

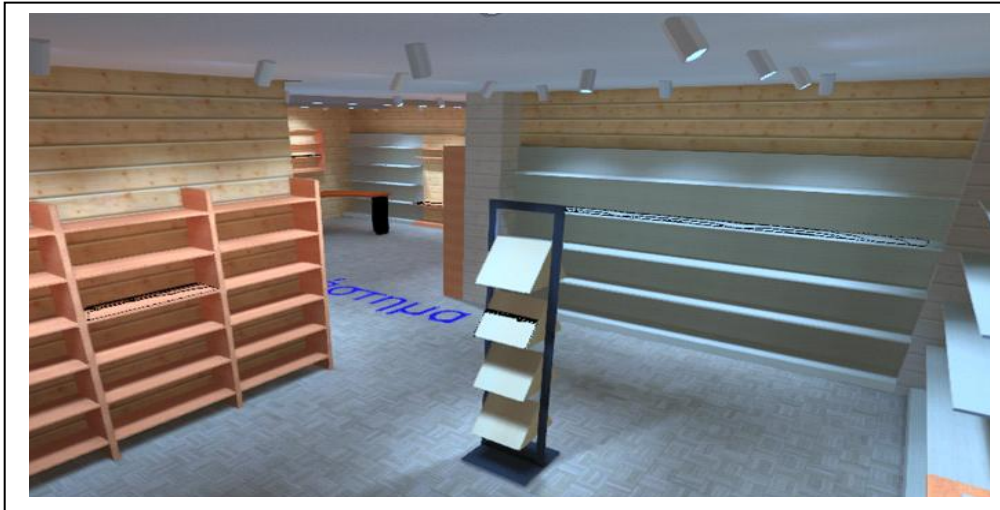


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Αξιολόγηση Συστημάτων Φωτισμού με τη Μέθοδο PROMETHEE



Φοιτητής: Σμυρναίος Ιωάννης
ΑΜ: 47391

Επιβλέπων Καθηγητής

Ιωαννίδης Γεώργιος
Καθηγητής

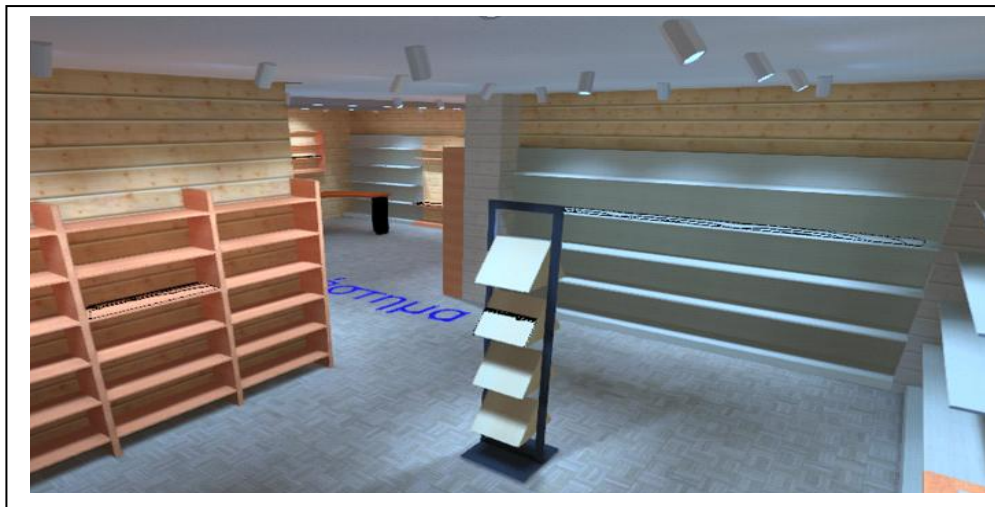
ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

Lighting Systems Evaluation using the PROMETHEE Method



Student: Smyrnaios Ioannis
Registration Number: 47391

Supervisor

Ioannidis Georgios
Professor

ATHENS-EGALEO, JUNE 2022

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΓΕΩΓΡΙΟΣ	ΨΩΜΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	ΚΑΡΑΙΣΑΣ ΠΕΤΡΟΣ
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Σμυρναίος Ιωάννης, Μήνας, 2021

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 τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Σμυρναίος Ιωάννη του Ανδρέα με αριθμό μητρώου 47391 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

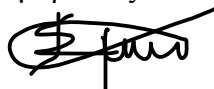
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή.»

Ο Δηλών

Σμυρναίος Ιωάννης



(Υπογραφή φοιτητή)

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μία γενική εισαγωγή για την έννοια του φωτισμού καθώς και το πως ο φωτισμός επηρεάζει τους ανθρώπους στην καθημερινή ζωή. Επιπλέον αναλύει βασικές έννοιες και εμβαθύνει στα είδη των λαμπτήρων ώστε να μπορούμε να κατανοήσουμε σε βάθος την εξέλιξη της διπλωματικής εργασίας. Στην συνέχεια επικεντρώνεται στον γενικό φωτισμό εμπορικών καταστημάτων και φαρμακείων πριν μπει στο κυρίως θέμα που είναι η μελέτη φωτισμού ενός φαρμακευτικού κέντρου με λαμπτήρες φωτοεκπεμπουσών διόδων (LED) και λαμπτήρες φθορισμού. Οι μελέτες που πραγματοποιεί επικεντρώνονται στον εστιασμένο φωτισμό, στον κρυφό φωτισμό και στον γενικό φωτισμό του φαρμακείου. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί για τις εν λόγω μελέτες είναι το Dialux evo. Καθώς οι μελέτες αποδίδουν αποτελέσματα αποδεκτά με παραπάνω από ένα είδος λαμπτήρων χρησιμοποιείται η μέθοδος promethe για να αποφασιστεί η καταλληλότερη διαρρύθμιση σύμφωνα με τις απαιτήσεις που θα οριστούν.

Λέξεις – κλειδιά

Dialux evo, μέθοδος promethe, φωτισμός, είδη λαμπτήρων, φωτισμός εμπορικών καταστημάτων, μελέτη φωτισμού.

Abstract

In this dissertation a general introduction is made to the concept of lighting as well as how lighting affects people in everyday life. In addition, basic concepts are analyzed and we delve into the types of lamps so that we can understand in depth the evolution of the dissertation. Then we focus on the general lighting of commercial stores and pharmacies before entering the main topic which is the lighting design of a pharmacy center with light-emitting diode (LED) and fluorescent lamps. The studies conducted focus on focused lighting, concealed lighting and general pharmacy lighting. The program used for this study is Dialux evo. As the study yields acceptable results with more than one type of lamp the promethe method is used to decide the most suitable layout according to the requirements to be defined.

Keywords

Dialux evo, promethe method, lighting, types of lamps, shop lighting, lighting design.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων.....	10
Κατάλογος Εικόνων	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.....	13
Σκοπός και στόχοι.....	13
Μεθοδολογία	13
Δομή 13	
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Εισαγωγή στον φωτισμό.....	15
1.1 Η έννοια του φωτός	15
1.2 Μικρή αναφορά στο αισθητήριο όρασης.....	16
1.3 Η επίδραση του φωτός στον άνθρωπο	17
1.4 Ανάλυση βασικών εννοιών	18
1.4.1 Φωτεινή ροή.....	18
1.4.2 Ένταση φωτισμού.....	18
1.4.3 Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)	19
1.4.4 Φωτεινή ένταση.....	19
1.4.5 Διαγράμματα κατανομής φωτεινής έντασης.....	20
1.4.6 Θερμοκρασία χρώματος	20
1.5 Κατηγοριοποίηση λαμπτήρων	21
1.5.1 Λαμπτήρες Πυρακτώσεως	21
1.5.2 Λαμπτήρες Φθορισμού	24
1.5.3 Λαμπτήρες Φωτοεκπεμπουσών Διόδων (LED)	26
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: Φωτισμός εμπορικών καταστημάτων	31
2.1 Σχεδιασμός φωτισμού.....	31
2.2 Φωτισμός φαρμακείων.....	36
2.2.1 Φωτισμός χώρων	37
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: Φωτοτεχνικής μελέτης μέσω του προγράμματος DialuxEvo	42
3.1 Περιγραφή χώρου.....	42
3.2 Παρουσίαση πρώτης πρότασης με φωτιστικά LED.....	46
3.2.1 Κατάλογος φωτιστικών	46
3.2.2 Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης.....	49
3.2.3 Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης	50
3.2.4 Εξέταση μέσης ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	52
3.2.5 Συμπέρασμα πρώτης μελέτης	53
3.3 Παρουσίαση δεύτερης πρότασης με φωτιστικά LED	54
3.3.1 Κατάλογος φωτιστικών	55
3.3.2 Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης.....	58
3.3.3 Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης	58
3.3.4 Εξέταση μέσης ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	61
3.3.5 Συμπέρασμα δεύτερης μελέτης.....	62
3.4 Παρουσίαση τρίτης πρότασης με φωτιστικά LED.....	63
3.4.1 Κατάλογος φωτιστικών	64
3.4.2 Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης.....	65
3.4.3 Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης	66
3.4.4 Εξέταση μέσης ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	69
3.4.5 Συμπέρασμα τρίτης μελέτης	70
3.5 Παρουσίαση τέταρτης πρότασης με φωτιστικά LED	71

3.5.1	Κατάλογος φωτιστικών	71
3.5.2	Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης.....	73
3.5.3	Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης	74
3.5.4	Εξέταση μέσης ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	77
3.5.5	Συμπέρασμα τέταρτης μελέτης	78
3.6	Παρουσίαση πέμπτης πρότασης με φωτιστικά φθορισμού.....	79
3.6.1	Κατάλογος φωτιστικών	79
3.6.2	Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης.....	84
3.6.3	Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης	84
3.6.4	Εξέταση μέσης ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	87
3.6.5	Συμπέρασμα πέμπτης μελέτης	88
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Μέθοδος PROMETHE.....	89
4.1	Χρησιμότητα της μεθόδου και βασικές έννοιες.....	89
4.2	Μαθηματικό υπόβαθρο μεθόδου.....	90
4.3	Σύγκριση αποτελεσμάτων με τη βοήθεια της PROMETHE.....	96
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	102
6	Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές	103

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Σύγκριση φωτεινής απόδοσης λαμπτήρων, (Κωνσταστίνο, 2016).....	30
Πίνακας 1.2: Σύγκριση Δείκτη χρωματικής απόδοσης λαμπτήρων, (Κωνσταστίνο, 2016)...	30
Πίνακας 2.1: Πρότυπο EN:12.4.64, (techlumen, 2013-2019)	37
Πίνακας 3.1: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων.....	51
Πίνακας 3.2: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων.....	60
Πίνακας 3.3: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων.....	68
Πίνακας 3.4: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων.....	76
Πίνακας 3.5: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων.....	86
Πίνακας 3.6: Συγκριτικός πίνακας τιμών.....	88

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1.1: Φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Σταμπούλης Ευστράτιος, 2017)	15
Εικόνα 1.1.2: Ανατομία ματιού (Παναγιώτης, 2016).....	16
Εικόνα 1.3: Βασικά φωτομετρικά μεγέθη, (Δήμου, χ.χ.)	18
Εικόνα 1.1.4: Δείκτης χρωματικής απόδοσης, (Χατζιραντος, 2021).....	19
Εικόνα 1.1.5: Φωτεινή ένταση, (Αικατερίνη, 2020)	19
Εικόνα 1.1.6: Διάγραμμα πολικής κατανομής φωτεινής έντασης, (Φραγκίσκος Β.Τοπαλής, 2020)	20
Εικόνα 1.1.7: θερμοκρασίες χρωμάτων, (Χατζιραντος, 2021).....	20
Εικόνα 1.1.8: Λαμπτήρας Πυράκτωσης, (Βικιπαίδεια, 2021).....	21
Εικόνα 1.1.9: Μέρη του λαμπτήρα πυράκτωσης, (Βικιπαίδεια, 2021).....	22
Εικόνα 1.1.10: Συνηθέστεροι τύποι βάσεων λαμπτήρων πυράκτωσης, (Φραγκίσκος Β.Τοπαλής, 2020)	23
Εικόνα 1.1.11: Λαμπτήρες φθορισμού.....	24
Εικόνα 1.1.12: Εκκινητής λαμπτήρων φθορισμού - starter.....	25
Εικόνα 1.1.13: Αναπαράσταση συνδεσμολογίας λαμπτήρα φθορισμού, (Φραγκίσκος Β.Τοπαλής, 2020)	25
Εικόνα 1.1.14: Αναπαράσταση λειτουργίας λαμπτήρα φθορισμού.....	25
Εικόνα 1.1.15: Εσωτερικό LED	27
Εικόνα 2.1: Διάγραμμα IESNA αναλογίας έντασης γενικού φωτισμού και φωτισμού ανάδειξης για τις 3 κατηγορίες.....	33
Εικόνα 2.2: Μοτίβο γενικού φωτισμού	34
Εικόνα 2.3: Μοτίβο ειδικού φωτισμού.....	34
Εικόνα 2.4: Μοτίβο ευέλικτου φωτισμού.....	35
Εικόνα 2.5: Χωνευτά φωτιστικά οροφής (downlights).....	35
Εικόνα 2.6: Χωνευτά ρυθμιζόμενα φωτιστικά οροφής.....	35
Εικόνα 2.7: Φωτιστικά ράγας	35
Εικόνα 2.8: Φωτισμός πάγκου εργασίας φαρμακείου	38
Εικόνα 2.9: Φωτισμός διαδρόμου.....	39
Εικόνα 2.10: (α) Φωτιστικά ράγας, (β) Σποτ με περιστρεφόμενη βάση, (e-fwtistika, 2021).....	40
Εικόνα 2.11: Ράφια φαρμακείου φωτιζόμενα με ταινία LED, (Savoroulos, 2019).....	40
Εικόνα 2.12: Ταινία LED μέσα σε προφίλ αλουμινίου.....	41
Εικόνα 3.1: Λογότυπο Dialux	42
Εικόνα 3.2: Κεντρικός χώρος καταστήματος.....	43
Εικόνα 3.3: Χώρος εργαστηρίου	43
Εικόνα 3.4: Control Room.....	43
Εικόνα 3.5: (α) Γραφείο, (β) W/C.....	44
Εικόνα 3.6: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της πρώτης μελέτης σε 3D αναπαράσταση.....	46
Εικόνα 3.7: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	46

Εικόνα 3.8: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	47
Εικόνα 3.9: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	47
Εικόνα 3.10: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	48
Εικόνα 3.11: Κατάλογος φωτιστικών πρώτης μελέτης.....	48
Εικόνα 3.12: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος.....	49
Εικόνα 3.13: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux	49
Εικόνα 3.14: Περιοχές της οπτικής εργασίας.....	50
Εικόνα 3.15: Γραφική αναπαράσταση της έντασης φωτισμού της πρώτης μελέτης στον πάγκο εργασίας.....	50
Εικόνα 3.16: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	52
Εικόνα 3.17: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	53
Εικόνα 3.18: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	53
Εικόνα 3.19: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx.....	53
Εικόνα 3.20: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της δεύτερης μελέτης σε 3D αναπαράσταση.	55
Εικόνα 3.21: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	55
Εικόνα 3.22: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	56
Εικόνα 3.23: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	56
Εικόνα 3.24: Κατάλογος φωτιστικών δεύτερης μελέτης.....	57
Εικόνα 3.25: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος.....	57
Εικόνα 3.26: Γραφική απεικόνιση θέσεων φωτιστικών σωμάτων.....	58
Εικόνα 3.27: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux.....	58
Εικόνα 3.28: Περιοχές της οπτικής εργασίας.....	59
Εικόνα 3.29: Γραφική αναπαράσταση της έντασης φωτισμού της δεύτερης μελέτης στον πάγκο εργασίας. ..	59
Εικόνα 3.30: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	61
Εικόνα 3.31: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	61
Εικόνα 3.32: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	62
Εικόνα 3.33: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx.....	62
Εικόνα 3.34: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της τρίτης μελέτης σε 3D αναπαράσταση.	63
Εικόνα 3.35: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	64
Εικόνα 3.36: Κατάλογος φωτιστικών τρίτης μελέτης.....	64
Εικόνα 3.37: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος.....	65
Εικόνα 3.38: Γραφική απεικόνιση θέσεων φωτιστικών σωμάτων.....	65
Εικόνα 3.39: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux.....	66
Εικόνα 3.40: Περιοχές της οπτικής εργασίας.....	66
Εικόνα 3.41: Γραφική αναπαράσταση της έντασης φωτισμού της τρίτης μελέτης στον πάγκο εργασίας.	67
Εικόνα 3.42: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	69
Εικόνα 3.43: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	69
Εικόνα 3.44: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	70
Εικόνα 3.45: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx.....	70
Εικόνα 3.46: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της τέταρτης μελέτης σε 3D αναπαράσταση.....	71

Εικόνα 3.47: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	72
Εικόνα 3.48: Κατάλογος φωτιστικών τέταρτης μελέτης.....	72
Εικόνα 3.49: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος.....	73
Εικόνα 3.50: Γραφική απεικόνιση θέσεων φωτιστικών σωμάτων.....	73
Εικόνα 3.51: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux	74
Εικόνα 3.52: Περιοχές της οπτικής εργασίας.....	74
Εικόνα 3.53: Γραφική αναπαράσταση της έντασης φωτισμού της τέταρτης μελέτης στον πάγκο εργασίας... ..	75
Εικόνα 3.54: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	77
Εικόνα 3.55: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα	77
Εικόνα 3.56: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα	78
Εικόνα 3.57: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx	78
Εικόνα 3.58: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της πέμπτης μελέτης σε 3D αναπαράσταση.....	79
Εικόνα 3.59: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	80
Εικόνα 3.60: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	80
Εικόνα 3.61: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	81
Εικόνα 3.62: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	81
Εικόνα 3.63: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός	82
Εικόνα 3.64: Κατάλογος φωτιστικών πέμπτης μελέτης.....	82
Εικόνα 3.65: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος.....	83
Εικόνα 3.66: Γραφική απεικόνιση θέσεων φωτιστικών σωμάτων.....	84
Εικόνα 3.67: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux.....	84
Εικόνα 3.68: Περιοχές της οπτικής εργασίας.....	85
Εικόνα 3.69: Γραφική αναπαράσταση της έντασης φωτισμού της πέμπτης μελέτης στον πάγκο εργασίας. ...	85
Εικόνα 3.70: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα.....	87
Εικόνα 3.71: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα	87
Εικόνα 3.72: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα	88
Εικόνα 3.73: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx	88
Εικόνα 4.1: Απεικόνιση συνάρτησης $H(d)$	91
Εικόνα 4.2: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(\alpha)$	92
Εικόνα 4.3: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$	92
Εικόνα 4.4: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$	93
Εικόνα 4.5: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$	94
Εικόνα 4.6: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$	95
Εικόνα 4.7: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$	95
Εικόνα 4.8: Πρόγραμμα PROMETHEE με ίσες βαρύτητες.....	98
Εικόνα 4.9: Πρόγραμμα PROMETHEE αποτελέσματα ίσως βαρυτήτων Walking Weights.....	98
Εικόνα 4.10: Πρόγραμμα PROMETHEE αποτελέσματα ίσως βαρυτήτων Ranking.....	99
Εικόνα 4.11: Πρόγραμμα PROMETHEE άνισες βαρύτητες.....	100
Εικόνα 4.12: Πρόγραμμα PROMETHEE αποτελέσματα άνισων βαρυτήτων Walking Weights.....	100
Εικόνα 4.13: Πρόγραμμα PROMETHEE αποτελέσματα άνισων βαρυτήτων Ranking.....	101

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο φωτισμός είναι ένα θέμα που έχει απασχολήσει γενιές και γενιές και συνεχίζει μέχρι και σήμερα ν' απασχολεί από απλούς πολίτες μέχρι και επιστήμονες. Ο φωτισμός έχει μπει στην ζωή μας για τα καλά και επηρεάζει την καθημερινότητα του κάθε ανθρώπου, γι' αυτό η τεχνολογία φωτισμού αποτελεί ένα πολύ ενδιαφέροντα κλάδο ο οποίος ανθεί στις μέρες μας και όλο και περισσότεροί μελετητές στρέφονται προς αυτόν.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την πλήρη φωτοτεχνική μελέτη ενός φαρμακευτικού κέντρου με δύο διαφορετικούς τύπους λαμπτήρα (φθορισμού και LED). Εν συνεχεία, συγκρίνει τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν μέσω λογισμικού προσομοίωσης απ' όπου οδηγείτε στην βέλτιστη λύση φωτισμού του υπό μελέτη φαρμακευτικού κέντρου. Καθώς το είδος του φωτισμού σε συνδυασμό με το κόστος και την κατανάλωση ενέργειας βρίσκονται στο επίκεντρο των σκέψεων ανθρώπων που ανοίγουν ή ανακαινίζουν καταστήματα και πιο συγκεκριμένα φαρμακεία, η εν λόγω εργασία είναι αρωγός σε αυτή τη νέα αρχή.

Σκοπός και στόχοι

Ο σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι να γίνει κατανοητή η αξία του τεχνητού φωτισμού στον ψυχικό κόσμο του ανθρώπου, καθώς και πως αυτός επιδρά πάνω στην αγοραστική συμπεριφορά του τελευταίου. Στόχος είναι μέσα από τη μελέτη να καταλήξει ο πελάτης στη βέλτιστη επιλογή φωτισμού και συνάμα στον τύπο των λαμπτήρων που πρέπει να χρησιμοποιήσει σ' ένα κατάστημα ανάλογα με τις απαιτήσεις του κι ειδικότερα σ' ένα φαρμακείο.

Μεθοδολογία

Αρχικά έγινε μία γενική εισαγωγή στο φωτισμό, σε κάποιες βασικές έννοιες και στην κατηγοριοποίηση των λαμπτήρων. Στη συνέχεια εστίασε στον γενικό φωτισμό των καταστημάτων και πιο συγκεκριμένα σε φαρμακεία. Ακολούθως μέσω του προγράμματος Dialux Eno έγινε 3D σχεδίαση του χώρου που επρόκειτο να μελετηθεί. Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα πραγματοποιήθηκαν 5 διαφορετικές μελέτες και έγινε εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Τέλος, μέσω της μεθόδου Promethee συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα από τις μελέτες ούτως ώστε να βρεθεί η βέλτιστη λύση του προβλήματος.

Δομή

Στο πρώτο κεφάλαιο, θα αναλυθεί η έννοια του φωτός καθώς και ορισμένες βασικές έννοιες γύρω από την επιστήμη του φωτισμού που θα βοηθήσουν να γίνουν κατανοητά σε βάθος τα όσα θα αναφερθούν. Επιπροσθέτως, θα γίνει μια κατηγοριοποίηση των λαμπτήρων που συναντώνται σήμερα στην αγορά, καθώς και εμβάθυνση στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και λειτουργίες κάποιων εξ' αυτών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρονται τα επίπεδα που βρίσκεται ο φωτισμός εμπορικών καταστημάτων σύμφωνα με μελέτες, και πιο συγκεκριμένα το ποσοστό της ενέργειας που αντιστοιχεί στον φωτισμό, οι συνηθέστερες επιλογές ειδών λαμπτήρων, τα πρότυπα

φωτισμού εμπορικών χώρων κλπ. Στη συνέχεια, θα εστιάσει στα φαρμακευτικά κέντρα αναλύοντας τον ορθό φωτισμό για κάθε χώρο του καταστήματος.

Εν συνεχεία, στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται χρήση του προγράμματος DialuxEvo, πρόγραμμα προσομοίωσης, για μελέτες φωτισμού. Εδώ, αρχικά αφού παρουσιαστεί ο χώρος σε 3D σχεδίαση και τα φωτιστικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, ακολουθούν αναλυτικά οι θέσεις των εν λόγω φωτιστικών, μαζί με τα αποτελέσματα της εκάστοτε μελέτης. Η διαδικασία θα επαναληφθεί για δύο είδη λαμπτήρων σε συνολικά πέντε διαφορετικές μελέτες φωτισμού.

Το τέταρτο κεφάλαιο της διπλωματικής, αφορά τη μέθοδος PROMETHEE, μία μαθηματική μέθοδο εύρεσης βέλτιστης λύσης αναλόγως των βαρών των κριτηρίων που ορίζονται ως παράμετροι. Η μέθοδος αυτή θα μας δείξει την επιλογή λαμπτήρων και του τρόπου τοποθέτησης αυτών βάσει της μελέτης μέσω του DialuxEvo.

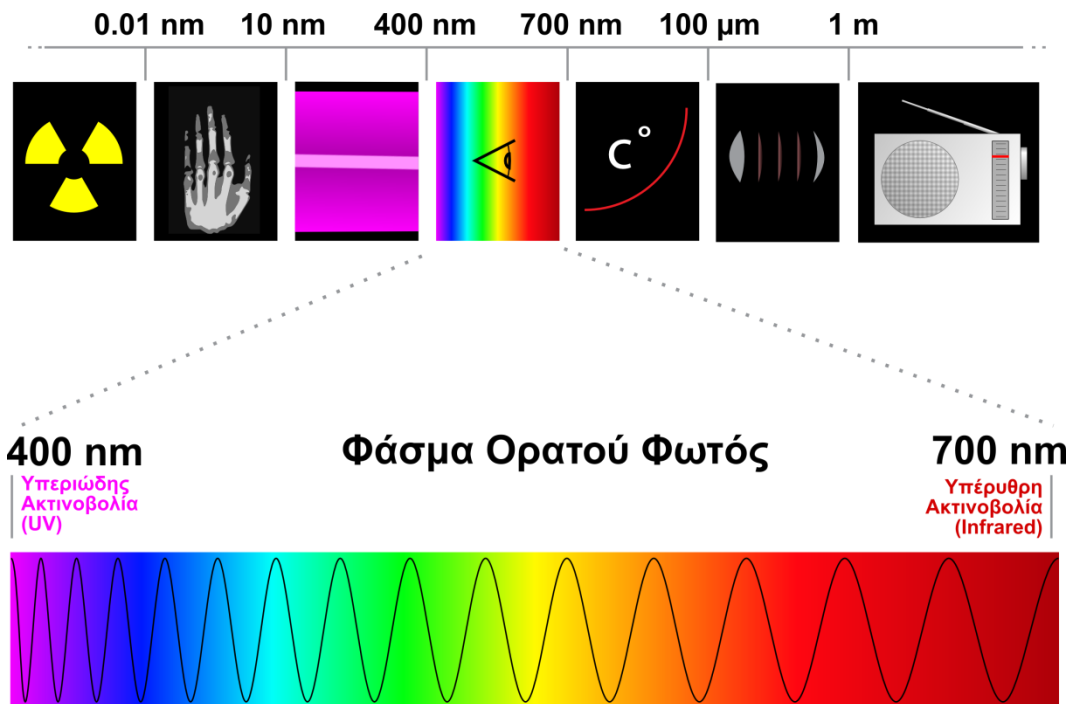
Η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο, όπου παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν μέσα από τις μελέτες φωτισμού.

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Εισαγωγή στον φωτισμό

Ο φωτισμός είναι μία ευρέως διαδεδομένη έννοια στην σημερινή εποχή, η οποία επιφέρει μεγάλες επιπτώσεις στην καθημερινότητα του ανθρώπου, τόσο σε σωματικό όσο και σε ψυχολογικό επίπεδο. Επομένως, κρίνεται σκόπιμο το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας να εμβαθύνει και να αναλύσει τη γενικότερη έννοια του φωτισμού.

1.1 Η έννοια του φωτός

Φως ή αλλιώς ορατό φως είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μπορεί να ανιχνεύσει το ανθρώπινο μάτι, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 400nm που είναι το ιώδες χρώμα, έως και τα 700nm όπου συναντάται το κυανό. Στην εικόνα που ακολουθεί, μέσα στο φάσμα των 400 - 700nm εμφανίζονται όλοι οι χρωματισμοί που μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο αισθητήριο που ονομάζεται μάτι.

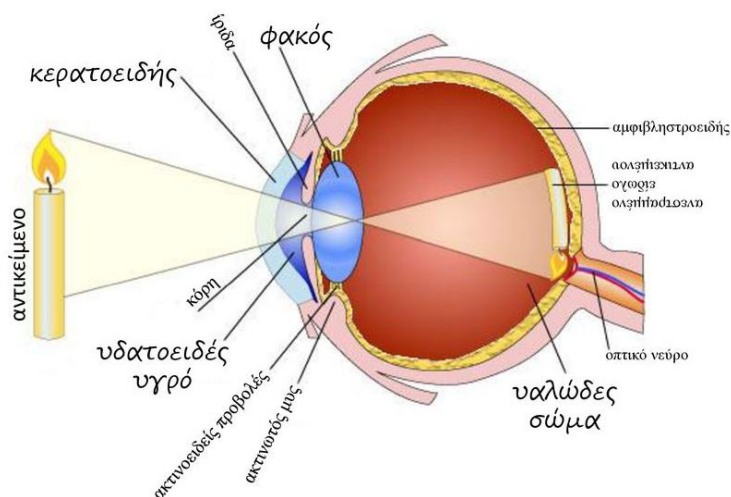


Εικόνα 1.1.1: Φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Σταμπούλης Ευστράτιος, 2017)

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως το ορατό φως αποτελεί μονάχα ένα πολύ μικρό μέρος του εύρους της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που συναντάται στο σύμπαν. Έτσι, εύκολα γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει ακτινοβολία και σε άλλα μήκη κύματος, πέρα από το ορατό φάσμα, που δεν είναι ορατή από το γυμνό μάτι. Συγκεκριμένα, ακτινοβολία με μήκος κύματος κάτω από 400nm ονομάζεται υπεριώδης, ενώ ακτινοβολία με μήκος κύματος πάνω από 700nm ονομάζεται υπέρυθη (Βικιπαίδεια, 2021), (instrumend, 2021).

1.2 Μικρή αναφορά στο αισθητήριο όρασης

Στην προηγούμενη ενότητα έγινε λόγος για το ανθρώπινο αισθητήριο χάρη στο οποίο οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται την ύπαρξη του φωτός στο περιβάλλον γύρω τους, το μάτι. Η ακτινοβολία του φωτός αναπηδά από αντικείμενο σε αντικείμενο και ανάλογα με το φως που ανακλάει πάνω του οδηγεί στα μάτια μας την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία με την συνεργασία των διαφόρων οργάνων του ματιού και του εγκεφάλου την μετατρέπει σε εικόνα και χρωματισμό. Στις επόμενες γραμμές πρόκειται να γίνει μία μικρή ανάλυση σχετικά με την κατασκευή του ανθρώπινου ματιού.



Εικόνα 1.1.2: Ανατομία ματιού (Παναγιώτης, 2016)

Ξεκινώντας την ανάλυση απ' το εμπρόσθιο εσωτερικό του ματιού και προχωρώντας από έξω προς τα μέσα, το πρώτο σημείο που συναντάμε είναι ο κερατοειδής αδένας. Ο αδένας αυτός επικαλύπτει την κόρη του ματιού, που είναι ουσιαστικά μία τρύπα μέσω της οποίας γίνεται η είσοδος του φωτός στο μάτι. Πίσω από την κόρη εντοπίζεται η ίριδα και τέλος ο φακός, που είναι υπεύθυνος για την προβολή ενός κατόπτρου της εξωτερικής εικόνας που βλέπουμε στο πίσω μέρος του ματιού, ανεστραμμένο. Έπειτα, προχωρώντας στο πίσω μέρος του ματιού βρίσκεται μία μεμβράνη ευαίσθητη στο φως. Αυτή η μεμβράνη ονομάζεται αμφιβληστροειδής αδένας και είναι το σημείο που προβάλλεται η εικόνα. Ο αμφιβληστροειδής απαρτίζεται από πάρα πολλά νευρικά κύτταρα που το σύνολό τους ονομάζεται οπτικό νεύρο. Τα οπτικά νεύρα που ξεκινούν από τα δύο μάτια συνδέονται στον εγκέφαλο. Όταν τα νευρικά κύτταρα διεγερθούν από το φως αποστέλλουν μέσω των οπτικών νεύρων την πληροφορία και αφού συνδυαστεί στον εγκέφαλο τότε αντιλαμβανόμαστε την εικόνα. Το μέρος του ματιού που μας επιτρέπει να έχουμε λεπτομερή εικόνα ονομάζεται ωχρά κηλίδα. Η ωχρά κηλίδα βρίσκεται στο πίσω μέρος του ματιού και αποτελεί μέρος του αμφιβληστροειδή (INITIATIVE, 2020), (RNIB, 2016).

