



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Βελτιστοποίηση φωτισμού εμπορικών καταστημάτων με χρήση  
πολυκριτηριακών μεθόδων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Χ. Κόκαλης

**Επιβλέπων Καθηγητής:** Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Επιβλέπων:** Ευάγγελος – Νικόλαος Δ. Μαδιάς

Υποψήφιος Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2021





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Βελτιστοποίηση φωτισμού εμπορικών καταστημάτων με χρήση  
πολυκριτηριακών μεθόδων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Χ. Κόκαλης

**Επιβλέπων Καθηγητής:** Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Επιβλέπων:** Ευάγγελος – Νικόλαος Δ. Μαδιάς

Υποψήφιος Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 5<sup>η</sup> Ιουλίου 2021

.....  
Φ. Β. Τοπαλής  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Ιωάννης Φ. Γκόνος  
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Πάυλος Σ. Γεωργιάκης  
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2021

.....  
Κωνσταντίνος Χ. Κόκαλης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κωνσταντίνος Χ. Κόκαλης, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## **Περίληψη**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση των βασικών αρχών και μεθόδων που χρησιμοποιούνται για το φωτισμό καταστημάτων και εμπορικών χώρων, καθώς και η αξιολόγηση της χρήσης πολυκριτηριακών μεθόδων για την επιλογή βέλτιστης εγκατάστασης φωτισμού για ένα κατάστημα. Το προς μελέτη κατάστημα ονομάζεται «Mark Shoes» και βρίσκεται στη περιοχή των Αμπελοκήπων στην Αθήνα. Αρχικά, γίνεται μια σύντομη εισαγωγή στα θεμελιώδη μεγέθη φωτομετρίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι τεχνικές φωτισμού των καταστημάτων, ενώ ταυτόχρονα παρατίθενται οι απαιτήσεις φωτισμού για κάθε εμπορικό χώρο, όπως αυτές ορίζονται από τα ευρωπαϊκά και διεθνή πρότυπα. Στη συνέχεια, περιγράφεται σύντομα η δομή των βασικότερων τύπων λαμπτήρων και των αναγκαίων για την ομαλή λειτουργία τους διατάξεων, όπως ballasts κ.ά.. Το τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας στον εμπορικό φωτισμό, και προσεγγίζει από οικονομική σκοπιά ένα σύνθετο σύστημα φωτισμού, ενώ στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στο κλάδο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και αναλύονται εκτενέστερα τα χαρακτηριστικά της πολυκριτήριας μεθόδου PROMETHEE II. Στο έκτο κατά σειρά κεφάλαιο, πραγματοποιούνται δοκιμές διαφόρων διατάξεων φωτιστικών στο γενικό χώρο του καταστήματος, στο χώρο ταμείου και στη βιτρίνα μέσω του λογισμικού προγράμματος RELUX και καταγράφονται τα αποτελέσματα. Στο τελευταίο κεφάλαιο πραγματοποιείται εφαρμογή της προαναφερθείσας μεθόδου στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για τους υπό μελέτη χώρους του καταστήματος και με βάση τα επιλεγμένα κριτήρια εξάγονται τα απαραίτητα συμπεράσματα για τη βέλτιστη εγκατάσταση φωτιστικών που προκύπτει σε κάθε περίπτωση.

## **Λέξεις- Κλειδιά**

Εμπορικός φωτισμός, τεχνικές φωτισμού, βιτρίνα, φωτιστικά σώματα, εξοικονόμηση ενέργειας, πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων, PROMETHEE, μελέτη φωτισμού, RELUX.

## **Abstract**

The aim of this diploma thesis is to present the principles and methods which are used in retail lighting, and to evaluate the use of multi-criteria analysis for selecting the optimal lighting installation for a store. The store to be studied is called “Mark shoes” and is located in Ampelokipoi, Athens. First, a brief introduction to the basic photometric quantities is made. The second chapter analyzes the lighting techniques used in retail stores and the lighting requirements for each commercial space, as they are defined by the European and international standards. Furthermore, the structure of the main types of lamps and the necessary, for their proper operation, devices, such as ballasts, etc., is described. The fourth chapter deals with ways to save energy in commercial lighting and approaches from a financial point of view a complex lighting system, while the fifth chapter introduces the multi-criteria analysis systems and records the characteristics of the multi-criteria method PROMETHEE II. In the sixth chapter, tests of various luminaires are carried out in the general space of the store, in cash register area and in the shop window through the RELUX software program. Of course, the results of these tests are recorded. In the last chapter the above-mentioned method PROMETHEE II is applied to the results of the simulation for the studied areas of the store, and based on the selected criteria, the necessary conclusions for the optimum installation of luminaires in each case are drawn.

## **Keywords**

Retail lighting, lighting techniques, shop window, luminaires, energy saving, multi-criteria decision analysis, PROMETHEE, lighting of commercial store, RELUX.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με τον τρόπο τους συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και μέσα από την καρδιά μου τον Υποψήφιο Διδάκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Ευάγγελο-Νικόλαο Δ. Μαδιά για την πολύτιμη βοήθεια, την άριστη επικοινωνία και τις στοχευμένες συμβουλές που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να αναφερθώ στην οικογένεια μου που με στήριξε σε όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, όπως επίσης και στον αγαπημένο μου θείο Γιώργο που με έφερε σε επαφή με τις θετικές επιστήμες. Η εργασία αυτή αφιερώνεται σε εκείνους.

## Περιεχόμενα

---

<b>Περίληψη</b>	<b>5</b>
<b>Λέξεις κλειδιά</b>	<b>5</b>
<b>Abstract</b>	<b>6</b>
<b>Ευχαριστίες</b>	<b>7</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Εισαγωγή στις βασικές έννοιες του φωτισμού</b>	<b>13</b>
1.1 Φως και όραση	13
1.2 Τύποι όρασης	13
1.3 Θεμελιώδη φωτομετρικά μεγέθη	14
1.3.1 Φωτεινή ενέργεια Q (Luminous Energy)	14
1.3.2 Φωτεινή ροή Φ (Luminous Flux)	15
1.3.3 Φωτεινή ένταση I (Luminous Intensity)	15
1.3.4 Ένταση φωτισμού E (Illuminance)	16
1.3.5 Λαμπρότητα L (Luminance)	16
1.3.6 Φωτεινή απόδοση (Luminous Efficacy)	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Φωτισμός εμπορικών καταστημάτων</b>	<b>18</b>
2.1 Χρησιμότητα του φωτισμού σε εμπορικά καταστήματα	18
2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σχεδίαση του φωτισμού	18
2.2.1 Χρώμα	19
2.2.2 Αντίθεση	21
2.2.3 Ανάκλαση	21
2.2.4 Θάμβωση	21
2.2.5 Ομοιομορφία	23
2.3 Είδη εμπορικού φωτισμού	23
2.3.1 Γενικός φωτισμός	24
2.3.1.1 Συστήματα γενικού φωτισμού	24
2.3.2 Φωτισμός εργασίας	25
2.3.3 Φωτισμός ανάδειξης ή εστιακός φωτισμός	26
2.3.4 Διακοσμητικός φωτισμός	26



2.4 Ο φυσικός φωτισμός ως βασική συνιστώσα του εμπορικού φωτισμού	26
2.5 Φωτισμός επιμέρους χώρων εμπορικών καταστημάτων	28
2.5.1 Δοκιμαστήρια	28
2.5.2 Βιτρίνες	29
2.5.3 Χώροι συσκευασίας	31
2.5.4 Χώροι αποθήκευσης	31
2.5.5 Ράφια, προσθήκες και πάγκοι	31
2.5.6 Χώροι μεταποίησης	32
2.5.7 Έξοδοι κινδύνου	32
2.6 Χρωματική αλλοίωση εμπορευμάτων και τρόποι αντιμετώπισης	33
2.7 Ειδικοί τύποι καταστημάτων	35
2.7.1 Φωτισμός καταστημάτων επίπλων	35
2.7.2 Φωτισμός εμπορικών κέντρων	36
2.8 Ενδεδειγμένες εντάσεις φωτισμού καταστημάτων	37
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Τύποι και χαρακτηριστικά λαμπτήρων στον εμπορικό φωτισμό</b>	<b>38</b>
3.1 Είδη λαμπτήρων	38
3.1.1 Λαμπτήρες πυρακτώσεως	38
3.1.2 Λαμπτήρες φθορισμού	39
3.1.3 Λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής πίεσης	40
3.1.4 Δίοδοι εκπομπής φωτός (Light Emitting Diodes- LED' s)	41
3.1.5 Οπτικές ίνες	42
3.2 Έναυση λαμπτήρων	43
3.3 Φωτιστικά σώματα	44
3.4 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού	47
3.4.1 Απόδοση φωτεινής πηγής (luminous efficacy)	47
3.4.2 Διάρκεια ζωής (Lamp Life) – Διατήρηση της φωτεινής απόδοσης απόδοσης (Lumen maintenance)	48
3.4.3 Βοηθητικός εξοπλισμός	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας και οικονομική προσέγγιση σε συστήματα φωτισμού</b>	<b>51</b>
4.1 Διαχείριση ενέργειας φωτισμού στο τριτογενή τομέα	51

4.2	Ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός	51
4.3	Στρατηγικές ελέγχου	52
4.3.1	Ρύθμιση επιπέδων φωτισμού (Dimming)	52
4.3.2	Αισθητήρες παρουσίας – κίνησης	53
4.3.3	Χρονοδιακόπτες	54
4.3.4	Αισθητήρες σύζευξης φυσικού-τεχνητού φωτισμού	54
4.3.5	Αρχιτεκτονικές ελέγχου στον εμπορικό φωτισμό	55
4.4	Περισσότερες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας	55
4.5	Βασική οικονομική ανάλυση	56
4.5.1	Προσδιορισμός κόστους	57
4.5.2	Απλή αποπληρωμή (Simple Payback)	57
4.5.3	Απλός βαθμός απόδοσης (Simple rate of return)	57
4.5.4	Κόστος του «φωτός»	58
4.5.5	Ανάλυση κόστους – οφέλους κύκλου ζωής ( Life Cycle Cost Benefit Analysis – LCCBA)	58
4.6	Νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα – Κ.Εν.Α.Κ.	59
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Εισαγωγή στη πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων</b>	<b>60</b>
5.1	Σημασία της απόφασης	60
5.2	Εισαγωγή στη φιλοσοφία υποστήριξης αποφάσεων πολλαπλών επιλογών	61
5.3	Συνεπής οικογένεια κριτηρίων	63
5.4	Τεχνικές πολυκριτήριας ανάλυσης	65
5.5	PROMETHEE	65
5.5.1	Κατώφλια	67
5.5.2	Μεθοδολογικό πλαίσιο	67
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Περιγραφή του προς μελέτη καταστήματος και αποτελέσματα προσομοιώσεων</b>	<b>71</b>
6.1	Εισαγωγή	71
6.2	Περιγραφή καταστήματος προς μελέτη	71
6.3	Μοντελοποίηση του χώρου	72
6.4	Γενικός χώρος	73

6.4.1 Διάταξη 1	73
6.4.2 Διάταξη 2	74
6.4.3 Διάταξη 3	76
6.4.4 Διάταξη 4	77
6.4.5 Διάταξη 5	79
6.4.6 Διάταξη 6	80
6.4.7 Διάταξη 7	81
6.4.8 Διάταξη 8	82
6.5 Βιτρίνα	84
6.5.1 Διάταξη 1	84
6.5.2 Διάταξη 2	85
6.5.3 Διάταξη 3	86
6.5.4 Διάταξη 4	87
6.5.5 Διάταξη 5	88
6.6 Ταμείο	90
6.6.1 Διάταξη 1	90
6.6.2 Διάταξη 2	91
6.6.3 Διάταξη 3	92
6.6.4 Διάταξη 4	93
6.6.5 Διάταξη 5	95
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : Εφαρμογή της πολυκριτήριας μεθόδου PROMETHEE II</b>	
<b>στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων</b>	<b>97</b>
7.1 Εισαγωγή	97
7.2 Επιλεγμένες δράσεις, κριτήρια και βάρη για την PROMETHEE II	97
7.3 Προσδιορισμός βαρών	100
7.4 Εφαρμογή της μεθόδου στα αποτελέσματα των μετρήσεων του γενικού χώρου του καταστήματος	103
7.5 Εφαρμογή της μεθόδου στα αποτελέσματα των μετρήσεων του χώρου της βιτρίνας του καταστήματος	110
7.6 Εφαρμογή της μεθόδου στα αποτελέσματα των μετρήσεων του	

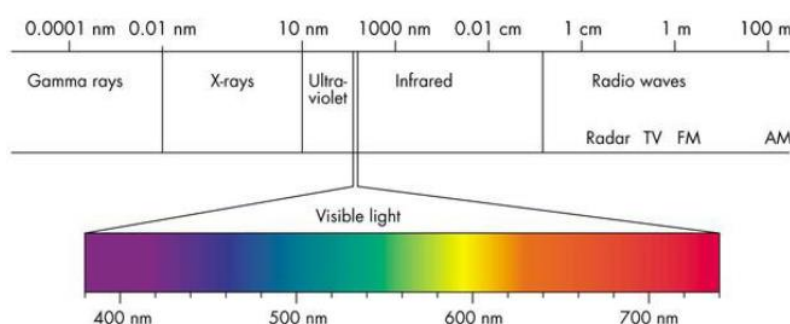
χώρου ταμείου του καταστήματος	115
7.7 Παρουσίαση αποτελεσμάτων προσομοίωσης με χρήση των φωτιστικών που επιλέχθηκαν από τη μέθοδο PROMETHEE II	120
<b>Συμπεράσματα</b>	<b>122</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>123</b>
<b>Παράρτημα Α</b>	<b>126</b>
<b>Παράρτημα Β</b>	<b>151</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Εισαγωγή στις βασικές έννοιες του φωτισμού

### 1.1 Φως και όραση

Ως ορατό φως, ορίζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μπορεί να γίνει αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι, και αντιστοιχεί σε ένα μικρό μέρος του συνολικού φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Για την ακρίβεια, το ορατό φως περιλαμβάνει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα των οποίων το μήκος κύματος είναι από 380 nm έως 780 nm. Οι ακτινοβολίες με μήκη κύματος μικρότερα των 380 nm χαρακτηρίζονται ως υπεριώδεις, ενώ αντίστοιχα αυτές με μήκη κύματος μεγαλύτερα των 780 nm ως υπέρυθρες [1].



Σχήμα 1.1: Φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Όσο αναφορά την όραση, είναι χαρακτηριστικό πως το ανθρώπινο μάτι μπορεί να διακρίνει περίπου 150 αποχρώσεις του ορατού φάσματος και να τις συνδυάσει για να δημιουργήσει μισό εκατομμύριο τιμές χρώματος. Η λειτουργία του ανθρώπινου οφθαλμού βασίζεται στην απορρόφηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και στη μετατροπή τους σε μία σειρά νευρικών παλμών, οι οποίοι αποστέλλονται με τη σειρά τους στον εγκέφαλο. Εκεί είναι το σημείο όπου η πραγματική εικόνα του περιβάλλοντος δημιουργείται. Πιο απλά, οι φωτεινές ακτίνες εισέρχονται στον οφθαλμό μέσα από τα διάφορα διαφανή στοιχεία του (κερατοειδή, υδατοειδές υγρό, φακό, υαλοειδές σώμα) και καταλήγουν στον αμφιβληστροειδή, όπου μεταβάλλουν τη κατάσταση των φωτοανιχνευτών του οφθαλμού, των κωνίων και των ραβδίων.

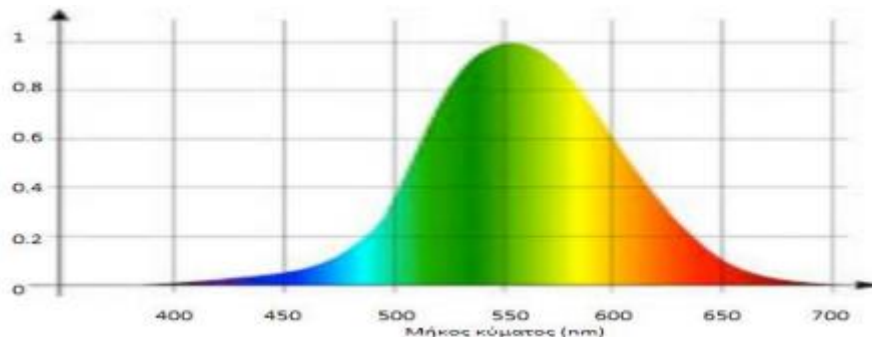
Αν και η κατασκευή των κωνίων και των ραβδίων είναι παραπλήσια, εντούτοις η λειτουργία και η συνεισφορά τους διαφέρει σε σημαντικό βαθμό. Πιο αναλυτικά, τα κωνία είναι περίπου εφτά εκατομμύρια σε αριθμό, βρίσκονται στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς και είναι υπεύθυνα για την όραση σε συνθήκες φωτισμού και για την αντίληψη των χρωμάτων. Τα ραβδία από την άλλη, είναι πολυπληθέστερα, περίπου 120 εκατομμύρια, και βρίσκονται περιφερειακά του αμφιβληστροειδούς. Δεν έχουν τη δυνατότητα διάκρισης των χρωμάτων, αλλά είναι πολύ πιο ευαίσθητα σε χαμηλότερα επίπεδα φωτισμού. Παρέχεται με τον τρόπο αυτό, η δυνατότητα στον άνθρωπο να διακρίνει αντικείμενα σε συνθήκες ελάχιστου φωτός (π.χ. νύχτα).

### 1.2 Τύποι όρασης

Αναλόγως του είδους των φωτοανιχνευτών που ερεθίζονται, διακρίνονται τρεις διαφορετικοί τύποι όρασης [2]:

- Φωτοτυπική όραση:  
Ο συγκεκριμένος τύπος όρασης παρουσιάζεται για λαμπρότητες μεγαλύτερες από 5 cd/m<sup>2</sup>, και επομένως εμφανίζεται κυρίως κατά την διάρκεια της ημέρας. Προφανώς σε αυτό το τύπο όρασης είναι ενεργά τα κωνία.
- Σκοτοπική όραση:  
Σε αυτή την περίπτωση, ενεργά είναι τα ραβδία. Η λαμπρότητα που αντιλαμβάνεται ο οφθαλμός είναι σε χαμηλά επίπεδα, ενώ δεν υπάρχει η δυνατότητα διάκρισης χρωμάτων. Πρόκειται για τον τύπο όρασης που εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Παρατηρείται για λαμπρότητες μικρότερες από 0.001 cd/m<sup>2</sup>.
- Μεσοπική όραση:  
Στη μεσοπική όραση παρατηρείται ταυτόχρονη λειτουργία κωνίων και ραβδίων, ενώ τα επίπεδα της λαμπρότητας που αναγνωρίζει ο οφθαλμός βρίσκονται στη περιοχή από 0.001 cd/m<sup>2</sup> έως 5 cd/m<sup>2</sup>. Ο βαθμός στον οποίο ενεργοποιείται κάθε είδος φωτοανιχνευτών μπορεί να μεταβάλλεται και καθορίζει τις διαφορετικές ικανότητες του οφθαλμού, όπως την αντίληψη των χρωμάτων και την οπτική οξύτητα.

Εκτός όμως από τη διαφορετική ευαισθησία του οφθαλμού σε σχέση με τα επίπεδα λαμπρότητας, παρατηρείται και διαφορετική ευαισθησία σε σχέση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η ευαισθησία αυτή, ορίζεται ο συντελεστής φασματικής ευαισθησίας  $V(\lambda)$ . Πρόκειται για ένα αδιάστατο μέγεθος που παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 1, όπως φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 1.2: Συντελεστής φασματικής ευαισθησίας  $V(\lambda)$  [1].

### 1.3 Θεμελιώδη φωτομετρικά μεγέθη

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος φωτισμού προϋποθέτει άριστη γνώση των βασικών όρων και παραμέτρων της τεχνολογίας φωτισμού. Παρακάτω παρουσιάζονται σύντομα και περιεκτικά τα βασικότερα φωτομετρικά μεγέθη [2]:

#### 1.3.1 Φωτεινή ενέργεια Q (Luminous Energy)

Ως φωτεινή ενέργεια ορίζεται το κλάσμα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, στη ζώνη του φάσματος του ορατού φωτός, που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι. Προκύπτει ως το ολοκλήρωμα στη ζώνη του ορατού φωτός, του γινομένου της φασματικής κατανομής της ακτινοβολίας μιας φωτεινής πηγής  $W(\lambda)$  επί τον συντελεστή φασματικής ευαισθησίας  $V(\lambda)$ .

$$Q = \int_{\lambda=380nm}^{780nm} W(\lambda) * V(\lambda) d\lambda$$

### 1.3.2 Φωτεινή ροή $\Phi$ (Luminous Flux)

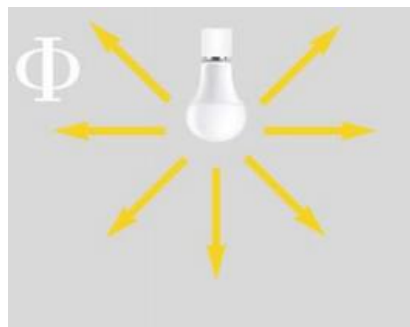
Η φωτεινή ροή στην ουσία υποδεικνύει τη ποσότητα του φωτός που εκπέμπεται από μία φωτεινή πηγή, περιγράφει τη συνολική φωτεινή έξοδο και μετριέται σε lumens (lm). Αποτελεί τη στοιχειώδη φωτεινή ενέργεια  $dQ$  την οποία εκπέμπει μια σημειακή πηγή τοποθετημένη στην κορυφή ενός κώνου, εντός του κώνου αυτού, σε χρόνο  $dt$ .

$$\Phi = \frac{dQ}{dt}$$

Η φωτεινή ροή μπορεί να ορισθεί ακριβέστερα με την φασματική ισχύ ακτινοβολίας  $P(\lambda)$ :

$$\Phi = K_m \int_{380nm}^{780nm} P(\lambda) * V(\lambda) d\lambda$$

, όπου  $K_m = 683 \text{ lm/W}$  η μέγιστη φασματική φωτεινή απόδοση του οφθαλμού για φωτοτυπική όραση.



Σχήμα 1.3: Σχηματική απεικόνιση της φωτεινής ροής  $\Phi$  ενός λαμπτήρα [3].

### 1.3.3 Φωτεινή ένταση $I$ (Luminous Intensity)

Για να υπολογισθεί η κατανομή του φωτός σε μία εγκατάσταση φωτισμού, δεν επαρκεί από μόνη της η φωτεινή ροή, αλλά θα πρέπει να είναι γνωστή η κατανομή της σε μία συγκεκριμένη γωνία. Έτσι, ορίζεται η φωτεινή ένταση  $I$  ως το διανυσματικό μέγεθος που καθορίζει το ποσό της φωτεινής ροής,  $\Phi$ , που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση του χώρου. Αποτελεί στην ουσία το ηλίκο :

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

Μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης είναι η candela (cd).



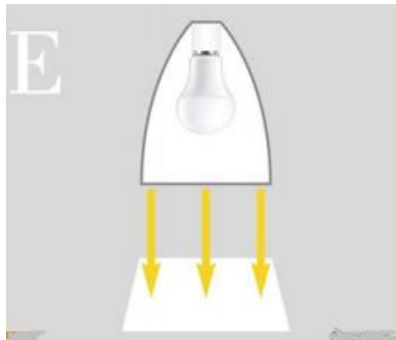
Σχήμα 1.4: Σχηματική απεικόνιση της φωτεινής έντασης  $I$  ενός λαμπτήρα [3].

### 1.3.4 Ένταση φωτισμού E (Illuminance)

Η ένταση φωτισμού (E), περιγράφει τη ποσότητα φωτός που προσπίπτει σε μία επίπεδη επιφάνεια. Ορίζεται λοιπόν ως το πηλίκο της φωτεινής ροής dΦ που προσπίπτει σε μία στοιχειώδη επιφάνεια εμβαδού dA, προς το εμβαδόν αυτό.

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

Η ένταση φωτισμού μπορεί είτε να υπολογισθεί για οποιαδήποτε εικονική επιφάνεια ενός χώρου, ή απλά να μετρηθεί με τη χρήση ειδικού οργάνου, του λουξόμετρου. Να σημειωθεί πως αν και στη πληθώρα των περιπτώσεων, η επιφάνεια ενδιαφέροντος είναι οριζόντια (γραφεία, τραπεζαρίες, ταμεία), η κάθετη ένταση φωτισμού είναι ιδιαίτερα σημαντική για συγκεκριμένου είδους εφαρμογές.



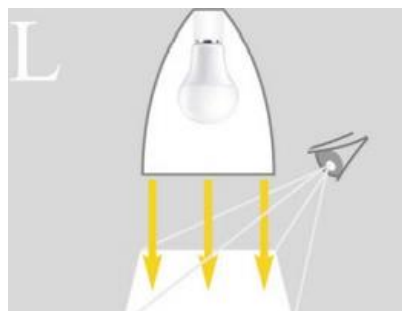
Σχήμα 1.5: Σχηματική απεικόνιση της έντασης φωτισμού E ενός λαμπτήρα [3].

### 1.3.5 Λαμπρότητα L (Luminance)

Η λαμπρότητα γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι και περιγράφει τη φωτεινότητα μίας επιφάνειας η οποία χαρακτηρίζεται από το χρώμα και το υλικό της. Ορίζεται ως η φωτεινή ένταση I στη κατεύθυνση του παρατηρητή προς την φαινόμενη επιφάνεια A της πηγής από τη θέση του παρατηρητή:

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

Η λαμπρότητα μετριέται σε cd/m<sup>2</sup>.



Σχήμα 1.6: Σχηματική απεικόνιση της λαμπρότητας L που αντιλαμβάνεται κάποιος παρατηρητής [3].

### 1.3.6 Φωτεινή απόδοση (Luminous Efficacy)

Η φωτεινή απόδοση εκφράζει στην ουσία τη ποσότητα της φωτεινής ροής που αποδίδει ένας λαμπτήρας για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ισχύος που καταναλώνει. Περισσότερα lumens ανά Watt ισοδυναμούν με υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Μονάδα μέτρησής της



είναι το  $lm/W$  και η μέγιστη θεωρητική φωτεινή απόδοση που είναι δυνατόν να επιτευχθεί, με την μετατροπή ολόκληρης της ηλεκτρικής ενέργειας σε ορατή ακτινοβολία, είναι τα  $683 lm/W$ .

Οποιαδήποτε άλλα βασικά μεγέθη της φωτομετρίας, τα οποία είναι αναγκαία για τη μελέτη και κατανόηση της παρούσας εργασίας, όπως η θάμβωση, η ανάκλαση, κ.ά., αναλύονται στα επόμενα κεφάλαια.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **Φωτισμός εμπορικών καταστημάτων**

---

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται οι μέθοδοι και τα είδη φωτισμού που εφαρμόζονται στο κύριο εσωτερικό χώρο ενός καταστήματος, δηλαδή το χώρο που εκτίθενται τα εμπορεύματα και πραγματοποιούνται οι πωλήσεις.

#### **2.1 Χρησιμότητα του φωτισμού σε εμπορικά καταστήματα**

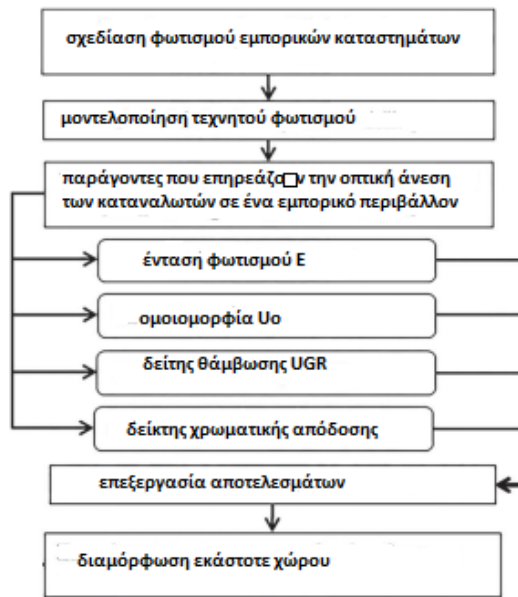
Ο φωτισμός αποτελεί βασικό και αναπόσπαστο κομμάτι του εμπορικού κόσμου τόσο σε αισθητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Είναι χαρακτηριστικό πως η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για τον φωτισμό των καταστημάτων αντιστοιχεί στο 42% της συνολικής τους ηλεκτρικής κατανάλωσης, και η χρησιμότητά του συνοψίζεται στα παρακάτω βασικά σημεία:

- Ο αρμονικός φωτισμός δημιουργεί ατμόσφαιρα και προσδίδει ταυτότητα στο κατάστημα, με αποτέλεσμα όχι μόνο να προσελκύει περισσότερους πελάτες, αλλά ταυτόχρονα να παρατείνει τη παραμονή τους στο κατάστημα. Το ζεστό αυτό περιβάλλον ενισχύει τη πιθανότητα να πωληθούν περισσότερα προϊόντα.
- Η χρήση κατάλληλου φωτισμού αναδεικνύει σημαντικά τα προς πώληση εμπορεύματα και επιτρέπει στον πελάτη-καταναλωτή να τα εξετάσει λεπτομερώς ως προς τη ποιότητά τους (χρώμα, υφή, μέγεθος, κ.ά.).
- Ο φωτισμός διευκολύνει την περιήγηση του πελάτη στους χώρους του καταστήματος, βελτιώνει την ικανότητά του να διαβάζει ετικέτες προϊόντων, οθόνες ή ταμπέλες και βοηθά στην επιτάχυνση της διαδικασίας της αγοραπωλησίας.
- Φυσικά, ο φωτισμός επηρεάζει και τους εργαζομένους. Έντονα ή ασθενή επίπεδα φωτισμού δυσχεραίνουν την δουλειά τους και καθιστούν εργασίες όπως η αντικατάσταση εμπορευμάτων, η διεκπεραίωση συναλλαγών και η ανταπόκριση σε απορίες πελατών αρκετά κουραστικές [2,4-5].

Ως άυλο και ευέλικτο στοιχείο σχεδίασης, το φως αποτελεί ένα εξαιρετικό μέσο για την προώθηση προϊόντων και την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών και των καταναλωτών. Χαρακτηρίζεται πολλές φορές ως «τέταρτη διάσταση της αρχιτεκτονικής» και αξιοποιείται, ως αναπόσπαστο κομμάτι της ταυτότητας του καταστήματος, σε λύσεις ειδικά σχεδιασμένες για τον παραπάνω σκοπό.

#### **2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την σχεδίαση του φωτισμού**

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν το φωτισμό ενός καταστήματος είναι το χρώμα και η θερμοκρασία χρώματος του φωτισμού, οι αντιθέσεις, η θάμβωση, η ομοιομορφία, οι αντανάκλασεις και η ενεργειακή κατανάλωση. Επηρεάζονται συνήθως τόσο από το είδος των εμπορευμάτων, όσο κι από το μέγεθος και την διαμόρφωση του χώρου.



Σχήμα 2.1: Τυπικό σχεδιάγραμμα των σημαντικότερων παραμέτρων που πρέπει να συνυπολογισθούν για τον φωτισμό εμπορικών καταστημάτων [6].

### 2.2.1 Χρώμα

Οι ποσοτικοί παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό του χρώματος μίας φωτεινής πηγής είναι η *θερμοκρασία χρώματος (CCT)* και η *χρωματική απόδοση (CRI)*.

Η *θερμοκρασία χρώματος φωτός (CCT)* έχει ως μονάδα μέτρησης το Kelvin (K) και αποτελεί την ισοδύναμη θερμοκρασία στην οποία το μέλαν σώμα θα παράγει φως ίδιου χρώματος με την πηγή. Το λευκό φως μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στο θερμό λευκό, το ουδέτερο λευκό και το ψυχρό λευκό [1,7-8].

- Το θερμό λευκό ( $CCT \leq 3000 \text{ K}$ ) έχει την τάση να δίνει ένταση στα κόκκινα και πορτοκαλί εμπορεύματα, και επίσης προσδίδει κίτρινη απόχρωση στα πράσινα και στα άσπρα. Ακόμα το θερμό φως «μικραίνει» τους χώρους, δημιουργώντας μια αίσθηση άνεσης και χαλάρωσης στο πελάτη.
- Το ουδέτερο λευκό ( $3500 \text{ K} \leq CCT \leq 4000 \text{ K}$ ) τονίζει το μεγαλύτερο πλήθος των χρωμάτων στο ίδιο βαθμό. Έχει παρατηρηθεί μάλιστα, πως βελτιώνει την διάθεση των καταναλωτών και παρατείνει την παραμονή τους στο εκάστοτε κατάστημα.
- Το ψυχρό λευκό ( $CCT > 4000 \text{ K}$ ) τονίζει γενικά τις γαλάζιες αποχρώσεις των εμπορευμάτων και υπονομεύει κυρίως τις κόκκινες.

Γενικώς, πηγή θερμού φωτός θερμοκρασίας χρώματος 3000 K, ενδείκνυται για εφαρμογές που απαιτούν χαμηλά επίπεδα φωτισμού, ενώ πηγή ψυχρού φωτός θερμοκρασία χρώματος 6000 K, ενδείκνυται για εφαρμογές υψηλών επιπέδων φωτισμού [5].



Εικόνα 2.1: Αποχρώσεις του λευκού φωτός [7].

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI) λαμβάνει τιμές από 0 έως 100, όπου ο δείκτης 100 αντιπροσωπεύει το φως της ημέρας, και αποτελεί το μέτρο που δείχνει πόσο καλά αποδίδει τα χρώματα μια φωτεινή πηγή σε σχέση με μία πηγή αναφοράς. Όσο υψηλότερος είναι ο δείκτης CRI τόσο πιο φυσικά αποδίδονται τα χρώματα. Ενδεικτικά ο CRI για τα προϊόντα ενός καταστήματος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 80 ( $CRI > 80$ ), ενώ σε περιπτώσεις εκθεμάτων (ρούχα, έργα τέχνης) όπου το χρώμα είναι πιο σημαντικό, ο χρωματικός δείκτης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 90 ( $CRI \geq 90$ ) [7-8].



Εικόνα 2.2: Έκθεση εμπορευμάτων σε φως λαμπτήρα υψηλού CRI (αριστερά) και έκθεση σε φως λαμπτήρα χαμηλού CRI (δεξιά) [7].

Πίνακα 2.1: Προτεινόμενες θερμοκρασίες χρώματος και προτεινόμενοι δείκτες χρωματικής απόδοσης για διαφορετικούς τύπους εμπορικών καταστημάτων [7].

Τύπος καταστήματος	Δείκτης χρωματικής απόδ. (CRI)	Θερμοκρασία χρώματος (K)
Κρεοπωλείο	>80	2500 - 3000
Ιχθυοπωλείο	>80	Ασημένια, μπλε ψάρια >5000 Λευκά και χρυσαφένια 4000 Κόκκινα ψάρια <4000
Αρτοποιείο	>80	2500 – 3000
Μανάβικο	>80	Φρούτα : 2700 – 3000 Λαχανικά : 4000
Κατάστημα ρούχων	>90	3500 – 4000
Αθλητικά είδη	>80	4000
Υποδήματα/δερμάτινα	>80	3000 – 4000

<i>Κοσμήματα, οπτικά</i>	>80	2700 – 4000
<i>Φαρμακεία</i>	>80	4000
<i>Κομμωτήρια</i>	>90	4000
<i>Έπιπλα</i>	>80	2700 – 4000
<i>Υαλικά, οικιακά είδη</i>	>80	2700 – 4000
<i>Ηλεκτρονικά</i>	>80	2700 – 4000
<i>Βιβλιοπωλεία</i>	>80	3500 – 4000

### 2.2.2 Αντίθεση

Όπως ήδη έχει προαναφερθεί, τα εμπορικά καταστήματα πρέπει να κάνουν τους πελάτες να αισθάνονται άνετα τονίζοντας ταυτόχρονα τα εμπορεύματά τους. Η αύξηση των επίπεδων φωτισμού αποτελεί απλά σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας και δεν είναι αποτελεσματική. Κλειδί σε αυτή την περίπτωση αποτελεί ο φωτισμός διαφορετικών επιπέδων με χρήση της αντίθεσης στη έκταση του χώρου. Η αντίθεση επιτυγχάνεται με αυξημένη ένταση φωτισμού μεταξύ των διαφορετικών τύπων-ειδών φωτισμού, συνήθως αυτού της εργασίας και του γενικού, και δημιουργεί οπτική ιεραρχία εντός του περιβάλλοντος του καταστήματος με αποτέλεσμα η προσοχή του πελάτη να πέφτει σε συγκεκριμένα εμπορεύματα, αναλόγως του λόγου αντίθεσης. Ειδικότερα ένας λόγος αντίθεσης 2:1 (δύο προς ένα) μεταξύ του φωτισμού ανάδειξης και του γενικού φωτισμού δε δημιουργεί σημαντική αντίθεση, ενώ στον αντίποδα, λόγος αντίθεσης 30:1 (τριάντα προς ένα) δημιουργεί τεράστιο εστιακό εφέ (οπτικό ενδιαφέρον, βάθος και διάσταση στον χώρο).



Εικόνα 2.3: Λόγος αντίθεσης 2/1 (αριστερά) και 30/1 (δεξιά).

### 2.2.3 Ανάκλαση

Η κατοπτρική ανάκλαση λαμβάνει χώρα, όταν η γωνία πρόσπτωσης του φωτός σε μία κατοπτρική επιφάνεια ισούται με τη γωνία ανάκλασης και είναι ένας παράγοντας που πρέπει να συνυπολογίζεται στη σχεδίαση του φωτισμού ενός καταστήματος. Όταν χρησιμοποιούνται επιφάνειες με μεγάλη ανακλαστικότητα, το φως αντανακλάται και έτσι δημιουργούνται υψηλότερα επίπεδα φωτεινότητας. Υλικά που απορροφούν το σύνολο των φωτεινών ακτινών που προσπίπτουν επάνω τους έχουν δείκτη ανακλαστικότητας μηδέν (0), ενώ αυτά που τις ανακλούν όλες εκατό (100).

### 2.2.4 Θάμβωση

Θάμβωση καλείται το φαινόμενο εκείνο στο οποίο οι συνθήκες ορατότητας προκαλούν ενόχληση και μείωση της δυνατότητας κάποιου να διακρίνει με ευκολία εμπορεύματα και άλλου είδους αντικείμενα εξαιτίας της ακατάλληλης κατανομής της λαμπρότητας στο πεδίο παρατήρησης, λόγω υπερβολικών αντιθέσεων. Η θάμβωση διακρίνεται σε δύο μορφές :

- *Θάμβωση ανικανότητας* (disability glare): η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία εκτέλεσης πράξεων λόγω οπτικής ανικανότητας και επηρεάζει κυρίως το προσωπικό των καταστημάτων.
- *Θάμβωση δυσφορίας* (discomfort glare): η οποία δημιουργεί αίσθημα δυσφορίας, αλλά δε μειώνει την οπτική ικανότητα απαραίτητως.

Επίσης, ανεξάρτητα από τη μορφή της, η θάμβωση μπορεί να είναι άμεση ή εξ' ανακλάσεως. Η άμεση θάμβωση μπορεί να προκληθεί από ένα «αδιαίτερα φωτεινό» φωτιστικό το οποίο θα βρεθεί εντός του οπτικού πεδίου ενός παρατηρητή, ενώ η εξ' ανακλάσεως από καθρέπτες ή ακόμα και τοίχους στο εσωτερικό του χώρου [9].

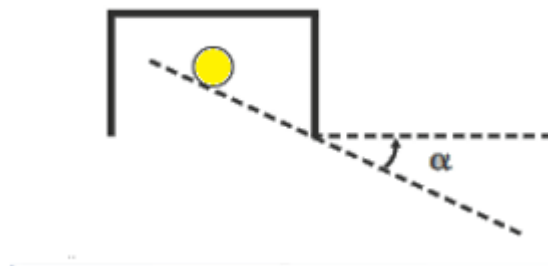
Στον εσωτερικό φωτισμό, που περιλαμβάνει και το φωτισμό εμπορικών καταστημάτων, και κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12464-1 [10], η θάμβωση υπολογίζεται με τη μέθοδο UGR (Unified Glare Rating) στην οποία λαμβάνονται υπόψη όλοι εκείνοι οι παράγοντες, όπως τα φωτιστικά και οι ανακλάσεις από τους τοίχους και τα ταβάνια, που συνεισφέρουν στην θάμβωση. Συνήθως γίνεται χρήση σύγχρονων υπολογιστικών εργαλείων με βάση τον παρακάτω τύπο :

$$UGR = 8 \log \left( \frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \Omega}{p^2} \right)$$

, όπου:

- **L<sub>b</sub>** : Η λαμπρότητα υποβάθρου σε cd/ m<sup>2</sup>, υπολογισμένη ως E<sub>ind</sub>/ π , όπου E<sub>ind</sub> η κάθετη έμμεση ένταση φωτισμού στο μάτι του παρατηρητή.
- **L** : Η λαμπρότητα που προκαλείται από όλα τα μέρη των φωτεινών πηγών του προς μελέτη χώρου.
- **Ω** : Η στερεά γωνία των φωτεινών πηγών.
- **P** : Ο δείκτης θέσης Guth για κάθε μεμονωμένο φωτιστικό που σχετίζεται με τη μετατόπισή του από το οπτικό πεδίο του παρατηρητή.

Για τον περιορισμό του φαινομένου της θάμβωσης συνίσταται η χρήση προστατευτικών πλεγμάτων και ανακλαστήρων στους λαμπτήρες, όπως ακόμα και η σκίαση των παραθύρων.



**Σχήμα 2.2:** Αναπαράσταση γωνίας «θωράκισης» α για ένα φωτιστικό.



**Πίνακας 2.2:** Ελάχιστες γωνίες για καθορισμένους τύπους λαμπτήρων [10].

<i>Λαμπρότητα φωτεινής πηγής ( kcd/ m<sup>2</sup> )</i>	<i>Ελάχιστη γωνία «θωράκισης»</i>
20 - < 50 <i>Υψηλής έντασης λαμπτήρες φθορισμού. Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού.</i>	15°
50 - < 500 <i>Λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής πίεσης LEDS.</i>	20°
≥ 500	30°

### 2.2.5 Ομοιομορφία

Η ομοιομορφία ορίζεται ως η αναλογία του ελαχίστου φωτισμού προς το μέσο φωτισμό και είναι απαραίτητη ώστε να παρέχεται η κατάλληλη οπτική άνεση στους χώρους ενός καταστήματος, καθώς επίσης και να περιορίζεται η εμφάνιση υψηλών αντιθέσεων στις εσωτερικές επιφάνειες. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κριτήρια ομοιομορφίας που πρέπει να πληρούνται στον εμπορικό φωτισμό, σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464-1 [10] :

**Πίνακας 2.3:** Ελάχιστες τιμές δείκτη ομοιομορφίας για διάφορους τύπους καταστημάτων [11].

<i>Χώρος/ κατάσταση</i>	<i>U<sub>o</sub></i>
<i>Χώρος πωλήσεων</i>	0.4
<i>Γενικός χώρος</i>	0.6
<i>Χώρος συσκευασίας</i>	0.6
<i>Πολυκατάστημα</i>	0.33 – 0.66

Άλλοι παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν τη σχεδίαση του φωτισμού αποτελούν, η διάταξη του χώρου και των φωτιστικών, η κατανομή του φωτός, το flicker, τα σημεία που είναι επιθυμητή η εστίαση της προσοχής, οι σκιάσεις, οι γωνίες φωτισμού, τα χαρακτηριστικά των επιφανειών όπως και τυχόν συστήματα ελέγχου [5].

### 2.3 Είδη εμπορικού φωτισμού

Το είδος του φωτισμού που χρησιμοποιείται ή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να συμβάλλει στη δημιουργία της κατάλληλης ατμόσφαιρας, ώστε να δοθεί έμφαση στο χαρακτήρα του καταστήματος, ενώ ακόμα θα πρέπει να επιτρέπει την εύκολη και λεπτομερή εξέταση των εμπορευμάτων ως προς τη ποιότητα και τα χαρακτηριστικά τους. Επιπλέον θα πρέπει να περιορίζει τα φαινόμενα θάμβωσης και τις έντονες, μη ομοιόμορφες στάθμες φωτεινότητας . Έτσι τα κύρια είδη φωτισμού που χρησιμοποιούνται στον εμπορικό φωτισμό είναι :

- Ο γενικός φωτισμός.

- Ο φωτισμός εργασίας.
- Ο φωτισμός ανάδειξης ή εστιακός φωτισμός.
- Ο διακοσμητικός φωτισμός.

### 2.3.1 Γενικός Φωτισμός

Ο γενικός φωτισμός, ή αλλιώς περιβάλλον φωτισμός, αποτελεί την κύρια μορφή φωτισμού για το χώρο ενός καταστήματος και πρέπει να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένος. Συνήθως κυμαίνεται είτε σε χαμηλά επίπεδα (30 lx έως 300 lx), είτε σε υψηλά (500 lx έως 1000 lx) ανάλογα με τον τύπο του καταστήματος, ενώ ακόμα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη και το φυσικό φωτισμό. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν φωτιστικά τύπου downlight, γραμμικά φωτιστικά σώματα ή σώματα τύπου πάνελ τοποθετημένα με συμμετρικό τρόπο στο χώρο. Στόχος του γενικού φωτισμού είναι να παρέχει την αίσθηση ευεξίας στους πελάτες και να τους ωθεί στο να παραμείνουν περισσότερη ώρα στο κατάστημα [5,12].

#### 2.3.1.1 Συστήματα γενικού φωτισμού

Τα μοτίβα γενικού φωτισμού που χρησιμοποιούνται για το φωτισμό των χώρων που βρίσκονται τα εμπορεύματα σε ένα κατάστημα είναι τα ακόλουθα:

##### Μοτίβο γενικού φωτισμού

Το μοτίβο γενικού φωτισμού κάνει χρήση φωτιστικών σωμάτων για το φωτισμό του συνόλου του καταστήματος, ανεξάρτητα από τη τοποθεσία των εμπορευμάτων. Το σύστημα περιλαμβάνει κατά περίπτωση τους κατάλληλους διακόπτες και ρυθμιστές (dimmers), ώστε να παρέχεται ευελιξία στη χρήση και στο φωτισμό του χώρου και παράλληλα να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας.

##### Μοτίβο ειδικού φωτισμού

Το μοτίβο ειδικού φωτισμού έχει ως κύριο στόχο τη προώθηση των εμπορευμάτων και την αύξηση των πωλήσεων. Για αυτό το λόγο λοιπόν, αναπτύσσονται φωτιστικά σώματα σε θέσεις οι οποίες καθορίζονται από τις θέσεις των εμπορευμάτων και των προσθηκών.

##### Μοτίβο ευέλικτου φωτισμού

Το μοτίβο ευέλικτου φωτισμού περιλαμβάνει φωτιστικά τα οποία δύνανται να συνδεθούν σε αυτόνομους ή μη ρευματοδότες. Έχει το πλεονέκτημα πως επιτρέπει την εύκολη προσαρμογή του φωτισμού του καταστήματος αναλόγως των εκάστοτε αναγκών.

Για την επιλογή του κατάλληλου από τα άνω συστήματα, πρέπει να ληφθούν υπόψη ο εσωτερικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός ενός καταστήματος και η ευελιξία, που πρέπει να έχει το σύστημα φωτισμού σε σχέση με το είδος των εμπορικών δραστηριοτήτων, που λαμβάνουν χώρα στο συγκεκριμένο κατάστημα.





**Εικόνα 2.4:** Ομοιόμορφη κατανομή φωτισμού στο εσωτερικό καταστήματος – Γενικός φωτισμός.

Στα πλαίσια του περιβάλλοντος φωτισμού χρησιμοποιείται και ο **περιμετρικός φωτισμός** που αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στην ανάδειξη των προς έκθεση προϊόντων, οριοθετεί την περίμετρο του χώρου και του προσδίδει «μεγαλύτερες διαστάσεις». Εφαρμόζεται σε τοίχους, ράφια, κουρτίνες με την τεχνική του wall- washing, του φωτισμού δηλαδή των κάθετων επιφανειών από πάνω προς τα κάτω ή και αντίστροφα. Χρησιμοποιούνται συνήθως γραμμικά φωτιστικά σώματα που τοποθετούνται στους τοίχους και φωτιστικά οροφής με ασύμμετρη φωτομετρία [5].



**Εικόνα 2.5:** Απεικόνιση περιμετρικού φωτισμού [13].

### 2.3.2 Φωτισμός εργασίας

Ο φωτισμός εργασίας έχει ως στόχο να παρέχει ένα εστιασμένο και υψηλού επιπέδου φωτισμό ώστε να πραγματοποιηθεί μια συγκεκριμένη εργασία, και αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη λειτουργικότητα ενός καταστήματος. Ειδικότερα διευκολύνει το προσωπικό να συσκευάζει τα εμπορεύματα γρήγορα και με ακρίβεια, να πραγματοποιεί συναλλαγές με τους πελάτες χωρίς λάθη κτλ. Χρησιμοποιείται συνήθως ως συμπλήρωμα στον ήδη υπάρχοντα φωτισμό των χώρων εργασίας και των πάγκων των ταμείων, αποσκοπώντας στην αποτροπή της θάμβωσης από τα φωτιστικά ή τις

ανακλούσες επιφάνειες, καθώς επίσης και στην εξάλειψη τυχών σκιών. Ο φωτισμός εργασίας πρέπει να λαμβάνει υπόψη την αντίθεση φωτεινότητας μεταξύ της περιοχής εργασίας και του περιβάλλοντος χώρου, ενώ μπορεί να επιτευχθεί εύκολα με φωτιστικά ανάρτησης [12].

### 2.3.3 Φωτισμός ανάδειξης ή εστιακός φωτισμός

Σε αντίθεση με τον γενικό φωτισμό και τον φωτισμό εργασίας, ο φωτισμός ανάδειξης ενδέχεται να μη συμβάλλει σημαντικά στα επίπεδα του γενικού φωτισμού ενός καταστήματος. Ο εστιακός φωτισμός έχει ως κύριο στόχο να αναδεικνύει τα προϊόντα ενός καταστήματος και για αυτό είναι σχεδιασμένος πιο έντονος από τον υπόλοιπο φωτισμό, ώστε να κατευθύνει το βλέμμα του καταναλωτή στο εμπόρευμα. Με αυτό τον τρόπο δίνεται έμφαση στο σχήμα, στην υφή και στο χρώμα των εμπορευμάτων, αφού η χρήση εστιασμένης ή σημειακής πηγής φωτός προσδίδει αντίθεση, βάθος και διαχωρίζει με απλό και κομψό τρόπο το εμπόρευμα από το περιβάλλον του. Τα φωτιστικά ράγας και τα φωτιστικά ψευδοροφής με δυνατότητα στροφής μπορούν να τονίσουν τις ιδιότητες των προϊόντων και επομένως καθίστανται ιδανικά για το συγκεκριμένο τύπο φωτισμού [12,14].

### 2.3.4 Διακοσμητικός φωτισμός

Ο διακοσμητικός φωτισμός εξυπηρετεί διπλό σκοπό. Όχι μόνο συμβάλλει στα επίπεδα φωτισμού του χώρου του καταστήματος, αλλά ακόμα βελτιώνει την όψη του, αντιμετωπίζοντάς τον ως βασική παράμετρο σχεδιασμού. Περιλαμβάνει επιτοίχια φωτιστικά τύπου απλίκας, πολύφωτα, επιτραπέζια φωτιστικά, φωτιστικά δαπέδου κ.ά. μέσω των οποίων προσδίδει οπτική ελκυστικότητα στο χώρο και προσθέτει ένα αίσθημα φιλοξενίας και άνεσης στους πελάτες. Προφανώς ο διακοσμητικός φωτισμός δεν προσφέρεται για όλα τα είδη των εμπορικών καταστημάτων. Για παράδειγμα, στα καταστήματα πώλησης εργαλείων, αθλητικών ειδών και σουπερμάρκετ είναι αχρείαστος, ενώ αντίθετα ενδείκνυται για τον φωτισμό καταστημάτων ρούχων, κοσμηματοπωλείων ή ακόμα και καταστημάτων επίπλων [12,14].



(α)



(β)



(γ)

**Εικόνα 2.6:** Είδη φωτιστικών σωμάτων για διακοσμητικό φωτισμό, (α) κρεμαστά φωτιστικά, (β) απλίκες, (γ) φωτιστικά δαπέδου.

## 2.4 Ο φυσικός φωτισμός ως βασική συνιστώσα του εμπορικού φωτισμού

Οι κύριες μορφές φυσικού φωτισμού που πρέπει να συνυπολογίζονται στις μελέτες φωτισμού των εμπορικών καταστημάτων και όχι μόνο, είναι οι ακόλουθες:

- Φως από άμεση ηλιακή ακτινοβολία.
- Φως από τον ουράνιο θόλο (ανέφελος ουρανός).
- Μερικώς νεφοσκεπής ουρανός.
- Πλήρως νεφοσκεπής ουρανός.

Η χρήση των παραπάνω μορφών φυσικού φωτισμού πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται οι οπτικές και βιολογικές ανάγκες των ανθρώπων εντός του καταστήματος. Τα συστήματα ελέγχου του φυσικού φωτισμού περιλαμβάνουν όλα εκείνα τα στοιχεία που συλλέγουν, μεταδίδουν, ανακλούν και κατανέμουν το φυσικό φως στους χώρους του καταστήματος. Σε αυτά συγκαταλέγονται οι υαλοπίνακες, οι καθρέπτες καθώς και τα ράφια ή οι προσθήκες που μπορεί να δημιουργούν σκιάσεις. Στόχος των παραπάνω συστημάτων είναι να παρέχουν όσο το δυνατότερο υψηλής έντασης και ποιότητας φωτισμό, για μεγάλο χρονικό διάστημα του έτους με τρόπο ευχάριστο, άνετο και ενεργειακά αποδοτικό [2].

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που απορρέουν από τη χρήση του φυσικού φωτισμού είναι:

- Βελτίωση του οπτικού περιβάλλοντος:  
Το φυσικό φως μπορεί να βελτιώσει το εσωτερικό των καταστημάτων αφού εισάγει μοτίβα φωτισμού που ποικίλλουν ανάλογα του χώρου και της ώρας, και τα οποία δε μπορούν να αναπαραχθούν από τις ηλεκτρικές πηγές. Επιπλέον, το φως που προέρχεται κατευθείαν από τον ήλιο δημιουργεί ενδιαφέρουσες και δυναμικές σκιάσεις στο χώρο, ενώ παράλληλα το διάσπαρτο φως από τον ουράνιο θόλο σε συνδυασμό με το ανακλώμενο, συμβάλλουν σε έναν διάχυτο φωτισμό, ευεργετικό για την υγεία.
- Αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων:  
Έχει παρατηρηθεί πως ο φυσικός φωτισμός βελτιώνει την διάθεση των εργαζομένων και τους κάνει να νιώθουν πιο άνετα. Έτσι αποκτούν πιο άμεση σχέση με τους πελάτες, αφού είναι πιο πρόθυμοι να τους εξυπηρετήσουν. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται ο αριθμός των συνολικών πωλήσεων.
- Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση φορτίου αιχμής:  
Η χρήση φυσικού φωτισμού δύναται να μειώσει τη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μείωση αυτή σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να φθάσει από το 30% έως και το 60%, οδηγώντας τόσο σε πώση στα λειτουργικά έξοδα του καταστήματος όσο και σε μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμα μια τέτοια ενέργεια μπορεί να περιορίσει την αιχμή της ηλεκτρικής ζήτησης καθώς και την ανάγκη ψύξης σε ένα χώρο. Είναι χαρακτηριστικό πως μία μείωση στο ηλεκτρικό φορτίο κατά 100 W μπορεί να οδηγήσει σε μείωση 30 W για τη ψύξη του χώρου. Η χρήση κατάλληλων τύπων γυαλιού για τις τζαμαρίες και τα παράθυρα επιτρέπει μόνο τις ακτινοβολίες που ανήκουν στο ορατό φάσμα να περάσουν, απορρίπτοντας τις UV και τις υπεριώδεις. Με αυτόν τον τρόπο δεν εισάγεται θερμότητα στον χώρο.



**Εικόνα 2.7:** Ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός στο εσωτερικό εμπορικού καταστήματος με χρήση φωτοσωλήνων κατά τις πρωινές ώρες [2].

## **2.5 Φωτισμός επιμέρους χώρων εμπορικών καταστημάτων**

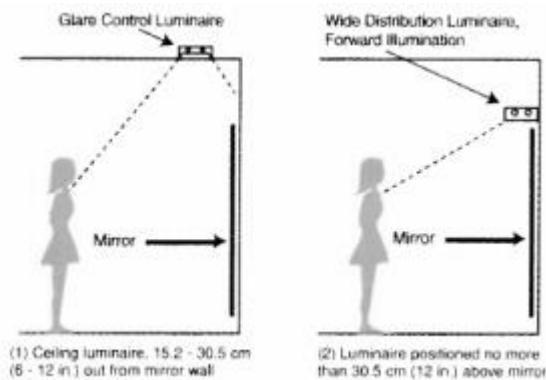
Ο εσωτερικός φωτισμός εμπορικών καταστημάτων περιλαμβάνει το φωτισμό της περιοχής των συναλλαγών, της βιτρίνας, των δοκιμαστηρίων, των χώρων συσκευασίας και μεταποίησης κ.ά. Αναλόγως του καταστήματος και του ιδιοκτήτη, οι παραπάνω πτυχές μπορούν να χωριστούν σε διακριτούς χώρους, ή ακόμα και σε δωμάτια. Η ίδια εμπορική περιοχή αποτελεί χώρο προβολής των προϊόντων και κυκλοφορίας των πελατών, όπου ο φωτισμός, ο εξοπλισμός και ακόμα και τα τυχόν εφέ συντονίζονται για τη δημιουργία της αίσθησης της αρμονίας [2].

