



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

ΔΠΜΣ “Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*“Εξοικονόμηση ενέργειας στις εγκαταστάσεις φωτισμού του κτηρίου
του ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά”*

Βεργίτσης Μιχάλης

Επιβλέπων καθηγητής: Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2020



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΠΜΣ “Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***“Εξοικονόμηση ενέργειας στις εγκαταστάσεις φωτισμού του κτηρίου
του ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά”***

Βεργίτσης Μιχάλης

Επιβλέπων καθηγητής: Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή

Φραγκίσκος Τοπαλής
Καθηγητής ΕΜΠ

Νικόλαος Χατζηαργυρίου
Καθηγητής ΕΜΠ

Ιωάννης Γκόνος
Αν. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2020

.....

Βεργίτσης Μιχάλης, Διπλωματούχος Μηχανολόγος και Αεροναυπηγός Μηχανικός, Πανεπιστήμιο Πατρών

Copyright © Βεργίτσης Μιχάλης, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού του κτηρίου του ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά. Γι αυτό θα πραγματοποιηθεί ενεργειακή επιθεώρηση του συστήματος φωτισμού του κτηρίου και θα διατυπωθούν προτάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ θα υπολογιστούν και τα οφέλη από την προκειμένη αναβάθμιση, αφού αρχικά αναφερθούν κάποιες γενικές δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης ενέργειας για το σύστημα φωτισμού. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της καταγραφής του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού του υπό μελέτη κτηρίου αλλά και τα αποτελέσματα των προτάσεων αναβάθμισης του συστήματος. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. Η πρώτη αφορά την αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, αποδοτικότερα τεχνολογίας LED, η δεύτερη στην επιπλέον αναβάθμιση με την προσθήκη αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού αναλόγως του διαθέσιμου φυσικού φωτισμού. Τέλος, θα παρουσιαστούν τα ενεργειακά οφέλη, το συνολικό κόστος και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης από την εφαρμογή των προτάσεων που θα γίνουν.

Λέξεις κλειδιά : Φωτισμός κτηρίων γραφείου, τεχνητός φωτισμός, αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, ενεργειακή αναβάθμιση, εξοικονόμηση ενέργειας, τεχνοοικονομική μελέτη φωτισμού, αισθητήρες φωτισμού, αισθητήρες παρουσίας, αισθητήρες κίνησης.

Abstract

The main thesis of this paper is the energy upgrade of the lighting system of the ΔΕΔΗΕ (Hellenic Electricity Distribution Network Operator) facilities in Piraeus area. For this there will be conducted an energy inspection on the lighting system of the facilities and I'll conclude on suggestions for the improvement of the energy consumption, whilst there will be calculated the profit of these upgrades. In the beginning I will mention several general active solutions for cost effective and upgraded lighting system. Afterwards there will be presented the results of the registered lighting system for the mentioned building and also the results of suggestions for the upgrade of the system. The results must be in-line with the restrictions of the Organisation of Building Energy Efficiency. The first result-suggestion is the replacement of the lighting bodies with new, more efficient, LED based while the second is about the addition of light sensors with the ability of balancing the lighting power in regards to the natural light of the environment. Lastly there will be presented the energy benefits, the overall cost and the investment payback time of the suggestion I will conclude.

Keywords: office building lighting, artificial lighting, natural light utilization, energy upgrade, energy saving, technical-economical lighting study, light sensors, presence sensors, movement sensors.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνησή της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα, τον Καθηγητή κ. Φραγκίσκο Β. Τοπαλή για την καθοδήγησή του, που υπήρξε για μένα έναυσμα για να ασχοληθώ με αυτό το θέμα καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου τη διεκπεραίωση αυτού.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που μου στάθηκαν όλο αυτό το διάστημα.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
Ευχαριστίες	9
Εισαγωγή.....	15
1 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και βελτιστοποίησης του συστήματος τεχνητού φωτισμού	17
1.1 Εισαγωγή.....	17
1.2 Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού.....	18
1.2.1 Φωτιστικά σώματα.....	18
1.3 Συντήρηση της εγκατάστασης του συστήματος φωτισμού	20
1.4 Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.....	20
1.5 Τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας ή κίνησης.....	21
2 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ.)	22
2.1 Εισαγωγή.....	22
2.2 Απαιτήσεις φωτισμού.....	22
2.3 Περιοχές (ζώνες) φυσικού φωτισμού.....	23
3 Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού	25
3.1 Συνολικό κόστος της εγκατάστασης φωτισμού	25
3.1.1 Αρχικό κόστος αγορά και εγκατάστασης.....	25
3.1.2 Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας	25
3.1.3 Κόστος συντήρησης.....	26
3.1.4 Συνολικό κόστος	26
3.2 Χρόνος απόσβεσης.....	27
4 Περιγραφή του κτηρίου του ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά και καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού.....	28
4.1 Εισαγωγή.....	28
4.2 Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου	28
4.3 Περιγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού	29
4.4 Καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού	31
4.4.1 Ισόγειο.....	32
4.4.2 Όροφος.....	33

4.5 Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	34
5 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα, αποδοτικότερα φωτιστικά τεχνολογίας LED	35
5.1 Εισαγωγή.....	35
5.2 Περιγραφή προτεινόμενου εξοπλισμού	35
5.3 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Α)	43
5.3.1 Ισόγειο.....	44
5.3.2 Όροφος.....	45
5.3.3 Συνολική ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	46
5.4 Συγκριτικά αποτελέσματα.....	46
5.4.1 Ισόγειο.....	47
5.4.2 Όροφος.....	48
6 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	50
6.1 Εισαγωγή.....	50
6.2 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Β)	52
6.2.1 Ισόγειο.....	52
6.2.2 Όροφος.....	53
6.2.3 Συνολικά αποτελέσματα	54
7 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την τοποθέτηση αισθητήρων που ανιχνεύουν κίνηση	55
7.1 Εισαγωγή.....	55
7.2 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού.....	56
7.2.1 Ισόγειο.....	56
7.2.2 Όροφος.....	56
7.2.3 Συγκριτικά αποτελέσματα.....	57
8 Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων εγκαταστάσεων	58
8.1 Εισαγωγή.....	58
8.2 Εφαρμογή Σεναρίου Α	59
8.2.1 Ισόγειο.....	60
8.2.2 Όροφος.....	60
8.2.3 Για όλο το κτήριο	61

8.3 Εφαρμογή Σεναρίου Β	62
8.4 Εφαρμογή Σεναρίου Γ	64
9 Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα	66
9.1 Πίνακες αποτελεσμάτων	66
9.1.1 Υφιστάμενη κατάσταση-κατανάλωση.....	66
9.1.2 Σενάριο Α	66
9.1.3 Σενάριο Β	66
9.1.4 Σενάριο Γ	66
9.2 Ισχύς.....	67
9.3 Ενεργειακή κατανάλωση (ηλεκτρική και πρωτογενής ενέργεια)	67
9.4 Ρύποι CO ₂ και πλήθος δέντρων.....	67
9.5 Κόστος και χρόνος απόσβεσης	67
Βιβλιογραφία.....	Error! Bookmark not defined.
Παράρτημα Α	71
Παράρτημα Β	81
Παράρτημα Γ	86
Παράρτημα Δ	88

Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας μέσω αλλαγών στο σύστημα τεχνητού φωτισμού ενός κτηρίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και στην Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ) 20701-1/2017.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού και ο τρόπος υπολογισμού του συνολικού κόστους μιας εγκατάστασης φωτισμού και του χρόνου απόσβεσης της αντίστοιχης επένδυσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται το κτήριο του ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά και των απαιτήσεων του όσον αφορά το φωτισμό, ενώ γίνεται και καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο προτείνεται η αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών με νέα αποδοτικότερα που διαθέτουν λαμπτήρες LED.

