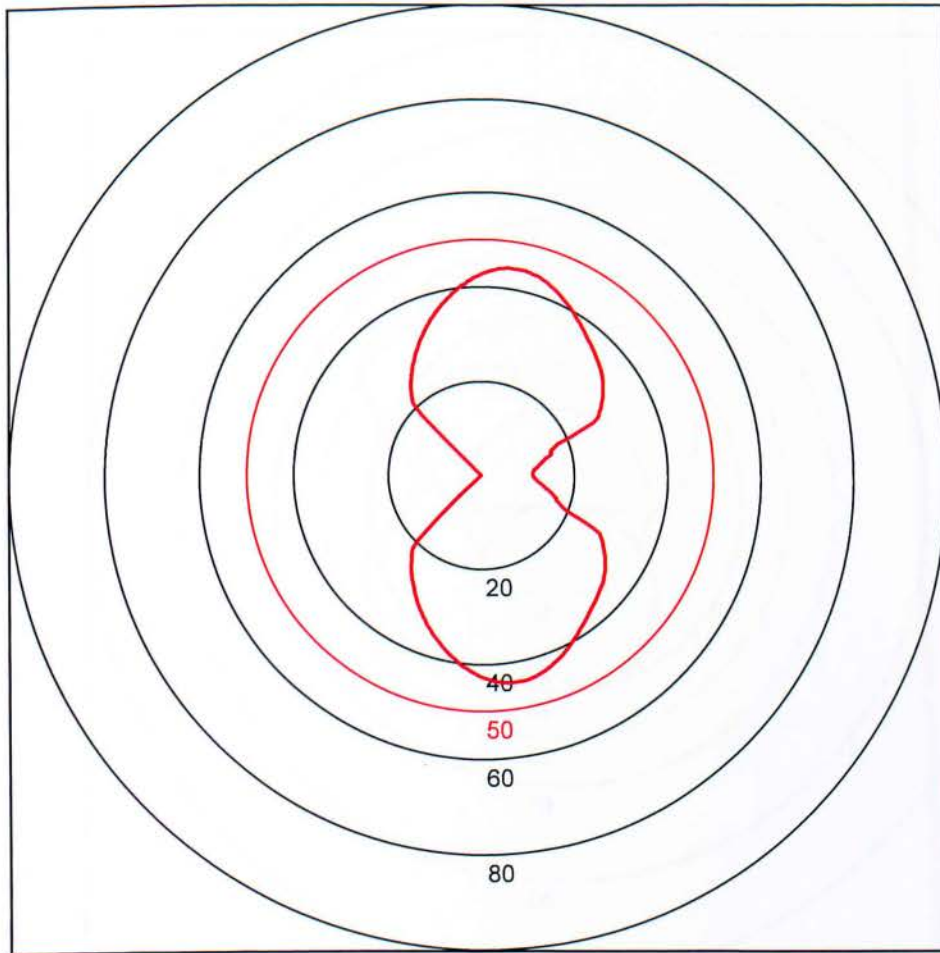




“Παρατηρητής” στη περιοχή του τερματοφύλακα, όπου η μέγιστη τιμή θάμβωσης είναι 44.3

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.17 Glare rating, observer: Goalkeeper



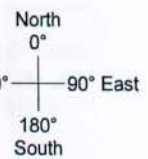
$L_{ve} = 0.99 \text{ cd/m}^2$ ,  $E_{hav}(MF:1.0) = 440 \text{ lx}$ ,  $\rho = 20 \%$

No. Description  
1 Goalkeeper

Position  
-47 m/0 m/1.2 m

Max GR  
44.4

Direction  
11° (West 270°)