### **2.5.1 Δοκιμαστήρια**

Στα καταστήματα ρουχισμού, όπου η δοκιμή του εμπορεύματος από το πελάτη αποτελεί κύριο συστατικό της στρατηγικής του καταστήματος, ο φωτισμός των χώρων των δοκιμαστηρίων είναι πολύ σημαντικός. Οι χώροι αυτοί θα πρέπει να φωτίζονται με γνώμονα τον αγοραστή, αφού ως επίπεδο αναφοράς ορίζεται συνήθως το σώμα του πελάτη προσανατολισμένο στο καθρέπτη. Συνεπώς, το σύστημα φωτισμού πρέπει να παρέχει κατάλληλα επίπεδα κάθετης έντασης φωτισμού (vertical illuminance). Η επιλογή των φωτιστικών θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποδίδονται στο μέγιστο δυνατό τα χρώματα, οι υφές και τα υλικά των ρούχων. Για όλους τους παραπάνω λόγους ενδείκνυται η χρήση κάθετου φωτισμού, υψηλού δείκτη χρωματικής απόδοσης, σε συνδυασμό με διάχυτα φωτιστικά τύπου απλίκας στο καθρέπτη. Με αυτό το τρόπο ελαχιστοποιούνται οι σκιάσεις και δεν αλλοιώνονται τα χρώματα των προϊόντων.

Ακόμα η κατάλληλη γωνία φωτισμού των καθρεπτών είναι ένας παράγοντας που πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στη σχεδίαση. Τα φωτιστικά οροφής πρέπει να τοποθετηθούν στη οροφή, κοντά στο τοίχο του καθρέπτη. Χωνευτά φωτιστικά (και ιδιαίτερα με ανακλαστήρα τύπου PAR) πρέπει να αποφεύγονται, διότι δημιουργούν σκιάσεις, που δεν είναι κολακευτικές για τους πελάτες. Ωστόσο, εάν είναι αναπόφευκτη η χρήση τους, πρέπει να συνοδεύονται από φωτιστικά ευρείας δέσμης, εξοπλισμένα είτε με λαμπτήρες αλογόνου, είτε φθορισμού.

Η χρήση λαμπτήρων μειωμένης ενεργειακής κατανάλωσης τύπου LED είναι ιδανική για το σκοπό αυτό, αφού ακτινοβολείται λιγότερη θερμότητα, δημιουργείται αίσθηση άνεσης και μειώνεται η ηλεκτρική κατανάλωση [2, 12].



Σχήμα 2.3: Κατάλληλη τοποθέτηση φωτιστικών στους καθρέπτες των δοκιμαστηρίων [5].

### 2.5.2 Βιτρίνες

Η βιτρίνα αποτελεί τη σύνδεση μεταξύ ενός καταστήματος και των περαστικών, και δημιουργεί τη πρώτη εντύπωση των πελατών για το κατάστημα. Η γοητεία της έγκειται στο γεγονός πως ο φωτισμός της προσαρμόζεται ανάλογα με τις προϋποθέσεις και τις ανάγκες των προς επίδειξη εμπορευμάτων, τα οποία συνεχώς αντικαθίστανται. Η στοχευμένη επιλογή φωτισμού με συγκεκριμένη απόχρωση, η προσεκτική δημιουργία σκιάσεων και αντιθέσεων αποτελούν κάποια από τα γνωρίσματα που χαρακτηρίζουν έναν υψηλής ποιότητας σχεδιασμό φωτισμού. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να ικανοποιούνται και κριτήρια για τη προσέλκυση των περαστικών όχι μόνο τις νυχτερινές ώρες, αλλά και κατά την διάρκεια μιας ηλιόλουστης ημέρας. Κάτι τέτοιο απαιτεί τελείως διαφορετικά επίπεδα φωτισμού. Φυσικά, για το σχεδιασμό κατάλληλου φωτισμού στις βιτρίνες των καταστημάτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πλήθος άλλων παραγόντων, όπως ο φωτισμός των διπλανών βιτρινών, ανακλάσεις από τα αυτοκίνητα και τους περαστικούς, όπως ακόμα και κτήρια που ενδεχομένως να αποτελούν πηγή οπτικής παρέμβασης [15].



Εικόνα 2.8: Πολύχρωμος φωτισμός βιτρίνας καταστήματος [13].





**Εικόνα 2.9:** Φωτισμός βιτρίνας με χρήση φωτιστικών τύπου LED.

Η παράλληλη χρήση φωτισμού ανάδειξης και φωτισμού υποβάθρου ενισχύει την αντίληψη των καταναλωτών για τα εμπορεύματα και προσθέτει βάθος στη βιτρίνα. Για το συγκεκριμένο σκοπό, είναι διαδεδομένη η χρήση spot ψευδοροφής ή οροφής, όπως ακόμα και φωτιστικών ράγας. Τα συγκεκριμένα φωτιστικά εγκαθίστανται εύκολα, χωρίς την ανάγκη κάποιου είδους εξοπλισμού, κι έχουν την δυνατότητα να περιστρέφονται ώστε να φωτίζουν τα εμπορεύματα από διαφορετικές γωνίες, ενώ πολλές φορές περιλαμβάνουν φίλτρα για ειδικά εφέ φωτισμού. Η βέλτιστη τοποθέτησή τους έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση του φαινομένου της θάμβωσης, καθώς σκοπός είναι η προβολή των προϊόντων και όχι των φωτεινών πηγών που ενδεχομένως να αποσπών με δυσάρεστο τρόπο την προσοχή του καταναλωτή.

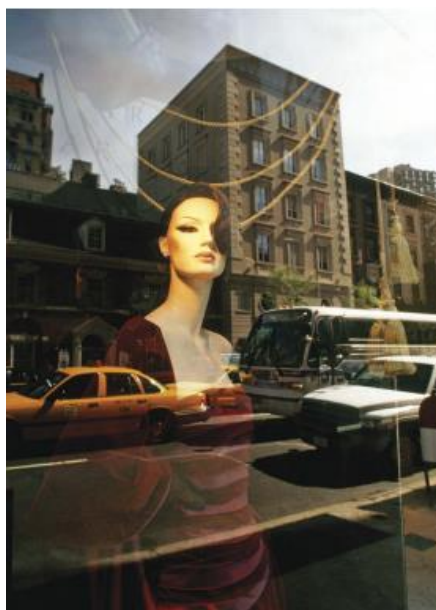
Μια σύγχρονη τακτική που είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, τόσο ενεργειακά όσο και αισθητικά, είναι ο φωτισμός των βιτρινών μέσω LEDs. Κατάλληλοι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν, ώστε να μεταβάλλουν την ένταση των φωτιστικών της βιτρίνας ανάλογα με την ένταση του φυσικού φωτισμού, γεγονός που συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας [5,15].

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι προτεινόμενες κατά IESNA [2] εντάσεις φωτισμού για τις βιτρίνες εμπορικών καταστημάτων κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας :

**Πίνακας 2.4:** Προτεινόμενες εντάσεις φωτισμού βιτρίνας.

	<i><b>Ημέρα</b></i>	<i><b>Νύχτα</b></i>
<i><b>Γενικός φωτισμός</b></i>	2000 lx	1000 – 2000 lx
<i><b>Φωτισμός ανάδειξης</b></i>	10000 lx	5000 – 10000 lx

Προφανώς κατά τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται πολύ υψηλά επίπεδα φωτισμού σε τουλάχιστον ένα μέρος της βιτρίνας. Η ανάδειξη των εμπορευμάτων είναι πιο αποτελεσματική όταν εξωτερικά εμπόδια, περιορίζουν το ηλιακό φως που προσπίπτει στη βιτρίνα. Ωστόσο, κατά την σχεδίασή της θα πρέπει να συνυπολογίζεται και ο συντελεστής ανάκλασης των τζαμιών  $T_{vis}$ . Υαλοπίνακες με συντελεστή  $T_{vis} < 70\%$  εμφανίζουν έντονες ανακλάσεις, εμποδίζοντας σε σημαντικό βαθμό την δυνατότητα του περαστικού να διακρίνει το περιεχόμενο της βιτρίνας.



**Εικόνα 2.10:** Εσφαλμένος φωτισμός βιτρίνας που αποτρέπει την σωστή έκθεση του προϊόντος [2].

### 2.5.3 Χώροι συσκευασίας

Ο φωτισμός στους πάγκους ή τους χώρους όπου συσκευάζονται τα προϊόντα θα πρέπει να διευκολύνει τον εργαζόμενο να επιλέξει τα κατάλληλα υλικά, να τοποθετήσει το εμπόρευμα στο κουτί ή σε κάποια τσάντα ή ακόμα και να το σφραγίσει. Η ανακλαστικότητα των τοίχων στο συγκεκριμένο χώρο θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 40%, αφού το ανακλώμενο φως είναι απαραίτητο ώστε να πραγματοποιηθούν οι προαναφερθείσες εργασίες και να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή φωτός. Η ενδεδειγμένη κατά IESNA [2] ένταση φωτισμού είναι 300 lx [2,12].

### 2.5.4 Χώροι αποθήκευσης

Οι χώροι αποθήκευσης πρέπει να φωτίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε οι ετικέτες και άλλα μέσα αναγνώρισης να μπορούν να βρεθούν και να ταξινομηθούν εύκολα και γρήγορα. Στους περισσότερους αποθηκευτικούς χώρους είναι απαραίτητο να υπάρχει φωτισμός με καλή χρωματική απόδοση, γι' αυτό και κατά περίπτωση συνιστάται η χρήση λαμπτήρων αλογόνου. Η χρήση αισθητήρων και χρονοδιακοπών ενδείκνυται για τον ελεγχόμενο φωτισμό και την εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτούς τους χώρους, οι οποίοι δε χρησιμοποιούνται συνεχώς. Ο φωτισμός των ραφιών αποθήκευσης θα πρέπει να είναι κάθετος, ενώ η συνιστώμενη ένταση φωτισμού είναι 300 lx [13].

### 2.5.5 Ράφια, προσθήκες και πάγκοι

Συνήθως αυτοί οι χώροι φωτίζονται με φωτιστικά χαμηλού προφίλ, όπως γραμμικά φωτιστικά LED, τα οποία τοποθετούνται πολύ κοντά στα εμπορεύματα αλλά σε κρυφά σημεία. Η ένταση του φωτισμού στους συγκεκριμένους χώρους θα πρέπει να είναι τρεις με πέντε φορές υψηλότερη από τον γενικό φωτισμό ώστε να εφίσταται η προσοχή του πελάτη. Η κατεύθυνση του φωτός είναι και αυτή σημαντική επίσης: ο φωτισμός των ραφιών από την πίσω όψη τονίζει τα εμπορεύματα, και έτσι τα προϊόντα στα χαμηλότερα ράφια που συνήθως δεν αποσπούν την προσοχή του καταναλωτή, πλέον έχουν περισσότερες πιθανότητες να πωληθούν [14].



Εικόνα 2.11: Φωτισμός ραφιών για προβολή σακιδίων (αριστερά) και φωτισμός έκθεσης κοσμημάτων (δεξιά) [14].

### 2.5.6 Χώροι μεταποίησης

Υψηλά επίπεδα έντασης φωτισμού (1000 lx) [2] είναι απαραίτητα για την εκτέλεση των εργασιών μεταποίησης π.χ. επιδιόρθωση ενδυμάτων. Για τη σχεδίαση του φωτισμού στους χώρους αυτούς. Θα πρέπει να επισημανθούν τα εξής:

- Σε χώρους που απαιτείται λεπτομέρεια στην εργασία, προτιμώνται φωτιστικά με χαμηλή θάμβωση.
- Επιλέγονται φωτιστικά με δείκτη χρωματικής απόδοσης μεγαλύτερο από 75.
- Γίνεται χρήση διάχυτου φωτισμού για ελαχιστοποίηση των σκιάσεων.
- Η θερμοκρασία χρώματος των φωτιστικών πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 3500 – 4100 K [5].

### 2.5.7 Έξοδοι κινδύνου

Η επιλογή της θέσης των φωτιστικών έκτακτης ανάγκης αποτελεί σημαντική διαδικασία στη μελέτη φωτισμού του κάθε χώρου του καταστήματος ώστε να εξασφαλίζεται η ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη και ομοιομορφία φωτισμού σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτρικής παροχής. Οι έξοδοι πρέπει να είναι ορατοί από οποιοδήποτε σημείο και για αυτό το λόγο τα φωτιστικά ένδειξης οδών διαφυγής θα πρέπει να τοποθετούνται με βάση τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN ISO 60598-2-22 και DIN VDE 0108, για καταστήματα άνω των 50 τετραγωνικών μέτρων. Σύμφωνα με τα ίδια πρότυπα τα επιλεγμένα φωτιστικά φθορισμού πρέπει να είναι εφοδιασμένα με ηλεκτρονικά ballast και να ικανοποιούν τις κάτωθι απαιτήσεις :

- Κατάλληλα για τάση λειτουργίας 190-250 V AC και 176-275 V DC.
- Χρόνος μεταγωγής από AC σε DC και αντιστρόφως : 180-200 ms.



Χώρος Καταστήματος	Πολύ σημαντικό		Σημαντικό			Λιγότερο σημαντικό				Μη εφαρμόσιμο						
	Διάταξη χώρου και φωτιστικών	Χρωματική απόδοση φωτιστικών	Ενσωμάτωση φυσικού φωτισμού	Απευθείας θάμβωση	Φωτεινή μαρμαρυγή (Flicker)	Κατανομή του φωτός	Ομοιομορφία φωτισμού	Επιφανειακή ένταση φωτισμού	Ανάδεξη προσώπων/αντικειμένων	Σημεία εστίασης προσοχής	Ανακλώμενη θάμβωση	Σκιάσεις	Γωνία φωτισμού	Σημεία υψηλής έντασης φωτισμού	Χαρακτηριστικά επιφανειών	Έλεγχος συστήματος και ευελιξία
Δοκιμαστήρια																
Αποθήκες																
Χώροι συσκευασίας																
Ταμείο																
Γενικός χώρος																
Χώρος πωλήσεων																
Προθήκες																
Βιτρίνα																

Σχήμα 2.4 : Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στη σχεδίαση του φωτισμού εμπορικών χώρων και η σημασία τους [2].

## 2.6 Χρωματική αλλοίωση εμπορευμάτων και τρόποι αντιμετώπισης

Η χρωματική αλλοίωση και το ξεθώριασμα χρωματιστών υφασμάτων, καθώς και άλλων υλικών κατά την έκθεσή τους στη φωτεινή ακτινοβολία, είναι ένα ζήτημα που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον μιας και πλέον στα καταστήματα χρησιμοποιούνται υψηλότερες στάθμες φωτισμού. Κατά συνέπεια είναι απαραίτητη η μελέτη κάποιων εκ των σημαντικότερων παραγόντων που ευθύνονται για το φαινόμενο αυτό [13]:

- Ένταση φωτισμού.
- Διάρκεια έκθεσης.
- Φασματική κατανομή της ακτινοβολίας.
- Υγρασία.
- Χημική σύνθεση βαφής.
- Υλικά κατασκευής του υφάσματος.

Στο σημείο αυτό γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στο φάσμα της φωτεινής ακτινοβολίας. Ειδικότερα, η υπεριώδης ακτινοβολία είναι υπεύθυνη για τη χρωματική αλλοίωση των εμπορευμάτων. Σε περιπτώσεις ιδιαίτερα ευαίσθητων υλικών ακόμα και η υπέρυθρη ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει σταδιακό αποχρωματισμό.

Σύμφωνα με το γερμανικό πρότυπο DIN 54004 [6], όσον αφορά την αλλοίωση των χρωμάτων λόγω φωτισμού, τα διάφορα υλικά χωρίζονται σε 8 κατηγορίες ανάλογα με την ευαισθησία τους στο φως:

**Πίνακας 2.5:** Επιτρεπόμενος χρόνος έκθεσης υλικών στο φυσικό φως κατά DIN 54004 [5].

Κατηγορία	1	2	3	4	5	6	7	8
Επιτρεπόμενος χρόνος έκθεσης στο φως ανά 1.000 lux φυσικού φωτισμού (hours)	70	150	300	600	1.200	2.500	5.000	10.000

Υλικά που υπάγονται στη πρώτη κατηγορία είναι τα πιο ευαίσθητα (βαμβάκι, μαλλί, χαρτί, βαμμένο δέρμα, μελάνι κ.ά.) και μπορούν να εκτεθούν ενδεικτικά σε 1000 lx φυσικού φωτισμού για 70 ώρες, ενώ αντίθετα υλικά της όγδοης κατηγορίας είναι ανθεκτικότερα (μέταλλα, πέτρα, κεραμικά κ.ά.) και μπορούν να εκτεθούν σε 1000 lx φυσικού φωτισμού για 10000 ώρες. Με βάση το ίδιο πρότυπο, παρουσιάζεται παρακάτω ο πίνακας στον οποίο αναγράφεται ο αντίστοιχος παράγοντας καθυστέρησης για την επίδραση κάθε φωτεινής πηγής στα εμπορεύματα ανάλογα με την ύπαρξη ή μη φίλτρου στο μπροστινό μέρος της.

**Πίνακας 2.6:** Πηγές φωτισμού και παράγοντας καθυστέρησης κατά DIN 54004 [5].

Πηγή φωτισμού	Φίλτρο	Παράγοντας καθυστέρησης
Φυσικός φωτισμός	Βιτρίνα	1,5
Λαμπτήρες εμπορίου-γενικής χρήσης, Λαμπτήρες πυράκτωσης με ανακλαστήρα	-	4
Λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης	-	-
	Προστατευτικό γυάλινο κάλυμμα (Cover glass, Protective glass) , γυάλινο κάλυμμα ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV-resistant)	3
Λαμπτήρες αλογόνου 230 V	Φίλτρο απορρόφησης UV-A (UV-A filter)	4
	-	2
Λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων	Προστατευτικό γυαλί (Cover glass, Protective glass)	3
	Φίλτρο απορρόφησης UV-A (UV-A filter)	4
Λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων	Προστατευτικό γυαλί	1,5
	Φίλτρο απορρόφησης UV-A (UV-A filter)	2,5

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μέγιστη χρονική διάρκεια που μπορεί ένα εμπόρευμα να εκτεθεί στο φως οποιασδήποτε φωτεινής πηγής χωρίς να υποστεί κάποιου είδους αλλοίωση, τόσο στο χρώμα όσο και στη υφή, εξαρτάται από τον επιτρεπόμενο χρόνο έκθεσης στο φυσικό φως (πίνακας 2.5) και από το παράγοντα καθυστέρησης που προκύπτει από τη χρήση ή μη φίλτρου (πίνακας 2.6). Έτσι εάν ορίσουμε ως :

- **T<sub>max</sub>** : το μέγιστο ανηγμένο χρόνο έκθεσης στην εκάστοτε πηγή φωτισμού για την οποία δεν προκύπτει αλλοίωση.
- **T<sub>1</sub>** : τον επιτρεπόμενο χρόνο έκθεσης στο φυσικό φως (πίνακας 2.5).
- **K** : τον παράγοντα καθυστέρησης (πίνακας 2.6).

, ισχύει ο τύπος :

$$T_{max} = T_1 * K \text{ (h/klx)}$$

Ωστόσο επειδή το αποτέλεσμα του άνω τύπου είναι σε ώρες ανά 1000 lx, η αναγωγή στο πραγματικό χρόνο έκθεσης σε ώρες, έστω T<sub>real</sub>, προκύπτει ως :

$$T_{real} = T_{max} * 1000 / E$$

, όπου E, η ένταση φωτισμού [5].

## Μέθοδοι αποφυγής

Για να αποφευχθεί η χρωματική αλλοίωση ενός φωτιζόμενου προϊόντος σε ένα κατάστημα ακολουθούνται συνήθως οι παρακάτω πρακτικές [5]:

- Μείωση, όσο είναι εφικτό, του χρόνου έκθεσης των εμπορευμάτων σε φυσικό ή τεχνητό φωτισμό.
- Χρήση φωτιστικών με όσο το δυνατό χαμηλότερη ισχύ.
- Χρήση περιστροφικών μηχανισμών, π.χ. στις προθήκες, ώστε το προϊόν κατά τη διάρκεια της έκθεσής του στο φως να περιστρέφεται, και η φωτεινή ακτινοβολία να μην προσπίπτει μόνιμα στο ίδιο σημείο.
- Τοποθέτηση ευαίσθητων προϊόντων, όπως για παράδειγμα, ενδύματα από βαμβάκι ή μετάξι, μακριά από πηγές έντονου φωτισμού.
- Έκθεση ορισμένων μόνο προϊόντων κάτω από φωτιστικά με μεγάλη ένταση φωτισμού, με σκοπό την έλξη της προσοχής των πελατών. Το υπόλοιπο εμπόρευμα τοποθετείται σε περιοχές με λιγότερο ισχυρό φωτισμό.
- Χρήση προστατευτικών φίλτρων, που επιβραδύνουν τη χρωματική αλλοίωση.

## 2.7 Ειδικοί τύποι καταστημάτων

### 2.7.1 Φωτισμός καταστημάτων επίπλων

Όπως και σε όλα τα εμπορικά καταστήματα, έτσι και στα καταστήματα επίπλων, η χρήση κατάλληλου φωτισμού είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη δημιουργία καλής ατμόσφαιρας που θα διεγείρει αισθήματα και θα παρατείνει τη παραμονή του πελάτη εντός του καταστήματος. Ένα φιλόξενο περιβάλλον λοιπόν, που είναι συγχρόνως ενεργειακά αποδοτικό και φιλικό προς τον καταναλωτή, είναι η βασική επιδίωξη των καταστημάτων επίπλων σήμερα και μπορεί να επιτευχθεί με βελτιστοποιημένα φωτιστικά και συγκεκριμένους τύπους λαμπτήρων που συνεισφέρουν σε ένα ευέλικτο και εξελιγμένο φωτισμό.

Πιο αναλυτικά, τα φωτιστικά που παρέχουν φωτεινότητα φόντου, θα πρέπει να συμπληρωθούν από spots με δυνατότητα περιστροφής, τα οποία δύνανται να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο του καταστήματος, με το κατάλληλο εξοπλισμό φυσικά, ώστε να προσδίδουν την απαραίτητη ευελιξία που απαιτείται για διαφορετικές συλλογές και τύπους επίπλων. Θα πρέπει ακόμα να γίνεται χρήση και του έμμεσου φωτισμού που προκύπτει από ανακλάσεις για την δημιουργία ενός απαλού και συνάμα φιλόξενου φωτισμού. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές φορές τα φωτιστικά αποτελούν μέρος των εκθεμάτων σε μία συλλογή επίπλων. Κρεμαστά φωτιστικά πάνω από τραπεζαρίες, κ.ά. συμβάλλουν στο γενικό φωτισμό και βοηθούν τους πελάτες να έχουν μια πιο ολοκληρωμένη άποψη.

Ελαφριά χρώματα, προσαρμοσμένα στα χρώματα των προς έκθεση επίπλων, δημιουργούν ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, το ουδέτερο λευκό ή τα πιο ανοιχτά δροσερά χρώματα δημιουργούν μία πιο επιχειρηματική ατμόσφαιρα σε ένα χώρο και υποστηρίζουν διαχρονικά έπιπλα, τα οποία είναι κατασκευασμένα από ανακλαστικά υλικά όπως το γυαλί. Από την άλλη θερμά χρώματα, με υψηλό περιεχόμενο σε ερυθρή ακτινοβολία, δίνουν μία αίσθηση οικειότητας και ταιριάζουν με ξύλινα έπιπλα [16].



Εικόνα 2.12: Τυπικός φωτισμός καταστήματος επίπλων.

### 2.7.2 Φωτισμός εμπορικών κέντρων

Ένα εμπορικό κέντρο συνδυάζει την ψυχαγωγία και τις αγορές, προσφέροντας τη στέγη όπου πραγματοποιούνται όλου του είδους οι εμπορικές και μη συναλλαγές, αποτελώντας το «ναό» του καταναλωτισμού. Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που συναντούν οι σχεδιαστές του, είναι η δημιουργία αρμονίας μεταξύ της ταυτότητας των εμπορικών καταστημάτων που συστεγάζονται στο εμπορικό κέντρο, καθώς επίσης και του ίδιου του κέντρου. Έτσι, πέρα από την αρχιτεκτονική, ο φωτισμός παίζει καθοριστικό ρόλο στην προσπάθεια αυτή.

Στο πλαίσιο αυτό, η ενεργειακή απόδοση των εμπορικών κέντρων αποτελεί σημαντικό ζήτημα στις μέρες μας. Είναι χαρακτηριστικό πως ο φωτισμός αποτελεί το 60% των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων ενός εμπορικού κέντρου, ενώ τα συστήματα κλιματισμού και εξαερισμού είναι σημαντικοί ενεργειακοί καταναλωτές επίσης. Είναι προφανές λοιπόν, πως ο φωτισμός είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής ενέργειας. Κατά συνέπεια υπάρχει μια σχεδιαστική πρόκληση για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων, σε συνάρτηση με ένα ευχάριστο περιβάλλον για τους αγοραστές. Μεμονωμένα μέτρα όπως η χρήση λαμπτήρων εξοικονόμησης δεν αρκούν για την αντιμετώπιση αυτού του περίπλοκου ζητήματος. Θα πρέπει να γίνει κατάλληλη μελέτη στα πρώτα στάδια της κατασκευής για την δημιουργία ενός συστήματος φωτισμού που θα λαμβάνει υπόψη κάθε πτυχή, από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό έως και τη χρήση φυσικού φωτός.

Ένα εμπορικό κέντρο απαρτίζεται από δεκάδες καταστήματα και εμπορικούς χώρους όπως ήδη έχει αναφερθεί. Ακολουθεί πίνακας με τις ενδεδειγμένες κατά IESNA [2] εντάσεις φωτισμού για τους χώρους ενός εμπορικού κέντρου:

Πίνακας 2.7: Ενδεδειγμένες εντάσεις φωτισμού σε εμπορικό κέντρο κατά IESNA [2].

Χώρος	Ένταση φωτισμού ( lx )
Διάδρομοι κυκλοφορίας	100
Χώροι συνάθροισης	100
Περίπτερα	1000

<i>Εστιατόρια</i>	
Χώροι σίτισης	50- 100
Χώρος ταμείου	300- 500
Προσθήκες εδεσμάτων	500
Κουζίνα	500- 1000
Ανελκυστήρες	100
Κυλιόμενες σκάλες	100
Παιδικές χαρές	300
Χώροι εξυπηρέτησης κοινού	300- 500
Τουαλέτες	100
Αίθουσες υποδοχής / lobbies	100
Αίθουσες συνεδριάσεων	300

## 2.8 Ενδεδειγμένες εντάσεις φωτισμού καταστημάτων

Εφόσον αναλύθηκαν λεπτομερώς όλες οι λεπτομέρειες και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στον εμπορικό φωτισμό, παρακάτω παρουσιάζονται οι ενδεδειγμένες εντάσεις φωτισμού κατά IESNA για διαφορετικά είδη εμπορικών καταστημάτων:

**Πίνακας 2.8:** Ενδεδειγμένες εντάσεις φωτισμού για διαφορετικά είδη καταστημάτων κατά IESNA [5].

ΕΙΔΗ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ	ΕΝΔΕΔΕΙΓΜΕΝΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (±25%) (lux)			
	Κυκλοφορία-Χώροι Διέλευσης	Γενικός Φωτισμός	Περιμετρικός φωτισμός για τα εμπορεύματα (ένταση φωτισμού σε κάθετο επίπεδο)	Φωτισμός Προθηκών
Αποθήκες	250-300	750-850	750-850	3.750-8.500
Παντοπωλεία/Supermarket	250-300	750-1.000	750-1.000	3.750-5.000
Καταστήματα μαζικών εκπτώσεων	250-300	750-850	750-850	3.750-8.500
Καταστήματα μαζικού εμπορίου	200-300	500-600	750-850	2.000-5.000
Πολυκαταστήματα	200-250	400-500	500-750	2.000-3.500
Πολυκαταστήματα πολυτελείας	150-200	300-400	400-800	1.500-4.000
Καταστήματα εξειδικευμένου κοινού	200-250	400-500	500-750	2.000-3.500
Καταστήματα με είδη πολυτελείας	150-200	300-400	400-800	1.500-4.000
Μπουτίκ	80-120	200-300	200-600	1.000-3.000
Κοσμηματοπωλεία	80-120	200-600	200-600	1.000-6.000
Καταστήματα με πολυτελή κρύσταλλα/πορσελάνες	80-120	200-600	200-600	1.000-6.000
Κατάστημα ψιλικών	250-300	750-850	750-850	3.750-8.500
Κατάστημα με είδη μπάνιου	200-250	400-500	500-750	2.000-3.500
Κατάστημα επίπλων	80-120	200-300	200-600	10.000-3.000

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Τύποι και χαρακτηριστικά λαμπτήρων στον εμπορικό φωτισμό

---

#### 3.1 Είδη λαμπτήρων

Παρακάτω παρουσιάζονται με συνοπτικό και εμπειριστατωμένο τρόπο οι βασικοί τύποι λαμπτήρων που υπάρχουν στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται και στον εμπορικό φωτισμό:

- Λαμπτήρες πυρακτώσεως.
- Λαμπτήρες φθορισμού.
- Λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής πίεσης.
- LEDs.
- Οπτικές ίνες.

##### 3.1.1 Λαμπτήρες πυρακτώσεως

Στους λαμπτήρες πυρακτώσεως, στους οποίους συγκαταλέγονται και οι λαμπτήρες αλογόνου, η παραγωγή της φωτεινής ακτινοβολίας επιτυγχάνεται με τη θέρμανση του νήματος βολφραμίου το οποίο εξωτερικά περιβάλλεται από γυάλινο κάλυμμα. Ο χώρος στο εσωτερικό του γυάλινου αυτού καλύμματος μπορεί είτε να εκκενωθεί, είτε να γεμίσει με κάποιο αέριο. Συνήθως γίνεται χρήση ευγενών αερίων ή αζώτου. Οι λαμπτήρες της συγκεκριμένης τεχνολογίας αν και έχουν χαμηλή φωτεινή απόδοση, προσφέρουν άψογη χρωματική απόδοση και η ρύθμιση της φωτεινής τους ροής μπορεί να γίνει εύκολα, χωρίς τη χρήση ακριβού εξοπλισμού. Σε κάθε περίπτωση η φωτεινή τους αποδοτικότητα μπορεί να αυξηθεί μέσω διπλού πηνίου ή/και με την προσθήκη αερίου, όπως κρύπτον ή ξέnon, ενώ η χρήση αλογόνων περιορίζει την εξάτμιση του βολφραμίου από το νήμα, αποτρέποντας με αυτό τον τρόπο το μαύρισμα των αντίστοιχων λαμπτήρων [3].

Οι λαμπτήρες αλογόνου έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους τους κοινούς λαμπτήρες πυρακτώσεως και είναι περίπου κατά 25% πιο αποδοτικοί. Συνηθέστεροι λαμπτήρες αλογόνου είναι οι AR (Aluminized Reflector- Ανακλαστήρας αλουμινίου), PAR (Parabolic Aluminized Reflector- Παραβολικός ανακλαστήρας αλουμινίου) και MR (Multifaceted Reflector- Πολυεπίπεδος ανακλαστήρας). Οι χαμηλής τάσης λαμπτήρες αλογόνου, μπορούν να ρυθμιστούν ως προς τη φωτεινή ροή τους (dimming) με τη χρήση κατάλληλου μετασχηματιστή που μειώνει τη διαφορά δυναμικού στους ακροδέκτες τους στα 12V. Αντίθετα οι λαμπτήρες αλογόνου υψηλής τάσης τροφοδοτούνται κατευθείαν από το δίκτυο. Σε κάθε περίπτωση παρουσιάζουν συντελεστή χρωματικής απόδοσης CRI=100 [17].





**Εικόνα 3.1:** Αριστερά: Λαμπτήρας αλογόνου με ανακλαστήρα αλουμινίου χαμηλής τάσης (12 V AC). Δεξιά: Λαμπτήρας αλογόνου υψηλής τάσης (230 V DC) [3].

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με ψήφισμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής οι λαμπτήρες αλογόνου κλασικού σχήματος (οι περισσότεροι εκ των οποίων είναι ενεργειακής κλάσης D) τύπου E14 και E27 θα αρχίσουν να αποσύρονται από την αγορά, ενώ δε υπάρχει προθεσμία απόσυρσης για αυτές τύπου G9 ή R7 που χρησιμοποιούνται σε φωτιστικά οροφής ή φωτιστικά γραφείου [3].

### 3.1.2 Λαμπτήρες Φθορισμού

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι λαμπτήρες εκκένωσης χαμηλής πίεσης, στους οποίους η φωτεινή ακτινοβολία παράγεται από φθορίζουσες επιστρώσεις που ενεργοποιούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία δημιουργείται από ένα τόξο υδραργύρου. Η χημική σύσταση των φθοριζουσών ουσιών που χρησιμοποιούνται στα τοιχώματα του σωλήνα, αντιστοιχεί σε τρεις έως πέντε εμφανείς φασματικές περιοχές (στο μπλε, κόκκινο ή πράσινο) και καθορίζει τόσο την χρωματική απόδοση όσο και την θερμοκρασία χρώματος [1-2].

Οι λαμπτήρες φθορισμού χαρακτηρίζονται από μεγάλη διάρκεια «ζωής» και υψηλή φωτεινή απόδοση. Ωστόσο τα επίπεδα φωτεινής ροής εξαρτώνται και από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αναλόγως του τύπου της λυχνίας η θερμοκρασία για μέγιστη απόδοση φωτισμού δίνεται ως 5°C, 25°C ή 35°C. Μεγάλες αποκλίσεις από τις συγκεκριμένες τιμές μειώνουν σημαντικά τη φωτεινή ροή [1].

Υψηλής απόδοσης λαμπτήρες φθορισμού με διάμετρο σωλήνα 16 mm είναι ιδιαίτερα οικονομικοί ενώ «λαμπτήρες υψηλής φωτεινής ροής» είναι ιδανικοί για τοποθέτηση σε ταβάνια σε μεγάλο ύψος. Γενικά, οι γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού παρέχουν ομοιόμορφα επίπεδα φωτισμού για αρκετά μεγάλες χρονικές περιόδους, καθιστώντας τους ιδανικούς για το γενικό φωτισμό καταστημάτων. Οι γραμμικοί λαμπτήρες T8 των 36 W είναι οι πιο κοινοί σε αυτή τη κατηγορία. Η απόδοση των λαμπτήρων φθορισμού αυξάνεται όσο αυξάνεται και η ισχύς τους όπως είναι φυσιολογικό. Γενικά για τους T5 κυμαίνεται από 70 έως 104.2 lm/W ενώ για τους T8 από τα 80 έως τα 100 lm/W. Φυσικά για τις χαμηλές σε ισχύ εφαρμογές, αναμένονται αποδόσεις που απέχουν από το θεωρητικό μέγιστο. Επίσης οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες δεν είναι ιδιαίτερα ακριβοί και έχουν υψηλή χρωματική απόδοση. Στον εμπορικό φωτισμό χρησιμοποιούνται και οι λαμπτήρες CFL (Compact Fluorescent Lamp) οι οποίοι έχουν πιο συμπαγές σχήμα και έτσι είναι πιο εύκολο να αντικατασταθούν. Ωστόσο δεν είναι όλοι οι CFL ρυθμιζόμενοι και μερικοί ενδέχεται να παρουσιάζουν καθυστέρηση στην έναυσή τους [3,17].



**Εικόνα 3.2:** Αριστερά παρουσιάζεται ένας λαμπτήρας CFL , ενώ δεξιά ένας απλός γραμμικού τύπου.

### 3.1.3 Λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής πίεσης

Οι λαμπτήρες υψηλής έντασης περιλαμβάνουν κυρίως τους λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων και τους λαμπτήρες ατμών νατρίου (χαμηλής και υψηλής πίεσης). Οι λαμπτήρες ατμών νατρίου είναι ενεργειακά αποδοτικοί και χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη φωτεινή ροή που προσφέρουν. Ωστόσο το «κίτρινο» χρώμα τους συνήθως χρησιμοποιείται στο φωτισμό δρόμων εξαιτίας του χαμηλού δείκτη χρωματικής απόδοσης, ο οποίος είναι μικρότερος του 60. Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων (MH- Metal Halide) από την άλλη παρέχουν λευκό φως, καλή χρωματική απόδοση και υψηλή φωτεινότητα μέσω της προσθήκης αλογονιδίων διαφορετικών μετάλλων. Ο τύπος αυτών των αλογονιδίων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το χρώμα του φωτός (από θερμό λευκό και ουδέτερο λευκό μέχρι και φυσικό λευκό). Ακόμα, η κατεύθυνση του φωτός των συγκεκριμένων λαμπτήρων μπορεί εύκολα να ελεγχθεί και τους καθιστά κατάλληλους για εφαρμογές φωτισμού που σχετίζονται με την βιομηχανία και τις αθλητικές εγκαταστάσεις [3].

Στον εμπορικό φωτισμό συνήθως χρησιμοποιούνται λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων τύπου PAR για το φωτισμό ανάδειξης. Είναι χαρακτηριστικό πως οι λαμπτήρες αυτοί είναι 15 με 20 φορές πιο αποδοτικοί από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, αφού με τη χρήση στραγγαλιστικού πηνίου (ballast) μπορούν να φτάσουν στα 110 lm/W [17].



**Εικόνα 3.3:** Τυπικοί λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων.



### 3.1.4 Δίοδοι εκπομπής φωτός (Light Emitting Diodes-LED's)

Το LED είναι ένα ηλεκτρονικό ημιαγώγιμο στοιχείο το οποίο εκπέμπει ακτινοβολία όταν το διαπερνά ρεύμα. Πιο αναλυτικά, η ηλεκτρονική ψηφίδα (chip) παράγει ακτινοβολία ως αποτέλεσμα της μετακίνησης των ηλεκτρονίων στην διεπιφάνεια (junction) μεταξύ του υλικού τύπου  $-n$ , που παρουσιάζει περίσσεια ηλεκτρονίων, και του υλικού τύπου  $-p$ , το οποίο παρουσιάζει έλλειψη ηλεκτρονίων. Ανάλογα με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο ημιαγώγιμος κρύσταλλος, μονοχρωματικό φως παράγεται σε συγκεκριμένα μήκη κύματος [1,3].

Το λευκό φως μπορεί να δημιουργηθεί με χρήση διαφορετικών μεθόδων. Η πιο κοινή μέθοδος είναι η «μετατροπή φωτοβολίας» (luminescence conversion) η οποία χρησιμοποιείται και στους λαμπτήρες φθορισμού. Εδώ ένα λεπτό φθορίζων στρώμα φωσφόρου εξατμίζεται πάνω σε ένα μπλε τσιπ. Μέρος της γαλάζιας αυτής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε λευκή από το κίτρινο φώσφορο. Ένας άλλος τρόπος για τη παραγωγή λευκής ακτινοβολίας, όπως και οποιοδήποτε άλλου χρώματος είναι η μίξη κόκκινου, μπλε και πράσινου φωτός. Στη πράξη, σχεδόν όλες οι θερμοκρασίες χρώματος από 2700 ως 7000 K, καθώς επίσης και δείκτες χρωματικής απόδοσης μεγαλύτεροι του 90 δύνανται να κατορθωθούν. Συγκεκριμένα, για τα LED's θερμού φωτός ο CRI κυμαίνεται μεταξύ 70-90 και για τα LED's ψυχρού φωτός ο CRI κυμαίνεται μεταξύ 70 και 80. Η απόδοση είναι 30 lm/W για τα LED's λευκού φωτός και 50 lm/W για τα LED's έγχρωμου φωτός.

Αναλόγως της κατασκευής τους διακρίνονται τρεις βασικοί τύποι LED:

- Τα *ενσύρματα (ακτινικά) LED* τα οποία αποτελούν μια από τις πιο πρώιμες μορφές της LED τεχνολογίας. Χρησιμοποιούνται απλά ως σηματοδότες εξαιτίας της χαμηλής φωτεινότητάς τους.
- Τα *SMD (Surface- Mounted device) LED* τα οποία είναι τοποθετημένα σε ειδικά τυπωμένη πλακέτα.
- Τα *COB (Chip on board) LED* στα οποία τα τσιπ είναι τοποθετημένα απευθείας στη πλακέτα.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα από τη χρήση των LED στον φωτισμό καταστημάτων παρουσιάζονται παρακάτω :

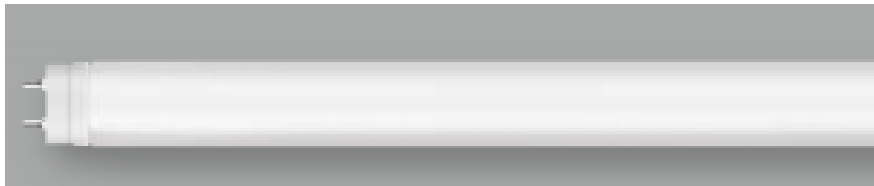
- Η εγκατάσταση λαμπτήρων LED σε σημεία στα οποία είναι δύσκολη η πρόσβαση, μειώνει το συνολικό κόστος συντήρησης αφού δεν απαιτείται συχνή αντικατάστασή τους.
- LED με δυνατότητα χρωματικής ρύθμισης εισάγουν γοητεία και ευελιξία στο φωτισμό βιτρινών.
- Η φωτεινή ακτινοβολία που εκπέμπουν δεν περιέχει υπέρυθρες ή υπεριώδεις συνιστώσες και η ρύθμιση της φωτεινής έντασης είναι σχετικά εύκολη.
- Οι λαμπτήρες LED είναι ανθεκτικοί σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μικρό κόστος συντήρησης [1-3,17].



**Εικόνα 3.4:** Λαμπτήρας LED τύπου ανακλαστήρα χαμηλής τάσης [17].



**Εικόνα 3.5:** Εύκαμπτη ταινία με LED chips (flexible LED module) [17].



**Εικόνα 3.6:** Τυπικός σωληνωτός λαμπτήρας LED διαμέτρου 26 mm [17].

### 3.1.5 Οπτικές ίνες

Στις οπτικές ίνες το φως που προέρχεται από μία φωτεινή πηγή ταξιδεύει κατά μήκος μίας ίνας, μέσω διαδοχικών ανακλάσεων στο εσωτερικό της, έως και την άκρη της, όπου εκπέμπεται, απευθείας ή με τη βοήθεια κάποιου φακού. Μόνο ένα μέρος της φωτεινής ακτίνας που εισέρχεται στην άκρη της οπτικής ίνας, υπό συγκεκριμένες και περιορισμένες γωνίες ανακλάται και εξέρχεται από το άλλο άκρο της, ενώ το υπόλοιπο διαθλάται και απομακρύνεται. Τα συστήματα φωτισμού οπτικών ινών αποτελούνται από τα ακόλουθα στοιχεία :

- Τη πηγή τροφοδοσίας.
- Το σύστημα μετάδοσης των οπτικών ινών.
- Τα τερματικά φωτιστικά σώματα.

Στο φωτισμό εμπορικών καταστημάτων αποτελούν σχετικά μια σύγχρονη τάση και συμβάλλουν σε έναν πλήρως ελεγχόμενο φωτισμό χωρίς την εκπομπή θερμότητας και ανεπιθύμητης ακτινοβολίας. Το βασικό πλεονέκτημά τους είναι το γεγονός πως από μία μόνο πηγή φωτισμού μπορούν να

οδηγηθούν πολλές οπτικές ίνες για το φωτισμό συγκεκριμένων αντικειμένων. Με αυτό το τρόπο μειώνεται η ενεργειακή κατανάλωση. Χρησιμοποιούνται συνήθως για τον φωτισμό προσθηκών.

### 3.2 Έναυση λαμπτήρων

Για τη σωστή κατανόηση της λειτουργίας των διαφόρων τύπων λαμπτήρων, θα πρέπει να αναλυθούν τα συστήματα έναυσης και λειτουργίας τους. Ένα τέτοιο σύστημα, αποτελούν τα ballasts ή αλλιώς στραγγαλιστικά πηνία, απαραίτητα για την έναυση και λειτουργία των λαμπτήρων. Πρόκειται για στραγγαλιστικές διατάξεις, οι οποίες συνδέονται μεταξύ της παροχής ρεύματος και ενός ή παραπάνω λαμπτήρων φθορισμού. Τοποθετούνται σε σειρά με τη παραλληλία του λαμπτήρα και του εκκινήτη και συμβάλλουν στο περιορισμό του ρεύματος εντός των λαμπτήρων, στην απαραίτητη και επιθυμητή ποσότητα, δημιουργώντας πτώση τάσης στα ηλεκτρόδια.

Οι δύο κυρίαρχες κατηγορίες ballast είναι τα ηλεκτρομαγνητικά και τα ηλεκτρονικά :

- Τα ηλεκτρομαγνητικά ballasts είναι απλά πηνία περιορισμού του ρεύματος και έχουν χαμηλό κόστος. Χαρακτηρίζονται από σημαντικές απώλειες και χαμηλό συντελεστή ισχύος, με αποτέλεσμα να απαιτείται η εγκατάσταση ενός πυκνωτή αντιστάθμισης για τη διόρθωσή του. Τα συμβατικά στραγγαλιστικά πηνία αναπτύσσουν κατά τη λειτουργία τους υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η φωτεινή απόδοση των λαμπτήρων. Τα φωτιστικά σώματα που λειτουργούν με συμβατικά ballasts συνεχίζουν να καταναλώνουν ρεύμα και μετά το τέλος της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων, ενώ οι διακυμάνσεις στη τάση τροφοδοσίας που παρατηρούνται, επηρεάζουν τη λειτουργία του λαμπτήρα. Συναντώνται μόνο σε παλαιές εγκαταστάσεις, ενώ δεν έχουν τη δυνατότητα dimming [20].
- Τα ηλεκτρονικά ballasts είναι τα πλέον διαδεδομένα και έχουν τη δυνατότητα dimming. Αποτελούν ηλεκτρονικές διατάξεις, οι οποίες λειτουργούν χωρίς τη παραγωγή θορύβου σε υψηλές συχνότητες. Χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά κυκλώματα στερεάς κατάστασης για την παροχή των κατάλληλων ηλεκτρικών συνθηκών εκκίνησης και λειτουργίας των λαμπτήρων εκκένωσης. Είναι χαρακτηριστικό πως η θερμότητα που εκλύεται αντιστοιχεί στο 1/3 της αντίστοιχης των συμβατικών ballasts, η χρήση τους εξασφαλίζει αύξηση της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων μέχρι και 50% ενώ η λειτουργία τους είναι οικονομικότερη, αφού η φωτεινή απόδοση των λαμπτήρων αυξάνεται όταν λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες. Μειώνεται λοιπόν το κόστος συντήρησης και αντικατάστασης, ενώ μετά το τέλος της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων, τίθενται εκτός λειτουργίας [20].



Εικόνα 3.7: Ηλεκτρομαγνητικό (αριστερά) και ηλεκτρονικό (δεξιά) ballast [21].

Όσον αφορά τα LED, προκειμένου να επιτευχθεί η έναυση και η λειτουργία τους, αξιοποιούνται συγκεκριμένα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας, που καλούνται LED drivers ή οδηγοί. Αποτελούν μια ανεξάρτητη τροφοδοσία ισχύος, που ρυθμίζει την ισχύ που απαιτείται για ένα λαμπτήρα LED ή μια σειρά LEDs. Η ανάγκη για ειδική τροφοδοσία των διόδων εκπομπής φωτός, έγκειται στο γεγονός ότι εξασφαλίζεται χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και μεγάλη διάρκεια ζωής. Μέσω των οδηγών επιτυγχάνεται η μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος που παρέχεται από τη τροφοδοσία σε συνεχές ρεύμα που χρησιμοποιείται από τα φωτιστικά LED. Εν συντομία, τα κύρια σημεία της λειτουργίας των LED drivers αποτυπώνονται στο γεγονός ότι ένας οδηγός LED διορθώνει την AC τάση και μειώνει τη στάθμη της στα απαιτούμενα επίπεδα, έτσι ώστε από 120 έως 277 V AC να μεταβεί στα 12 έως 24 V DC. Ακόμα, παρέχουν προστασία στους λαμπτήρες LED από τις διακυμάνσεις ρεύματος και τάσης, εξασφαλίζοντας ότι η τάση και το ρεύμα στους λαμπτήρες LED παραμένει εντός της περιοχής λειτουργίας τους, ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις στη παροχή ρεύματος. Η προστασία αποτρέπει την υπέρβαση των ορίων στις τιμές της τάσης και του ρεύματος, γεγονός που θα υποβάθμιζε τους λαμπτήρες LED ή θα προκαλούσε ιδιαίτερα χαμηλή τιμή στην ένταση του ρεύματος, εξασθενώντας την εξαγόμενη στάθμη φωτός [20].

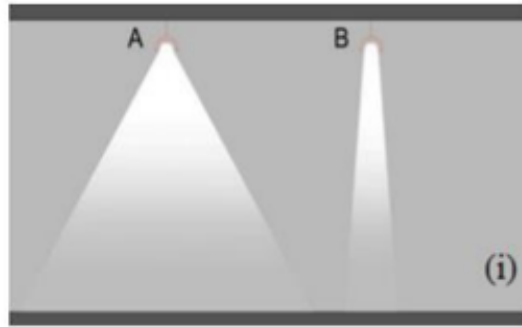


Εικόνα 3.8: LED driver [20].

### 3.3 Φωτιστικά σώματα

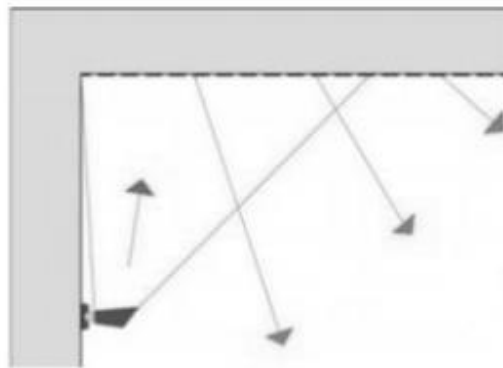
Τα φωτιστικά σώματα αποτελούν τις διατάξεις που περιβάλλουν τις φωτεινές πηγές, τροφοδοτώντας τις με ηλεκτρικό ρεύμα. Το σχήμα και η μορφολογία του κάθε φωτιστικού θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αποδίδει ο λαμπτήρας που βρίσκεται στο εσωτερικό του τη μέγιστη δυνατή φωτεινή ροή στο χώρο. Ανάλογα με το είδος του λαμπτήρα, επιλέγεται το ανάλογο φωτιστικό. Υπάρχουν διάφορα κριτήρια κατηγοριοποίησης των φωτιστικών. Έναν εξ αυτών αποτελεί ο τρόπος με τον οποίο διαχέεται η φωτεινή ροή στο χώρο. Οι τρεις βασικές κατηγορίες είναι ο άμεσος φωτισμός, ο έμμεσος και ο ημίμεσος :

- Ο άμεσος, χρησιμοποιείται για να φωτιστεί άμεσα ένα αντικείμενο ή στοιχείο του χώρου. Χωρίζεται στο κατευθυνόμενο και το σημειακό φωτισμό. Η χαρακτηριστική διαφορά των δύο αυτών τύπων είναι το μέγεθος της γωνίας του φωτεινού κώνου που εκπέμπεται από το φωτιστικό σώμα. Στο κατευθυνόμενο φωτισμό ο φωτεινός κώνος του φωτιστικού σώματος εκπέμπει φως σε ευρεία γωνία. Ο σημειακός έχει σαν βασικό χαρακτηριστικό του, τη στενή δέσμη φωτός που εκπέμπουν τα φωτιστικά. Ο στενός φωτεινός κώνος επιτυγχάνεται μέσω ανακλαστήρων που συγκεντρώνουν τη φωτεινή ροή που εκπέμπει ο λαμπτήρας και την ανακλούν κατευθύνοντάς την σε στενή δέσμη φωτός.



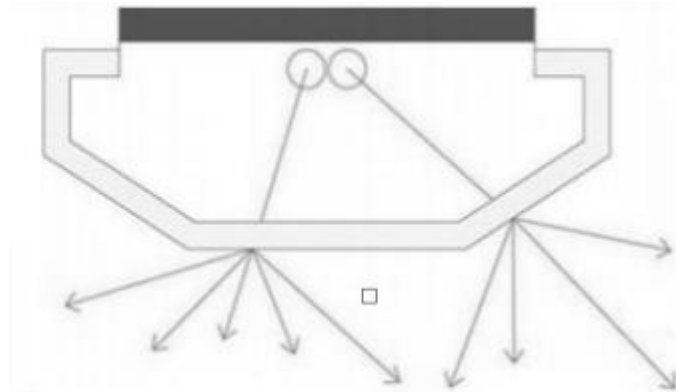
Σχήμα 3.1: Άμεσος (A) και σημειακός (B) τύπος κατανομής φωτεινής ροής φωτιστικών [19].

- Ο έμμεσος φωτισμός στηρίζεται στην ανάκλαση του φωτός σε μία επιλεγμένη κατεύθυνση κάνοντας χρήση ανακλαστήρων διαφόρων ιδιοτήτων ή στοιχεία του χώρου, όπως τοίχους και οροφές. Πρωτεύοντα ρόλο στον έμμεσο φωτισμό διαδραματίζουν οι ανακλαστικές ιδιότητες του υλικού που χρησιμοποιείται για την ανάκλαση του φωτός.



Σχήμα 3.2: Έμμεσος τύπος κατανομής φωτεινής ροής φωτιστικών [19].

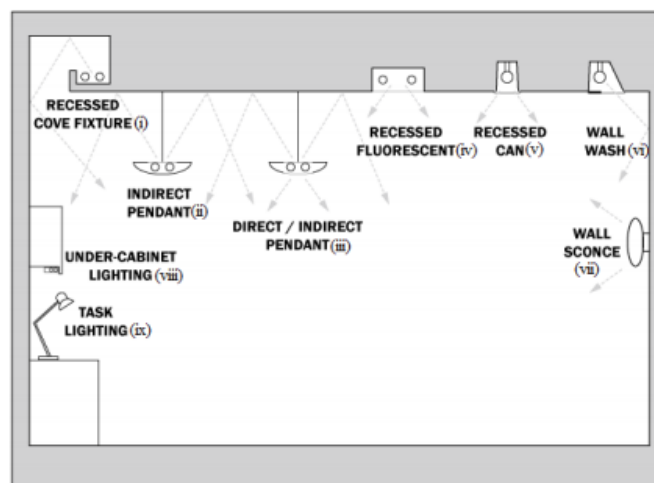
- Ο ημιάμεσος φωτισμός προκύπτει με τη χρήση διαθλαστικών επιφανειών μπροστά από το λαμπτήρα. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη διάθλαση είναι ζελατίνες, γυαλί αμβολής, πολυκαρβονικά υλικά και ειδικές περσίδες ή σχάρες, ενώ βασικές ιδιότητές τους είναι η ανάκλαση και διάχυση του φωτός σε διάφορες κατευθύνσεις για την αποφυγή άμεσης οπτικής επαφής με τον λαμπτήρα. Ο ημιάμεσος φωτισμός προκαλεί πολύ μικρότερη θάμβωση συγκριτικά με τον άμεσο. Μεγάλη εφαρμογή έχει σε χώρους γραφείων και χώρους με υπολογιστές όπως και σε κατοικίες, καταστήματα, εστιατόρια κτλ.



Σχήμα 3.3: Ημιάμεσος τύπος κατανομής φωτεινής ροής φωτιστικών [19].








Ένας άλλος τρόπος κατηγοριοποίησης των φωτιστικών έχει να κάνει με το τρόπο και το σημείο στο οποίο αυτά τοποθετούνται. Έτσι λοιπόν τα φωτιστικά μπορεί να είναι :

- **Εντοιχισμένα οροφής (i):** τοποθετούνται σε ανοίγματα στην οροφή και κατευθύνουν το φως ανακλαστικά στον χώρο.
- **Κρεμαστά φωτιστικά (ii-iii):** αναρτώνται στην οροφή και μπορεί να είναι άμεσου ή έμμεσου φωτισμού. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε χώρους γραφείων εξαιτίας της ευελιξίας που παρέχουν στη κατανομή του φωτός.
- **Χωνευτά φωτιστικά οροφής (iv-v-vi):** τοποθετούνται στην οροφή, και διαθέτουν ανακλαστήρες.
- **Φωτιστικά τοίχου (vii):** τοποθετούνται σε κάθετους τοίχους ενός χώρου και έχουν κυρίως διακοσμητικό χαρακτήρα.
- **Φωτιστικά εργασίας (ix) :** μπορεί να είναι λαμπτήρες ή φωτιστικά που τοποθετούνται σε γραφεία και παρέχουν την κατάλληλη ένταση φωτισμού για την ολοκλήρωση διαφόρων εργασιών.



Σχήμα 3.4: Τύποι φωτιστικών σωμάτων και θέση εγκατάστασής τους [18].