1.3 Η επίδραση του φωτός στον άνθρωπο

Το φως αποτελεί ένα βασικό παράγοντα στην ζωή και την διαβίωση μας μέσα στους αιώνες. Επηρεάζει σε μεγάλη έκταση πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας αλλά και την ψυχική διάθεση των ανθρώπων. Η ανακάλυψη του ηλεκτρικού φωτισμού στην αλλαγή του 19ου αιώνα άλλαξε ριζικά την καθημερινότητα μας. Όταν η φυσική πηγή φωτός, ο ήλιος δύνει, ο τεχνητός φωτισμός παίρνει την θέση του και έτσι οποιαδήποτε εργασία μπορεί να συνεχιστεί με ευκολία. Αν δούμε το πλήθος των εφαρμογών του φωτισμού, θα αντιληφθούμε τη σημασία που έχει στη ζωή μας ο τεχνητός φωτισμός. Ανάλογα με το χώρο και τον σκοπό που χρησιμοποιείται ο φωτισμός διακρίνεται σε διάφορα είδη όπως διακοσμητικός, εργασιακός, για ξεκούραση, χαλάρωση, ηρεμία και κοινωνική συναναστροφή. Έρευνες σε όλο τον κόσμο έχουν δείξει ότι ο τεχνητός φωτισμός δεν είναι μόνο μια απλή ανακάλυψη για την άνετη και εύκολη ζωή μας, αλλά επηρεάζει την συναισθηματική, ψυχολογική και σωματική κατάσταση του ανθρώπου. Για το λόγο αυτό οι μελέτες εγκατάστασης φωτισμού σε σπίτια, γραφεία, εργοστάσια κλπ. λαμβάνουν υπόψη την επίδραση που ασκεί το φως στην ψυχολογία, την διάθεση, την αποδοτικότητα, κοινωνικότητα και την φυσική κατάσταση του ανθρώπου.

Τα είδη των λαμπτήρων, το είδος του φωτισμού (άμεσος, έμμεσος, τοπικός, ομοιόμορφος), η στάθμη φωτισμού (λαμπρότητα, θάμβωση), η χρωματική απόδοση και η θερμοκρασία χρώματος του λαμπτήρα είναι μερικοί από τους παράγοντες που επιτρέπουν να καθορίζουμε το φωτισμό όπως ακριβώς το χρειαζόμαστε, ανάλογα την περίπτωση. Για παράδειγμα, σε κάποιους εργασιακούς χώρους ο φωτισμός πρέπει να είναι υψηλής φωτεινότητας (λαμπρότητας), ενώ σε άλλους χαμηλότερης φωτεινότητας ώστε να μην προκαλεί κόπωση στα μάτια λόγω θάμβωσης. Η θάμβωση που προκαλείται από πολύ μεγάλες στάθμες φωτός δημιουργεί τη φυσιολογική θάμβωση που έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση των λειτουργιών της όρασης και την ψυχολογική θάμβωση, γεγονός που οδηγεί σε καταστάσεις πονοκεφάλου, πόνου στα μάτια, κόπωση, εκνευρισμό, αίσθημα δυσφορίας και ανασφάλειας. Έχει παρατηρηθεί ότι άτομα ηλικίας 25 χρονών αποδίδουν καλύτερα σε χώρους με μεγάλο ποσοστό λαμπρότητας, ενώ αντίθετα ο ίδιος φωτισμός επηρεάζει αρνητικά άτομα ηλικίας 45 ετών. Επίσης, όταν η φωτεινότητα είναι πιο χαμηλή τότε οι άνθρωποι νιώθουν πιο χαλαροί και πιο οικείοι με το περιβάλλον. Ακόμα, ο χαμηλότερος φωτισμός επηρεάζει τον τρόπο επικοινωνίας, δηλαδή ο τόνος της φωνής είναι πιο ήρεμος με χαμηλότερο δείκτη θορύβου (decibel).

Τέλος, η σωστή χρήση του φωτισμού επηρεάζει και το πώς βλέπουμε ένα χώρο. Για το λόγο αυτό η χρήση φωτός είναι σήμερα ευρύτερη κατά τη διακόσμηση ενός χώρου, καθώς και σε μουσεία και αρχαιολογικούς χώρους. Ας δούμε ένα παράδειγμα. Το πόσο μεγάλο φαίνεται ένα δωμάτιο εξαρτάται από τον ομοιόμορφο και ηλιόμορφο φωτισμό. Με ομοιόμορφο φωτισμό το δωμάτιο φαίνεται μεγαλύτερο, γιατί ο φωτισμός είναι ο ίδιος σε όλες τις πλευρές του δωματίου, χωρίς να δημιουργούνται σκιές ενώ με ηλιόμορφο φωτισμό ο χώρος φαίνεται μικρότερος.

1.4 Ανάλυση βασικών εννοιών

Γύρω από το φωτισμό έχει αναπτυχθεί και συνεχίζεται να αναπτύσσεται ραγδαία μία επιστήμη, γνωστή κι ως τεχνολογία φωτισμού, που έχει σκοπό να αναδείξει την αξία του φωτισμού καθώς και να εξελίξει την εν λόγω επιστήμη για να βελτιώσει την ζωή του ανθρώπου. Πριν αρχίσουμε να επικεντρωνόμαστε στην μελέτη που θα πραγματοποιηθεί, θα πρέπει πρωτίστως να γίνει αναφορά σε κάποιες από τις βασικές έννοιες της τεχνολογίας φωτισμού.

1.4.1 Φωτεινή ροή

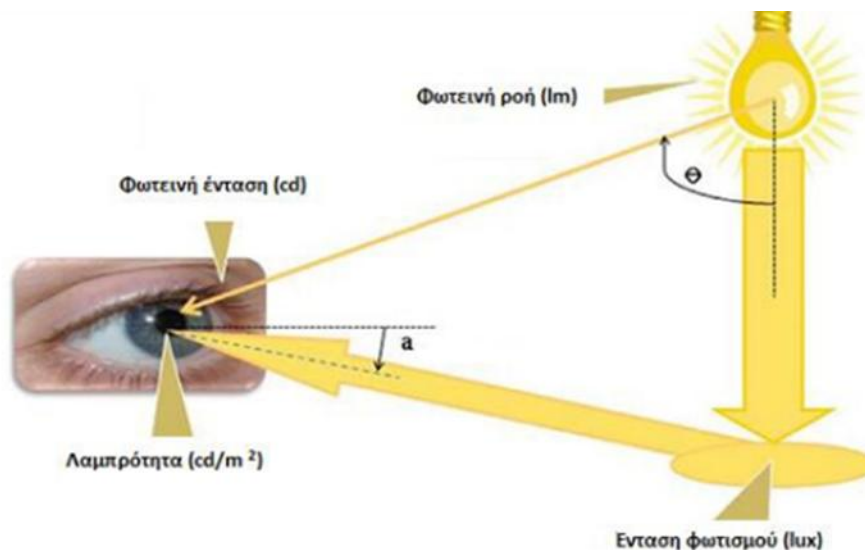
Φωτεινή ροή είναι ένα μέγεθος το οποίο μετράει την ποιότητα του φωτός που δημιουργείται από ένα φωτιστικό σώμα. Είναι γνωστό ότι μία πηγή εκπέμπει ενέργεια που είναι ανομοιόμορφα κατανομημένη στο φάσμα εκπομπής επομένως εκπέμπει τόσο ορατή, όσο και αόρατη ακτινοβολία. Η φωτεινή ροή (Φ) είναι φωτεινή ενέργεια (dQ) που εκπέμπεται από ένα φωτιστικό σώμα και γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι σε χρόνο dt προς τον χρόνο αυτό, δηλαδή ισχύει ότι: $\Phi = \frac{dQ}{dt}$ (1.1)

Η φωτεινή ροή δίνεται στο SI με την μονάδα μέτρηση lumen (lm).

1.4.2 Ένταση φωτισμού

Ένταση φωτισμού είναι ένα φυσικό μέγεθος που εκφράζει το μέγεθος του φωτός που προσπίπτει σε μία επιφάνεια. Πιο συγκεκριμένα, ως ένταση φωτισμού (E) ορίζεται το πηλίκο της φωτεινής ροής ($d\Phi$) που προσπίπτει κάθετα σε μία επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής: $E = \frac{d\Phi}{dS}$ (1.2)

Η ένταση φωτισμού δίνεται στο SI με τη μονάδα μέτρησης lux και εκφράζει την ένταση φωτισμού σε μία επιφάνεια $1m^2$ στην οποία προσπίπτει κάθετα φωτεινή ροή 1 lm.



Εικόνα 1.3: Βασικά φωτομετρικά μεγέθη, (Δήμου, χ.χ.)

1.4.3 Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI)

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης μας δείχνει το πόσο πιστά αποδίδει η φωτεινή πηγή τα χρώματα ενός αντικειμένου. Οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι μεταξύ του μηδενός και του εκατό. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι το νούμερο 100 αποδίδεται από τον ήλιο. Άρα, γίνεται κατανοητό ότι όσο υψηλότερη τιμή έχουμε τόσο καλύτερα αποδίδονται τα χρώματα πάνω στο αντικείμενο μας. Γενικά τιμές που γίνονται αποδεκτές σε εμπορικά καταστήματα πώληση προϊόντων είναι άνω των 80 CRI.



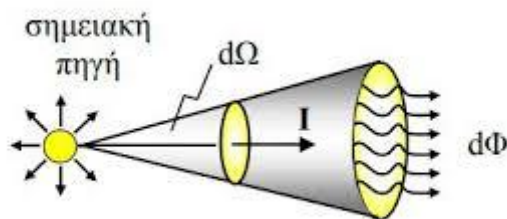
Εικόνα 1.1.4: Δείκτης χρωματικής απόδοσης, (Χατζηπαντός, 2021)

1.4.4 Φωτεινή ένταση

Η φωτεινή ένταση αποτελεί ένα διανυσματικό μέγεθος που καθορίζει προς κάθε κατεύθυνση του χώρου το ποσό της φωτεινής ροής που εκπέμπει η φωτεινή πηγή. Η ανάγκη αυτού του μεγέθους προήλθε από το γεγονός του ότι μια φωτεινή πηγή δεν εκπέμπει ομοιόμορφα το φως που παράγει στον χώρο. Η φωτεινή ένταση (I) ορίζεται ως ο λόγος την φωτεινής ροής ($d\Phi$) που εκπέμπει μία φωτεινή πηγή σε μία συγκεκριμένη γωνία ,προς την γωνία αυτή ($d\Omega$), δηλαδή: $I = d\Phi/d\Omega$ (1.3)

Η φωτεινή ένταση I εκφράζεται με την μονάδα candela (cd).

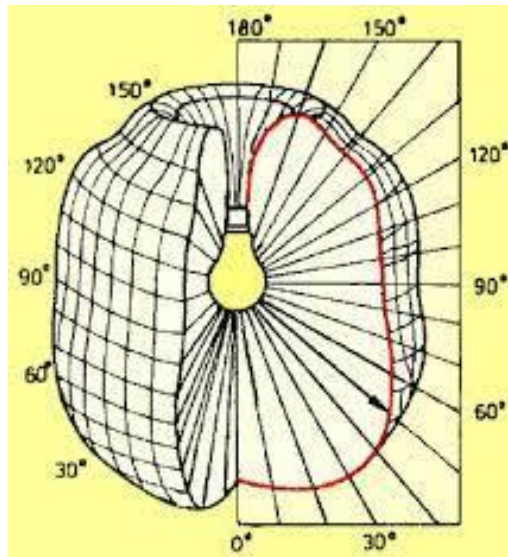
Η φωτεινή ένταση παραμένει σταθερή ανεξάρτητα την απόσταση από το φωτιστικό σώμα, όσο η γωνία κι η φωτεινή ροή που εκπέμπει το σώμα μένουν σταθερές.



Εικόνα 1.1.5: Φωτεινή ένταση, (Αικατερίνη, 2020)

1.4.5 Διαγράμματα κατανομής φωτεινής έντασης

Τα διαγράμματα κατανομής φωτεινής έντασης είναι πολύ σημαντικά κατά την μελέτη φωτισμού καθώς τα φωτιστικά σώματα δεν εκπέμπουν ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου. Έτσι, έχοντας το πολικό διάγραμμα του φωτιστικού μπορούμε να κατανοήσουμε την ιδιαιτερότητα του κάθε φωτιστικού σώματος και να το τοποθετήσουμε στην κατάλληλη θέση και στην κατάλληλη κατεύθυνση.



Εικόνα 1.1.6: Διάγραμμα πολικής κατανομής φωτεινής έντασης, (Φραγκίσκος Β.Τοπαλής, 2020)

1.4.6 Θερμοκρασία χρώματος

Η θερμοκρασία χρώματος είναι το μέτρο που περιγράφει το χρώμα των φωτεινών πηγών. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία χρώματος τόσο ψυχρότερη είναι η απόχρωση της φωτεινής πηγής, ενώ αντίθετα όσο μικρότερες θερμοκρασίες χρώματος τόσο πιο θερμές είναι η αποχρώσεις της φωτεινής πηγής. Η θερμοκρασία χρώματος φωτός έχει ως μονάδα μέτρησης το Kelvin (K). Το λευκό φως μπορεί να χωριστεί σε 3 θερμοκρασίες χρώματος, το θερμό, το ουδέτερο και το ψυχρό. Το θερμό το οποίο έχει θερμοκρασία περίπου 3000K και φαίνεται να κιτρινίζει, το ουδέτερο που κυμαίνεται μεταξύ 3500K – 4000K, και το ψυχρό που τείνει προς το μπλε και έχει θερμοκρασία χρώματος μεγαλύτερη 4000K. Στην εικόνα που ακολουθεί αναπαρίστανται οι χρωματικές αποδόσεις του φωτός ανάλογα της θερμοκρασία χρώματός του.



Εικόνα 1.1.7: Θερμοκρασίες χρωμάτων, (Χατζιπαντος, 2021)

1.5 Κατηγοριοποίηση λαμπτήρων

Στις μέρες μας που η αγορά αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς οι πηγές φωτισμού που μπορούμε να βρούμε ποικίλουν. Η κυκλοφορία μιας πηγής φωτισμού προϋποθέτει την ικανοποίηση ενός αριθμού τεχνικών οδηγιών που μπορούν να αφορούν. Κάποια από αυτά είναι:

1. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά
2. Την διάρκεια ζωής
3. Την φωτεινή δραστηριότητα
4. Το κόστος

Έτσι, ανάλογα τη λειτουργία και τις απαιτήσεις που θα κληθεί να αντιμετωπίσει ο λαμπτήρας μπορεί εύκολα να βρεθεί ο βέλτιστος για την εκάστοτε εφαρμογή. Στις υποενότητες που ακολουθούν, πρόκειται ν' αναλυθούν τα πιο διαδεδομένα είδη λαμπτήρων που συναντώνται σήμερα.

1.5.1 Λαμπτήρες Πυρακτώσεως

Ένας ευρέως διαδεδομένος τύπος λαμπτήρα που τα τελευταία χρόνια έχει σταματήσει να κυκλοφορεί είναι ο λαμπτήρας πυρακτώσεως. Ο λαμπτήρας αυτός χρησιμοποιείται από το 1879. Ο λαμπτήρας πυράκτωσης περιλαμβάνει ένα λεπτό μεταλλικό νήμα από βαρύ δύστηκτο μέταλλο συνήθως βολφράμιο τυλιγμένο σε σπείρες.



Εικόνα 1.1.8: Λαμπτήρας Πυράκτωσης, (Βικιπαίδεια, 2021)

Αυτό φέρεται από τις άκρες του συγκολλημένο σε δύο παχύτερα σύρματα από όπου εφαρμόζεται η ηλεκτρική τάση, η οποία θέτει τα ηλεκτρικά φορτία σε κίνηση και εξαναγκάζει το νήμα να φωτοβολεί από τη θέρμανσή του. Όταν το μήκος του νήματος είναι μεγαλύτερο των 2 cm τότε αυτό συγκρατείται και ενδιάμεσα από μη ηλεκτροφόρα σύρματα σε ακτινική διάταξη. Η κατασκευή αυτή περικλείεται σε γυάλινη σφαιρική ή ελλειπτική φύσιγγα χαμηλής πίεσης αερίου.

Στην εικόνα 1.1.10 εμφανίζονται όλα τα τμήματα ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως.



Εικόνα 1.1.9: Μέρη του λαμπτήρα πυράκτωσης , (Βικιπαίδεια, 2021)

Κάποια από τα τμήματα του λαμπτήρα πυρακτώσεως όπου αξίζει να σταθούμε περισσότερο είναι:

- Το νήμα πυράκτωσης

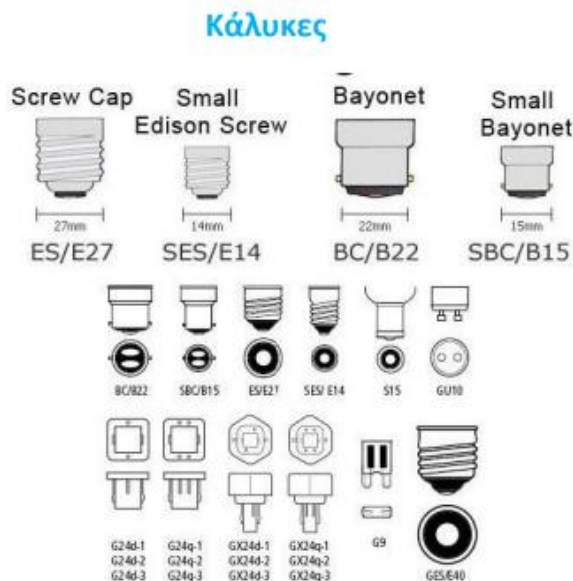
Όταν το σύρμα βολφραμίου αναπτύξει μια υψηλή θερμοκρασία ερυθροπυρώνεται με αποτέλεσμα να παράγει ορατό φως, άρα όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του τόσο πιο έντονο φως βγάζει. Όμως αυτή η αύξηση του φωτός περιορίζεται από δύο παράγοντες, το σημείο τήξεως του νήματος και την εξάχνωση του βολφραμίου.

- Το χαμηλής πίεσης αδρανές αέριο

Ο πιο συνηθισμένος συνδυασμός αδρανών αερίων είναι το αργό με το άζωτο, πολλές φορές χρησιμοποιούνται και ξεχωριστά. Αυτά, έχουν την ιδιότητα, όσο αυξάνεται η πίεση του αερίου λόγω της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται, τόσο να μειώνεται η εξάχνωση του βολφραμίου. Το παραπάνω έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτεινής απόδοσης και του χρόνου ζωής του λαμπτήρα.

- Η ηλεκτρική επαφή

Η ηλεκτρική επαφή μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους κάλυκες που φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 1.1.10: Συνηθέστεροι τύποι βάσεων λαμπτήρων πυρακτώσεως, (Φραγκίσκος Β.Τοπαλής, 2020)

Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως όπως όλες οι συσκευές φωτισμού έχει τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα του.

Ξεκινώντας από τα πλεονεκτήματα:

- Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως λειτουργούν με συνεχές αλλά και με εναλλασσόμενο ρεύμα.
- Άμεση ενεργοποίηση και απενεργοποίηση χωρίς αναμονή για ζέσταμα
- Υπάρχει η δυνατότητα εναλλαγής της ισχύς της φωτεινής ροής, με την χρήση ενός ειδικού dimmer.
- Οι βολβοί των λαμπτήρων πυρακτώσεως δεν τρεμοπαίζουν με αποτέλεσμα να μην επηρεάζουν δυσμενώς την όραση και την κατάσταση φωτισμού του χώρου.

Εκτός των πλεονεκτημάτων έχουν και κάποια πολύ βασικά μειονεκτήματα που τις κάνουν όλο και πιο ασύμφωρες στο να χρησιμοποιηθούν σε σημερινές εφαρμογές:

- Το βασικό μειονέκτημα των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι ότι ένα πολύ μεγάλο μέρος της ενέργειας των λαμπτήρων σπαταλάτε ως θερμότητα στο περιβάλλον, αυτό το ποσοστό αγγίζει το 90 %.
- Εκτός αυτού ο χρόνος ζωής τους είναι 750 – 1500 ώρες λειτουργίας που αυτό είναι πολύ μικρό συγκριτικά με άλλου τύπου λαμπτήρες.

Εφαρμογές που συναντούσαμε και μερικές φορές συναντάμε έως και σήμερα στους λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι για βασικό φωτισμό σε χώρους όσο και για διακοσμητικό

σκοπό. Επιπλέον, έβρισκαν χρήση σε φωτισμό δρόμων αλλά και σε λαμπτήρες ειδικής χρήσης, όπως σε αρκετά μεταφορικά μέσα .

1.5.2 Λαμπτήρες Φθορισμού

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι ευρέως διαδεδομένοι. Για αρκετά χρόνια ήταν μία πολύ καλή λύση για τον οικιακό φωτισμό, πλέον όμως έχουν αρχίσει να αντικαθίστανται από λαμπτήρες LED.

Ο λαμπτήρας φθορισμού είναι ένας λαμπτήρας εκκένωσης αερίου, ο οποίος χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό για την διέγερση ατμών υδραργύρου. Οι λαμπτήρες αυτοί υπάρχουν σε διάφορα σχήματα και μεγέθη:



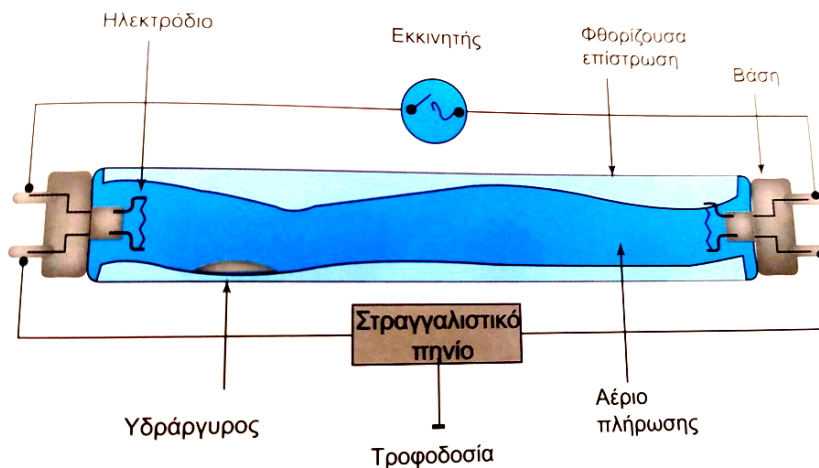
Εικόνα 1.1.11: Λαμπτήρες φθορισμού

Ο σωλήνας των λαμπτήρων αυτών περιέχει δύο νήματα πυράκτωσης, αέρια (άζωτο, αργό) και μια σταγόνα υδραργύρου. Εσωτερικά ο σωλήνας είναι επιχρισμένος με φθορίζουσα ουσία που συνήθως είναι φωσφόρος.

Κατά την εκκίνηση του λαμπτήρα, το ρεύμα δε ρέει μέσα από τον λαμπτήρα, αλλά μέσα από το starter, το οποίο και βγάζει ένα ελαφρύ φως, αυτό συμβαίνει καθώς και το ίδιο είναι μια μικρή λάμπα φθορισμού με τα δυο άκρα της να είναι τόσο κοντά που το ρεύμα περνάει χωρίς βοήθεια στην εκκίνηση. Η επαφή του starter κλείνει όταν διασπάται το ευγενές αέριο εντός του starter, την στιγμή που φωτίζει ελαφρός αφού ζεσταίνεται, διαστέλλεται, τα άκρα της επαφής ακουμπάνε μεταξύ τους και σταματάει να φωτίζει. Εκείνη την στιγμή το ρεύμα περνάει και κλείνει κύκλωμα με την πηγή.

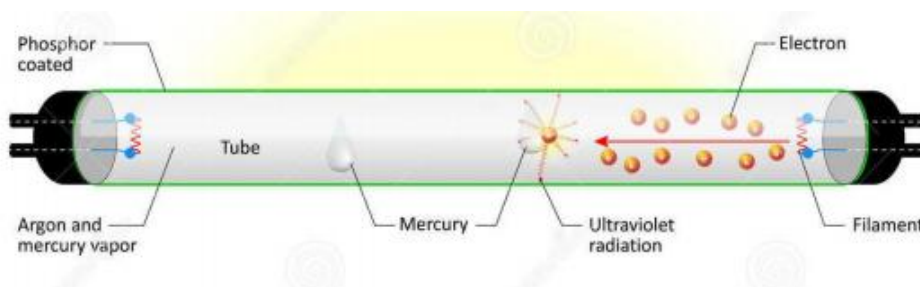


Εικόνα 1.1.12: Εκκινητής λαμπτήρων φθορισμού - starter



Εικόνα 1.1.13: Αναπαράσταση συνδεσμολογίας λαμπτήρα φθορισμού , (Φραγκίσκος Β.Τοπαλής, 2020)

Σε πολύ λίγο χρόνο η επαφή του starter κρυώνει, και το ένα από τα δυο μέταλλα συστέλλεται περισσότερο από το άλλο με αποτέλεσμα να ανοίξει. Το ballast στην απότομη αυτή διακοπή του κυκλώματος έχει την ιδιότητα, όπως όλα τα πηνία να συνεχίσει να δίνει ρεύμα, με αποτέλεσμα στα άκρα του λαμπτήρα να εμφανιστεί υψηλότερη τάση από τα 230V, περισσότερη και από την διπλάσια.



Εικόνα 1.1.14: Αναπαράσταση λειτουργίας λαμπτήρα φθορισμού

Σε αυτό το σημείο το ρεύμα διασπά τα ευγενή αέρια στον σωλήνα του λαμπτήρα με την βοήθεια και των υδρατμών υδραργύρου που υπάρχουν εντός του, δημιουργώντας συνεχή ροή ρεύματος. Με την σειρά του το ρεύμα δημιουργεί υπεριώδες αόρατο φως. Το φως αυτό προσπίπτει πάνω στην γυάλινη επιφάνεια του λαμπτήρα που είναι επιχρισμένη, βαμμένη εσωτερικά με φθορίζουσες σκόνες, κάνοντας το υπεριώδες φως ορατό. Ανάλογα με τις φθορίζουσες ουσίες δημιουργείται και το χρώμα, η απόχρωση του φωτός.

Ο λαμπτήρας, όταν λειτουργεί, δεν έχει στα άκρα της όλη την παροχή καθώς μεγαλύτερο μέρος αυτής εμφανίζεται στα άκρα του ballast .

Οι λαμπτήρες αυτοί εμφανίζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής
- Μεγάλος αριθμός κύκλων λειτουργίας
- Χαμηλή κατανάλωση σε σχέση με λαμπτήρες πυρακτώσεως.
- Εκπέμπουν ζεστό και ψυχρό φως.

Απ' την άλλη εμφανίζουν αρκετά μειονεκτήματα:

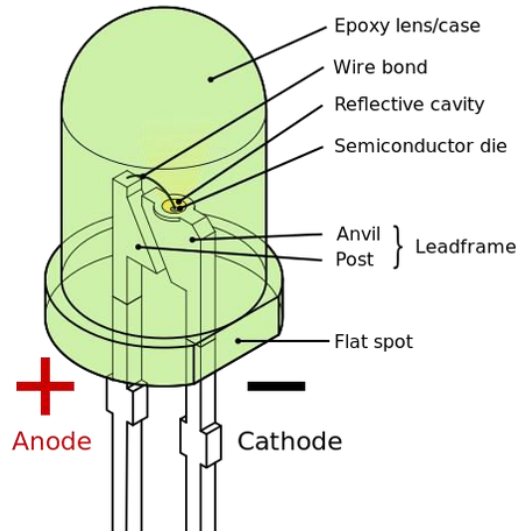
- Μεγάλο μέγεθος
- Χρειάζονται αρκετό χρόνο για να φτάσουν στο 100% της φωτεινότητάς τους
- Χαμηλός δείκτης χρωματικής απόδοσης (80 CRI)
- Περιέχουν τοξικά στοιχεία
- Δεν μπορούν να λειτουργήσουν με dimmer
- Όταν φτάσουν κοντά στο τέλος ζωής τους αρχίζουν και τρεμοπαίζουν.

1.5.3 Λαμπτήρες Φωτοεκπεμπουσών Διόδων (LED)

Σήμερα η τεχνολογία LED είναι ευρέως διαδεδομένη και βρίσκει εφαρμογές σε όλους του τομείς καθώς είναι ο καλύτερος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας αυτήν τη στιγμή. Οι λαμπτήρες LED υψηλής ισχύος δίνουν την δυνατότητα υψηλής φωτεινότητας και απόδοσης ως πηγή φωτισμού. Έτσι, τα τελευταία χρόνια τείνουν να αντικαταστήσουν τα υπόλοιπα είδη λαμπτήρων. Οι πρώτες εφαρμογές των λαμπτήρων LED που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως είναι υποκατάστατα φωτεινών ενδείξεων με λαμπτήρες πυρακτώσεως, οθόνες, αρχικά για ακριβούς εξοπλισμούς, όπως εργαστηριακά και ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης, αργότερα σε συσκευές όπως ράδιο, τηλεόραση, κινητό και κομπιουτεράκια. Το κόκκινο χρώμα στα LED είχε ένα περιορισμό στις εφαρμογές που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί λόγω της έντασης του φωτός που δεν είναι αρκετή για να φωτίσει ένα χώρο. Έπειτα, ποικίλα χρώματα έγιναν διαθέσιμα και άρχισαν να εφαρμόζονται σε συσκευές και εξοπλισμό. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, η τεχνολογία υλικών των LED να γίνει σύγχρονη, διατηρώντας παράλληλα την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία της.

Η Δίοδος Εκπομπής Φωτός (LED) είναι ουσιαστικά, ένας ημιαγωγός που εκπέμπει φωτεινή ισχύ στενού φάσματος όταν εφαρμοστεί η κατάλληλη ηλεκτρική τάση στα άκρα της. Η αρχή λειτουργίας των φωτιστικών συστημάτων LED στηρίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτροφωταύγειας, δηλαδή όταν το υλικό διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα εκπέμπει φωτισμό. Το LED είναι ένα κύκλωμα ημιαγωγών, μια επαφή «p-n», που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε φωτεινή ισχύ. Η δίοδος εκπομπής φωτός εκπέμπει φωτισμό όντας ορθά πολωμένη, δηλαδή εφαρμόζοντας συνεχή τάση στο «p», ή αλλιώς στον θετικό κλάδο της επαφής. Επαφή «p-n» ονομάζουμε την παράθεση δύο τμημάτων του ημιαγωγού. Το ένα με περίσσεια ελεύθερων ηλεκτρονίων (ημιαγωγός τύπου «n») και το άλλο με περίσσεια οπών (ημιαγωγός τύπου «p»). Έτσι, μετατρέπεται το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει τον

ημιαγωγό σε φωτεινή ισχύ. Η συχνότητα, το μήκος κύματος και η ενέργεια που έχει το φωτόνιο αλλάζει εύκολα μέσω της επιλογής κατασκευαστικών υλικών. Κατά συνέπεια, με αυτόν τον τρόπο αλλάζει και ο χρωματισμός των φωτονίων. Ο στόχος κατασκευής των LED είναι να παρέχουν μεγάλο αριθμό φωτονίων κατά την λειτουργία τους και μάλιστα, λόγω του πλαστικού περιβλήματος στο οποίο μπορούν να περιέχονται, να στέλνουν την φωτεινή ροή προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.



Εικόνα 1.1.15: Εσωτερικό LED

Ακολουθούν τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη που εμφανίζονται από τη χρήση των LED.

- Μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Ενεργειακή απόδοση που φτάνει στα επίπεδα του 80%-90%.
- Φιλικά προς το περιβάλλον. Σε αντίθεση με τους περισσότερους λαμπτήρες, όπως για παράδειγμα λαμπτήρες φθορισμού που περιέχουν υδράργυρο, τα LED δεν χρησιμοποιούν τοξικές ουσίες.
- Ανθεκτική ποιότητα κατασκευής.
- Μηδενικές εκπομπές UV. Με λίγα λόγια, ο φωτισμός LED είναι κατάλληλος για χρήση στα εμπορεύματα και υλικά που είναι ευαίσθητα στη θερμότητα.
- Σχεδίαση και ευελιξία. Τα LED έχουν τη δυνατότητα να κατασκευαστούν σε διάφορα σχήματα και να συνδυαστούν, ώστε να έχουμε τον κατάλληλο φωτισμό.
- Λειτουργία σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες, δηλαδή είναι ιδανικά για τη λειτουργία με χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίας.
- Διάχυση φωτός. Τα LED έχουν σχεδιαστεί για να εστιάζουν το φως προς μια συγκεκριμένη θέση, επιτυγχάνοντας υψηλότερη απόδοση εφαρμογής.
- Άμεσος φωτισμός και συχνή εναλλαγή. Αυτό είναι μεγάλο πλεονέκτημα για την χρήση τους σε έργα υποδομής, κατά την οδήγηση και για τα φώτα σηματοδότησης καθώς τα

φώτα LED μπορούν να απενεργοποιούνται συχνά χωρίς να επηρεάζεται η διάρκεια ζωής τους.

- Χαμηλή τάση. Κατάλληλα για την χρήση σε εξωτερικό περιβάλλον με την σύνδεσή τους με μία εξωτερική πηγή ηλιακής ενέργειας. Έτσι επεκτείνεται η χρήση τους σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα.

- Μεγαλύτερη φωτεινή ροή σε αντίθεση με τις λάμπες πυρακτώσεως.

- Σταδιακά χάνουν τη φωτεινότητά τους, δίχως να καίγονται.

- Έχουν μικρό μέγεθος, άρα χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρές συσκευές και κατασκευές (τυπωμένα κυκλώματα, ηλεκτρονικές συσκευές καθώς και πίνακες ενδείξεων).

- Εκπέμπουν συγκεκριμένη χρωματική απόδοση φωτός, χωρίς τη χρήση εξωτερικών φίλτρων, άρα δεν μειώνεται η φωτεινή ροή.

Απεναντίας, εκτός των πολλών πλεονεκτημάτων ο φωτισμός LED έχει και κάποια μειονεκτήματα τα οποία είναι:

- Για την λειτουργία του LED είναι απαραίτητη η ορθή πόλωση. Αυτό αντιμετωπίζεται με ανορθωτές που είναι ενσωματωμένοι στις λάμπες LED.

- Τα λευκά και ψυχρά LED εκπέμπουν περισσότερο μπλε φως, με αποτέλεσμα να υπάρχει κυριαρχία του μπλε χρώματος.

- Ένα μεγάλο μειονέκτημα είναι η τιμή που είναι αρκετά μεγαλύτερη από τα άλλα είδη λαμπτήρων. Η αυξημένη διάρκεια ζωής και οι μικρές απαιτήσεις για συντήρηση αντισταθμίζουν το παραπάνω μειονέκτημα.

- Αν για κάποιο λόγο οι θερμοκρασία αυξηθεί υπάρχει μεγάλος κίνδυνος βλάβης με αποτέλεσμα τις περισσότερες φορές να χρειαστεί αντικατάσταση ολόκληρου του κυκλώματος.

- Ευαισθησία στην τάση με αποτέλεσμα αν εφαρμοστεί μεγαλύτερη τιμή τα LED καταστρέφονται.

- Τα LED στέλνουν το φως προς μια κατεύθυνση, έτσι το φως δεν διαχέεται. Συνεπώς, κατά την τοποθέτηση ενός κρυφού φωτισμού θα πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή.

Η τεχνολογία των LED συναντάται σε αρκετές εφαρμογές, όπως:

- Οπτική απεικόνιση,

- Φωτισμό,

- Μη ορατή απεικόνιση.

Στην ορατή απεικόνιση το φως κατευθύνεται περισσότερο ή λιγότερο στο ανθρώπινο μάτι για να μεταφέρει ένα μήνυμα ή μια έννοια. Τα σημερινά LED έχουν εφαρμογή σε μια πληθώρα εγκαταστάσεων και εξοπλισμού για την ορατή απεικόνιση, όπως σε πίνακες

αποτύπωσης και σηματοδότες, εξαιτίας της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, του χαμηλού κόστους συντήρησης και του μικρού μεγέθους. Έτσι, τοποθετούνται σε μεγάλες επιφάνειες για την αποτύπωση δεδομένων και μηνυμάτων στα στάδια, στους σταθμούς των τρένων και των λεωφορείων, στα αεροδρόμια, στα λιμάνια, στους δρόμους ως πινακίδες ή ως σηματοδότες και στις συναυλίες. Χάρη στη μεγάλη διάρκεια ζωής, τα LED χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία ως σηματοδότες φρένων και στροφής (φλας). Έτσι αυξάνεται η ασφάλεια που μπορεί να παρέχει ένα όχημα αφού ο οδηγός έχει στην διάθεσή του περισσότερο χρόνο αντίδρασης.

Με την βελτίωση των LED υψηλής απόδοσης και ισχύος έγινε εφικτή η χρήση τους για φωτισμό και φωταγώγηση.

Τα LED χρησιμοποιούνται:

- Στα φώτα των δρόμων.
- Σε αρχιτεκτονικές κατασκευές που απαιτείται φωτισμός με εναλλαγή χρωμάτων.
- Στα αυτοκίνητα.
- Στις μοτοσυκλέτες.
- Στα ποδήλατα.
- Στον φωτισμό ενυδρείων (έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν το απαιτούμενο φως με μικρότερη εκπομπή θερμότητας και έτσι βοηθούν στην συντήρηση της βέλτιστης θερμοκρασίας του ενυδρείου).

Τα LED είναι ακόμα ιδανικά:

- για χρήση στις τηλεοράσεις,
- στους φορητούς υπολογιστές και
- στους προβολείς (projectors) DLP.

Το φως εκτός από την όραση χρησιμοποιείται και σε μερικές ακόμα εφαρμογές μη ορατής απεικόνισης που χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- i. επικοινωνία
- ii. αισθητήρες
- iii. αλληλεπίδραση φωτός με την ύλη.

Το φως των LED τροποποιείται πολύ γρήγορα και για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται στις οπτικές ίνες και στις οπτικές επικοινωνίες ελεύθερου χώρου. Αυτές περιλαμβάνουν:

- τα τηλεχειριστήρια των τηλεοράσεων
- των βίντεο (χρησιμοποιούνται τα LED υπερύθρου).

Πολλά συστήματα αισθητήρων χρησιμοποιούν τα LED ως κύρια πηγή, δηλαδή:

- Χρησιμοποιούνται στους αισθητήρες κίνησης.
- Στις οθόνες αφής και εντοπίζουν το φως που ανακλάται από το δάχτυλο ή την ακίδα.

Τέλος, τα LED χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες φυτών, διότι παράγουν μικρή θερμότητα που δεν τα καταστρέφει και επίσης, παρέχουν την βέλτιστη οπτική συχνότητα για την ανάπτυξή τους (Κωνσταστίνο, 2016).

Πίνακας 1.1: Σύγκριση φωτεινής απόδοσης λαμπτήρων, (Κωνσταστίνο, 2016)

Είδος Λαμπτήρα	Φωτεινή απόδοση (lm/W)
Πυρακτώσεως	12-25
Υδραργύρου	30-65
Φθορισμού	50-70
Συμπαγείς Φθορισμού	70-110
Νατρίου υψηλής πίεσης	80-140
Νατρίου χαμηλής πίεσης	90-200
LED	80-150

Πίνακας 1.2: Σύγκριση Δείκτη χρωματικής απόδοσης λαμπτήρων, (Κωνσταστίνο, 2016)

Τεχνολογία Λαμπτήρα	Θερμοκρασία Χρώματος (Kelvin)	Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης (CRI)
Πυρακτώσεως	2800-3100	~100
Υδραργύρου	3400-5000	20-40
Φθορισμού	3000-4000	60-85
Συμπαγείς Φθορισμού	2500-3000	80-90
Νατρίου υψηλής πίεσης	1800-2300	20-30
Νατρίου χαμηλής πίεσης	1600-2100	10-20
LED	2500-7500	75-98

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: Φωτισμός εμπορικών καταστημάτων

Ο φωτισμός ενός καταστήματος είναι αυτός που δημιουργεί την πρώτη ευχάριστη και μοναδική εικόνα, αναδεικνύει την προσωπικότητα του καταστήματος, προβάλλει τα brand και προσελκύει τους πελάτες κάνοντας τις αγορές τους μια απολαυστική εμπειρία, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αίσθηση άνεσης, οικειότητας και την αύξηση των πωλήσεων. Δεν είναι τυχαίο ότι σύμφωνα με μετρήσεις εκτιμάται ότι έως και το 80% των αισθητηριακών δεδομένων που λαμβάνουν οι καταναλωτές προέρχονται από την όραση. Προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα θα πρέπει να γίνει αξιοποίηση των κατάλληλων τεχνικών της σύγχρονης τεχνολογίας φωτισμού. Η επιλογή των βέλτιστων πηγών, η κατάλληλη επιλογή στο χρώμα του φωτός, την χρωματική απόδοση, την κατανομή του φωτός και την δημιουργία αντίθεσης είναι αυτά που αναδεικνύουν το χώρο και τα προϊόντα. Εκτός αυτών θα πρέπει να δοθεί βάση στην ενεργειακή απόδοση του φωτισμού που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς αυτό θα αποτελέσει ζωτική απαίτηση για την οικονομική αποδοτικότητα και επιτυχία του καταστήματος. Κάποιοι επιπλέον παράγοντες που πρέπει να μελετηθούν στην μελέτη του φωτισμού ενός καταστήματος είναι η διάρκεια ζωής του φωτισμού, η απόδοσή του, όπως και η απομείωση της φωτεινότητας του στον χρόνο. Επιπλέον, καθοριστικό ρόλο παίζει το μέγεθος, η μορφή του χώρου και το είδος των προϊόντων.

2.1 Σχεδιασμός φωτισμού

Η σχεδίαση και η χρήση του φωτισμού σε εμπορικούς χώρους πρέπει να καλύπτει τρία βασικά κριτήρια:

- 1) Πρωτίστως, ο φωτισμός θα πρέπει να είναι ελκυστικός από τους πελάτες. Ο φωτισμός είναι αυτός που θα δώσει την πρώτη εικόνα του χώρου του καταστήματος και των εμπορευμάτων επομένως πρέπει να έχει δοθεί η αρμόζουσα σημασία, ώστε η πρώτη εικόνα να προσελκύει τους πελάτες.
- 2) Στη συνέχεια, ο φωτισμός θα πρέπει να επιτρέπει στους πελάτες να παρακολουθήσουν λεπτομερώς το εμπόρευμα που θα τους ενδιέφερε να αγοράσουν. Αρκετά σημαντικό είναι οι πελάτες να μπορούν να αναγνωρίσουν σωστά την υφή, την ποιότητα, τα χρώματα, καθώς επίσης να μπορούν να διαβάσουν την ετικέτα του εμπορεύματος που τους ενδιαφέρει.
- 3) Τέλος, ο φωτισμός πρέπει να προσφέρει άνεση στους πελάτες από την είσοδο τους στο κατάστημα έως και την ολοκλήρωση της αγοράς τους. Ο σωστός σχεδιασμός του φωτισμού είναι αυτός που θα επιτρέψει στους πελάτες να έχουν μία άνετη περιφορά στο εμπορικό κατάστημα, αλλά και την ώρα της συναλλαγής στο ταμείο του καταστήματος να ολοκληρωθεί με ακρίβεια και γρήγορα αφήνοντάς τους μία όμορφη κατακλείδα στο τέλος της αγοράς.

Επιπροσθέτως, η σχεδίαση του φωτισμού ενός καταστήματος πρέπει να βασίζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Έτσι θα πρέπει να δοθεί βάση:

- στο είδος των εμπορευμάτων,
- στην χρήση του κάθε χώρου του καταστήματος,
- στα επίπεδα του καταστήματος,
- στην σωστή απόδοση των χρωμάτων,
- στο μειωμένο κόστος συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων,
- στο μέγεθος και στη διαμόρφωση του καταστήματος,
- στο τρόπο τοποθέτησης των εμπορευμάτων (ράφια, πάγκοι).

Ο φωτισμός των καταστημάτων είναι πολύ σημαντικός, αλλά και πολύ ενεργοβόρος, καθώς σύμφωνα με έρευνες περίπου το 30 - 45 % της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται από το κατάστημα αντιστοιχεί στην ενέργεια φωτισμού του καταστήματος. Έτσι, γίνεται αντιληπτό η σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας, άρα και χρημάτων, στο κόστος συντήρησης και στην ετήσια κατανάλωση των φωτιστικών σωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στο εμπορικό κατάστημα. Χάρη στις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στο κομμάτι του φωτισμού μπορούμε να επιτύχουμε εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας έως και 30 % στον φωτισμό του εμπορικού χώρου.

Τα εμπορικά καταστήματα δύναται να καταταχθούν σε 3 κατηγορίες :

- a. Καταστήματα όπως τα supermarket που απευθύνονται σε ευρύ κοινό.
- b. Σε καταστήματα όπως τα πολυκαταστήματα που απευθύνονται σε ενδιάμεσο κοινό.
- c. Σε καταστήματα που απευθύνονται σε εξειδικευμένο κοινό όπως καταστήματα με ρούχα.

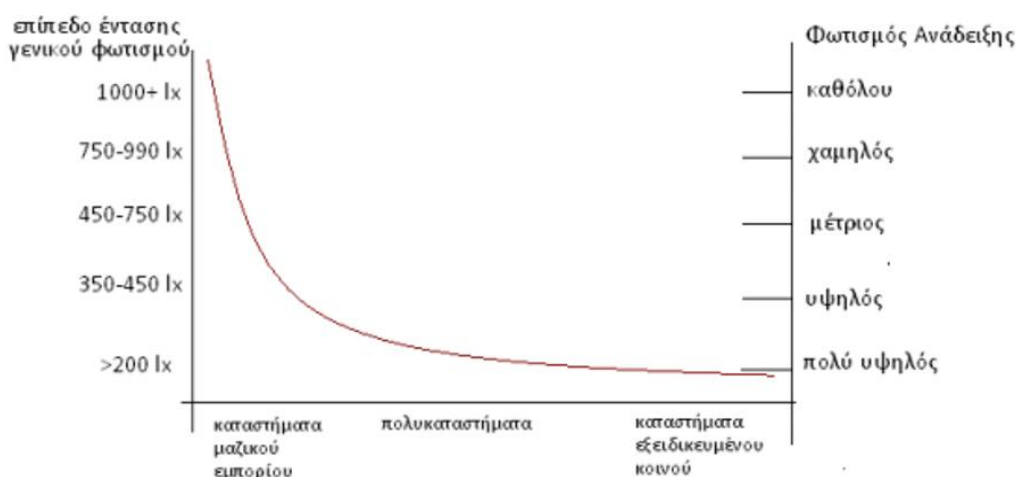
Ο γενικός φωτισμός στα εμπορικά καταστήματα είναι βασικό να είναι ομοιόμορφα κατανομημένος, αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με το να τοποθετηθούν τα φωτιστικά σώματα με συμμετρία μέσα στον χώρο. Επιπλέον, η μέση ένταση φωτισμού στα καταστήματα μπορεί να μεταβληθεί από 20-500lx που θεωρείτε μια χαμηλή μέση ένταση φωτισμού μέχρι 500-1000lx που θεωρείτε υψηλή μέση ένταση φωτισμού. Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα εμπορικά καταστήματα χωρίζονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες, που καθεμία από αυτές είθισται να έχει τα δικά της επίπεδα μέσης έντασης γενικού φωτισμού και τις δικιές της θερμοκρασίες χρώματος.

Αρχίζοντας από την πρώτη κατηγορία που απευθύνεται στο ευρύ κοινό η ένταση γενικού φωτισμού που επιτυγχάνουν συνήθως στα καταστήματα είναι της τάξης των 750 – 1000lx που θεωρείτε στα υψηλά επίπεδα έντασης γενικού φωτισμού, και η θερμοκρασία χρώματος είναι μεταξύ ουδέτερου και ψυχρού επομένως κυμαίνεται από 3000 – 5000K . Γενικά στην

κατηγορία αυτή δεν δίνεται έμφαση στον φωτισμό ανάδειξης (εστιασμένο φωτισμό) αντιθέτως επενδύουν στον γενικό φωτισμό.

Στην δεύτερη κατηγορία τα επίπεδα της μέσης έντασης γενικού φωτισμού πέφτουν μεταξύ 500 – 750 lx και συνοδεύεται από φωτιστικά ανάδειξης με μέση ένταση φωτισμού από 750 - 1000 lx. Η θερμοκρασία χρώματος που επιλέγεται γι' αυτά τα καταστήματα είναι συνήθως το ουδέτερο χρώμα.

Τέλος, η κατηγορία των καταστημάτων που στοχεύουν σε εξειδικευμένο κοινό δεν βασίζονται σε μεγάλα επίπεδα μέση έντασης φωτισμού αυτό σημαίνει ότι κυμαίνονται από 30-500 lx και επιλέγουν να δώσουν έμφαση στο διακοσμητικό φωτισμό του καταστήματος. Εκτός αυτού σε αυτή την κατηγορία των καταστημάτων επενδύουν πολύ στον εστιασμένο φωτισμό που η μέση ένταση φωτισμού μπορεί να φθάνει και τα 2000 lx και ο χρωματισμός που επιλέγεται είναι συνήθως θερμός (Δ.Μαδιάς, 2010).



Εικόνα 2.1: Διάγραμμα ΙΕΣΝΑ αναλογίας έντασης γενικού φωτισμού και φωτισμού ανάδειξης για τις 3 κατηγορίες.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ότι υπάρχουν τρεις κατηγορίες εμπορικών καταστημάτων έτσι μπορούμε να πούμε ότι υπάρχουν και τρεις κατηγορίες γενικού φωτισμού. Αυτές οι τρεις κατηγορίες είναι οι εξής:

- a. Το μοτίβο γενικού φωτισμού.
- b. Το μοτίβο ειδικού φωτισμού.
- c. Το μοτίβο ευέλικτου φωτισμού.

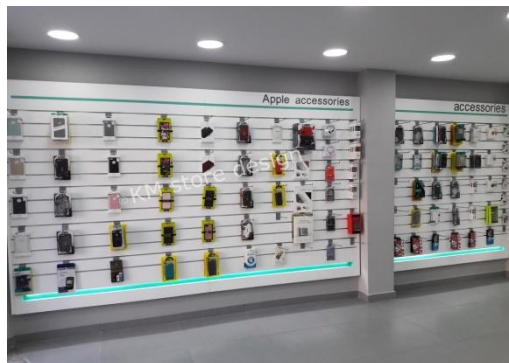
Καθένα από τα παραπάνω μοτίβα επιλέγονται αφού έχουμε μελετήσει τις απαιτήσεις του χώρου, το είδος και την θέση των εμπορευμάτων, την αρχιτεκτονική του κτηρίου και τέλος την ευελιξία (την ευκολία στην μετατόπιση του φωτισμού) στο κατάστημα που επρόκειτο να τοποθετηθούν τα φωτιστικά σώματα.

Αρχικά, το μοτίβο γενικού φωτισμού αναφέρεται σε ένα σύστημα φωτισμού που παρέχει έναν ολοκληρωμένο γενικό φωτισμό σε ολόκληρο το κατάστημα χωρίς όμως να δίνεται έμφαση στην θέση που θα τοποθετηθούν τα εμπορεύματα του καταστήματος. Το σύστημα

αυτό είθισται να περιλαμβάνει διακόπτες χειρισμού των φωτιστικών σωμάτων του χώρου και αρκετές φορές να περιλαμβάνει και ρυθμιζόμενους διακόπτες έντασης φωτισμού γνωστούς ως dimmer για εξοικονόμηση ενέργειας και για καλύτερη ένταση φωτισμού στο χώρο σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε περίπτωσης. Έπειτα, το μοτίβο του ειδικού φωτισμού είναι ένα σύστημα φωτισμού που προκύπτει μετά από μελέτη του χώρου και πιο συγκεκριμένα μελέτη για την τοποθέτηση των εμπορευμάτων στον χώρο του καταστήματος. Το μοτίβο ειδικού φωτισμού έχει ως σκοπό να δώσει έμφαση, να τονίσει τα προϊόντα του καταστήματος επομένως οι θέσεις των φωτιστικών σωμάτων καθορίζεται από την θέση των εμπορευμάτων. Τέλος, το μοτίβο του ευέλικτου φωτισμού είναι ένα σύστημα φωτισμού το οποίο προσφέρει τροφοδοσία φωτιστικών σωμάτων σε διάφορα μέρη στην οροφή του καταστήματος. Με αυτό στο σύστημα φωτισμού έχουμε την δυνατότητα να μετακινούμε τα φωτιστικά εύκολα και γρήγορα χωρίς να χρειάζεται η δημιουργία νέας γραμμής τροφοδοσίας. Έτσι μπορείς να αναδιαμορφώνεις τον φωτισμό του καταστήματος σύμφωνα με τις ανάγκες που προκύπτουν.



Εικόνα 2.2: Μοτίβο γενικού φωτισμού



Εικόνα 2.3: Μοτίβο ειδικού φωτισμού



Εικόνα 2.4: Μοτίβο ευέλικτου φωτισμού

Τα φωτιστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις παραπάνω τρεις κατηγορίες φωτισμού είναι:



Εικόνα 2.5: Χωνευτά φωτιστικά οροφής (downlights)



Εικόνα 2.6: Χωνευτά ρυθμιζόμενα φωτιστικά οροφής



Εικόνα 2.7: Φωτιστικά ράγας

Τα χωνευτά φωτιστικά είναι τα φωτιστικά που τοποθετούνται σε ψευδοροφές και βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με την οροφή και στοχεύουν προς τα κάτω. Τα χωνευτά φωτιστικά μπορούν να βγουν σε διάφορες διαστάσεις.

Τα χωνευτά ρυθμιζόμενα φωτιστικά είναι παρόμοια με τα χωνευτά φωτιστικά με την διαφορά ότι ο κατασκευαστής τους έχει δώσει την δυνατότητα περιστροφής του κεντρικού άξονα και αυτό προσφέρει ένα είδος εστιασμένου φωτισμού στον χώρο που θα τοποθετηθούν. Το μειονέκτημα σε σχέση με άλλα είδη φωτιστικών σωμάτων είναι ότι έχουν την δυνατότητα περιστροφής 30 – 45 μοίρες στον κάθετο άξονα επομένως δεν έχεις πλήρη δυνατότητα περιστροφής ώστε να καλύπτεις όλες τις γωνίες.

Τα φωτιστικά ράγας είναι τα φωτιστικά που συναντάμε στο μοτίβο του ευέλικτου φωτισμού. Η ράγα η οποία τοποθετείτε στην οροφή μας δίνει την δυνατότητα σταθεροποίησης του φωτιστικού σε οποιοδήποτε σημείο επιθυμούμε πάνω στην ράγα. Επιπλέον με το σύστημα αυτό έχουμε την δυνατότητα πλήρως ελέγχου του φωτομετρικού άξονα του φωτιστικού τόσο κάθετα όσο και οριζόντια (Δ.Μαδιάς, 2010).

2.2 Φωτισμός φαρμακείων

Ο χώρος στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η μελέτη είναι ένα φαρμακευτικό κέντρο. Η συγκεκριμένη κατηγορία καταστημάτων θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μία πολύ ιδιαίτερη κατηγορία, καθώς εκτός από ένα κατάστημα λιανικού εμπορίου, είναι και ένα κατάστημα το οποίο επισκέπτονται άνθρωποι όλων των ηλικιών και συνήθως σε δύσκολες καταστάσεις της ζωής τους. Μέσα από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι ο χώρος των φαρμακείων χρειάζεται μία ιδιαίτερη μελέτη από το μηχανικό.

Μια επιτυχημένη δήλωση φωτισμού θα πρέπει να ξεκινά έξω από την κύρια είσοδο ώστε να προσδιοριστεί ξεκάθαρα η εικόνα του καταστήματος. Άλλωστε, ένα κατάστημα με χαμηλό φωτισμό συχνά δίνει την εντύπωση στον πελάτη ότι το κατάστημα δεν είναι σε λειτουργία. Στη συνέχεια, ο φωτισμός θα πρέπει να προσελκύσει την προσοχή των πελατών κατά την είσοδο στο κατάστημα, να τους δίνει προσδοκίες για ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας και μια θετική εμπειρία αγοράς, ώστε να ξεκινήσουν ευχάριστα της αγοράς τους. Ο εσωτερικός φωτισμός στο τμήμα των εμπορευμάτων θα πρέπει να προωθεί ελκυστικά τις σειρές και είδη εμπορευμάτων του φαρμακείου αλλά ταυτόχρονα να έλκει τους πελάτες όχι μόνο στα προϊόντα που χρειάζονται και έχουν έρθει να αγοράσουν, αλλά να έλκονται και από τα υπόλοιπα προϊόντα του καταστήματος. Τις περισσότερες φορές τα εμπορεύματα των φαρμακείων παρουσιάζονται κάθετα σε ράφια, αυτό μας οδηγεί στο να προτιμάται κατακόρυφη και οριζόντια φωτεινότητα, ενώ ο επιφανειακός φωτισμός μπορεί να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό. Όπως αναφέρουν και Γερμανοί μηχανικοί: «Φωτίστε ό,τι προσφέρεται προς πώληση. Εάν δεν πουλάτε καλύμματα δαπέδου, δεν χρειάζεται να φωτίζετε υπερβολικά το πάτωμα.» Όσο κατευθυνόμαστε προς το εσωτερικό του καταστήματος τόσο αρχίζουμε και λαμβάνουμε υπόψιν τα συναισθήματα του πελάτη όπως είχε αναφέρει ο Robert Walthall. Λέγοντας αυτό ο γνωστός φαρμακοποιός αναφερόταν στο γεγονός ότι όταν κάποιος επισκέπτεται το φαρμακείο δεν συμβαίνει συνήθως επειδή είναι καλά, αντιθέτως είναι άρρωστος, κουρασμένος, ταλαιπωρημένος μάλιστα πολλές φορές περδεδεμένος και φοβισμένος (Walthall, 2016).

Ένας επιφανειακός φωτισμός φαρμακείου με μοναδικό σκοπό τον επαγγελματισμό και την λειτουργικότητα χωρίς έμφαση στον πελάτη θα δημιουργούσε ένα πολύ κρύο και όχι ευπρόσδεκτο κλίμα για τους πελάτες, αντίθετο με αυτό που χρειάζονται. Μέσο του φωτισμού είναι σωστό να δημιουργείτε ένα οικείο, άνετο και εξυπηρετικό περιβάλλον το

οποίο δεν θα αφήνει τον πελάτη να αναρωτηθεί αν θα έπρεπε να επισκεφτεί κάποιο ανταγωνιστικό φαρμακείο της περιοχής .

Εκτός όμως από τους πελάτες δεν πρέπει να ξεχνάμε και το προσωπικό που εργάζεται στο φαρμακείο. Ο φωτισμός του πάγκου εργασίας – ταμεία εκτός από ευχάριστη διάθεση που θα πρέπει να δημιουργεί στους εργαζομένους θα πρέπει να έχει υψηλό επίπεδο φωτισμού λόγω της πολύ μικρής σήμανσης ή της γρήγορης διανομής των φαρμάκων ώστε να εξασφαλίζεται υψηλή οπτική ακρίβεια. Ακόμα η επιλογή φωτιστικών με πολύ καλό δείκτη χρωματικής απόδοσης είναι πολύ σημαντικό για να υπάρχει καθαρή οπτική των χρωμάτων των χαπιών. Εκτός όμως της καλής ορατότητας που απαιτείται για το προσωπικό που εργάζεται και περνάει πολύ χρόνο διαβάζοντας συνταγές και ταξινομώντας φάρμακα. Ο καλός φωτισμός είναι απαραίτητος και για τους ηλικιωμένους πελάτες (Warehouse-lighting, 2021). Ένας ακόμα παράγοντας που πολύ δεν λαμβάνου υπόψιν για την επιλογή του φωτισμού είναι η διατήρηση των φαρμάκων καθώς δεν γνωρίζουν ότι η θεραπευτική επίδραση των φαρμάκων μπορεί να επηρεαστεί από το φως ή την θερμοκρασία. Επομένως αυτό είναι ένα ακόμα κριτήριο στην επιλογή των φωτιστικών σωμάτων το οποίο επηρεάζει κατά κύριο λόγο φάρμακα που είναι σε πολύ κοντινή επαφή με το φωτιστικό σώμα πχ. Φάρμακα που είναι τοποθετημένα στις υψηλές περιοχές των ραφιών.

Όπως γίνεται αντιληπτό ο φωτισμός είναι πολύ σημαντικός για τα φαρμακεία. Με τον σωστό φωτισμό το φαρμακείο μιλάει από μόνο του στον πελάτη και τον καθοδηγεί πως να κινηθεί και σε ποια προϊόντα να δώσει έμφαση. Ο σωστός φωτισμός έχει την ικανότητα να εκπλήσσει, να καθησυχάσει και να κάνει το φαρμακείο ένα ευχάριστο κατάστημα. Όπως ο επαγγελματισμός ενός φαρμακοποιού προσδίδει αξία στο εμπόρευμα που προωθεί έτσι και ο φωτισμός προσφέρει αξία στο εσωτερικό του φαρμακείου. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η φωτοτεχνική μελέτη κάθε φαρμακείου.

2.2.1 Φωτισμός χώρων

Ο χώρος του φαρμακείου μπορεί να χωριστεί σε επιμέρους χώρους πού ο καθένας μπορεί να έχει τον δικό του ξεχωριστό είδος φωτισμού και με τον συνδυασμό του γενικού φωτισμού με τους επιμέρους φωτισμούς να δημιουργηθεί το τέλειο αγοραστικό περιβάλλον.

Σύμφωνα με το πρότυπο EN:12.4.64 περί εργαστηρίων και φαρμακείων ο γενικός φωτισμός του χώρου πρέπει να κυμαίνεται στις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 2.1: Πρότυπο EN:12.4.64, (techlumen, 2013-2019)

5.49	Εργαστήρια και φαρμακεία	Em (lx)	Uo	UGRL	Ra
5.49.1	Γενικός φωτισμός	500	0,60	19	80
5.49.2	Έλεγχος χρωμάτων	1000	0,70	19	90

2.2.1.1 Φωτισμός πάγκου εργασίας

Ο φωτισμός του πάγκου εργασίας είναι συμπληρωματικός του γενικού φωτισμού και χρησιμοποιείται στους πάγκους των πληρωμών του φαρμακείου, στους χώρους εργασίας

και παρασκευής των σκευασμάτων καθώς και σε χώρους συσκέψεων όπου αυτοί υπάρχουν. Για παράδειγμα ο χώρος των ταμείων είναι το σημείο ολοκλήρωσης των πωλήσεων, και το τελευταίο σημείο αλληλεπίδρασης μεταξύ πελάτη και φαρμακοποιού. Αποτελεί την τελευταία εντύπωση του πελάτη που είναι εξίσου σημαντική με την πρώτη. Ο φωτισμός του έχει διακοσμητικό αλλά και χρηστικό ρόλο ώστε να τραβήξει την προσοχή και να κάνει ευκολότερο τον εντοπισμό των ταμείων, να βοηθήσει στην εύκολη και γρήγορη συσκευασία των προϊόντων, στην σωστή λειτουργία των ταμείων και την αποφυγή λαθών.