Στο έκτο κεφάλαιο προτείνεται εκ νέου αναβάθμιση μέσω της εκμετάλλευσης του ηλιακού φωτός, τοποθετώντας αισθητήρες φωτισμού στους χώρους όπου κρίνεται βιώσιμο.

Στο έβδομο κεφάλαιο μελετάται και πάλι η τοποθέτηση αισθητήρων, κίνησης αυτή τη φορά, για τα λουτρά και τους διαδρόμους.

Στο όγδοο κεφάλαιο υπολογίζεται η εξοικονόμηση που θα προέλθει από τις παραπάνω παρεμβάσεις, τα κόστη εγκατάστασης και εξοπλισμού, ο χρόνος απόσβεσης.

Στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται τα αποτελέσματα.

Στο τέλος ακολουθούν τα Παραρτήματα Α,Β,Γ,Δ στα οποία παρατίθενται ενδεικτικά αποτελέσματα από το πρόγραμμα RELUX για κάθε σενάριο και τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε (φωτιστικά, αισθητήρες).

1 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και βελτιστοποίησης του συστήματος τεχνητού φωτισμού

1.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται διάφορες μέθοδοι για τη βελτιστοποίηση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσής του. Επίσης περιγράφονται τεχνικές λύσεις αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, στρατηγικές ελέγχου φωτισμού καθώς και τεχνικές αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.

Το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για φωτισμό ανέρχεται σε 19% σε παγκόσμιο επίπεδο και σε 14% στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην Ελλάδα η ενέργεια που καταναλώνεται για φωτισμό είναι περίπου 3000 GWh και υπερβαίνει την ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση κατά 49%, την ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη κατά 16,4% και την ηλεκτρική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης κατά 206,7%.

Όλα τα συστήματα τεχνητού φωτισμού χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια. Δεδομένου ότι η μέση θερμική απόδοση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 1992 ήταν 37%, κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στο φωτισμό αντιστοιχεί σε περίπου 2,7 kWh αρχικής πρωτογενούς ενέργειας. Για την Ελλάδα, σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., η αντιστοιχία της kWh ηλεκτρικής ενέργειας με τη kWh αρχικής πρωτογενούς ενέργειας είναι 1 προς 2,9, δηλαδή για να φτάσει μια ηλεκτρική kWh στον τελικό καταναλωτή απαιτούνται 2,9 kWh πρωτογενούς ενέργειας στο σταθμό παραγωγής. Οπότε, η εξοικονόμηση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σημαίνει ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση αρχικής πρωτογενούς ενέργειας κάνοντας τον απαραίτητο συσχετισμό.

Στα σύγχρονα κτήρια παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης των συστημάτων τεχνητού φωτισμού με σκοπό κυρίως την πρόληψη προβλημάτων που προκύπτουν από ανεπαρκείς μελέτες (ή και παντελή έλλειψη μελέτης). Αυτό το φαινόμενο, συνδυασμό με τη χρήση πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας στις εγκαταστάσεις φωτισμού, οδηγεί σε υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων τεχνητού φωτισμού, με “πενιχρά” αποτελέσματα ως προς την ποιότητα και την οπτική άνεση. Η κατανάλωση αυτή μπορεί τελικά να αποτελεί σημαντικό ποσοστό του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου.

Όμως έχει διαπιστωθεί ότι, σε μεγάλο αριθμό εγκαταστάσεων είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 30-50% με την υιοθέτηση κατάλληλων μέτρων και τεχνικών. Ωστόσο σημαντικό είναι να λαμβάνουμε υπόψιν κάθε φορά και την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού.

1.2 Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού

1.2.1 Φωτιστικά σώματα

Ως φωτιστικό σώμα θεωρείται η διάταξη που έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα τους λαμπτήρες που περιλαμβάνει με σκοπό τον εκφωτισμό ενός χώρου. Είναι κάθε διάταξη, η οποία διαμορφώνει ή μεταβάλλει τη διανομή της φωτεινής ροής ενός λαμπτήρα. Ένα φωτιστικό σώμα πρέπει να προσδίδει συγκεκριμένη μορφή στη φωτεινή ροή, χωρίς να προκαλεί σοβαρές απώλειες σε αυτή, να προστατεύει τους λαμπτήρες από μηχανικές κακώσεις, απ'ο σκόνη και νερό, να διατηρεί τη θερμοκρασία κοντά στους λαμπτήρες και τα όργανα λειτουργίας σε χαμηλά επίπεδα, να παρέχει δυνατότητα εύκολης εγκατάστασης και συντήρησης και να ικανοποιεί την αισθητική και να εναρμονίζεται με το περιβάλλον.

Τα φωτιστικά σώματα διακρίνονται σε κατηγορίες πρώτον ανάλογα με τη χρήση τους (εσωτερικού και εξωτερικού χώρου), δεύτερον ανάλογα με τη διανομή της φωτεινής ροής (άμεσου, ημι-άμεσου, διάχυτου, ημι-έμμεσου και έμμεσου φωτισμού) και τέλος ανάλογα με τον τόπο και τον τρόπο τοποθέτησης τους (χωνευτά, κρεμαστά, ελεύθερης τοποθέτησης, επιφανειακής στερέωσης, ράγας)