**Πίνακας 3.1:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διαφορετικών φωτεινών πηγών [11].

Λαμπτήρας	Φωτεινή ροή λαμπτήρα (lm)	Τύπος φωτιστικού	Φωτεινή ροή φωτιστικού	Ισχύς φωτιστικού ( W )	Ra	UGR	Φωτογραφία
Φθορισμού (T5, 2x24 W)	3500	Φωτιστικά τετράγωνης εσοχής με διαχυτή	2657	49	$\geq 80$	< 22	
Χαμηλής ισχύος LED (LP, 19,6W)	2600	Φωτιστικά τετράγωνης εσοχής με διαχυτή	2582	19,6	$\geq 80$	<22	
Συμπαγής φθορισμού (2xPL-C/2p15W)	2400	Φωτιστικά κάθετου φωτισμού	1896	50,6	$\geq 80$	< 22	
LED (OSLON, 30W)	1600	Φωτιστικά κάθετου φωτισμού	1600	30	$\geq 80$	< 22	
Αλογόνου (CDM, 45 W)	840	Ρυθμιζόμενο σποτ	840	45	$\geq 80$	< 22	
LED	1500	ρυθμιζόμενο σποτ	1108	12	$\geq 80$	< 22	
Συμπαγής φθορισμού (TC-T, 18W)	1200	φωτιστικά κάθετου φωτισμού	1000	19	$\geq 80$	< 22	

### 3.4 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού

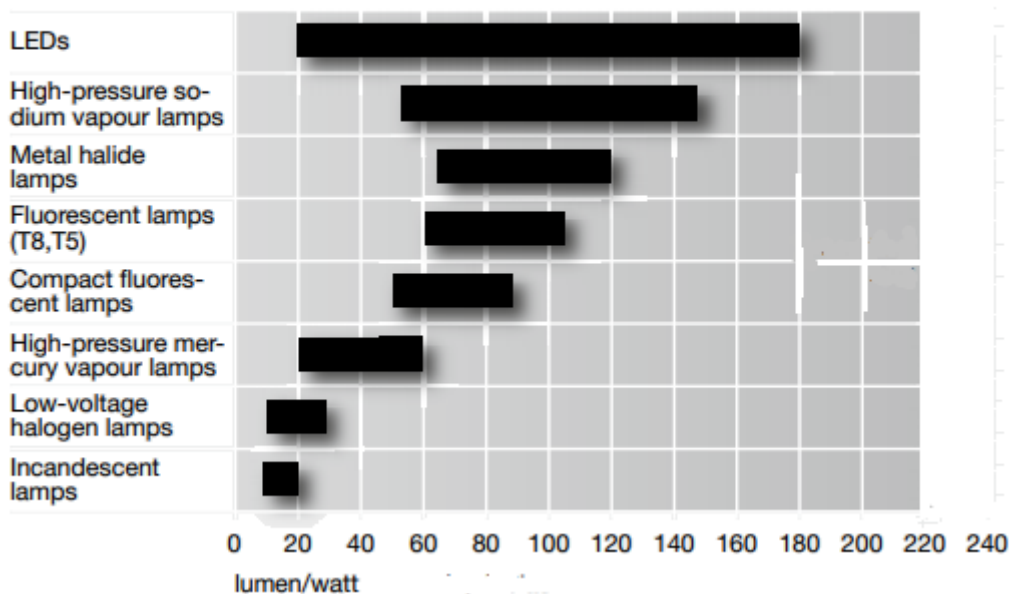
Για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος φωτισμού ενός εμπορικού χώρου πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων, τα οποία αναλύονται παρακάτω με τη σειρά:

- Φωτεινή ροή.
- Απόδοση φωτεινής πηγής.
- Διάρκεια ζωής λαμπτήρα – διατήρηση της φωτεινής απόδοσης.
- Βοηθητικός εξοπλισμός.
- Χρωματική απόδοση- θερμοκρασία χρώματος.
- Κόστος.

#### 3.4.1 Απόδοση Φωτεινής πηγής (luminous efficacy)

Η απόδοση της φωτεινής πηγής εκφράζει την ισχύ που απαιτείται για την επίτευξη συγκεκριμένης τιμής φωτεινής ροής και μετριέται σε lm/W. Όσο υψηλότερη είναι αυτή τόσο πιο αποδοτική είναι η φωτεινή πηγή. Διαφορετικές τεχνολογίες λαμπτήρων έχουν προφανώς διαφορετικές τιμές φωτεινής απόδοσης [17].

### Απόδοση φωτεινών πηγών



Σχήμα 3.5: Αποδόσεις των σημαντικότερων τύπων λαμπτήρων που συναντώνται στον εμπορικό φωτισμό [3].

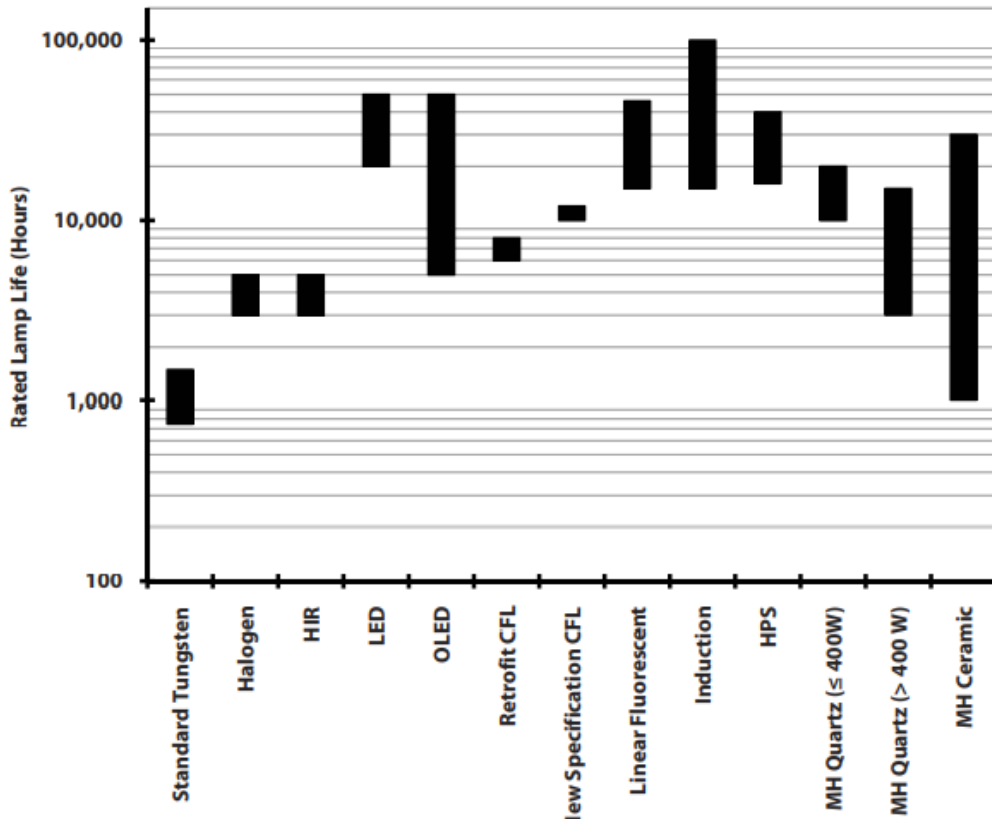
#### 3.4.2 Διάρκεια ζωής (Lamp Life) - Διατήρηση της φωτεινής απόδοσης (Lumen maintenance)

Οι ηλεκτρικές φωτεινές πηγές ενδέχεται να αχρηστευθούν εξαιτίας πολλών παραγόντων όπως ελαττωματικών ηλεκτρικών εξαρτημάτων, διάβρωσης του εσωτερικού του λαμπτήρα και σταδιακής μείωσης της φωτεινής ροής στο πέρασμα των χρόνων. Η μέση διάρκεια ζωής ενός λαμπτήρα ορίζεται από τον κατασκευαστή του, ως ο χρόνος κατά τον οποίο παραμένει σε λειτουργία τουλάχιστον το 50% των λαμπτήρων που ανήκουν σε μια δεδομένη ομάδα.

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως διαρκούν συνήθως 1000 με 2000 ώρες και χάνουν περίπου το 10 με 15% της αρχικής φωτεινής ροής τους πριν αχρηστευθούν, ενώ ένας λαμπτήρας CFL έχει 12000 ώρες λειτουργίας και χάνει και αυτός το 10 με 15% της φωτεινής του ροής πριν τεθεί εκτός λειτουργίας. Οι γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού διαρκούν συνήθως 25000 με 40000 ώρες χάνοντας μόνο το 5 με 10% της αρχικής τους φωτεινής ροής.

Οι φωτεινές πηγές LED από την άλλη, χάνουν μέρος της φωτεινής ροής τους σταδιακά. Πολλοί λαμπτήρες LED λειτουργούν 25000 ώρες προτού χάσουν το 30 % του αρχικού τους φωτός [3,17].





Σχήμα 3.6: Διάρκεια λειτουργίας σε ώρες για τους βασικότερους τύπους λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται και στον φωτισμό εμπορικών καταστημάτων [2].

### 3.4.3 Βοηθητικός εξοπλισμός

Με εξαίρεση τους λαμπτήρες αλογόνου οι οποίοι τροφοδοτούνται από το δίκτυο, όλες οι άλλες πηγές φωτός απαιτούν βοηθητικό εξοπλισμό για την έναυση και λειτουργία τους. Πιο αναλυτικά, οι λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης χρειάζονται μετασχηματιστή, οι λαμπτήρες φθορισμού καθώς και οι λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής έντασης χρειάζονται ballast ενώ οι λαμπτήρες επαγωγής απαιτούν ballast υψηλών συχνοτήτων. Σε όλες τις περιπτώσεις ο βοηθητικός εξοπλισμός συμβάλλει στην καλύτερη και αποδοτικότερη λειτουργία των λαμπτήρων. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η επιρροή που μπορεί να έχουν οι τεχνικές ρύθμισης σε διαφορετικούς τύπους λαμπτήρων[2]:

	Πυρακτώσεις	Βιολογικοί CFL	"Κομπόνια" CFL	Γραμμικοί φθορισμού	HID
Εύρος ρύθμισης					
Ομαλότητα					
Έναυση και θέρμανση λαμπτήρα					
Σταθερότητα φωτεινής παραγωγής					
Συμβατότητα με μηχανισμούς ελέγχου					
Εναλλαγή χρωμάτων					
Ζωή					
Θόρυβος					

**Σχήμα 3.7:** Ανταπόκριση κάθε είδους λαμπτήρα σε διάφορα τεχνικά χαρακτηριστικά. [2].

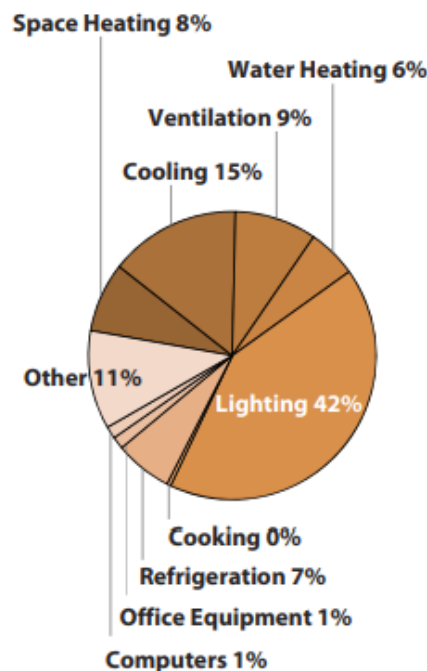
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας και οικονομική προσέγγιση σε συστήματα φωτισμού

#### 4.1 Διαχείριση ενέργειας φωτισμού στο τριτογενή τομέα

Η διαχείριση της ενέργειας στο φωτισμό είναι μια σύνθετη διαδικασία που έχει ως στόχο να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις ποιότητας φωτισμού για κάποιο χώρο, όπως ακόμα και τις ανάγκες των ανθρώπων που εργάζονται ή παρευρίσκονται στο συγκεκριμένο χώρο, με όσο το δυνατό μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, μέσω ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού και λειτουργίας του συστήματος. Είναι χαρακτηριστικό πως ο φωτισμός καταναλώνει περίπου το 19% της συνολικής ενέργειας στο τριτογενή τομέα, 25% της πρωτογενούς ενέργειας και 32 % της συνολικής ηλεκτρικής. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο, τα όρια πυκνότητας ισχύος και οι απαιτήσεις ελέγχου που επιβάλλονται από ενεργειακούς κώδικες και διεθνή πρότυπα έχουν συμβάλει σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που προορίζεται για το φωτισμό [2].

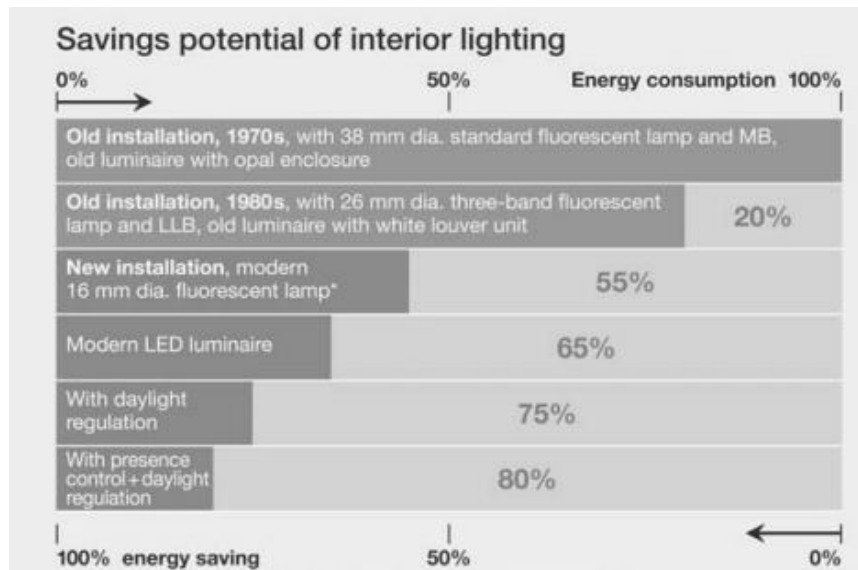
Είναι προφανές λοιπόν πως τα υπάρχοντα συστήματα φωτισμού που εγκαταστάθηκαν πριν από δεκαετίες είναι πιθανό να καταναλώνουν σημαντικά περισσότερη ενέργεια σε σύγκριση με νεότερα συστήματα φωτισμού που είναι ενεργειακά αποδοτικότερα. Ευτυχώς η ηλεκτρική ενέργεια που σπαταλάται σε αυτά τα παλαιάς τεχνολογίας συστήματα δύναται να μειωθεί με τη χρήση οικονομικά αποδοτικού εξοπλισμού ή με πλήρη επανασχεδιασμό του συστήματος φωτισμού που ενσωματώνει σύγχρονα συστήματα ελέγχου.



Σχήμα 4.1: Μορφές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο τριτογενή τομέα [2].

#### 4.2 Ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός

Στις μέρες μας, ένα από τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος φωτισμού είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Η χρήση καινούριας τεχνολογίας στο φωτισμό και η έξυπνη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού συνεισφέρουν στη μείωση των ρύπων και του κόστους.



Σχήμα 4.2: Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας στον εσωτερικό φωτισμό [22].

Στο παραπάνω σχήμα φαίνονται οι προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας στο φωτισμό εσωτερικών χώρων. Οι προοπτικές αυτές λαμβάνουν υπόψη τις παρακάτω δράσεις:

- Χρήση φωτιστικών με υψηλά επίπεδα φωτεινής εξόδου και βελτιστοποιημένο έλεγχο μέσω κατάλληλων πλεγμάτων και ανακλαστήρων.
- Αποδοτικότερες πηγές φωτισμού, όπως μονάδες LED.
- Σύγχρονες ηλεκτρονικές μονάδες τροφοδοσίας και στραγγαλιστικά πηνία.
- Έξυπνες ιδέες φωτισμού που ενσωματώνουν πολλαπλές ομάδες μεταγωγής, οι οποίες ελέγχονται ξεχωριστά και ανεξάρτητα.
- Συστήματα διαχείρισης φωτισμού που περιλαμβάνουν αισθητήρες παρουσίας.

Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στα συστήματα ελέγχου διότι προσφέρουν, τόσο ευκολία όσο και εξοικονόμηση χρημάτων. Οι ανιχνευτές παρουσίας διασφαλίζουν ότι τα φώτα απενεργοποιούνται ή ακόμα και περιστρέφονται αυτόματα όταν δεν υπάρχει ανάγκη για φως. Είναι χαρακτηριστικό πως σε συνδυασμό με ένα σύστημα ελέγχου φωτισμού οι ενεργειακές απαιτήσεις μπορούν να μειωθούν έως και 80 % σε σύγκριση με μία συμβατική εγκατάσταση φωτισμού [22].

### 4.3 Στρατηγικές ελέγχου

Οι αισθητήρες και οι μονάδες χειρισμού έχουν τη δυνατότητα να επιτύχουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας ρυθμίζοντας αυτόματα τα επίπεδα φωτισμού με βάση την ώρα, τις ανάγκες εργασίας, την ύπαρξη φυσικού φωτισμού, τη πληρότητα του χώρου και το κόστος της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Παρακάτω αναλύονται σύντομα κάποιες από τις βασικότερες στρατηγικές ελέγχου που είτε ήδη χρησιμοποιούνται ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον εμπορικό φωτισμό [17].

#### 4.3.1 Ρύθμιση επιπέδων φωτισμού (Dimming)

Με τη ρύθμιση επιπέδων φωτισμού μειώνεται ή αυξάνεται η εκπεμπόμενη φωτεινή ροή των φωτιστικών. Αυτό επιτρέπει τη δημιουργία ποικιλίας διαφορετικών σεναρίων φωτισμού γεγονός ιδιαίτερα χρήσιμο σε χώρους καταστημάτων που ο φωτισμός πρέπει να ταιριάζει αισθητικά με την αρχιτεκτονική και την αισθητική του καταστήματος καθώς και με το είδος των εμπορευμάτων. Μέσω της ρύθμισης των επιπέδων φωτισμού πραγματοποιείται και η τεχνική του constant light output. Όπως είναι γνωστό, σε μία οποιαδήποτε εγκατάσταση φωτισμού τα αρχικά επίπεδα φωτισμού

υπερδιαστασιολογούνται ώστε σταδιακά και με την επίδραση παραγόντων όπως η γήρανση των φωτεινών πηγών, η ρύπανση των φωτιστικών και των επιφανειών του χώρου, τα επίπεδα φωτισμού να μειώνονται και να φτάνουν στην συνιστώμενη ένταση φωτισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κατά τα αρχικά στάδια μιας εγκατάστασης φωτισμού να καταναλίσκεται μεγαλύτερη ισχύς από την ονομαστική. Μέσω της τεχνικής constant light output κατά τα αρχικά χρονικά στάδια μιας εγκατάστασης φωτισμού το παρεχόμενο ρεύμα προς τη φωτεινή πηγή είναι τέτοιο ώστε η ένταση φωτισμού στο χώρο να είναι ίση με τη συνιστώμενη. Σταδιακά, αυξάνεται το ρεύμα τροφοδοσίας των φωτιστικών ώστε να αντισταθμίσει την έκπτωση της φωτεινής ροής [17]. Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται ηλεκτρική ενέργεια και διασφαλίζονται ταυτόχρονα τα κατάλληλα επίπεδα τεχνητού φωτισμού.



**Σχήμα 4.3:** Αριστερά παρουσιάζεται ένας απλός διακόπτης ρύθμισης, ενώ δεξιά μια σύγχρονη ψηφιακή διάταξη ελέγχου τεχνολογίας αφής [23].

#### 4.3.2 Αισθητήρες παρουσίας – κίνησης

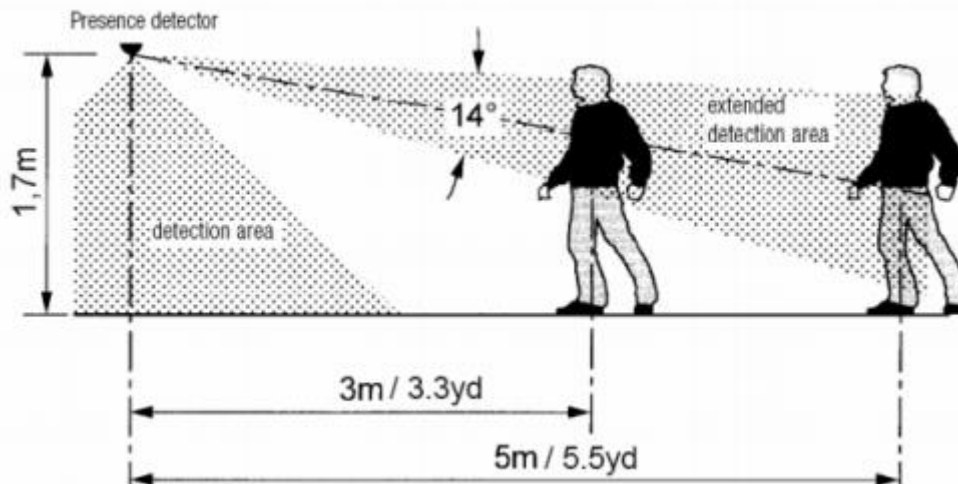
Οι αισθητήρες παρουσίας διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία των κυκλωμάτων φωτισμού που ελέγχουν, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να διακόψουν και τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού, όταν δεν ανιχνεύουν ανθρώπινη παρουσία στους χώρους στους οποίους είναι τοποθετημένοι. Αυτή είναι και η βασική τους διαφορά από τους αισθητήρες ή ανιχνευτές κίνησης, οι οποίοι συνδέονται μόνο με την εγκατάσταση φωτισμού. Με αυτό το τρόπο μειώνεται η ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου, καθώς αποτρέπεται το φαινόμενο να λειτουργούν τα συστήματα, με τα οποία είναι συνδεδεμένοι οι αισθητήρες, σε χώρους που δεν χρησιμοποιούνται [22].

Οι περισσότεροι αισθητήρες διαθέτουν χειροκίνητες και αυτόματες επιλογές για τη ρύθμιση της ευαισθησίας στην ανίχνευση της κίνησης και τη ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης. Έτσι επέρχεται η απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού από τη στιγμή που ο αισθητήρας δεν αντιλαμβάνεται παρουσία ατόμου στο χώρο που ελέγχει. Ο ανιχνευτής κίνησης συλλέγει τα δεδομένα εισόδου χρησιμοποιώντας συνήθως υπερήχους, υπέρυθρη ακτινοβολία ή μικροκύματα. Υπάρχουν και αισθητήρες διπλής λειτουργίας οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιούν και υπέρυθρη ακτινοβολία αλλά και υπέρηχους, για μεγαλύτερη ακρίβεια [23].

Οι αισθητήρες παρουσίας και οι ανιχνευτές κίνησης έχουν τις εξής τρεις παραμέτρους ρύθμισης:

- Αυτόματης ή χειροκίνητης έναυσης.
- Αυτόματης ή χειροκίνητης σβέσης.
- Χρόνου αναμονής.

Μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με το συνδυασμό χειροκίνητης έναυσης και αυτόματης σβέσης. Σε μελέτες φωτισμού θεωρείται ότι η εξοικονόμηση ενέργειας σε χώρους όπου έχουν εγκατασταθεί αισθητήρες παρουσίας ή ανιχνευτές κίνησης ισούται περίπου με 30%.



Σχήμα 4.4: Λειτουργία αισθητήρων παρουσίας.



Σχήμα 4.5: Αισθητήρας που ενεργοποιείται από την ανθρώπινη παρουσία [17].

#### 4.3.3 Χρονοδιακόπτες

Οι χρονοδιακόπτες είναι ηλεκτρονικά ή μηχανικά συστήματα, τα οποία ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν τα κυκλώματα φωτισμού για προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα. Τα χρονικά διαστήματα ποικίλλουν ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών του χώρου. Πολύ σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι μπορούν να αντικαταστήσουν τους συμβατικούς διακόπτες χωρίς επιπλέον καλωδίωση, ενώ εξίσου σημαντική είναι η πληθώρα των επιλογών που παρέχουν στους χρήστες, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης των παραμέτρων τους. Επιπλέον, αύξηση της λειτουργικότητας των συστημάτων φωτισμού επιτυγχάνεται εξαιτίας της συμβατότητας των χρονοδιακοπών με τα κεντρικά συστήματα ελέγχου και διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας των κτηρίων. Ανάλογα με την πολυπλοκότητά τους, κατηγοριοποιούνται σε απλούς μηχανικούς με ελατήριο έως σύνθετους με μικροεπεξεργαστές που μπορούν να προγραμματίσουν μια ακολουθία γεγονότων για μια ολόκληρη χρονιά. Πρέπει, όμως, να δίνεται η δυνατότητα παράκαμψής τους στους χρήστες, για το ενδεχόμενο μη προβλεπόμενων αποκλίσεων από το προκαθορισμένο πρόγραμμα [24].

#### 4.3.4 Αισθητήρες σύζευξης φυσικού-τεχνητού φωτισμού

Πρόκειται για συσκευές που χρησιμοποιούν φωτοευαίσθητα υλικά και εγκαθίστανται στην οροφή του χώρου τον οποίο ελέγχουν. Η λειτουργία τους είναι να προσαρμόζουν την ένταση του τεχνητού

φωτισμού ανάλογα με τις μεταβολές του φυσικού φωτισμού. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται οπτική άνεση και εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Συνήθως εγκαθίστανται σε όλα τα καταστήματα που έχουν παράθυρα ή βιτρίνες, επιφάνειας τουλάχιστον 2.4 τετραγωνικών μέτρων.

#### **4.3.5 Αρχιτεκτονικές ελέγχου στον εμπορικό φωτισμό**

Τα συστήματα ελέγχου όπως είδαμε μπορεί να είναι είτε απλά όπως ένας διακόπτης ON/ OFF ή πολύ περίπλοκα, όπως ένα διασυνδεδεμένο σύστημα ελέγχου σε επίπεδο κτηρίου, κύρια χαρακτηριστικά του οποίου είναι η ανίχνευση επιπέδων φωτισμού, ο προγραμματισμός και η απόκριση σε περιπτώσεις ακραίας ζήτησης. Στον εμπορικό κόσμο χρησιμοποιούνται τέσσερις βασικές αρχιτεκτονικές ελέγχου (control architectures):

- ***Αυτόνομος έλεγχος φωτισμού (Self- contained lighting control)***

Αποτελεί την απλούστερη κατηγορία ελέγχου και περιλαμβάνει διακόπτες ON/OFF, φωτοελεγκτές και αισθητήρες πληρότητας. Κάθε περιοχή μελέτης πρέπει να εξυπηρετείται από μονάδες ελέγχου που επιτρέπουν στους οικείους του χώρου να προσαρμόζουν τον φωτισμό ανάλογα με τις ανάγκες τους.

- ***Ενσωματωμένος έλεγχος φωτιστικών (Luminaire- integrated control)***

Γνωστά και ως ενσωματωμένα χειριστήρια, τοποθετούνται από τον κατασκευαστή κατευθείαν στο φωτιστικό.

- ***Έλεγχος στάθμης κυκλώματος (Circuit- level control)***

Αυτή η στρατηγική ελέγχου τερματίζει το κύκλωμα φωτισμού και αποσυνδέει συγκεκριμένα ηλεκτρικά φορτία, βάση προγράμματος ή πληρότητας του χώρου.

- ***Έλεγχος δικτύου (Networked control )***

Περιλαμβάνει διασυνδεδεμένα συστήματα έξυπνου ελέγχου φωτισμού, τα οποία μπορούν να εκμεταλλευτούν το φυσικό φωτισμό και να ανταποκρίνονται σε συνθήκες ακραίας ζήτησης ενέργειας.

#### **4.4 Περισσότερες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας.**

Πέρα από τις στρατηγικές που έχουν αναφερθεί, υπάρχουν και άλλοι τρόποι, απλοί ή πιο περίπλοκοι, με τους οποίους είναι δυνατή μια αξιοσημείωτη μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση καταστημάτων λιανικής.

- Αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού T8 με τους νεότερους T5.
- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL), οι οποίοι είναι κατά 75% ενεργειακά αποδοτικότεροι και παρουσιάζουν 8-10 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Αντικατάσταση λαμπτήρων αλογόνου με λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων στις προθήκες των καταστημάτων. Η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί ανέρχεται από 60 ως και 70%. Ένα ακόμη όφελος είναι η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των λαμπτήρων μεταλλικών αλογονιδίων, η οποία είναι 3-5 φορές μεγαλύτερη έναντι των λαμπτήρων αλογόνου. Ένας λαμπτήρας πυράκτωσης έχει μέση διάρκεια ζωής τις 2000 ώρες λειτουργίας, ενώ ένας λαμπτήρας μεταλλικών αλογονιδίων, ίδιας ηλεκτρικής ισχύος, έχει μέση διάρκεια ζωής τις 12000 ώρες.

- Αντικατάσταση των παλιών φωτιστικών και χρήση νέων φωτιστικών με δυνατότητα ελέγχου της στάθμης φωτισμού (dimming). Παράγεται λιγότερη θερμότητα από τα φωτιστικά και κατά συνέπεια δαπανάται λιγότερη ενέργεια στον κλιματισμό του χώρου.
- Βάψιμο των τοίχων των καταστημάτων με χρώματα ματ υψηλής ανακλαστικότητας με στόχο τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας του τεχνητού φωτισμού. Οι ανοιχτόχρωμες επιφάνειες ανακλούν μέχρι και το 80% του προσπίπτοντος φωτός, ενώ οι σκουρόχρωμες μόνο το 10%.
- Προβλεπόμενος προγραμματισμός στον έλεγχο του φωτισμού σε χώρους, στους οποίους είναι προγραμματισμένη η παρουσία ανθρώπων. Ένα παράδειγμα αυτής της μεθόδου αποτελεί η αυτόματη, μέσω χρονοδιακόπτη, ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του φωτισμού κατά τις ώρες έναρξης/διακοπής της λειτουργίας ενός καταστήματος.

#### 4.5 Βασική οικονομική ανάλυση

Στον σχεδιασμό και τη πραγματοποίηση ενός πλάνου, το οικονομικό κομμάτι παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές αποφάσεις και δίκαια θεωρείται ο βασικός ανταγωνιστής της αισθητικής και της ποιότητας, ειδικά στον εμπορικό κόσμο όπου ο εκάστοτε καταστηματάρχης έχει ως κύριο σκοπό να μεγιστοποιήσει το κέρδος του. Όμως, οι οικονομικές αναλύσεις θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως το πλαίσιο στο οποίο θα ικανοποιούνται οι ανάγκες του καταστήματος, καθώς η αποτυχία παροχής κατάλληλης ποιότητας φωτισμού μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την οπτική άνεση των πελατών και την παραγωγικότητα των εργαζομένων οδηγώντας σε έμμεσες οικονομικές συνέπειες στο μακροπρόθεσμο [2].

Κάθε σημαντικό στοιχείο μιας εγκατάστασης φωτισμού, από λαμπτήρες, φωτιστικά σώματα και διακόπτες ελέγχου μέχρι και την μακροχρόνια συντήρηση που περιλαμβάνει το καθαρισμό και την αντικατάσταση ελαττωματικών μερών, επηρεάζεται από την οικονομική αξιολόγηση που είναι απαραίτητη τόσο για κάθε νέο έργο όπως και για ανακαινίσεις. Έτσι κάθε ολοκληρωμένη οικονομική ανάλυση ενός προτεινόμενου σχεδιασμού θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη μια ποικιλία οικονομικών ανησυχιών, όπως :

- Τη σύγκριση εναλλακτικών συστημάτων ή εξαρτημάτων.
- Τα οφέλη που προέρχονται από ένα σύστημα φωτισμού σε σχέση με το κόστος του.
- Την αξιολόγηση τεχνικών διαδικασιών συντήρησης.
- Την αξιολόγηση των ήδη υπάρχων τεχνολογιών και στρατηγικών διαχείρισης ενέργειας.
- Τον αντίκτυπο του φωτισμού σε άλλα οικοδομικά συστήματα.
- Τους περιορισμούς στον προϋπολογισμό του έργου.

Οι περισσότερες από τις παραπάνω οικονομικές ανησυχίες είναι απλές προς την ανάλυσή τους. Ένα ακριβότερο σύστημα φωτισμού ή ελέγχου ενδέχεται να εξοικονομήσει μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας ή να μειώσει το κόστος συντήρησης της εγκατάστασης με τη πάροδο του χρόνου. Σε οποιαδήποτε οικονομική ανάλυση, η ποιότητα φωτισμού που παρέχεται από τις διαφορετικές επιλογές που εξετάζονται πρέπει να είναι όμοια, ώστε να είναι εφικτή μια σύγκριση που βασίζεται αποκλειστικά στο αρχικό και λειτουργικό κόστος. Παρακάτω εξετάζονται τυπικές προσεγγίσεις για οικονομικές αναλύσεις και περιγράφεται το σχετικό κόστος συστήματος γενικά για κάθε ανάλυση κόστους – οφέλους στη διαδικασία σχεδιασμού των εναλλακτικών ενός συστήματος φωτισμού.



#### 4.5.1 Προσδιορισμός κόστους

Για τον προσδιορισμό του κόστους που αφορά ένα σύστημα φωτισμού θα πρέπει να εξεταστούν τα εξής: Αρχικά, εξετάζεται το κόστος αγοράς και εγκατάστασης του εξοπλισμού και τα περιοδικά έξοδα που αφορούν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, θα πρέπει να αξιολογούνται έξοδα που αφορούν τη συντήρηση των φωτιστικών και του παρελκόμενου εξοπλισμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε ό,τι αφορά τον φωτισμό εμπορικών καταστημάτων, ζητήματα όπως η παραγωγικότητα των εργαζομένων, η ασφάλεια, η υγεία, η προσέλκυση πελατών και οι αυξημένες πωλήσεις παράγοντες οι οποίοι είναι μείζονος σημασίας και επηρεάζονται από το σύστημα φωτισμού του καταστήματος, δεν μπορούν να προσδιοριστούν ποσοτικά και συνεπώς δεν συνυπολογίζονται σε οικονομικές συγκρίσεις.

Για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού, ο ιδιοκτήτης θα πρέπει να γνωρίζει σε πόσο χρόνο θα αποσβεστεί το αρχικό κόστος εγκατάστασης (περίοδος αποπληρωμής ενός συστήματος – System' s payback period) ή το βαθμό απόδοσης της επένδυσης (ο οποίος είναι ανάλογος των τόκων που εισπράττονται από οποιαδήποτε πρόσθετη επένδυση). Έτσι, κατά την ανάλυση κόστους είναι κομβικό να συγκεντρωθούν αντιπροσωπευτικά δεδομένα που σχετίζονται με το σχεδιασμό, τη κατασκευή και τη λειτουργία μίας διάταξης, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή συντηρητικών εκτιμήσεων εξαιτίας της αβεβαιότητας στην πρόβλεψη μελλοντικών παραμέτρων.

#### 4.5.2 Απλή αποπληρωμή (Simple Payback)

Η απλή αποπληρωμή αποτελεί γενικά μία πρώτου βαθμού μέθοδο, η οποία βρίσκει εφαρμογή συνήθως στην σύγκριση εναλλακτικών σχεδιασμών. Η απλή περίοδος αποπληρωμής είναι στην ουσία μια προσέγγιση του χρόνου που απαιτείται για την εξόφληση μιας επένδυσης, και εκφράζει το αρχικό κόστος συστήματος διαιρεμένο με το πρόσθετο ετήσιο οικονομικό όφελος το οποίο παρέχει :

$$PP = \frac{I}{A}$$

,όπου :

- PP: απλή περίοδος αποπληρωμής σε χρόνια.
- A: σταδιακή ετήσια ταμειακή ροή (ετήσιες αποταμιεύσεις) .
- I: αυξητική επένδυση .

Η απλή αποπληρωμή δεν λαμβάνει υπόψη τη χρονική αξία των χρημάτων και θεωρεί ως δεδομένο ότι ένα χρηματικό ποσό σήμερα αξίζει περισσότερο από ότι θα αξίζει στο μέλλον. Επομένως, η χρήση της απλής μεθόδου αποπληρωμής είναι κατάλληλη μόνο όταν η αποπληρωμή πραγματοποιείται γρήγορα (μέσα σε διάστημα δύο χρόνων).

#### 4.5.3 Απλός βαθμός απόδοσης (Simple rate of return)

Ο απλός βαθμός απόδοσης (ROR), ο οποίος συναντάται στη βιβλιογραφία και ως απλή απόδοση επένδυσης (Return On Investment – ROI), είναι το αντίστροφο της απλής περιόδου αποπληρωμής και στην ουσία εκφράζει το ετήσιο όφελος που απορρέει από μία επένδυση, διαιρεμένο με το αρχικό κόστος της συγκεκριμένης επένδυσης :

$$ROR = \frac{A}{I} \times 100 \%$$

, όπου:

- ROR: απλός βαθμός απόδοσης.
- A: σταδιακή ετήσια ταμειακή ροή (ετήσιες αποταμιεύσεις).
- I: αυξητική επένδυση .

#### 4.5.4 Κόστος του «φωτός»

Αποτελεί μια γενική μέθοδο ανάλυσης του κόστους φωτισμού που συνυπολογίζει το κόστος λειτουργίας ενός λαμπτήρα κατά τη διάρκεια της ζωής του, σε σχέση με τη φωτεινή ροή που αυτός παράγει, και εφαρμόζεται μόνο σε περιπτώσεις που υπάρχει όμοια κατανομή φωτός, χωρίς αντίκτυπο στην οπτική απόδοση των φωτιστικών. Έτσι, το κόστος του «φωτός» σε ευρώ ανά ώρες λειτουργίας (lumen- hours) εκφράζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$U_{lamp} = \frac{1000}{\Phi_{lamp}} \left[ \frac{1000(C_{lamp} + C_{labor})}{L_{lamp}} + P_{lamp} * C_{energy} \right]$$

, όπου:

- $U_{lamp}$ : μοναδιαίο κόστος φωτός για έναν λαμπτήρα σε €/lm-hours.
- $\Phi_{lamp}$ : μέση φωτεινή παραγωγή του λαμπτήρα σε lumen.
- $C_{lamp}$ : τιμή του λαμπτήρα σε €.
- $C_{labor}$ : κόστος αντικατάστασης ενός λαμπτήρα σε €.
- $L_{lamp}$ : Διάρκεια ζωής του λαμπτήρα σε ώρες.
- $P_{lamp}$ : ισχύς εισόδου λαμπτήρα (συμπεριλαμβανομένων των απωλειών).
- $C_{energy}$ : κόστος ενέργειας (€/kWh, λαμβάνοντας υπόψη τυχών αλλαγές στη ζήτηση).

#### 4.5.5. Ανάλυση κόστους - οφέλους κύκλου ζωής (Life Cycle Cost Benefit Analysis – LCCBA)

Η ανάλυση κόστους – οφέλους κύκλου ζωής είναι μία σημαντική μέθοδος οικονομικής ανάλυσης, ικανή για την αντιμετώπιση όλων των ποσοτικοποιήσιμων δαπανών σε ένα έργο και συνίσταται για χρήση και σε μελέτες φωτισμού εμπορικών καταστημάτων. Η μέθοδος αυτή εξετάζει τη χρονική αξία των χρημάτων και στο πλαίσιο αυτής της προσέγγισης οι μελλοντικές πληρωμές και εισπράξεις πρέπει να αναχθούν σε ένα μεμονωμένο σημείο, τη «παρούσα αξία». Όταν λοιπόν όλα τα κόστη μετατραπούν σε «παρούσα αξία», είναι δυνατή η σύγκρισή τους για το προσδιορισμό του λιγότερου ακριβού σε ένα πλήθος εναλλακτικών.

Για τη μετατροπή των μελλοντικών εξόδων σε παρούσα αξία είναι απαραίτητη η επιλογή ενός σημείου αναφοράς για τη τωρινή αξία χρημάτων. Αυτή η τιμή αποτελεί ένα ποσοστό που αντιπροσωπεύει το κόστος ευκαιρίας, το οποίο στην ουσία είναι το επιτόκιο που ένας ιδιοκτήτης θα συναντούσε σε μία επένδυση με παρόμοιο κίνδυνο. Το ποσοστό αυτό διαφέρει ανάλογα με τον τρόπο που αντιμετωπίζεται ο πληθωρισμός στην ανάλυση. Εάν για παράδειγμα ο πληθωρισμός συμπεριληφθεί στην ανάλυση, το κόστος θα αυξάνεται σε όλη τη διάρκεια της περιόδου ανάλυσης, ενώ ακόμα άλλες συνιστώσες κόστους όπως η εργασία, ο εξοπλισμός και η ενέργεια ενδέχεται να αυξηθούν με διαφορετικούς ρυθμούς. Εάν από την άλλη αγνοηθεί, όλα τα κόστη αναμένεται να κλιμακωθούν με τον ρυθμό πληθωρισμού και η χρονική αξία των χρημάτων θα προσαρμοσθεί αναλόγως.

Η χρονική αξία που αντιπροσωπεύει το πληθωρισμό μπορεί να προσδιοριστεί από το ισοδύναμο επιτόκιο αγοράς μέσω του παρακάτω τύπου:

$$i = \left[ \frac{1 + i_m}{1 + r} \right] - 1$$

, όπου:

- $i$  : επιτόκιο για την μετατροπή του μελλοντικού κόστους σε τρέχων, που επιτρέπει να αγνοηθεί ο πληθωρισμός.
- $i_m$  : επιτόκιο αγοράς.
- $r$  : ρυθμός πληθωρισμού.

Αν και προφανές, θα πρέπει να σημειωθεί πως κατά την εφαρμογή της μεθόδου LCCBA όλα τα εξεταζόμενα συστήματα είναι ίδιας ποιότητας και έχουν παρόμοιο αντίκτυπο στην παραγωγικότητα των εργαζομένων και στις πωλήσεις του καταστήματος.

#### 4.6 Νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα- Κ.Εν.Α.Κ.

Για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο φωτισμό η ελληνική νομοθεσία και συγκεκριμένα ο «Κανονισμός της ΕΝεργειακής Απόδοσης Κτιρίων» (Κ.Εν.Α.Κ.) [25] ορίζει τα εξής:

«Τα συστήματα γενικού φωτισμού στα κτίρια του τριτογενή τομέα έχουν ελάχιστη ενεργειακή απόδοση 55 lm/W. Για επιφάνεια μεγαλύτερη από 15m<sup>2</sup> ο τεχνητός φωτισμός ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες. Στους χώρους με φυσικό φωτισμό εξασφαλίζεται η δυνατότητα σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτών. Ο γενικός φωτισμός παρέχεται από λαμπτήρες φθορισμού, οι οποίοι διαθέτουν ηλεκτρονικό στραγγαλιστικό πηνίο με δείκτη ενεργειακής απόδοσης (EEI) κατηγορίας A3 σύμφωνα με κατάταξη της Επιτροπής της Ένωσης Ευρωπαϊών Κατασκευαστών Φωτιστικών (CELMA) και την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/55/ΕΕ.».

Επίσης, το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 15193 [26] ορίζει για το φωτισμό των εμπορικών καταστημάτων τρεις κατηγορίες κατανάλωσης ισχύος, ανάλογα με το βαθμό εφαρμογής των προδιαγραφών, που πρέπει να πληρεί ο φωτισμός του καταστήματος και οι οποίες έχουν περιγραφεί στο κεφάλαιο 2. Συγκεκριμένα, για βασική εφαρμογή των προδιαγραφών φωτισμού, ως ανώτατο όριο εγκατεστημένης ισχύος ανά τ.μ. ορίζονται τα 15 W/m<sup>2</sup>. Για εκτεταμένη εφαρμογή των προδιαγραφών φωτισμού, ως ανώτατο όριο εγκατεστημένης ισχύος ανά τ.μ. ορίζονται τα 25 W/m<sup>2</sup>, ενώ για πλήρη εφαρμογή των προδιαγραφών φωτισμού, ως ανώτατο όριο εγκατεστημένης ισχύος ανά τ.μ. ορίζονται τα 35 W/m<sup>2</sup>.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Εισαγωγή στη πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων

---

#### 5.1 Σημασία της απόφασης

Η λήψη αποφάσεων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα και συνηθέστερα φαινόμενα στη καθημερινότητα των ανθρώπων. Από την εύρεση κατοικίας μέχρι και την οργάνωση ενός ταξιδιού, και από την πρόσληψη ή απόλυση προσωπικού μέχρι και τη διεξαγωγή μεγάλων επενδυτικών έργων, οι αποφάσεις παίζουν καθοριστικό ρόλο στη κοινωνική και οικονομική ζωή. Για αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό η λήψη αποφάσεων να είναι μια διαδικασία τόσο αποτελεσματική όσο και γρήγορη. Τα βασικά στάδια λοιπόν κατά την λήψη μίας απόφασης είναι τα παρακάτω [28]:

- Συγκέντρωση πληροφοριών (intelligence) :  
Εξέταση του προβλήματος και συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών για το αντίστοιχο θέμα.
- Σχεδιασμός (design) :  
Επιλογή από τους αποφασίζοντες, των μεθόδων και των κριτηρίων με βάση τα οποία θα πραγματοποιηθεί η απόφαση.
- Εναλλακτικές λύσεις (alternatives) :  
Σχεδιασμός εναλλακτικών λύσεων προς επίτευξη του ίδιου στόχου.
- Αποτίμηση (impact estimation) :  
Εκτίμηση και αξιολόγηση των επιπτώσεων των λύσεων.
- Λήψη απόφασης (decision making) :  
Επιλογή βέλτιστης λύσης με τη συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων μερών.

Αναλόγως του βαθμού δόμησής τους οι λαμβανόμενες αποφάσεις χωρίζονται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες [27]:

- Δομημένες (structured):  
Αποτελούνται από συνηθισμένες αποφάσεις, οι οποίες επαναλαμβάνονται και υπάρχει σχετική εμπειρία. Η λήψη της απόφασης προκύπτει ως αποτέλεσμα της μελέτης και αποσαφήνισης των δεδομένων στα προηγούμενα στάδια, όπως αυτά ορίστηκαν παραπάνω. Οι δομημένες αποφάσεις έχουν την δυνατότητα να αυτοματοποιηθούν με χρήση κατάλληλου λογισμικού.
- Μη δομημένες (Unstructured):  
Οι συγκεκριμένου τύπου αποφάσεις, δεν είναι ούτε επαναλαμβανόμενες αλλά ούτε και συνηθισμένες. Πρόκειται συνήθως για πολύπλοκες και κρίσιμες αποφάσεις για τις οποίες ο αποφασίζων δε διαθέτει εμπειρία και έτσι καλείται να αξιολογήσει κατά τη κρίση του τα δεδομένα. Οι μη δομημένες αποφάσεις δεν είναι δυνατόν να αυτοματοποιηθούν πλήρως από ηλεκτρονικό υπολογιστή, είναι όμως εφικτό να υποβοηθηθούν ή να υποστηριχθούν αποτελεσματικά από ηλεκτρονικό υπολογιστή (decision support), όσον αφορά τη πρόσβαση στα αναγκαία δεδομένα και την επεξεργασία αυτών.
- Ημιδομημένες (Semistructured):  
Στη κατηγορία αυτή, ανήκει το σύνολο των αποφάσεων που βρίσκονται ανάμεσα στις δομημένες και στις μη δομημένες, και για τις οποίες υπάρχει σε κάποιο αξιόλογο βαθμό εμπειρία. Αξίζει να σημειωθεί πως αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν σε μία επιχείρηση μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν και ως προς την επιχειρησιακή λειτουργία την οποία

αφορούν, π.χ. αποφάσεις εμπορικές, οικονομικές, τεχνολογικές, παραγωγής, προμηθειών, κτλ.

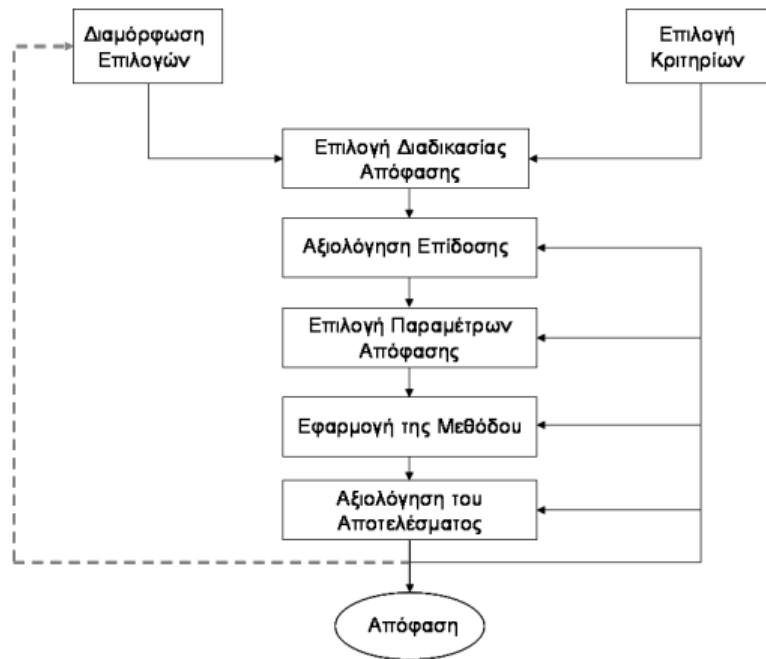
## 5.2 Εισαγωγή στη φιλοσοφία υποστήριξης αποφάσεων πολλαπλών επιλογών

Η επίλυση πολύπλοκων και ιδιαίτερα σημαντικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων δεν είναι δυνατό να πραγματοποιείται μέσω μιας μονόπλευρης και μονοδιάστατης ανάλυσης. Τα μεθοδολογικά πλαίσια που έχουν ως βάση τη πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων (ΠΑΑ) περιλαμβάνουν ποικίλα κριτήρια όσο αναφορά την διαδικασία της υποστήριξης των αποφάσεων ενεργειακής πολιτικής, και όχι μόνο, και με αυτόν το τρόπο προσφέρουν μία εναλλακτική λύση στις υποθέσεις των συμβατικών μεθόδων οικονομικής ανάλυσης. Οι μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης δύνανται να χρησιμοποιηθούν για να φιλτράρουν εναλλακτικές λύσεις και να προσδιορίσουν με μοναδικό ιδανικό τρόπο ένα σύνολο βέλτιστων λύσεων, ούτως ώστε να μην υπάρχει καμία άλλη εφικτή επιλογή, η οποία να είναι εξίσου καλή στο σύνολο των στόχων που έχουν τεθεί. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, οι εκτιμήσεις που αφορούν μια πολιτική ενδέχεται να λαμβάνουν υπόψη κοινωνικούς, περιβαλλοντικούς και οικονομικούς παράγοντες [29,31].

Οι ΠΑΑ μπορούν να διαφοροποιούνται από απλές προσεγγίσεις που απαιτούν ελάχιστες πληροφορίες έως αρκετά περίπλοκες μεθόδους που βασίζονται σε μαθηματικές τεχνικές προγραμματισμού, οι οποίες χρειάζονται εκτενείς πληροφορίες για κάθε ιδιότητα και τις προτιμήσεις των υπευθύνων για την λήψη αποφάσεων. Ωστόσο τα προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων παρουσιάζουν ένα σύνολο κοινών χαρακτηριστικών που περιέχει:

- Πεπερασμένο πλήθος εναλλακτικών λύσεων, οι οποίες μπορούν να επιλεγούν, ταξινομηθούν και να επεξεργαστούν.
- Ιδιότητες εξαρτώμενες από τη φύση του προβλήματος.
- Δυνατότητα για το χαρακτηρισμό της σπουδαιότητας κάθε δραστηριότητας μέσω της χρήσης ανάλογης κλίμακας.
- Συγκεκριμένα σύνολα μονάδων για τη μέτρηση της κάθε ιδιότητας.
- Μήτρες, των οποίων οι στήλες παρουσιάζουν τις ιδιότητες σε συγκεκριμένο πρόβλημα και οι σειρές τις ανταγωνιστικές εναλλακτικές λύσεις.

Στην ουσία, ο αποφασίζων καλείται να επιλέξει μεταξύ ποσοτικά προσδιορίσιμων ή μη-ποσοτικά προσδιορίσιμων πολλαπλών κριτηρίων. Επειδή οι στόχοι συνήθως συγκρούονται μεταξύ τους, η λύση αποτελεί μια μορφή συμβιβασμού και εξαρτάται από τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα [29,31].



Σχήμα 5.1: Διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων [29].

Αξίζει να σημειωθεί πως η υποστήριξη αποφάσεων με πολυκριτηριακές μεθόδους, όπως και η υποστήριξη αποφάσεων γενικότερα, είναι μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία. Σε κάθε κύκλο, το μοντέλο υποστήριξης αποφάσεων αναθεωρείται ως προς τη πληρότητα και τη καταλληλότητά του, μέχρι το σημείο στο οποίο το μοντέλο δεν επιδέχεται καμία περαιτέρω βελτίωση [29].

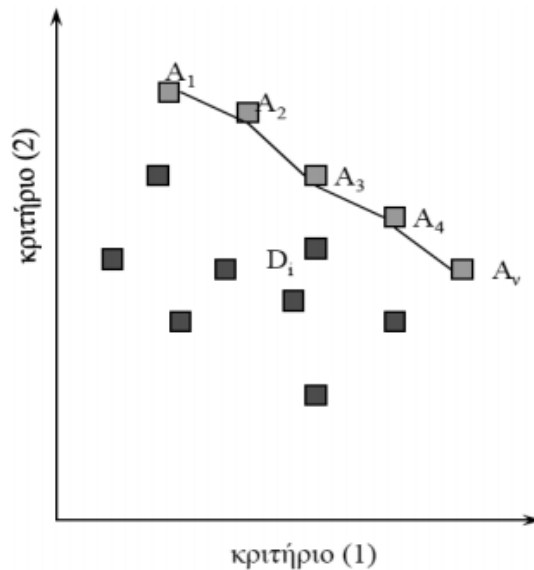


Σχήμα 5.2: Επαναλαμβανόμενη διαδικασία [31].

Σε αυτό το σημείο γίνεται αναφορά στις αποτελεσματικές λύσεις κατά Pareto (Pareto βέλτιστες). Ο αποφασίζων αναζητεί τη λύση μεταξύ ενός συνόλου λύσεων  $A_i$  για τις οποίες ισχύουν τα ακόλουθα:

- Κάθε λύση  $A_i$  συγκρινόμενη με οποιαδήποτε άλλη λύση  $A_k$  εμφανίζει καλύτερη επίδοση στο ένα κριτήριο και χειρότερη στο άλλο
- Οι λύσεις  $A_i$  καλούνται ικανές (efficient), μη κυριαρχούμενες (non-dominated), κατά Pareto βέλτιστες (Pareto optimal).
- Αντικειμενικά ισοδύναμες.

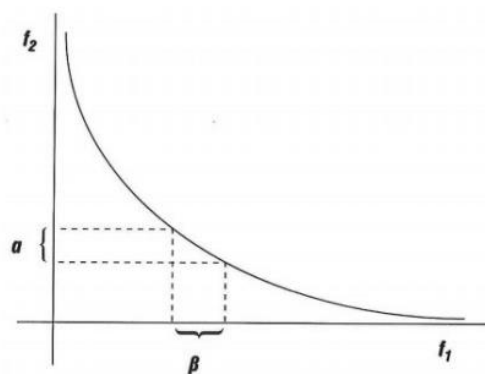
Στο επόμενο σχήμα φαίνονται δύο αντικειμενικές συναρτήσεις (κριτήρια) προς βελτιστοποίηση :



Σχήμα 5.3: Επιδόσεις συνόλων λύσεων στα κριτήρια (1) και (2) [31].

Είναι προφανές ότι οι λύσεις  $D_i$  δεν μπορούν να αποτελέσουν ικανοποιητική επιλογή για κάποιον ορθολογικό αποφασίζοντα.

Είναι ακόμα σημαντικό να οριστεί η έννοια του ανταγωνισμού μεταξύ δύο κριτηρίων. Πιο αναλυτικά, αποτελεί την απώλεια  $\alpha$  που πρέπει να θυσιάσθει από ένα κριτήριο, με σκοπό την επίτευξη οφέλους  $\beta$  σε άλλο κριτήριο το οποίο κρίνεται πιο επιθυμητό.



Σχήμα 5.4: Γραφική αναπαράσταση ανταγωνισμού μεταξύ δύο κριτηρίων,  $\alpha$  και  $\beta$ .

### 5.3 Συνεπής οικογένεια κριτηρίων

Στο στάδιο του προσδιορισμού και της οργάνωσης της ΠΑΑ, η εύρεση εκείνων των παραγόντων που επηρεάζουν την υποστήριξη απόφασης, αποτελεί στην ουσία τον καθορισμό των διαφόρων κριτηρίων στα οποία οι εναλλακτικές καλούνται να αξιολογηθούν. Είναι σημαντικό και πρέπει να λαμβάνεται συνεχώς υπόψη πως ένα κριτήριο θα πρέπει να αντιπροσωπεύει όσο γίνεται καλύτερα μια σαφή και ξεκάθαρη έννοια [27].

Έστω το σύνολο  $A$  των εναλλακτικών. Ένα κριτήριο ορίζεται ως μια απεικόνιση  $g$  από το σύνολο  $A$  των εναλλακτικών σε ένα σύνολο  $B$  το οποίο είναι εφοδιασμένο με μια διάταξη, δηλαδή ορίζονται δυο σχέσεις, η προτίμηση ( $>$ ) και η ισοδυναμία ( $=$ ) στο  $B$ . Η ( $>$ ) είναι αντισυμμετρική και μεταβατική (αν  $a > b$  και  $b > a \Rightarrow a = b$ ,  $\forall a, b \in B$ , και αν  $a > b$  και  $b > c \Rightarrow a > c$ ,  $\forall a, b, c \in B$ ). Η ( $=$ ) είναι συμμετρική ( $a = b \Rightarrow b = a$ ,  $\forall a, b \in B$ ) και μεταβατική. Επίσης, η διάταξη είναι πλήρης, δηλαδή αν

$a, b \in B$  θα είναι είτε  $a > b$ , είτε  $b > a$ , είτε  $a = b$ . Άρα, ένα κριτήριο είναι η απεικόνιση  $g: A \rightarrow B$ , όπου  $a \in A$ . Η  $g(a)$  λέγεται επίδοση της εναλλακτικής  $a$  στο κριτήριο  $g$ . Κοινώς, το σύνολο  $B$  λέγεται κλίμακα μέτρησης του κριτηρίου  $g$ . Για την ανάλυση, υποθέτουμε ότι τα κριτήρια ορίζονται έτσι που μεγαλύτερες επιδόσεις σε αυτά είναι προτιμότερες. Σύμφωνα με τις σχέσεις ( $>$ ) και ( $=$ ) θα πρέπει για δύο εναλλακτικές  $a$  και  $b$  και για το κριτήριο  $g$  να ισχύει:

- αν  $g(a) > g(b) \Leftrightarrow a > b$ , η  $a$  προτιμάται της  $b$  στο κριτήριο  $g$  και,
- αν  $g(a) = g(b) \Leftrightarrow a \sim b$ , η  $a$  είναι αδιάφορη της  $b$  στο κριτήριο  $g$ .