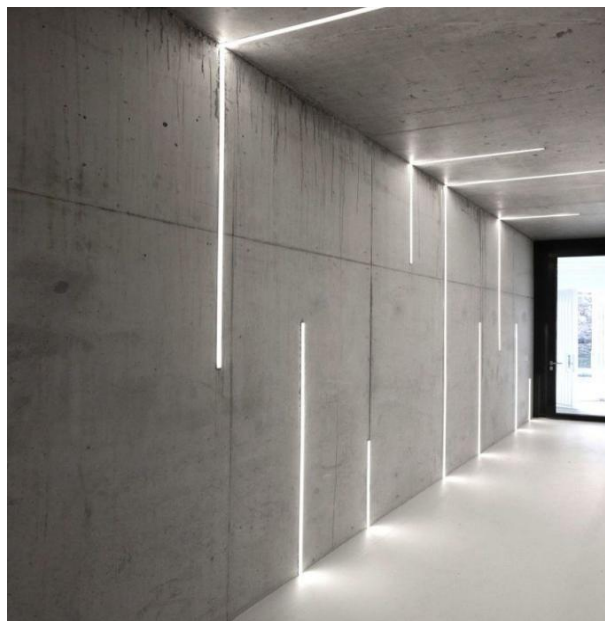
Εικόνα 2.8: Φωτισμός πάγκου εργασίας φαρμακείου

Ο σκοπός του είναι να φωτίζει ένα συγκεκριμένο χώρο εργασίας παρέχοντας το σωστό, τοπικό και εστιασμένο επίπεδο φωτισμού. Για να είναι αποτελεσματικός ο φωτισμός εργασίας πρέπει να χρησιμοποιηθούν αποδοτικές πηγές φωτισμού που θα αποτρέπουν τις σκιές, θα εξαλείφουν την θάμβωση από τον φωτισμό και τις πιθανές αντανακλάσεις σε επιφάνειες, θα κάνουν ευχάριστη και αποτελεσματική την εργασία του προσωπικού του φαρμακείου και θα συμβάλουν στην μείωση του κόστους ρεύματος.

Για την λειτουργικότητα του φωτισμού στον πάγκο εργασίας το συνιστάμενο επίπεδο φωτισμού σύμφωνα με μελέτες κυμαίνεται από 500 lx ως 2000 lx και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικές πηγές φωτισμού όπως τα LED όσο και κρεμαστά φωτιστικά.

2.2.1.2 **Φωτισμός διαδρόμων**

Ο γενικός φωτισμός του χώρου είναι αυτός που δημιουργεί την πρώτη εντύπωση στον πελάτη και βοηθάει στην καλύτερη αντίληψη του χώρου, την ασφαλή κίνηση του και τον προσανατολισμό του μέσα στο κατάστημα.



Εικόνα 2.9: Φωτισμός διαδρόμου

Μια ομοιόμορφη κατανομή του φωτός - φυσικού και τεχνητού - και μια ζεστή χρωματική απόδοση θα πρέπει να υπάρχει σε όλη την ώρα λειτουργίας του φαρμακείου. Ο ψυχρός λευκός φωτισμός που θυμίζει νοσοκομείο, καθώς και έντονη λαμπρότητα που μπορεί να προκαλέσει θάμβωση θα πρέπει να αποφεύγονται στον γενικό φωτισμό.

Για την λειτουργικότητα του φωτισμού στους διαδρόμους το συνιστάμενο επίπεδο φωτισμού σύμφωνα με μελέτες κυμαίνεται από 50 lx ως 500 lx.

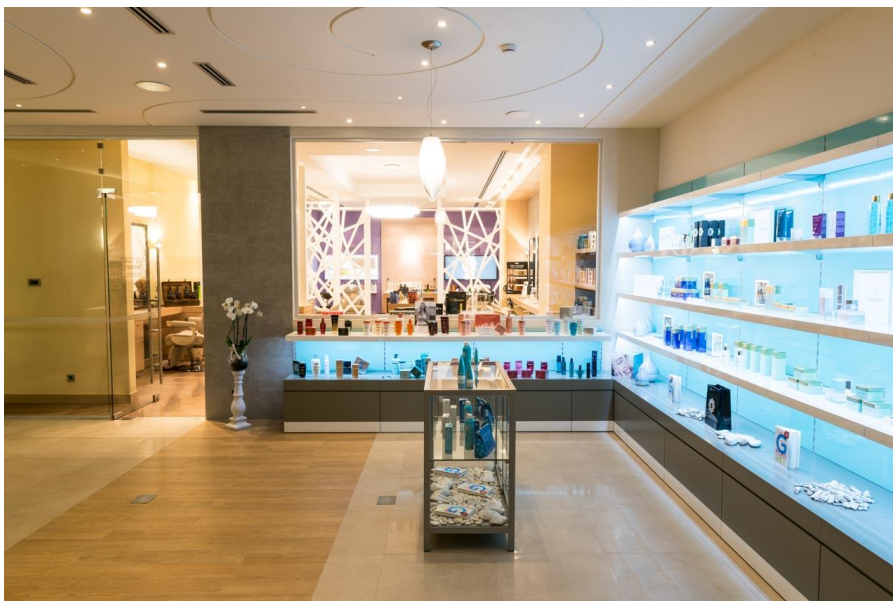
2.2.1.3 **Φωτισμός προϊόντων**

Ο φωτισμός των προϊόντων θα μπορούσε να πει κανείς ότι είναι ένα από τα πιο βασικά σημεία του φωτισμού, γι' αυτό πρέπει να δίνεται και η απαιτούμενη βαρύτητα. Ο πρώτος πολύ καλός τρόπος φωτισμού είναι ο εστιακός φωτισμός ο οποίος προσφέρει μια έμφαση στα εμπορεύματα. Με την χρήση του εστιακού φωτισμού το προϊόν συγκεντρώνει μεγάλο μέρος φωτισμού και το κάνει τα ξεχωρίζει στο περιβάλλον του, δίνοντας έμφαση στο σχήμα, στο χρώμα, δίνει λάμψη και ελκύει τον πελάτη. Όμως θέλει προσοχή γιατί η λάθος τοποθέτηση τους ή η λάθος γωνία στρέψης μπορεί να δημιουργήσει τα αντίθετα αποτελέσματα δηλαδή να προκαλεί σκιές στο προϊόν και θάμβωση στον πελάτη. Το σημαντικό είναι ο φωτισμός του προϊόντος να είναι υψηλότερης έντασης και σωστά στενευμένος σε σχέση με τον γενικό φωτισμό. Τα φωτιστικά που ενδείκνυνται γι' αυτόν τον φωτισμό είναι φωτιστικά που έχουν την δυνατότητα περιστροφής, ώστε να μπορούν να επικεντρώσουν την δέσμη του φωτός στο προϊόν και τέτοια φωτιστικά είναι τύπου ράγας ή σποτ ψευδοροφής με στρεφόμενη βάση. Ο εστιακός φωτισμός προτείνεται να βρίσκεται στα 1500lx-5000lx.



Εικόνα 2.10: (α) Φωτιστικά ράγας, (β) Σποτ με περιστρεφόμενη βάση, (e-fwtistika, 2021)

Ένας ακόμα πολύ διαδεδομένος φωτισμός εμπορευμάτων είναι με την χρήση κρυφού φωτισμού. Ο συγκεκριμένος φωτισμός επιτυγχάνεται με πολύ λεπτό προφίλ συνήθως αλουμινίου που μέσα του περιέχει ταινία LED. Είθισται, ο φωτισμός αυτός να τοποθετείται κοντά στα προϊόντα αλλά σε μη εμφανή σημεία όπως στο πάνω μέρος τού ραφιού ώστε να τονίζει το εμπόρευμα που βρίσκεται από κάτω του. Ο τρόπος τοποθέτησης της ταινίας LED στα ράφια είναι σημαντικός καθώς πρέπει να γνωρίζουμε το προϊόν που θα τοποθετηθεί για να επιλέξουμε το κατάλληλο βάθος τοποθέτησης που το συγκεκριμένο είναι ένα ελάττωμα σε σχέση με τον εστιακό φωτισμό που μπορείς να τον στρέψεις ανάλογα το προϊόν που θα τοποθετήσεις. Από την άλλη, το θετικό με τον κρυφό φωτισμό είναι ότι μπορείς να δώσεις έμφασή και στα χαμηλά ράφια, που είναι λίγο δυσκολότερο με τον εστιακό φωτισμό, έτσι δίνεις ένταση σε περισσότερα προϊόντα και κρατάς τον πελάτη περισσότερο στο κατάστημα. Ο φωτισμός των προϊόντων πρέπει να είναι 3 με 5 φορές υψηλότερης έντασης από τον γενικό φωτισμό ώστε να δίνεται έμφαση και το εμπόρευμα να γίνεται ελκυστικό (TECHLUMEN, 2018).



Εικόνα 2.11: Ράφια φαρμακείου φωτιζόμενα με ταινία LED, (Savoroulos, 2019)



Εικόνα 2.12: Ταινία LED μέσα σε προφίλ αλουμινίου

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: Φωτοτεχνικής μελέτης μέσω του προγράμματος DialuxEvo

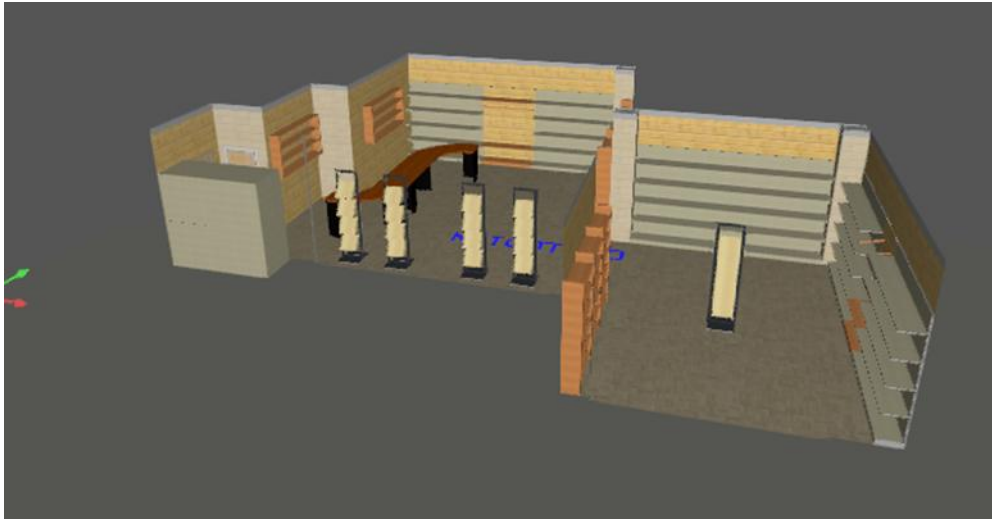


Εικόνα 3.1: Λογότυπο Dialux

Το DialuxEvo είναι ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή με το οποίο μπορούν να πραγματοποιηθούν μελέτες φυσικού και τεχνητού φωτισμού εσωτερικών ή εξωτερικών χώρων και δρόμων. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί στις προσομοιώσεις που πραγματοποιεί διεθνή αναγνωρισμένα πρότυπα φωτισμού, καθώς και ένα μεγάλο κατάλογο προϊόντων φωτισμού διαφορετικών κατασκευαστών. Για την εκπόνηση της παρουσιαζόμενης εργασίας έγινε χρήση του προγράμματος DialuxEvo. Το εν λόγω λειτουργικό δίνει την δυνατότητα για προσομοιώσεις φωτισμού στους υπό - μελέτη χώρους και επιπλέον υπολογίζει την επιμέρους ή συνολική κατανάλωση των φωτιστικών που θα επιλεγθούν. Κατόπιν τρισδιάστατης σχεδίασης του φαρμακείου που θα μελετηθεί, έγιναν πέντε προσομοιώσεις με διαφορετικού τύπου φωτιστικών σωμάτων αλλά και τύπου λαμπτήρα με σκοπό την σύγκρισή τους ώστε να διαπιστώσουμε τη βέλτιστη λύση από αισθητική, οικονομική και λειτουργική χρήση του φαρμακείου.

3.1 Περιγραφή χώρου

Ο χώρος που πρόκειται να μελετηθεί είναι ένα φαρμακείο. Το συγκεκριμένο φαρμακείο αποτελείται από πέντε ξεχωριστούς χώρους. Ο πρώτος και κύριος χώρος είναι το κεντρικό κατάστημα το οποίο αποτελείται από τις βιτρίνες, τα ράφια των προϊόντων και το ταμείο. Ο δεύτερος χώρος είναι το εργαστήριο που περιέχει δύο πάγκους εργασίας, μια βιβλιοθήκη και μερικά ράφια. Ως τρίτο χώρο έχουμε ένα γραφείο το οποίο απαρτίζεται από ένα γραφείο και μια βιβλιοθήκη. Ο τέταρτος χώρος είναι το control room που περιέχει μια ντουλάπα του στο εσωτερικό της έχεις τον ηλεκτρολογικό πίνακα, πίνακα συναγερμού, καταγραφικό και καταναμητή δικτύου. Πέμπτος και τελευταίος χώρος είναι η τουαλέτα.



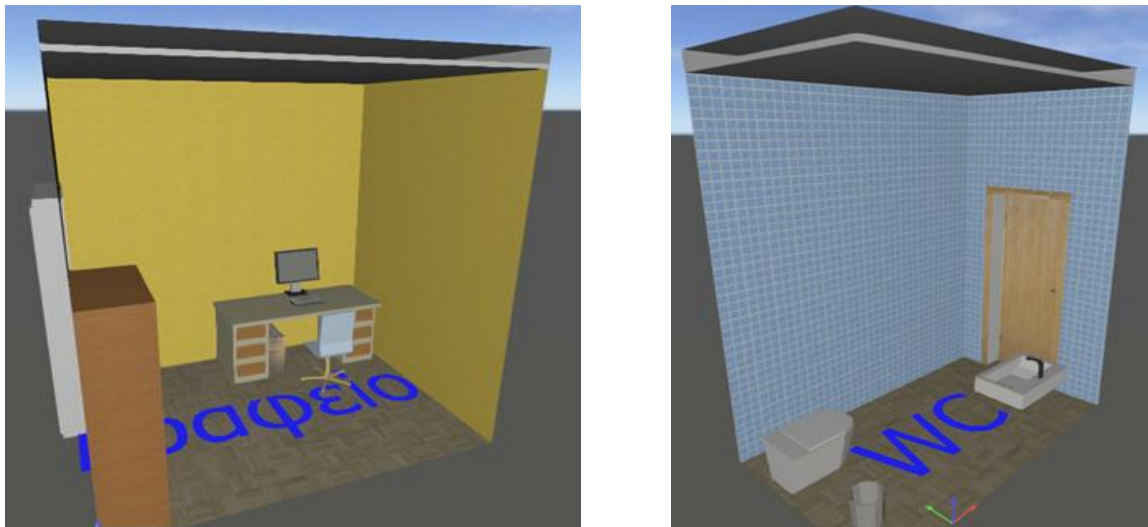
Εικόνα 3.2: Κεντρικός χώρος καταστήματος



Εικόνα 3.3: Χώρος εργαστηρίου



Εικόνα 3.4: Control Room



Εικόνα 3.5: (α) Γραφείο, (β) W/C

➤ Κεντρικός χώρος καταστήματος

Είναι ο βασικός χώρος εξυπηρέτησης των πελατών και προβολής των προϊόντων του φαρμακείου. Ο συγκεκριμένος χώρος έχει μία ιδιαίτερη ιδιομορφία στον σχεδιασμό του.

Τα συνολικά τετραγωνικά του χώρου είναι: 82 τετραγωνικά μέτρα

Ύψος κτηρίου: 3 μ

Τελικό ύψος με ψευδοροφή: 2.85 μ

Τα ανοίγματα του κτηρίου είναι μία γυάλινη τζαμαρία διαστάσεων: 2,7 μέτρα ύψος και 4,94 μέτρα πλάτος,

και η συρόμενη γυάλινη κύρια πόρτα εισόδου διαστάσεων: 2,5 μέτρα ύψος και 3,3 μέτρα πλάτος .

➤ Γραφείο

Είναι ένας τμήμα του φαρμακείου ο οποίος έχει διαστάσεις:

Μήκος: 2,1 μ

Πλάτος: 2,8 μ

Ύψος κτηρίου: 3 μ

Τελικό ύψος με ψευδοροφή: 2.85 μ

Πάχος τοίχων: 0,2 μ

➤ Εργαστήριο

Είναι ένας επιμέρους χώρος του φαρμακείου ο οποίος έχει διαστάσεις:

Μήκος: 4,77 μ

Πλάτος: 3,26 μ

Ύψος κτηρίου: 3 μ

Τελικό ύψος με ψευδοροφή: 2.87 μ

Πάχος τοίχων: 0,11 μ

➤ Control room

Είναι ένας χώρος του φαρμακείου ο οποίος περιέχει ένα άνοιγμα το οποίο είναι η πόρτα διαφυγής ή πόρτα έκτακτης ανάγκης που υποχρεούται να υπάρχει βάση νομοθεσίας, διαστάσεων: 2 μέτρα ύψος και 0,85 μέτρα πλάτος.

Ο χώρος έχει διαστάσεις:

Μήκος: 1,95 μ

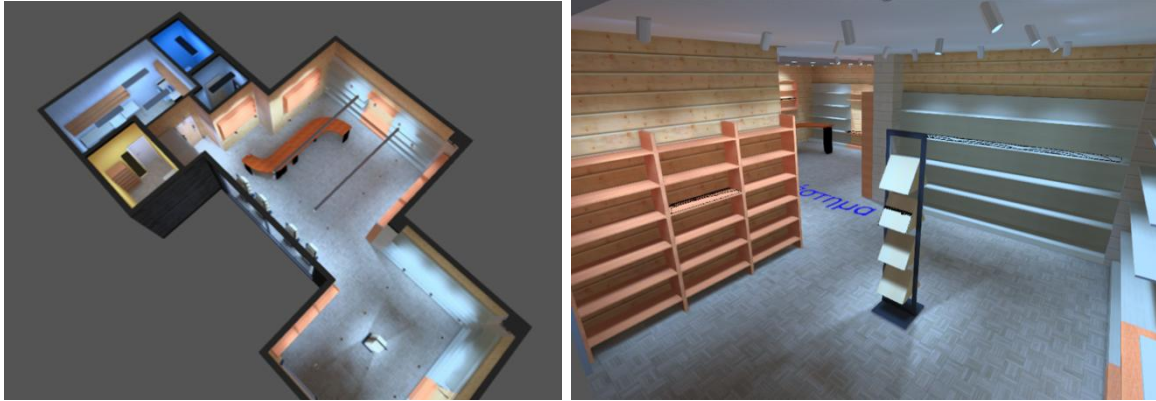
Πλάτος: 1,8 μ

Ύψος κτηρίου: 3 μ

Τελικό ύψος με ψευδοροφή: 2.87 μ

3.2 Παρουσίαση πρώτης πρότασης με φωτιστικά LED

Η πρώτη φωτοτεχνική μελέτη που παρουσιάζεται έχει πραγματοποιηθεί με φωτιστικά σώματα που περιέχουν λαμπτήρες φωτοεκπεμπουσών διόδων (LED). Η συγκεκριμένη μελέτη φωτισμού προσπαθεί να επικεντρωθεί στον εστιασμένο φωτισμό.



Εικόνα 3.6: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της πρώτης μελέτης σε 3D αναπαράσταση.

3.2.1 Κατάλογος φωτιστικών

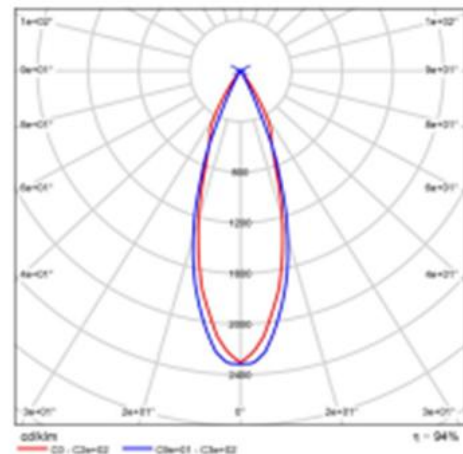
Καθώς η μελέτη επικεντρώνεται στον εστιασμένο φωτισμό, για το φωτισμό του κεντρικού καταστήματος επιλέχθηκαν κατά κύριο λόγο φωτιστικά ράγας τα οποία μπορούν να κατευθύνουν τη δέσμη φωτός τους. Όμως, εκτός από φωτιστικά σώματα εστιασμένου φωτισμού επιλέχθηκαν και φωτιστικά με διευρυμένο πολικό διάγραμμα προκειμένου να επιτευχθεί ένας ομοιόμορφος φωτισμός στους χώρους.

Τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

PETRIDIS CLUB 1 LED 30W 4000K Wide



Αρ. είδους	89331303_
P	30.0 W
Φλampo	3290 lm
Φωτιστικό	3106 lm
η	94.41 %
Ωφέλιμος φωτός	103.5 lm/W
CCT	4000 K
CRI	75



Εικόνα 3.7: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

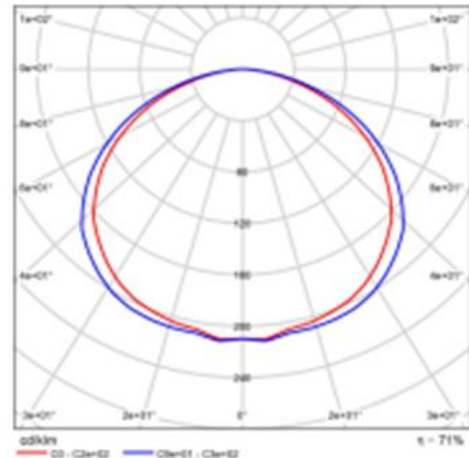
Τα παραπάνω προσφέρουν τον εστιακό φωτισμό.

Η τιμή του παραπάνω φωτιστικού ανέρχεται στα 109,00 ευρώ.

PETRIDIS FOGLIO H S LED 42W Neutral



Αρ. είδους	29581_
P	45.0 W
Φάσμα	3780 lm
Φωτιστικό	2681 lm
η	70.93 %
Σηφελος φωτός	59.6 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



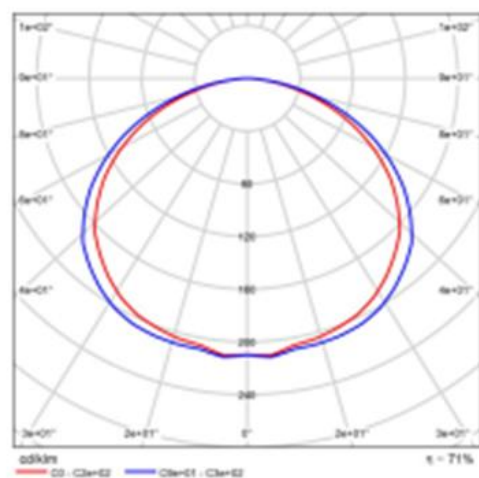
Εικόνα 3.8: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Η τιμή του εν λόγω φωτιστικού είναι 172,00 ευρώ.

PETRIDIS FOGLIO H S LED 88W Warm



Αρ. είδους	29542_
P	91.0 W
Φάσμα	12320 lm
Φωτιστικό	8738 lm
η	70.93 %
Σηφελος φωτός	96.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



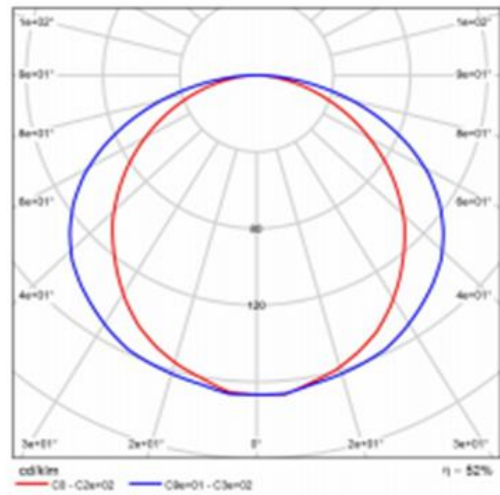
Εικόνα 3.9: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Η τιμή του φωτιστικού αυτού είναι 194,00 ευρώ.

PETRIDIS SLOTLIGHT LED 65W NEUTRAL



Αρ. είδους	90179_
P	65.0 W
Φλάντα	8800 lm
Φωτιστικά	4573 lm
η	51.97 %
Ωφελος φωτός	70.4 lm/W
CCT	4000 K
CRI	79



Εικόνα 3.10: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Η τιμή του φωτιστικού σώματος είναι 284,00 ευρώ.

Συνολικά τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφονται στον παρακάτω κατάλογο φωτιστικών.

Φσυνολικά 157998 lm	Pσυνολικά 1674.0 W	Ωφελος φωτός 94.4 lm/W
------------------------	-----------------------	---------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ	Ωφελος φωτός
4	PETRIDIS	29542_	FOGLIO H S LED 88W Warm	91.0 W	8738 lm	96.0 lm/W
2	PETRIDIS	29581_	FOGLIO H S LED 42W Neutral	45.0 W	2681 lm	59.6 lm/W
32	PETRIDIS	89331303_	CLUB 1 LED 30W 4000K Wide	30.0 W	3106 lm	103.5 lm/W
4	PETRIDIS	90179_	SLOTLIGHT LED 65W NEUTRAL	65.0 W	4573 lm	70.4 lm/W

Εικόνα 3.11: Κατάλογος φωτιστικών πρώτης μελέτης

Πιο συγκεκριμένα, τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν στο εργαστήριο και στο κυρίως κατάστημα είναι τα εξής:

Εργαστήριο

Ρουνοικά 273.0 W	Εσωτερικός χώρος 14.07 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 19.40 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)			
Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{φωτιστικό}
3	PETRIDIS	29542_	FOGLIO H S LED 88W Warm	91.0 W	8738 lm

κατάστημα

Ρουνοικά 1220.0 W	Εσωτερικός χώρος 82.13 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 14.86 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)			
Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{φωτιστικό}
32	PETRIDIS	89331303_	CLUB 1 LED 30W 4000K Wide	30.0 W	3106 lm
4	PETRIDIS	90179_	SLOTLIGHT LED 65W NEUTRAL	65.0 W	4573 lm

Εικόνα 3.12: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος

Σύμφωνα με τις τιμές του καταστήματος PETRIDIS LIGHTING το συνολικό κόστος των φωτιστικών ανέρχεται στα 5744,00 ευρώ.

3.2.2 Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης

Μέσω του προγράμματος του dialux δίνεται η δυνατότητα για υπολογισμό τόσο της ετήσιας κατανάλωσης σε KWh και του ετήσιου κόστους που θα προκύψει από τη συνολική κατανάλωση των φωτιστικών που έχουν επιλεγεί, όσο και από το χρόνο λειτουργίας των φωτιστικών που θα επιλεγεί από το μελετητή.

Κατανάλωση ενέργειας και κόστος	
Κατανάλωση	3450 - 4600 kWh/a
LENI	32 - 42 kWh/a/m ²
Κόστος	1036 - 1381 €/a
Σελίδες χρήσης	
Ημέρα	2543 Ώρες ανά έτος
Νύχτα	207 Ώρες ανά έτος
Συντελεστής απουσίας	0.00

Εικόνα 3.13: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux

Έχοντας πραγματοποιήσει τη μελέτη φωτισμού με τα φωτιστικά που προϋπάρχουν στον παραπάνω κατάλογο και επιλέγοντας κάποιες συγκεκριμένες ώρες ημέρας αλλά και νύχτας

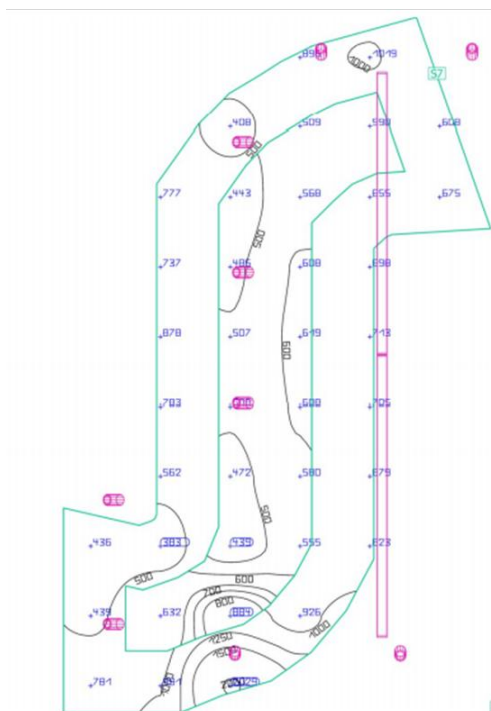
που θα λειτουργεί το κατάστημα (οι ώρες είναι ενδεικτικές), εμφανίζεται η συνολική κατανάλωση και το συνολικό κόστος.

3.2.3 Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης

Αρχικά, επικεντρώνοντας στον πάγκο εργασίας (ταμεία) του καταστήματος, διαπιστώνεται, όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα των υπολογισμών του προγράμματος dialux, πως έχει ένταση φωτισμού 563 lx, τιμή ελαφρώς μεγαλύτερη από την προτεινόμενη τιμή της έντασης σε πάγκους εργασίας (500 lx). Επιπλέον, υπολογίζεται η τιμή του δείκτη g1 που παρουσιάζεται στα αποτελέσματα και εκφράζει το δείκτη ομοιομορφίας του φωτισμού. Παρατηρείται πως η τιμή του δείκτη ομοιομορφίας είναι πάνω από το 0,60 που προτείνεται από το πρότυπο EN 12464-1. Επομένως, ο πάγκος εργασίας είναι επαρκώς φωτισμένος.

Ιδιότητες	Ε (Όνομ)	Ε _{ελάχ}	Ε _{μέγ}	g ₁ (Όνομ)	g ₂	Ευρετήριο
Περιοχή της οπτικής εργασίας 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.950 m, Περιβάλλουσα περιοχή: 0.500 m	563 lx (≥ 500 lx) ✓	439 lx	884 lx	0.78 (≥ 0.60) ✓	0.50	S7
Περιβάλλουσα περιοχή 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.950 m	756 lx (≥ 300 lx) ✓	383 lx	2029 lx	0.51 (≥ 0.40) ✓	0.19	S8
Περιοχή φόντου 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.000 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	673 lx (≥ 100 lx) ✓	220 lx	2286 lx	0.33 (≥ 0.10) ✓	0.096	S6

Εικόνα 3.14: Περιοχές της οπτικής εργασίας



Εικόνα 3.15: Γραφική αναπαράσταση της έντασης φωτισμού της πρώτης μελέτης στον πάγκο εργασίας.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να σχολιαστεί ένα ακόμα κρίσιμο μέρος του καταστήματος το οποίο είναι τα ράφια που θα τοποθετηθούν τα προϊόντα του καταστήματος. Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 2, ο φωτισμός των προϊόντων προτείνεται να είναι 3 - 5 φορές μεγαλύτερη από τον γενικό φωτισμό του καταστήματος ώστε να προσελκύουν το ενδιαφέρον του αγοραστή.