Η επιλογή των κατάλληλων φωτιστικών θα πρέπει να έχει ως βασικό γνώμονα τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, το κατά πόσο συμβαδίζουν τόσο με το χώρο, στον οποίο πρόκειται να τοποθετηθούν και με τις αρχές ενεργειακής εξοικονόμησης. Βέβαια δε θα πρέπει να παραβλέπεται και η αισθητικής σημασία αυτών. Ο πιο καθοριστικός παράγοντας επιλογής φωτιστικών είναι ο συντελεστής απόδοσής τους. Κάθε φωτιστικό έχει δύο συντελεστές, της φωτεινής απόδοσης (LOR) και της ενεργειακής απόδοσης.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση ενός φωτιστικού εγκλωβίζει μέρος της φωτεινής ροής των λαμπτήρων με αποτέλεσμα αυτό να μην εκπέμπεται προς τα έξω. Ο συντελεστής φωτεινής απόδοσης (LOR) εκφράζει το ποσοστό φωτεινής ροής του φωτιστικού που εκπέμπεται προς τα έξω σε σχέση με τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων του. Για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις έχει καθιερωθεί η χρήση φωτιστικών σωμάτων με ανακλαστήρες, κυρίως για την εκμετάλλευση της φωτεινής ροής που διαχέεται σε ανεπιθύμητες κατευθύνσεις και σε δευτερεύουσα θέση για την προστασία από τη σκόνη που επικάθεται στην εγκατάσταση

Η κατασκευαστική διαμόρφωση ενός φωτιστικού εγκλωβίζει μέρος της φωτεινής ροής των λαμπτήρων με αποτέλεσμα αυτό να μην εκπέμπεται προς τα έξω. Ο συντελεστής φωτεινής απόδοσης (LOR) εκφράζει το ποσοστό της φωτεινής ροής του φωτιστικού που εκπέμπεται προς τα έξω σε σχέση με τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων του. Για συγκεκριμένες περιπτώσεις έχει καθιερωθεί η χρήση φωτιστικών σωμάτων με ανακλαστήρες κυρίως για την εκμετάλλευση της φωτεινής ροής που διαχέεται σε ανεπιθύμητες κατευθύνσεις και σε δευτερεύουσα θέση για την προστασία από τη σκόνη που επικάθεται στην εγκατάσταση. Συχνά για τον έλεγχο της ροής γίνεται χρήση σωμάτων με περσίδες σε χώρους όπως γραφεία και υπηρεσίες. Τα φωτιστικά με περσίδες βρίσκουν ευρεία εφαρμογή και αν διαθέτουν καλούς ανακλαστήρες αποτελούν μια αποδοτική λύση. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει πρόβλημα με τη στεγανότητα ή πρέπει να περιοριστεί η θάμβωση λόγω ανάκλασης σε κάποια λεία επιφάνεια, γίνεται χρήση φωτιστικών με πλαστικό περίβλημα και αυξημένη μηχανολογική αντοχή, όμως το τίμημα είναι η χαμηλότερη απόδοση και η αλλοίωση του φάσματος του εγκατεστημένου λαμπτήρα.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο πιο καθοριστικός παράγοντας επιλογής φωτιστικών σωμάτων είναι ο συντελεστής απόδοσης τους. Για να είναι ενεργειακά αποδεκτό, ένα φωτιστικό πρέπει να ξεπερνά το όριο των 55 lm/W όπως προσδιορίζεται από τον ΚΕΝΑΚ.

1.2.1.1 Λαμπτήρες

Η επιλογή του κατάλληλου λαμπτήρα γίνεται ανάλογα με τις ανάγκες μας που πρέπει να καλυφθούν. Αν για παράδειγμα ο λαμπτήρα προορίζεται για ειδικές συνθήκες θα είναι κάτι που θα πρέπει να παρθεί υπόψιν. Τα χαρακτηριστικά των λαμπτήρων είναι τα εξής:

- Φωτεινή Ροή (lumen): όλοι οι λαμπτήρες έχουν μια κοινή μονάδα σύγκρισης της φωτεινότητας, το lumen. Όσο περισσότερα lumen, τόσο πιο φωτεινή είναι η λάμπα. Οι συνηθέστερες τιμές είναι 400-1200 lm
- Κατανάλωση (watts): το πιο σημαντικό στοιχείο μετά τη φωτεινότητα για ένα λαμπτήρα είναι η κατανάλωση. Η κατανάλωση μετρείται σε κιλοβατώρες, άρα όσο πιο πολλά watt είναι ο λαμπτήρας τόσο πιο πολύ ενέργεια καταναλώνει. Βέβαια δεν είναι αρκετό να παρατηρείται μόνο η κατανάλωση ή μόνο η φωτεινότητα, αλλά ο συσχετισμός τους, δηλαδή πόσα lumen/watt έχει ο λαμπτήρας.
- Κύκλοι λάμπας: η κάθε λάμπα έχει ένα συγκεκριμένο αριθμό κύκλων ανοίγματος/κλεισίματος που μπορεί να αντέξει πριν καεί.
- Ώρες λειτουργίας: εκτός από τον αριθμό κύκλων οι λάμπες έχουν και ένα συγκεκριμένο αριθμό ωρών λειτουργίας που μπορούν να αντέξουν.
- Θερμοκρασία χρώματος (K): όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία τόσο πιο ζεστό (κίτρινο) είναι το χρώμα, ενώ όσο μεγαλύτερη τόσο πιο ψυχρό (μπλε). Όταν είναι περίπου στα μέσα είναι λευκό ουδέτερο. Οι συνηθέστερες τιμές είναι 2500-6500 Kelvin.
- Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI): δείχνει πόσο καλά αποδίδει τα χρώματα ο λαμπτήρας. Είναι σε μια κλίμακα 0-100, ενώ αποδεκτές τιμές είναι οι μεγαλύτερες από 80.

1.2.1.1.1 Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (*Light emitting diodes- LED*)

Οι φωτοεκπέμπουσες δίοδοι ή αλλιώς LED είναι συνδυασμός ημιαγωγών p-n. Όπου εφαρμόζοντας τάση σε αυτούς εκπέμπεται ακτινοβολία, είτε υπέρυθη είτε ορατή. Το φως που εκπέμπεται από τους ημιαγωγούς εκτείνεται σε ένα μεγάλο εύρος μηκών κύματος, από το χαμηλό όριο ορατής ακτινοβολίας έως πολύ μεγάλα μήκη υπέρυθρης. Το τελικό χρωματικό αποτέλεσμα προκύπτει από το συνδυασμό των ημιαγωγικών υλικών. Τα οφέλη από τη χρήση των λαμπτήρων LED είναι πολλαπλά. Συγκεκριμένα οι λαμπτήρες LED έχουν δυνατό κι ευχάριστο φως, εξαιρετική ποιότητα φωτισμού με μεγάλο δείκτη χρωματικής απόδοσης (CRI>80%), υψηλή ενεργειακή απόδοση και εξοικονόμηση ενέργειας ως και 90%, μεγάλη διάρκεια ζωής, μεγαλύτερη από 25000-50000 ώρες, ενώ είναι και εξαιρετικά φιλικό προς το περιβάλλον. Η απόδοση τους τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί πολύ, από τα λίγα lumen/watt που ήταν αρχικά, τα συγχρονα LED λευκού φωτός αποδίδουν ως 180 lumen/watt.