Το σύνολο των κριτηρίων  $G = \{ g_1, g_2, \dots, g_n \}$  θα πρέπει να αποτελεί μια συνεπή οικογένεια κριτηρίων δηλαδή να ικανοποιεί τις παρακάτω ιδιότητες:

### 1. Μονοτονία

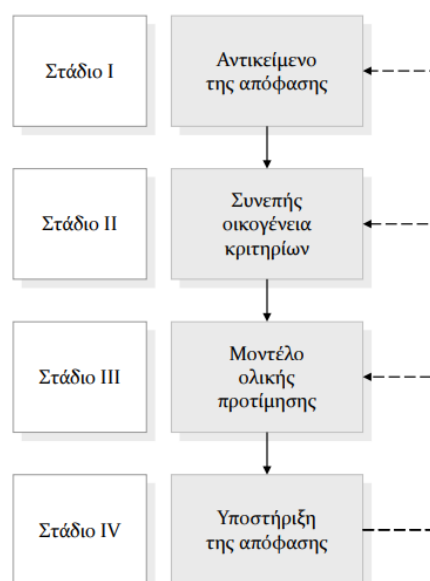
Τα κριτήρια θεωρείται ότι υπακούν στην ιδιότητα της μονοτονίας εάν και μόνο εάν, για κάθε ζεύγος εναλλακτικών δραστηριοτήτων  $x$  και  $x'$  για τις οποίες υπάρχει κριτήριο  $g_i$ , έτσι ώστε  $g_j(x) > g_j(x')$  για κάθε  $g_i \neq g_j$  και  $g_i(x) = g_i(x')$ , τότε αληθεύει το συμπέρασμα ότι η  $x$  προτιμάται της  $x'$ .

### 2. Επάρκεια

Ένα σύνολο κριτηρίων καλείται επαρκές αν και μόνον αν, για κάθε ζεύγος εναλλακτικών  $x$  και  $x'$  για τις οποίες  $g_i(x) = g_i(x')$  για κάθε κριτήριο  $g_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , τότε αληθεύει το συμπέρασμα ότι η  $x$  είναι ισοδύναμη της  $x'$ . Αν για κάθε κριτήριο  $g_i$  ισχύει  $g_i(x) = g_i(x')$  αλλά η  $x$  δεν είναι ισοδύναμη της  $x'$ , τότε αυτό αποδεικνύει ότι το σύνολο των εξεταζόμενων κριτηρίων δεν επαρκεί για τη σωστή ανάλυση των εναλλακτικών του συνόλου  $A$  και κάποιο ή κάποια επιπρόσθετα κριτήρια είναι απαραίτητα.

### 3. Μη πλεονασμός

Ο πλεονασμός προκύπτει αν υπάρχουν περισσότερα από ένα κριτήρια, τα οποία μετράνε τον ίδιο παράγοντα ή εκφράζουν την ίδια έννοια. Εάν η διαγραφή ενός οποιουδήποτε κριτηρίου από το σύνολο των εξεταζόμενων κριτηρίων ανατρέπει κάποια από τις παραπάνω δύο βασικές ιδιότητες, τότε θεωρείται ότι το σύνολο των κριτηρίων δεν είναι πλεονασματικό.



Σχήμα 5.5: Βασικά στάδια μοντελοποίησης ενός προβλήματος απόφασης [33].



## 5.4 Τεχνικές πολυκριτήριας ανάλυσης

Οι τεχνικές πολυκριτήριας ανάλυσης σε διακριτά προβλήματα απόφασης χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες [33]:

- Θεωρία αξίας (Multi Attribute Utility Theory – MAUT): Γνωστή και σαν «θεωρία χρησιμότητας» έχει σαν στόχο να κατασκευάσει ένα σύστημα αξίας μέσα από την συλλογή και σύνθεση των προτιμήσεων- αξιών αυτών που καλούνται να λάβουν την απόφαση.
- Θεωρία σχέσεων υπεροχής (Outranking Relations Theory): Κύριος σκοπός της είναι η αντιμετώπιση προβλημάτων μη συγκρισιμότητας μεταξύ των εναλλακτικών. Δημοφιλέστερες τεχνικές αυτής της κατηγορίας αποτελούν οι μέθοδοι PROMETHEE και ELECTRE, ενώ η TOPSIS αναπτύχθηκε ως μια εναλλακτική μέθοδος στη παρούσα κατηγορία.
- Αναλυτική- Συνθετική προσέγγιση (Preference disaggregation approach): Αποτελεί ουσιαστικά την ακριβώς αντίθετη διαδικασία από αυτή της θεωρίας αξίας. Προσανατολίζεται στην ανάπτυξη ενός γενικού μεθοδολογικού πλαισίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζων, ώστε να καθοριστεί το κατάλληλο υπόδειγμα σύνθεσης των κριτηρίων, το οποίο ανταποκρίνεται στο σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα.

## 5.5 PROMETHEE

Οι μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης PROMETHEE (Preference Ranking Optimization METHOD for Enrichment Evaluation) υπάγονται στην οικογένεια των μεθόδων υπεροχής, αλλά εξαιτίας του ότι δεν παρουσιάζουν βέτο, παραμένουν εκτός της λογικής των αντισταθμιστικών μεθόδων τύπου ELECTRE. Υπάρχουν πέντε μέθοδοι PROMETHEE:

- PROMETHEE I : μερική κατάταξη.
- PROMETHEE II : πλήρης κατάταξη.
- PROMETHEE III : διάταξη δεδομένων.
- PROMETHEE IV : γενίκευση της II στην περίπτωση που το σύνολο δράσεων A είναι μη πεπερασμένο.
- PROMETHEE V : αναζήτηση κατάλληλης επιλογής εναλλακτικών από το σύνολο δράσεων A υπό το καθεστώς πρόσθετων περιορισμών (προϋπολογισμού, απόδοσης, ρίσκου).

Στη παρούσα εργασία αναλύονται μόνο οι I και II, καθώς θεωρούνται οι σημαντικότερες. Γενικώς στις μεθόδους υπεροχής το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύσσεται επιτρέπει την διμερή σύγκριση μεταξύ εναλλακτικών, και για αυτό το λόγο οι PROMETHEE I και II χαρακτηρίζονται και ως μέθοδοι διμερούς σύγκρισης των εναλλακτικών.

Η σχέση υπεροχής συμβολίζεται με τον χαρακτήρα S και αντιστοιχεί στο γεγονός πως μία δράση a είναι τουλάχιστον εξίσου καλή με την δράση b, σε ένα σύνολο δράσεων A :

$$aSb, \forall (a,b) \in A$$

Η σχέση υπεροχής περιλαμβάνει τη σχέση ισχυρής προτίμησης (P), τη σχέση ασθενούς προτίμησης (Q) και την σχέση αδιαφορίας (I). Ο παραπάνω ισχυρισμός εκφράζεται με την ακόλουθη σχέση :

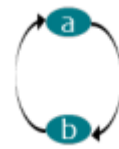
$$S=P \cup Q \cup I$$

Παρακάτω αναλύονται με συνοπτικό και παραστατικό τρόπο οι σχέσεις αυτές :

4. Η  $a$  προτιμάται της  $b$  :  $aPb \Leftrightarrow aSb$  και  $bSa$



5. Η  $a$  είναι αδιάφορη της  $b$  :  $aIb \Leftrightarrow aSb$  και  $bSa$



6. Η  $a$  δεν συγκρίνεται με τη  $b$  :  $aRb \Leftrightarrow aSb$  και  $bSa$



Οι μέθοδοι PROMETHEE είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς αφού είναι προσιτές τόσο προς την αντίληψη όσο και προς την εφαρμογή τους, και θεωρούνται από τις αποδοτικότερες μεθόδους στη κατηγορία των σχέσεων υπεροχής. Τα κύρια σημεία τους συνοψίζονται στα εξής [29,32]:

- Επεκτείνονται οι έννοιες των κριτηρίων καθώς εμφανίζονται νέες συναρτήσεις κριτηρίων.
- Η σχέση υπεροχής δεν είναι ευαίσθητη σε μικρές αλλαγές και έτσι καθίσταται εύκολη ως προς την ερμηνεία της.
- Εκμεταλλεύονται τις σχέσεις υπεροχής όταν οι εναλλακτικές πρέπει να ταξινομηθούν.
- Υπάρχει η δυνατότητα διαχείρισης ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων, ακόμα και στη περίπτωση που αυτά δεν είναι σαφώς ορισμένα.
- Έχουν εφαρμογή σε μεγάλο εύρος τομέων.

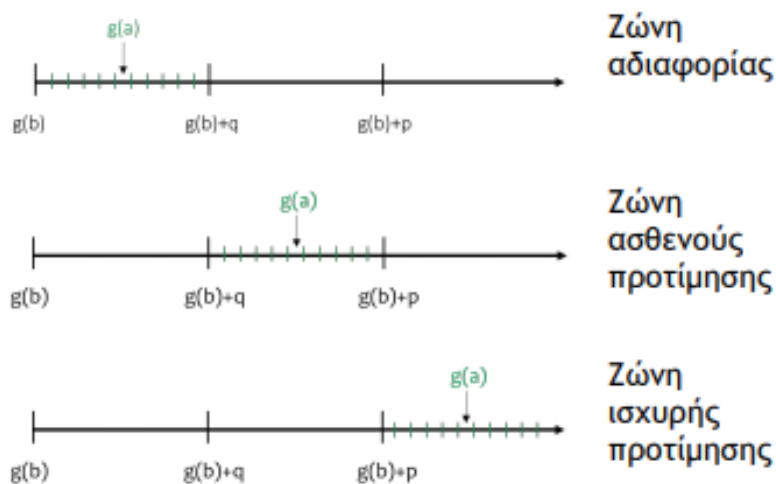
Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται με συνοπτικό τρόπο οι βασικότερες έννοιες για τη κατανόηση της μεθόδου, οι οποίες αναλύονται εκτενέστερα παρακάτω [31]:

**Πίνακας 5.1:** Περιγραφή βασικών εννοιών της μεθόδου PROMETHEE.

Έννοια	Περιγραφή
Εναλλακτικές	Οι επιλογές ανάμεσα στις οποίες πρέπει να επιλέξει ο αποφασίζοντας για την επίλυση του προβλήματος.
Κριτήρια αξιολόγησης	Τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών, βάσει των οποίων θα αξιολογηθούν και των οποίων είναι επιθυμητή η ελαχιστοποίηση/μεγιστοποίηση.
Συνάρτηση προτίμησης	Μετατρέπει τη διαφορά των εκτιμήσεων δύο εναλλακτικών σε ένα βαθμό προτίμησης (για συγκεκριμένο κριτήριο).
Κατώφλι	Τιμή που ορίζει την απόκλιση μεταξύ δύο εναλλακτικών ώστε να προκύπτει προτίμηση ή αδιαφορία
Δείκτης προτίμησης	Αναπαριστά την ένταση της προτίμησης του αποφασίζοντα για μια εναλλακτική ως προς μια άλλη

### 5.5.1 Κατώφλια

Οι μέθοδοι PROMETHEE χρησιμοποιούν «ψευδοκριτήρια» μέσα από την αξιοποίηση των κατωφλίων αδιαφορίας ( $q$ ), προτίμησης ( $p$ ) και του ενδιάμεσου αυτών ( $s$ ). Η χρήση ψευδοκριτηρίων περιορίζει σε σημαντικό βαθμό τα λανθασμένα συμπεράσματα σε περιπτώσεις που δεν είναι απολύτως βέβαιη η επίδοση ενός κριτηρίου σε κάποια εναλλακτική.



Σχήμα 5.6: Ζώνες προτίμησης και αδιαφορίας [24].

Έστω  $g$  μια συνάρτηση κριτηρίου και  $g(a) \geq g(b)$  :

- Ζώνη αδιαφορίας :  $g(b) \leq g(a) \leq g(b)+q[g(b)] \Leftrightarrow \mathbf{aIb}$
- Ζώνη ασθενούς προτίμησης :  $g(b)+q[g(b)] < g(a) \leq g(b)+p[g(b)] \Leftrightarrow \mathbf{aQb}$
- Ζώνη ισχυρής προτίμησης :  $g(a) > g(b)+p[g(b)] \Leftrightarrow \mathbf{aPb}$

### 5.5.2 Μεθοδολογικό πλαίσιο

Η ολοκλήρωση της μεθόδου PROMETHEE προϋποθέτει τα παρακάτω επιμέρους βήματα:

#### Υπολογισμός βαρών κριτηρίων

Τα βάρη των κριτηρίων συνήθως λαμβάνονται έτοιμα από τον αποφασίζοντα. Σε διαφορετική περίπτωση είτε επιλέγεται μια μέθοδος για τον υπολογισμό και την απόδοση βαρύτητας στα κριτήρια, είτε αυτά θεωρούνται ισοβαρή. Σε κάθε περίπτωση ισχύει πάντοτε :

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

όπου  $w_j$  το βάρος του  $j$ -οστού κριτηρίου.

#### Επιλογή συνάρτησης προτίμησης

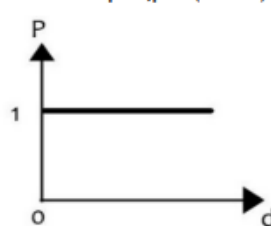
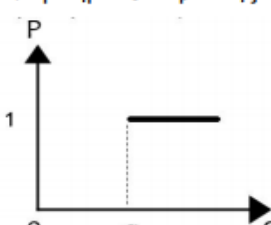
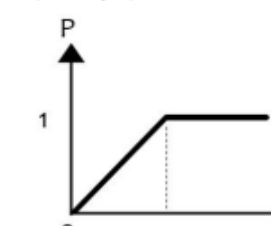
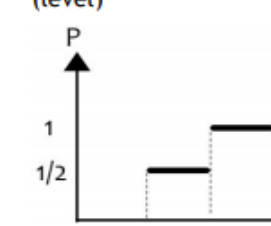
Στη PROMETHEE χρησιμοποιείται η έννοια του γενικευμένου κριτηρίου, που έχει ως στόχο να μοντελοποιήσει τη σημασία που δίνει ο αποφασίζων στην διαφορά  $g_j(a)-g_j(b)$ , στο κριτήριο  $j$  για το ζεύγος δράσεων  $(a,b)$ . Αυτό γίνεται μέσω της συνάρτησης προτίμησης:

$$\mathbf{P_j(a,b) = F_j [d_j(a,b)] \forall (a,b) \in A}$$

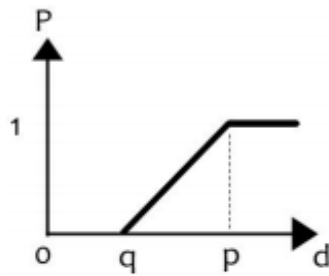
, όπου :

- $d_j(a,b)=g_j(a)-g_j(b)$
- $0 \leq P_j(a,b) \leq 1$
- $P_j(a,b)=0$ , όταν  $g_j(a)-g_j(b) \leq 0$

Προφανώς και στη περίπτωση όπου  $g_j(a)-g_j(b) > 0$  επιλέγεται συνάρτηση. Η εκάστοτε συνάρτηση προτίμησης προκύπτει μέσω της χρήσης έξι γενικευμένων κριτηρίων και εκφράζει τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Τα κριτήρια αυτά παρουσιάζονται παρακάτω :

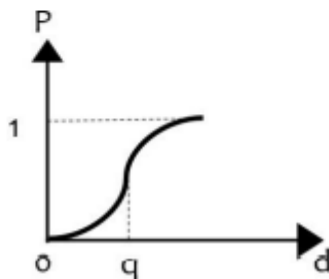
Γενικευμένο Κριτήριο	Συνάρτηση Προτίμησης	Απαραίτητες παράμετροι
1. Κοινό κριτήριο (Usual)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$	
2. Κριτήριο U-καμπύλης	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$	q
3. Κριτήριο V-καμπύλης (V-shape)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & 0 < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p
4. Κριτήριο επιπέδων (level)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p, q

5. Κριτήριο V-καμπύλης με κατώφλι αδιαφορίας (Linear)



$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases} \quad p, q$$

6. Κριτήριο Gauss



$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}}, & d > 0 \end{cases} \quad s$$

Σχήμα 5.7: Τυπολόγια γενικευμένων κριτηρίων PROMETHEE [29].

Εύρεση του πολυκριτηρίου δείκτη προτίμησης

Με τη βοήθεια του συγκεκριμένου δείκτη αποτυπώνεται ο βαθμός ολικής προτίμησης της  $a$  έναντι της  $b$ . Έτσι για κάθε ζεύγος δράσεων  $(a,b)$  ισχύει η ακόλουθη σχέση :

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^n W_j P_j(a, b)$$

Όπου :

- $w_j$ : βάρος  $j$ -οστού κριτηρίου
- $P_j(a,b)$  : Αποτέλεσμα συνάρτησης προτίμησης για το  $j$ -οστό κριτήριο μεταξύ των δράσεων  $a, b$ .

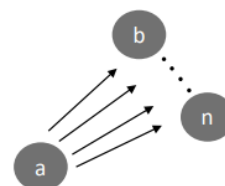
Υπολογισμός ροών υπεροχής

Για  $n$  εναλλακτικές υπολογίζονται οι παρακάτω ροές υπεροχής :

- Θετική ροή (positive outranking flow)

Γνωστή και ως ροή εξόδου, παρουσιάζει την υπεροχή μιας εναλλακτικής  $a$  ως προς το σύνολο των υπολοίπων, μέσα από τη σχέση :

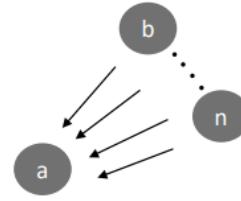
$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x)$$



- Αρνητική ροή ( negative outranking flow )

Η αλλιώς ροή εισόδου, δείχνει την υπεροχή όλων των υπολοίπων εναλλακτικών έναντι της a μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$\Phi^{-}(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a)$$



- Καθαρή ροή ( net outranking flow )

Αποτελεί το συνολικό μέτρο αξιολόγησης της δράσης a σε σχέση με τις υπόλοιπες και εκφράζεται ως :

$$\Phi(a) = \Phi^{+}(a) - \Phi^{-}(a)$$

### Κατάταξη

Η PROMETHEE I δίνει την δυνατότητα μερικής κατάταξης των δράσεων. Πιο αναλυτικά παρέχει πλήρη κατάταξη (Z1) ως προς τις θετικές ροές, όπως και πλήρη κατάταξη (Z2) ως προς τις αρνητικές. Αντίθετα μέσω της PROMETHEE II επιτυγχάνεται πλήρης κατάταξη όλων των εναλλακτικών (Z=Z1∩Z2) ως προς τις καθαρές ροές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Περιγραφή του προς μελέτη καταστήματος και αποτελέσματα προσομοιώσεων

#### 6.1 Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας μελέτης φωτισμού είναι η εξέταση διαφόρων διατάξεων φωτιστικών, τα οποία θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του προτύπου EN-12464 για το χώρο πωλήσεων, το χώρο συναλλαγών και τη βιτρίνα. Στο επόμενο κεφάλαιο θα επιλεγεί με χρήση της πολυκριτήριας μεθόδου PROMETHEE το καταλληλότερο, δηλαδή αυτό με τις καλύτερες επιδόσεις σε ένα πλήθος κριτηρίων όπως η τιμή, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η θάμβωση κ.ά..

#### 6.2 Περιγραφή καταστήματος προς μελέτη

Για τη παρούσα μελέτη φωτισμού επιλέχθηκε το κατάστημα υποδημάτων “Mark Shoes”, στη περιοχή των Αμπελοκήπων στην Αθήνα, και πιο συγκεκριμένα επί της οδού Λαρίσης. Είναι ένα μικρό συνοικιακό κατάστημα ενιαίου χώρου, μήκους 7 m, πλάτους 7 m και ύψους 3.6 m, και αποτελείται από το χώρο πωλήσεων, τη βιτρίνα και το χώρο του ταμείου.



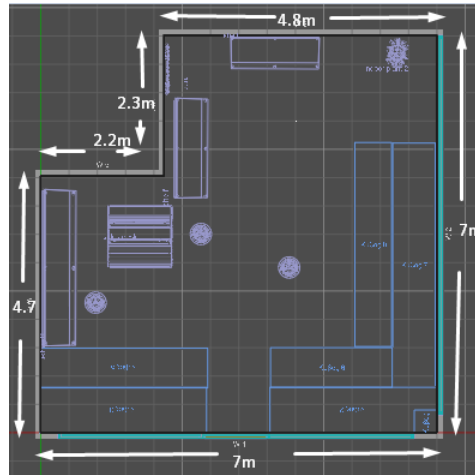
Εικόνα 6.1: Πλάγια όψη του καταστήματος.



Εικόνα 6.2: Μπροστινή όψη του καταστήματος.

### 6.3 Μοντελοποίηση του χώρου

Οι μελέτες φωτισμού θα πραγματοποιηθούν με το λογισμικό RELUX. Έγινε προσπάθεια ο χώρος να μοιάζει όσο το δυνατό περισσότερο με το πραγματικό. Φυσικά τα έπιπλα και διάφορα άλλα αντικείμενα προστέθηκαν για λόγους πληρότητας.



Σχήμα 6.1: Κάτοψη του καταστήματος με τη χρήση του RELUX.



Σχήμα 6.2: Αναπαράσταση μπροστινής όψης του καταστήματος στο λογισμικό RELUX.



Σχήμα 6.3: Αναπαράσταση πλάγιας όψης του καταστήματος στο λογισμικό RELUX.



## 6.4 Γενικός χώρος

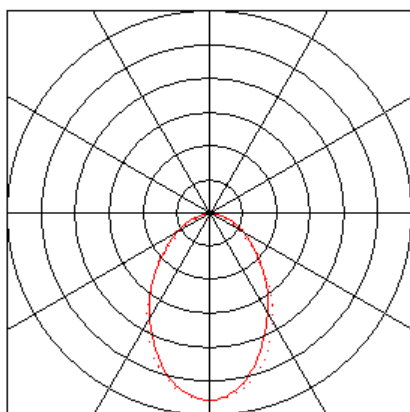
Για το γενικό χώρο του καταστήματος χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά με στόχο τη δημιουργία ενός μοτίβου ομοιόμορφου φωτισμού που ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου EN-12464, όπως αυτές έχουν αναλυθεί εκτενώς σε προηγούμενα κεφάλαια, και παρουσιάζονται ονομαστικά παρακάτω:

- Ελάχιστο όριο μέσης έντασης φωτισμού: **300 lx**.
- Μέγιστο όριο δείκτη θάμβωσης UGR: **22**.
- Ελάχιστο όριο δείκτη χρωματικής απόδοσης CRI: **80**.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για τα διάφορα φωτιστικά, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων δίνονται αναλυτικά στο παράρτημα Α. Κάθε προσομοίωση αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη διάταξη φωτιστικών σωμάτων. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί πως τα αποτελέσματα για το δείκτη θάμβωσης παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα Β, όπως υπολογίστηκαν από το λογισμικό.

### 6.4.1 Διάταξη 1

Πραγματοποιήθηκαν μελέτες με το φωτιστικό CTN6E25344KZ της εταιρίας EATON (COOPER), το οποίο είναι χωνευτό φωτιστικό τύπου LED, φωτεινής ροής 3300 lm, ισχύος 33 W, διαστάσεων 625x625 mm, θερμοκρασίας χρώματος 4000 K και δείκτη χρωματικής απόδοσης 80.

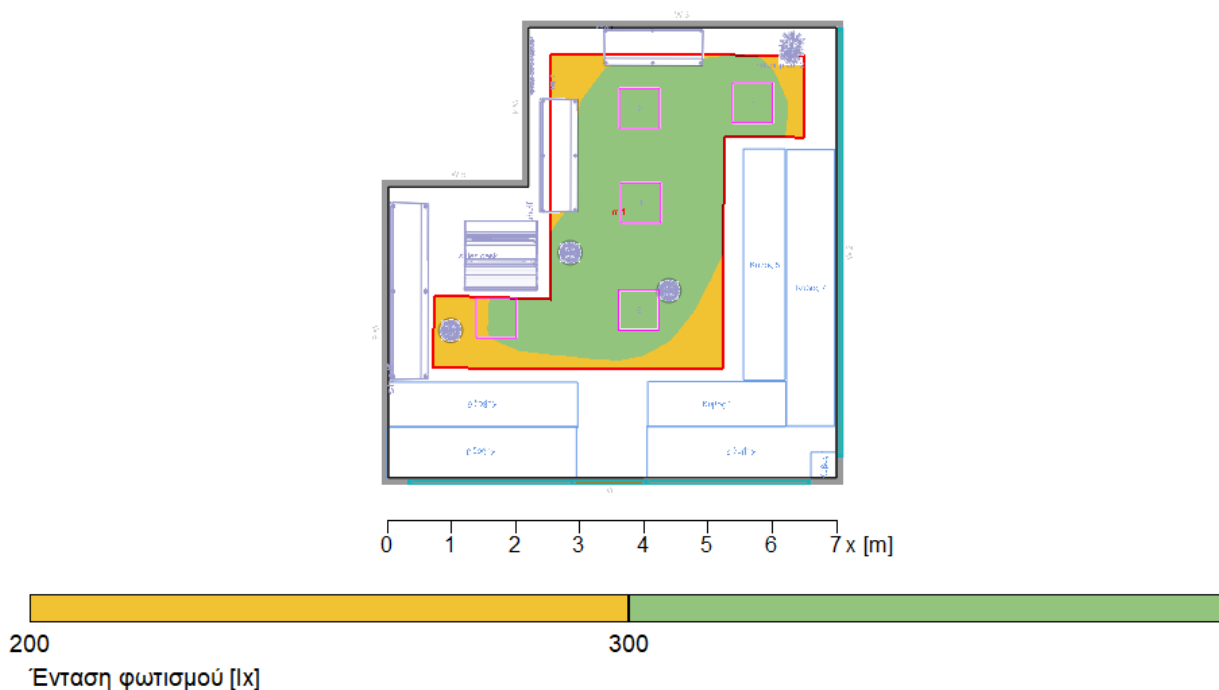


Σχήμα 6.4: Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

Πίνακας 6.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 1 γενικού χώρου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	5
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	16575 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	165 W

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που απεικονίζουν το φωτισμό του καταστήματος μετά την εγκατάσταση του παρόντος συστήματος φωτισμού.



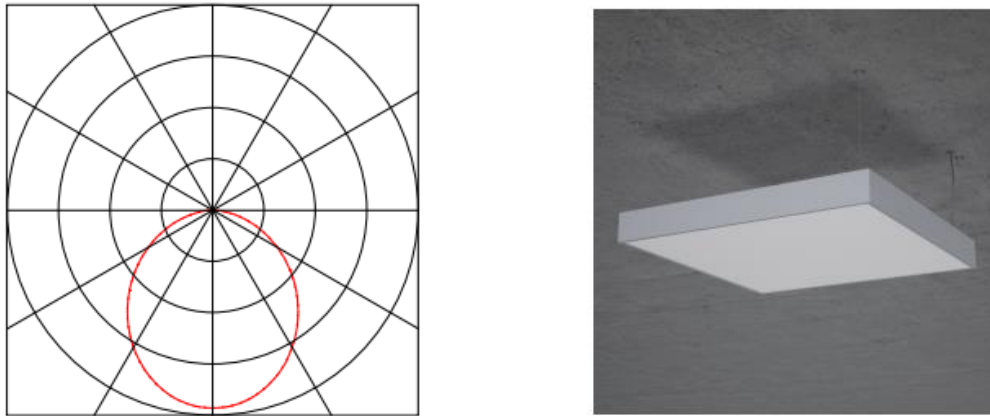
Σχήμα 6.5: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 1 γενικού χώρου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

Πίνακας 6.2: Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 1 γενικού χώρου.

Μέση ένταση φωτισμού <b><math>E_m</math></b>	348 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b><math>E_{min}</math></b>	227 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b><math>E_{max}</math></b>	461 lx
Ομοιομορφία <b><math>U_0</math></b>	0.65
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 1 <b>UGR1</b>	13
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 2 <b>UGR2</b>	13.7

#### 6.4.2 Διάταξη 2

Στη διάταξη αυτή χρησιμοποιήθηκε το φωτιστικό ZETA LED PENDEL της εταιρίας LIGHT+RAUM. Πρόκειται για κρεμαστό φωτιστικό διαστάσεων 890x890x69 mm, φωτεινής ροής 8000 lm, ισχύος 67 W, θερμοκρασίας χρώματος 3000 K και δείκτη χρωματικής απόδοσης μεγαλύτερο του 80 (> 80).

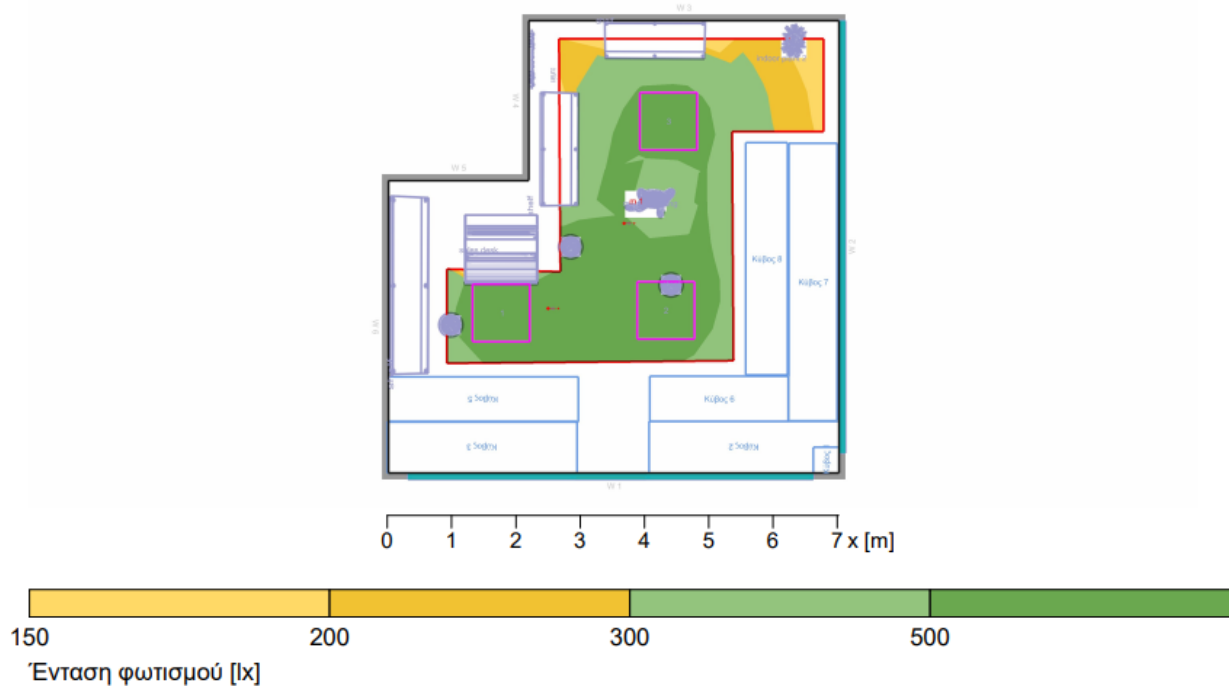


**Σχήμα 6.6:** Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

**Πίνακας 6.3:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 2 γενικού χώρου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	3
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	24000 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	201 W

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το λογισμικό προσομοιώσεων που απεικονίζουν το φωτισμό του καταστήματος, μετά την εγκατάσταση του παρόντος συστήματος φωτισμού.



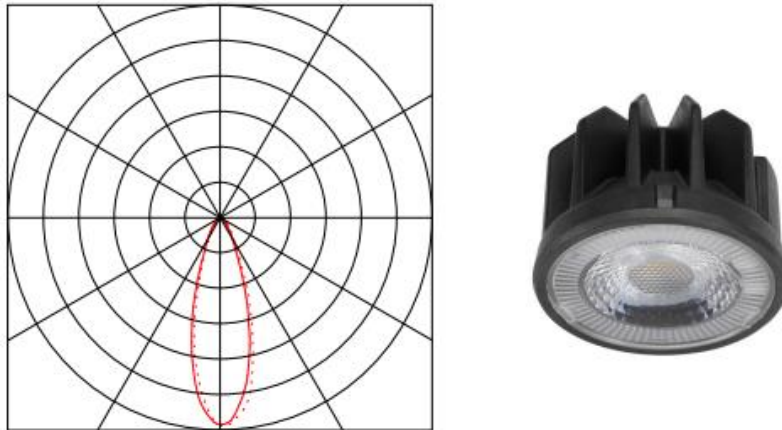
**Σχήμα 6.7:** Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 2 γενικού χώρου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.4:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 2 γενικού χώρου.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	459 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	175 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	624 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.38
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 1 <b>UGR1</b>	12.2
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 2 <b>UGR2</b>	18

### 6.4.3 Διάταξη 3

Χρησιμοποιήθηκε το φωτιστικό DIL-8NW6 της εταιρίας A.L.S (ARCHITECTONISCHE LICHT SYSTEME), το οποίο είναι τύπου downlight, φωτεινής ροής 667 lm, ισχύος 8 W, θερμοκρασίας χρώματος 4000 K και γωνίας δέσμης φωτός 30 °.

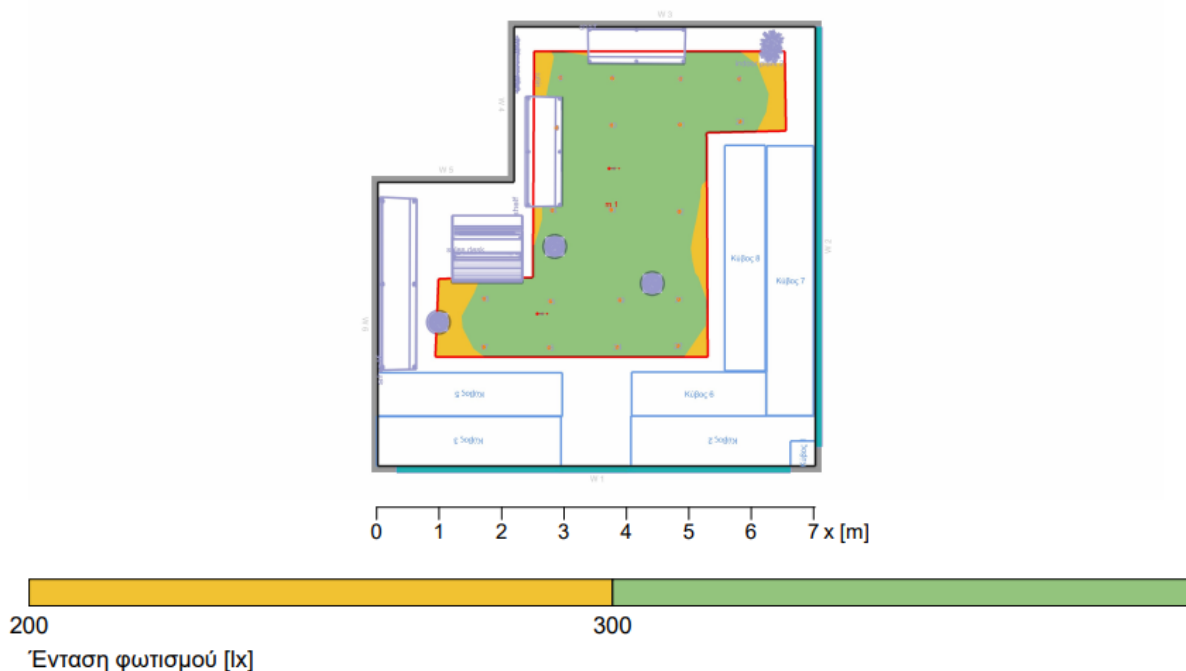


**Σχήμα 6.8:** Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

**Πίνακας 6.5:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 3 γενικού χώρου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	19
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	12673 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	152 W

Τα φωτομετρικά αποτελέσματα για το γενικό χώρο του καταστήματος με τη χρήση αυτού του φωτιστικού φαίνονται παρακάτω:



Σχήμα 6.9: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 3 γενικού χώρου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

Πίνακας 6.6 : Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 3 γενικού χώρου.

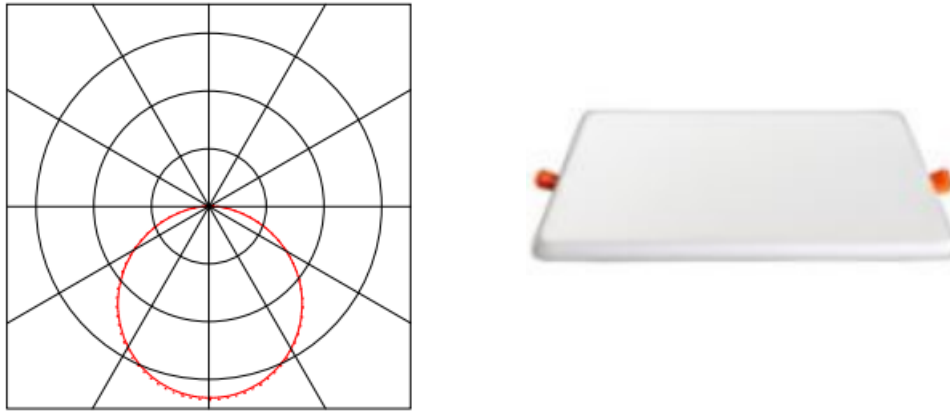
Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	378 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	229 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	476 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.61
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 1 <b>UGR1</b>	20
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 2 <b>UGR2</b>	21

#### 6.4.4 Διάταξη 4

Το φωτιστικό LED PRO SPACE S 215x215 mm είναι προϊόν της εταιρίας PROLUMIA και περιλαμβάνει ένα λαμπτήρα LED φωτεινής ροής 2490 lm, με ισχύ 30 W. Παράγει φωτεινή ακτινοβολία θερμοκρασίας χρώματος 4000 – 4500 K, δείκτη χρωματικής απόδοσης μεγαλύτερο του 80 ενώ ακόμα έχει γωνία δέσμης φωτός 120 °. Ακολουθούν τα δεδομένα της εγκατάστασης φωτισμού, όπως επίσης και το πολικό διάγραμμα του παρόντος φωτιστικού σώματος.

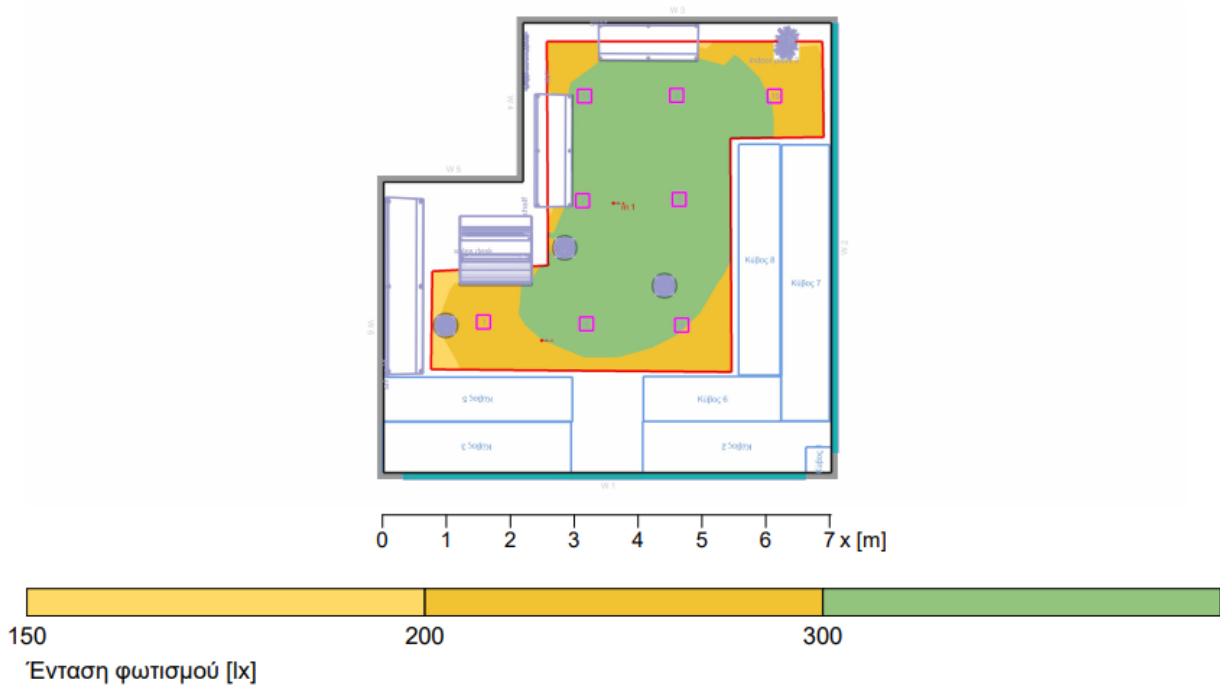
Πίνακας 6.7: Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 4 γενικού χώρου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	8
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	19920 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	240 W



Σχήμα 6.10: Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματος του (αριστερά).

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της φωτομετρικής μελέτης για το γενικό χώρο του καταστήματος της τέταρτης κατά σειρά διάταξης.



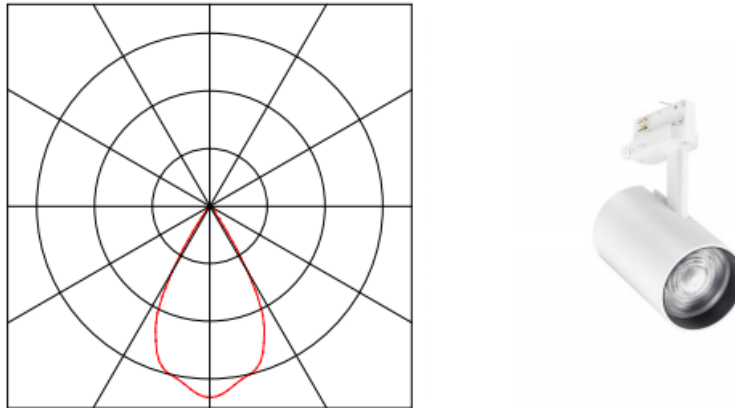
Σχήμα 6.11: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 4 γενικού χώρου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 4 γενικού χώρου.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	311 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	195 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	397 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.63
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 1 <b>UGR1</b>	18.9
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 2 <b>UGR2</b>	21.5

### 6.4.5 Διάταξη 5

Σε αυτή τη διάταξη χρησιμοποιήθηκε το φωτιστικό τύπου spot με όνομα TRUE FASHION (ST712T PSU L105\_PW9-4000) της εταιρίας PHILIPS. Αποτελεί ιδανική επιλογή για τον φωτισμό καταστημάτων λιανικής εξαιτίας της κομψής και σύγχρονης σχεδιάσής του.

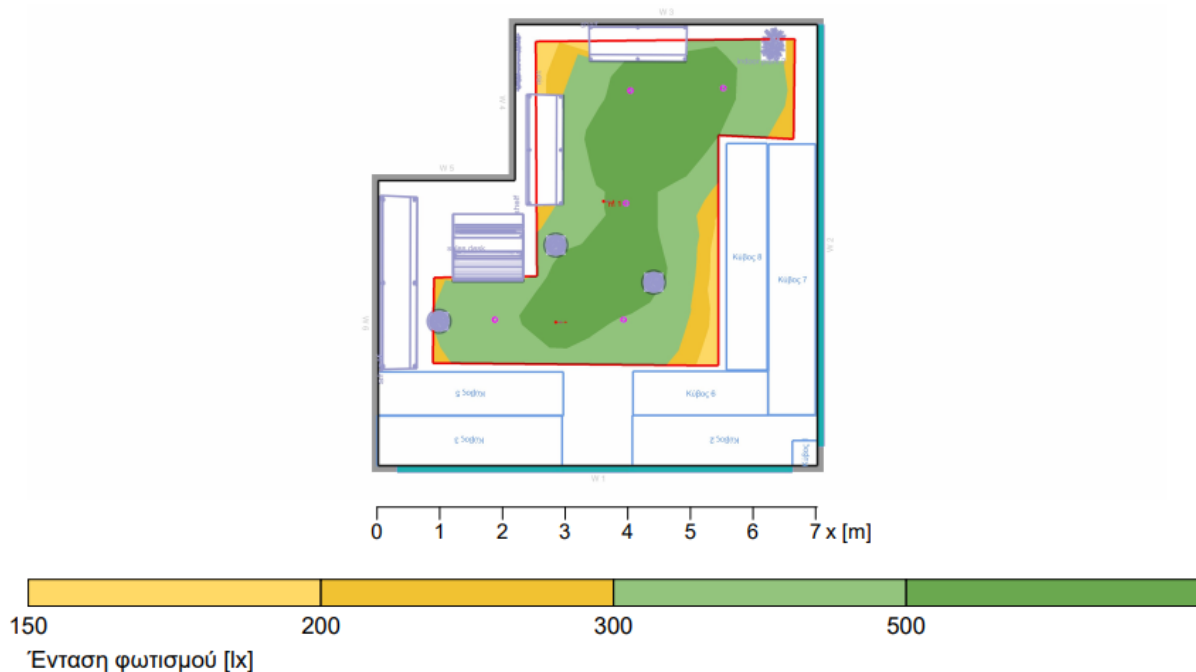


Σχήμα 6.12: Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

Πίνακας 6.9: Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 5 γενικού χώρου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	5
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	13500 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	140 W

Τα φωτομετρικά αποτελέσματα για το γενικό χώρο του καταστήματος με τη χρήση του συγκεκριμένου φωτιστικού φαίνονται παρακάτω:



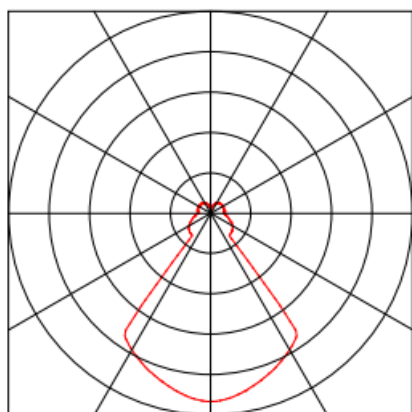
Σχήμα 6.13: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 5 γενικού χώρου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.10:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 5 γενικού χώρου.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	451 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	160 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	664 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.36
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 1 <b>UGR1</b>	<10
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 2 <b>UGR2</b>	<10

#### 6.4.6 Διάταξη 6

Στη περίπτωση αυτή η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε με το φωτιστικό GLAC2 S LED2 1000-840 HFIX EC GY GL OP της εταιρίας THORN. Είναι ένα κρεμαστό φωτιστικό, πλήρως ρυθμιζόμενο, θερμοκρασίας χρώματος 4000 K, ισχύος 9 W, με δείκτη χρωματικής απόδοσης 80 και φωτεινή ροή 1050 lm.



**Σχήμα 6.14:** Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

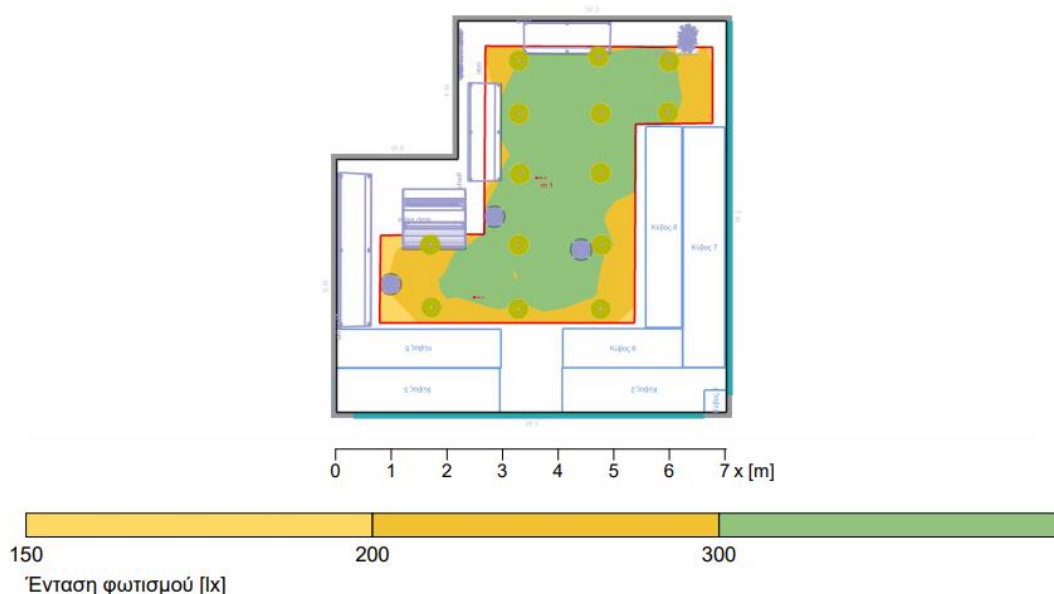
**Πίνακας 6.11:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 6 γενικού χώρου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	14
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	14700 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	119 W



**Πίνακας 6.12:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 6 γενικού χώρου.

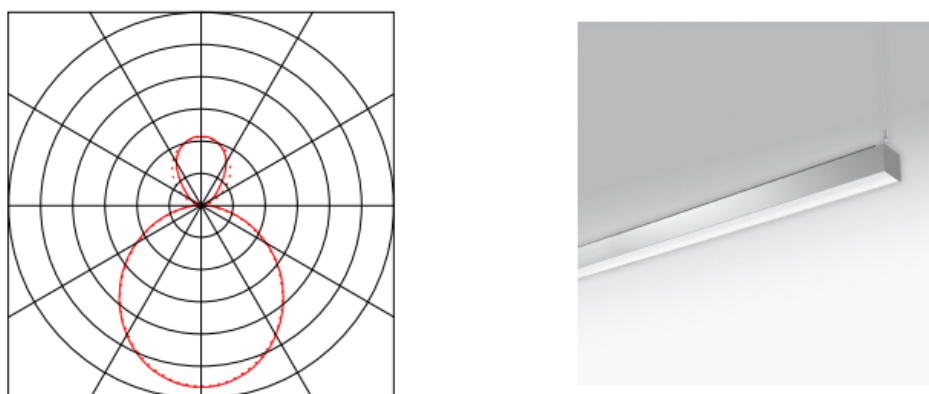
Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	314 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	189 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	411 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.6
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 1 <b>UGR1</b>	11.7
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 2 <b>UGR2</b>	13



**Σχήμα 6.15:** Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 6 γενικού χώρου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

#### 6.4.7 Διάταξη 7

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με το φωτιστικό RAIL-HGI/1400 LED - DIFFUSOR OPAL SATINIERT της εταιρίας LICHTWERK. Αποτελεί κρεμαστό φωτιστικό τύπου LED, διαστάσεων 1431x62x71 mm, φωτεινής ροής 4190 lm, ισχύος 46.4 W, θερμοκρασίας χρώματος 4000 K με δείκτη χρωματικής απόδοσης μεγαλύτερου του 80. Προσφέρει ταυτόχρονα άμεση και έμμεση διανομή της φωτεινής ακτινοβολίας.

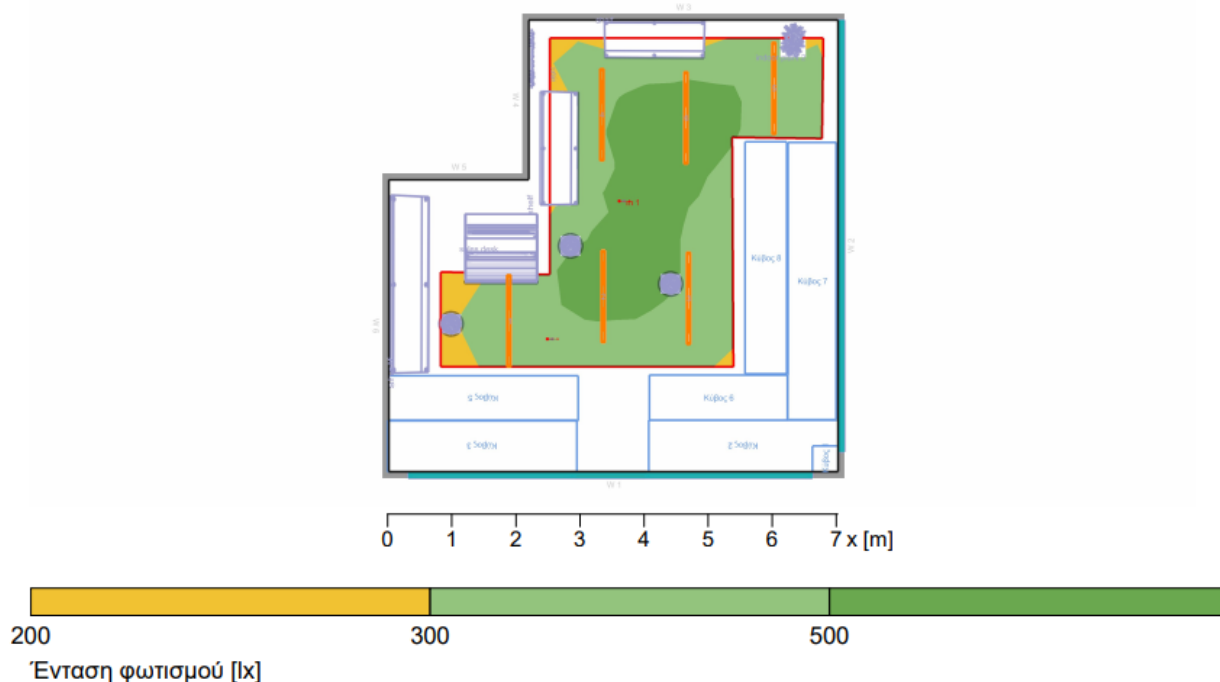


**Σχήμα 6.16:** Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

**Πίνακας 6.13:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 7 γενικού χώρου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	6
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	25128 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	278.4 W

Τα φωτομετρικά αποτελέσματα για το γενικό χώρο του καταστήματος με τη χρήση αυτού του φωτιστικού φαίνονται παρακάτω:



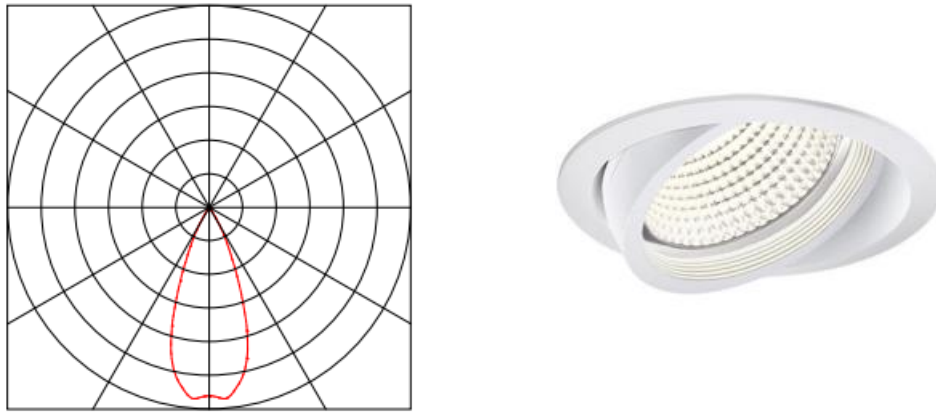
**Σχήμα 6.17:** Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 7 γενικού χώρου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.14:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 7 γενικού χώρου.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	429 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	268 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	520 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.62
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 1 <b>UGR1</b>	20.1
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 2 <b>UGR2</b>	20.8

#### 6.4.8 Διάταξη 8

Στη τελευταία αυτή διάταξη που αφορά το γενικό χώρο του καταστήματος επιλέχθηκε για δοκιμές το χωνευτό φωτιστικό CARDO CTL της εταιρίας ANSORG, το οποίο έχει φωτεινή ροή 3000 lm και καταναλώνει 30 W ηλεκτρικής ισχύος.