Για να είναι ορθά τα αποτελέσματα στη φωτοτεχνική μελέτη που πραγματοποιείται, επιλέχθηκαν πέντε διαφορετικά σε ύψος αλλά και θέση ράφια μέσα στο μαγαζί και τα αποτελέσματα που εξήχθησαν φανερώνονται στον παρακάτω πίνακα:

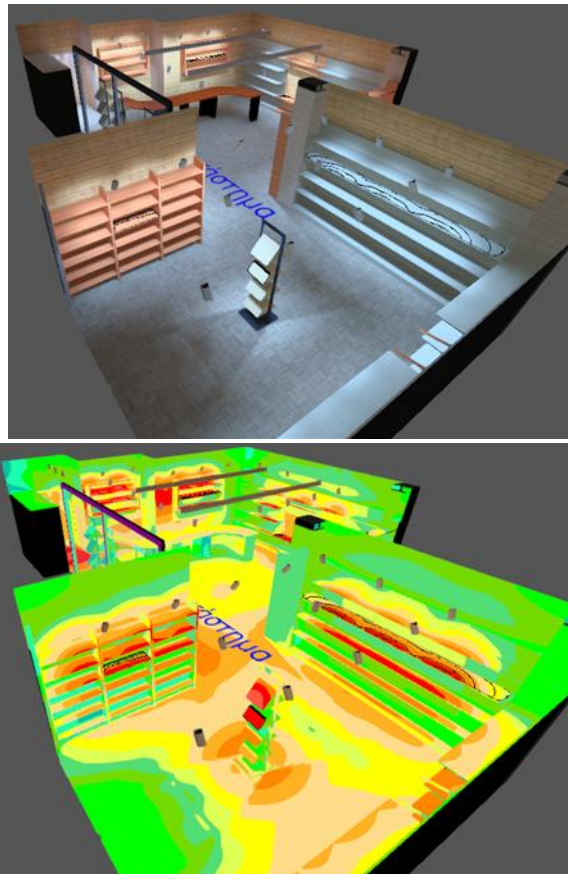
Πίνακας 3.1: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων

Ιδιότητες	Ø	ελάχ	μέγ	g ₁	g ₂	Ευρετήριο
Έπιπλο 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.165 m	1179 lx	141 lx	1674 lx	0.12	0.084	S9
Έπιπλο 1 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.165 m	141 cd/m ²	21.4 cd/m ²	198 cd/m ²	0.15	0.11	S9
Έπιπλο γραφείου Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.678 m	1828 lx	519 lx	2459 lx	0.28	0.21	S10
Έπιπλο γραφείου Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.678 m	221 cd/m ²	67.9 cd/m ²	296 cd/m ²	0.31	0.23	S10
Έπιπλο 4 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.550 m	1583 lx	803 lx	1696 lx	0.51	0.47	S11
Έπιπλο 4 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 0.550 m	190 cd/m ²	99.9 cd/m ²	203 cd/m ²	0.53	0.49	S11
Έπιπλο 2 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.225 m	1027 lx	137 lx	1904 lx	0.13	0.072	S12
Έπιπλο 2 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.225 m	224 cd/m ²	29.8 cd/m ²	415 cd/m ²	0.13	0.072	S12
Έπιπλο 3 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.450 m	1132 lx	167 lx	2163 lx	0.15	0.077	S13
Έπιπλο 3 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.450 m	178 cd/m ²	26.5 cd/m ²	339 cd/m ²	0.15	0.078	S13

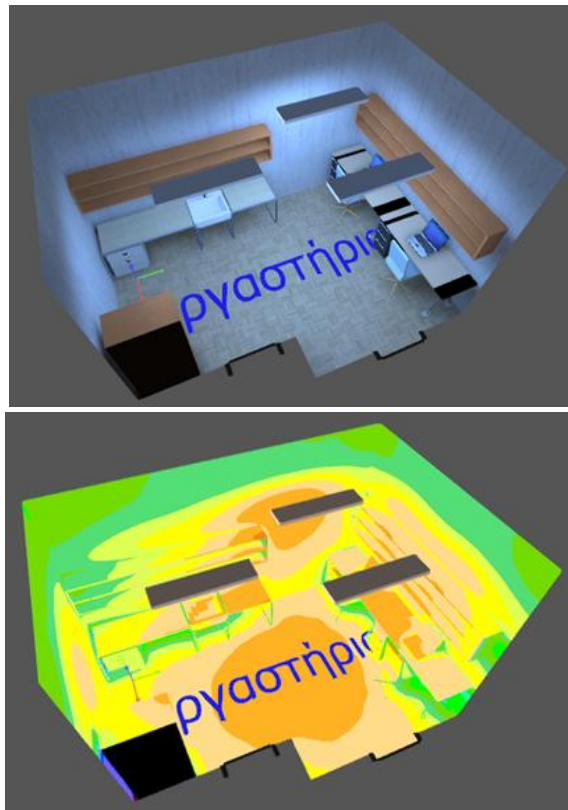
Όπως γίνεται φανερό μέσα από τον πίνακα, οι τιμές που επικρατούν στα ράφια είναι μεταξύ των 1027lx – 1828 lx. Οι τιμές αυτές είναι αρκετά ικανοποιητικές σε σχέση με το γενικό φωτισμό που κυμαίνεται στα 400 lx.

3.2.4 Εξέταση μέσης έντασης φωτισμού με λάθος χρώματα

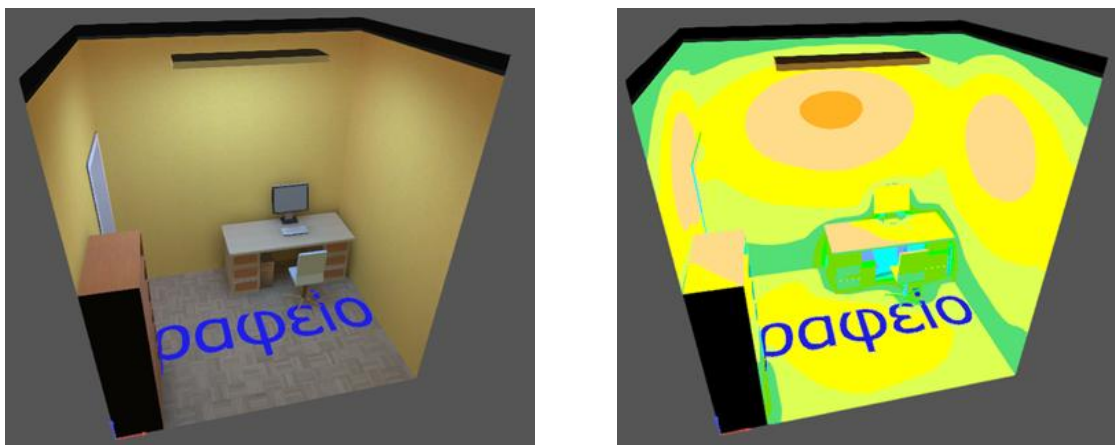
Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέσης έντασης φωτισμού, στους εκάστοτε χώρους του φαρμακείου, με λάθος χρώματα, μέσω του προγράμματος προσομοίωσης.



Εικόνα 3.16: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.17: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.18: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.19: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx

3.2.5 Συμπέρασμα πρώτης μελέτης

Τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατά κύριο λόγο φωτιστικά εστιασμένου φωτισμού. Σ' αυτό οφείλεται η επίτευξη ικανοποιητική έντασης φωτισμού στα ράφια των προϊόντων. Συγχρόνως, με το συνδυασμό των γραμμικών φωτιστικών πετυχαίνουμε και την απαιτούμενη ένταση φωτισμού στον πάγκο εργασίας. Παρατηρώντας τα χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων, εξασφαλίστηκε καλός δείκτης χρωματικής απόδοσης και σωστή απόδοση χρώματος πάνω στα προϊόντα. Εν αντιθέσει, εξετάζοντας την ομοιομορφία του εστιασμένου φωτισμού μέσα από τα λάθος χρώματα που προσφέρει το dialux, στο κυρίως

κατάστημα παρατηρείται πως υπάρχουν έντονες μεταβολές της έντασης φωτισμού επομένως υπάρχει ανομοιομορφία. Αυτό είναι και ένα από τα αρνητικά του εστιασμένου φωτισμού. Όσον αφορά την ετήσια κατανάλωση, το κόστος που τελικά προκύπτει θα μπορούσε να το καταταχθεί στο μέτριο προς το υψηλό κόστος. Τέλος, η αρκετά υψηλή συνολική τιμή τις αγορές των φωτιστικών σωμάτων δε μπορεί να παραληφθεί.

3.3 Παρουσίαση δεύτερης πρότασης με φωτιστικά LED

Η δεύτερη μελέτη φωτισμού βασίζεται στον κρυφό φωτισμό που επιτυγχάνεται με την ταινία LED. Στην εν λόγω μελέτη έχουν επιλεγεί χωνευτά κυκλικά φωτιστικά οροφής, ούτως ώστε να πετύχουμε το γενικό φωτισμό τόσο του κυρίως χώρου, όσο και τον απαιτούμενο φωτισμό, προκειμένου ο πάγκος εργασίας να είναι λειτουργικός. Ο φωτισμός των προϊόντων γίνεται με ταινία LED που είναι τοποθετημένη στο πάνω μέρος όλων των ραφιών.



Εικόνα 3.20: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της δεύτερης μελέτης σε 3D αναπαράσταση.

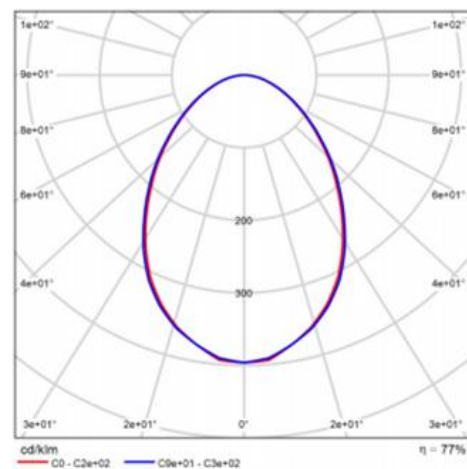
3.3.1 Κατάλογος φωτιστικών

Τα φωτιστικά που έχουν επιλεγθεί, καθώς και τα χαρακτηριστικά και το πολικό διάγραμμά τους φανερώνονται παρακάτω:

PETRIDIS LUNA ROUND 175 LED CHIP 22W 3000K



Αρ. είδους	465321+40024_
P	25.0 W
Φλάμπα	2331 lm
Φωτιστικό	1785 lm
η	76.57 %
Ωφέλιμος φωτός	71.4 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



Εικόνα 3.21: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Η τιμή αγοράς του παραπάνω φωτιστικού είναι 61,40 ευρώ.

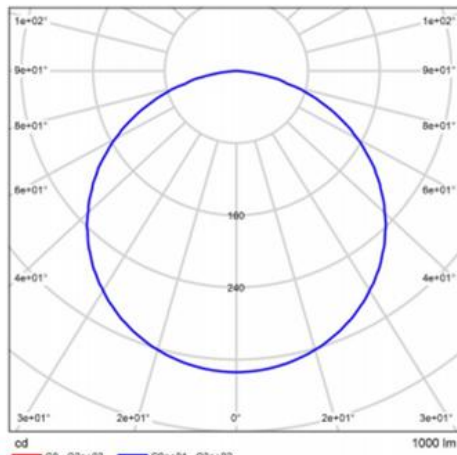
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Σμυρναίος Ιωάννης

RZB Less is more Flex PRO





Αρ. είδους	10-3218.1
P	6.6 W
Φωτιστικό	1000 lm
Ώφελος φωτός	151.5 lm/W
CCT	2700 K
CRI	80



Εικόνα 3.22: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

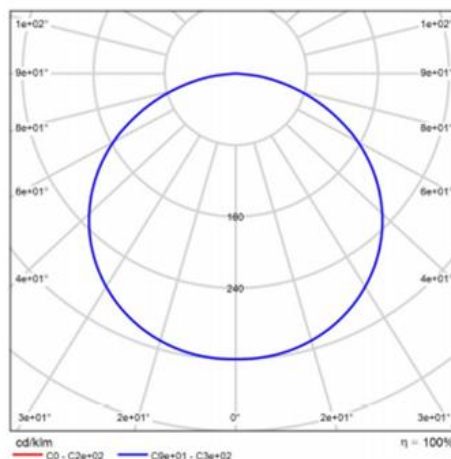
Η τιμή ανά μέτρο της παραπάνω ταινίας LED είναι 13,00 ευρώ.

SYLVANIA LumiStrip HO IP20 5M NW (0.5M section)





Αρ. είδους	3036969
P	8.0 W
Φάσμα	735 lm
Φωτιστικό	735 lm
η	100.00 %
Ώφελος φωτός	91.9 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Εικόνα 3.23: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Η παραπάνω ταινία LED πωλείται ανά 5 μέτρα και η τιμή των 5 μέτρων ανέρχεται στα 70,00 ευρώ.

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ	Ωφελος φωτός
38	PETRIDIS	465321+4 0024_	LUNA ROUND 175 LED CHIP 22W 3000K	25.0 W	1785 lm	71.4 lm/W
106	RZB	10-3218.1	Less is more Flex PRO	6.6 W	1000 lm	151.5 lm/W
15	SYLVANIA	3036969	LumiStrip HO IP20 5M NW (0.5M section)	8.0 W	735 lm	91.9 lm/W

Εικόνα 3.24: Κατάλογος φωτιστικών δεύτερης μελέτης

Εργαστήριο

Ρουνοικά 133.0 W	Εσωτερικός χώρος 14.07 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 9.45 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)
---------------------	------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{Φωτιστικό}
4	PETRIDIS	465321+4 0024_	LUNA ROUND 175 LED CHIP 22W 3000K	25.0 W	1785 lm
5	RZB	10-3218.1	Less is more Flex PRO	6.6 W	1000 lm

κατάστημα

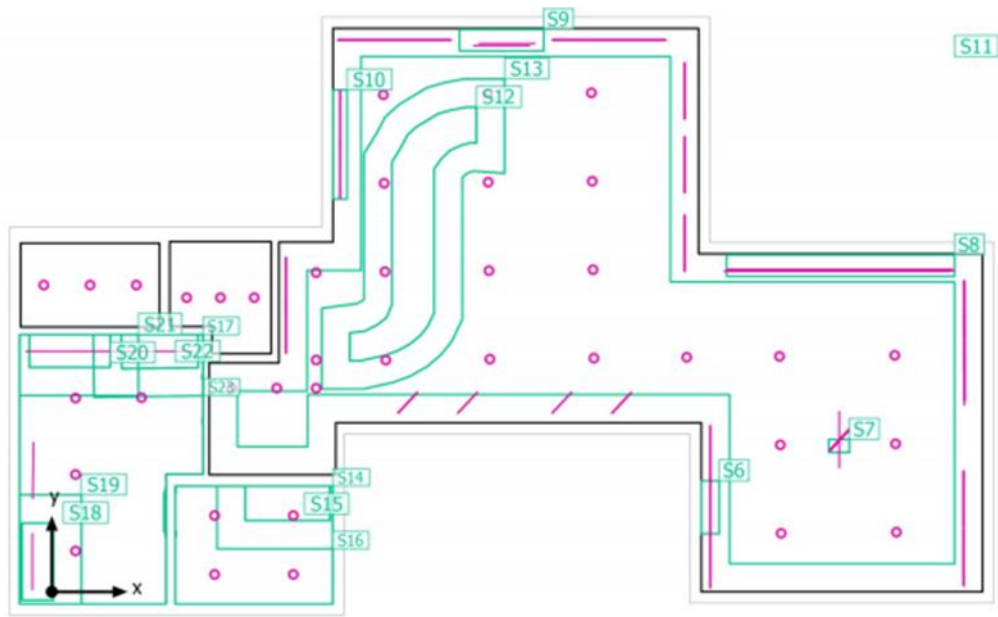
Ρουνοικά 1386.6 W	Εσωτερικός χώρος 82.13 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 16.88 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)
----------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{Φωτιστικό}
24	PETRIDIS	465321+4 0024_	LUNA ROUND 175 LED CHIP 22W 3000K	25.0 W	1785 lm
101	RZB	10-3218.1	Less is more Flex PRO	6.6 W	1000 lm
15	SYLVANIA	3036969	LumiStrip HO IP20 5M NW (0.5M section)	8.0 W	735 lm

Εικόνα 3.25: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος

Η συνολική τιμή για την προμήθεια των φωτιστικών σωμάτων που θα χρειαστούν για την μελέτη αυτή είναι 3921,00 ευρώ.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται μία κάτοψη του κτηρίου που μας βοηθάει να καταλάβουμε τις διατάξεις των φωτιστικών στον χώρο μας.



Εικόνα 3.26: Γραφική απεικόνιση θέσεων φωτιστικών σωμάτων.

3.3.2 Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης

Κατόπιν επιλογής των ωρών που θα λειτουργεί το κατάστημα μέσα στον χρόνο το πρόγραμμα του dialux μας παρουσιάζει την συνολική κατανάλωση των επιλεγμένων φωτιστικών αλλά και το συνολικό ετήσιο κόστος που αναμένεται να προκύψει.

Κατανάλωση ενέργειας και κόστος	
Κατανάλωση	3550 - 4850 kWh/a
LENI	33 - 45 kWh/a/m ²
Κόστος	1064 - 1460 €/a
Σελίδες χρήσης	
Ημέρα	2543 Ώρες ανά έτος
Νύχτα	207 Ώρες ανά έτος
Συντελεστής απουσίας	0.00

Εικόνα 3.27: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux

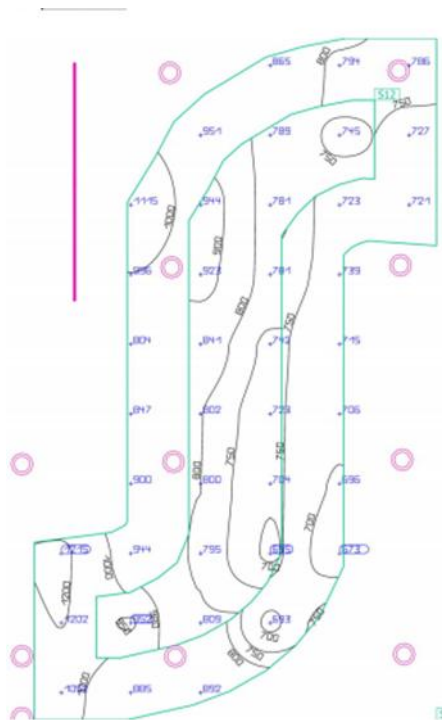
3.3.3 Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης

Αρχικά μιλώντας για τον πάγκο εργασίας μπορούμε να παρατηρήσουμε μέσα από τα αποτελέσματα που προκύπτουν ότι η ένταση φωτισμού είναι στα επιθυμητά όρια δηλαδή είναι μεγαλύτερη από τα 500 lx. Επιπλέον ο δείκτης ομοιομορφίας του φωτισμού πάνω στον πάγκο εργασίας βρίσκεται σε πολύ καλό επίπεδο που αυτό σημαίνει ότι ο πάγκος είναι απολύτως λειτουργικός και δεν κουράζει το προσωπικό που θα εργαστεί πάνω σε αυτόν.

Ιδιότητες	Έ (Όνομ)	Ελάχ	Εμέγ	g ₁ (Όνομ)	g ₂	Ευρετήριο
Περιοχή της οπτικής εργασίας 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Ύψος: 0.950 m, Περιβάλλουσα περιοχή: 0.500 m	802 lx (≥ 500 lx) ✓	695 lx	952 lx	0.87 (≥ 0.60) ✓	0.73	S12
Περιβάλλουσα περιοχή 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Ύψος: 0.950 m	860 lx (≥ 300 lx) ✓	673 lx	1215 lx	0.78 (≥ 0.40) ✓	0.55	S13
Περιοχή φόντου 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Ύψος: 0.000 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	889 lx (≥ 100 lx) ✓	497 lx	1652 lx	0.56 (≥ 0.10) ✓	0.30	S11

Εικόνα 3.28: Περιοχές της οπτικής εργασίας

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η κάτοψη του πάγκου εργασίας με τις τιμές των lux που επιτυγχάνονται σε κάθε σημείο του.



Εικόνα 3.29: Γραφική αναπαράσταση της έντασης φωτισμού της δεύτερης μελέτης στον πάγκο εργασίας.

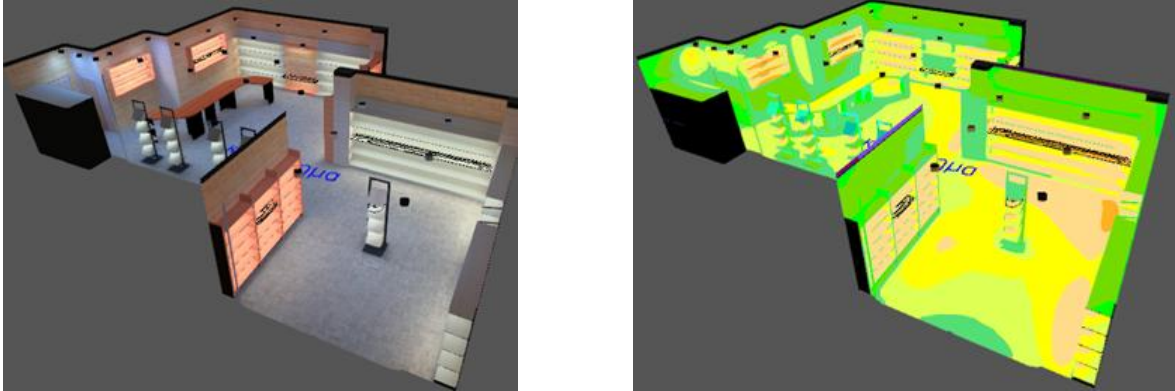
Πηγαίνοντας τώρα στον φωτισμό των προϊόντων που είναι ένα από τα πιο βασικά σημεία φωτισμού του φαρμακείου βλέπουμε ότι με την χρήση της ταινίας LED πετυχαίνουμε αυξημένη ένταση φωτισμού στα ράφια που κατά συνέπεια σημαίνει αυξημένη ένταση φωτισμού στα προϊόντα που θα τοποθετηθούν. όπως μπορούμε να δούμε η ένταση φωτισμού κυμαίνεται από 1289 lx -2270lx, τιμές που είναι υψηλές και θα προσελκύσουν τα μάτια του πελάτη.

Πίνακας 3.2: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων

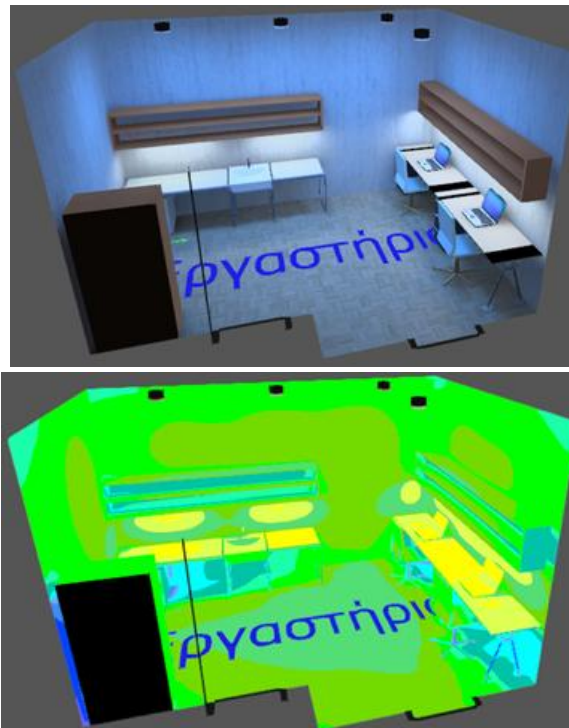
Ιδιότητες	Ø	ελάχ	μέγ	g ₁	g ₂	Ευρετήριο
Επιπλο 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.165 m	1629 lx	1312 lx	1856 lx	0.81	0.71	S6
Επιπλο 1 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.165 m	233 cd/m ²	187 cd/m ²	264 cd/m ²	0.80	0.71	S6
Επιπλο 2 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.225 m	1289 lx	538 lx	4162 lx	0.42	0.13	S7
Επιπλο 2 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.225 m	281 cd/m ²	117 cd/m ²	907 cd/m ²	0.42	0.13	S7
Επιπλο 3 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.000 m	2270 lx	1357 lx	2659 lx	0.60	0.51	S8
Επιπλο 3 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.000 m	365 cd/m ²	219 cd/m ²	428 cd/m ²	0.60	0.51	S8
Επιπλο 4 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.550 m	710 lx	639 lx	835 lx	0.90	0.77	S9
Επιπλο 4 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 0.550 m	97.0 cd/m ²	88.4 cd/m ²	113 cd/m ²	0.91	0.78	S9
Επιπλο γραφείου Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.678 m	1939 lx	1284 lx	2329 lx	0.66	0.55	S10
Επιπλο γραφείου Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.678 m	271 cd/m ²	184 cd/m ²	324 cd/m ²	0.68	0.57	S10

3.3.4 Εξέταση μέσης έντασης φωτισμού με λάθος χρώματα

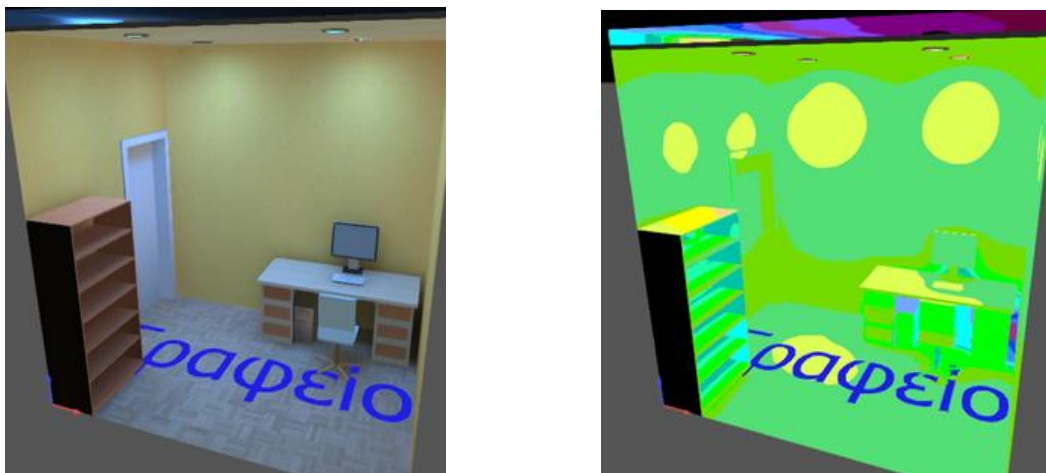
Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέσης έντασης φωτισμού, στους εκάστοτε χώρους του φαρμακείου, με λάθος χρώματα, μέσω του προγράμματος προσομοίωσης.



Εικόνα 3.30: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.31: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.32: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



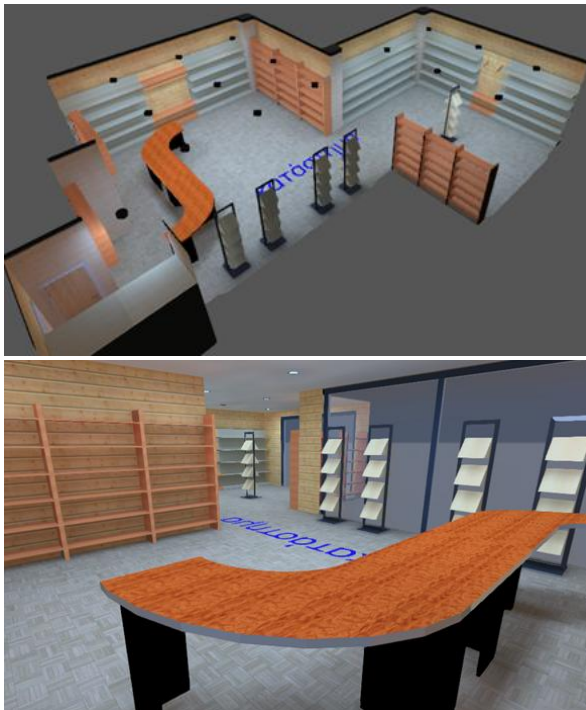
Εικόνα 3.33: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx

3.3.5 Συμπέρασμα δεύτερης μελέτης

Παρατηρώντας τα λάθος χρώματα για την συγκεκριμένη μελέτη φωτισμού διαπιστώνεται ότι υπάρχει μια διαβάθμιση των χρωμάτων και όχι αλματώδης αλλαγές χρωματισμών που υποδηλώνει την ομοιομορφία που επιτυγχάνεται με αυτό το είδος φωτισμού στους χώρους του καταστήματος. Το γεγονός αυτό, προσφέρει μεγαλύτερη άνεση τόσο στον πελάτη, ώστε να μείνει περισσότερη ώρα στο κατάστημα, όσο και στο προσωπικό που θα εργάζεται στο φαρμακείο δημιουργώντας μία καλύτερη διάθεση. Ένα μεγάλο θετικό αυτής της τοπολογίας είναι ο πολύ καλός φωτισμός που επιτυγχάνεται με την ταινία LED, σε όλα τα ράφια του φαρμακείου, από τα πιο ψηλά έως τα πιο χαμηλά. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε ένα φαρμακείο το οποίο θα είναι εντυπωσιακό κατά την είσοδο του πελάτη, καθώς δίνεται μεγάλη έμφαση στα εμπορεύματα. Ακόμα, χάρη στην ταινία LED που βρίσκεται κάτω από τα ράφια, στο φωτισμό του εργαστηρίου πετυχαίνουμε τα απαιτούμενα ποσά ένταση φωτισμού στους πάγκους εργασίας, διότι ο φωτομετρικός άξονας στοχεύει τον πάγκο εργασίας, αποφεύγοντας τον κίνδυνο σκίασης από το σώμα του εργαζόμενου από τα φωτιστικά της οροφής. Κάνοντας αναφορά στην ετήσια κατανάλωση, το κόστος που τελικά προκύπτει θα μπορούσαμε να το κατατάξουμε στο μέτριο προς το υψηλό κόστος. Τέλος το κόστος των φωτιστικών σωμάτων εξακολουθεί να είναι σε υψηλά επίπεδα αλλά αισθητά χαμηλότερα έναντι της πρώτης μελέτης.

3.4 Παρουσίαση τρίτης πρότασης με φωτιστικά LED

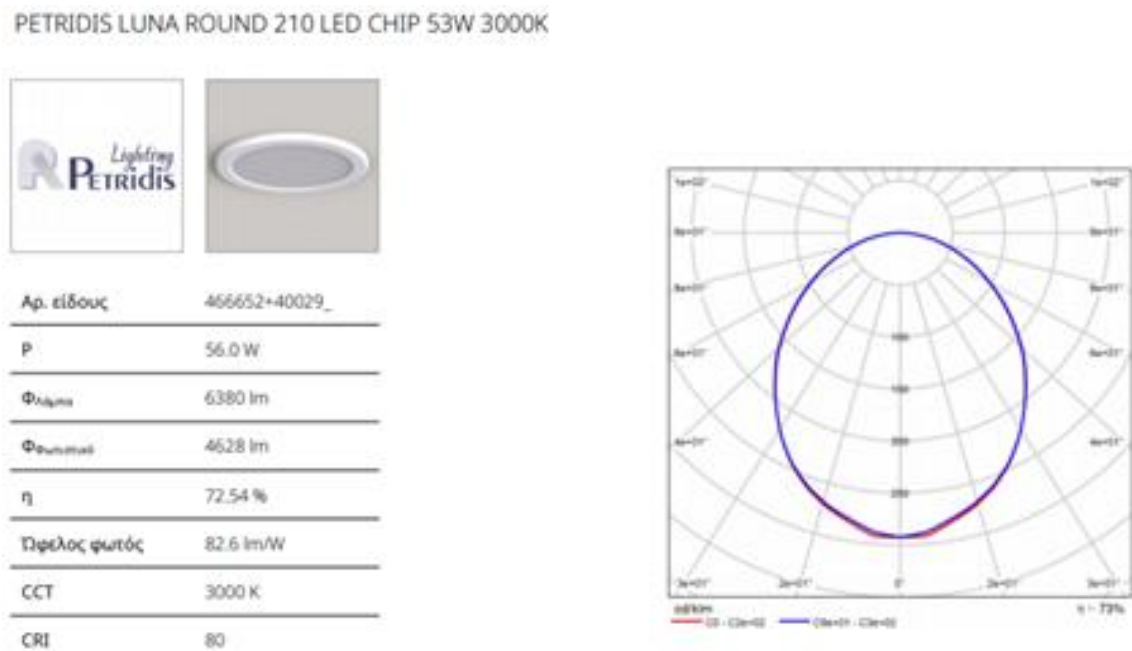
Στην συγκεκριμένη μελέτη εστίασαμε σε ένα είδος φωτιστικού σώματος που εμφανίζει διευρυμένο πολικό διάγραμμα και προσπαθήσαμε μέσω αυτού να επιτύχουμε πολύ καλά επίπεδα στον γενικό φωτισμό του φαρμακείου. Κατόπιν αυτού θα ελέγξουμε αν μας αρκεί μόνο ο σωστός γενικός φωτισμός και τι επιδράσεις έχει ο γενικός φωτισμός στον πάγκο εργασίας αλλά και στα ράφια που θα τοποθετηθούν τα προϊόντα.