1.3 Συντήρηση της εγκατάστασης του συστήματος φωτισμού

Με την πάροδο του χρόνου τα φωτιστικά και οι επιφάνειες των δωματίων ρυπαίνονται, ενώ και η ποσότητα εξερχόμενου φωτός από τους λαμπτήρες μειώνεται καθώς πλησιάζουν προς το τέλος του χρόνου ζωής τους. Έλλειψη συντήρησης σημαίνει ότι μία εγκατάσταση φωτισμού δεν αποδίδει το μέγιστο της δυνατότητάς της και κατά συνέπεια γίνεται σπατάλη ενέργειας και χρημάτων. Ο απλός καθαρισμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών σωμάτων μπορεί συχνά να βελτιώσει σημαντικά το φωτισμό του χώρου και τα οφέλη στην κατανάλωση ενέργειας να γίνουν άμεσα αντιληπτά.

Οι απαιτήσεις συντήρησης θα πρέπει να εξετάζονται κατά το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων. Τα φωτιστικά σώματα που είναι εύκολα προσβάσιμα, είναι πιθανότερο να καθαρίζονται τακτικότερα και να γίνεται αντικατάσταση των λαμπτήρων τους. Μερικά φωτιστικά σχεδιάζονται για να μειώνουν την ανάγκη συντήρησης, πχ το αυτο-αεριζόμενο φωτιστικό σώμα συσσωρεύει λιγότερους ρύπους στις επιφάνειές του.

Κατάλληλα υλικά και τεχνικές καθαρισμού θα πρέπει να χρησιμοποιούνται επίσης για να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες που προκαλούνται από τη χημική δράση ή το γδάρισμα των επιφανειών όπου συσσωρεύεται σκόνη.

Οι πλαστικοί ή οι πρισματικοί ανακλαστήρες αποχρωματίζονται με την πάροδο του χρόνου και μειώνουν την εξερχόμενη ποσότητα φωτός από ένα φωτιστικό. Η αντικατάστασή τους σε παλαιές εγκαταστάσεις μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση. Θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιούνται πλαστικά με σταθεροποιημένες ιδιότητες, καθώς αυτά έχουν μεγαλύτερο ωφέλιμο χρόνο ζωής.

Μετρήσεις που διεξήχθησαν από εξειδικευμένους φορείς σε εγκαταστάσεις φωτισμού κτηρίων γραφείων, οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η μείωση του φωτισμού στις πλημμελώς συντηρημένες εγκαταστάσεις υπερβαίνει το 40%, ενώ αν η συντήρηση είναι τακτική τότε η μείωση δεν υπερβαίνει το 25%. Επίσης διαπιστώθηκε ότι δύναται να εξοικονομηθεί ενέργεια της τάξης του 15% αν τα φωτιστικά καθαρίζονται ανά έτος με ταυτόχρονη αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων έστω κι αν λειτουργούν, αφού η απόδοσή τους, όταν υπερβαίνουν το 70% της διάρκειας ζωής τους, μειώνεται σημαντικά και γίνονται ασύμφοροι. Το ποσοστό αυτό αντιπροσωπεύει την οικονομική διάρκεια ζωής, δηλαδή το χρόνο λειτουργίας πέραν του οποίου η λειτουργία του λαμπτήρα είναι ασύμφορη. Γι' αυτό το λόγο για το πρόγραμμα συντήρησης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λαμπτήρων της εγκατάστασης φωτισμού.

1.4 Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτήρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους.

Για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτηρίου με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης, θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού) αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο θάμβωσης. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ανακλαστικότητα)

Η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού σε κάθε διακριτό χώρο εργασίας είναι η πιο απλή λύση για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Οι αισθητήρες φωτισμού μετρούν την ένταση φωτισμού και ρυθμίζουν την ένταση του τεχνητού φωτισμού στο επιθυμητό επίπεδο μέσω ρυθμιστή φωτός (dimmer). Το σύστημα αυτό είναι τοπικού χαρακτήρα και δεν συνδυάζεται ούτε επικοινωνεί με αντίστοιχα συστήματα εγκατεστημένα σε άλλους χώρους.

1.5 Τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας ή κίνησης

Ο αισθητήρας κίνησης επιτρέπει το άναμμα του φωτισμού μόλις ανιχνευτεί παρουσία στο χώρο που έχει τοποθετηθεί εξασφαλίζοντας άνεση, ασφάλεια και ταυτόχρονα εξοικονόμηση ενέργειας.

Η πλειοψηφία των ανιχνευτών κίνησης λειτουργούν βασιζόμενοι στην τεχνολογία παθητικής υπέρυθρης ανίχνευσης (Passive Infra-Red Detection) της ακτινοβολούμενης θερμότητας από κινούμενα άτομα στο χώρο. Όταν το αισθητήριο του ανιχνευτή αντιληφθεί μεταβολή της θερμοκρασίας μέσα στην περιοχή ανίχνευσης, η οποία έχει προέρθει από κίνηση ατόμου, τότε δίνει εντολή να ενεργοποιηθεί το ηλεκτρικό κύκλωμα φωτισμού που ελέγχει.

Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί να είναι είτε αυτόνομοι είτε συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Αυτός ο τύπος αισθητήρα απαιτεί διάνοιξη της οροφής ή του τοίχου για την εγκατάσταση του, ώστε να συνδεθεί με το σύστημα ηλεκτρικής παροχής. Η εγκατάσταση αυτή έχει σχετικά υψηλό κόστος όταν λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια ανακαίνισης στο υφιστάμενο σύστημα φωτισμού.

Πολύ σημαντική, τέλος, είναι η ρύθμιση της ευαισθησίας στην ανίχνευση της κίνησης και η ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης για την απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού από τη στιγμή που ο αισθητήρας δεν αντιλαμβάνεται παρουσία στο χώρο.

2 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ.)

2.1 Εισαγωγή

Στην συγκεκριμένη τεχνική οδηγία καθορίζονται οι εθνικές προδιαγραφές για όλες τις παραμέτρους που απαιτούνται για την εφαρμογή της μεθοδολογίας υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, όπως αυτή ορίζεται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων - Κ.Εν.Α.Κ. (Απόφαση ΔΕΠΕΑ/οικ.178581/30-06-2017 των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος και Ενέργειας - ΦΕΚ Β' 2367). Αυτές οι παράμετροι χρησιμοποιούνται τόσο στην μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, όσο και στην ενεργειακή επιθεώρησή του. Στο πλαίσιο της ενεργειακής μελέτης ο μελετητής αξιολογεί την εφαρμογή εναλλακτικών τεχνολογιών υψηλής απόδοσης στο υπό μελέτη κτήριο, προκειμένου να καθορίσει κατά περίπτωση την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου και να μπορέσει να τη βελτιώσει.