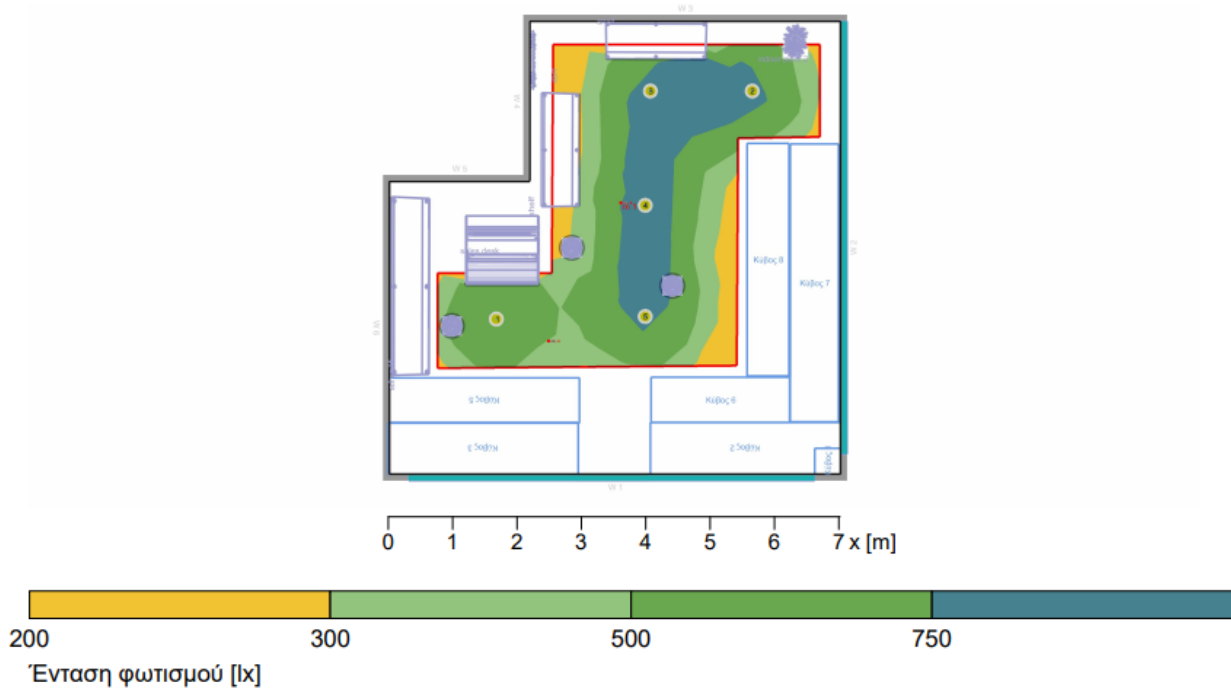


**Σχήμα 6.18:** Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

**Πίνακας 6.15:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 8 γενικού χώρου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	5
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	15000 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	150 W

Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης:



**Σχήμα 6.19:** Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 8 γενικού χώρου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.16:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 8 γενικού χώρου.

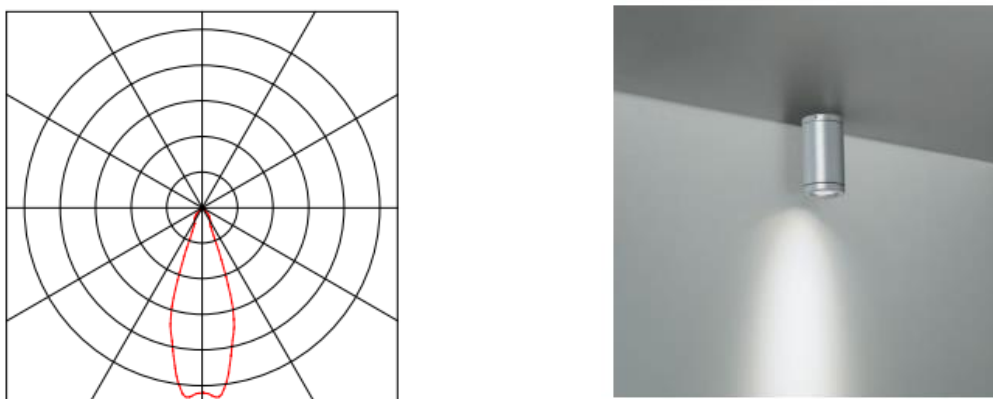
Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	568 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	229 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	823 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.4
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 1 <b>UGR1</b>	<10
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή 2 <b>UGR2</b>	11.2

## 6.5 Βιτρίνα

Σκοπός της βιτρίνας είναι η ανάδειξη των προς πώληση εμπορευμάτων και για αυτό το λόγο, για τον φωτισμό της χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά με υψηλό δείκτη χρωματικής απόδοσης, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη απόδοση των χρωμάτων και των χαρακτηριστικών των προϊόντων που εκτίθενται. Ακόμα τα φωτιστικά επιλέχθηκαν με γνώμονα και την ολική μέση ένταση φωτισμού, αφού υψηλά επίπεδα φωτισμού είναι απαραίτητα για την δημιουργία αντίθεσης μεταξύ του χώρου της βιτρίνας και του γενικού χώρου του καταστήματος. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των φωτιστικών και τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω του λογισμικού RELUX. Να σημειωθεί πως για το χώρο της βιτρίνας δεν υπάρχουν συγκεκριμένα πρότυπα που να ορίζουν τα επίπεδα φωτισμού της.

### 6.5.1 Διάταξη 1

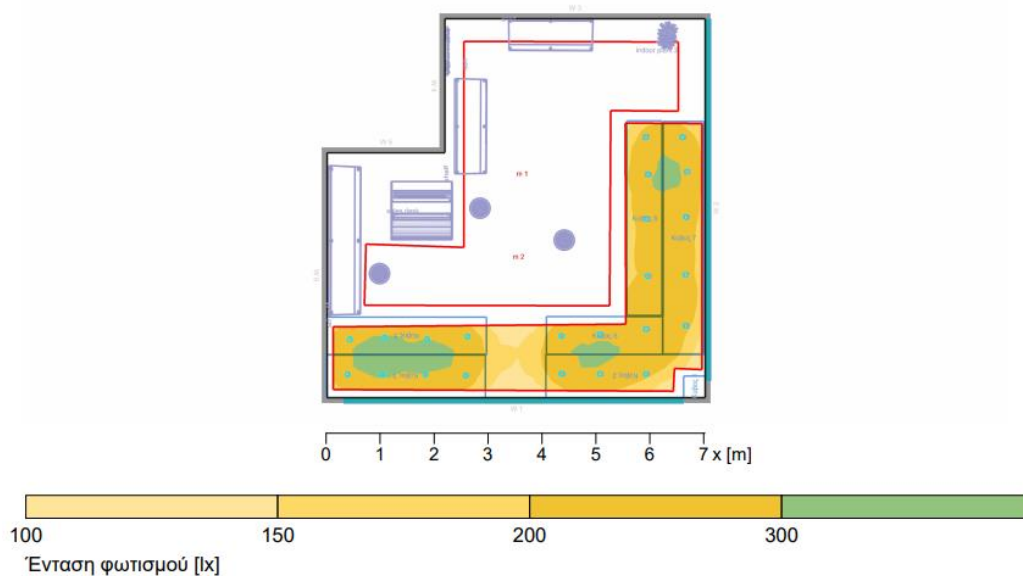
Εξετάσθηκε το φωτιστικό MIKROSLOT TONDO SOFFITO της εταιρίας SIMES. Πρόκειται για φωτιστικό αλογόνου MR τύπου downlight, κατασκευασμένο από αλουμίνιο με δυνατότητα εκπομπής σε όλο το ορατό φάσμα της φωτεινής ακτινοβολίας, ύψους 165 mm και διαμέτρου 90 mm. Παρέχει φωτεινή ροή μόλις 283 lm και καταναλώνει 22 W ηλεκτρικής ισχύος. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια στοιχεία για την εγκατάσταση των φωτιστικών όπως ακόμα και τα αποτελέσματα των φωτομετρικών υπολογισμών.



**Σχήμα 6.20:** Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

**Πίνακας 6.17:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 1 φωτισμού βιτρίνας.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	23
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	7820 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	506 W



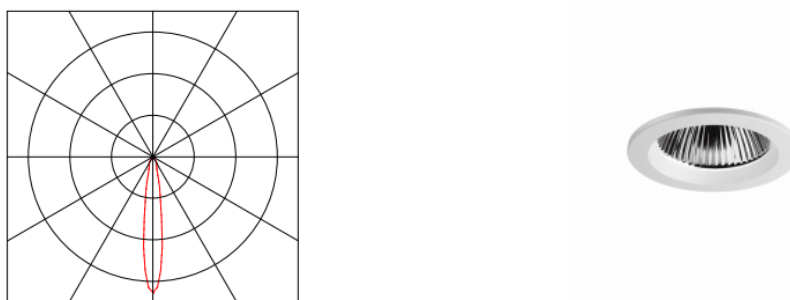
**Σχήμα 6.21:** Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 1 βιτρίνας σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.18:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 1 βιτρίνας.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	232 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	117 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	342 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.5

### 6.5.2 Διάταξη 2

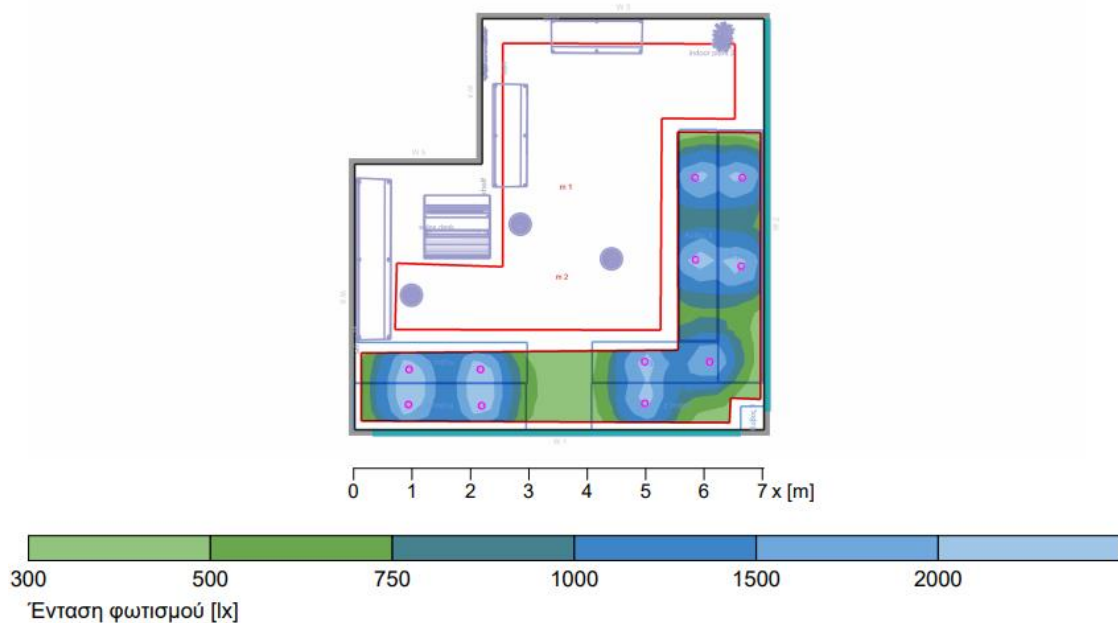
Το φωτιστικό CSA 40 είναι χωνευτό φωτιστικό της εταιρίας LTS, εξοπλισμένο με λαμπτήρα LED 27 W/2610 lm. Αν και έχει θερμοκρασία χρώματος μόλις 2700 K, αποτελεί εξαιρετική επιλογή για τον φωτισμό της βιτρίνας αφού δεν εκπέμπει θερμότητα και UV ακτινοβολία, και επομένως δεν συμβάλει στη χρωματική αλλοίωση των εμπορευμάτων. Παρακάτω παρουσιάζονται δεδομένα για την εγκατάσταση των φωτιστικών όπως ακόμα και τα αποτελέσματα των φωτομετρικών υπολογισμών.



**Σχήμα 6.22:** Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

**Πίνακας 6.19:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 2 φωτισμού βιτρίνας.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	11
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	28710 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	297 W



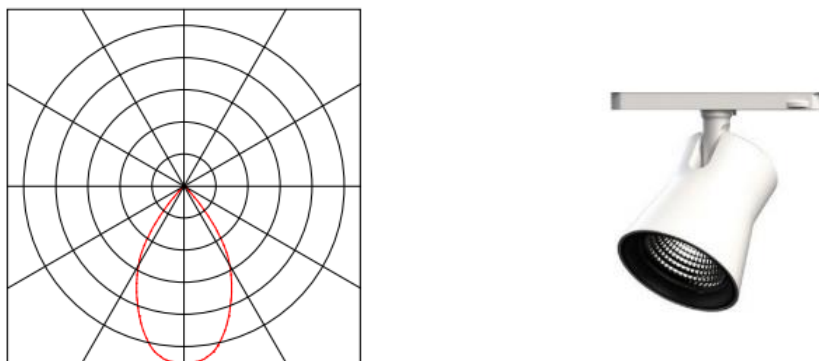
**Σχήμα 6.23:** Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 2 βιτρίνας σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.20:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 2 βιτρίνας.

Μέση ένταση φωτισμού <b><math>E_m</math></b>	1130 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b><math>E_{min}</math></b>	320 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b><math>E_{max}</math></b>	2370 lx
Ομοιομορφία <b><math>U_0</math></b>	0.28

### 6.5.3 Διάταξη 3

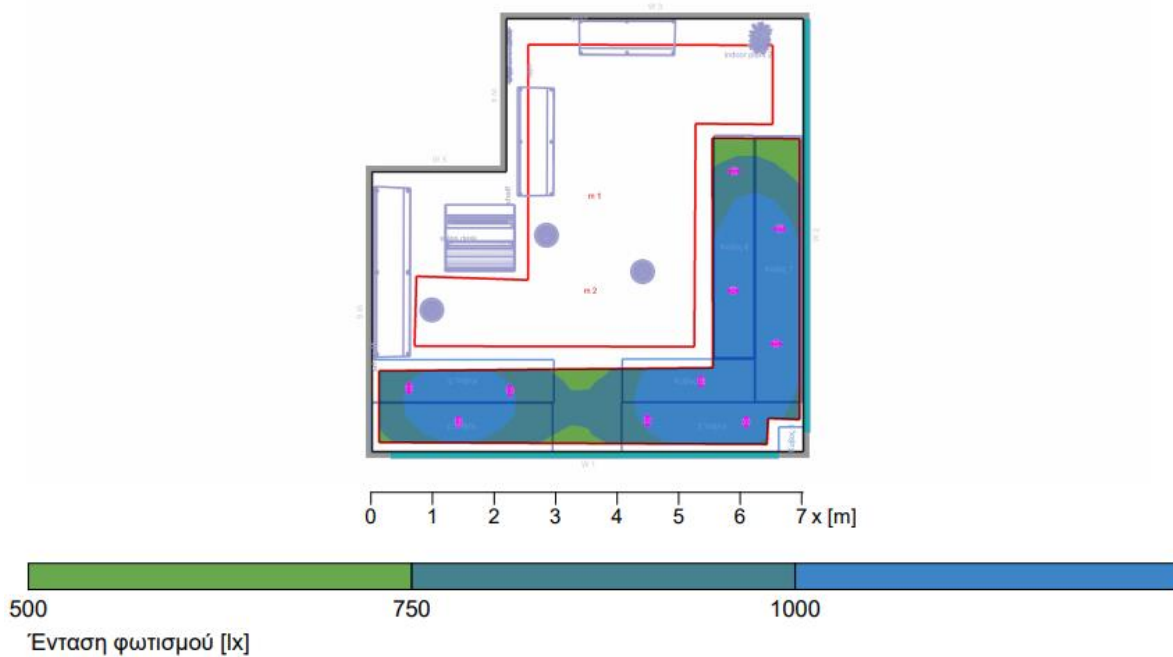
Εξετάσθηκε το φωτιστικό S90-SPOT της εταιρίας GLAMOX. Αποτελεί φωτιστικό ράγας, θερμοκρασίας χρώματος από 3000 έως 4000 K, φωτεινής ροής 3490 lm, ισχύος 32 W και δείκτη χρωματικής απόδοσης 90 (CRI = 90).



**Σχήμα 6.24:** Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

**Πίνακας 6.21:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 3 φωτισμού βιτρίνας.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	10
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	34900 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	320 W



**Σχήμα 6.25:** Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 3 βιτρίνας σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.22:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 3 βιτρίνας.

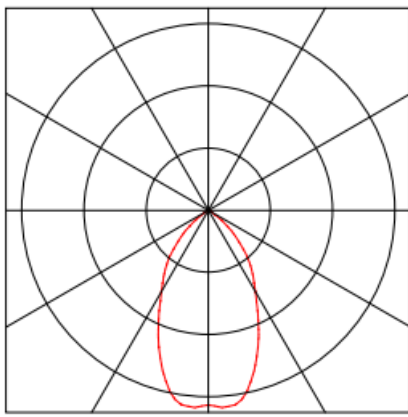
Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	1030 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	517 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	1440 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.5

#### 6.5.4 Διάταξη 4

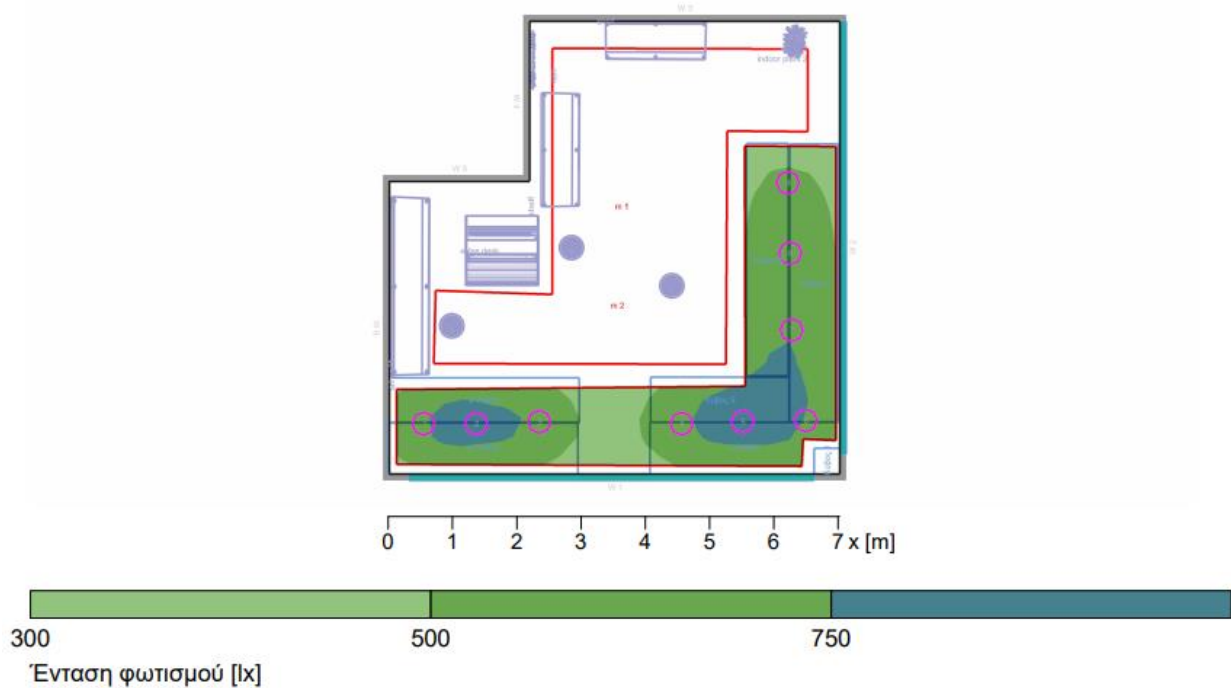
Το φωτιστικό TIEFSTRAHLER της εταιρίας LICHT+RAUM είναι κρεμαστό φωτιστικό θερμοκρασίας χρώματος 4000 K, φωτεινής ροής 3100 lm, ισχύος 28.6 W, δείκτη χρωματικής απόδοσης μεγαλύτερο του 80 και ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στις απαιτήσεις φωτισμού μιας βιτρίνας ενός καταστήματος. Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης όπως αυτά εξήχθησαν από το λογισμικό RELUX.

**Πίνακας 6.23:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 4 φωτισμού βιτρίνας.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	9
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	27900 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	257.4 W



Σχήμα 6.26: Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).



Σχήμα 6.27: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 4 βιτρίνας σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

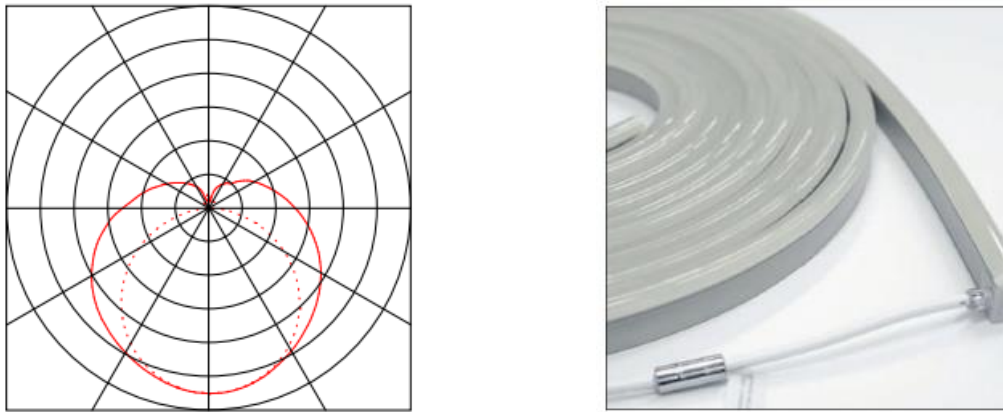
Πίνακας 6.24: Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 4 βιτρίνας.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	606 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	317 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	827 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.52

### 6.5.5 Διάταξη 5

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με τη ταινία LED LUMIAFLEX II της εταιρίας PROLUMIA, η οποία ελέγχεται με ηλεκτρονικό ballast και έχει θερμοκρασία χρώματος 5500 – 6500 K. Αποτελεί ιδανική επιλογή για τον φωτισμό της βιτρίνας του καταστήματος εξαιτίας του εύκαμπτου σχήματός της και της υψηλής απόδοσής της. Μια τέτοια ταινία μήκους 5 m παρέχει φωτεινή ροή 2138 lm καταναλώνει 60 W ηλεκτρικής ισχύος.

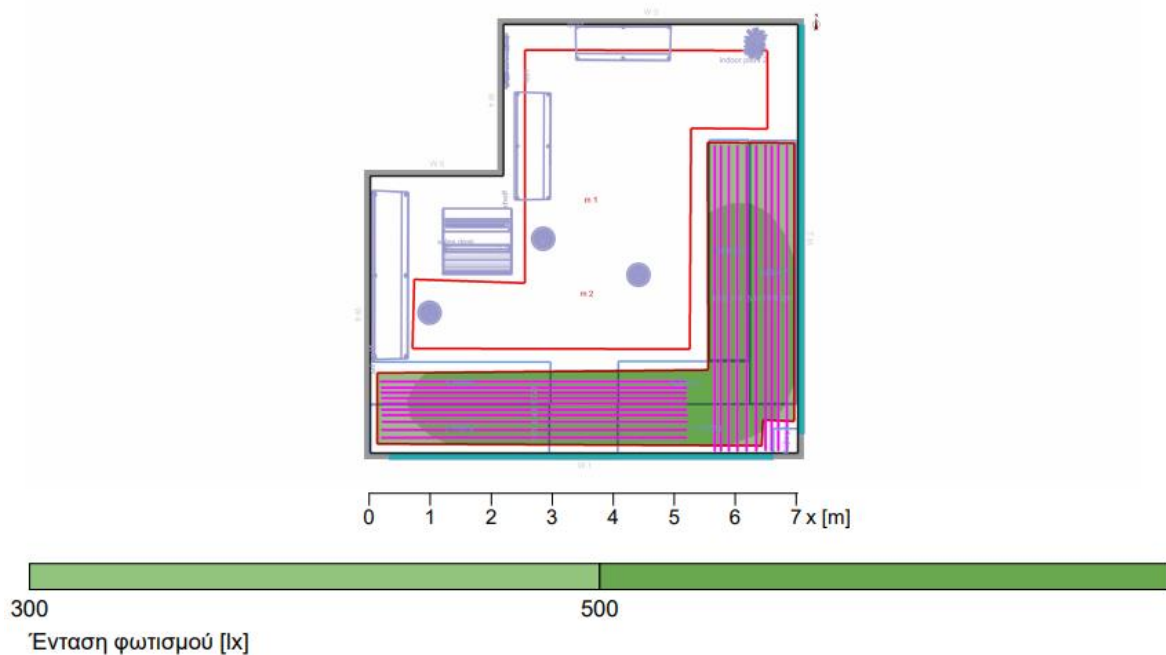




Σχήμα 6.28: Φωτογραφία της ταινίας LED (δεξιά) και του πολικού της διαγράμματος (αριστερά).

Πίνακας 6.25: Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 5 φωτισμού βιτρίνας.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	20
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	40000 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	1200 W



Σχήμα 6.29: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 5 βιτρίνας σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX

Πίνακας 6.26: Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 5 βιτρίνας.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	546 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	316 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	664 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.58

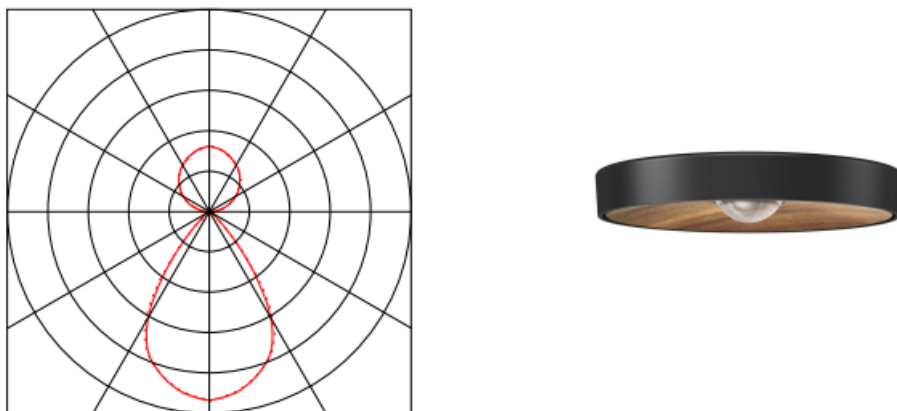
## 6.6 Ταμείο

Ο φωτισμός του χώρου του ταμείου είναι ιδιαίτερα σημαντικός διότι όπως έχει αναφερθεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο, εκεί πραγματοποιείται η τελική συναλλαγή και εκτελούνται εργασίες συσκευασίας των προϊόντων από τους εργαζόμενους. Σύμφωνα με το πρότυπο EN\_12464-1 οι ελάχιστες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται για το χώρο αυτό είναι:

- Ελάχιστο όριο μέσης έντασης φωτισμού: **500 lx**.
- Μέγιστο όριο δείκτη θάμβωσης UGR: **19**.
- Ελάχιστο όριο δείκτη χρωματικής απόδοσης CRI: **80**.

### 6.6.1 Διάταξη 1

Εξετάσθηκε το κρεμαστό φωτιστικό KIVO PENDELLEUCHTE της εταιρίας RIBAG. Πρόκειται για φωτιστικό εξοπλισμένο με λαμπτήρα τύπου LED, θερμοκρασίας χρώματος 4000 K, φωτεινής ροής 2400 lm, ισχύος 24 W και δείκτη χρωματικής απόδοσης μεγαλύτερο του 90. Τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης καθώς και τα αποτελέσματα της μελέτης φαίνονται αναλυτικά παρακάτω:



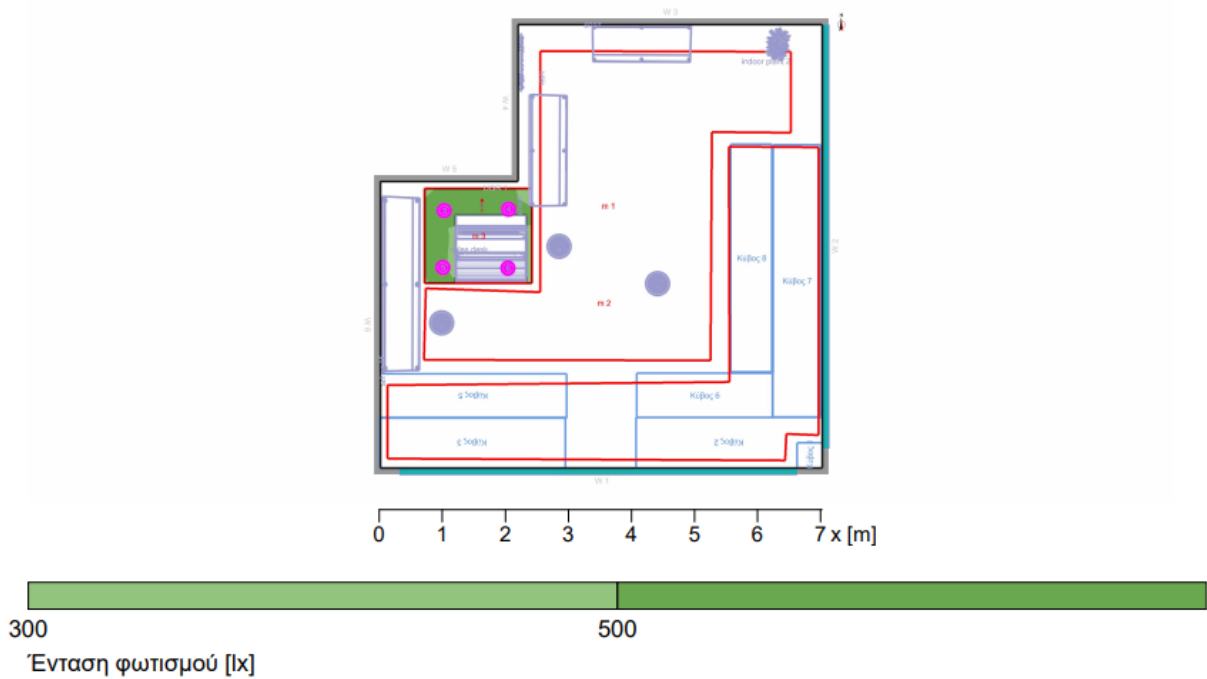
Σχήμα 6.30: Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

Πίνακας 6.27: Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 1 φωτισμού ταμείου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	4
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	9600 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	96 W

Πίνακας 6.28: Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 1 ταμείου.

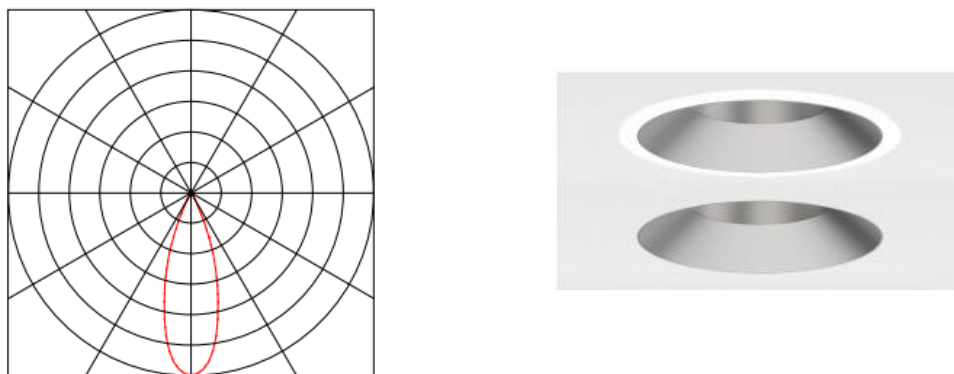
Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	533 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	407 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	635 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.76
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή <b>UGR</b> (θέση εργαζόμενου)	<10



Σχήμα 6.31: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 1 ταμείου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

### 6.6.2 Διάταξη 2

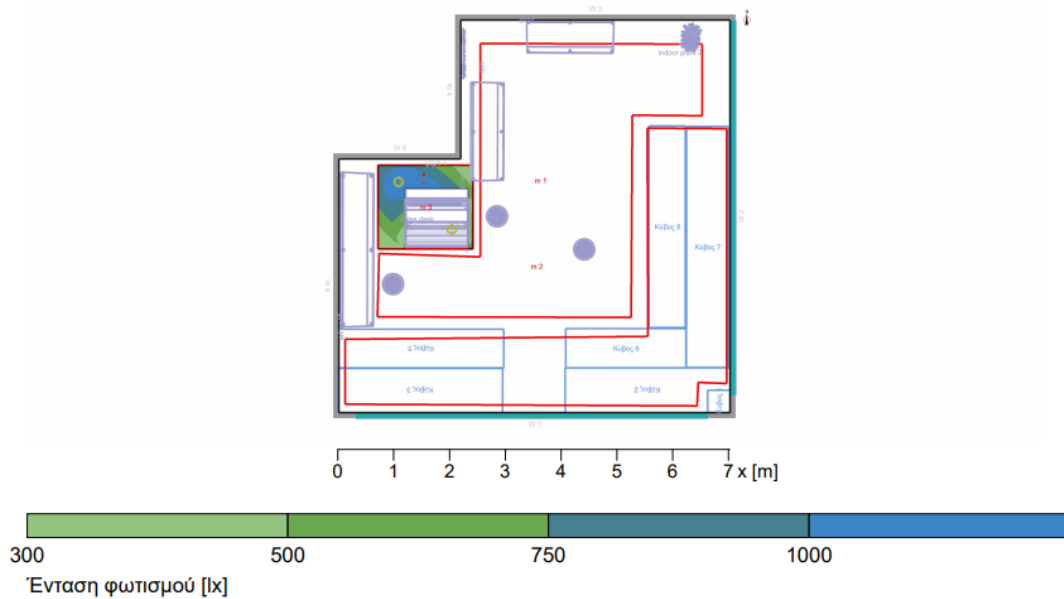
Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με το φωτιστικό DALLTON LARGE της εταιρίας LTS, ισχύος 44 W και φωτεινής ροής 2790 lm.



Σχήμα 6.32: Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

Πίνακας 6.29: Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 2 φωτισμού ταμείου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	2
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	5580 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	86 W



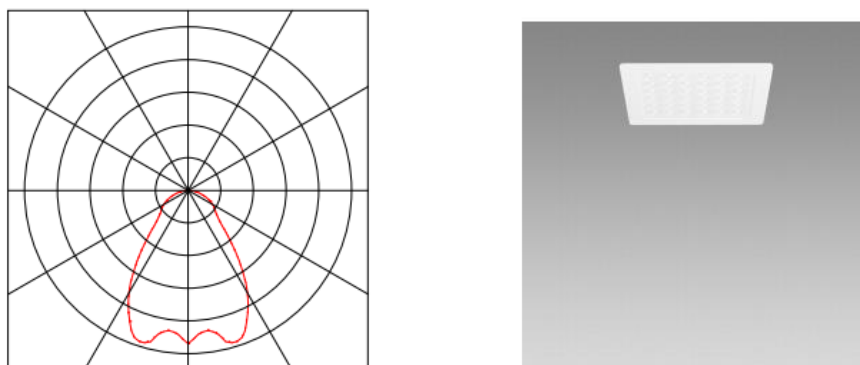
Σχήμα 6.33: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 2 ταμείου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

Πίνακας 6.30: Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 2 ταμείου.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	749 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	369 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	1140 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.49
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή <b>UGR</b> (θέση εργαζόμενου)	<10

### 6.6.3 Διάταξη 3

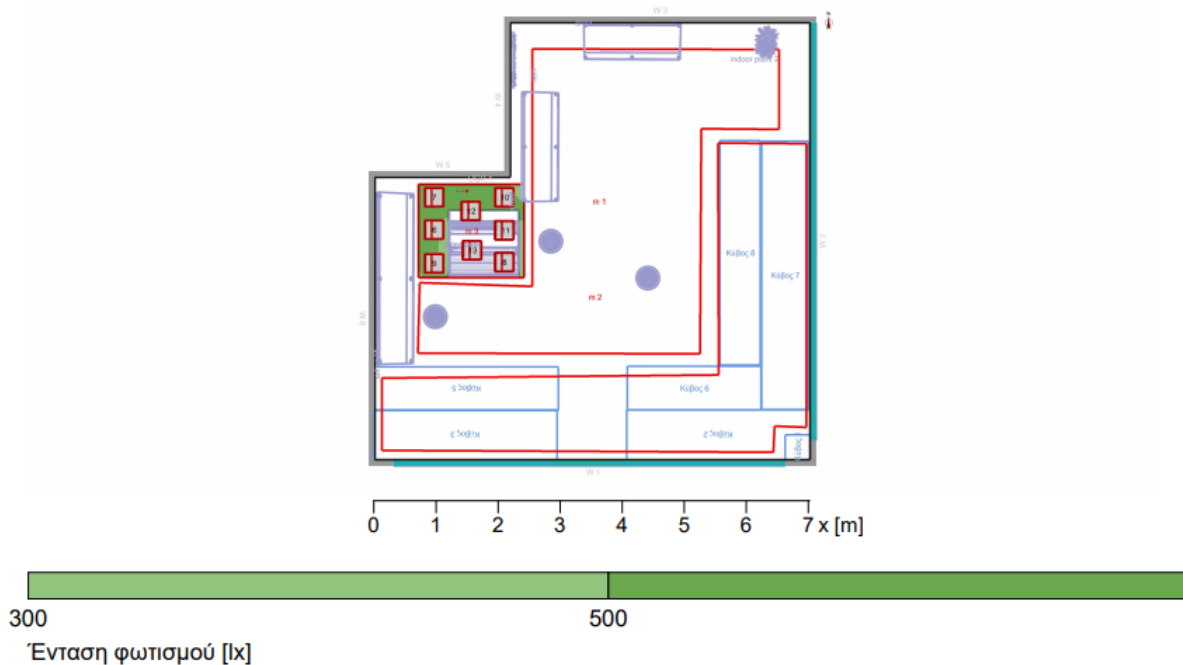
Στη διάταξη αυτή έγινε χρήση χωνευτού φωτιστικού οροφής της εταιρίας REGENT LIGHTING. Το συγκεκριμένο φωτιστικό εκπέμπει απευθείας φωτεινές ακτίνες. Έχει θερμοκρασία χρώματος 4000 K (απόχρωσης ουδέτερου λευκού), φωτεινή ροή 1250 lm, και CRI > 80. Επίσης καταναλώνει μόλις 12 W ηλεκτρικής ισχύος. Το πλήρες όνομά του είναι *DIME CR308x308 MOD625 LED1250-840 WH DALI E3h* και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φαίνονται παρακάτω:



Σχήμα 6.34: Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).

**Πίνακας 6.31:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 3 φωτισμού ταμείου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	8
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	10000 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	96 W



**Σχήμα 6.35:** Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 3 ταμείου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.32:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 3 ταμείου.

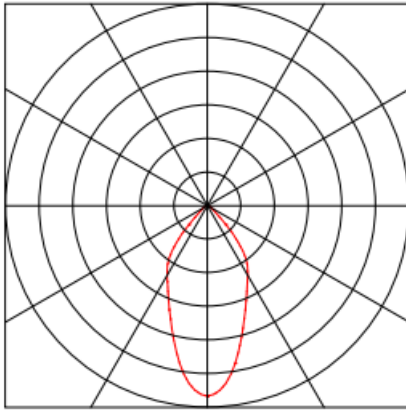
Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	512 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	333 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	606 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.65
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή <b>UGR</b> ( θέση εργαζόμενου )	<10

#### 6.6.4 Διάταξη 4

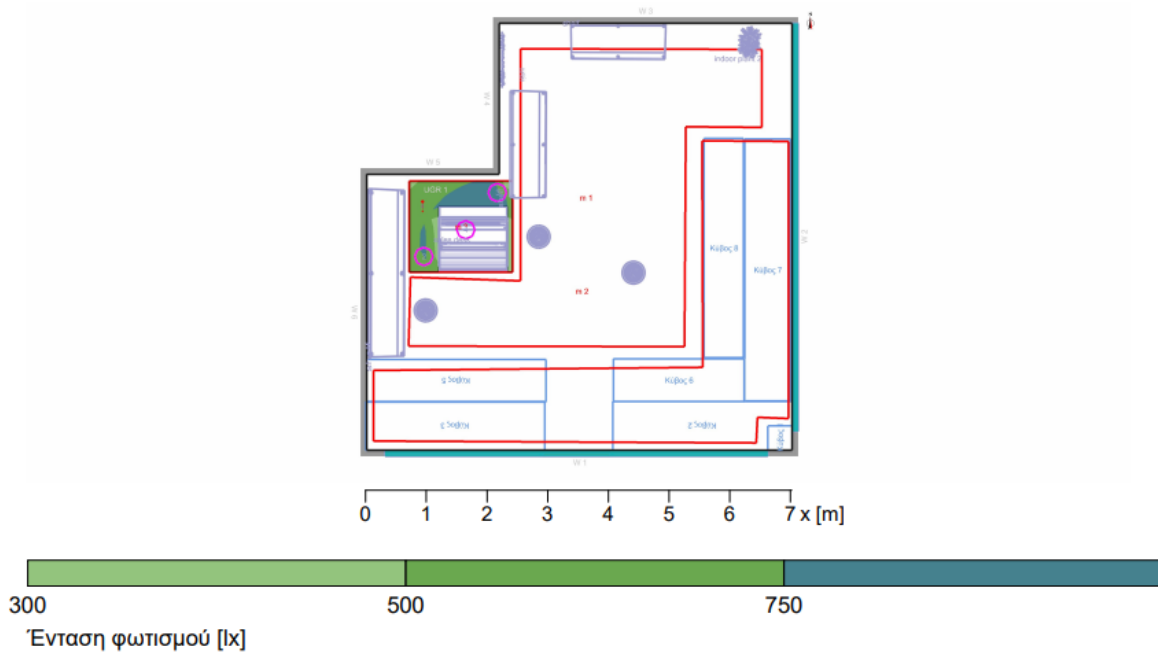
Το φωτιστικό *TRUMPET COB LED 927 F* κατασκευάζεται από την XAL και είναι φωτιστικό οροφής, ισχύος 35 W, φωτεινής ροής 2820 lm, θερμοκρασίας χρώματος 2700 K και γωνίας δέσμης φωτός 49°.

**Πίνακας 6.33:** Τεχνικά χαρακτηριστικά διάταξης 4 φωτισμού ταμείου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	3
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	8460 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	105.9 W



**Σχήμα 6.36:** Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματός του (αριστερά).



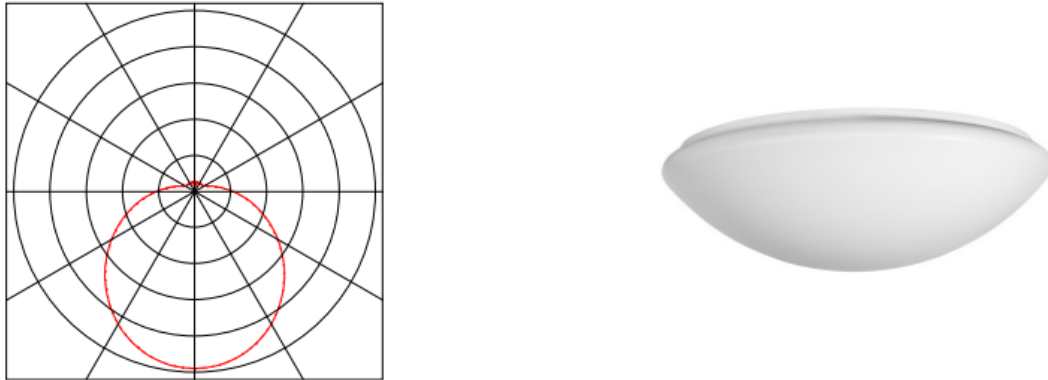
**Σχήμα 6.37:** Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 4 ταμείου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.34:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 4 ταμείου.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	626 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	420 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	782 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.67
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή <b>UGR</b> ( θέση εργαζόμενου )	<10

### 6.6.5 Διάταξη 5

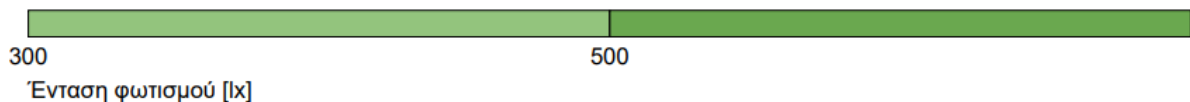
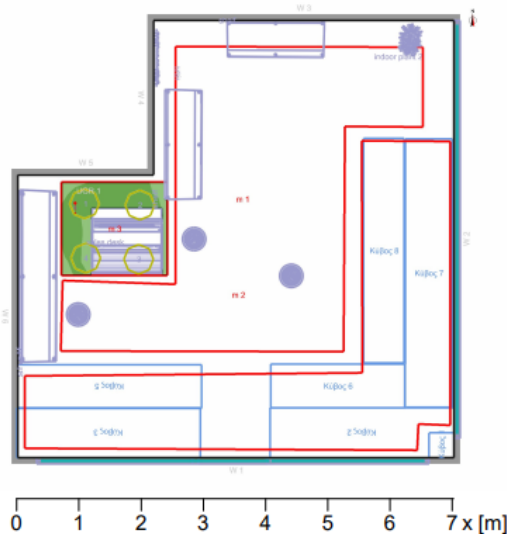
Έγιναν δοκιμές με το φωτιστικό RKL LED της εταιρίας FLUOLITE. Πρόκειται για φωτιστικό οροφής με ομοιόμορφη κατανομή της φωτεινής ακτινοβολίας, συνολικής φωτεινής ροής 3500 lm, ισχύος 34 W, δείκτη χρωματικής απόδοσης μεγαλύτερο του 80 (>80) και θερμοκρασία χρώματος 3000 με 4000 K.



Σχήμα 6.38: Φωτογραφία του φωτιστικού (δεξιά) και του πολικού διαγράμματος του (αριστερά).

Πίνακας 6.35: Τεχνικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης 5 φωτισμού ταμείου.

Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	4
Συνολική φωτεινή ροή της εγκατάστασης	14000 lm
Συνολική ισχύς της εγκατάστασης	136 W



Σχήμα 6.39: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού διάταξης 5 ταμείου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

**Πίνακας 6.36:** Αποτελέσματα φωτομετρικών υπολογισμών για διάταξη 5 ταμείου.

Μέση ένταση φωτισμού <b>E<sub>m</sub></b>	483 lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>min</sub></b>	379 lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού <b>E<sub>max</sub></b>	569 lx
Ομοιομορφία <b>U<sub>o</sub></b>	0.78
Μέγιστος δείκτης θάμβωσης παρατηρητή <b>UGR</b> ( θέση εργαζόμενου )	<10



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### **Εφαρμογή της πολυκριτήριας μεθόδου PROMETHEE II στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων**

#### **7.1 Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει χρήση της μεθόδου PROMETHEE II, τα χαρακτηριστικά της οποίας έχουν αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν για τους χώρους του καταστήματος που εξετάστηκαν μέσα από το λογισμικό RELUX. Σκοπός της εφαρμογής της μεθόδου είναι η εύρεση της βέλτιστης εγκατάστασης φωτιστικών για τον κάθε χώρο ξεχωριστά, με βάση τα χαρακτηριστικά της PROMETHEE II.

Αρχικά, η κάθε διάταξη φωτιστικών για τα δεδομένα της μεθόδου θεωρείται ως δράση και για κάθε δράση εφαρμόζονται τα αντίστοιχα κριτήρια. Οι δράσεις, λοιπόν, είναι οχτώ (8) για το γενικό χώρο του καταστήματος, πέντε (5) για τη βιτρίνα και πέντε (5) για το χώρο του ταμείου. Τα κριτήρια είναι οχτώ (8) συνολικά, καθένα από τα οποία επιλέχθηκε με βάση τη σημασία που έχει ως μέγεθος στη διαδικασία εύρεσης βέλτιστης εγκατάστασης. Ανάλογα με το πόσο σημαντικό θεωρείται το κάθε κριτήριο, του αποδίδεται ένα αντίστοιχο βάρος, το οποίο επηρεάζει τα αποτελέσματα της μεθόδου.

Για τον υπολογισμό της καθαρής ροής υπεροχής, που προκύπτει μέσω της PROMETHEE II, χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Excel σε συνδυασμό με το εμπορικό λογισμικό Visual PROMETHEE. Το συγκεκριμένο λογισμικό, δίνοντάς του ως δεδομένα τις τιμές που λαμβάνει το κάθε κριτήριο για όλες τις δράσεις ξεχωριστά και τα αντίστοιχα βάρη, υπολόγισε την θετική και αρνητική ροή υπεροχής και συνεπώς την καθαρή ροή, που είναι και το ζητούμενο, ώστε να γίνει η κατάταξη των δράσεων και η εύρεση της βέλτιστης εγκατάστασης φωτιστικών για τους χώρους που μελετώνται. Παρόλα αυτά, η αναλυτική κατάστρωση της μεθόδου πραγματοποιήθηκε στο Microsoft Excel, με εφαρμογή των τύπων της PROMETHEE II και αξιοποίηση συναρτήσεων του Excel. Μέσω του λογισμικού Visual PROMETHEE, εξήχθησαν διάφορα διαγράμματα, τα οποία απεικονίζουν σχηματικά τα αποτελέσματα της μεθόδου ή δείχνουν τη συμβολή του κάθε κριτηρίου στη διαμόρφωση του αποτελέσματος για κάθε δράση ξεχωριστά.

#### **7.2 Επιλεγμένες δράσεις, κριτήρια και βάρη για την PROMETHEE II**

Στο σημείο αυτό θα παρατεθούν οι επιλεγμένες δράσεις για κάθε μία από τις διατάξεις του καταστήματος υποδημάτων, οι οποίες για λόγους συντομίας και διευκόλυνσης θα συμβολίζονται με μία συντομογραφία, όπως φαίνεται στους ακόλουθους πίνακες 7.1, 7.2 και 7.3.

**Πίνακας 7.1:** Συντομογραφία δράσης ανά εγκατάσταση φωτιστικού στο γενικό χώρο.

<b>Συντομογραφία Δράσης</b>	<b>Όνομα Φωτιστικού</b>	<b>Εταιρία</b>	<b>Χώρος</b>
a	CTN6E25344KZ	EATON (COOPER)	Γενικός Χώρος
b	ZETA LED PENDEL	LIGHT+RAUM	
c	DIL-8NW6	A.L.S	
d	LED PRO SPACE S	PROLUMIA	
e	TRUE FASHION (ST712T PSU L105_PW9-4000)	PHILIPS	
f	GLAC2 S LED2 1000- 840 HFIX	THORN	
g	RAIL-HGI LED - DIFFUSOR OPAL SATINIERT	LICHTWERK	
h	CARDO CTL	ANSORG	

**Πίνακας 7.2:** Συνοτομογραφία δράσης ανά εγκατάσταση φωτιστικού στην βιτρίνα.

Συνοτομογραφία Δράσης	Όνομα Φωτιστικού	Εταιρία	Χώρος
a	MIKROSLOT TONDO SOFFITO	SIMES	Βιτρίνα
b	CSA 40	LTS	
c	S90-SPOT	GLAMOX	
d	TIEFSTRAHLER	LICHT+RAUM	
e	LED LUMIAFLEX	PROLUMIA	

**Πίνακας 7.3:** Συνοτομογραφία δράσης ανά εγκατάσταση φωτιστικού στο χώρο του ταμείου.

Συνοτομογραφία Δράσης	Όνομα Φωτιστικού	Εταιρία	Χώρος
a	KIVO PENDELLEUCHTE	RIBAG	Ταμείο
b	DALLTON LARGE	LTS	
c	DIME CR308x308 MOD625 LED1250-840 WH DALI E3h	REGENT LIGHTING	
d	TRUMPET COB LED 927 F	XAL	
e	RKL LED	FLUOLITE	

Οι προαναφερθείσες δράσεις, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη προσομοίωση στο Relux, συγκρίνονται τόσο ως προς τα τεχνικά και ποιοτικά τους χαρακτηριστικά όσο και ως προς το κόστος τους. Μέσω της PROMETHEE II μοντελοποιήθηκαν 8 κριτήρια. Τα συγκεκριμένα επιλέχθηκαν με γνώμονα την επίτευξη οικονομικής και ενεργειακής αποδοτικότητας, ώστε να ευρεθεί η βέλτιστη δράση, δηλαδή το βέλτιστο φωτιστικό. Στο καθένα κριτήριο επιλέγεται εάν επιδιώκεται μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίησή του μέσω της μεθόδου. Ανεξάρτητα από το σκοπό της εύρεσης μέγιστης ή ελάχιστης τιμής του κάθε μεγέθους, θα πρέπει πάντα να ικανοποιούνται, για τις ενεργειακές παραμέτρους, οι απαιτήσεις του προτύπου EN\_12464-1 [2], έτσι ώστε ο κατάλληλος συνδυασμός των κριτηρίων σε κάθε περίπτωση, να αναδεικνύει, τη βέλτιστη διάταξη φωτιστικών. Έτσι λοιπόν, τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για την εφαρμογή της πολυκριτήριας μεθόδου είναι τα ακόλουθα:

- Μέση ένταση φωτισμού στους χώρους του καταστήματος ( $E_m$ ). Για το συγκεκριμένο κριτήριο επιδιώκεται μεγιστοποίησή του.
- Ομοιομορφία φωτισμού στους χώρους του καταστήματος ( $U_o$ ). Για το συγκεκριμένο κριτήριο επιδιώκεται μεγιστοποίησή του.
- Καταναλισκόμενη ισχύς της συνολικής εγκατάστασης των φωτιστικών σωμάτων που τοποθετήθηκαν σε κάθε χώρο ξεχωριστά ( $P$ ). Για το συγκεκριμένο κριτήριο επιδιώκεται ελαχιστοποίησή του.
- Συνολικό κόστος εγκατάστασης φωτιστικών σωμάτων (Κόστος). Για το συγκεκριμένο κριτήριο επιδιώκεται ελαχιστοποίησή του.
- Δείκτης χρωματικής απόδοσης φωτιστικού (CRI). Για το συγκεκριμένο κριτήριο επιδιώκεται η μεγιστοποίησή του.
- Δείκτης θάμβωσης φωτιστικού (UGR). Για το συγκεκριμένο κριτήριο επιδιώκεται η ελαχιστοποίησή του. Να σημειωθεί ότι για το γενικό χώρο του καταστήματος εξετάστηκε η θάμβωση των φωτιστικών σωμάτων σε δύο θέσεις. Επομένως μόνο για το γενικό χώρο θα ληφθούν υπόψη δύο δείκτες θάμβωσης, UGR1 και UGR2.
- Διάρκεια ζωής φωτεινών πηγών. Επιδιώκεται η μεγιστοποίησή του.

- Επίδραση στο φωτισμό του γενικού χώρου του καταστήματος. Το κριτήριο αυτό εφαρμόζεται μόνο στους χώρους της βιτρίνας και του ταμείου και αποτελεί την συμβολή στα επίπεδα φωτισμού του γενικού χώρου. Προφανώς και επιδιώκεται η μεγιστοποίησή του. Το κριτήριο αυτό εισήχθη διότι παρατηρήθηκε στις μελέτες φωτισμού του προηγούμενου κεφαλαίου πως φωτιστικά της βιτρίνας και του ταμείου συμβάλλουν σημαντικά στα επίπεδα φωτισμού του γενικού χώρου. Το προς μελέτη εμπορικό κατάστημα είναι σχετικά μικρό σε έκταση και η αλληλοκάλυψη των φωτισμών των επιμέρους χώρων θα μπορούσε δυνητικά να μειώσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Κριτήριο αισθητικής παραμέτρου. Εφαρμόζεται μόνο για τη βιτρίνα και καθορίζει το αισθητικό μέρος της. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο η βιτρίνα αποτελεί τη σύνδεση μεταξύ του πελάτη και του καταστήματος. Ο φωτισμός θα πρέπει να ελκύει τους πελάτες. Η μέτρηση λοιπόν της αισθητικής παραμέτρου βασίζεται σε 5-βάθμια κλίμακα όπου το 1 αντιστοιχεί στο πολύ μέτριο και το 5 στο πολύ καλό. Για την εύρεση των επιδόσεων των εναλλακτικών στο κριτήριο αυτό, εξήχθησαν τα ακόλουθα δεδομένα του παρακάτω πίνακα μετά από σχετική έρευνα. Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκε φωτισμένος ο χώρος της βιτρίνας με χρήση των διαφόρων διατάξεων φωτιστικών σωμάτων, μέσα από τρισδιάστατη απεικόνιση στο λογισμικό RELUX, σε άτομα του στενού οικογενειακού και φιλικού περιβάλλοντος. Στα άτομα αυτά, κατόπιν ζητήθηκε να βαθμολογήσουν τις διατάξεις φωτισμού ως προς το αισθητικό τους αντίκτυπο.

**Πίνακας 7.4:** Επιδόσεις των φωτιστικών της βιτρίνας στο κριτήριο αισθητικής παραμέτρου.

<i>Όνομα φωτιστικού βιτρίνας</i>	<i>Βαθμολογία ερωτηθέντων</i>
MIKROSLLOT TONDO SOFFITO	3
CSA 40	4
S90 - SPOT	5
TIEFSTRAHLER	4
LED LUMIAFLEX II	5

Όπως είναι φανερό δεν θα χρησιμοποιηθούν όλα τα κριτήρια για όλους του χώρους. Η επιλογή αναλύεται περισσότερο παρακάτω, στην διαδικασία προσδιορισμού των βαρών.

Όσον αφορά το συνολικό κόστος εγκατάστασης των φωτιστικών, καθώς και τη διάρκεια ζωής τους, τα απαιτούμενα δεδομένα προέκυψαν από τη τιμή των φωτιστικών αυτών σε διάφορα ηλεκτρονικά μαγαζιά, όπως και από τα αντίστοιχα data sheets. Σε ορισμένα φωτιστικά σώματα, επειδή δεν ήταν δυνατή η εύρεση τους σε κάποιο ηλεκτρονικό ή μη κατάστημα, έτσι ώστε να προσδιοριστεί η τιμή τους, το αναγραφόμενο κόστος προέκυψε από αντίστοιχους τύπους φωτιστικών, με όμοια καταναλισκόμενη ισχύ και απόδοση. Παρακάτω παρατίθενται στους πίνακες 7.5, 7.6 και 7.7 τα κόστη και οι ώρες λειτουργίας για κάθε φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε. Τα φωτιστικά αυτά αντιστοιχίζονται με τη συντομογραφία τους [35-49]:

Πίνακας 7.5: Κόστη και ώρες λειτουργίες για εναλλακτικές γενικού χώρου.

Δράση	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Κόστος (€)	Κόστος Εγκατάστασης (€)	Ώρες Λειτουργίας
a	5	117.68	588.4	45000
b	3	256.2	768.6	50000
c	19	21.45	407.55	40000
d	8	76	608	50000
e	5	153.63	768.15	50000
f	14	230	3220	50000
g	6	215	1290	45000
h	5	99	495	38000

Πίνακας 7.6: Κόστη και ώρες λειτουργίες για εναλλακτικές βιτρίνας.