Εικόνα 3.34: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της τρίτης μελέτης σε 3D αναπαράσταση.

3.4.1 Κατάλογος φωτιστικών

Τα φωτιστικά σώματα που επιλέχθηκαν για την μελέτη αυτή καθώς επίσης τα χαρακτηριστικά τους και οι τιμές τους αναγράφονται παρακάτω:



Εικόνα 3.35: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Η τιμή του εν λόγω φωτιστικού είναι 133,60 ευρώ.

Φαυτοτικό 129584 lm	Ρ συνολικά 1568.0 W	Ωφελος φωτός 82.6 lm/W
------------------------	------------------------	---------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ	Ωφελος φωτός
28	PETRIDIS	466652+40029_	LUNA ROUND 210 LED CHIP 53W 3000K	56.0 W	4628 lm	82.6 lm/W

Εικόνα 3.36: Κατάλογος φωτιστικών τρίτης μελέτης

Εργαστήριο

Ρ _{συνολικά} 336.0 W	Α _{εσωτερικός χώρος} 14.07 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 23.88 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)
----------------------------------	-------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{Φωτιστικό}
6	PETRIDIS	466652+4 0029_	LUNA ROUND 210 LED CHIP 53W 3000K	56.0 W	4628 lm

κατάστημα

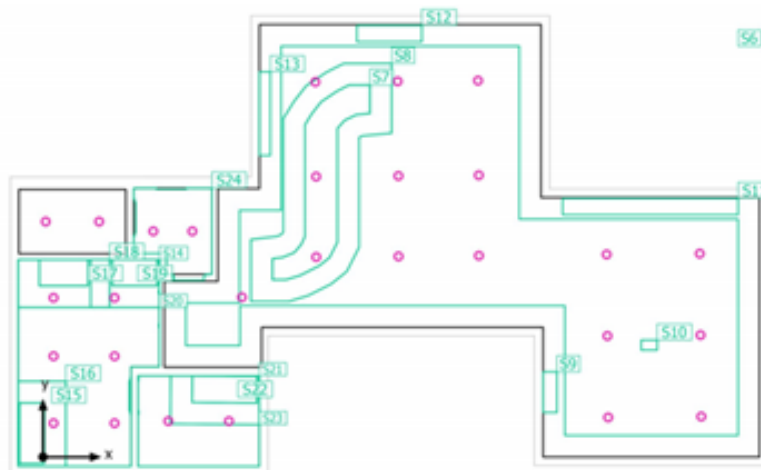
Ρ _{συνολικά} 896.0 W	Α _{εσωτερικός χώρος} 82.13 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 10.91 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)
----------------------------------	-------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{Φωτιστικό}
16	PETRIDIS	466652+4 0029_	LUNA ROUND 210 LED CHIP 53W 3000K	56.0 W	4628 lm

Εικόνα 3.37: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος

Μετά το πέρας της μελέτης και των υπολογισμών των φωτιστικών που χρειάζονται και σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο της εταιρίας PETRIDIS LIGHTING το συνολικό κόστος αγγίζει τα 3740,80 ευρώ.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την κάτοψη του κτηρίου καθώς επίσης διακρίνουμε και τον τρόπο τοποθέτησης των φωτιστικών στο χώρο.



Εικόνα 3.38: Γραφική απεικόνιση θέσεων φωτιστικών σωμάτων.

3.4.2 Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης

Αφού πραγματοποιήσαμε την μελέτη και υπολογίσαμε τον αριθμό των φωτιστικών καθώς επίσης και τις θέσεις τους στον χώρο χρησιμοποιούμε την δυνατότητα που μας δίνει το dialux να υπολογίζουμε την συνολική κατανάλωση αλλά και το συνολικό ετήσιο κόστος.

Έτσι αφού υπολογίζουμε τις ώρες της ημέρας αλλά και της νύχτας μέσα στο έτος που τα φωτιστικά θα είναι αναμμένα τότε το πρόγραμμα μας δίνει τα αποτελέσματα που είναι τα εξής:

Κατανάλωση ενέργειας και κόστος	
Κατανάλωση	3400 - 4300 kWh/a
LENI	31 - 40 kWh/a/m ²
Κόστος	1020 - 1294 €/a
Σελίδες χρήσης	
Ημέρα	2543 Ώρες ανά έτος
Νύχτα	207 Ώρες ανά έτος
Συντελεστής απουσίας	0.00

Εικόνα 3.39: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux

3.4.3 Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης

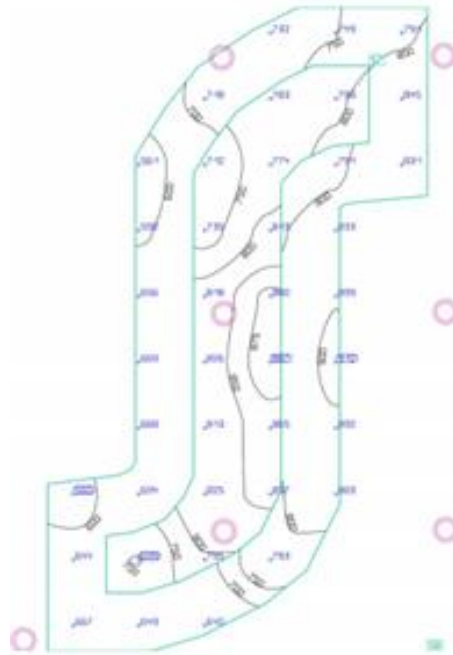
Αρχικά θα ξεκινήσουμε να αναλύουμε τα αποτελέσματα που εξάγουμε από το πρόγραμμα από τον πάγκο εργασίας που είναι ένα βασικό σημείο του καταστήματος και για τους εργαζόμενους αλλά και για τους πελάτες.

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε ο μέσος όρος της τιμής της έντασης φωτισμού πάνω στον πάγκο κυμαίνεται στα 805 lx που είναι μια επαρκής τιμή για έναν πάγκο εργασίας καθώς η προτεινόμενες τιμές έντασης φωτισμού σε πάγκους εργασίας είναι πάνω από 500 lx . Εκτός αυτού και η ομοιομορφία που επιτυγχάνεται στον πάγκο εργασίας είναι 0,87 που είναι μία πολύ καλή τιμή ομοιομορφίας. Μέσα από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι ένα από τα βασικά μέρη του καταστήματος είναι κατάλληλα φωτισμένο για την χρήση του.

Ιδιότητες	Ε (Όνομ)	Εελάχ	Εμέγ	g ₁ (Όνομ)	g ₂	Ευρετήριο
Περιοχή της οπτικής εργασίας 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.950 m, Περιβάλλουσα περιοχή: 0.500 m	805 lx (≥ 500 lx) ✓	699 lx	887 lx	0.87 (≥ 0.60) ✓	0.79	S7
Περιβάλλουσα περιοχή 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.950 m	736 lx (≥ 300 lx) ✓	560 lx	912 lx	0.76 (≥ 0.40) ✓	0.61	S8
Περιοχή φόντου 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.000 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	578 lx (≥ 100 lx) ✓	294 lx	769 lx	0.51 (≥ 0.10) ✓	0.38	S6

Εικόνα 3.40: Περιοχές της οπτικής εργασίας

Καθώς μελετάμε τον πάγκο εργασίας βρήκαμε την ευκαιρία να παραθέσουμε την παρακάτω εικόνα στην οποία απεικονίζεται ο εν λόγω πάγκος εργασίας με τις τιμές της έντασης φωτισμού που έχουν προκύψει σε κάθε σημείο του.



Εικόνα 3.41: Γραφική αναπαράσταση της έντασης φωτισμού της τρίτης μελέτης στον πάγκο εργασίας.

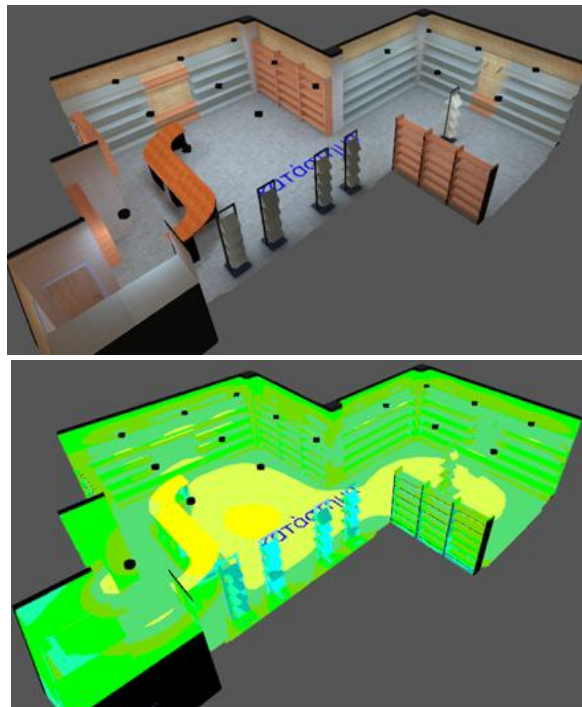
Καθώς προχωράμε στην μελέτη του υπόλοιπου χώρου φθάνουμε στο σημείο να αναφέρουμε ίσως το πιο σημαντικό μέρος του φαρμακείου που είναι τα ράφια του καταστήματος. Αφού μελετήσουμε τα αποτελέσματα που μας εξάγει το πρόγραμμα του dialux παρατηρούμε ότι οι τιμές της έντασης φωτισμού στα ράφια του καταστήματος είναι μεταξύ των τιμών 297 – 505 lx που αυτές οι τιμές είναι οριακά ίσες και μικρότερες από τον γενικό φωτισμό του καταστήματος που ανέρχεται στα 500 lx.

Πίνακας 3.3: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων

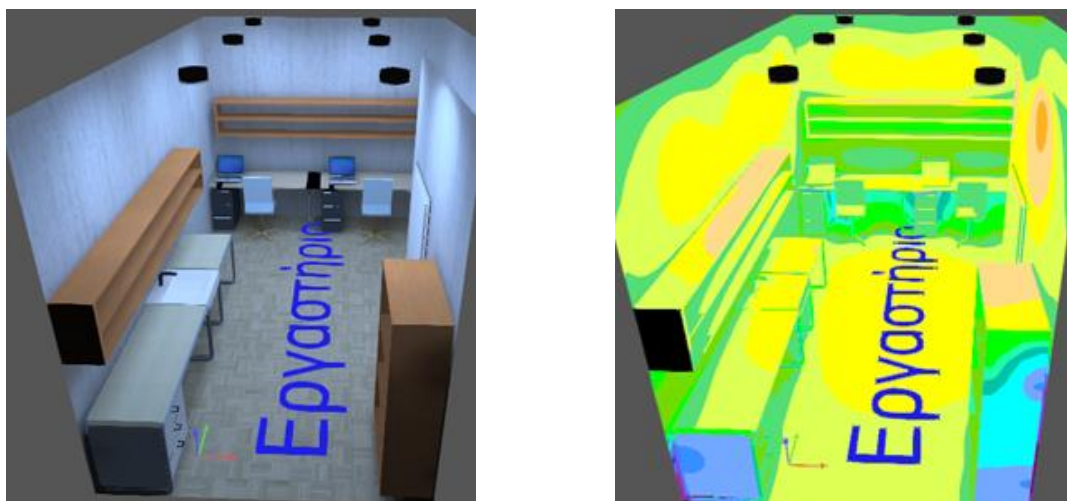
Ιδιότητες	Ø	ελάχ	μέγ	g ₁	g ₂	Ευρετήριο
Επιπλο 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.165 m	297 lx	159 lx	373 lx	0.54	0.43	S9
Επιπλο 1 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.165 m	36.5 cd/m ²	20.6 cd/m ²	45.3 cd/m ²	0.56	0.45	S9
Επιπλο 2 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.225 m	380 lx	229 lx	477 lx	0.60	0.48	S10
Επιπλο 2 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.225 m	82.8 cd/m ²	50.0 cd/m ²	104 cd/m ²	0.60	0.48	S10
Επιπλο 3 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.000 m	321 lx	156 lx	453 lx	0.49	0.34	S11
Επιπλο 3 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.000 m	50.6 cd/m ²	24.7 cd/m ²	71.2 cd/m ²	0.49	0.35	S11
Επιπλο 4 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.550 m	505 lx	369 lx	558 lx	0.73	0.66	S12
Επιπλο 4 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 0.550 m	61.6 cd/m ²	45.7 cd/m ²	67.8 cd/m ²	0.74	0.67	S12
Επιπλο γραφείου Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.678 m	370 lx	205 lx	432 lx	0.55	0.47	S13
Επιπλο γραφείου Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.678 m	46.0 cd/m ²	27.1 cd/m ²	53.2 cd/m ²	0.59	0.51	S13

3.4.4 Εξέταση μέσης έντασης φωτισμού με λάθος χρώματα

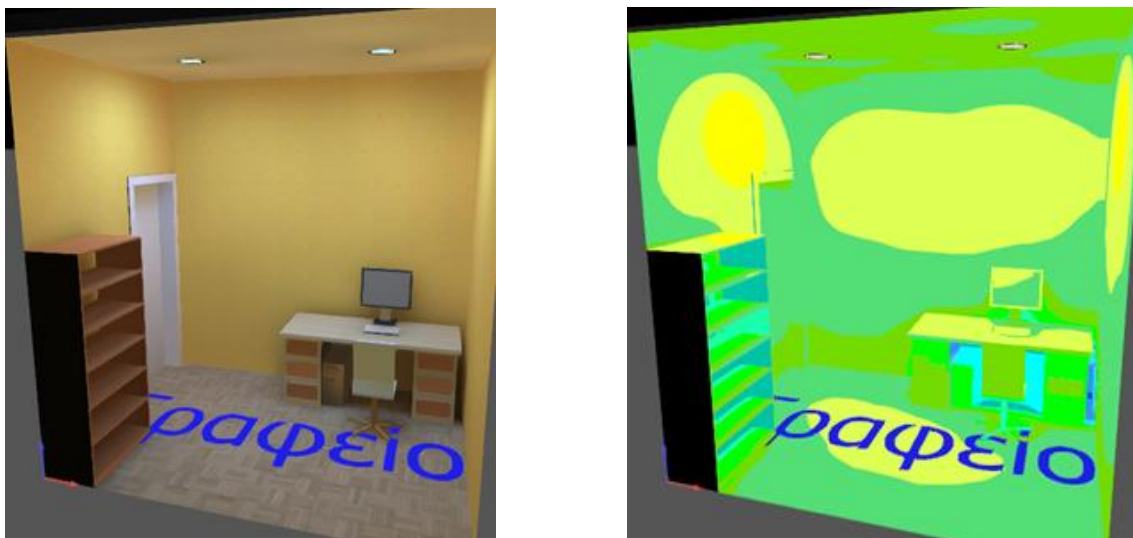
Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέσης έντασης φωτισμού, στους εκάστοτε χώρους του φαρμακείου, με λάθος χρώματα, μέσω του προγράμματος προσομοίωσης.



Εικόνα 3.42: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.43: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.44: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



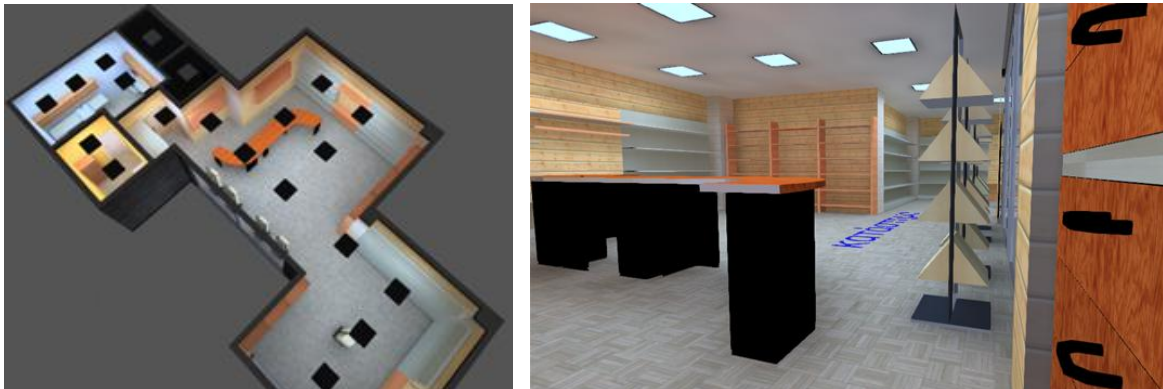
Εικόνα 3.45: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx

3.4.5 Συμπέρασμα τρίτης μελέτης

Αμέσως, διαπιστώνεται ότι η παρούσα διάταξη των φωτιστικών προσφέρει πολύ καλά επίπεδα ομοιομορφίας στο χώρο καθώς απουσιάζουν ξαφνικές αλλαγές μεταξύ των χρωμάτων κι η μετάβαση στο επόμενο επίπεδο γίνεται ομαλά. Οι χώροι που θα κινηθεί ο πελάτης μέσα στο φαρμακείο είναι επαρκώς φωτισμένοι, καθώς επίσης κι ο πάγκος εργασίας φωτίζεται ικανοποιητικά. Παρ' όλα αυτά όμως οι τιμές φωτισμού στα ράφια του καταστήματος (100 - 300lx) κρίνονται ανεπαρκείς, διότι παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερες τιμές έντασης φωτισμού από το γενικότερο φωτισμό του χώρου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην τονίζονται τα προϊόντα που θα βρίσκονται στα ράφια και να μην επιτυγχάνεται ο εντυπωσιασμός του πελάτη που θα τον κάνει να παρατηρήσει τα προϊόντα και να τα αγοράσει. Εκτός αυτού με τον μη επαρκή φωτισμό πάνω στα προϊόντα δημιουργείται και το πρόβλημα του να μην είναι εύκολο στον πελάτη να παρατηρήσει και να διαβάσει τα χαρακτηριστικά των προϊόντων που τον ενδιαφέρουν. Όσον αφορά την συνολική ενέργεια και το ετήσιο κόστος στη συγκεκριμένη μελέτη, θεωρείται μέτριο σε σχέση με τις υπόλοιπες μελέτες. Τέλος, για το κόστος αγοράς των συγκεκριμένων φωτιστικών που ανέρχεται στα 3740,80 ευρώ θεωρείτε ένα σχετικά υψηλό κόστος αγοράς.

3.5 Παρουσίαση τέταρτης πρότασης με φωτιστικά LED

Μέσο της τέταρτης μελέτης επιθυμούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για το αν ο γενικός φωτισμός μπορεί να αποδώσει τον σωστό φωτισμό που θέλουμε για το κατάστημα σε όλους τους χώρους ώστε αυτό τα είναι λειτουργικό και να συμβαδίζει με τα πρότυπα που επικρατούν. Στην συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκαν φωτιστικά σώματα μεγαλύτερων διαστάσεων και μεγαλύτερης φωτεινής ροής σε σύγκριση με την προηγούμενη μελέτη.



Εικόνα 3.46: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της τέταρτης μελέτης σε 3D αναπαράσταση.

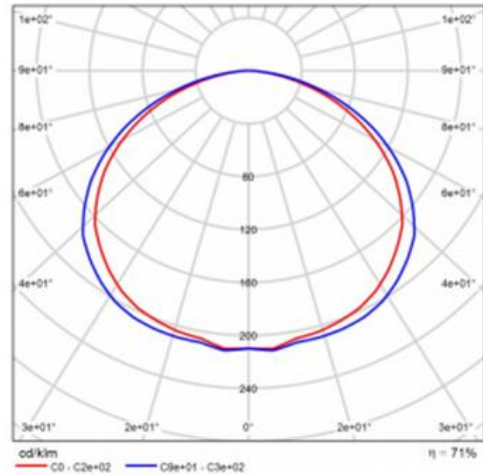
3.5.1 Κατάλογος φωτιστικών

Η τέταρτη μελέτη φωτισμού πραγματοποιήθηκε με ένα είδος φωτιστικού σώματος το οποίο απεικονίζεται παρακάτω.

PETRIDIS FOGLIO Q H LED 56W Neutral



Αρ. είδους	36404_
P	59.0 W
Φλάντζα	7750 lm
Φωτιστικό	5497 lm
η	70.93 %
Ωφέλιμος φωτός	93.2 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Εικόνα 3.47: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Το παραπάνω φωτιστικό σώμα έχει τιμή αγοράς μονάδας 134,00 ευρώ.

Φσυνολικά 109940 lm	Ρσυνολικά 1180.0 W	Ωφέλιμος φωτός 93.2 lm/W
------------------------	-----------------------	-----------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ	Ωφέλιμος φωτός
20	PETRIDIS	36404_	FOGLIO Q H LED 56W Neutral	59.0 W	5497 lm	93.2 lm/W

Εικόνα 3.48: Κατάλογος φωτιστικών τέταρτης μελέτης

Σύμφωνα με το σύνολο των φωτιστικών που έχουν υπολογιστεί ότι θα χρειαστούν αλλά και με τις τιμές αγοράς από το κατάστημα PETRIDIS LIGHTING φθάνει στην τιμή των 2680,00 ευρώ.

Πιο συγκεκριμένα ο αριθμός των φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο και στο κεντρικό κατάστημα εμφανίζονται παρακάτω.

Εργαστήριο

Ρουναλικά 236.0 W	Α.Εσωτερικός χώρος 14.07 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 16.77 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)
----------------------	--------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

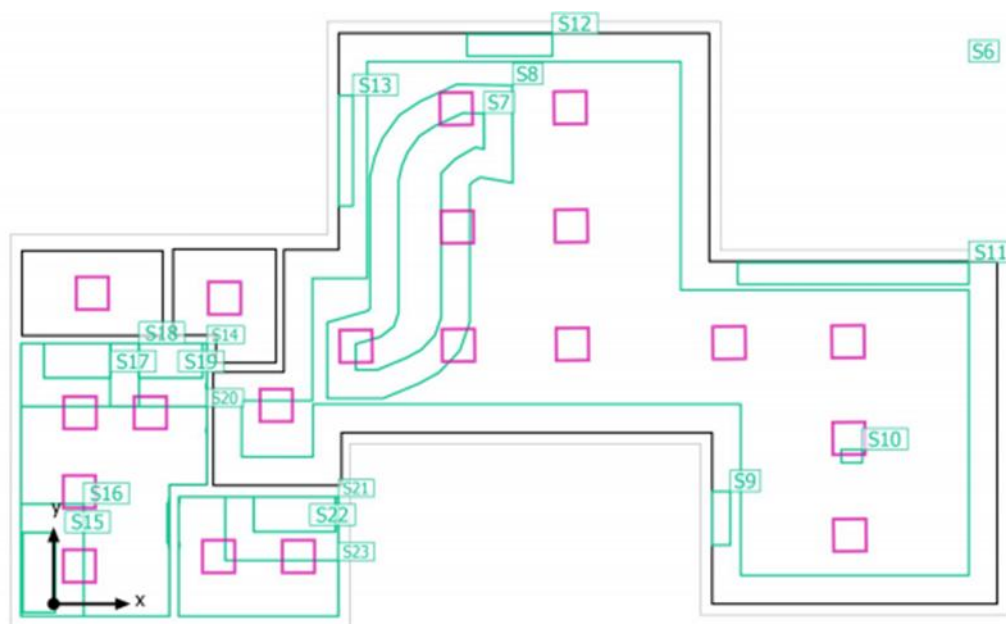
Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{Φωτιστικό}
4	PETRIDIS	36404_	FOGLIO Q H LED 56W Neutral	59.0 W	5497 lm

κατάστημα

Ρουναλικά 708.0 W	Α.Εσωτερικός χώρος 82.13 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 8.62 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)
----------------------	--------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{Φωτιστικό}
12	PETRIDIS	36404_	FOGLIO Q H LED 56W Neutral	59.0 W	5497 lm

Εικόνα 3.49: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος



Εικόνα 3.50: Γραφική απεικόνιση θέσεων φωτιστικών σωμάτων.

3.5.2 Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης

Εφόσον επιλέχθηκε ο τύπος του φωτιστικού σώματος και ο αριθμός των σωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν το πρόγραμμα μας υπολόγισε την ετήσια κατανάλωση ενέργειας και το ετήσιο συνολικό κόστος.

Κατανάλωση ενέργειας και κόστος	
Κατανάλωση	2600 - 3250 kWh/a
LENI	24 - 30 kWh/a/m ²
Κόστος	775 - 974 €/a
Σελίδες χρήσης	
Ημέρα	2543 Ωρες ανά έτος
Νύχτα	207 Ωρες ανά έτος
Συντελεστής απουσίας	0.00

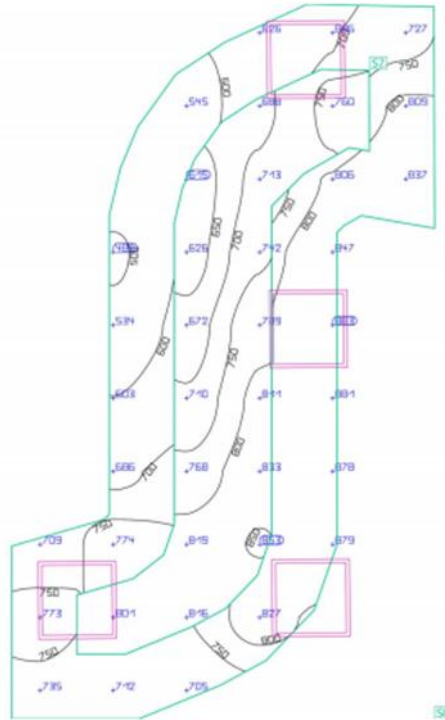
Εικόνα 3.51: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux.

3.5.3 Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης

Έχοντας στα χέρια μας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την τέταρτη φωτοτεχνική μελέτη μπορούμε να εξάγουμε μερικές παρατηρήσεις. Αρχικά μπορούμε να σχολιάσουμε την φωτεινή ένταση που προσπίπτει στον πάγκο εργασίας (ταμεία) του καταστήματος. Βλέπουμε ότι η μέση τιμή της έντασης φωτισμού ανέρχεται στα 751 lx η οποία είναι άνω των 500lx που προτείνει το πρότυπο EN 12464-1 για τους φαρμακευτικούς χώρους. Επιπλέον παρατηρούμε την ομοιομορφία που προκύπτει (δείκτης g1) στον πάγκο εργασίας.

Ιδιότητες	Ε (Όνομ)	Ελάχ	Εμέγ	g ₁ (Όνομ)	g ₂	Ευρετήριο
Περιοχή της οπτικής εργασίας 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.950 m, Περιβάλλουσα περιοχή: 0.500 m	751 lx (≥ 500 lx) ✓	615 lx	853 lx	0.82 (≥ 0.60) ✓	0.72	S7
Περιβάλλουσα περιοχή 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.950 m	737 lx (≥ 300 lx) ✓	485 lx	883 lx	0.66 (≥ 0.40) ✓	0.55	S8
Περιοχή φόντου 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.000 m, Ζώνη περιφ.: 0.500 m	467 lx (≥ 100 lx) ✓	260 lx	680 lx	0.56 (≥ 0.10) ✓	0.38	S6

Εικόνα 3.52: Περιοχές της οπτικής εργασίας



Εικόνα 3.53: Γραφική αναπαράσταση της έντασης φωτισμού της τέταρτης μελέτης στον πάγκο εργασίας.

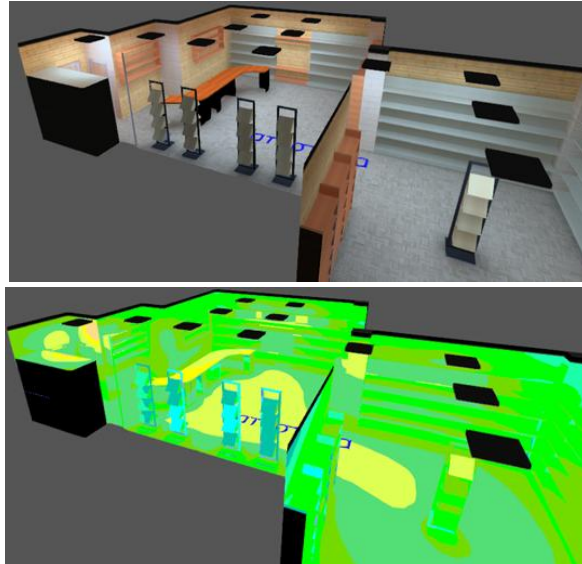
Στην συνέχεια βλέποντας τα επίπεδα της έντασης φωτισμού για τα ράφια που κυμαίνεται από 178 lx -481 lx καταλαβαίνουμε ότι δεν υπάρχει ο απαιτούμενος φωτισμός που θα δώσει την ένταση στα προϊόντα και θα τραβήξει τον πελάτη στο να τα αγοράσει.

Πίνακας 3.4: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων

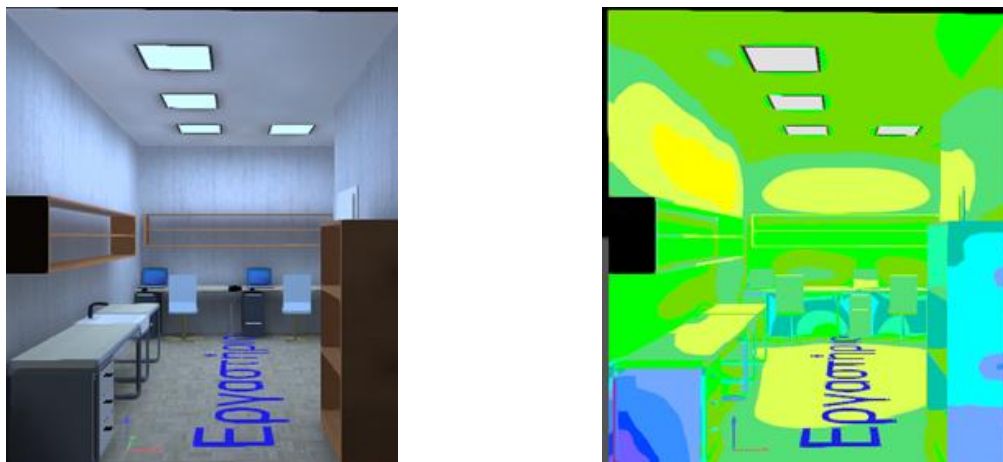
Ιδιότητες	∅	ελάχ	μέγ	g ₁	g ₂	Ευρετήριο
Επιπλο 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.165 m	178 lx	159 lx	188 lx	0.89	0.85	S9
Επιπλο 1 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.165 m	22.0 cd/m ²	19.8 cd/m ²	23.2 cd/m ²	0.90	0.85	S9
Επιπλο 2 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.225 m	238 lx	200 lx	276 lx	0.84	0.72	S10
Επιπλο 2 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.225 m	51.9 cd/m ²	43.7 cd/m ²	60.1 cd/m ²	0.84	0.73	S10
Επιπλο 3 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.000 m	290 lx	154 lx	393 lx	0.53	0.39	S11
Επιπλο 3 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.000 m	45.7 cd/m ²	24.3 cd/m ²	61.8 cd/m ²	0.53	0.39	S11
Επιπλο 4 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.550 m	481 lx	428 lx	504 lx	0.89	0.85	S12
Επιπλο 4 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 0.550 m	58.6 cd/m ²	52.3 cd/m ²	61.4 cd/m ²	0.89	0.85	S12
Επιπλο γραφείου Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.678 m	238 lx	228 lx	244 lx	0.96	0.93	S13
Επιπλο γραφείου Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.678 m	30.2 cd/m ²	29.1 cd/m ²	30.9 cd/m ²	0.96	0.94	S13

3.5.4 Εξέταση μέσης έντασης φωτισμού με λάθος χρώματα

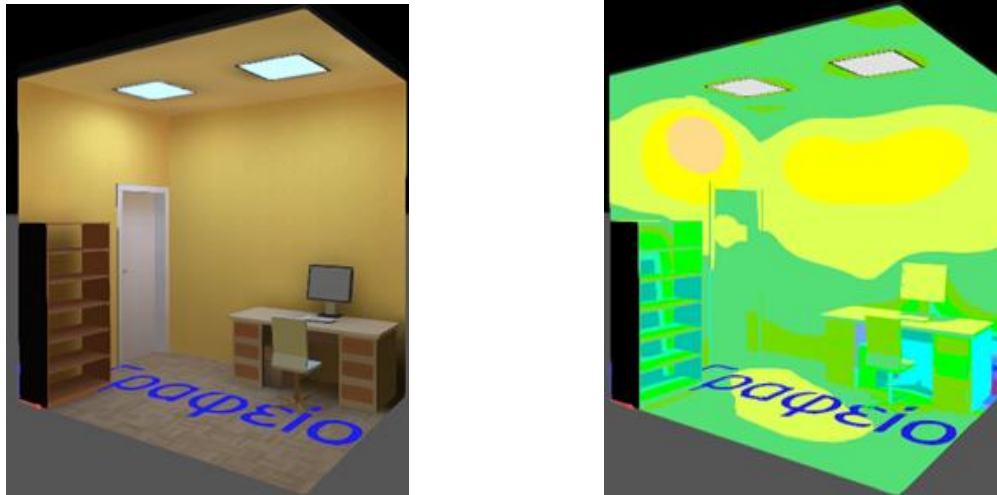
Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέσης έντασης φωτισμού, στους εκάστοτε χώρους του φαρμακείου, με λάθος χρώματα, μέσω του προγράμματος προσομοίωσης.