2.2 Απαιτήσεις φωτισμού

Σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την άσκηση προβλεπόμενης δραστηριότητά τους, χωρίς φαινόμενα που να οδηγούν στην οπτική δυσφορία ή/και κόπωση. Για τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό, ο Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζει για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια του τριτογενούς τομέα, ως ελάχιστη φωτεινή απόδοση (lm/W) των συστημάτων γενικού φωτισμού τα 60 (lm/W) ενώ για τα αντίστοιχα κτήρια αναφοράς τα 55 (lm/W).

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464.1 - 2011 δίνονται λεπτομερώς τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού ανά χρήση χώρου, καθώς και επιπρόσθετες πληροφορίες που σχετίζονται με τον σχεδιασμό του συστήματος φωτισμού και τη χρήση επιφανειών εκτέλεσης εργασίας, περιβάλλουσες και υπόβαθρου. Η μελέτη φωτισμού με τα απαραίτητα φωτομετρικά αρχεία (*.ltd, *.ies) είναι υποχρεωτική. Με βάση - κατά κύριο λόγο - τις προτεινόμενες τιμές του προτύπου για τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού, δίνονται στον πίνακα 2.4α. οι τιμές για τη μέση ελάχιστη στάθμη γενικού φωτισμού (lx), το μέγιστο βαθμό θάμβωσης (δείκτης UGR) και την ελάχιστη τιμή ομοιομορφίας (ελάχιστη προς μέση τιμή 35 έντασης φωτισμού) ανά χρήση χώρου. Οι τιμές για την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού (W/m^2 ωφέλιμης επιφάνειας) του κτηρίου αναφοράς τριτογενούς τομέα και των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, για τις οποίες η φωτεινή απόδοση καθορίστηκε στα 55 (lm/W) δίνονται στον πίνακα 2.4α. Αυτές οι τιμές, της εγκατεστημένης ισχύος των φωτιστικών ανά μονάδα ωφέλιμης επιφάνειας (W/m^2) του κτηρίου αναφοράς είναι οι μέγιστες επιτρεπόμενες για την κάλυψη της μέσης ελάχιστης στάθμης (lx) γενικού φωτισμού.. Στον φωτισμό των γραφείων προτείνεται περιορισμός των φωτιστικών σωμάτων με μη αποδοτική κατανομή φωτισμού. Το 70% της φωτεινής ροής πρέπει να κατευθύνεται προς τα κάτω, στην επιφάνεια εκτέλεσης εργασίας.

Χρήσεις κτηρίων	Στάθμη φωτισμού(lx)	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης(m)
Γραφείο	500	0.8
Κλιμακοστάσιο	100	0
Λουτρό	200	0.8
Αίθουσα αρχείου	200	0.8
Διάδρομος	100	0
Σχεδιαστήριο	500	0.8
Αίθουσα συσκέψεων	500	0.8
Αποθήκη	300	0.8

2.3 Περιοχές (ζώνες) φυσικού φωτισμού

Οι ζώνες φυσικού φωτισμού (ΖΦΦ) ορίζονται για να τοποθετούνται αισθητήρες φωτισμού (αισθητήρες σύζευξης φυσικού τεχνητού φωτισμού) με σκοπό να ελέγχονται τα φωτιστικά σώματα που συμπεριλαμβάνονται μέσα στη ζώνη αυτή (ή γειτονικά αυτής). Η χρήση φυσικού φωτισμού εξαρτάται από τον προσανατολισμό του κτηρίου, τον ηλιασμό του, τα πλευρικά ανοίγματα των χώρων του, τα ανοίγματα της οροφής, τις ώρες λειτουργίας, τη χρήση και τις διαστάσεις των χώρων του (βάθος, μήκος, πλάτος, ύψος) κ.ά. Σε πολλές εγκαταστάσεις φωτισμού, υπάρχει τεχνολογία ελέγχου και αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού μέσω διατάξεων αυτομάτου ελέγχου, όπως αισθητήρων παρουσίας, αισθητήρων φωτισμού, αυτόματο σύστημα αφής / σβέσης κ.α.

Εάν σε ένα χώρο υπάρχει πλευρικό άνοιγμα, το οποίο έχει πλάτος W_{π} και ύψος πρεκίου h_{π} , τότε η ζώνη φυσικού φωτισμού που σχηματίζεται καλύπτει μέρος του χώρου επάνω από την επιφάνεια εργασίας (με ύψος h_{EE}) και έχει βάθος $L_{Z\Phi\Phi}$, που εξαρτάται από το ύψος της δέσμης φυσικού φωτισμού $h_{Z\Phi\Phi}$ (ύψος μεταξύ πρεκίου και επιφάνεια εργασίας) και υπολογίζονται από τις σχέσεις:

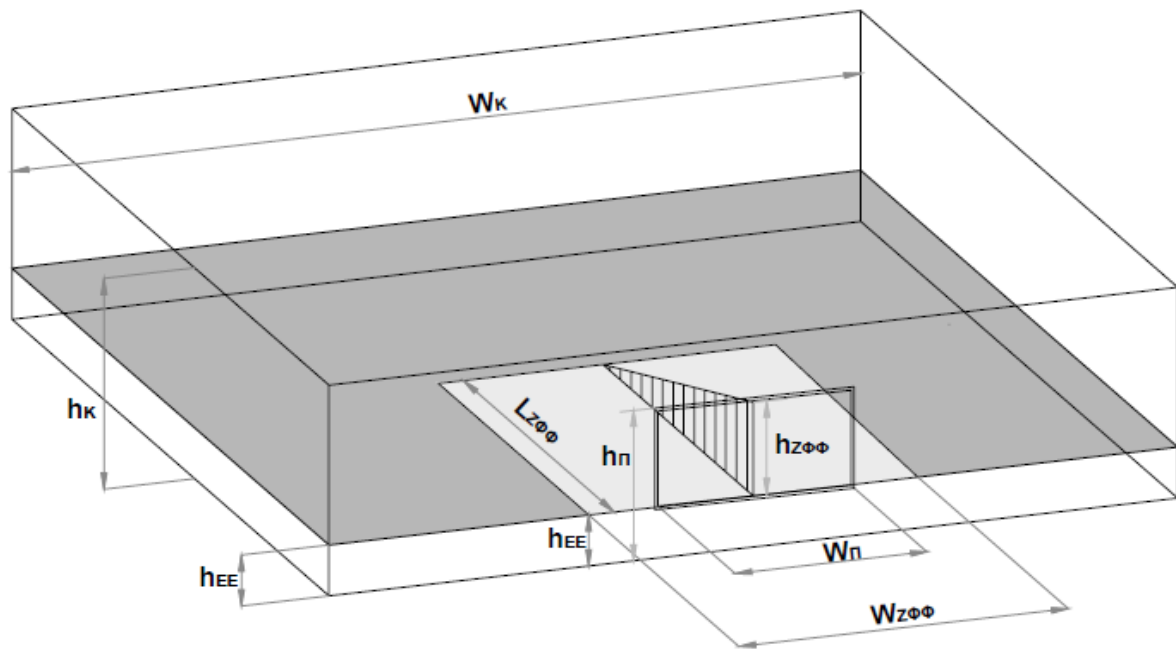
$$L_{Z\Phi\Phi} = 2,5 \times h_{Z\Phi\Phi}$$