Δράση	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Κόστος (€)	Κόστος Εγκατάστασης (€)	Ώρες Λειτουργίας
a	23	183	4209	50000
b	11	139.59	1535.49	50000
c	10	121	1210	45000
d	9	295	2655	50000
e	20	344.85	6897	50000

Πίνακας 7.7: Κόστη και ώρες λειτουργίες για εναλλακτικές χώρου ταμείου.

Δράση	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Κόστος (€)	Κόστος Εγκατάστασης (€)	Ώρες Λειτουργίας
a	4	485	1940	50000
b	2	312	624	50000
c	8	199	1592	50000
d	3	269	807	50000
e	4	131	524	44000

### 7.3 Προσδιορισμός βαρών

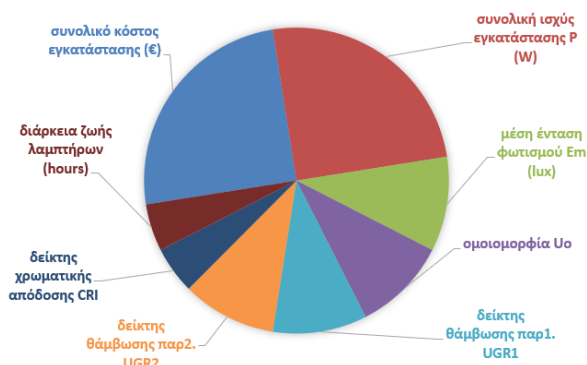
Ο προσδιορισμός των κατάλληλων βαρών αποτελεί κομβικό σημείο για την εφαρμογή της μεθόδου. Προφανώς, η επιλογή διάταξης φωτιστικών που εξασφαλίζει το μικρότερο δυνατό κόστος εγκατάστασης σε συνδυασμό με τη μικρότερη καταναλισκόμενη ισχύ, είναι η βασικότερη παράμετρος για την εξάσφαλιση οικονομικής και ενεργειακής εξοικονόμησης, ενώ όσον αφορά την ένταση φωτισμού, για το γενικό χώρο και το χώρο του ταμείου, εφόσον ικανοποιούνται τα αντίστοιχα πρότυπα, το κριτήριο αυτό δεν έχει την ίδια βαρύτητα με τα προηγούμενα. Ωστόσο για τη βιτρίνα του καταστήματος, επειδή απαιτούνται υψηλά επίπεδα φωτισμού, το συγκεκριμένο κριτήριο θα θεωρηθεί υψίστης σημασίας. Τα βάρη των υπολοίπων κριτηρίων θα προσδιοριστούν αναλόγως του χώρου που μελετάται.

### Γενικός χώρος καταστήματος

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα βάρη των κριτηρίων της μεθόδου PROMETHE για το γενικό χώρο του καταστήματος. Μεγαλύτερη βαρύτητα δόθηκε στο κόστος και στην ισχύ, ενώ τα κριτήρια που σχετίζονται με τα φωτομετρικά αποτελέσματα, όπως η ομοιομορφία, η θάμβωση και η μέση ένταση φωτισμού θεωρήθηκε ότι συμβάλλουν στο ίδιο ποσοστό.

**Πίνακας 7.8:** Βάρη κριτηρίων για γενικό χώρο καταστήματος.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ	ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΒΑΡΟΣ
g1	Συνολικό κόστος εγκατάστασης (€)	0.25
g2	Συνολική ισχύς εγκατάστασης P (W)	0.25
g3	Μέση ένταση φωτισμού Em (lux)	0.1
g4	Ομοιομορφία Uo	0.1
g5	Δείκτης θάμβωσης παρ1. UGR1	0.1
g6	Δείκτης θάμβωσης παρ2. UGR2	0.1
g7	Δείκτης χρωματικής απόδοσης CRI	0.05
g8	Διάρκεια ζωής φωτεινών πηγών (hours)	0.05



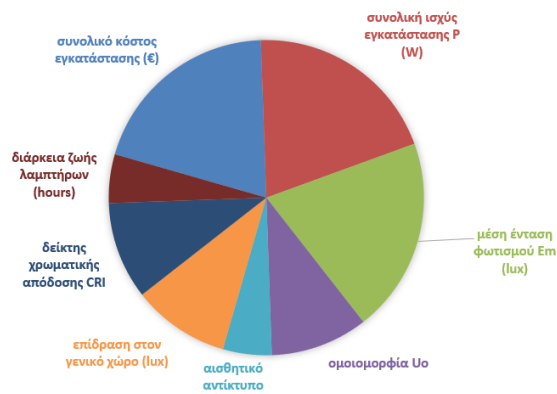
**Σχήμα 7.1:** Παραστατική αναπαράσταση βαρών σε μορφή πίτας για τον γενικό χώρο.

### Βιτρίνα

Για την επιλογή της καλύτερης διάταξης φωτισμού για την βιτρίνα του καταστήματος, δόθηκε μεγάλη βαρύτητα στη μέση ένταση φωτισμού, ενώ εισήχθη και το αισθητικό κριτήριο, το οποίο μετριέται σε 5-βάθμια κλίμακα, όπου το 1 αντιστοιχίζεται σε μέτρια επίδοση, ενώ το 5 σε πολύ καλή.

**Πίνακας 7.9:** Βάρη κριτηρίων για βιτρίνα.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ	ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΒΑΡΟΣ
g1	Συνολικό κόστος εγκατάστασης (€)	0.2
g2	Συνολική ισχύς εγκατάστασης P (W)	0.2
g3	Μέση ένταση φωτισμού Em (lux)	0.2
g4	Ομοιομορφία Uo	0.1
g5	Αισθητικό κριτήριο	0.05
g6	Επίδραση στον γενικό χώρο (lux)	0.1
g7	Δείκτης χρωματικής απόδοσης CRI	0.1
g8	Διάρκεια ζωής φωτεινών πηγών (hours)	0.05



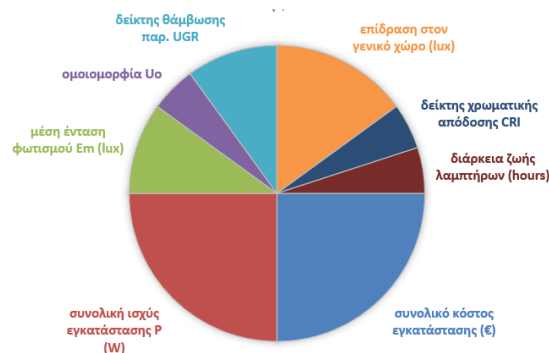
Σχήμα 7.2: Παραστατική αναπαράσταση βαρών σε μορφή πίτας για την βιτρίνα.

### Χώρος ταμείου

Τα βάρη των κριτηρίων για το συγκεκριμένο χώρο φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7.10: Βάρη κριτηρίων για ταμείο.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ	ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΒΑΡΟΣ
g1	Συνολικό κόστος εγκατάστασης (€)	0.25
g2	Συνολική ισχύς εγκατάστασης P (W)	0.25
g3	Μέση ένταση φωτισμού Em (lux)	0.1
g4	Ομοιομορφία Uo	0.05
g5	Δείκτης θάμβωσης παρ. UGR	0.1
g6	Επίδραση στον γενικό χώρο (lux)	0.15
g7	Δείκτης χρωματικής απόδοσης CRI	0.05
g8	Διάρκεια ζωής φωτεινών πηγών (hours)	0.05



Σχήμα 7.3: Παραστατική αναπαράσταση βαρών σε μορφή πίτας για τον χώρο του ταμείου.

Αξιοποιώντας τις παραπάνω πληροφορίες και το κεφάλαιο 5, το οποίο εξηγεί πλήρως τον τρόπο λειτουργίας της πολυκριτηριακής μεθόδου PROMETHEE II, ακολουθεί στις επόμενες τρεις παραγράφους η εφαρμογή της, για τις επιλεγμένες δράσεις στους χώρους του καταστήματος. Τα κριτήρια, οι δράσεις και τα βάρη εισήχθησαν ως δεδομένα στο εμπορικό λογισμικό Visual Promethee και στο Microsoft Excel και υπολογίστηκαν, μέσω αυτών, οι ζητούμενες ροές προτίμησης, οι οποίες κατατάσσουν τις διατάξεις των φωτιστικών σωμάτων.

#### 7.4 Εφαρμογή της μεθόδου στα αποτελέσματα των μετρήσεων του γενικού χώρου του καταστήματος.

Η υλοποίηση της PROMETHEE II στο γενικό χώρο του καταστήματος γίνεται με βάση τα κριτήρια και τις δράσεις, που αναφέρθηκαν στη παράγραφο 7.2 και αφορούν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 6. Ο πίνακας των κριτηρίων σε σχέση με τις δράσεις για τον συγκεκριμένο χώρο είναι ο εξής:

Πίνακας 7.11: Τιμή κριτηρίων ανά δράση για τον γενικό χώρο.

Δράση	Κριτήριο							
	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
	Κόστος (€)	P (W)	Em (lux)	Uo	UGR1	UGR2	CRI	Διάρκεια ζωής
<b>a</b>	588.4	165	348	0.65	13	13.7	80	45000
<b>b</b>	768.6	201	459	0.38	12.2	18	82	50000
<b>c</b>	407.55	152	378	0.61	20	21	80	40000
<b>d</b>	608	240	311	0.63	18.9	21.5	85	50000
<b>e</b>	768.15	140	451	0.36	9.9	9.9	90	50000
<b>f</b>	3220	119	314	0.6	11.7	13	80	50000
<b>g</b>	1290	278.4	429	0.62	20.1	20.8	85	45000
<b>h</b>	495	150	568	0.4	9.9	11.2	85	38000
<b>Βάρη</b>	0.25	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05

Ο τύπος γενικευμένου κριτηρίου που χρησιμοποιήθηκε για τα 8 κριτήρια είναι ο τύπος I (usual) από το τυπολόγιο γενικευμένων κριτηρίων του αντίστοιχου κεφαλαίου.

Ακολούθως, παρατίθενται οι πίνακες με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα κατά την εκτέλεση της μεθόδου, μέσω του Microsoft Excel. Να σημειωθεί πως όλα τα κριτήρια θα θεωρηθούν κριτήρια μεγιστοποίησης και για αυτό το λόγο οι τιμές των κριτηρίων ελαχιστοποίησης θα αλλάξουν πρόσημο.

#### Πίνακας αποστάσεων εναλλακτικών στα διάφορα κριτήρια

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ όλων των εναλλακτικών σε όλα τα κριτήρια. Οι αποστάσεις αυτές δίνονται από την σχέση  $d_j(x,y) = g_j(x) - g_j(y)$ , όπου j το κριτήριο και x,y οι εκάστοτε εναλλακτικές.

Πίνακας 7.12: Πίνακας αποστάσεων εναλλακτικών για τον γενικό χώρο του καταστήματος.

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
d(a,b)	180.2	36	-111.2	0.27	-0.8	4.3	-2	-5000
d(a,c)	-180.85	-13	-30.2	0.04	7	7.3	0	5000
d(a,d)	19.6	75	36.8	0.02	5.9	7.8	-5	-5000
d(a,e)	179.75	-25	-103.2	0.29	-3.1	-3.8	-10	-5000
d(a,f)	2631.6	-46	33.8	0.05	-1.3	-0.7	0	-5000
d(a,g)	701.6	113.4	-81.2	0.03	7.1	7.1	-5	0
d(a,h)	-93.4	-15	-220.2	0.25	-3.1	-2.5	-5	7000
d(b,a)	-180.2	-36	111.2	-0.27	0.8	-4.3	2	5000
d(b,c)	-361.05	-49	81	-0.23	7.8	3	2	10000
d(b,d)	-160.6	39	148	-0.25	6.7	3.5	-3	0
d(b,e)	-0.45	-61	8	0.02	-2.3	-8.1	-8	0
d(b,f)	2451.4	-82	145	-0.22	-0.5	-5	2	0
d(b,g)	521.4	77.4	30	-0.24	7.9	2.8	-3	5000
d(b,h)	-273.6	-51	-109	-0.02	-2.3	-6.8	-3	12000
d(c,a)	180.85	13	30.2	-0.04	-7	-7.3	0	-5000
d(c,b)	361.05	49	-81	0.23	-7.8	-3	-2	-10000
d(c,d)	200.45	88	67	-0.02	-1.1	0.5	-5	-10000
d(c,e)	360.6	-12	-73	0.25	-10.1	-11.1	-10	-10000
d(c,f)	2812.45	-33	64	0.01	-8.3	-8	0	-10000
d(c,g)	882.45	126.4	-51	-0.01	0.1	-0.2	-5	-5000
d(c,h)	87.45	-2	-190	0.21	-10.1	-9.8	-5	2000
d(d,a)	-19.6	-75	-36.8	-0.02	-5.9	-7.8	5	5000
d(d,b)	160.6	-39	-148	0.25	-6.7	-3.5	3	0
d(d,c)	-200.45	-88	-67	0.02	1.1	-0.5	5	10000
d(d,e)	160.15	-100	-140	0.27	-9	-11.6	-5	0
d(d,f)	2612	-121	-3	0.03	-7.2	-8.5	5	0
d(d,g)	682	38.4	-118	0.01	1.2	-0.7	0	5000
d(d,h)	-113	-90	-257	0.23	-9	-10.3	0	12000
d(e,a)	-179.75	25	103.2	-0.29	3.1	3.8	10	5000
d(e,b)	0.45	61	-8	-0.02	2.3	8.1	8	0
d(e,c)	-360.6	12	73	-0.25	10.1	11.1	10	10000
d(e,d)	-160.15	100	140	-0.27	9	11.6	5	0
d(e,f)	2451.85	-21	137	-0.24	1.8	3.1	10	0
d(e,g)	521.85	138.4	22	-0.26	10.2	10.9	5	5000
d(e,h)	-273.15	10	-117	-0.04	0	1.3	5	12000
d(f,a)	-2631.6	46	-33.8	-0.05	1.3	0.7	0	5000
d(f,b)	-2451.4	82	-145	0.22	0.5	5	-2	0
d(f,c)	-2812.45	33	-64	-0.01	8.3	8	0	10000
d(f,d)	-2612	121	3	-0.03	7.2	8.5	-5	0
d(f,e)	-2451.85	21	-137	0.24	-1.8	-3.1	-10	0
d(f,g)	-1930	159.4	-115	-0.02	8.4	7.8	-5	5000
d(f,h)	-2725	31	-254	0.2	-1.8	-1.8	-5	12000
d(g,a)	-701.6	-113.4	81.2	-0.03	-7.1	-7.1	5	0
d(g,b)	-521.4	-77.4	-30	0.24	-7.9	-2.8	3	-5000



d(g,c)	-882.45	-126.4	51	0.01	-0.1	0.2	5	5000
d(g,d)	-682	-38.4	118	-0.01	-1.2	0.7	0	-5000
d(g,e)	-521.85	-138.4	-22	0.26	-10.2	-10.9	-5	-5000
d(g,f)	1930	-159.4	115	0.02	-8.4	-7.8	5	-5000
d(g,h)	-795	-128.4	-139	0.22	-10.2	-9.6	0	7000
d(h,a)	93.4	15	220.2	-0.25	3.1	2.5	5	-7000
d(h,b)	273.6	51	109	0.02	2.3	6.8	3	-12000
d(h,c)	-87.45	2	190	-0.21	10.1	9.8	5	-2000
d(h,d)	113	90	257	-0.23	9	10.3	0	-12000
d(h,e)	273.15	-10	117	0.04	0	-1.3	-5	-12000
d(h,f)	2725	-31	254	-0.2	1.8	1.8	5	-12000
d(h,g)	795	128.4	139	-0.22	10.2	9.6	0	-7000

*Πίνακας συναρτήσεων προτίμησης*

Παρακάτω παρουσιάζεται ο δείκτης προτίμησης  $P_j$ , με βάση τον τύπο γενικευμένου κριτηρίου I.

**Πίνακας 7.13:** Πίνακας δείκτη προτίμησης για τον γενικό χώρο του καταστήματος.

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
P(a,b)	1	1	0	1	0	1	0	0
P(a,c)	0	0	0	1	1	1	0	1
P(a,d)	1	1	1	1	1	1	0	0
P(a,e)	1	0	0	1	0	0	0	0
P(a,f)	1	0	1	1	0	0	0	0
P(a,g)	1	1	0	1	1	1	0	0
P(a,h)	0	0	0	1	0	0	0	1
P(b,a)	0	0	1	0	1	0	1	1
P(b,c)	0	0	1	0	1	1	1	1
P(b,d)	0	1	1	0	1	1	0	0
P(b,e)	0	0	1	1	0	0	0	0
P(b,f)	1	0	1	0	0	0	1	0
P(b,g)	1	1	1	0	1	1	0	1
P(b,h)	0	0	0	0	0	0	0	1
P(c,a)	1	1	1	0	0	0	0	0
P(c,b)	1	1	0	1	0	0	0	0
P(c,d)	1	1	1	0	0	1	0	0
P(c,e)	1	0	0	1	0	0	0	0
P(c,f)	1	0	1	1	0	0	0	0
P(c,g)	1	1	0	0	1	0	0	0
P(c,h)	1	0	0	1	0	0	0	1
P(d,a)	0	0	0	0	0	0	1	1
P(d,b)	1	0	0	1	0	0	1	0
P(d,c)	0	0	0	1	1	0	1	1
P(d,e)	1	0	0	1	0	0	0	0
P(d,f)	1	0	0	1	0	0	1	0
P(d,g)	1	1	0	1	1	0	0	1
P(d,h)	0	0	0	1	0	0	0	1

P(e,a)	0	1	1	0	1	1	1	1
P(e,b)	1	1	0	0	1	1	1	0
P(e,c)	0	1	1	0	1	1	1	1
P(e,d)	0	1	1	0	1	1	1	0
P(e,f)	1	0	1	0	1	1	1	0
P(e,g)	1	1	1	0	1	1	1	1
P(e,h)	0	1	0	0	0	1	1	1
P(f,a)	0	1	0	0	1	1	0	1
P(f,b)	0	1	0	1	1	1	0	0
P(f,c)	0	1	0	0	1	1	0	1
P(f,d)	0	1	1	0	1	1	0	0
P(f,e)	0	1	0	1	0	0	0	0
P(f,g)	0	1	0	0	1	1	0	1
P(f,h)	0	1	0	1	0	0	0	1
P(g,a)	0	0	1	0	0	0	1	0
P(g,b)	0	0	0	1	0	0	1	0
P(g,c)	0	0	1	1	0	1	1	1
P(g,d)	0	0	1	0	0	1	0	0
P(g,e)	0	0	0	1	0	0	0	0
P(g,f)	1	0	1	1	0	0	1	0
P(g,h)	0	0	0	1	0	0	0	1
P(h,a)	1	1	1	0	1	1	1	0
P(h,b)	1	1	1	1	1	1	1	0
P(h,c)	0	1	1	0	1	1	1	0
P(h,d)	1	1	1	0	1	1	0	0
P(h,e)	1	0	1	1	0	0	0	0
P(h,f)	1	0	1	0	1	1	1	0
P(h,g)	1	1	1	0	1	1	0	0

Σταθμισμένος δείκτης προτίμησης

Ο βαθμός υπεροχής των σεναρίων, ή αλλιώς σταθμισμένος δείκτης προτίμησης, παρατίθεται στον ακόλουθο πίνακα και προκύπτει σύμφωνα με τον αντίστοιχο τύπο που παρατέθηκε στο κεφάλαιο 5, σε συνδυασμό με τις συναρτήσεις προτίμησης και τα αντίστοιχα βάρη του κάθε κριτηρίου:

**Πίνακας 7.14:** Πίνακας σταθμισμένων δεικτών προτίμησης για το γενικό χώρο.

Π(a,b)	0.7	Π(c,a)	0.6	Π(e,a)	0.65	Π(g,a)	0.15
Π(a,c)	0.35	Π(c,b)	0.6	Π(e,b)	0.75	Π(g,b)	0.15
Π(a,d)	0.9	Π(c,d)	0.7	Π(e,c)	0.65	Π(g,c)	0.4
Π(a,e)	0.35	Π(c,e)	0.35	Π(e,d)	0.6	Π(g,d)	0.2
Π(a,f)	0.45	Π(c,f)	0.45	Π(e,f)	0.6	Π(g,e)	0.1
Π(a,g)	0.8	Π(c,g)	0.6	Π(e,g)	0.9	Π(g,f)	0.5
Π(a,h)	0.15	Π(c,h)	0.4	Π(e,h)	0.45	Π(g,h)	0.15
Π(b,a)	0.3	Π(d,a)	0.1	Π(f,a)	0.5	Π(h,a)	0.85
Π(b,c)	0.4	Π(d,b)	0.4	Π(f,b)	0.55	Π(h,b)	0.95
Π(b,d)	0.55	Π(d,c)	0.3	Π(f,c)	0.5	Π(h,c)	0.6
Π(b,e)	0.2	Π(d,e)	0.35	Π(f,d)	0.55	Π(h,d)	0.8
Π(b,f)	0.4	Π(d,f)	0.4	Π(f,e)	0.35	Π(h,e)	0.45
Π(b,g)	0.85	Π(d,g)	0.75	Π(f,g)	0.5	Π(h,f)	0.6
Π(b,h)	0.05	Π(d,h)	0.15	Π(f,h)	0.4	Π(h,g)	0.8

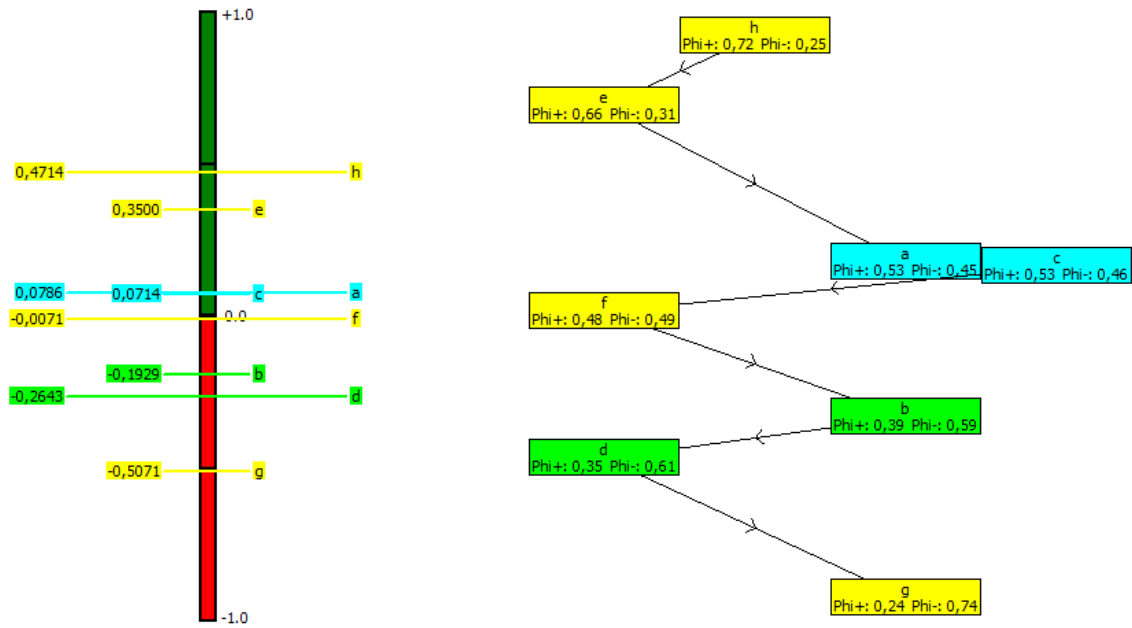
Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, παρουσιάζονται οι θετικές ( $\Phi+$ ) και αρνητικές ( $\Phi-$ ) ροές υπεροχής, όπως ακόμα και η καθαρή ροή υπεροχής ( $\phi$ ).

**Πίνακας 7.15:** Ροές υπεροχής των εναλλακτικών και κατάταξή τους για το γενικό χώρο του καταστήματος.

	$\Phi+$	$\Phi-$	$\phi$	Κατάταξη
<b>a</b>	0.5286	0.4500	0.0786	3
<b>b</b>	0.3929	0.5857	-0.1929	6
<b>c</b>	0.5286	0.4571	0.0714	4
<b>d</b>	0.3500	0.6143	-0.2643	7
<b>e</b>	0.6571	0.3071	0.3500	2
<b>f</b>	0.4786	0.4857	-0.0071	5
<b>g</b>	0.2357	0.7429	-0.5071	8
<b>h</b>	0.7214	0.2500	0.4714	1

Όπως είναι φανερό, καλύτερη επιλογή αποτελεί η δράση h αφού είναι η δράση με την μεγαλύτερη ροή υπεροχής. Η συγκεκριμένη δράση αντιστοιχεί στο φωτιστικό **CARTO CTL** της εταιρίας **ANSORG**.

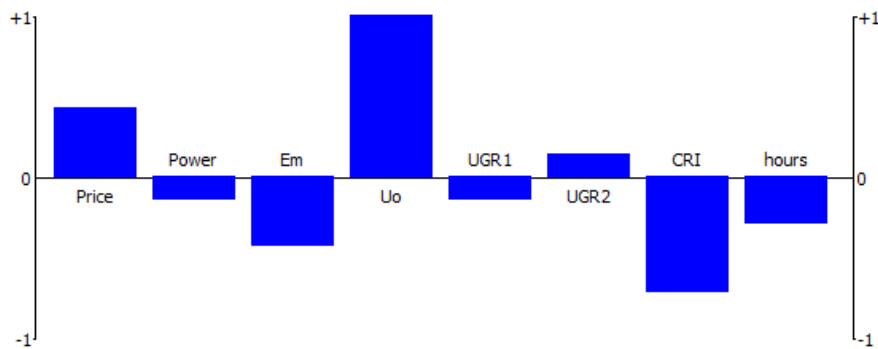
Φυσικά για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα όπως αυτά εξήχθησαν από το λογισμικό Visual Promethe :



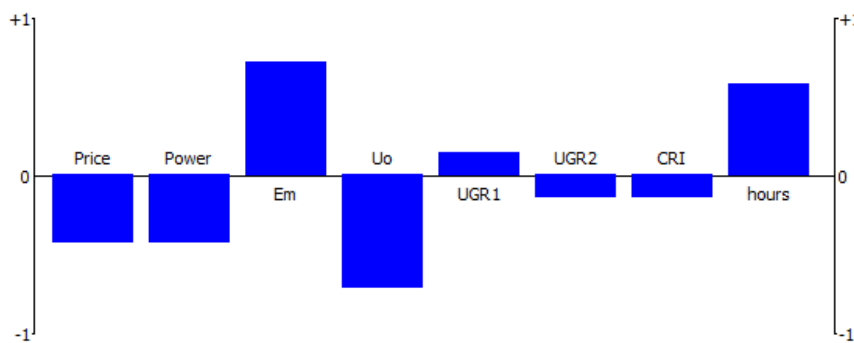
**Σχήμα 7.4:** Αριστερά παρουσιάζεται το διάγραμμα κατάταξης των δράσεων, ενώ δεξιά παρουσιάζεται το ίδιο διάγραμμα αλλά σε μορφή δικτύου.

Παρατηρούμε από τα πιο πάνω παραστατικά διαγράμματα ότι οι δράσεις h και e αποτελούν τις καλύτερες επιλογές, ενώ οι δράσεις a και c, είναι πολύ κοντά μεταξύ τους.

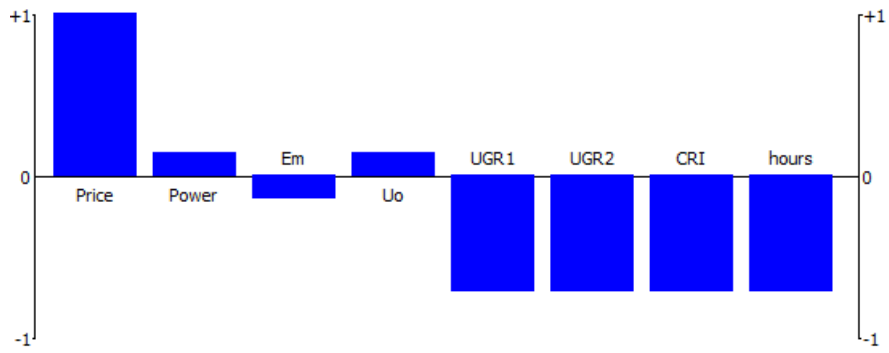
Το προφίλ των δράσεων, σε συνδυασμό με τα κριτήρια και τα βάρη, εμφανίζεται στα ακόλουθα διαγράμματα για τις εικόνες 7.1 ως 7.8. Τα διαγράμματα αυτά παρέχουν μία πιο λεπτομερή εικόνα των επιδόσεων των εναλλακτικών.



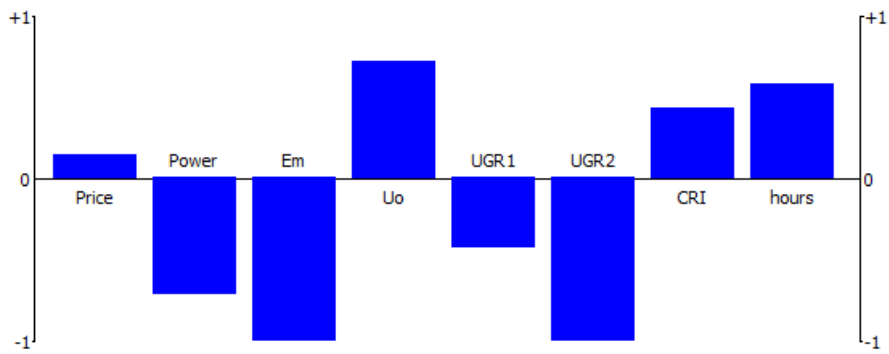
**Εικόνα 7.1:** Προφίλ εναλλακτικής a του γενικού χώρου ως προς τα κριτήρια.



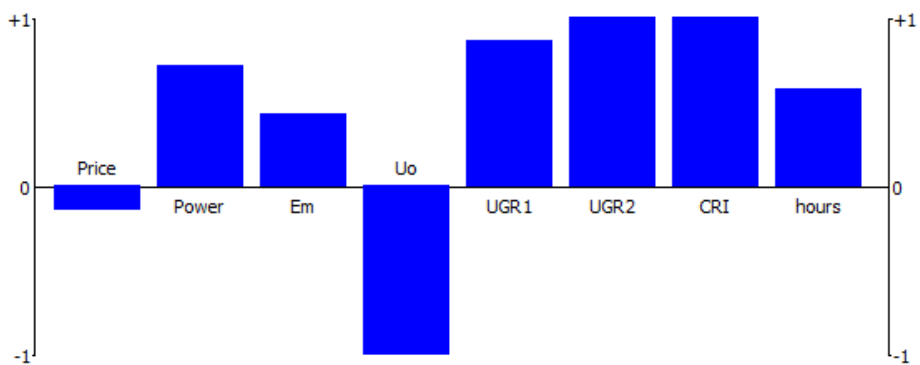
**Εικόνα 7.2:** Προφίλ εναλλακτικής b του γενικού χώρου ως προς τα κριτήρια.



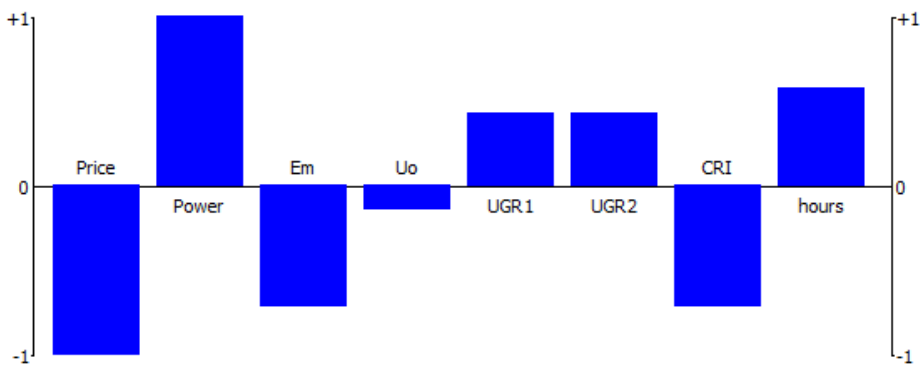
**Εικόνα 7.3:** Προφίλ εναλλακτικής c του γενικού χώρου ως προς τα κριτήρια.



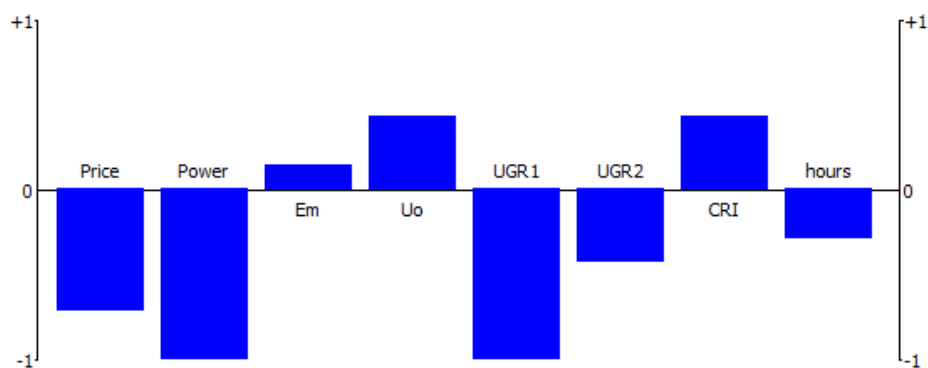
**Εικόνα 7.4:** Προφίλ εναλλακτικής d του γενικού χώρου ως προς τα κριτήρια.



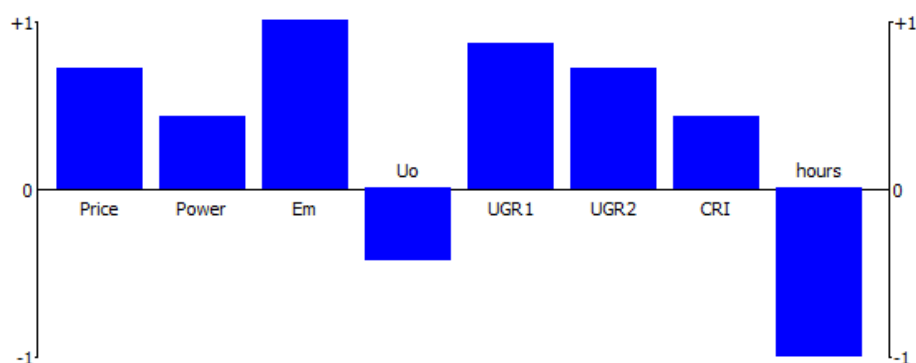
**Εικόνα 7.5:** Προφίλ εναλλακτικής e του γενικού χώρου ως προς τα κριτήρια.



**Εικόνα 7.6:** Προφίλ εναλλακτικής f του γενικού χώρου ως προς τα κριτήρια.



Εικόνα 7.7: Προφίλ εναλλακτικής g του γενικού χώρου ως προς τα κριτήρια.



Εικόνα 7.8: Προφίλ εναλλακτικής h του γενικού χώρου ως προς τα κριτήρια.

## 7.5 Εφαρμογή της μεθόδου στα αποτελέσματα των μετρήσεων του χώρου της βιτρίνας του καταστήματος

Ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία όπως και παραπάνω. Η υλοποίηση της PROMETHEE II στη βιτρίνα του καταστήματος γίνεται με βάση τα κριτήρια και τις δράσεις, που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 7.2 και αφορούν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 6. Ο πίνακας των κριτηρίων σε σχέση με τις δράσεις για τον συγκεκριμένο χώρο είναι ο εξής:

Πίνακας 7.16: Τιμή κριτηρίων ανά δράση για την βιτρίνα.

Δράση	Κριτήριο							
	g1 Κόστος (€)	g2 P (W)	g3 Em (lux)	g4 Uo	g5 Αισθητικό κριτήριο	g6 Επίδραση στον γεν. χώρο (lux)	g7 CRI	g8 Διάρκεια ζωής
a	4209	506	232	0.5	3	43	85	50000
b	1535.49	297	1130	0.28	4	181	80	50000
c	1210	320	1030	0.5	5	292	93	45000
d	2655	257.4	606	0.52	4	141	85	50000
e	6897	1200	546	0.58	5	329	95	50000
<b>Βάρη</b>	0.2	0.2	0.2	0.1	0.05	0.1	0.1	0.05

Ο τύπος γενικευμένου κριτηρίου που χρησιμοποιήθηκε για τα 8 κριτήρια είναι ο τύπος I (usual) από το τυπολόγιο γενικευμένων κριτηρίων του αντίστοιχου κεφαλαίου.

Ακολούθως, παρατίθενται οι πίνακες με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα κατά την εκτέλεση της μεθόδου, μέσω του Microsoft Excel. Να σημειωθεί πως όλα τα κριτήρια θα θεωρηθούν κριτήρια μεγιστοποίησης και για αυτό τον λόγο οι τιμές των κριτηρίων ελαχιστοποίησης θα αλλάξουν πρόσημο.

Πίνακας αποστάσεων εναλλακτικών στα διάφορα κριτήρια

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ όλων των εναλλακτικών σε όλα τα κριτήρια. Οι αποστάσεις αυτές δίνονται από την σχέση  $d_j(x,y) = g_j(x) - g_j(y)$ , όπου  $j$  το κριτήριο και  $x,y$  οι εκάστοτε εναλλακτικές.

**Πίνακας 7.17:** Πίνακας αποστάσεων εναλλακτικών για τη βιτρίνα του καταστήματος.

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
d(a,b)	-2673.51	-209	-898	0.22	-1	-138	5	0
d(a,c)	-2999	-186	-798	0	-2	-249	-8	5000
d(a,d)	-1554	-248.6	-374	-0.02	-1	-98	0	0
d(a,e)	2688	694	-314	-0.08	-2	-286	-10	0
d(b,a)	2673.51	209	898	-0.22	1	138	-5	0
d(b,c)	-325.49	23	100	-0.22	-1	-111	-13	5000
d(b,d)	1119.51	-39.6	524	-0.24	0	40	-5	0
d(b,e)	5361.51	903	584	-0.3	-1	-148	-15	0
d(c,a)	2999	186	798	0	2	249	8	-5000
d(c,b)	325.49	-23	-100	0.22	1	111	13	-5000
d(c,d)	1445	-62.6	424	-0.02	1	151	8	-5000
d(c,e)	5687	880	484	-0.08	0	-37	-2	-5000
d(d,a)	1554	248.6	374	0.02	1	98	0	0
d(d,b)	-1119.51	39.6	-524	0.24	0	-40	5	0
d(d,c)	-1445	62.6	-424	0.02	-1	-151	-8	5000
d(d,e)	4242	942.6	60	-0.06	-1	-188	-10	0
d(e,a)	-2688	-694	314	0.08	2	286	10	0
d(e,b)	-5361.51	-903	-584	0.3	1	148	15	0
d(e,c)	-5687	-880	-484	0.08	0	37	2	5000
d(e,d)	-4242	-942.6	-60	0.06	1	188	10	0

Πίνακας συναρτήσεων προτίμησης

Παρακάτω παρουσιάζεται ο δείκτης προτίμησης  $P_j$ , με βάση τον τύπο γενικευμένου κριτηρίου I

**Πίνακας 7.18:** Πίνακας δείκτη προτίμησης για τη βιτρίνα του καταστήματος.

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
P(a,b)	0	0	0	1	0	0	1	0
P(a,c)	0	0	0	0	0	0	0	1
P(a,d)	0	0	0	0	0	0	0	0
P(a,e)	1	1	0	0	0	0	0	0
P(b,a)	1	1	1	0	1	1	0	0
P(b,c)	0	1	1	0	0	0	0	1

P(b,d)	1	0	1	0	0	1	0	0
P(b,e)	1	1	1	0	0	0	0	0
P(c,a)	1	1	1	0	1	1	1	0
P(c,b)	1	0	0	1	1	1	1	0
P(c,d)	1	0	1	0	1	1	1	0
P(c,e)	1	1	1	0	0	0	0	0
P(d,a)	1	1	1	1	1	1	0	0
P(d,b)	0	1	0	1	0	0	1	0
P(d,c)	0	1	0	1	0	0	0	1
P(d,e)	1	1	1	0	0	0	0	0
P(e,a)	0	0	1	1	1	1	1	0
P(e,b)	0	0	0	1	1	1	1	0
P(e,c)	0	0	0	1	0	1	1	1
P(e,d)	0	0	0	1	1	1	1	0

### Σταθμισμένος δείκτης προτίμησης

Ο βαθμός υπεροχής των σεναρίων, ή αλλιώς σταθμισμένος δείκτης προτίμησης, παρατίθεται στον ακόλουθο πίνακα και προκύπτει σύμφωνα με τον αντίστοιχο τύπο που παρατέθηκε στο κεφάλαιο 5, σε συνδυασμό με τις συναρτήσεις προτίμησης και τα αντίστοιχα βάρη του κάθε κριτηρίου:

**Πίνακας 7.19:** Πίνακας σταθμισμένων δεικτών προτίμησης για τη βιτρίνα του καταστήματος.

Π(a,b)	0.2	Π(c,d)	0.65
Π(a,c)	0.05	Π(c,e)	0.6
Π(a,d)	0	Π(d,a)	0.85
Π(a,e)	0.4	Π(d,b)	0.4
Π(b,a)	0.75	Π(d,c)	0.35
Π(b,c)	0.45	Π(d,e)	0.6
Π(b,d)	0.5	Π(e,a)	0.55
Π(b,e)	0.6	Π(e,b)	0.35
Π(c,a)	0.85	Π(e,c)	0.35
Π(c,b)	0.55	Π(e,d)	0.35

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, παρουσιάζονται οι θετικές ( $\Phi^+$ ) και αρνητικές ( $\Phi^-$ ) ροές υπεροχής, όπως ακόμα και η καθαρή ροή υπεροχής ( $\varphi$ ).

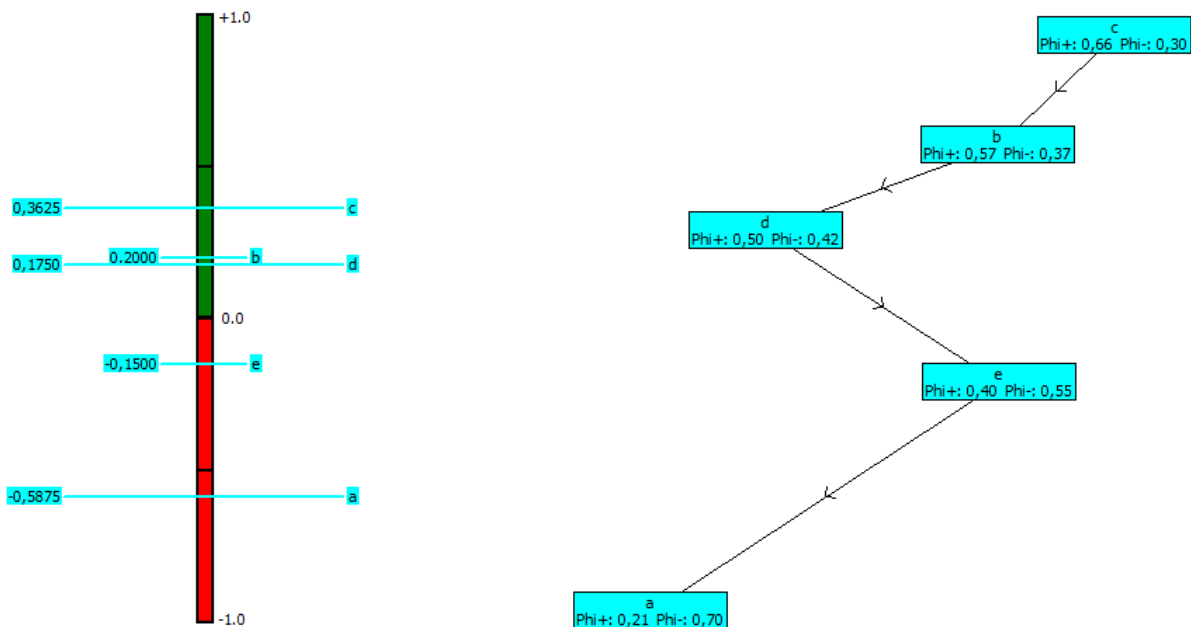


**Πίνακας 7.20:** Ροές υπεροχής των εναλλακτικών και κατάταξή τους για την βιτρίνα του καταστήματος.

	$\Phi+$	$\Phi-$	$\phi$	Κατάταξη
<b>a</b>	0.1625	0.75	-0.5875	5
<b>b</b>	0.575	0.375	0.2	2
<b>c</b>	0.6625	0.3	0.3625	1
<b>d</b>	0.55	0.375	0.175	3
<b>e</b>	0.4	0.55	-0.15	4

Όπως είναι φανερό, καλύτερη επιλογή αποτελεί η δράση c αφού είναι η δράση με την μεγαλύτερη ροή υπεροχής. Η συγκεκριμένη δράση αντιστοιχεί στο φωτιστικό **S90-SPOT** της εταιρίας **GLAMOX**.

Φυσικά για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα όπως αυτά εξήχθησαν από το λογισμικό Visual Promethe:



**Σχήμα 7.5:** Αριστερά παρουσιάζεται το διάγραμμα κατάταξης των δράσεων, ενώ δεξιά παρουσιάζεται το ίδιο διάγραμμα αλλά σε μορφή δικτύου.

Παρατηρούμε από τα πιο πάνω παραστατικά διαγράμματα, ότι η δράση c αποτελεί την καλύτερη επιλογή με σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες.

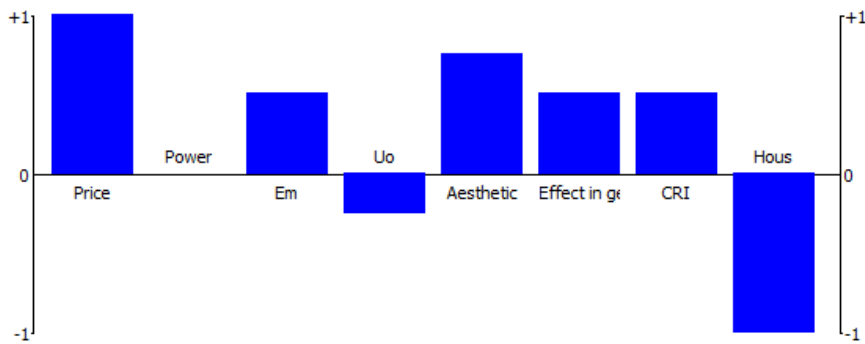
Το προφίλ των δράσεων, σε συνδυασμό με τα κριτήρια και τα βάρη, εμφανίζεται στα ακόλουθα διαγράμματα για τις εικόνες 7.9 ως 7.13. Τα διαγράμματα αυτά παρέχουν μία πιο λεπτομερή εικόνα των επιδόσεων των εναλλακτικών.



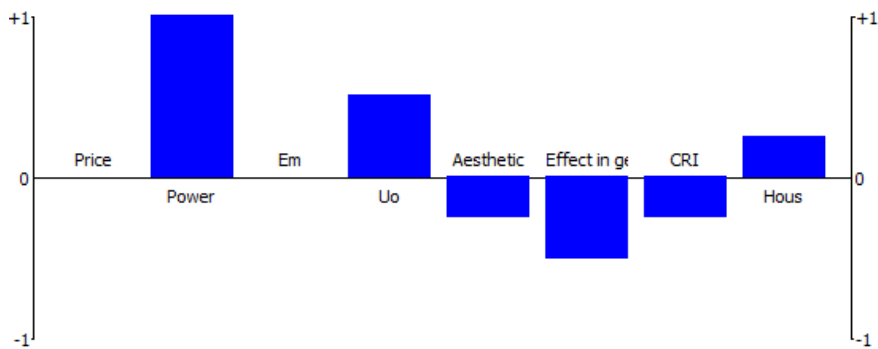
**Εικόνα 7.9:** Προφίλ εναλλακτικής α βιτρίνας ως προς τα κριτήρια.



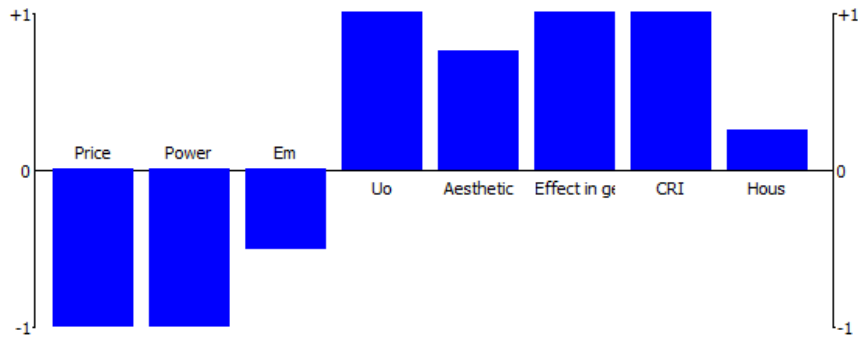
**Εικόνα 7.10:** Προφίλ εναλλακτικής β βιτρίνας ως προς τα κριτήρια.



**Εικόνα 7.11:** Προφίλ εναλλακτικής γ βιτρίνας ως προς τα κριτήρια.



**Εικόνα 7.12:** Προφίλ εναλλακτικής δ βιτρίνας ως προς τα κριτήρια.



Εικόνα 7.13: Προφίλ εναλλακτικής ε βιτρίνας ως προς τα κριτήρια.

## 7.6 Εφαρμογή της μεθόδου στα αποτελέσματα των μετρήσεων του χώρου ταμείου του καταστήματος

Ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία όπως και παραπάνω. Η υλοποίηση της PROMETHEE II στο χώρο του ταμείου του καταστήματος γίνεται με βάση τα κριτήρια και τις δράσεις, που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 7.2 και αφορούν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 6. Ο πίνακας των κριτηρίων σε σχέση με τις δράσεις για το συγκεκριμένο χώρο είναι ο εξής:

Πίνακας 7.21: Τιμή κριτηρίων ανά δράση για το χώρο του ταμείου.

Δράση	Κριτήριο							
	g1 Κόστος (€)	g2 P (W)	g3 Em (lux)	g4 Uo	g5 UGR	g6 Επίδραση στον γεν. χώρο (lux)	g7 CRI	g8 Διάρκεια ζωής
a	1940	96	533	0.76	10	123	91	50000
b	624	86	749	0.49	10	83	80	50000
c	1592	96	512	0.65	10	146	85	50000
d	807	105.9	626	0.67	10	137	85	50000
e	524	136	483	0.78	10	157	82	44000
<b>Βάρη</b>	0.25	0.25	0.1	0.05	0.1	0.15	0.05	0.05

Ο τύπος γενικευμένου κριτηρίου που χρησιμοποιήθηκε για τα 8 κριτήρια είναι ο τύπος I (usual) από το τυπολόγιο γενικευμένων κριτηρίων του αντίστοιχου κεφαλαίου.

Ακολουθώντας, παρατίθενται οι πίνακες με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα κατά την εκτέλεση της μεθόδου, μέσω του Microsoft Excel. Να σημειωθεί πως όλα τα κριτήρια θα θεωρηθούν κριτήρια μεγιστοποίησης και για αυτό τον λόγο οι τιμές των κριτηρίων ελαχιστοποίησης θα αλλάξουν πρόσημο

### Πίνακας αποστάσεων εναλλακτικών στα διάφορα κριτήρια

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ όλων των εναλλακτικών σε όλα τα κριτήρια. Οι αποστάσεις αυτές δίνονται από την σχέση  $d_j(x,y) = g_j(x) - g_j(y)$ , όπου j το κριτήριο και x,y οι εκάστοτε εναλλακτικές.

**Πίνακας 7.22:** Πίνακας αποστάσεων εναλλακτικών για το ταμείο του καταστήματος.

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
d(a,b)	-1316	-10	-216	0.27	0	40	11	0
d(a,c)	-348	0	21	0.11	0	-23	6	0
d(a,d)	-1133	9.9	-93	0.09	0	-14	6	0
d(a,e)	-1416	40	50	-0.02	0	-34	9	6000
d(b,a)	1316	10	216	-0.27	0	-40	-11	0
d(b,c)	968	10	237	-0.16	0	-63	-5	0
d(b,d)	183	19.9	123	-0.18	0	-54	-5	0
d(b,e)	-100	50	266	-0.29	0	-74	-2	6000
d(c,a)	348	0	-21	-0.11	0	23	-6	0
d(c,b)	-968	-10	-237	0.16	0	63	5	0
d(c,d)	-785	9.9	-114	-0.02	0	9	0	0
d(c,e)	-1068	40	29	-0.13	0	-11	3	6000
d(d,a)	1133	-9.9	93	-0.09	0	14	-6	0
d(d,b)	-183	-19.9	-123	0.18	0	54	5	0
d(d,c)	785	-9.9	114	0.02	0	-9	0	0
d(d,e)	-283	30.1	143	-0.11	0	-20	3	6000
d(e,a)	1416	-40	-50	0.02	0	34	-9	-6000
d(e,b)	100	-50	-266	0.29	0	74	2	-6000
d(e,c)	1068	-40	-29	0.13	0	11	-3	-6000
d(e,d)	283	-30.1	-143	0.11	0	20	-3	-6000

*Πίνακας συναρτήσεων προτίμησης*

Παρακάτω παρουσιάζεται ο δείκτης προτίμησης  $P_j$ , με βάση τον τύπο γενικευμένου κριτηρίου I

**Πίνακας 7.23:** Πίνακας δείκτη προτίμησης για το ταμείο του καταστήματος.

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
P(a,b)	0	0	0	1	0	1	1	0
P(a,c)	0	0	1	1	0	0	1	0
P(a,d)	0	1	0	1	0	0	1	0
P(a,e)	0	1	1	0	0	0	1	1
P(b,a)	1	1	1	0	0	0	0	0
P(b,c)	1	1	1	0	0	0	0	0
P(b,d)	1	1	1	0	0	0	0	0
P(b,e)	0	1	1	0	0	0	0	1
P(c,a)	1	0	0	0	0	1	0	0
P(c,b)	0	0	0	1	0	1	1	0
P(c,d)	0	1	0	0	0	1	0	0
P(c,e)	0	1	1	0	0	0	1	1
P(d,a)	1	0	1	0	0	1	0	0
P(d,b)	0	0	0	1	0	1	1	0
P(d,c)	1	0	1	1	0	0	0	0
P(d,e)	0	1	1	0	0	0	1	1

P(e,a)	1	0	0	1	0	1	0	0
P(e,b)	1	0	0	1	0	1	1	0
P(e,c)	1	0	0	1	0	1	0	0
P(e,d)	1	0	0	1	0	1	0	0

### Σταθμισμένος δείκτης προτίμησης

Ο βαθμός υπεροχής των σεναρίων, ή αλλιώς σταθμισμένος δείκτης προτίμησης, παρατίθεται στον ακόλουθο πίνακα και προκύπτει σύμφωνα με τον αντίστοιχο τύπο που παρατέθηκε στο κεφάλαιο 5, σε συνδυασμό με τις συναρτήσεις προτίμησης και τα αντίστοιχα βάρη του κάθε κριτηρίου:

**Πίνακας 7.24:** Πίνακας σταθμισμένων δεικτών προτίμησης για το χώρο του ταμείου.

Π(a,b)	0.25	Π(c,d)	0.4
Π(a,c)	0.2	Π(c,e)	0.45
Π(a,d)	0.35	Π(d,a)	0.5
Π(a,e)	0.45	Π(d,b)	0.25
Π(b,a)	0.6	Π(d,c)	0.4
Π(b,c)	0.6	Π(d,e)	0.45
Π(b,d)	0.6	Π(e,a)	0.45
Π(b,e)	0.4	Π(e,b)	0.5
Π(c,a)	0.4	Π(e,c)	0.45
Π(c,b)	0.25	Π(e,d)	0.45

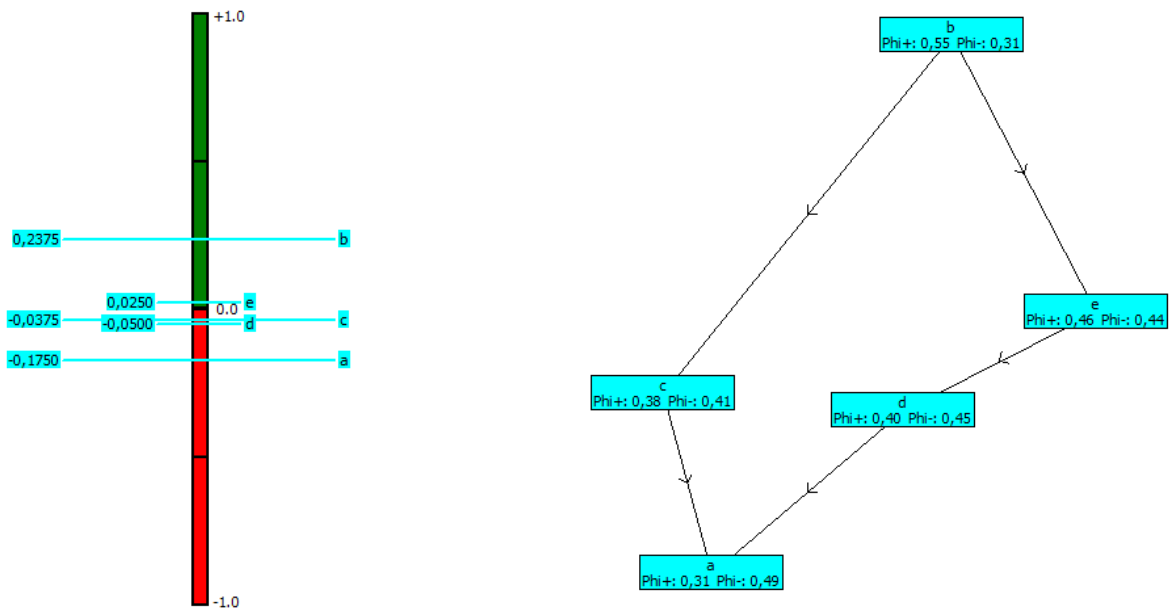
Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, παρουσιάζονται οι θετικές ( $\Phi^+$ ) και αρνητικές ( $\Phi^-$ ) ροές υπεροχής, όπως ακόμα και η καθαρή ροή υπεροχής ( $\phi$ ).