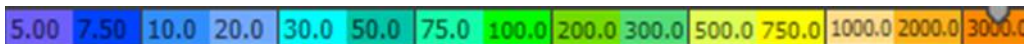
Εικόνα 3.54: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.55: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.56: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



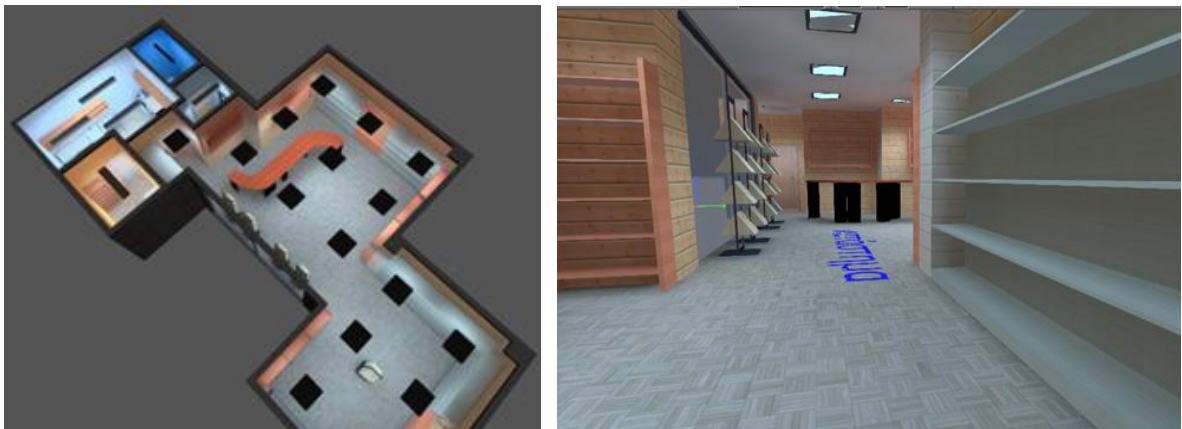
Εικόνα 3.57: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx

3.5.5 Συμπέρασμα τέταρτης μελέτης

Τα συμπεράσματα που μπορούμε να εξάγουμε έχοντας ολοκληρώσει την ανάλυση της τέταρτης μελέτης είναι ότι χρησιμοποιώντας έναν τύπο φωτιστικών σωμάτων με διευρυμένο πολικό διάγραμμα επιτυγχάνεται υπάρξει ομοιόμορφος καταμερισμός της έντασης φωτισμού στους χώρους του καταστήματος και πολύ καλή ποιότητα φωτισμού της πάγκους εργασίας. Αντίθετα, τα ράφια των προϊόντων έχουν μειωμένη ένταση φωτισμού, δυσκολεύοντας τον πελάτη κατά τη φάση της αγοράς. Ωστόσο, η πρόταση αυτή παρέχει αρκετά μειωμένο συνολικό κόστος συγκριτικά με τις προηγούμενες.

3.6 Παρουσίαση πέμπτης πρότασης με φωτιστικά φθορισμού

Η Πέμπτη και τελευταία μελέτη που θα πραγματοποιήσουμε είναι με φωτιστικά σώματα φθορισμού. Η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιείται για να μπορούμε να κάνουμε συγκρίσεις για την ποιότητα του φωτισμού, την συνολική κατανάλωση, το συνολικό ετήσιο κόστος, το κόστος αγοράς των λαμπτήρων και την επάρκεια του φωτισμού σε σχέση με της μελέτες φωτισμού με λαμπτήρες LED.



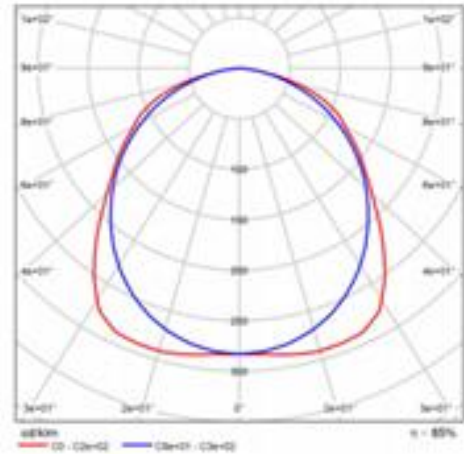
Εικόνα 3.58: Φωτογραφική απεικόνιση του καταστήματος της πέμπτης μελέτης σε 3D αναπαράσταση

3.6.1 Κατάλογος φωτιστικών

PETRIDIS ARETE 2x58W T26 RS



Αρ. είδους	131163+103306
P	107,0 W
Φλόγα	10400 lm
Φωτιστικό	8873 lm
η	85,31 %
Όφελος φωτός	82,9 lm/W
CCT	4000 K
CRI	85



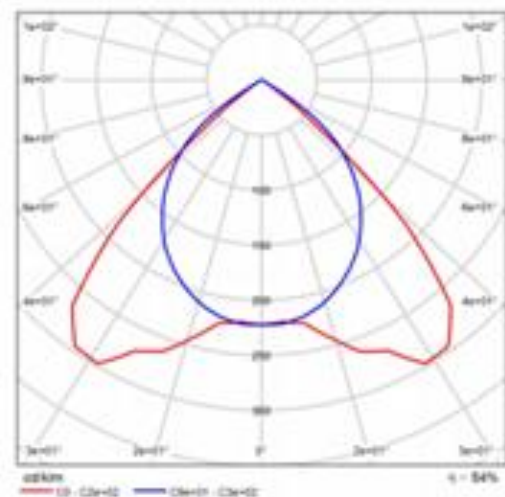
Εικόνα 3.59: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Η τιμή του ανωτέρω φωτιστικού είναι 37,00 ευρώ.

PETRIDIS L 594x18W T26 OVS



Αρ. είδους	392043
P	85,0 W
Φλόγα	5400 lm
Φωτιστικό	2927 lm
η	54,21 %
Όφελος φωτός	34,0 lm/W
CCT	4000 K
CRI	85



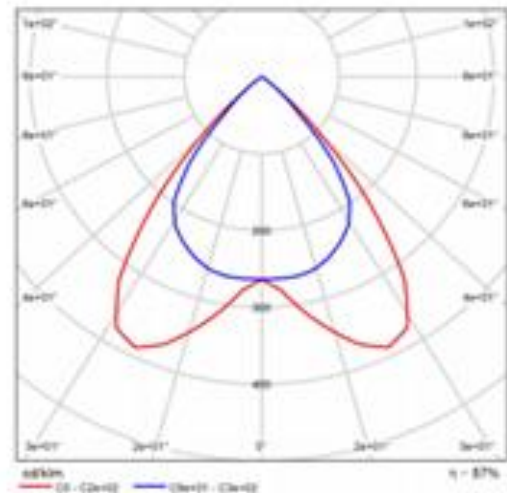
Εικόνα 3.60: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Το παραπάνω φωτιστικό σώμα έχει τιμή μονάδας 90,00 ευρώ.

PETRIDIS MLM 112x73W T16



Αρ. είδους	29140_
P	149.8 W
Φλώρα	13100 lm
Φωτιστικό	7492 lm
η	57.19 %
Υφελος φωτός	50.0 lm/W
CCT	4000 K
CRI	85



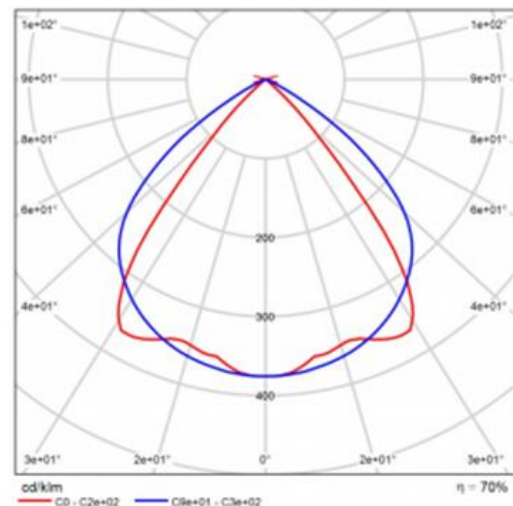
Εικόνα 3.61: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Το φωτιστικό σώμα που περιγράφετε παραπάνω έχει τιμή μονάδας 103,00 ευρώ.

PETRIDIS P2M 261x50W T16



Αρ. είδους	221353
P	50.0 W
Φλώρα	4450 lm
Φωτιστικό	3097 lm
η	69.60 %
Υφελος φωτός	61.9 lm/W
CCT	4000 K
CRI	85



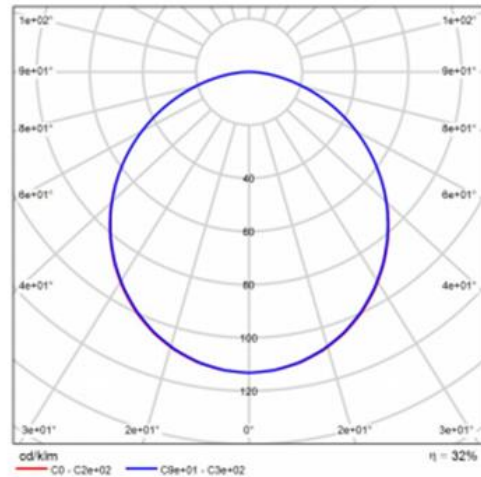
Εικόνα 3.62: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο της εταιρίας PERTIDIS η τιμή του φωτιστικού αυτού είναι 52,00 ευρώ.

PETRIDIS SLOTLIGHT 1x50W T16



Αρ. είδους	92011_
P	50.0 W
Φλάντζα	4450 lm
Φωτιστικό	1414 lm
η	31.77 %
Ωφέλιμος φωτός	28.3 lm/W
CCT	4000 K
CRI	85



Εικόνα 3.63: (α) Χαρακτηριστικά φωτιστικού, (β) Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

Η τιμή του φωτιστικού που περιγράφεται παραπάνω είναι 97,00 ευρώ.

Φσυνολικά 85454 lm	Pσυνολικά 1946.8 W	Ωφέλιμος φωτός 43.9 lm/W
-----------------------	-----------------------	-----------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ	Ωφέλιμος φωτός
3	PETRIDIS	131163+1 03306	ARETE 2x58W T26 RS	107.0 W	8873 lm	82.9 lm/W
1	PETRIDIS	221353	P2M 261x50W T16	50.0 W	3097 lm	61.9 lm/W
1	PETRIDIS	29140_	MLM 112x73W T16	149.8 W	7492 lm	50.0 lm/W
16	PETRIDIS	392043	L 594x18W T26 OVS	86.0 W	2927 lm	34.0 lm/W
1	PETRIDIS	92011_	SLOTLIGHT 1x50W T16	50.0 W	1414 lm	28.3 lm/W

Εικόνα 3.64: Κατάλογος φωτιστικών πέμπτης μελέτης

Το συνολικό κόστος της προμήθειας των φωτιστικών σωμάτων σύμφωνα με τον τιμοκατάλογο της εταιρίας PETRIDIS LIGHTING φθάνει στην τιμή των 1803,00 ευρώ.

Εργαστήριο

Ρουνοικά 321.0 W	Εσωτερικός χώρος 14.07 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 22.81 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)
---------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{Φωτιστικό}
3	PETRIDIS	131163+1 03306	ARETE 2x58W T26 RS	107.0 W	8873 lm

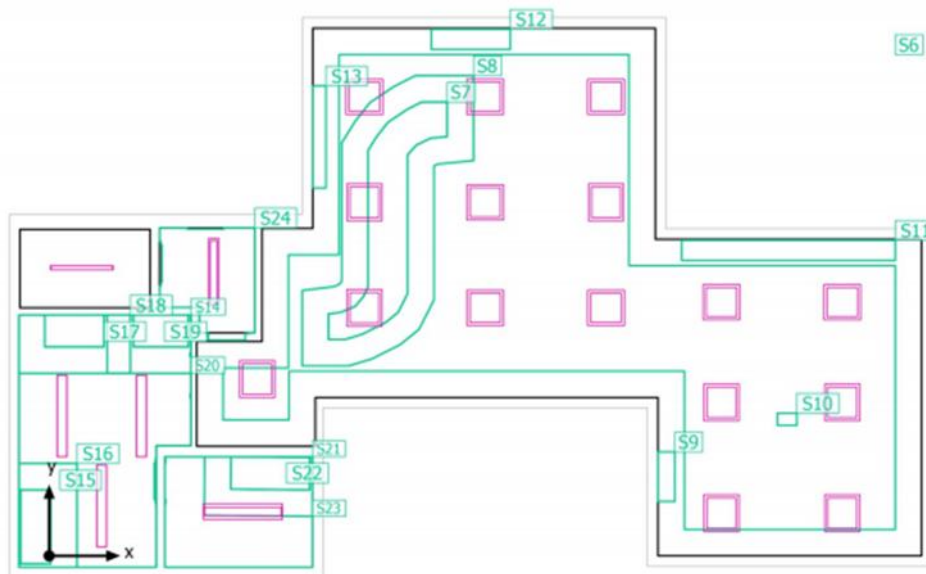
κατάστημα

Ρουνοικά 1376.0 W	Εσωτερικός χώρος 82.13 m ²	Ειδική τιμή σύνδεσης 16.75 W/m ² (Εσωτερικός χώρος)
----------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ _{Φωτιστικό}
16	PETRIDIS	392043	L 594x18W T26 OVS	86.0 W	2927 lm

Εικόνα 3.65: Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν (α) στο εργαστήριο και (β) στο κυρίως χώρο του καταστήματος

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τον τρόπο τοποθέτησης των φωτιστικών της χώρους του φαρμακείου.



Εικόνα 3.66: Γραφική απεικόνιση θέσεων φωτιστικών σωμάτων.

3.6.2 Ενεργειακά αποτελέσματα μελέτης

Μετά την επιλογή των φωτιστικών σωμάτων και την τοποθέτηση της στον χώρο εκμεταλλευόμενοι την δυνατότητα που της δίνει το dialux υπολογίζουμε την συνολική κατανάλωση αλλά και το συνολικό ετήσιο κόστος που προβλέπεται να προκύψει. Αυτά υπολογίζονται καθώς έχουμε αναγράψει της ώρες τού έτους που υπολογίζουμε να είναι σε λειτουργία τα φωτιστικά. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν εμφανίζονται παρακάτω.

Κατανάλωση ενέργειας και κόστος	
Κατανάλωση	4050 - 5350 kWh/a
LENI	37 - 49 kWh/a/m ²
Κόστος	1212 - 1606 €/a
Σελίδες χρήσης	
Ημέρα	2543 Ώρες ανά έτος
Νύχτα	207 Ώρες ανά έτος
Συντελεστής απουσίας	0.00

Εικόνα 3.67: Κατανάλωση ενέργειας και κόστος μέσω Dialux

3.6.3 Ανάλυση αποτελέσματα φωτομετρικής μελέτης

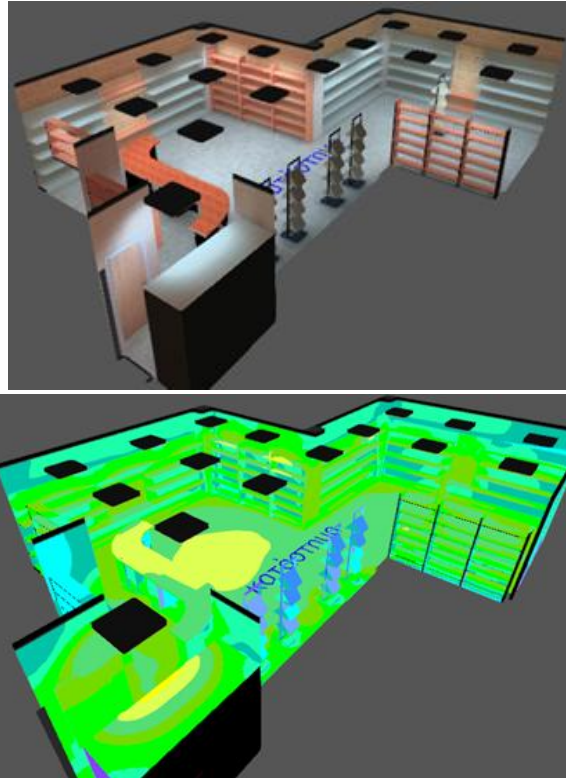
Θα ξεκινήσουμε την ανάλυση των αποτελεσμάτων της φωτομετρικής μελέτης από τον πάγκο εργασίας που βρίσκεται στον κυρίως χώρο του καταστήματος. Αρχικά μπορούμε να σχολιάσουμε ότι επιτυγχάνεται η απαιτούμενη ένταση φωτισμού στον πάγκο εργασίας καθώς η μέση ένταση φωτισμού είναι τα 512 lx με όριο επαρκούς φωτισμού τα 500 lx. Επιπλέον μπορούμε να παρατηρήσουμε από της μετρήσεις του dialux τον δείκτη g1 που εκφράζει την ομοιομορφία στον φωτισμό του πάγκου που της αντιλαμβανόμαστε από το

Πίνακας 3.5: Πίνακας αποτελεσμάτων επιφανειών αντικειμένων

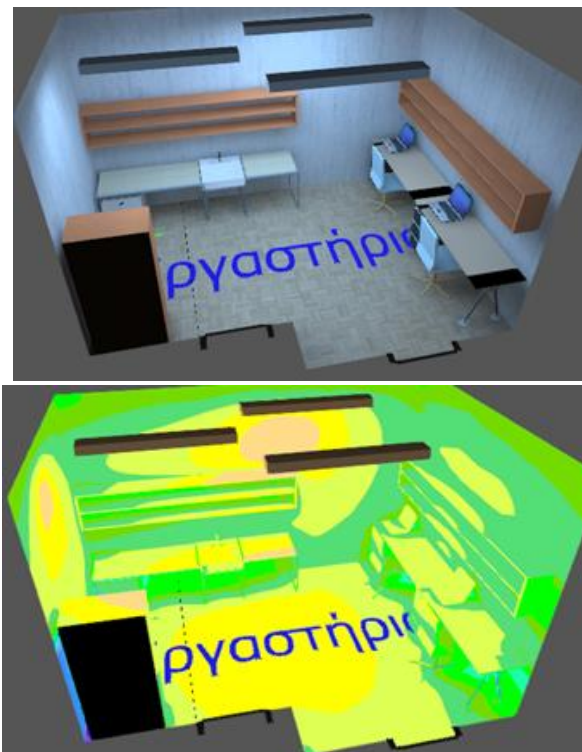
Ιδιότητες	∅	ελάχ	μέγ	g ₁	g ₂	Ευρετήριο
Επιπλο 1 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.165 m	215 lx	99.7 lx	352 lx	0.46	0.28	S9
Επιπλο 1 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.165 m	28.8 cd/m ²	14.1 cd/m ²	46.4 cd/m ²	0.49	0.30	S9
Επιπλο 2 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.225 m	267 lx	223 lx	314 lx	0.84	0.71	S10
Επιπλο 2 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.225 m	58.2 cd/m ²	48.7 cd/m ²	68.4 cd/m ²	0.84	0.71	S10
Επιπλο 3 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.000 m	230 lx	91.8 lx	380 lx	0.40	0.24	S11
Επιπλο 3 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.000 m	36.8 cd/m ²	14.7 cd/m ²	60.8 cd/m ²	0.40	0.24	S11
Επιπλο 4 Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 0.550 m	347 lx	290 lx	369 lx	0.84	0.79	S12
Επιπλο 4 Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 0.550 m	46.8 cd/m ²	39.5 cd/m ²	49.6 cd/m ²	0.84	0.80	S12
Επιπλο γραφείου Κάθετη ένταση φωτισμού (Προσαρμοστικός) Υψος: 1.678 m	340 lx	257 lx	417 lx	0.76	0.62	S13
Επιπλο γραφείου Πυκνότητα φωτεινότητας Υψος: 1.678 m	45.7 cd/m ²	35.0 cd/m ²	55.6 cd/m ²	0.77	0.63	S13

3.6.4 Εξέταση μέσης έντασης φωτισμού με λάθος χρώματα

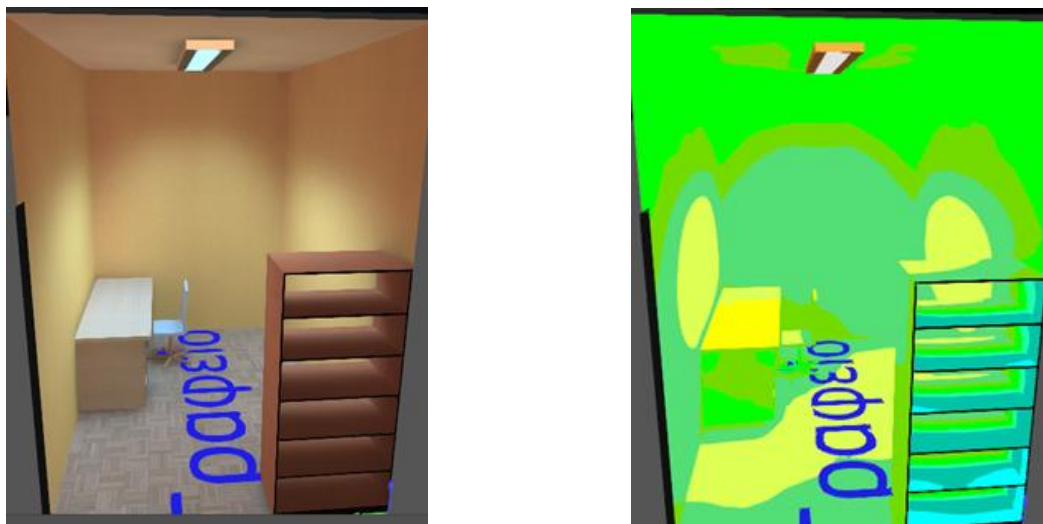
Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέσης έντασης φωτισμού, στους εκάστοτε χώρους του φαρμακείου, με λάθος χρώματα, μέσω του προγράμματος προσομοίωσης.



Εικόνα 3.70: Κυρίως χώρος καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.71: Εργαστήριο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.72: Γραφείο καταστήματος, (α) Πραγματική απεικόνιση και (β) Μέση ένταση φωτισμού με λάθος χρώματα



Εικόνα 3.73: Κλίμακα μέσης έντασης φωτισμού σε lx

3.6.5 Συμπέρασμα πέμπτης μελέτης

Πρωτίστως, η τοπολογία που μόλις παρουσιάστηκε χαρακτηρίζεται από πολύ καλό δείκτη ομοιομορφίας για όλους τους χώρους του κτηρίου και μάλιστα με διαφορά σε σχέση με τις προηγούμενες. Σχετικά με τον πάγκο εργασίας εντοπίζεται στην πολύ καλή ποιότητα φωτισμού, που θα βοηθήσει στην σωστή απόδοση των εργαζομένων αλλά και στην ευχάριστη εξυπηρέτηση του πελάτη. Επιπλέον, ο πολύ καλός δείκτης ομοιομορφίας που επιτυγχάνεται με τη διάταξη των εν λόγω φωτιστικών που θα βοηθήσει την εύκολη και ευδιάθετη παραμονή του πελάτη στον χώρο. Συνάμα, ως θετικό στοιχείο μπορεί να χαρακτηριστεί και η τιμή της αγοράς των φωτιστικών σωμάτων, η οποία παραμένει σε αρκετά χαμηλό επίπεδο σε σχέση με την αγορά των φωτιστικών στις παραπάνω μελέτες. Ωστόσο, η συγκεκριμένη μελέτη κρύβει κάποια βασικά μειονεκτήματα. Το πρώτο και πολύ βασικό μειονέκτημα είναι ο ελάχιστος φωτισμός που επιτυγχάνεται στα εμπορεύματα και ειδικά στα κάτω ράφια που η τιμή της έντασης φωτισμού φθάνει μόλις τα 50-70 lx σύμφωνα με τα λάθος χρώματα. Αυτό συνεπάγεται αρνητικό αποτέλεσμα στις πωλήσεις των εμπορευμάτων, καθώς δε δίνεται η απαιτούμενη έμφαση που θα κάνει το προϊόν να κερδίσει το ενδιαφέρον του πελάτη. Ακόμα, ένα πολύ βασικό μειονέκτημα είναι στην κατανάλωση και στο ετήσιο κόστος των λαμπτήρων φθορισμού που θα χρησιμοποιηθούν. Συγκριτικά με τις προηγούμενες μελέτες, έχουμε το λιγότερο φωτισμό στον χώρο που σε κάποια σημεία όπως τα ράφια αγγίζει τα όρια του μη επαρκούς. Παρ' όλα αυτά έχουμε την μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση και το μεγαλύτερο ετήσιο κόστος από τις πέντε μελέτες.

Πίνακας 3.6: Συγκριτικός πίνακας τιμών.

	Κόστος Υλικών (€)	Ετήσια κατανάλωση (Kwh)	Ετήσιο κόστος (€)	Μέση ένταση φωτισμού πάγκου (lx)	Μέση ένταση φωτισμού ραφιών (lx)
1 ⁿ	5744	4025	1208,5	563	1427,5

μελέτη					
2 ^η μελέτη	3921	4200	1262	802	1779,5
3 ^η μελέτη	3740,8	3850	1157	805	401
4 ^η μελέτη	2680	2925	874,5	751	3229,5
5 ^η μελέτη	1803	4700	1409	512	281

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Μέθοδος PROMETHEE

Ο κόσμος στις μέρες μας χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλη πολυπλοκότητα. Αυτό επηρεάζει τους ανθρώπους και το πώς αυτοί θα λάβουν κάποια απόφαση είτε είναι για κάποια προσωπική απόφαση είτε είναι για κάποια επαγγελματική απόφαση (π.χ. μηχανικός). Οι άνθρωποι προσπαθούν να λάβουν τις καλύτερες αποφάσεις αλλά τα πράγματα δεν είναι πάντα απλά. Μία βέλτιστη απόφαση μπορεί να παρθεί μόνο όταν έχουμε ένα μοναδικό κριτήριο. Όταν όμως πρέπει να συμπεριληφθούν πολλά διαφορετικά κριτήρια και να υπολογίσουμε πολλούς διαφορετικούς περιορισμούς, τότε είναι αδύνατο να πούμε ότι υπάρχει μια μοναδική βέλτιστη λύση στο πρόβλημα μας. Σε αυτή την περίπτωση γίνεται εμφανής η ανάγκη για την πολυκριτηριακή μέθοδο.

Η μέθοδος PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) αναπτύχθηκε από τον Brans το 1982. Η μέθοδος αυτή ανήκει στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής. Οι βασικές αρχές αυτής της μεθόδου είναι 3:

- a) επέκταση στην έννοια των κριτηρίων,
- b) εκτιμώμενη σχέση υπεροχής,
- c) εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής.

Η αρχή της επέκτασης στην έννοια του κριτηρίου αναφέρεται στις συναρτήσεις που θα χρησιμοποιηθούν για να οδηγηθούμε στο τελικό αποτέλεσμα οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. Ενώ με την εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής εννοούμε την ταξινόμηση των λύσεων από την καλύτερη προς την χειρότερη.

4.1 Χρησιμότητα της μεθόδου και βασικές έννοιες

Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για να ληφθεί μία απόφαση έχοντας ως παράγοντες την αβεβαιότητα, την ασάφεια των πολλών εναλλακτικών και των πολλών κριτηρίων. Χάρη στην πολυκριτηριακή μέθοδο αντιμετωπίζονται

περίπλοκα προβλήματα και φτάνουμε με μεγαλύτερη βεβαιότητα στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Μερικές βασικές έννοιες που πρέπει να γίνουν κατανοητές είναι:

a. Μελέτες (κινήσεις)

Είναι το σύνολο των παρουσιαζόμενων προτάσεων που τίθενται προς εξέταση και σύγκριση μεταξύ τους. Η πολυκριτηριακή μέθοδο είναι το όργανο λύσης και ταξινόμησης με βάση τα κριτήρια και της προτιμήσεις που θα καθοριστούν.

b. Κριτήρια

Είναι η προϋποθέσεις που θα ορίσουμε στο πρόβλημά μας οι οποίες θα πρέπει να είναι σφαιρικές και να καλύπτουν το σύνολο της έρευνας. Τα κριτήρια παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του αποτελέσματος.

c. Συντελεστής βαρύτητας

Ένα πολύ σημαντικό μέρος της πολυκριτηριακής μεθόδου είναι η επιλογή της βαρύτητας του κριτηρίου. Ο ερευνητής έχει την δυνατότητα να καθορίσει πόσο καθοριστικό ρόλο θα παίξει για το τελικό αποτέλεσμα κάποιο από τα κριτήρια που θα χρησιμοποιήσει. Ο συντελεστής βαρύτητας εμφανίζεται με το γράμμα (w_i). Για τα βάρη ισχύει ο περιορισμός:

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

Εξίσωση 1: Σχέση συντελεστή βαρύτητας

d. Πίνακας αξιολόγησης

Ο πίνακας αξιολόγησης περιέχει όσα παραείπαμε παραπάνω δηλαδή περιλαμβάνει τις μελέτες τα κριτήρια και τον συντελεστή βαρύτητας των κριτηρίων αλλά εκτός αυτών περιέχει και διάφορες τιμές που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά των μελετών.

4.2 Μαθηματικό υπόβαθρο μεθόδου

Αρχικά ο ερευνητής θα πρέπει να εκφράσει τις προτιμήσεις του σχετικά με τις εξεταζόμενες εναλλακτικές ενέργειες. Για το σκοπό αυτό ορίζεται μια συνάρτηση προτίμησης P , η οποία αναπαριστά τις προτιμήσεις του ερευνητή.