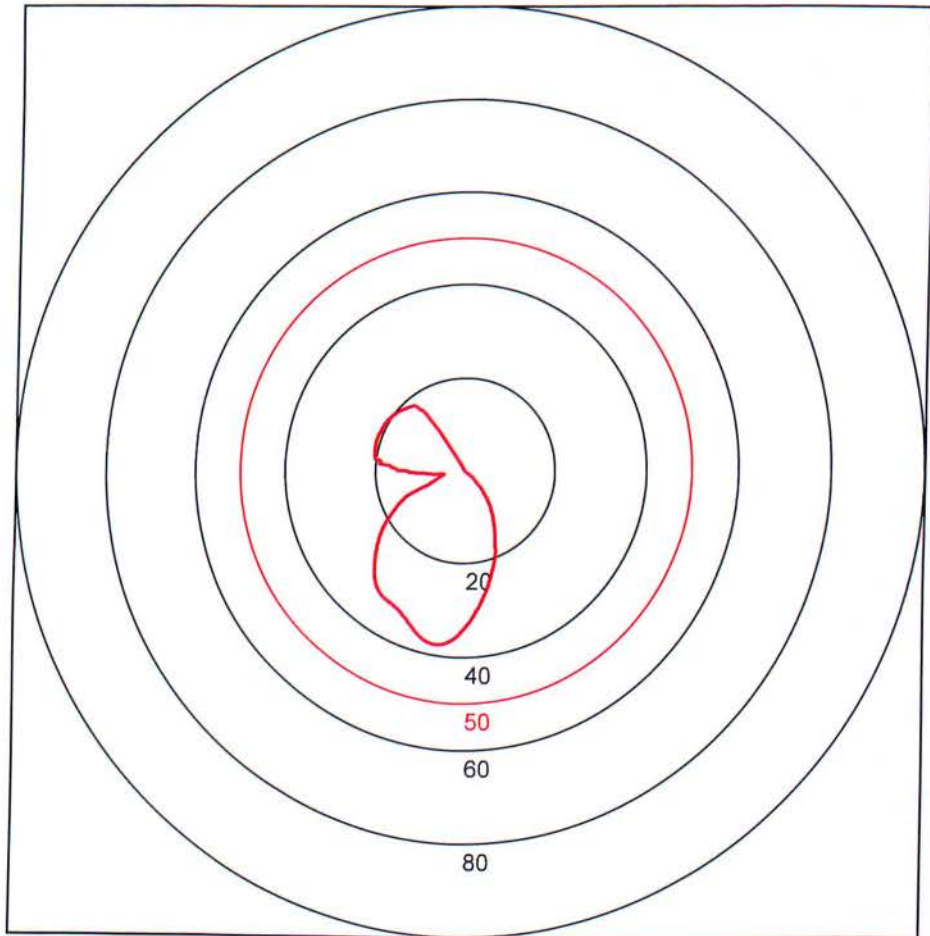


Object : Γήπεδο Ποδοσφαίρου 105x68m  
 Installation : iGuzzini Hatles BE24  
 Project number :  
 Date : 30.05.2011

“Παρατηρητής” στη περιοχή του corner, όπου η μέγιστη τιμή θάμβωσης είναι 40

## 2.2 Calculation results, Γήπεδο Ποδοσφαίρου Κλάσης 1

### 2.2.20 Glare rating, observer: Corner



Lve = 0.99 cd/m<sup>2</sup>, Ehav(MF:1.0) = 440 lx, ρ = 20 %

No. Description

Position

Max GR

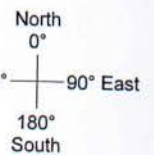
Direction

4 Corner

51.5 m/33 m/1.2 m

37.7

189° (West)





## 5.10 Συμπεράσματα

Είχαμε θέσει ως στόχους:

- Μέση ένταση φωτισμού 200 lux
- Ομοιομορφία 0,5
- Δείκτης θάμβωσης  $\leq 50$
- CRI  $\geq 65$

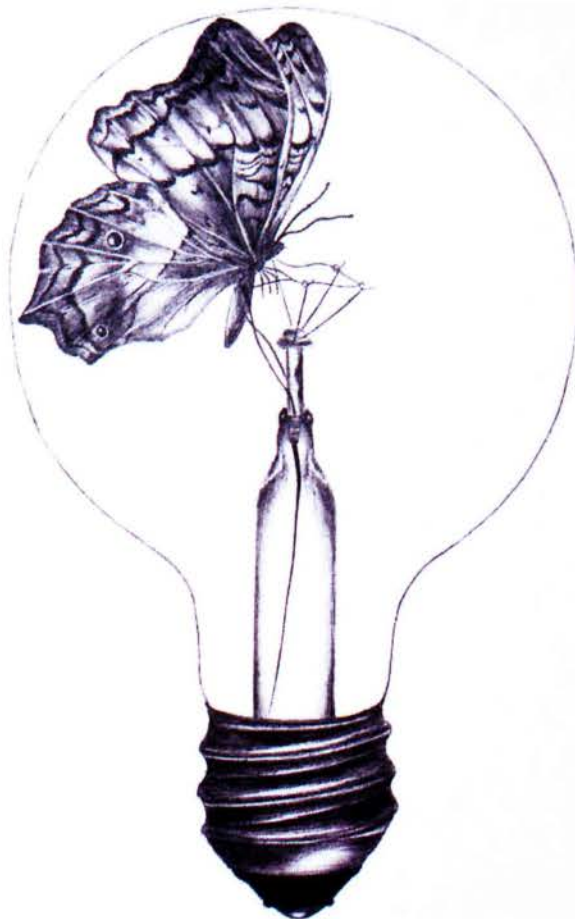
Και πετύχαμε:

- Μέση ένταση φωτισμού 354 lux ✓
- Ομοιομορφία 0,6 ✓
- Δείκτης θάμβωσης  $\leq 45,4$  ✓
- CRI = 90 ✓

Τα φωτιστικά μας είναι εκτός των απαγορευμένων περιοχών και γενικότερα τηρούμε τους κανονισμούς της FIFA για γήπεδα ποδοσφαίρου, άρα μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι η μελέτη φωτισμού που κάναμε για το γήπεδο ποδοσφαίρου, είναι **επιτυχής**.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://en.wikipedia.org>
2. <http://www.schorsch.com/en/kbase/glossary/luminance.html>
3. [http://www.erco.com/download/data/30\\_media/25\\_guide\\_pdf/120\\_en/en\\_erco\\_guide.pdf](http://www.erco.com/download/data/30_media/25_guide_pdf/120_en/en_erco_guide.pdf)
4. [http://www.erco.com/download/data/30\\_media/20\\_handbook/en\\_erco\\_lichtplanung.pdf](http://www.erco.com/download/data/30_media/20_handbook/en_erco_lichtplanung.pdf)
5. <http://www.relux.biz>
6. <http://www.iguzzini.com>
7. <http://www.philips.com>
8. [football stadiums technical recommendations and requirements en 8211.pdf](#)
9. [Guide to the artificial lighting Philips.pdf](#)





*Κατά την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής δεν κακοποιήθηκε κανένα ζώο –  
μόνο άνθρωποι*