**Πίνακας 7.25:** Ροές υπεροχής των εναλλακτικών και κατάταξή τους για το χώρο του ταμείου.

	$\Phi^+$	$\Phi^-$	$\phi$	Κατάταξη
<b>a</b>	0.3125	0.4875	-0.175	5
<b>b</b>	0.55	0.3125	0.2375	1
<b>c</b>	0.375	0.4125	-0.0375	3
<b>d</b>	0.4	0.45	-0.05	4
<b>e</b>	0.4625	0.4375	0.025	2

Όπως είναι φανερό, καλύτερη επιλογή αποτελεί η δράση c αφού είναι η δράση με την μεγαλύτερη ροή υπεροχής. Η συγκεκριμένη δράση αντιστοιχεί στο φωτιστικό **DALLTON LARGE** της εταιρίας **LTS**.

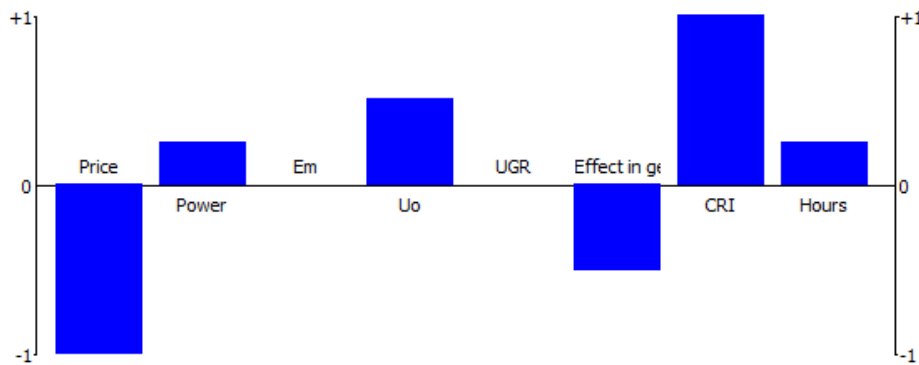
Φυσικά για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα όπως αυτά εξήχθησαν από το λογισμικό Visual Promethe :



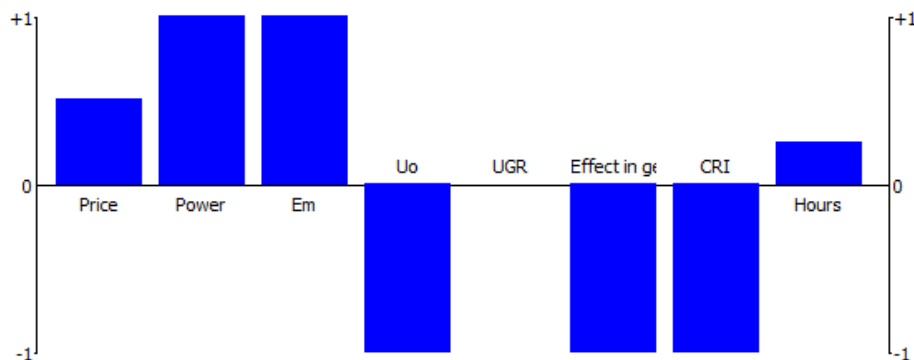
**Σχήμα 7.6:** Αριστερά παρουσιάζεται το διάγραμμα κατάταξης των δράσεων, ενώ δεξιά παρουσιάζεται το ίδιο διάγραμμα αλλά σε μορφή δικτύου .

Παρατηρούμε από τα πιο πάνω παραστατικά διαγράμματα ότι η δράση b αποτελεί την καλύτερη επιλογή με σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες.

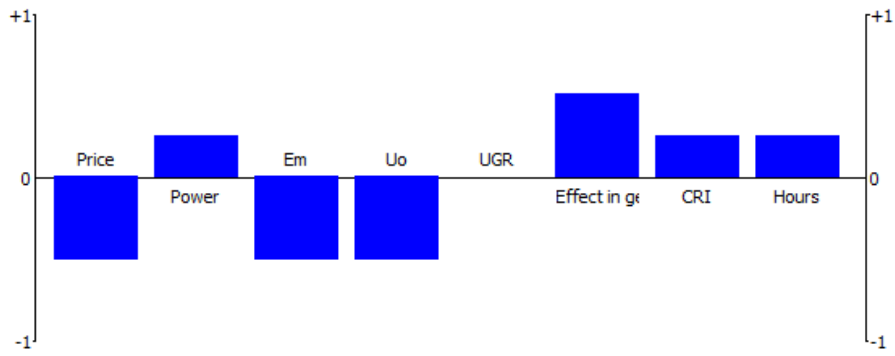
Το προφίλ των δράσεων σε συνδυασμό με τα κριτήρια και τα βάρη εμφανίζεται στα ακόλουθα διαγράμματα για τις εικόνες 7.14 ως 7.18. Τα διαγράμματα αυτά παρέχουν μία πιο λεπτομερή εικόνα των επιδόσεων των εναλλακτικών.



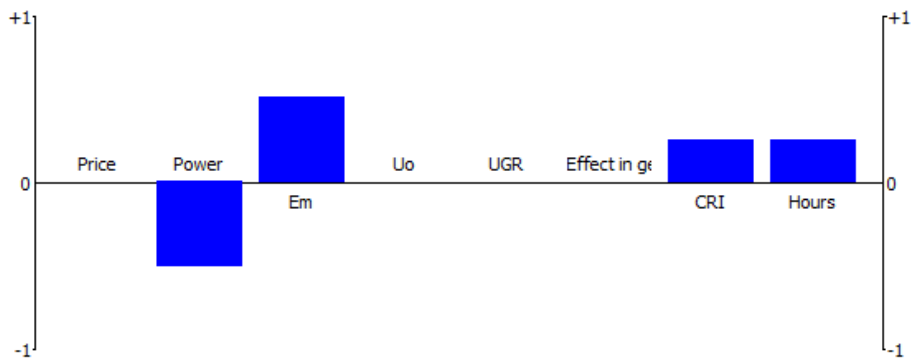
**Εικόνα 7.14:** Προφίλ εναλλακτικής a ταμείου ως προς τα κριτήρια.



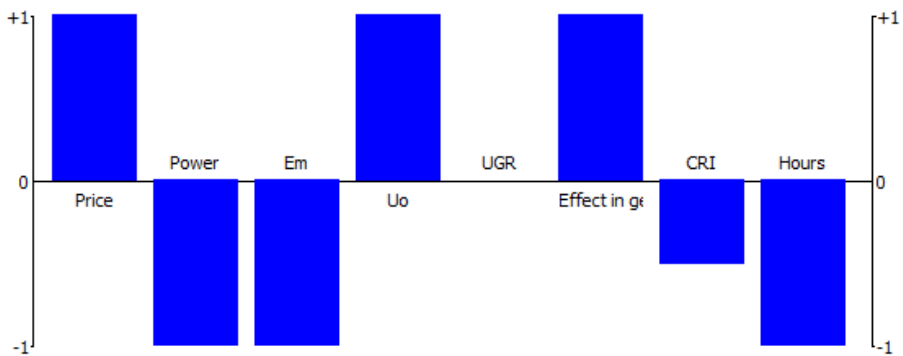
**Εικόνα 7.15:** Προφίλ εναλλακτικής b ταμείου ως προς τα κριτήρια.



**Εικόνα 7.16:** Προφίλ εναλλακτικής c ταμείου ως προς τα κριτήρια.



**Εικόνα 7.17:** Προφίλ εναλλακτικής d ταμείου ως προς τα κριτήρια.



**Εικόνα 7.18:** Προφίλ εναλλακτικής e ταμείου ως προς τα κριτήρια.

### 7.7 Παρουσίαση αποτελεσμάτων προσομοίωσης με χρήση των φωτιστικών που επιλέχθηκαν από τη μέθοδο PROMETHEE II

Παρακάτω παρουσιάζονται τα φωτομετρικά αποτελέσματα για το κατάστημα που μελετήθηκε με χρήση των άνω επιλεγμένων φωτιστικών σωμάτων. Ακόμα θα παρουσιαστεί και ο χώρος φωτισμένος σε τρισδιάστατη κλίμακα όπως αυτός απεικονίζεται στο λογισμικό RELUX.

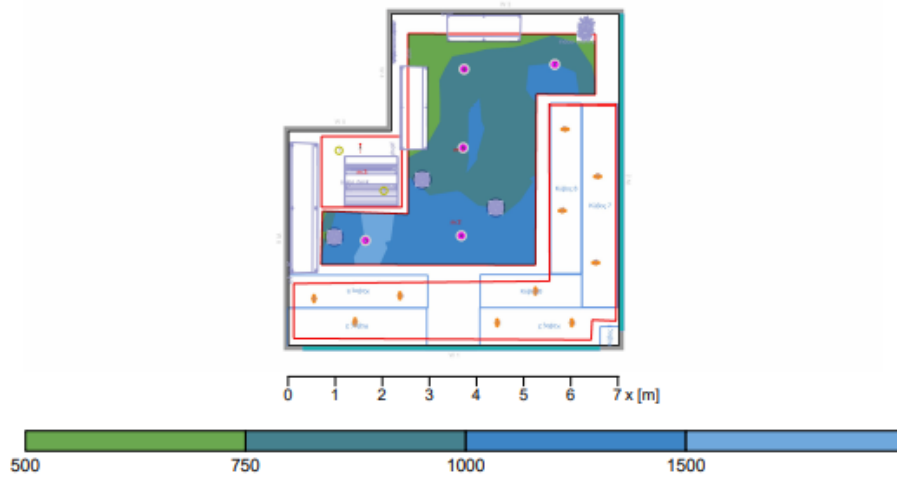


Εικόνα 7.19: Αναπαράσταση φωτισμένης μπροστινής όψης του καταστήματος.

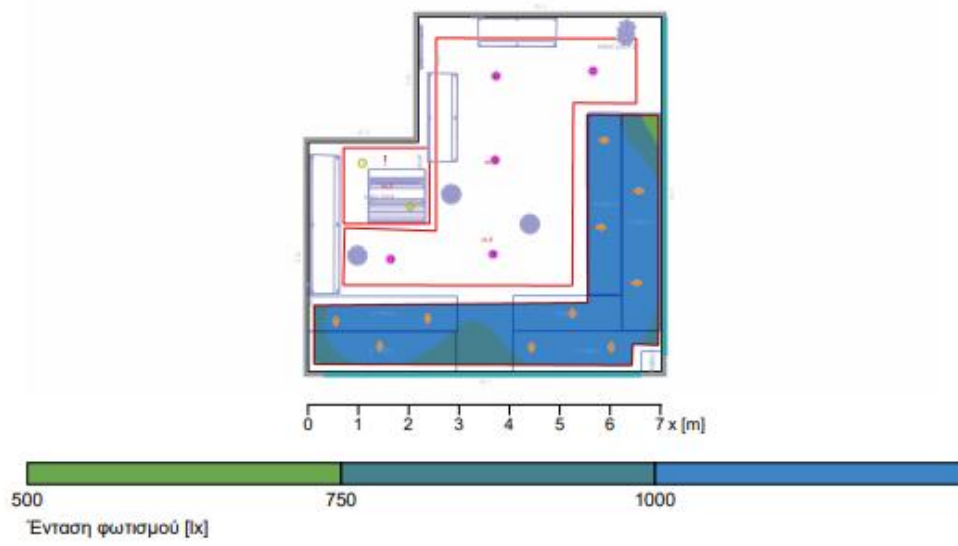


Εικόνα 7.20: Αναπαράσταση φωτισμένης πλάγιας όψης του καταστήματος.

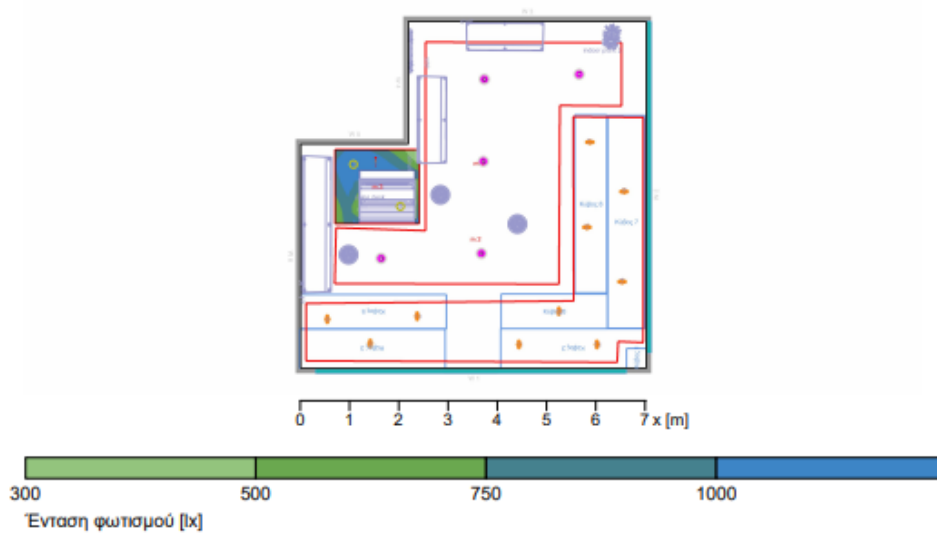




Σχήμα 7.7: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού γενικού χώρου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.



Σχήμα 7.8: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού βιτρίνας σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.



Σχήμα 7.9: Αποτελέσματα έντασης φωτισμού χώρου ταμείου σε μορφή ψευδοχρωμάτων από το πρόγραμμα RELUX.

## Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από την παρούσα διπλωματική εργασία είναι τα εξής:

- Για το σωστό φωτισμό των επιμέρους χώρων ενός εμπορικού καταστήματος δεν είναι αρκετή η συμμόρφωση με το ισχύον πρότυπο EN 12464-1. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες όπως η καταναλισκόμενη ισχύ, οι ανακλάσεις, κ.ά.. Τα επίπεδα φωτισμού θα πρέπει να είναι τέτοια που να παρέχουν οπτική άνεση στο χώρο, και να ελκύουν τους πελάτες χωρίς ωστόσο να σπαταλάται άσκοπα ηλεκτρική ενέργεια.
- Η αξιοποίηση φυσικού φωτισμού με ταυτόχρονη χρήση αισθητήρων παρουσίας καθώς και αισθητήρων σύζευξης φυσικού-τεχνητού φωτισμού μειώνει ακόμα περισσότερο την κατανάλωση ενέργειας και καλύπτει τις ανάγκες των διαφόρων χώρων, χωρίς περιττές σπατάλες.
- Η βέλτιστη εγκατάσταση φωτιστικών, για το κατάστημα που μελετήθηκε, προέκυψε μέσα από σύγκριση όλων των απαραίτητων παραμέτρων. Η εγκατάσταση αυτή ακόμα εκμεταλλεύεται την μικρή έκταση του καταστήματος ώστε η αλληλοκάλυψη στο φωτισμό των επιμέρους χώρων να οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας.
- Η μέθοδος PROMETHEE II αποτελεί πολύ σημαντικό εργαλείο στην πολυκριτηριακή αξιολόγηση δράσεων, καθώς συγκρίνει όλες τις επιθυμητές παραμέτρους και εξάγει ένα αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα, που ανταποκρίνεται στις προσδοκίες του εκάστοτε αποφασίζοντος. Στο αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής, η εφαρμογή της μεθόδου συνέβαλε στην επιλογή της εγκατάστασης φωτιστικών, που θα εξασφάλιζε τη βέλτιστη ικανοποίηση των κριτηρίων που επιλέχθηκαν για τη μέθοδο σε κάθε χώρο. Τα βάρη που επιλέχθηκαν αντιπροσωπεύουν την επιρροή που έχει το κάθε κριτήριο στην τελική επιλογή. Η μεγαλύτερη βαρύτητα αποδόθηκε στην ενεργειακή και οικονομική εξοικονόμηση, συγκριτικά με τα φωτοτεχνικά μεγέθη, που αξιολογήθηκαν με μικρότερα βάρη. Με βάση τα συγκεκριμένα δεδομένα, εξήχθησαν αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα στη μελέτη που διεξήχθη.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, «Φωτοτεχνία», Αθήνα 1994.
2. Illuminating Engineering Society, «The Lighting Handbook, Tenth Edition | Reference and Application», Ιούλιος 2011.
3. Licht.wissen “Lighting with Artificial Light”, 2016.
4. Cosmin C. Ticleanu, Paul J. Littlefair and Gareth J. Howlett, “The essential guide to retail lighting, Achieving effective and energy- efficient lighting” , 2013.
5. Ευάγγελος- Νικόλαος Δ. Μαδιάς, « Εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό εμπορικών καταστημάτων » , Εκδόσεις ΕΜΠ, διπλωματική εργασία, Οκτώβριος 2010.
6. Şener Yılmaz, F. (2018). “Human factors in retail lighting design: an experimental subjective evaluation for sales areas”. Architectural Science Review, 61(3), 156–170.
7. TECHLUMEN, « Οδηγός φωτισμού καταστημάτων ».
8. Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies (ASSIST), “Guide to Light and Color in Retail Merchandising”, March 2010.
9. Σπυρίδων Θ. Λαγός, « Μεθοδολογία βελτιστοποίησης εγκαταστάσεων οδοφωτισμού με χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων », διπλωματική εργασία, Μάιος 2019.
10. European Committee for Standardization, EN 12464-1 «Light and lighting – Lighting of work places – Part 1 : Indoor work places», 2011.
11. Şener Yılmaz, F. (2016). “Energy efficient lighting system retrofit for retail environments”, Department of Architecture, Faculty of Architecture, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
12. Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), “Recommended Practice for Lighting Merchandising Areas, A Store Lighting Guide”, New York 2001.
13. Recommended Practice for Lighting Merchandising Areas: A Store Lighting Guide. (1991). Journal of the Illuminating Engineering Society, 20(1), 161–222.
14. Contech lighting, “RETAIL LIGHTING DESIGN GUIDE”, [www.contechlighting.com](http://www.contechlighting.com)
15. James Benya, Lisa Hescong, Terry McGowan, Naomi Miller, Francis Rubinstein, “ Advanced Lighting Guidelines ”, 2001 .
16. Licht.wissen “ Shop Lighting- Attractive and Efficient ” , 2011
17. California Lighting Technology Center (CLTC), “2013 TITLE 24, PART 6, RETAIL LIGHTING : A guide to meeting, or exceeding California’ s 2013 Building Energy Efficiency Standards”, 2013.
18. <https://www.archtoolbox.com/materialssystems/electrical/lightfixtures.html>, «Light Fixture (Luminaire) Types».
19. Ζ. Γεωργιάδου, Π. Ηλίας, Α. Κλωνιζάκης, Μ. Μοίρα, Δ. Φράγκου, «Οι εγκαταστάσεις», 2015.
20. Ανδρέας Σ. Διονέλλης, «Πολυκριτηριακή αξιολόγηση εγκαταστάσεων φωτισμού σε αίθουσες διδασκαλίας», διπλωματική εργασία, Ιούλιος 2019.
21. Philips Lighting, <http://www.lighting.philips.com>.
22. Φ. Β. Τοπαλής, Ά. Τσαγκρασούλης και Λ. Θ. Δούλος , «Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών - εκπαιδευτικό υλικό,» σε Θεματική ενότητα: ΔΕ5, Τεχνολογίες Βιβλιογραφία Βελτιστοποιημένη σχεδίαση εγκατάστασης φωτισμού εσωτερικών χώρων

- με πολυκριτηριακές μεθόδους 144 εξοικονόμησης & διαχείρισης ενέργειας Η/Μ συστημάτων, Παράγραφος 1.10 "Εξοικονόμηση στο φωτισμό", Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011.
23. J. O'Connor, E. Lee, F. Rubinstein και S. Selkowitz, "Tips for daylighting with windows", Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 1997.
  24. Ιωάννης Α. Δελαγραμμάτικας, « Βελτιστοποιημένη σχεδίαση εγκατάστασης φωτισμού εσωτερικών χώρων με πολυκριτηριακές μεθόδους », Οκτώβριος 2017.
  25. Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Φ.Ε.Κ. 407B: «Κανονισμός ΕΝεργειακής Απόδοσης Κτιρίων» ,Απρίλιος 2010.
  26. European Committee for Standardization, CEN/TC 169-PrEN 15193 "Energy performance of buildings — Energy requirements for lighting",2006.
  27. Σ. Παπαναστασίου, «Πολυκριτηριακή μέθοδος αξιολόγησης σεναρίων εγκαταστάσεων φωτισμού στο Νέο Κτίριο Ηλεκτρολόγων Ε.Μ. Πολυτεχνείου», Εκδόσεις ΕΜΠ, διπλωματική εργασία, Δεκέμβριος 2013.
  28. Ι. Σίσκος, «Μοντέλα Αποφάσεων», Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2008.
  29. Χ. δούκας, Ι. Ψαράς « Μοντέλα αποφάσεων πολιτικής σε ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα », 2014.
  30. Frenette, C. D., Beaugard, R., Abi-Zeid, I., Derome, D., & Salenikovitch, A. (2010). Multicriteria decision analysis applied to the design of light-frame wood wall assemblies. *Journal of Building Performance Simulation*, 3(1), 33–52.
  31. «Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων, Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων & Διοίκησης».
  32. Μ. Σαμουηλίδης, Κ. Βλάχος και Γ. Ψαράς, «Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης HMMY ΕΜΠ,» <http://academics.epu.ntua.gr/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B9%CE%BA%CE%AE.aspx>.
  33. Γρηγορούδης, Ε., Μ. Δούμπος, Κ. Ζοπουνίδης και Ν Ματσατσίνης ,“Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων: Μεθοδολογικές προσεγγίσεις και εφαρμογές”, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 2004.
  34. Madias, E.-N. D., Doulos, L. T., Kontaxis, P. A., & Topalis, F. V. (2020). Multicriteria decision aid analysis for the optimum performance of an ambient light sensor: methodology and case study. *Operational Research*.
  35. <https://www.meidanis.gr/el/proionta/fotistika/epaggelmatikos-fotismos-esoterikoy-xorou/fotistika-panels-60x60/fotistiko-led-panel-60x60-30w-3000k-3000lm-ledvance-02-75000483.html>.
  36. [https://www.archiproducts.com/en/products/terzo-light/aluminium-pendant-lamp-ceiling-lamp-panel-k\\_282573](https://www.archiproducts.com/en/products/terzo-light/aluminium-pendant-lamp-ceiling-lamp-panel-k_282573).
  37. [https://www.als.de/out/media/ALS\\_IN\\_OUTDOOR\\_2020\\_PREISLISTE.pdf](https://www.als.de/out/media/ALS_IN_OUTDOOR_2020_PREISLISTE.pdf).
  38. <https://eck-brio.be/wp-content/uploads/2019/10/PROLUMIA-2019-2020.pdf>.
  39. [https://www.lampdirect.nl/catalogsearch/result/?q=TrueFashion%20&virtual\\_wattage\\_range=20W%20-%2029W&light\\_color=4000K%20-%20Koeil%20Wit](https://www.lampdirect.nl/catalogsearch/result/?q=TrueFashion%20&virtual_wattage_range=20W%20-%2029W&light_color=4000K%20-%20Koeil%20Wit).
  40. <https://www.archiexpo.com/prod/thorn-europhane/product-57881-1531766.html>.
  41. <https://www.yumpu.com/de/document/read/62750813/lichtwerk-gesamtkatalog-2019-20-de>.

42. <https://pdf.archiexpo.com/pdf/ansorg/catalogue-new-lighting-tools-led/53320-125225.html>.
43. <https://www.diffusioneshop.com/en/simes-microslot-downlight-ceiling-cylinder-lamp-gu53-12v-20w-for-outdoor-or-indoor-ip65>.
44. [https://industry-electronics.com/lts-licht-leuchten/637259-lts-csalp-40.3030.50-recessed-downlight-csa-40-led-36w-2875lm-830-degrees-50-d115-white-lieske\\_595150.htm](https://industry-electronics.com/lts-licht-leuchten/637259-lts-csalp-40.3030.50-recessed-downlight-csa-40-led-36w-2875lm-830-degrees-50-d115-white-lieske_595150.htm).
45. [https://www.dmlights.com/prolumia\\_lumiaflex\\_ii\\_5m\\_white~1AO6E](https://www.dmlights.com/prolumia_lumiaflex_ii_5m_white~1AO6E).
46. <https://www.light11.eu/ribag-licht/arva-pendant-light-led.html>.
47. [https://www.select-light.com/catalogo/Regent\\_catalogo\\_2015.pdf](https://www.select-light.com/catalogo/Regent_catalogo_2015.pdf).
48. <https://www.brinklght.com/xal-sasso-100-flush-square-trim-spotlight-black>.
49. <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/commercial-luminaires/wall-and-batten-luminaries/rkl-led/rkl-led-29-4000k/>.

## **Παράρτημα Α**

Στο παράρτημα Α παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα πολικά διαγράμματα όλων των φωτιστικών, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην προς μελέτη εγκατάσταση φωτισμού για τους τρεις χώρους του καταστήματος.

## Παράρτημα Α.1

### Caton 625



Caton 625 offers an alternative form for commercial lighting applications. High efficiency distribution and sleek curves give form and function in one package.

A uniquely constructed polycarbonate tri-extruded diffuser combines a precision Microprism centre panel with Opaline blend side elements to produce a vibrant yet comfortable effect.

Rapid installation is a key benefit thanks to the side mounted plug and socket arrangement, connections are all external to save valuable time on site.

- Tri-extruded diffuser with soft organic modelling
- Contemporary aesthetics and space integration
- High efficacies of up to 100 Llm/cW
- May contribute to EN12464-1 requirements for scheme compliance across all variants
- Close colour tolerance: MacAdam 3 SDCM
- Quick and simple installation with a lay-in solution complete with plug/socket mains and DALI connection

### Light Engine and Control Gear Options

- High output, high efficacy LED chip set optimised for controlled recessed lighting applications
- Energy efficient high frequency control gear as standard
- Dimming option - DALI

### Materials

- Body - welded, full box steel construction, powder coated in RAL9016 finish 60% gloss
- Optic - Polycarbonate UV stable tri-extruded diffuser
- Outer bezel frame – monolithic seamless steel construction, powder coated in RAL9016 finish

### Installation Notes

- Suitable for exposed 'T', concealed fix and some metal pan ceilings
- Order side support bracket set for 'draw up' applications (ordered separately) CTN625BK
- Rear socket and plug (included) for rapid installation
- May aid lighting scheme design to comply with EN 12464-1

### Options

- We offer a range of product support contracts to aid commissioning, reduce your maintenance costs, comply with legislative test requirements and increase the lifespan of your lighting equipment

### Specification

To specify state: Recessed architectural luminaire, of full box welded construction with post coat powder paint, RAL9016 finish, for lay-in / pull up installations. Complete with organic tri-extruded diffuser and high efficiency LED modules, as Eaton's Caton range part no \_\_\_\_\_

### Catalogue Numbers

Variant	Lumen		Llm/cW	Cat No	Weight (kg)
	Output	Wattage			
3400 lm	3315	33	100.4	CTN625344KZ	5.6
4000 lm	4030	40	100.8	CTN625404KZ	5.6

For DALI Dimming option replace character Z with DD, e.g. CTN625404KZ becomes CTN625404KDD

For further information, contact our Technical Support and Application department on +44 (0) 1302 303240 or email [LightingTechnicalUK@Eaton.com](mailto:LightingTechnicalUK@Eaton.com)

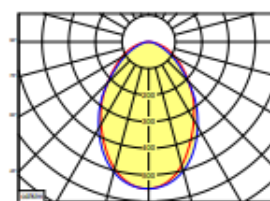
Llm/cW = luminaire lumens per circuit watt

### Accessories

Description	Cat No
CATON 625 BEARER KIT (2 bearer brkts)	CTN625BK

### Photometric Data

Cat No: CTN625404KZ



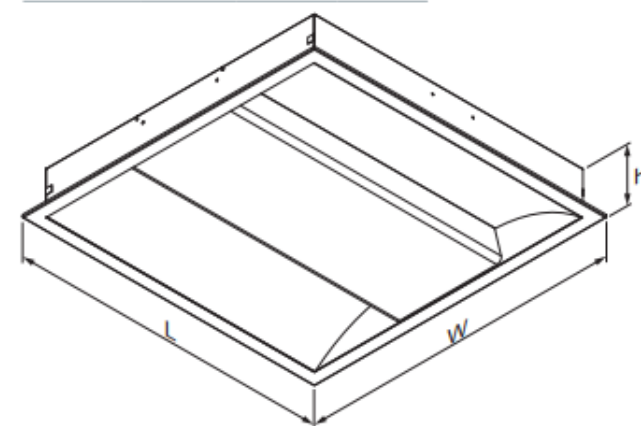
SHR nom: 1.00  
SHR max: 1.181

Utilisation factors / TMS

Reflectances			Room index								
C	W	F	0.75	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
0.7	0.5	0.2	63	73	79	84	91	95	99	103	105
0.7	0.3	0.2	58	68	73	78	85	90	94	99	102
0.7	0.1	0.2	50	60	66	73	81	88	93	98	99
0.5	0.5	0.2	61	71	77	82	88	92	95	99	101
0.5	0.3	0.2	55	65	71	76	83	88	91	96	98
0.5	0.1	0.2	50	60	67	72	79	84	88	93	96
0.3	0.5	0.2	60	69	75	79	85	89	92	95	97
0.3	0.3	0.2	54	63	70	75	81	85	89	93	95
0.3	0.1	0.2	50	59	66	71	78	82	86	90	93
0.0	0.0	0.0	48	57	63	68	74	79	82	86	89
BZ-class			3	3	3	3	3	3	3	3	3

### Dimensions

Product	L (mm)	W (mm)	H (mm)
Caton 625	622	622	90





## Παράρτημα Α.2

### ZETA Pendel

ZETA, die quadratische Lichtfläche, in verschiedenen Größen, mit unterschiedlichen Höhen. ZETA eignet sich als Grundbeleuchtung oder als Arbeitslicht.

#### Montage

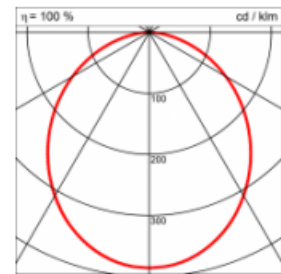
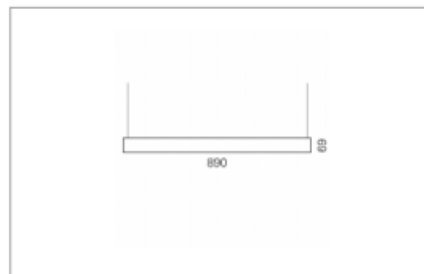


#### Materialisierung:

Aluminiumprofil stranggepresst und auf Gehrung gefügt, farblos oder farbig eloxiert, Abdeckung oben und unten Acrylglas (optional unten mit prismatischem Acrylglas), 1.5m Kabel transparent und 1.5m Stahlseil

#### Spezifikationen:

- Energieeffizienzklasse A+
- homogene Auflösung der LED Punkte
- passive Kühlung
- elektronisches Betriebsgerät integriert
- optisch geschlossenes System mit Berührungsschutz



<b>Masse</b>	890 x 890 x 69 mm
<b>Leuchtmittel</b>	LED
<b>Leuchten-Gesamtlichtstrom</b>	8000 lm
<b>Farbtemperatur</b>	3000K
<b>Leuchten-Lichtausbeute</b>	119.4 lm/W
<b>Farbwiedergabeindex Ra</b>	> 80
<b>Systemleistung</b>	67 W
<b>UGR quer / längs</b>	20/20
<b>Gewicht</b>	14.5 kg
<b>Dimmung</b>	DALI, switchDim
<b>Lebensdauer</b>	50000 h
<b>Schutzart</b>	IP 20

Lichtstrom und elektrische Leistungsangabe unterliegen Initial einer Toleranz von bis zu +/- 10%, Farbtemperatur bis zu +/-150 Kelvin vom Nominalwert.

## Παράρτημα Α.3

Κατασκευαστής: A.L.S.



### DIL-8NW6 recessed luminaire DIL

DIL, Round recessed downlight, COB LED 8W, 4000K neutral white led's, 18V, 350mA, beam angle 30°, with power supply, white

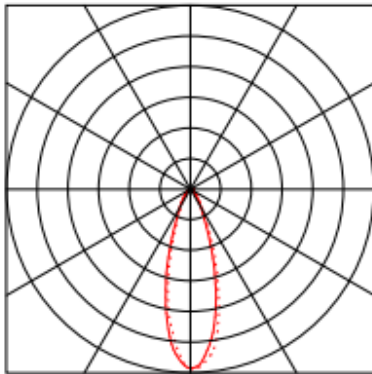
#### Στοιχεία φωτιστικού

Απόλυτη φωτομετρία  
Απόδοση φωτιστικού : 83.29 lm/W  
Ταξινόμηση : A70 □ 100.0% ↑ 0.0%  
CIE Flux Codes : 89 98 100 100 100  
UGR 4H 8H : 23.6 / 22.3  
Μηχανισμός ελέγχου : Electronic transformer  
Ισχύς : 8 W  
Φωτεινή ροή : 666.3 lm

#### Εξοπλισμένο με

Ποσότητα : 1  
Ονομασία : LED  
Χρώμα :

Διαστάσεις : Ø46 mm x 0.0 mm



## Παράρτημα Α.4

Κατασκευαστής: Prolumia

**PROLUMIA®**

### 4000431X LED Pro Space LED Pro Space S 215x215mm

Light source: SMD LED

Beam angle: 120°

Color rendering: Ra >80

Operating temperature: -25°C - +50°C

Rated life hours: > 50,000

LED driver (included): CE

Input: 220 - 240V AC 50Hz

Safety class: Class II

### 40004311 4000K

#### Στοιχεία φωτιστικού

Απόλυτη φωτομετρία

Απόδοση φωτιστικού : 83 lm/W

Ταξινόμηση : A40 □ 98.7% ↑ 1.3%

CIE Flux Codes : 46 77 95 99 100

UGR 4H 8H : 26.8 / 26.3

Μηχανισμός ελέγχου : Electronic ballast

Ισχύς : 30 W

Φωτεινή ροή : 2490 lm

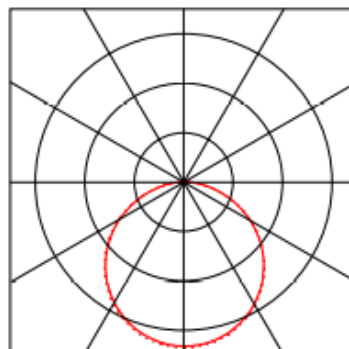
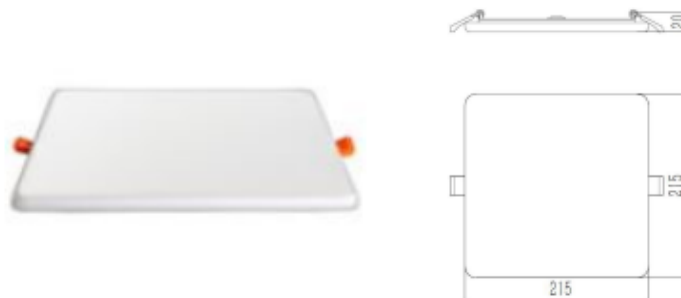
Διαστάσεις : 215 mm x 215 mm x 20 mm

#### Εξοπλισμένο με

Ποσότητα : 1

Ονομασία : LED

Χρώμα : 4000K-4500K



## Παράρτημα Α.5

# TrueFashion

## ST710T LED27S/PW9-3000 PSU FR36 SI

TrueFashion Compact - Premium white with CRI  $\geq 90$  - 3000 K -  
Power supply unit - Beam angle 36° - Silver

TrueFashion is a dedicated LED spot family answering the specific needs of Fashion Retailers. These miniaturized spots with clean and fine detailing offer contemporary design and blend seamlessly into your store interior for a tailor-made look. This spot family provides the best quality of light by using innovative Philips Fashion Proof Optics (FPO). These FPO lenses offer higher intensity beams without spill light to optimize the contrast ratio and will reduce glare within the store. In addition, the specially designed Philips fashion LED flavors enhance colors and visual qualities. In this way TrueFashion ensures a superior light experience. This dedicated fashion range supports your global expansion plans by being prepared for international certifications. In addition, we offer dedicated logistics and a local presence globally. Fashion is evolving rapidly towards a new balance between online and offline shopping. TrueFashion creates an optimal shopper experience to attract and engage the shopper while bringing the connected future of lighting in the store by being ready to be connected to Interact Retail Display and Interact Retail EasyAim.



### Product data

General Information	
Beam angle of light source	120 °
Light source color	Premium white with CRI $\geq 90$
Light source replaceable	No
Number of gear units	1 unit
Driver/power unit/transformer	Power supply unit
Driver included	Yes
Optic type	Beam angle 36°
Luminaire light beam spread	36°
Connection	Push-in connector and pull relief

Cable	-
Protection class IEC	Safety class II
Glow-wire test	Temperature 650 °C, duration 30 s
Flammability mark	-
CE mark	CE mark
ENEC mark	ENEC mark
Warranty period	5 years
Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there

	is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Constant light output	No
Number of products on MCB of 16 A type B	34
RoHS mark	RoHS mark
Product family code	ST710T [ TrueFashion Compact]

#### Operating and Electrical

Input Voltage	220 to 240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Inrush current	18 A
Inrush time	0.25 ms
Power Factor (Min)	0.9

#### Controls and Dimming

Dimmable	No
----------	----

#### Mechanical and Housing

Housing Material	Aluminum
Reflector material	Polycarbonate aluminum coated
Optic material	Polycarbonate
Optical cover/lens material	Polymethyl methacrylate
Fixation material	-
Optical cover/lens finish	Clear
Overall length	177 mm
Overall width	80 mm
Overall height	188 mm
Color	Silver

#### Approval and Application

Ingress protection code	IP20 [ Finger-protected]
Mech. impact protection code	IK02 [ 0.2 J standard]

#### Initial Performance (IEC Compliant)

Initial luminous flux (system flux)	2700 lm
Luminous flux tolerance	+/-10%
Initial LED luminaire efficacy	92 lm/W
Init. Corr. Color Temperature	3000 K
Init. Color Rendering Index	90
Initial chromaticity	(0.42, 0.38) SDCM <3
Initial input power	29.5 W
Power consumption tolerance	+/-10%

#### Over Time Performance (IEC Compliant)

Control gear failure rate at median useful life 50000 h	5 %
Lumen maintenance at median useful life* L80 50000 h	

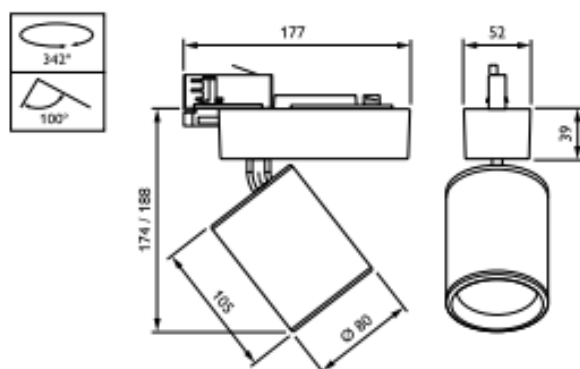
#### Application Conditions

Ambient temperature range	+10 to +40 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Suitable for random switching	Yes

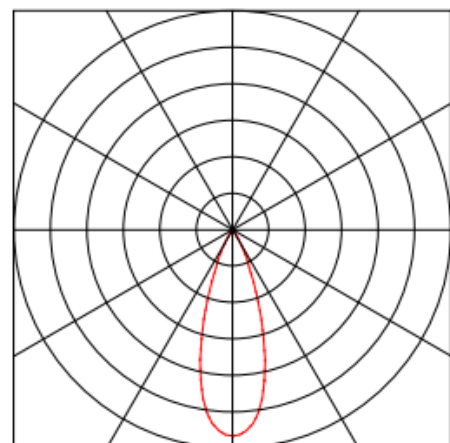
#### Product Data

Full product code	871869939193500
Order product name	ST710T LED27S/PW9-3000 PSU FR36 SI
EAN/UPC - Product	8718699391935
Order code	910500465146
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	910500465146
Net Weight (Piece)	0.610 kg

## Dimensional drawing



TrueFashion ST700T-ST721T



## Παράρτημα Α.6

### Glacier II

96629703 GLAC2 S LED2 1000-840 HFIX EC GY GL OP

THORN



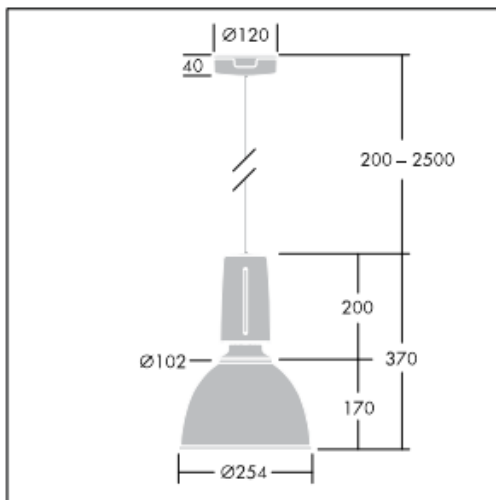
#### Glacier II

A modern and efficient LED pendant luminaire. DALI dimmable control gear suitable for central battery emergency installations. Housing: die-cast aluminium with satin grey finish. Reflector: opal glass with easy bayonet mount connection to housing. Class I electrical, IP20. Suspended via adjustable quick-lock 2.5m single wire suspension (supplied). Pre-wired with braided, flame retardant silicon cable, 5 x 0.75mm<sup>2</sup>. Complete with 4000K LED

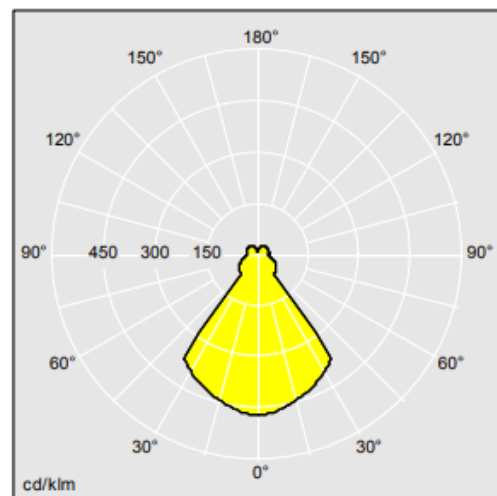
Dimensions: Ø250/100 x 370 mm  
Luminaire input power: 8.5 W  
Weight: 2.5 kg



TLG\_GLCL\_F\_S\_GYGLOP.jpg



TLG\_GLCR\_M\_2SML.wmf



TLG\_SP\_0043116.idt

Lamp position: STD - standard  
Light Source: LED  
Luminaire luminous flux\*: 1050 lm  
Luminaire efficacy\*: 124 lm/W  
Lamp efficacy: 123 lm/W  
Colour Rendering Index min.: 80  
Ballast: 1 x 28000663 DRV TR LCA 10W 400mA 40V  
D #O4A C PRE

Correlated colour temperature: 4000 Kelvin  
Chromaticity tolerance (initial MacAdam): 3  
Rated median useful life\*:  
L80 50000h at 25°C  
Luminaire input power\*: 8.5 W Power factor = 0.96  
Dimming: DA2 dimmable to 1%  
Maintenance category: C - Closed Top Reflector  
LOR: 1,00 ULOR: 0,20 DLOR: 0,80

All values marked with an \* are rated values. Thorn uses tried and tested components from leading suppliers, however there may be isolated instances of technology-related failures of individual LEDs during the rated product lifetime. International standards set the tolerance in initial flux and connected load at ±10%. Unless stated otherwise, the values apply to an ambient temperature of 25°C. In most products the failure of one LED point causes no functional impairment to the lighting performance of the luminaire and is therefore no reason for complaint. Unless otherwise stated all Thorn LED products are suitable for unrestricted use (rated RG0 or RG1) with regard photobiological blue light safety (IEC/EN60598-1).

## Παράρτημα Α.7

rail-HGI/1400 LED 4200 840 ET

6710054185

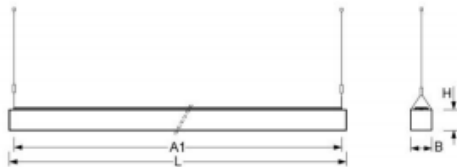
lichtwerk  
inspired by light

Pendelleuchte. Seitenteile Aluminiumprofil, natur eloxiert. Stirnseiten und Oberseite Stahlblech, weißaluminium lackiert. Gehäusefarbe aluminium natur eloxiert. Direkt/indirekt strahlend. Weiß-opal satiniertes Polycarbonatstrangpressprofil. Anschlussleitung, transluzent, vormontiert. Y-Seilabhängung mit Schnellstellkupplung, frei höhenverstellbar von 150 bis 2000 mm.



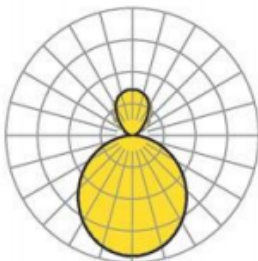
- Artikelnummer: 6710054185
- Gehäusematerial: Aluminium
- Gehäusefarbe: aluminium natur eloxiert
- Lichtverteilung: direkt/indirekt strahlend
- Montageart: Pendel-Einzelmontage
- Prüfzeichen: IP 20, Schutzklasse I, F, Indoor, CE

### Abmessungen



- Abmessungen LxBxH/DxH: 1431 x 62 x 71 (mm)
- Pendellänge min/max: 150 / 2000 (mm)
- Befestigungsabstand A1: 1407 (mm)
- Gewicht (netto): 5 (kg)

### Lichttechnik/Elektrotechnik



- Bestückung: LED, Farbwiedergabe/Lichtfarbe CRI  $\geq$  80 / 4000K
- Direkt/Indirekt: 77 % / 23 %
- UGR q/l: 23.7 / 23.4
- Leuchtenlichtstrom: 4200 (lm)
- Lampenlebensdauer: 050000h L80/B10
- Leuchten Lichtausbeute: 90 (lm/W)
- Systemleistung: 46 (W)
- Betriebsgerät: Elektronischer Treiber (1 Stück)
- Netzspannung: 230 V / 50 Hz

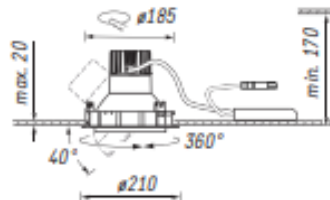


Recessed Luminaires Cardo CTL

# Cardo CTL



- Lighting technology LED
- Tool-less ceiling mounting
- Floor and wall mounting not permitted
- Pivoted on all sides
- With integral reflector SP, MFL, FL or WFL
- Safety glas included
- Supply unit included
- Connection to power supply by Wieland plug GST18i3; wire length l = 0.5 m
- DALI or INspire lighting control system on request (INspire lighting control not for use in metal ceilings)
- Colours: white, anthracite, silver



CRI Light colour	Power Level							
	26W		30W		34W		40W	
	Luminous flux Luminaire [lm]	System Effizienz [lm/W]	Luminous flux Luminaire [lm]	System Effizienz [lm/W]	Luminous flux Luminaire [lm]	System Effizienz [lm/W]	Luminous flux Luminaire [lm]	System Effizienz [lm/W]
830	3591	137	4036	134	4489	131	5088	127
840	3781	144	4249	141	4706	138	5357	134
927	2926	112	3288	109	3641	106	4145	103
N27	3154	80	3528	78	-	-	-	-
930	3091	118	3474	115	3847	112	4379	109
940	3240	124	3641	121	4032	118	4590	114
Brilliant (930-Best color/ Best White)	2936	112	3290	109	3628	106	4100	102
Meat	1745	67	-	-	2141	63	2402	60
NMeat	1385	53	-	-	1706	50	1926	48

Photometric  
data



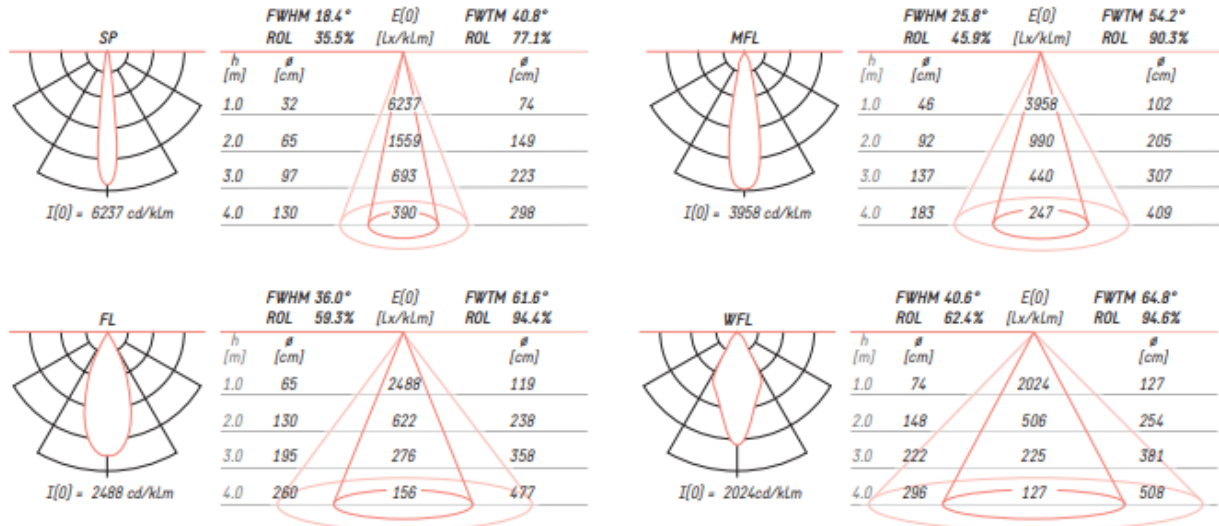
Maximum possible, optionally available connected load: 47 W.

According to IEC 6722-1 the given rated values of the total luminous flux and of the electric power must not deviate by more than 10 %.

The values apply to the luminaire with MFL reflector, in the case of the SP/FL/WFL reflectors the values can deviate +/- 5 %.

The photometric values are standard values and refer to the entire luminaire. This is an example of a system design.

There are further possible ways to equip the luminaire - for these optional versions please contact info@ansorg.de.



	Information	Values
<b>Photometric information</b>	Connection data	220-240 V, 50/60 Hz (110-277 V on request)
	Weight	approx. 1.3 kg
	Colour tolerance	3SDCM (MacAdam)
	Maintenance of luminous flux	L80/B10 = 50.000h, Ta 25 °C
	Failure rate	C0/B10 = 50.000h, Ta 25 °C
	Photobiological safety	RG1
	Number per circuit breaker B 16A	25
	Protection class	1
	Type of protection	IP20
	Certification mark	ENEC / CB / EAC
<b>Optional accessories</b>	Product	Option
	Interchangeable reflector	SP, MFL, FL, WFL
	Glasses	Safety glas
		EnergyVision (anti-glare)
		Albarino (diffusing lens)
	Filter	Ribbed glass (oval light image)
		UV filter
Glare reduction	Moodfilter	
	Honeycomb grid, black	

## Παράρτημα Α.9

Κατασκευαστής: SIMES

**SIMES**  
luce per l'architettura

### S.3924 ceiling mounted luminaire MICROSLOT TONDO SOFFITTO

MICROSLOT DOWNLIGHT

Art. S.3924

QR-CBC 51 20W GU5,3

Rated luminaire luminous flux: 195lm

Rated input power: 22W

Luminaire efficacy: 9lm/W (LOR: --)

Electronic ballast 220÷240V 50/60Hz

CE

#### LUMINAIRE TYPE

Down-light luminaire. IP rating IP 65

#### MATERIAL CHARACTERISTICS

Aluminium die cast housing in EN AB-47100 (low copper content) and extruded EN AW-6060 with high resistance against corrosion. Stone wash surface treatment prior to painting process. A4 grade Stainless Steel screws with 2,5-3% molybdenum content which increases the resistance against corrosion. Silicone gaskets.

Painting Process : 3 Step Process

1) Surface treatment with BONDERITE. A heavy metal free chemical surface treatment containing ceramic nano particles giving a cohesive, inorganic and highly dense protective coating. 2) PRE POLYMERIZATION a process of introducing an epoxy primer with excellent characteristics to the paint which also offers very high resistance to oxidation due to its Zinc content. 3) POLYMERIZATION a process with the application of polyester powder with high resistance against UV rays and harsh weather conditions. Resistance test protection for Marine applications for 1200h. Mechanical resistance IK 08

#### LIGHTING PERFORMANCE

Clear toughened glass 6 mm thick. Lamp adjustable  $\pm 10^\circ$  position. LOR --

#### WIRING

Single cable entry ( $\varnothing 8 \div 12$  mm). Isolation: CLASS I . Available colours: Aluminium grey (cod.14). Weight: 1 Kg

Glow Wire test: 850°C

Lamp not included.

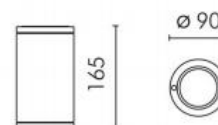
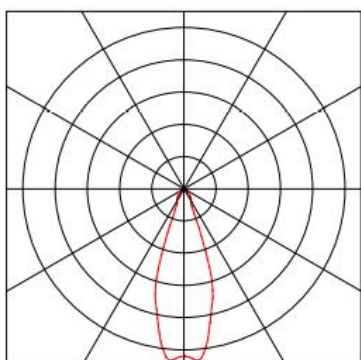
#### Στοιχεία φωτιστικού

Απόδοση φωτιστικού	: 83.1%
Απόδοση φωτιστικού	: 12.84 lm/W
Ταξινόμηση	: A80 □ 100.0% ↑ 0.0%
CIE Flux Codes	: 94 99 100 100 83
UGR 4H 8H	: 14.9 / 14.9
Μηχανισμός ελέγχου	: Electronic transformer
Ισχύς	: 22 W
Φωτεινή ροή	: 282.5 lm

#### Εξοπλισμένο με

Ποσότητα	: 1
Ονομασία	: QR-CB51 GX5.3 8°
Ισχύς	: 20 W
Χρώμα	: 3000K
Φωτεινή ροή	: 340 lm
Πρίζα	: GX5.3
Αναπαραγωγή χρώματος	: 1A

Διαστάσεις :  $\varnothing 70$  mm x 140 mm



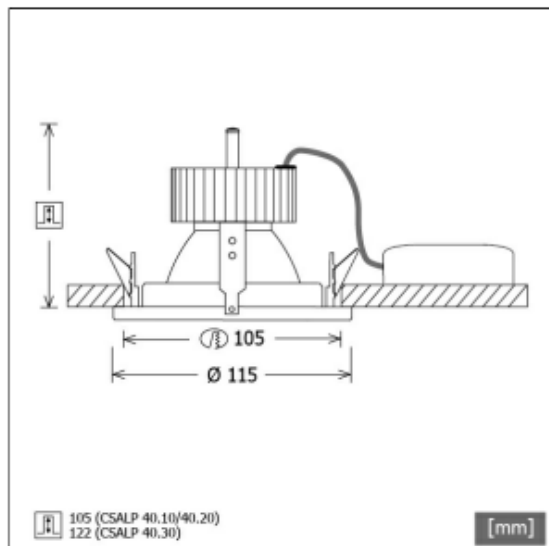
## Παράρτημα A.10

Recessed Spotlights · CSA 40

# CSALP 40.2027.15



Colours	Article no.	EAN
black	639027	4043544372932
silver	639028	4043544372949
white	639029	4043544372956



### Description

- recessed downlight with wide range of applications
- outstanding ease of maintenance
- no UV and thermal emissions
- thermal management with passive cooling (heat sink made from aluminium)
- specular aluminium reflector with precise symmetrical beam characteristic for high luminous efficiency and glare-free lighting
- front ring and mounting ring made from die-cast zinc
- tool-free ceiling mounting via leaf springs (adjustable ceiling thickness)
- connection to ballast via luminaire cable with Mini-Clamp connector
- ballast (LED converter) included (external placement)

### Standard options



### Special options



### Lighting data / Norms

<b>Lamps</b>	LED Spot / CRI 80 / 2700 K
<b>Lifetime</b>	L90 B50 50.000 h L80 B50 100.000 h L80 B20 50.000 h
<b>System power</b>	27.0 W
<b>Luminaire luminous flux</b>	2610 lm
<b>System efficiency</b>	96.66 lm/W
<b>Module efficiency</b>	157.68 lm/W
<b>Energy efficiency class</b>	A+
<b>UGR 4H/8H 70/50/20</b>	18.7/18.7 (C0/C90)
<b>Beam angle</b>	15°
<b>Supply voltage</b>	220 - 240 V / 50 Hz
<b>Protection class</b>	III
<b>Type of protection</b>	IP20

### Dimensions / Weights

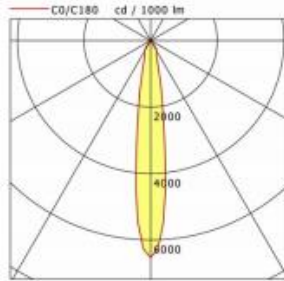
<b>Diameter</b>	115 mm
<b>Height</b>	110 mm
<b>Cut-out (Ø)</b>	105 mm
<b>Ceiling thickness</b>	3 - 25 mm
<b>Recessed depth</b>	105 mm
<b>Net weight</b>	0.71 kg
<b>Gross weight</b>	0.77 kg

105 (CSALP 40.10/40.20)  
122 (CSALP 40.30)

[mm]

### CSALP 40.2027.15

CSA 40 (1xLED 27W 827/2700K 2610lm 15 °)



	C0	C90	C180	C270
0°	6530	6530	6530	6530
15°	959	959	959	959
30°	378	378	378	378
45°	5	5	5	5
60°	3	3	3	3
75°	2	2	2	2
90°	0	0	0	0
cd / 1000 lm				

Offset [m]	Cone width [m]	Illuminance [lx]
3.0	0.79	1893.6
6.0	1.58	473.4
9.0	2.37	210.4
12.0	3.17	118.4
15.0	3.96	75.7

<b>η</b>	LED
Efficiency	97 lm/W
Direct/Indirect	↓ 100% / ↑ 0%
System Power	27 W
<b>UGR</b>	X=4H, Y=8H
Reflection factors	70/50/20
UGR C0/C180	18.7
UGR C90/C270	18.7
CIE Flux Codes	99 99 100 100 100
Ra/CRI	>80

LTS

## Παράρτημα Α.11

Κατασκευαστής: Glamox



### S90-SPOT 3500 HF 940 60° Spotlight - Track 230V S90-SPOT

Light source

LED 2000 - 3500 Lumen Out. Colour temperature 3000/4000 K, CRI Ra 90, MacAdams 3

Driver

HF or DALI dimmable 100-1% with DALI dimmer.