$$h_{Z\Phi\Phi} = h_{\pi} - h_{EE}$$

Αντίστοιχα, το πλάτος της ζώνης φυσικού φωτισμού W_{Π} υπολογίζεται ως το άθροισμα του πλάτους του παραθύρου W_{Π} και το μισό του βάθους της ζώνης φυσικού φωτισμού $L_{Z\Phi\Phi}$, όπως περιγράφεται στην ακόλουθη σχέση:

$$W_{Z\Phi\Phi} = W_{\Pi} + 0,5 \times L_{Z\Phi\Phi}$$

Εφόσον το υπόλοιπο της περιοχής εκτός ΖΦΦ είναι μικρότερο του 25% του συνολικού χώρου τότε μπορεί να θεωρηθεί και αυτό μέρος μιας εκτεταμένης ΖΦΦ που θα περιλαμβάνει όλο το χώρο.



3 Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού

Όπως κάθε εγκατάσταση έτσι και ένα σύστημα φωτισμού πρέπει να μελετάται ως προς την οικονομική του βιωσιμότητα. Η οικονομική ανάλυση παίζει σημαντικό ρόλο στην απόφαση για την εγκατάσταση ή μη ενός συστήματος καθώς και στη σύγκριση δυο ή περισσότερων προτεινόμενων συστημάτων. Ωστόσο ο σχεδιαστής δεν πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του μόνο τα οικονομικά κριτήρια, αλλά επίσης τα αισθητικά και τα οπτικά.

3.1 Συνολικό κόστος της εγκατάστασης φωτισμού

Η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού περιλαμβάνει όλα τα κόστη που σχετίζονται με την αγορά του απαραίτητου εξοπλισμού, την εγκατάστασή του, τη λειτουργία και τη συντήρηση του. Το συνολικό κόστος ενός συστήματος φωτισμού αποτελείται από

- ◆ αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης
- ◆ κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας
- ◆ κόστος συντήρησης

3.1.1 Αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης

Το αρχικό κόστος (K_a) περιλαμβάνει το κόστος για την αγορά του εξοπλισμού καθώς και για την εγκατάστασή του και υπολογίζεται ως εξής:

$K_a = (\text{Κόστος εξοπλισμού}) + [(\text{Ωρες εγκατάστασης}) * (\text{Ωρομίσθιο})]$, όπου

- το κόστος εξοπλισμού είναι σε €
- το ωρομίσθιο σε €/ώρα

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει υφιστάμενο σύστημα φωτισμού, ο σχεδιαστής μελετά το ενδεχόμενο της αναβάθμισης του ώστε να μειωθεί το κόστος λειτουργίας και συντήρησης και να βγει πιο συμφέρουσα λύση σε βάθος χρόνου. Όταν πρόκειται να γίνει αναβάθμιση ενός συστήματος φωτισμού είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η υφιστάμενη καλωδίωση καθώς έτσι το κόστος αντικατάστασης του υφιστάμενου συστήματος περιορίζεται σημαντικά.

3.1.2 Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας

Το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας εξαρτάται από την ισχύ της εγκατάστασης και από τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου. Το ετήσιο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας δίνεται από τη σχέση:

$K_{en} = P * (\text{Τιμή kWh}) * (\text{Ωρες λειτουργίας/έτος})$ όπου,

- P η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος
- η τιμή της kWh καθορίζεται από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία πελατών
- οι ώρες λειτουργίας του κτηρίου προκύπτουν με εκτίμηση της χρήσης του

B. ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

1. Τιμολόγιο Γ21

Τετραμηνιαία χρέωση

πάγιο:		10,30 €
ενέργεια:	Όλες οι kWh	0,14002 €/kWh
ελάχιστη χρέωση:		το πάγιο

3.1.3 Κόστος συντήρησης

Το κόστος συντήρησης ($K_{\text{συντ}}$) του συστήματος φωτισμού προκύπτει από τις παρεμβάσεις που είναι αναγκαίες ύστερα από κάποιο διάστημα λειτουργίας, όπως αντικατάσταση των λαμπτήρων, καθαρισμός των φωτιστικών σωμάτων, αντικατάσταση ανακλαστικών περσίδων κ.α. Το κόστος συντήρησης υπολογίζεται ως εξής:

$K_{\text{συντ}} = (\text{Κόστος υλικών συντήρησης}) * [(\text{Ωρες συντήρησης/έτος}) * \text{Ωρομίσθιο}]$, όπου

- το κόστος υλικών είναι σε €/έτος και
- το ωρομίσθιο σε €/ώρα

3.1.4 Συνολικό κόστος

Το συνολικό κόστος ενός συστήματος φωτισμού προκύπτει από το άθροισμα των κοστών που αναφέρθηκαν παραπάνω, δηλαδή του αρχικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης, του κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας και του κόστους συντήρησης. Ωστόσο επειδή το κόστος αγοράς και εγκατάστασης εκφράζεται σε €, ενώ τα άλλα δυο κόστη σε €/έτος, χρειάζεται να γίνεται η απαραίτητη προσαρμογή έτσι ώστε είτε να εκφραστεί το κόστος αγοράς και εγκατάστασης σε €/έτος (διαιρώντας το με τη διάρκεια ζωής του συστήματος), είτε να εκφραστούν το κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας και το κόστος συντήρησης σε € (πολλαπλασιάζοντάς τα με τη διάρκεια ζωής του συστήματος). Με αυτό τον τρόπο θα γίνει εφικτή η άθροιση και των τριών κοστών έτσι ώστε να υπολογιστεί το συνολικό κόστος της εγκατάστασης.

Με τον τρόπο αυτό γίνεται εύκολη και η σύγκριση δύο ή παραπάνω συστήματα φωτισμού καταλήγοντας σε σωστό συμπέρασμα, αφού είναι πολύ πιθανό το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός συστήματος να είναι μεγαλύτερο από κάποιο άλλο σύστημα, όμως εν τέλει να είναι πιο συμφέρουσα λύση εξετάζοντας το σε μακροχρόνια βάση συμπεριλαμβανομένου του κόστους συντήρησης και του κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας.