Έτσι, φτάνουμε στο σημείο να συγκρίνουμε δύο εναλλακτικές α και β . Οι προτιμήσεις στις εναλλακτικές φανερώνονται με τις παρακάτω εξισώσεις:

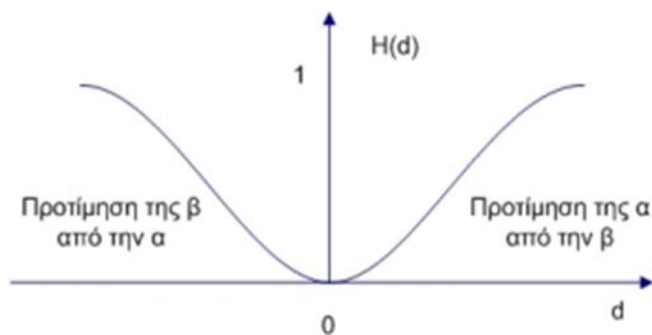
- $P(\alpha, \beta) = 0 \Rightarrow$ Υπάρχει αδιαφορία μεταξύ των ενεργειών α και β
- $P(\alpha, \beta) \sim 0 \Rightarrow$ Υπάρχει ελαφρά προτίμηση της α από τη β
- $P(\alpha, \beta) \sim 1 \Rightarrow$ Υπάρχει ισχυρή προτίμηση της α από τη β
- $P(\beta, \alpha) = 1 \Rightarrow$ Υπάρχει σαφής προτίμηση της α από τη β

Η συνάρτηση προτίμησης, όπως έχει οριστεί, είναι μια αύξουσα συνάρτηση της διαφοράς $d = f(\alpha) - f(\beta)$. Προκειμένου η συνάρτηση προτίμησης να λαμβάνει υπόψη και την υπεροχή της εναλλακτικής ενέργειας β ως προς την εναλλακτική ενέργεια α , ορίζεται η συνάρτηση H ως εξής:

$$H(d) = \begin{cases} P(\alpha, \beta), & d \geq 0, \\ P(\beta, \alpha), & d \leq 0 \end{cases}$$

Εξίσωση 2: Συνάρτηση προτίμησης

Όταν το d που είναι η διαφορά $f(\alpha) - f(\beta)$ παίρνει θετικές τιμές τότε η συνάρτηση $H(d)$ φανερώνει την προτίμηση της εναλλακτικής α από την εναλλακτική β ενώ όταν η διαφορά d παίρνει αρνητικές τιμές δείχνει την προτίμηση της εναλλακτικής β από την εναλλακτική α . Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό και μέσα από το διάγραμμα:



Εικόνα 4.1: Απεικόνιση συνάρτησης $H(d)$

Όμως, όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν διαφόρου είδους συναρτήσεις, ή αλλιώς γενικευμένα κριτήρια που επηρεάζουν τη μορφή της συνάρτησης προτίμησης. Αυτά τα γενικευμένα κριτήρια είναι τα εξής:

a) Το σύνηθες κριτήριο (usual)

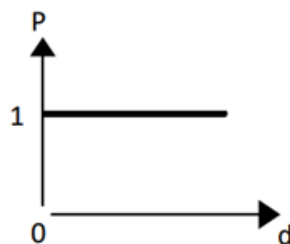
Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό ο ερευνητής θεωρεί ότι υπάρχει αδιαφορία μεταξύ δύο εναλλακτικών ενεργειών α και β αν και μόνο αν $f(\alpha) = f(\beta)$. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, ο ερευνητής θεωρεί ότι υπάρχει σαφής προτίμηση για την ενέργεια με την μεγαλύτερη εκτίμηση.

Η συνάρτηση $H(d)$ στην περίπτωση αυτή ορίζεται σύμφωνα με την εξίσωση 3:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$$

Εξίσωση 3: Συνάρτηση κριτηρίου usual

Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$ φαίνεται στο στην εικόνα 4.2:



Εικόνα 4.2: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$

b) Το κριτήριο U-καμπύλης

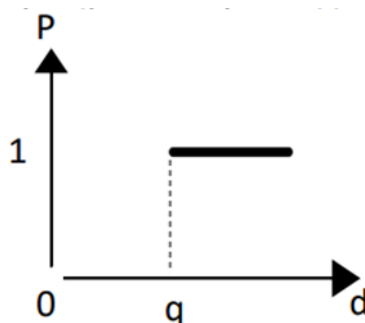
Σύμφωνα με το γενικευμένο αυτό κριτήριο, ο ερευνητής θεωρεί ότι υπάρχει αδιαφορία μεταξύ δύο εναλλακτικών ενεργειών, όταν η διαφορά των εκτιμήσεων τους δεν υπερβαίνει ένα όριο αδιαφορίας q , διαφορετικά υπάρχει σαφής προτίμηση. Το κριτήριο αυτό χρησιμοποιείτε συνήθως για ποιοτικά κριτήρια.

Ο τύπος της συνάρτησης $H(d)$ έχει ως εξής:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$$

Εξίσωση 4: Συνάρτηση κριτηρίου U-καμπύλης

Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$ φαίνεται στην εικόνα 4.3:



Εικόνα 4.3: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$

c) Κριτήριο V-καμπύλης

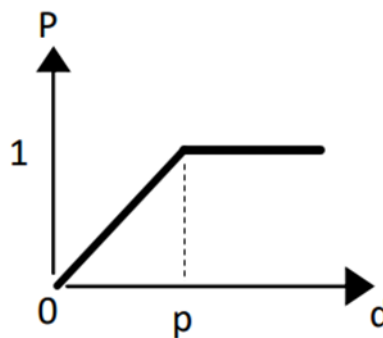
Ο ερευνητής χρησιμοποιώντας το κριτήριο αυτό θεωρεί ότι εφόσον η διαφορά d είναι μικρότερη από ένα όριο προτίμησης p , τότε η προτίμηση του αυξάνει γραμμικά με το d . Αν η διαφορά d γίνει μεγαλύτερη από το όριο προτίμησης p , τότε υπάρχει σαφής προτίμηση.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο τύπος της συνάρτησης $H(d)$:

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

Εξίσωση 5: Συνάρτηση κριτηρίου V-καμπύλης

Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$ φαίνεται στην εικόνα 4.5:



Εικόνα 4.4: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$

d) Κριτήριο επιπέδου (level)

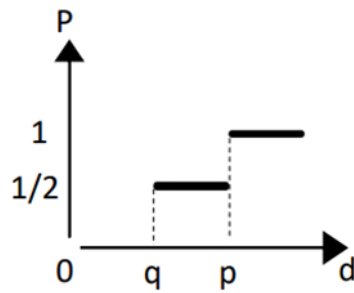
Στο γενικευμένο αυτό κριτήριο χρησιμοποιείται τόσο το όριο αδιαφορίας, όσο και το όριο προτίμησης. Εφόσον η τιμή της διαφοράς d βρίσκεται μεταξύ του ορίου αδιαφορίας q και του ορίου προτίμησης p , τότε υπάρχει ελαφρά προτίμηση.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο τύπος της συνάρτησης $H(d)$.

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$$

Εξίσωση 6: Συνάρτηση κριτηρίου επιπέδου

Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$ φαίνεται στο Σχήμα



Εικόνα 4.5: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$

ε) Κριτήριο V- καμπύλης με κατώφλι αδιαφορίας

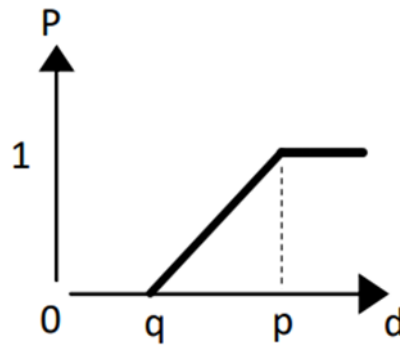
Ο ερευνητής στην περίπτωση αυτή θεωρεί ότι η προτίμηση του αυξάνει γραμμικά από την αδιαφορία στην σαφή προτίμηση, όταν η διαφορά d βρίσκεται μεταξύ του ορίου αδιαφορίας και του ορίου προτίμησης.

Ο τύπος της συνάρτησης $H(d)$ έχει ως εξής:

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

Εξίσωση 7: Συνάρτηση κριτηρίου V-καμπύλης με κατώφλι αδιαφορίας

Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$ φαίνεται στην εικόνα 4.6:



Εικόνα 4.6: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$

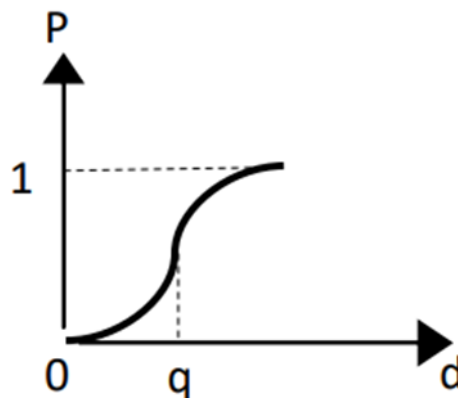
f) Κριτήριο του Gauss

Σύμφωνα με το γενικευμένο αυτό κριτήριο, οι προτιμήσεις του ερευνητή περιγράφονται από την παρακάτω σχέση:

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

Εξίσωση 8: Συνάρτηση κριτηρίου Gauss

Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$ φαίνεται στην εικόνα 4.7:



Εικόνα 4.7: Γραφική παράσταση της συνάρτησης $H(d)$

4.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων με τη βοήθεια της PROMETHEE

Στην παρούσα διπλωματική εργασία το πρόβλημα που μελετήθηκε με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης λύσης είναι ο φωτισμός ενός δεδομένου χώρου όπου στεγάζεται ένα φαρμακείο. Είναι σαφές πώς η λύση που θα προταθεί εν τέλει ως η καλύτερη θα πρέπει να καλύπτει κάποιες δεδομένες παραμέτρους, όπως καλαίσθητο αποτέλεσμα, χαμηλό κόστος κα. Προτού εφαρμόσουμε τη μέθοδο PROMETHEE στη μελέτη, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μία γενική ανασκόπηση των λύσεων που μελετήθηκαν μέσω του προγράμματος προσομοίωσης.

Η πρώτη πρόταση φωτισμού περιλαμβάνει τόσο φωτιστικά ράγας, όσο και γραμμικά φωτιστικά. Τα φωτιστικά ράγας αποσκοπούν στη δημιουργία εστιασμένου φωτισμού, ανάλογα τη διαρρύθμιση του χώρου. Ωστόσο, απαραίτητα κρίνονται και τα γραμμικά φωτιστικά, προκειμένου να αυξηθεί η μέση ένταση φωτισμού στο χώρο. Αμφότερα τα δύο είδη φωτιστικών είναι τεχνολογίας LED. Στη συνέχεια, τα γραμμικά φωτιστικά αντικαταστάθηκαν από στρογγυλά φωτιστικά PL, υπεύθυνα για το γενικό φωτισμό του χώρου, ενώ τα ράφια των εμπορευμάτων τονίστηκαν κάνοντας χρήση ταινιών LED σε στυλ κρυφού φωτισμού. Έπειτα, η επόμενη δύο προτάσεις φωτισμού επικεντρώνονται στη

δημιουργία ενός γενικού συνόλου φωτισμού με μεγαλύτερα φωτιστικά. Η τρίτη μελέτη περιλαμβάνει PL φωτιστικά LED ισχύος 53W έκαστο, αναλαμβάνοντας να υπάρχει επαρκής φωτισμός τόσο στο χώρο του καταστήματος, όσο και στα ράφια, ενώ στην τέταρτη γίνεται χρήση τετράγωνων φωτιστικών, επίσης LED, διαστάσεων 60 x 60 cm, ισχύος 56W έκαστο. Τέλος, ακολουθεί η πέμπτη και τελευταία πρόταση, όπου τα φωτιστικά σώματα αντικαθίστανται από φωτιστικά φθορισμού, σε διάφορα είδη.

Στις επόμενες γραμμές, το πρόβλημα μελετάται βάσει της μεθόδου PROMETHEE, εντάσσοντας σε αυτό τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία θα ληφθεί η τελική απόφαση, δίνοντας βέβαια το ανάλογο βάρος σε καθένα απ' αυτά. Τα κριτήρια περιλαμβάνουν:

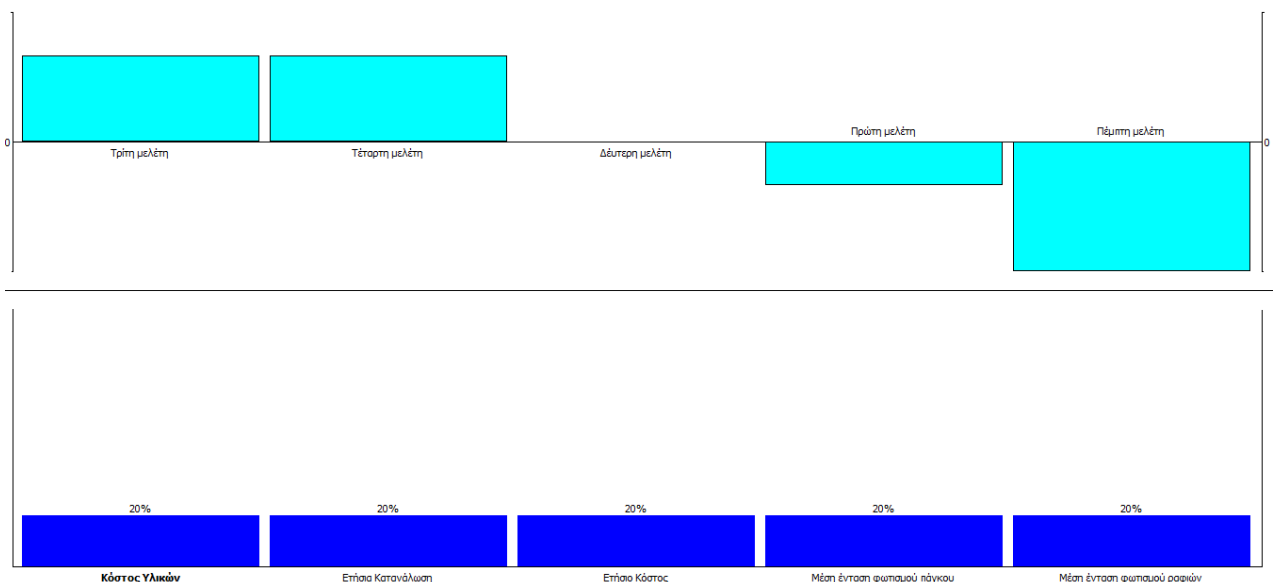
- a. το κόστος προμήθειας των φωτιστικών σωμάτων,
- b. η ετήσια συνολική κατανάλωση σε Kwh,
- c. το συνολικό ετήσιο κόστος που αναμένεται σύμφωνα με τις ώρες του χρόνου που τα φωτιστικά θα είναι σε λειτουργία,
- d. στη μέση ένταση φωτισμού που επιτυγχάνεται στον πάγκο εργασίας (ταμείο)
- e. στη μέση ένταση φωτισμού που προσπίπτει στα ράφια του καταστήματος.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω ένα από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου PROMETHEE είναι ότι παρέχει τη δυνατότητα να δοθεί το βάρος σε όποιο κριτήριο επιθυμούμε και κρίνουμε κι αναλόγως να έχουμε και διαφορετικό τελικό αποτέλεσμα.

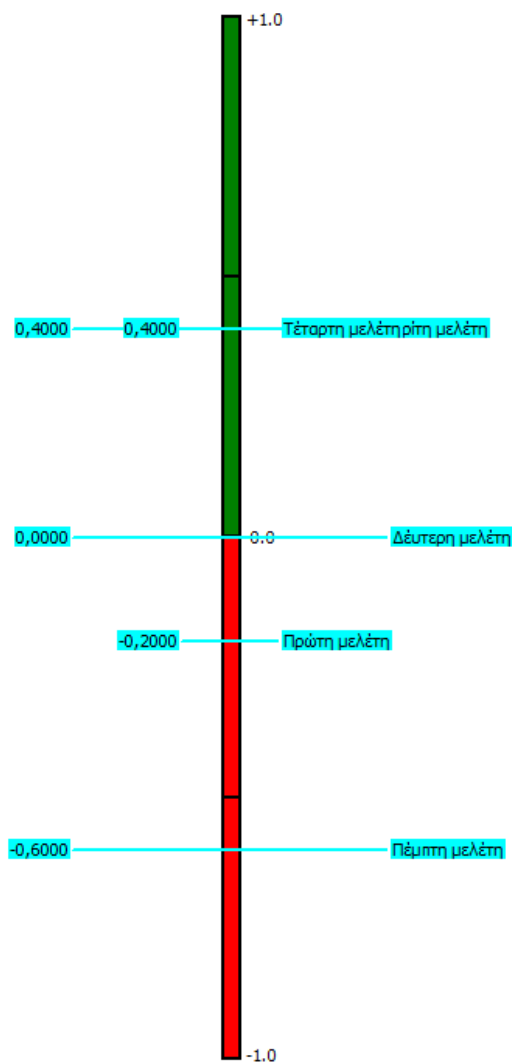
Σε αυτό το στάδιο, τα ανωτέρω δεδομένα ενσωματώνονται στο πρόγραμμα της PROMETHEE, ώστε να εξαχθεί το αποτέλεσμα της σύγκρισης. Να σημειωθεί, ότι στην παρούσα φάση όλα τα κριτήρια έχουν ίση βαρύτητα αναμεταξύ τους. Τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν απεικονίζονται στις εικόνες που ακολουθούν:

Scenario1	Κόστος Υλικών	Ετήσια Κατα...	Ετήσιο Κόστος	Μέση ένταση...	Μέση ένταση...
Unit	ευρώ	Kwh	ευρώ	lx	lx
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences					
Min/Max	min	min	min	max	max
Weight	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics					
Minimum	1803,000	2925	874,50	512,00	281,00
Maximum	5744,000	4700	1409,00	805,00	1779,50
Average	3577,760	3940	1182,20	686,60	843,70
Standard Dev.	1326,102	582	175,39	124,29	631,44
Evaluations					
Πρώτη μελέτη	5744,000	4025	1208,50	563,00	1427,50
Δεύτερη μελέτη	3921,000	4200	1262,00	802,00	1779,50
Τρίτη μελέτη	3740,800	3850	1157,00	805,00	401,00
Τέταρτη μελέτη	2680,000	2925	874,50	751,00	329,50
Πέμπτη μελέτη	1803,000	4700	1409,00	512,00	281,00

Εικόνα 4.8: Πρόγραμμα PROMETHEE με ίσες βαρύτητες



Εικόνα 4.9: Πρόγραμμα PROMETHEE αποτελέσματα ίσως βαρυτήτων Walking Weights



Εικόνα 4.10: Πρόγραμμα PROMETHEE αποτελέσματα ίσως βαρυτήτων Ranking

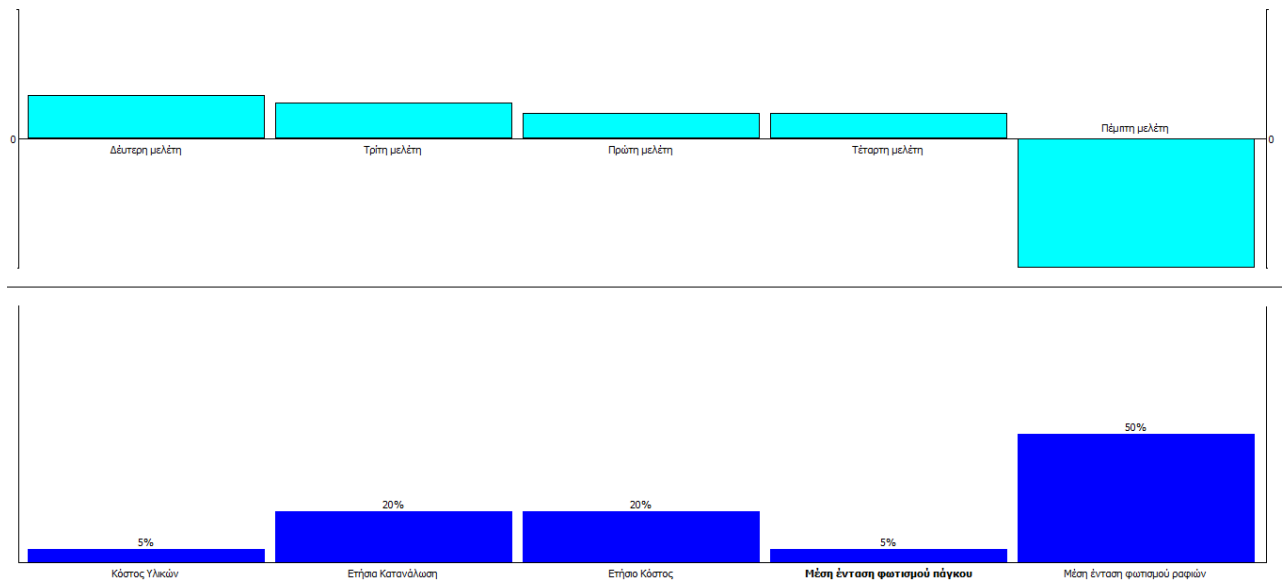
Όπως γίνεται κατανοητό, μέσω των γραφημάτων, όταν όλα τα κριτήρια έχουν την ίδια βαρύτητα, δηλαδή 20% έκαστο, τα αποτελέσματα της τρίτης και της τέταρτης μελέτης είναι τα πλέον ικανοποιητικά. Αντίθετα η πρώτη και πέμπτη μελέτη δίνουν τα χειρότερα αποτελέσματα.

Ωστόσο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι βαρύτητες των κριτηρίων ορίζονται αναλόγως των ιδιαίτερων απαιτήσεων του προβλήματος που μελετάται. Στην επόμενη προσπάθεια, δίνεται μεγάλη βαρύτητα στο φωτισμό των ραφιών, καθώς είναι τα μέρη του μαγαζιού που περιέχουν τα εμπορεύματα, κι η υψηλή ένταση φωτισμού είναι απαραίτητη. Επιπλέον, το ετήσιο κόστος και κατανάλωση χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, ενώ αρχικό το κόστος των υλικών κι η μέση ένταση φωτισμού στον πάγκο εργασία αποτελούν ζητήματα δευτερεύουσας σημασίας. Με τις προϋποθέσεις αυτές οδηγούμαστε στα αποτελέσματα των εικόνων 4.10 και 4.11:

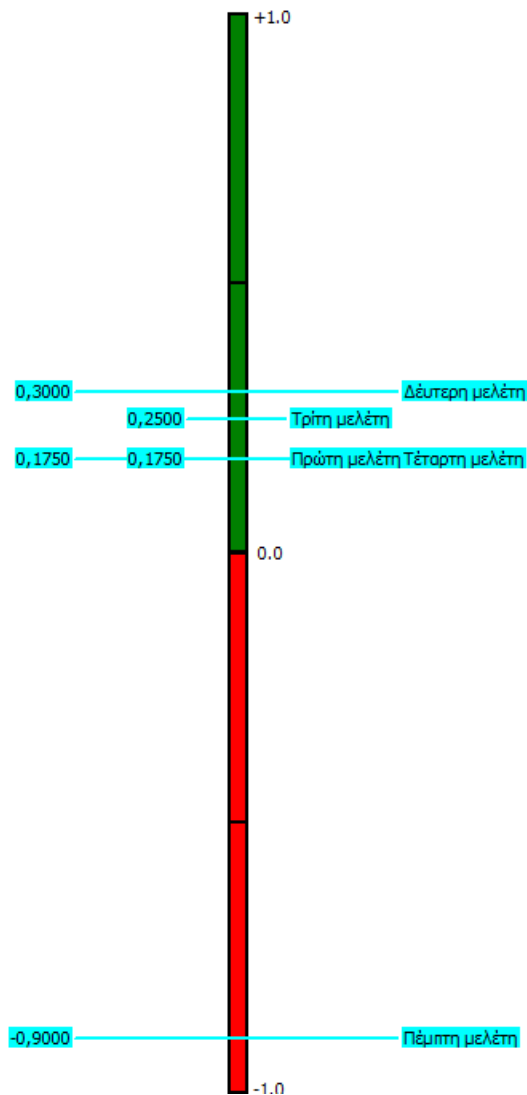
Αξιολόγηση Συστημάτων Φωτισμού με τη Μέθοδο PROMETHEE

Scenario1	Κόστος Υλικών	Ετήσια Κατα...	Ετήσιο Κόστος	Μέση ένταση...	Μέση ένταση...
Unit	ευρώ	Kwh	ευρώ	lx	lx
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences					
Min/Max	min	min	min	max	max
Weight	0,05	0,20	0,20	0,05	0,50
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics					
Minimum	1803,000	2925	874,50	512,00	281,00
Maximum	5744,000	4700	1409,00	805,00	1779,50
Average	3577,760	3940	1182,20	686,60	843,70
Standard Dev.	1326,102	582	175,39	124,29	631,44
Evaluations					
Πρώτη μελέτη	5744,000	4025	1208,50	563,00	1427,50
Δεύτερη μελέτη	3921,000	4200	1262,00	802,00	1779,50
Τρίτη μελέτη	3740,800	3850	1157,00	805,00	401,00
Τέταρτη μελέτη	2680,000	2925	874,50	751,00	329,50
Πέμπτη μελέτη	1803,000	4700	1409,00	512,00	281,00

Εικόνα 4.11: Πρόγραμμα PROMETHEE άνισες βαρύτητες



Εικόνα 4.12: Πρόγραμμα PROMETHEE αποτελέσματα άνισων βαρυτήτων Walking Weights



Εικόνα 4.13: Πρόγραμμα PROMETHEE αποτελέσματα άνισης βαρυτήτων Ranking

Σε αυτή την περίπτωση είναι εμφανές ότι η δεύτερη μελέτη είναι η πιο ικανοποιητική για τις απαιτήσεις που ορίστηκαν. Ακολουθούν, η τρίτη, η πρώτη και η τέταρτη μελέτη, ενώ η πέμπτη λύση εμφανίζεται ως αναποτελεσματική και μάλιστα με τεράστια διαφορά από τις προηγούμενες.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Φτάνοντας στο πέμπτο και τελευταίο, κεφάλαιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, γίνεται παρουσίαση των παρατηρήσεων και συμπερασμάτων στα οποία μπορούμε να καταλήξουμε με τη βοήθεια των προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκαν. Χάρη σ' αυτές, μπορέσαμε να δούμε την επίδραση που έχουν τόσο η επιλογή φωτιστικών, όσο και η σωστή τοποθέτησή τους στο χώρο, προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα βάσει των προδιαγραφών που ζητούνται. Στις ενότητες 3.2 έως 3.5 παρουσιάστηκαν πέντε διαφορετικές προτάσεις φωτισμού του ίδιου χώρου, ενώ στην ενότητα 4.3 έγινε σύγκριση μεταξύ τους κάνοντας χρήση της μεθόδου PROMETHEE. Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί ουσιαστικά μία ανασκόπηση των συγκρίσεων που έγιναν και στη συνέχεια πρόκειται να παρουσιαστούν κάποια γενικά συμπεράσματα.

Ξεκινώντας από τη μελέτη φωτισμού με φωτιστικά φθορισμού (5^η πρόταση), αμέσως αντιλαμβανόμαστε πως η τοπολογία αυτή φέρει τα χειρότερα αποτελέσματα, ανεξαρτήτων βαρών μεταξύ των κριτηρίων που εξετάστηκαν μέσω της PROMETHEE. Οπότε η επιλογή αυτή, απορρίπτεται. Από 'δω, γίνεται αντιληπτό κι ο λόγος που οι λαμπτήρες φθορισμού απομακρύνονται με ραγδαίους ρυθμούς από την αγορά κι αντικαθίστανται φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες LED. Στην περίπτωση, όπου η κατανομή διαφορετικών βαρών μεταξύ των κριτηρίων απουσιάζει, οι μελέτες που δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, είναι η τρίτη και η τέταρτη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι οι συγκεκριμένες προτάσεις έχουν πραγματοποιηθεί με φωτιστικά τεχνολογίας LED, τα οποία αν και έχουν το χαμηλότερο κόστος αγοράς και κατανάλωσης, εμφανίζουν μικρές τιμές μέσης έντασης φωτισμού. Ωστόσο, λόγω της ισοκατανομής των βαρών, η μικρή ένταση φωτισμού ισοσταθμίζεται με το κόστος κι εν τέλει προκύπτει ότι οι μελέτες αυτές είναι οι πιο ικανοποιητικές με λίγο καλύτερη την τρίτη μελέτη.

Αντίθετα, όταν τα βάρη ορίστηκαν με βάσει κάποιες ρεαλιστικές απαιτήσεις, όπως για παράδειγμα η μικρότερη δυνατή ετήσια κατανάλωση – κόστος, αφήνοντας σε πιο χαλαρά πλαίσια το αρχικό κόστος αγοράς, διαπιστώθηκε ότι η δεύτερη πρόταση φωτισμού αποτελεί τη βέλτιστη. Επίσης, χάρη στη μελέτη με τα λάθος χρώματα, επιβεβαιώνεται πως η τοπολογία αυτή δημιουργεί ικανοποιητική ένταση φωτισμού στα ράφια, γεγονός πολύ σημαντικό για το συγκεκριμένο χώρο. Στη συνέχεια, ακολουθούν με τη σειρά η τρίτη, η πρώτη κι η τέταρτη με παρόμοια ποσοστά ικανοποίησης. Από 'δω καταλαβαίνουμε ότι η μελέτη φωτισμού με κρυφό φωτισμό στα ράφια είναι η καλύτερη λύση για να δοθεί έμφαση στον φωτισμό των προϊόντων. Αυτό αποτελεί και τη σημαντικότερη διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μελέτης, που προσέφεραν τα μεγαλύτερα ποσοστά φωτισμού στα προϊόντα, κάτι που δικαιολογεί τη μεγάλη προτίμηση των ταινιών LED μέσω του κρυφού φωτισμού στα καταστήματα.

6 Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

1. e-fwtistika,2021.e-fwtistika. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.e-fwtistika.gr/> [Πρόσβαση 21 Μάιος 2021].
2. INITIATIVE,V.,2020.VISIONINITIATIVE. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.visioninitiative.org.au/common-eye-conditions/how-your-eyes-work> [Πρόσβαση 12 Μάιος 2021].
3. instrumend, O., 2021. OXFORD instrumend. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://andor.oxinst.com/learning/view/article/what-is-light> [Πρόσβαση 12 Μάιος 2021].
4. RNIB, 2016. RNIB. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.rnib.org.uk/eye-health/eye-conditions/how-eye-works> [Πρόσβαση 10 Μάιος 2021].
5. Savopoulos, 2019. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.savopoulos.gr/%CE%B5%CE%BE%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BA%CE%B5%CE%AF%CF%89%CE%BD/> [Πρόσβαση 21 Μάιος 2021].
6. techlumen, 2013-2019. techlumen. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.techlumen.gr/el/odigoi-fotismoy/protypa-fotismoy-en12464-1-en12462-2> [Πρόσβαση 19 οκτώμβριος 2021].
7. TECHLUMEN, 2018. TECHLUMEN. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.techlumen.gr/el/odigos-fotismoy-odigos-fotismoy-katastimaton> [Πρόσβαση 21 Μάιος 2021].
8. Walthall, R., 2016. SHELVING. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://blog.shelvingdesignsystems.com/4-things-to-know-about-pharmacy-lighting> [Πρόσβαση 9 οκτώμβριος 2021].
9. Warehouse-lighting, 2021. Warehouse-lighting. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.warehouse-lighting.com/blogs/lighting-application-suggestions/pharmacy-lighting> [Πρόσβαση 9 οκτωμβρίου 2021].
10. Xatzipantos, 2021. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.xatzipantos.gr/%cf%83%cf%85%ce%bc%ce%b2%ce%bf%cf%85%ce%bb%ce%ad%cf%82-%cf%86%cf%89%cf%84%ce%b9%cf%83%ce%bc%ce%bf%cf%8d/> [Πρόσβαση 22 Μάιος 2021].
11. Αικατερίνη, Κ., 2020. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://dspace.uowm.gr/> [Πρόσβαση 22 Μάιος 2021].
12. Βικιπαίδεια, 2021. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://el.wikipedia.org/> [Πρόσβαση 14 Μάιος 2021].
13. Δ.Μαδιάς, Ε. -. Ν., 2010. Εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό εμπορικών καταστημάτων. Στο: s.l.:s.n.
14. Δήμου, Ν., 2019. [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://ikee.lib.auth.gr/> [Πρόσβαση 22 Μάιος 2021].
15. Κωνσταντίνος, Φ., 2016. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/132825893.pdf> [Πρόσβαση 30 Ιούνιος 2021].

16. Παναγιώτης, Μ., 2016. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://pergamos.lib.uoa.gr/>
17. Σταμπούλης Ευστράτιος, Χ. Δ., 2017. [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://repository.library.tuiwest.gr/> [Πρόσβαση 10 Μάιος 2021].
18. Φραγκίσκος Β.Τοπαλής, Λ. Ο. ,. Σ. Κ., 2020. ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑ. Στο: σ.λ.:ΤΖΙΟΛΑ.