Body material & colour

Housing in powder painted die-cast aluminum in matt white or black. Luminaires are delivered with a HF or DALI driver integrated in the track mount.

Mounting

Mounted to 3-circuit PRO or DALI track that has to be ordered separately. S90 LED is compatible with Glamox Pro Track / DALI or Global Track / Pulse.

Optics

Spot, medium, wide or extreme wide beam aluminum reflector.

#### Στοιχεία φωτιστικού

Απόλυτη φωτομετρία

Απόδοση φωτιστικού

: 109.06 lm/W

Ταξινόμηση

: A70 □ 100.0% ↑ 0.0%

CIE Flux Codes

: 95 100 100 100 100

UGR 4H 8H

: 24.6 / 24.6

Ισχύς

: 32 W

Φωτεινή ροή

: 3490 lm

Διαστάσεις

: Ø100 mm x 160 mm

#### Εξοπλισμένο με

Ποσότητα

: 1

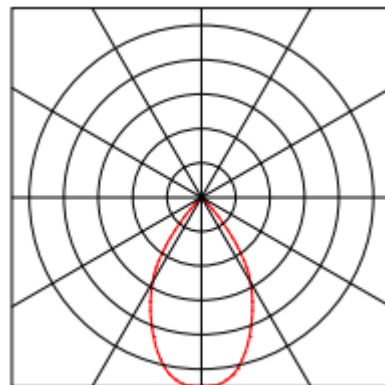
Ονομασία

: LED 940

Χρώμα

: 4000K

Αναπαραγωγή χρώματος >90



## Παράρτημα A.12

### TIEFSTRAHLER

#### Pendel

TIEF- und BREITSTRAHLER, die Klassiker der 1940er Jahre, deren Produktion von LICHT+RAUM ab 1984 wieder aufgenommen wurde. Die ALU-STRAHLER sind speziell geeignet in überglasten Räumen, in Hallen, Industrieräumen, in Cafés und Bars.

#### Montage

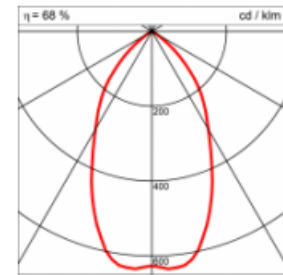
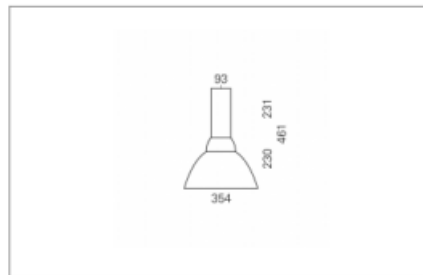


#### Materialisierung:

Aluminium gedrückt und farblos eloxiert, 1.5m Kabel schwarz und 1.5m Stahlseil

#### Ausführung:

Der TIEFSTRAHLER Pendel ist mit einer integrierten LED-Platine (Ø354) oder mit Fassung E27 (Ø210 + Ø354) ausgerüstet.



<b>Masse</b>	Ø354 x 417 mm
<b>Leuchtmittel</b>	LED
<b>Leuchten-Gesamtlichtstrom</b>	3100 lm
<b>Farbtemperatur</b>	4000K
<b>Leuchten-Lichtausbeute</b>	73.7 lm/W
<b>Farbwiedergabeindex Ra</b>	> 80
<b>Systemleistung</b>	28.6 W
<b>UGR quer / längs</b>	14.1/14.1
<b>Gewicht</b>	3 kg
<b>Dimmung</b>	DALI, switchDim
<b>Lebensdauer</b>	47000 h
<b>Schutzart</b>	IP 20

Lichtstrom und elektrische Leistungsangabe unterliegen Initial einer Toleranz von bis zu +/- 10%, Farbtemperatur bis zu +/-150 Kelvin vom Nominalwert.



## Παράρτημα Α.13

Κατασκευαστής: Prolumia



460002XX 5m LED Lumiaflex II LED Lumiaflex II

46000214 5700K

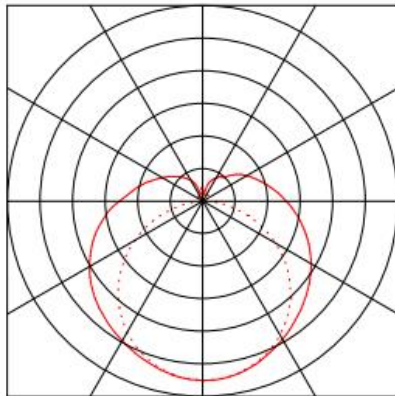
### Στοιχεία φωτιστικού

Απόδοση φωτιστικού	: 106.9%
Απόδοση φωτιστικού	: 35.63 lm/W
Ταξινόμηση	: B31 □ 78.4% ↑ 21.6%
CIE Flux Codes	: 36 65 85 78 107
UGR 4H 8H	: 27.7 / 21.8
Μηχανισμός ελέγχου	: Electronic ballast
Ισχύς	: 60 W
Φωτεινή ροή	: 2138 lm

### Εξοπλισμένο με

Ποσότητα	: 1
Ονομασία	: LED
Χρώμα	: 5500K-6500K
Φωτεινή ροή	: 2000 lm

Διαστάσεις : 5000 mm x 12 mm x 29 mm



## Παράρτημα Α.14

Κατασκευαστής: Ribag

# RIBAG

4113.250.40.2    pendant luminaire    **KIVO Pendelleuchte**  
KIVO

Lamp: CRI >90, 4000 K  
Lamp protection level: I  
IP Schutzgrad: IP 40

4111.250.02.11

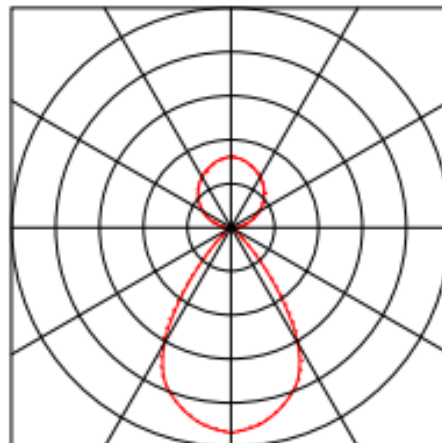
### Στοιχεία φωτιστικού

Απόλυτη φωτομετρία  
Απόδοση φωτιστικού : 100 lm/W  
Ταξινόμηση : C73    □ 52.0%    ↑ 48.0%  
CIE Flux Codes : 92 100 100 52 100  
UGR 4H 8H : <10.0 / <10.0  
Ισχύς : 24 W  
Φωτεινή ροή : 2400 lm

### Εξοπλισμένο με

Ποσότητα : 1  
Ονομασία : LED  
Χρώμα : 4000 K  
Αναπαραγωγή χρώματος >90

Διαστάσεις : Ø253 mm x 0.0 mm





## Παράρτημα A.15

Einbaustrahler · Dallton Large System

# DAL-L-LK 102.830.35/DALI



Farbe	Artikelnummer	EAN
silber	660972	4043544697899

### Beschreibung

- Lichtkopf 355° drehbar und 30° schwenkbar über Einstellschraube
- individuelle Optik durch Standard-Einbaurahmen oder deckenbündigen Trimless-Einbaurahmen sowie verschiedene Frontreflektoren
- hohe Wartungsfreundlichkeit
- keine UV- und Wärmestrahlung
- Sicherung mit Fangseil
- Wärmemanagement mit Passivkühlung
- Lichtkopf und Kühlkörper aus Druckguss
- Hauptreflektor aus Kunststoff
- schwarzer Entblendungsring aus Polycarbonat für Aufnahme von Wabenraster
- Diffusorscheibe aus Glas
- werkzeugloses Einrasten des Lichtkopfes in Einbaurahmen
- Anschluss an Betriebsgerät über Leuchtenkabel mit Mini-Clamp Steckverbindung
- Betriebsgerät (LED-Konverter DALI, dimmbar) inklusive (Platzierung extern)

### Standardoptionen



### Sonderoptionen



### Lichttechnik

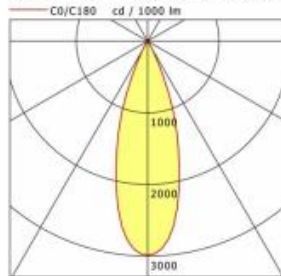
Leuchtmittel	LED Spot / CRI 80 / max. 3000 K
Lebensdauer	L90 50.000 h L80 100.000 h L80 B20 50.000 h
Abstrahlwinkel	35°
Leuchten-Lichtstrom	max. 3280 lm
Systemleistung	43.0 W
Systemeffizienz	40.69 lm/W
Moduleffizienz	151.94 lm/W
Versorgungsspannung	220 - 240 V / 50 Hz
Energieeffizienzklasse	A
Schutzklasse	III
Schutzart	IP20
UGR 4H/8H 70/50/20	11.9/23.1 (C0/C90)

### Abmessungen / Gewichte

Durchmesser	124 mm
Höhe	149 mm
Nettogewicht	1.35 kg
Bruttogewicht	1.42 kg
Einbautiefe	200 mm
Durchmesser Lichtkopf	124 mm

### DAL-L-LK 102.830.35/DALI

Dalton Large - Spotlight Insert (DAL-L-RFQ 13, 1xLED 43W 830/3000K 2790lm 35 °)



	C0	C90	C180	C270
0°	2988	2988	2988	2988
15°	1696	1696	1696	1696
30°	129	129	129	129
45°	23	23	23	23
60°	2	2	2	2
75°	1	1	1	1
90°	0	0	0	0

cd / 1000 lm

Offset [m]	Cone width [m]	Iluminance [lx]
3.0	1.79	926.2
6.0	3.57	231.6
9.0	5.36	102.9
12.0	7.15	57.9
15.0	8.94	37.0

<b>η</b>	LED
Efficiency	65 lm/W
Direct/Indirect	↓ 100% / ↑ 0%
System Power	43 W
<b>UGR</b>	X=4H, Y=8H
Reflection factors	70/50/20
UGR C0/C180	<10.0
UGR C90/C270	<10.0
CIE Flux Codes	98 100 100 100 100
Ra/CRI	>80

LTS

## Παράρτημα Α.16

Κατασκευαστής: Regent



### 2003.0939 Recessed ceiling luminaire DIME CR308x308 MOD625 LED1250-840 WH DALI E3h

Recessed ceiling luminaire Dime Office with LED (Light Emitting Diode), system power: 12 W, luminous flux of luminaire 1250 lm, CRI >80, 4000 K, neutral white, SDCM 2, L80 50'000 h, max. 3000 cd/m<sup>2</sup>, 230 V, direct light emission, housing in metal, white, RAL 9016, 1 integral control gear, DALI, with emergency unit, for maintained mode, with self-test, complete with battery pack, (burning life 3h), Regent certified MINERGIE®-Modul luminaires S.A.F.E. 2019 (Re-0284), luminaire complies with the strict requirements for Minergie-certified luminaires (95 lm/W) protection class I, ingress protection IP40, glow wire test 650 °C, impact strength: IK 06 module 625, L = 308 mm, B = 308 mm, EL = 295 mm, EB = 295 mm, ET = 85 mm

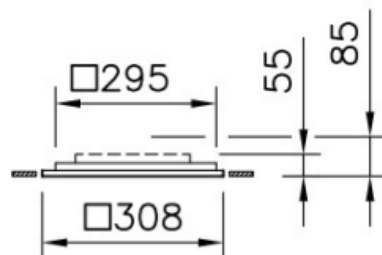
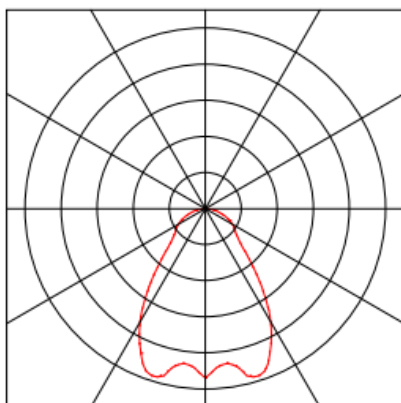
#### Στοιχεία φωτιστικού

Απόλυτη φωτομετρία  
Απόδοση φωτιστικού : 104.17 lm/W  
Ταξινόμηση : A50 □ 100.0% ↑ 0.0%  
CIE Flux Codes : 64 87 98 100 100  
UGR 4H 8H : 18.8 / 18.7  
Ισχύς : 12 W  
Φωτεινή ροή : 1250 lm

#### Εξοπλισμένο με

Ποσότητα : 1  
Ονομασία : LED  
Χρώμα : 4000 K  
Αναπαραγωγή χρώματος Ra >80

Διαστάσεις : 308 mm x 308 mm x 0.0 mm



## Παράρτημα Α.17

**XAL**  
**TRUMPET**

049-3621417F

### GENERAL

Ceiling

Recessed

white

IP40

2820 lm

RAL9016 <sup>a</sup>

### LED

2700 K

CRI  $\geq$  90

L90 / 50000 h

initial  $\leq$  3 MacAdam

### OPTICAL

Flood

beam angle 49°

### PHYSICAL

diameter 300 mm

height 120 mm

1.1 kg

### ELECTRICAL

non DIM

35 W

81 lm/W

PC2 220-240V

### CUTOUT

min. ceiling thickness 2 mm

max. ceiling thickness 25 mm

recessed depth 110 mm

size depends on mounting set

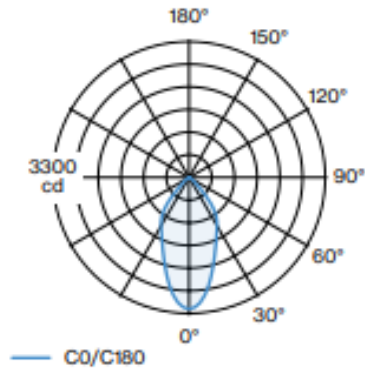
<sup>a</sup> RAL Palette colors may deviate slightly due to production conditions.



### Product family description

Hyperbolic moulded installation housing made of die-cast aluminium; rounded internal contour; ceiling cut-out covered by luminaire housing; suitable for ceiling thickness of 2-25mm; surface white powder coated; installation without tools using snap spring closure; uncluttered ceiling look through recessed lighting level; recessed IP 40 protective glass with laser etched pattern for a dynamic development of light output; passive cooling of LEDs with optimised heat sink geometry; COB (Chip on Board) technology for maximum efficiency; no multiple shadows; UGR < 19 for 18W versions; energy-efficient LEDs with very good colour rendering; binning initial  $\leq$  3 MacAdam; available in the light colours 2700K, 3000K and 4000K; CRI  $\geq$  90; min. 90% of the luminous flux after 50000 hours; high quality reflector with spherical facet finish; precise radiation characteristic with three different beam angles; installed and exchanged without tools; degree of protection from below IP 40 (from above IP 20); PC II; optionally non-dimmable or DALI-2 control

## Light Distribution



## Cone Diagram

flood 49°

h (m)	EO° (lx)	ø (m)
1	3190	0.91
2	799	1.83
3	355	2.74
4	200	3.65
5	128	4.56

## Circuit Breaker Types

Automatic Circuit Breaker Type	Number of Fixtures
B10	11
B13	14
B16	17
B20	21
C10	18
C13	23
C16	28
C20	35

## Maintenance Factors

Operating Time [h]	10 000	20 000	30 000	40 000	50 000
LLMF	0.98	0.96	0.94	0.92	0.9
LSF	1	1	1	1	1

MF	LMF × RSMF × LLMF × LSF	RSMF <sup>a</sup>	Room Surface Maintenance Factor
MF	Maintenance Factor	LLMF	Lamp Lumens Maintenance Factor
LMF <sup>a</sup>	Luminaire Maintenance Factor	LSF	Lamp Survival Faktor

<sup>a</sup> According to "CIE 97, Maintenance of indoor electric lighting systems", 2005, ISBN 3-900-734-34-8. The values must be determined by the planner.

## Παράρτημα A.18

Κατασκευαστής: Fluolite



**75121632 Ceiling / wall-mounted luminaires RKL LED**  
RKL 4 LED 3x12 3000K IP40

Surface-mounted luminaires with diffusers

Base plate: Steel, white. Translucent opal acrylic diffuser (PMMA), with decorative surface treatment. Uniform light distribution, individual LED points imperceptible. Good colour rendering  $Ra > 80$ , colour temperature 3000K or 4000K, long life approx- 50'000 hours. Suitable for ceiling or wall installations. Spring clips ensure secure fixing of the diffuser.

LED light sources cannot be replaced.

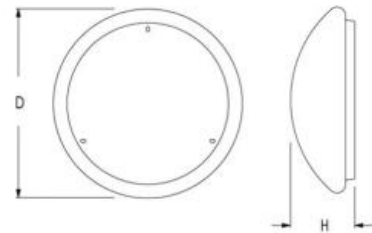
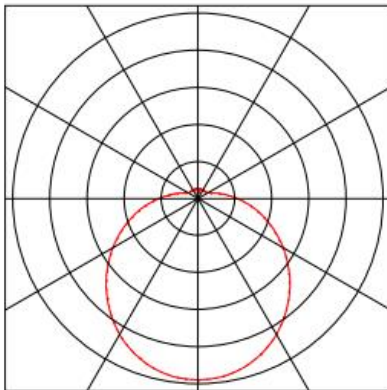
### Στοιχεία φωτιστικού

Απόλυτη φωτομετρία : 102.94 lm/W  
Απόδοση φωτιστικού : B31 □ 86.5% ↑ 13.5%  
Ταξινόμηση : 39 67 87 87 100  
CIE Flux Codes : 21.0 / 20.9  
UGR 4H 8H : Electronic transformer  
Μηχανισμός ελέγχου : 34 W  
Ισχύς : 3500 lm  
Φωτεινή ροή

Διαστάσεις : Ø475 mm x 150 mm

### Εξοπλισμένο με

Ποσότητα : 1  
Ονομασία : LED  
Χρώμα : 830/3000K  
Αναπαραγωγή χρώματος >80



Durchmesser	Höhe
475	150

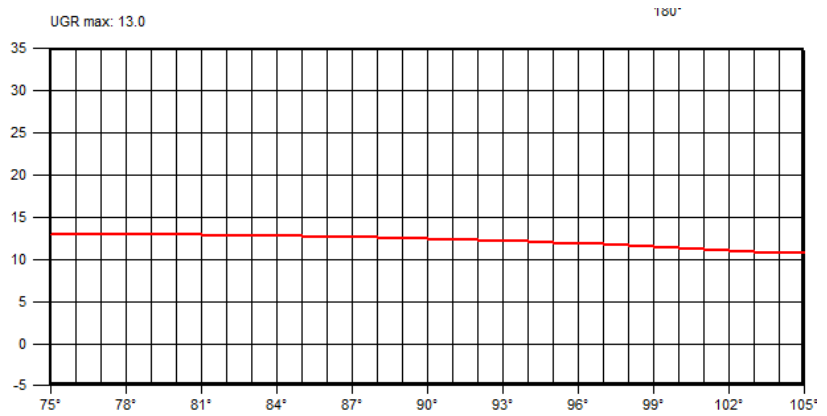
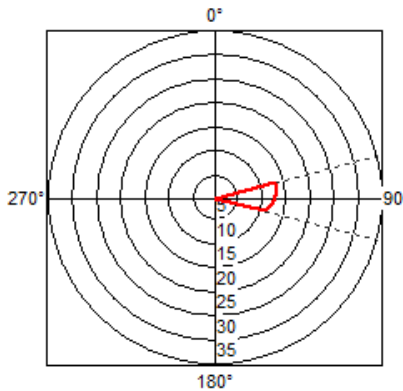
Alle Maßangaben sind in ca. mm / Abbildung kann ggf. abweichen

## **Παράρτημα Β**

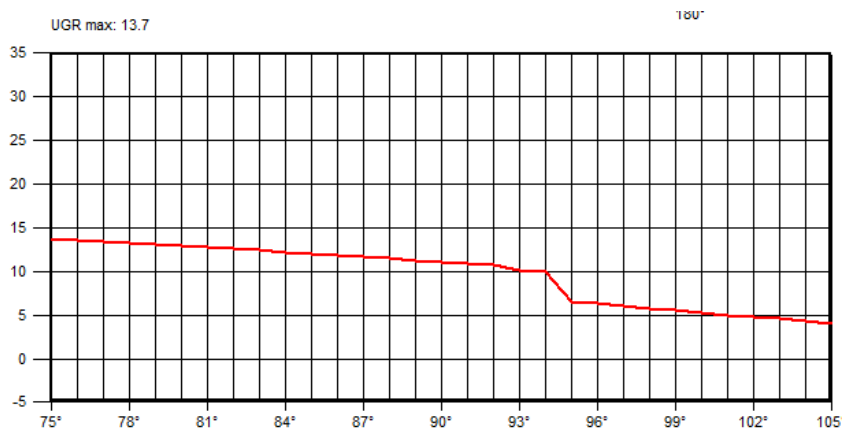
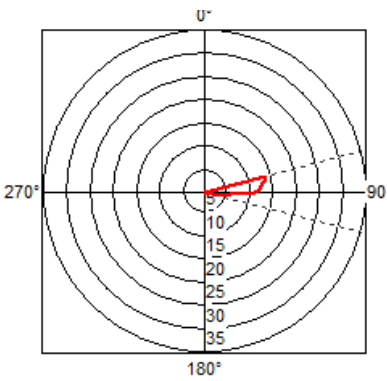
Στο παράρτημα Β, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τον δείκτη θάμβωσης UGR για κάθε διάταξη φωτιστικών σωμάτων όπως αυτά εξήχθησαν από το λογισμικό RELUX.

Διάταξη 1 – Γενικός χώρος του καταστήματος

**Παρατηρητής 1. – UGR1 :**

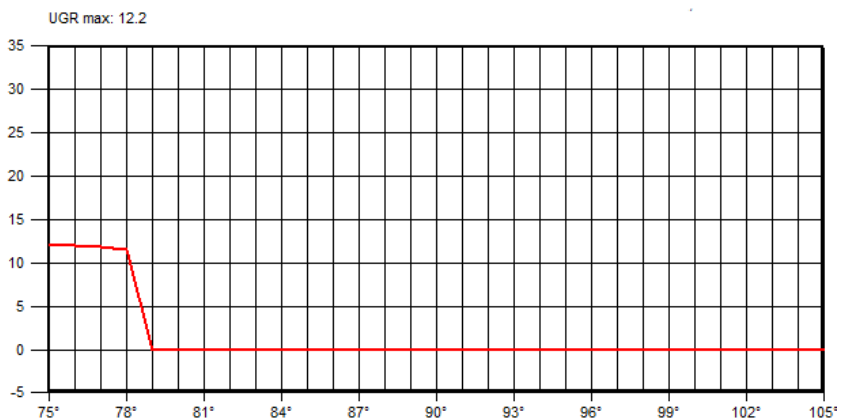
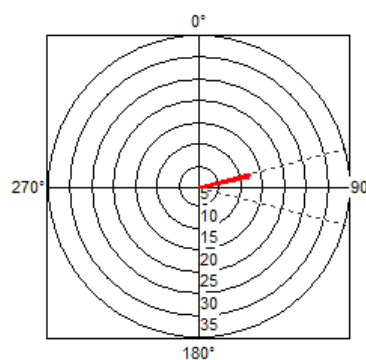


**Παρατηρητής 2. – UGR2 :**



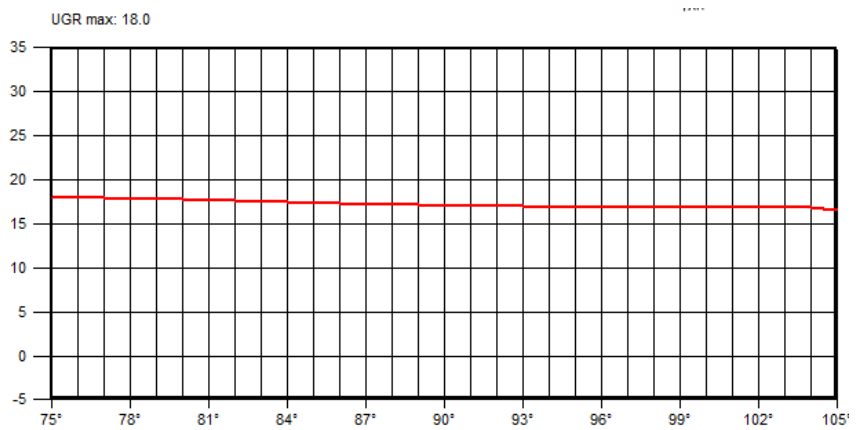
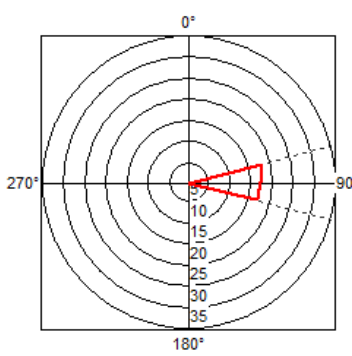
Διάταξη 2 – Γενικός χώρος του καταστήματος

**Παρατηρητής 1. – UGR1 :**



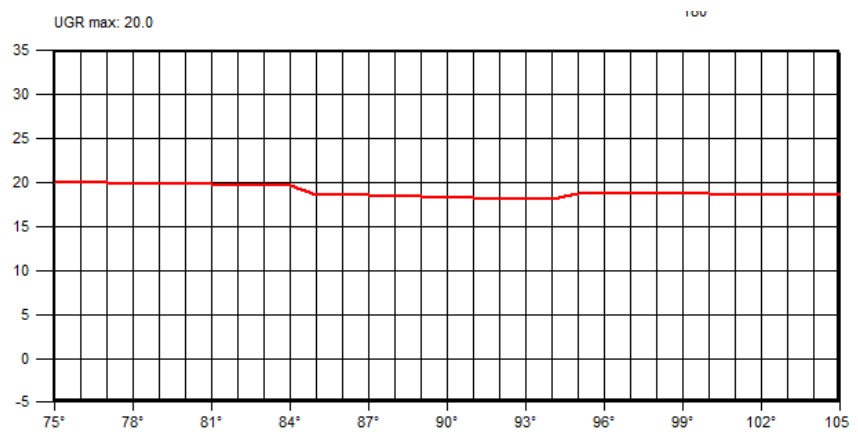
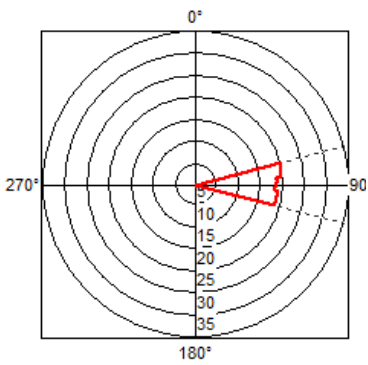


**Παρατηρητής 2. – UGR2 :**

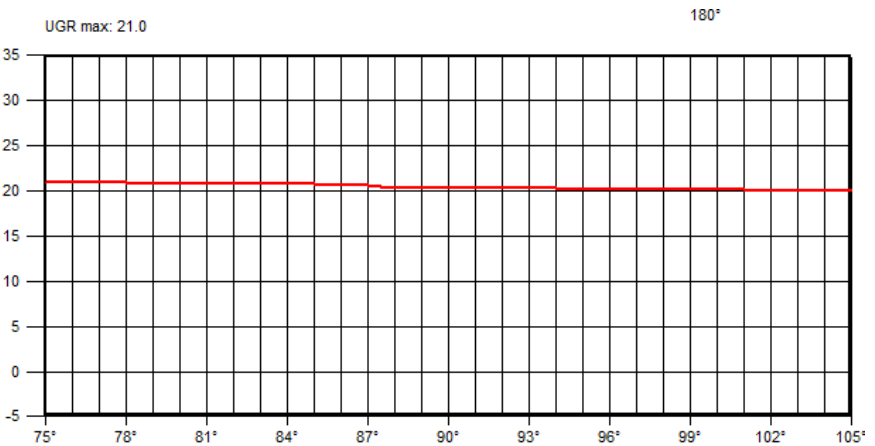
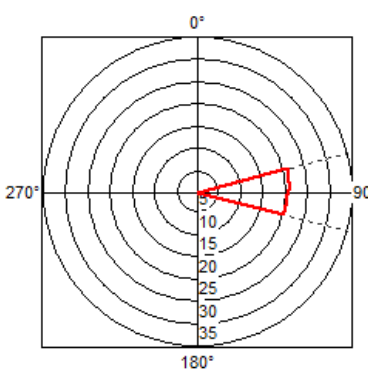


Διάταξη 3 – Γενικός χώρος του καταστήματος

**Παρατηρητής 1. – UGR1 :**

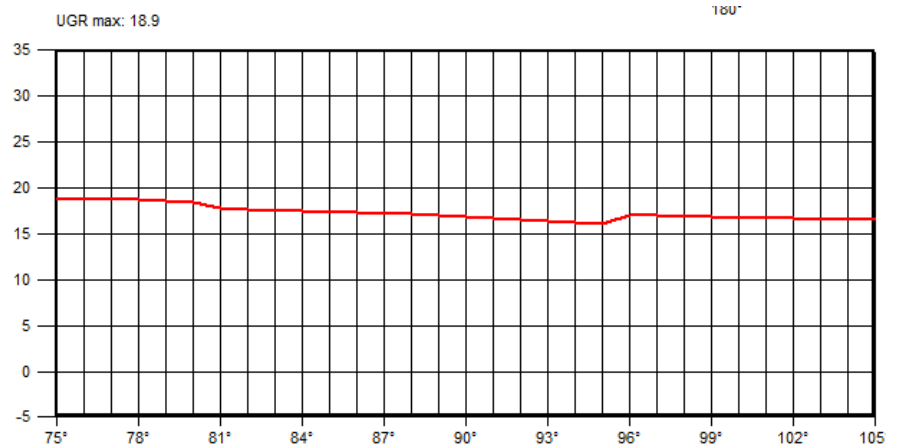
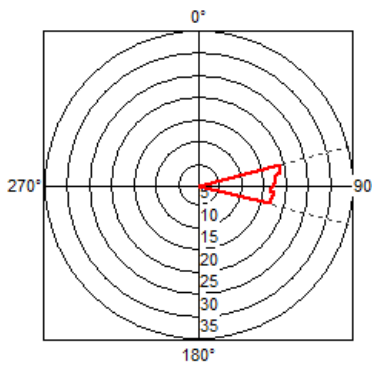


**Παρατηρητής 2. – UGR2 :**

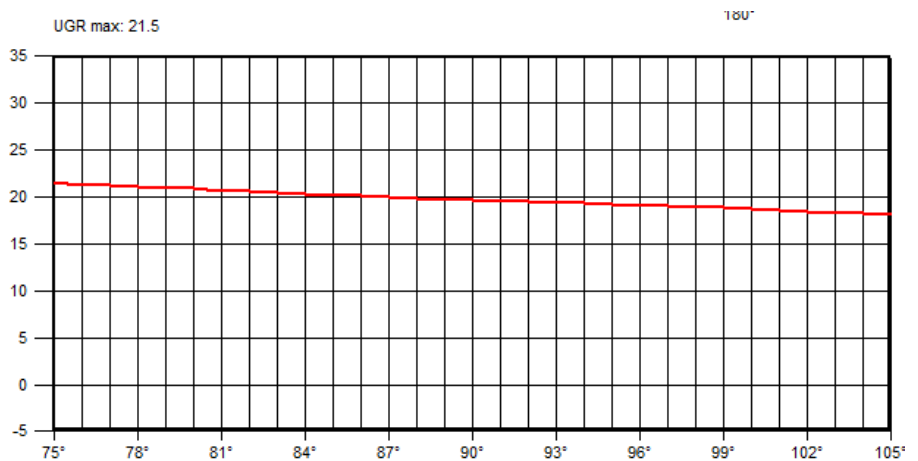
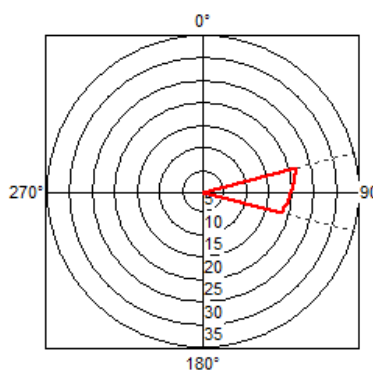


Διάταξη 4 – Γενικός χώρος του καταστήματος

**Παρατηρητής 1. – UGR1 :**

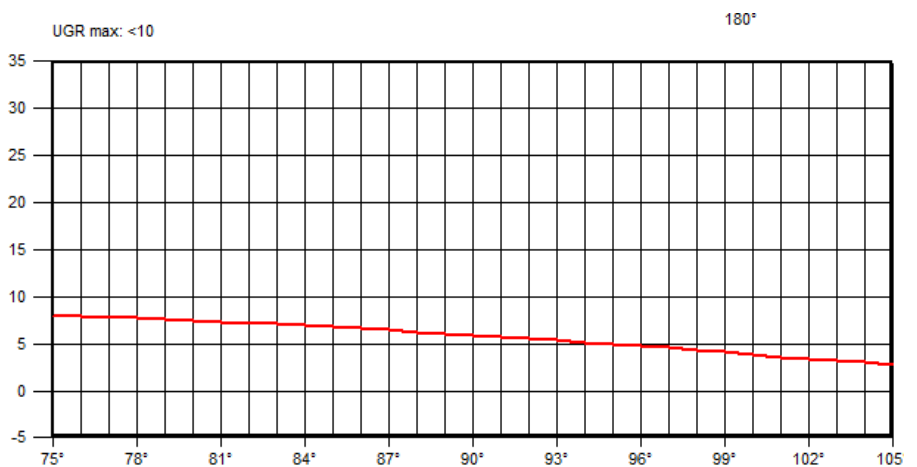
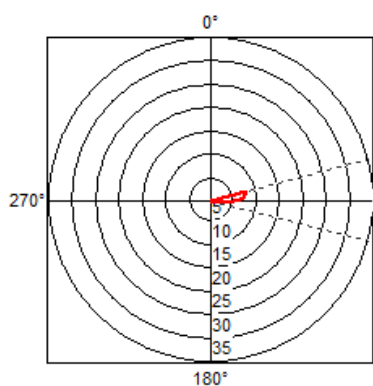


**Παρατηρητής 2. – UGR2 :**

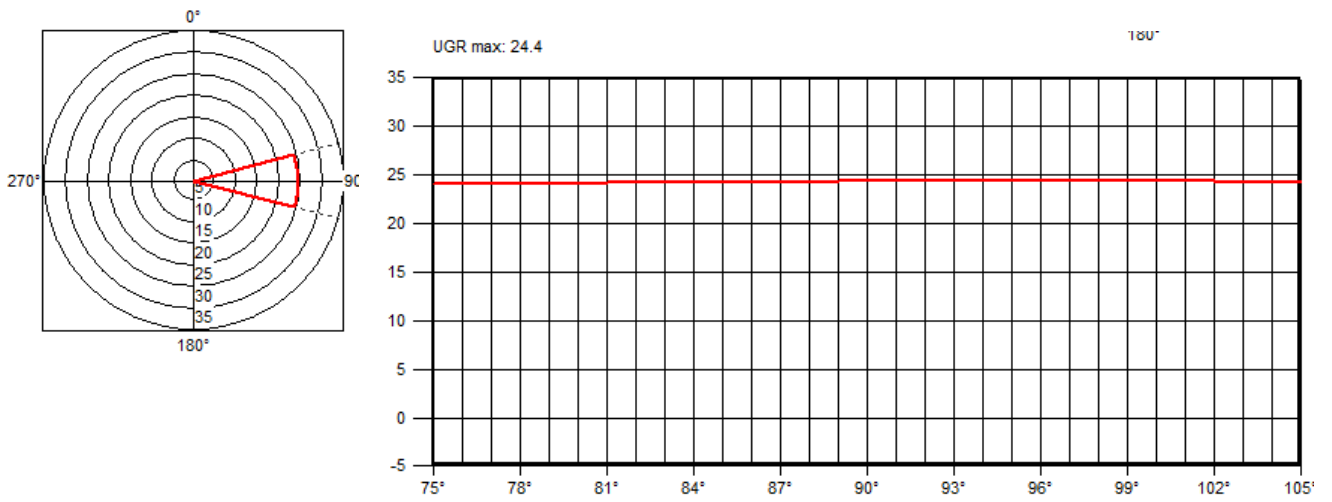


Διάταξη 5 – Γενικός χώρος του καταστήματος

**Παρατηρητής 1. – UGR1 :**

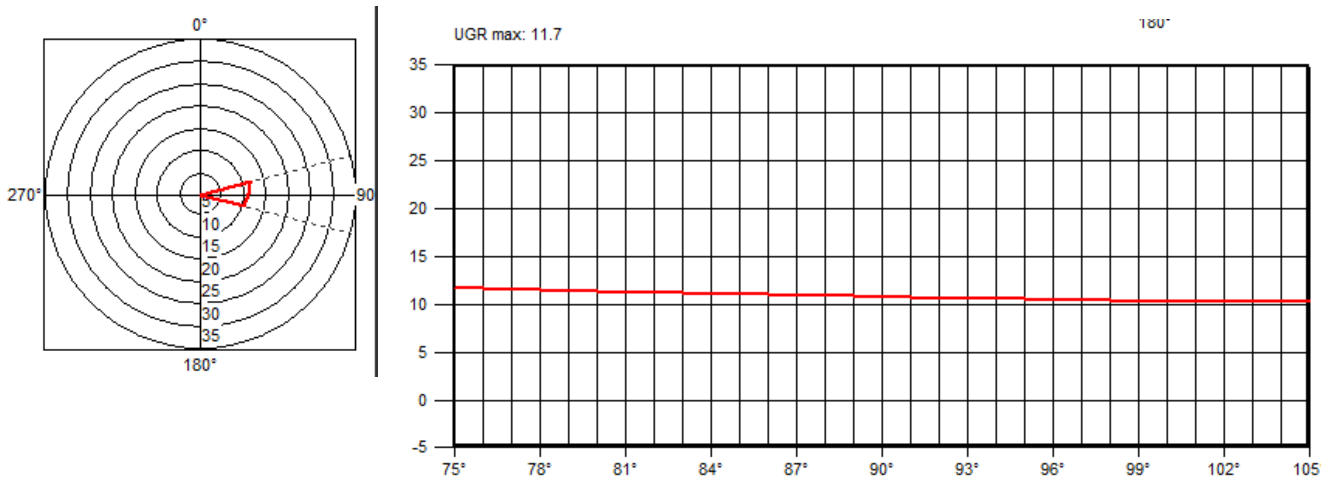


**Παρατηρητής 2. – UGR2 :**

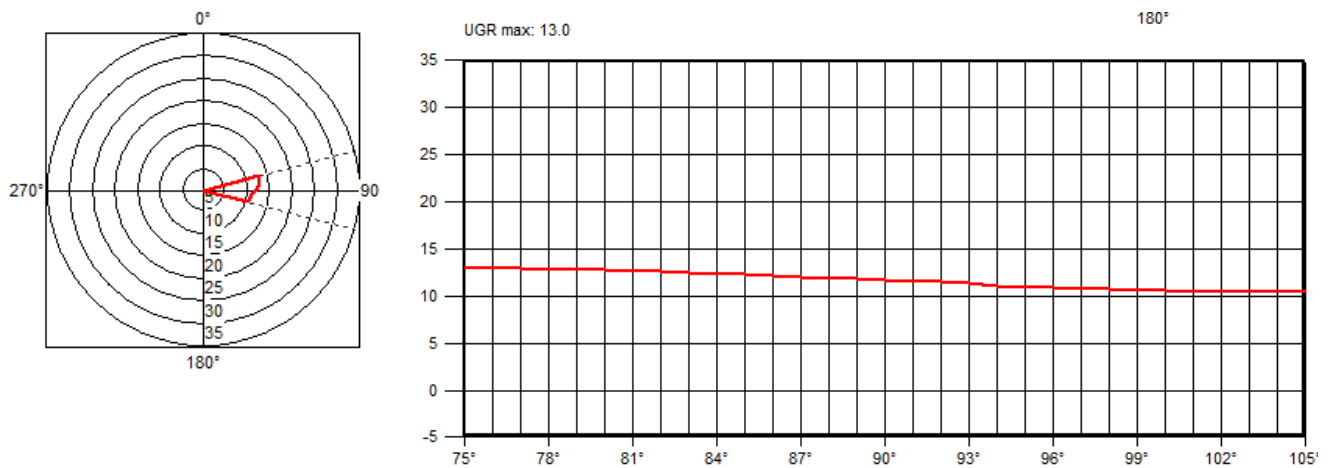


Διάταξη 6 – Γενικός χώρος του καταστήματος

**Παρατηρητής 1. – UGR1 :**

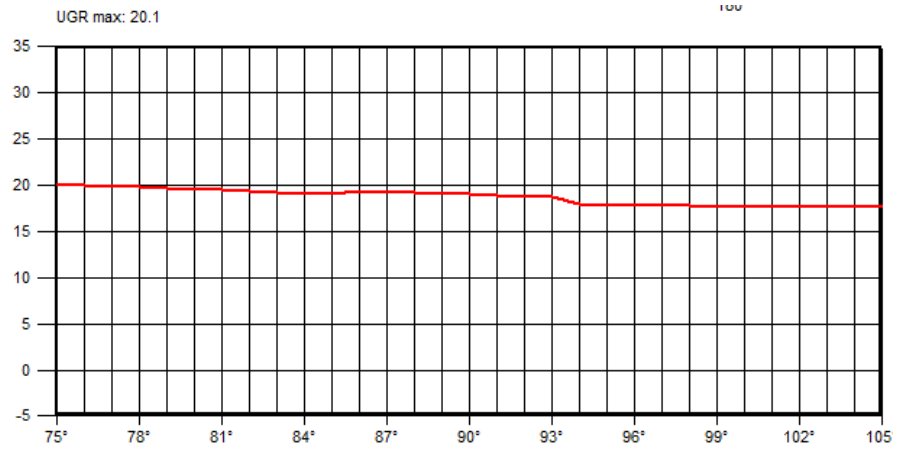
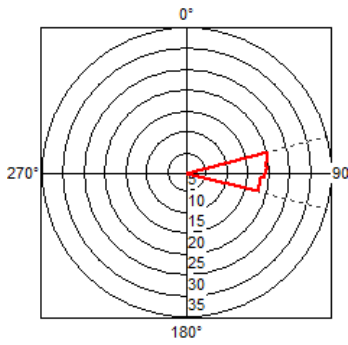


**Παρατηρητής 2. – UGR2 :**

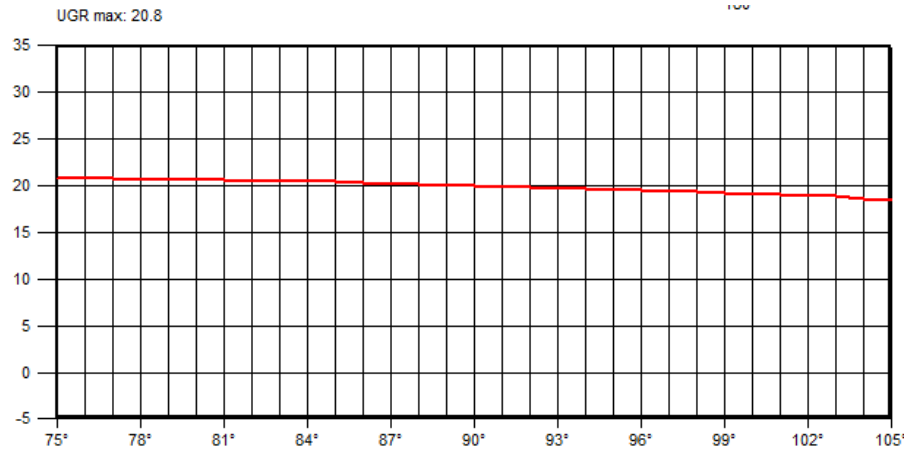
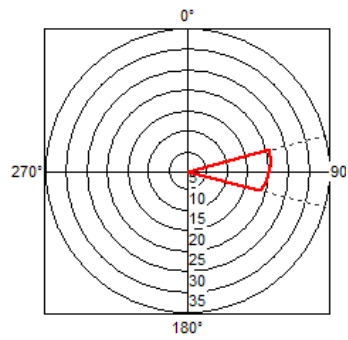


Διάταξη 7 – Γενικός χώρος του καταστήματος

**Παρατηρητής 1. – UGR1 :**

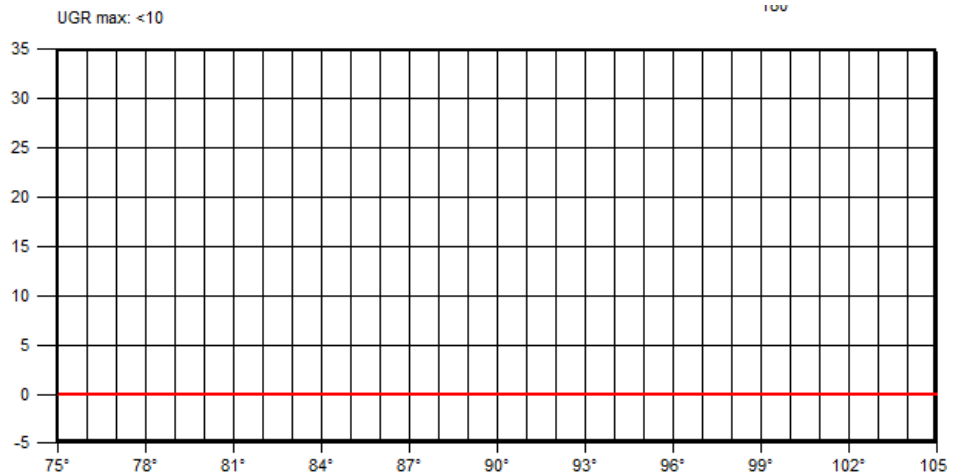
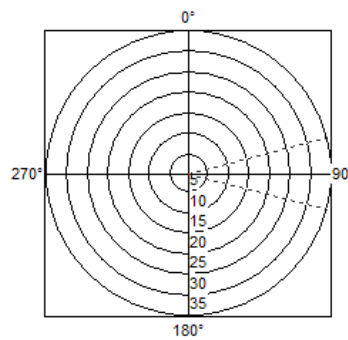


**Παρατηρητής 2. – UGR2 :**

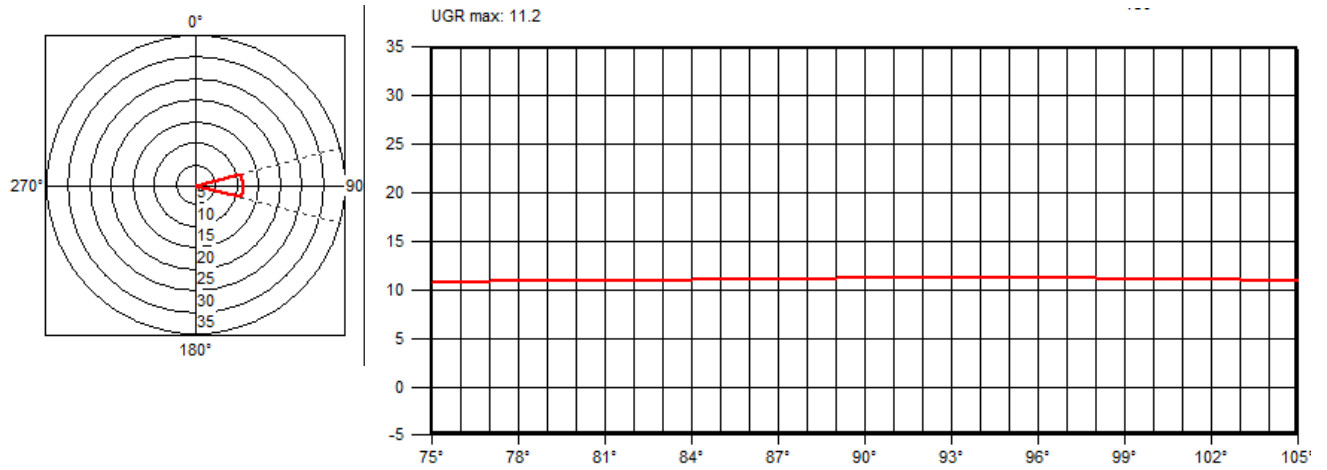


Διάταξη 8 – Γενικός χώρος του καταστήματος

**Παρατηρητής 1. – UGR1 :**

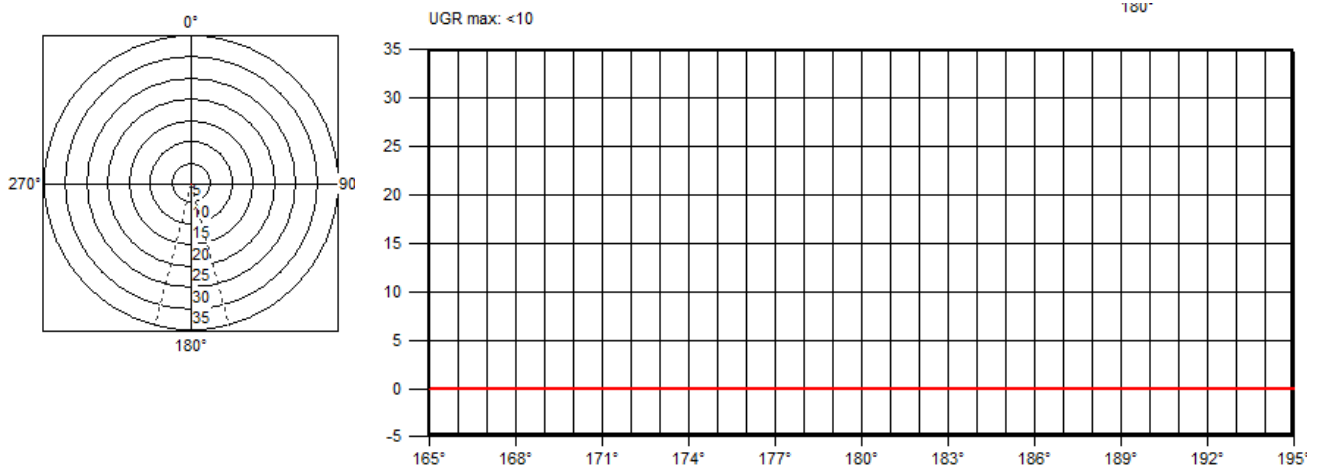


**Παρατηρητής 2. – UGR2 :**



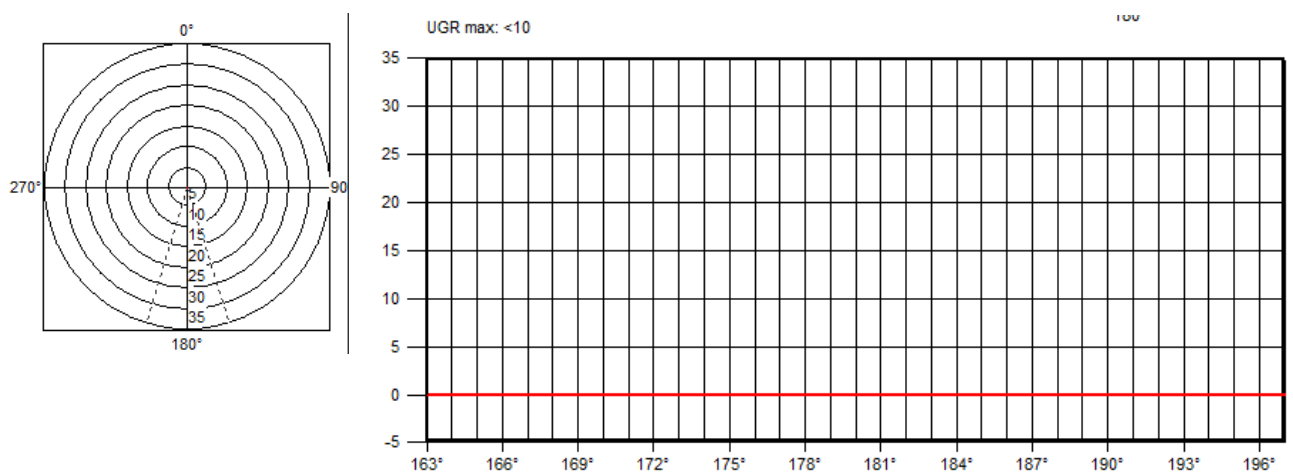
Διάταξη 1 – χώρος ταμείου του καταστήματος

**Παρατηρητής – UGR :**



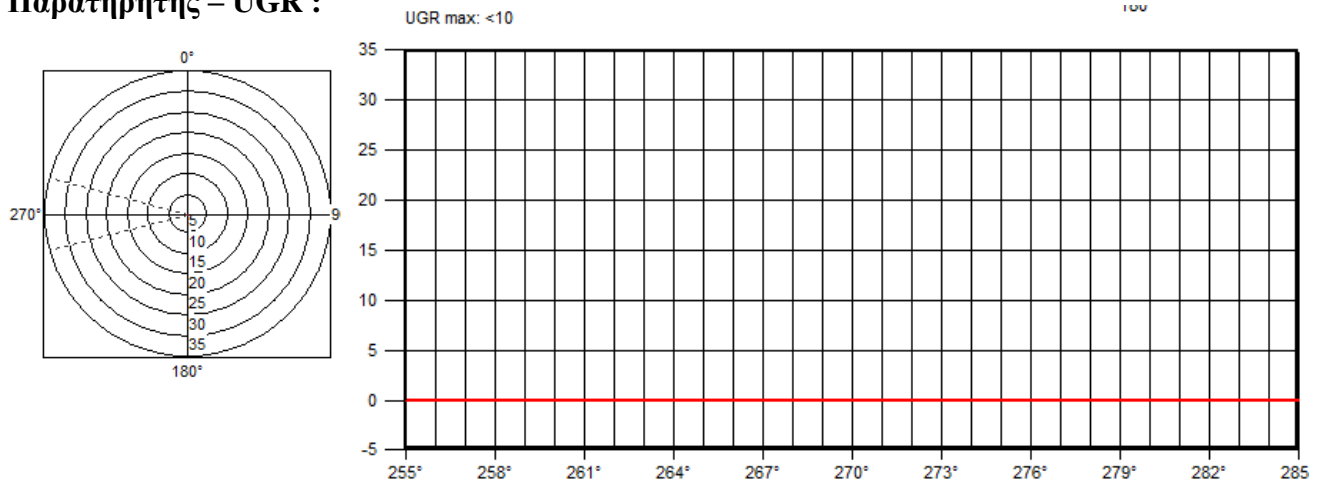
Διάταξη 2 – χώρος ταμείου του καταστήματος

**Παρατηρητής – UGR :**



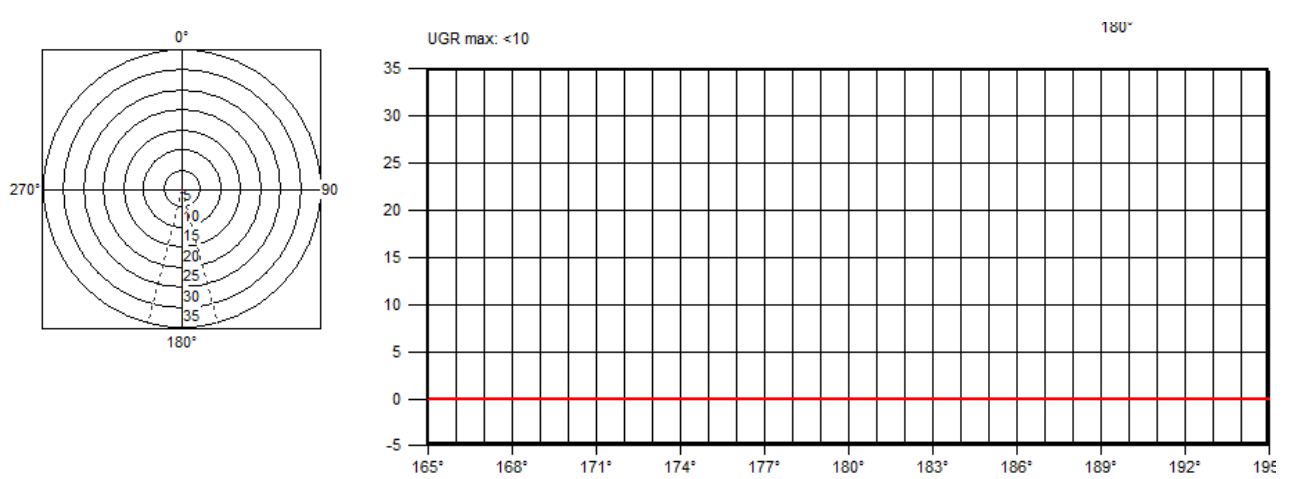
Διάταξη 3 – χώρος ταμείου του καταστήματος

**Παρατηρητής – UGR :**



Διάταξη 4 – χώρος ταμείου του καταστήματος

**Παρατηρητής – UGR :**



Διάταξη 5 – χώρος ταμείου του καταστήματος

**Παρατηρητής – UGR :**