3.2 Χρόνος απόσβεσης

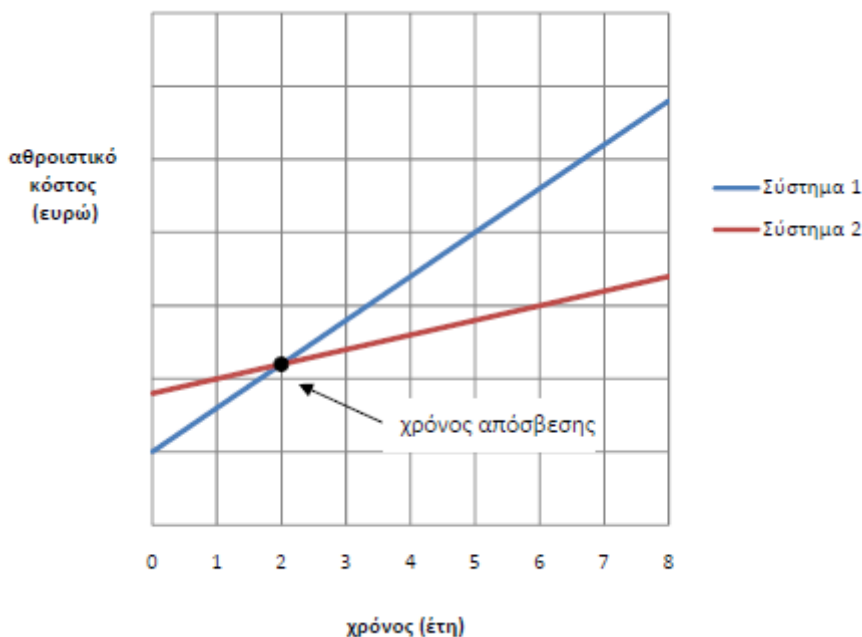
Ως χρόνος απόσβεσης θεωρείται ο χρόνος που απαιτείται ώστε η εξοικονόμηση από το κόστος λειτουργίας να αντισταθμίσει το κόστος της επένδυσης.

Χρόνος απόσβεσης = $(\text{Κόστος επένδυσης}_2 - \text{Κόστος επένδυσης}_1) / (\text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας}_1 - \text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας}_2)$

όπου οι δείκτες 1 και 2 αναφέρονται στα δύο προτεινόμενα συστήματα φωτισμού.

Το κόστος επένδυσης ισούται με το κόστος αγοράς και εγκατάστασης, ενώ το ετήσιο κόστος λειτουργίας με το άθροισμα του ετήσιου κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας και του ετήσιου κόστους συντήρησης.

Όπως φαίνεται και παρακάτω ο χρόνος απόσβεσης μπορεί να υπολογιστεί και γραφικά.



Οι δύο καμπύλες αναπαριστούν τα αθροιστικά κόστη για κάθε σύστημα φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο. Το σημείο τομής των δύο καμπυλών αντιπροσωπεύει το χρόνο απόσβεσης του συστήματος 2, δηλαδή το χρονικό σημείο όπου το υψηλότερο κόστος επένδυσης του συστήματος 2 αντισταθμίζεται από την εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το μειωμένο κόστος λειτουργίας του.

4 Περιγραφή του κτηρίου του ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά και καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού

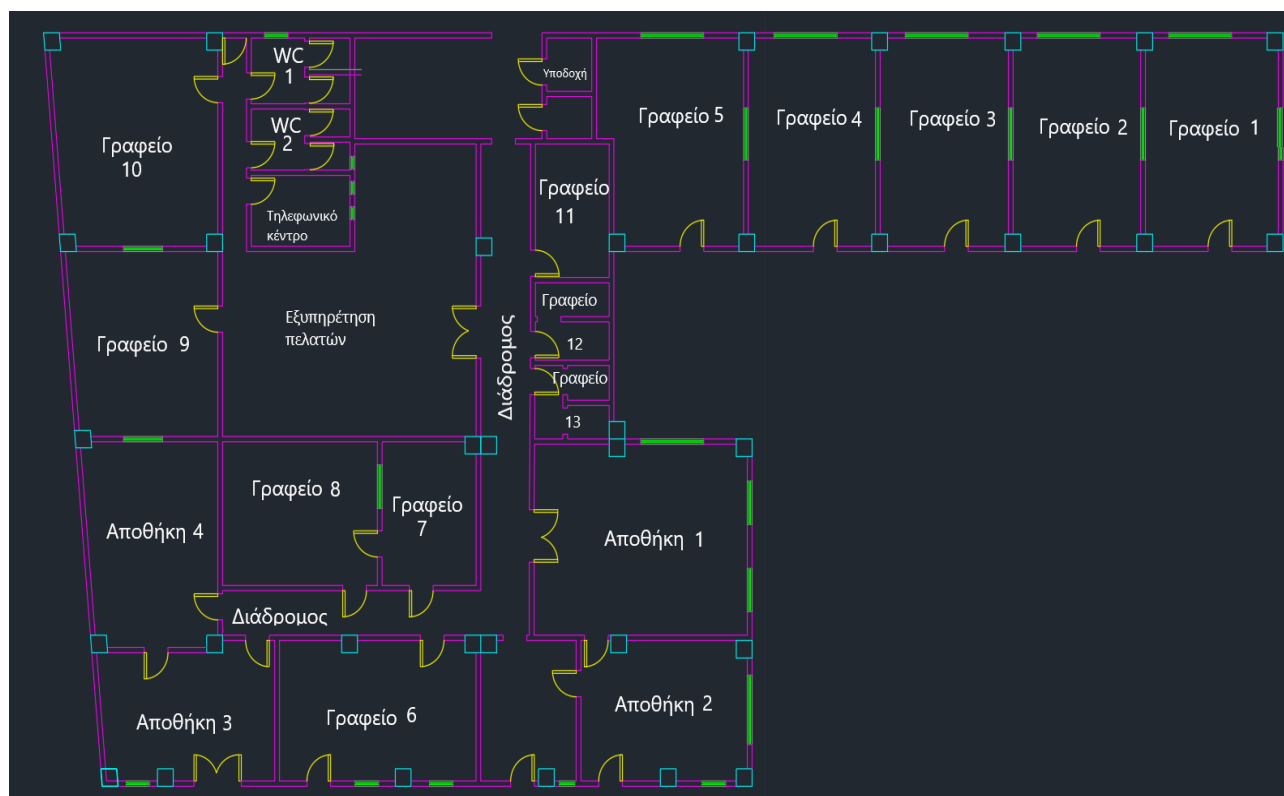
4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται περιγραφή του κτηρίου του ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά, η αναλυτική καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού και ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος.

4.2 Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου

Το κτήριο του ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά ανήκει στη Διεύθυνση Περιφέρειας Αττικής και βρίσκεται στον Πειραιά στην περιοχή των Καμινίων (Αγ. Ελευθερίου 114). Αποτελείται από το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Το ισόγειο κατασκευάστηκε και ο πρώτος όροφος .

Στο ισόγειο βρίσκονται οι υπηρεσίες του Τομέα Εκμετάλλευσης και του Τομέα Υποστήριξης, καθώς και η Αποθήκη. Στον πρώτο όροφο στεγάζονται ο Τομέας Κατασκευών, ο Τομέας Καταμέτρησης, ο Τομέας Μελετών, ο Τομέας Προσωπικού, ο Τομέας Αποκοπών- Ρευματοκλοπών, το Γραφείο της Διεύθυνσης καθώς και μία Αίθουσα Αρχείου. Και στους δύο ορόφους υπάρχουν κοινόχρηστοι χώροι όπως διάδρομοι και λουτρά. Παρακάτω φαίνονται οι κατόψεις του κτηρίου.



Κάτοψη Ισογείου



Κάτοψη Α' ορόφου

4.3 Περιγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού

Όλα τα φωτιστικά σώματα του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού του κτηρίου διαθέτουν λαμπτήρες φθορισμού. Οι διάδρομοι και τα μεγαλύτερα γραφεία αποτελούνται από φωτιστικά οροφής με 4 λαμπτήρες φθορισμού (600mm) των 18 W ο καθένας, ενώ τα μικρότερα γραφεία από φωτιστικά οροφής με 2 λαμπτήρες φθορισμού (600mm) των 18 W ο καθένας. Οι αποθήκες τα σχεδιαστήρια και η αίθουσα συσκέψεων φωτίζονται από φωτιστικά οροφής με 2 λαμπτήρες (1500mm) των 58 W ο καθένας. Τέλος τα λουτρά φωτίζονται από φωτιστικά οροφής με 2 λαμπτήρες (1200mm) των 36 W ο καθένας



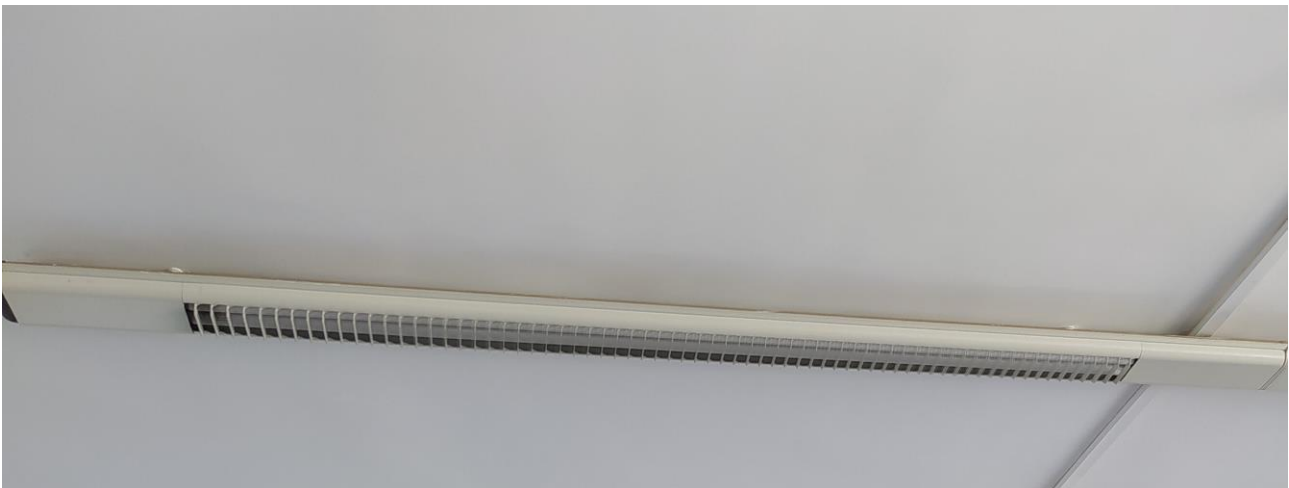
Φωτιστικό οροφής με 4 λαμπτήρες οροφής των 18 W (600mm)



Φωτιστικό οροφής με 2 λαμπτήρες φορισμού των 18 W (600mm)



Φωτιστικό οροφής με 2 λαμπτήρες φθορισμού των 36 W (1200mm)



Φωτιστικό οροφής με 2 λαμπτήρες φθορισμού των 58 W (1500mm)

4.4 Καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού

Στους παρακάτω Πινάκες αναγράφονται το όνομα του κάθε χώρου, τα φωτιστικά σώματα που βρίσκονται σε αυτόν, οι λαμπτήρες που αντιστοιχούν σε κάθε φωτιστικό, τα ονομαστικά Watt και τα συνολικά Watt του κάθε φωτιστικού (συμπεριλαμβανομένων και των απωλειών του ballast 20%. Στην τελευταία στήλη αναγράφεται η τελική κατανάλωση κάθε χώρου ή των όμοιων χώρων όπου υπάρχουν.

4.4.1 Ισόγειο

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Συνολική Ισχύς Φωτιστικού (W)	Σύνολο χώρου (W)
Γραφείο 1	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 2	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 3	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 4	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 5	8	4	18	86.4	691.2
Υποδοχή	2	2	18	43.2	86.4
Υποδοχή	2	2	18	43.2	86.4
Γραφείο 11	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 12	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 13	8	2	18	43.2	345.6
Αποθήκη 1	4	2	58	139.2	556.8
Αποθήκη 2	4	2	58	139.2	556.8
Γραφείο 6	8	4	18	86.4	691.2
Αποθήκη 3	4	2	58	139.2	556.8
Αποθήκη 4	4	2	58	139.2	556.8
Γραφείο 7	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 8	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 9	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 10	8	4	18	86.4	691.2
Λουτρό 1	3	2	36	86.4	259.2
Λουτρό 2	3	2	36	86.4	259.2
Τηλεφωνικό κέντρο	2	2	18	43.2	86.4
Εξυπηρέτηση πελατών	16	4	18	86.4	1382.4
Διάδρομος	15	4	18	86.4	1080
Σύνολο	163				12724,8

4.4.2 Όροφος

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Συνολική Ισχύς Φωτιστικού (W)	Σύνολο χώρου (W)
Γραφείο 1	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 2	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 3	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 4	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 5	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 6	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 7	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 8	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 9	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 10	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 11	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 12	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 13	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 14	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 15	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 16	8	4	18	86.4	691.2
Αίθουσα αρχείου	10	4	18	86.4	864
Γραφείο 17	2	2	18	43.2	86.4
Λουτρό 1	3	2	36	86.4	259.2
Λουτρό 2	3	2	36	86.4	259.2
Γραφείο 18	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 19	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 20	8	2	18	43.2	345.6
Γραφείο 21	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 22	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 23	8	4	18	86.4	691.2
Σχεδιαστήριο 1	8	2	58	139.2	1113.6
Σχεδιαστήριο 2	6	2	58	139.2	835.2
Σχεδιαστήριο 3	6	2	58	139.2	835.2
Σχεδιαστήριο 4	6	2	58	139.2	835.2
Σχεδιαστήριο 5	8	2	58	139.2	1113.6
Γραφείο 24	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 25	8	4	18	86.4	691.2
Γραφείο 26	8	4	18	86.4	691.2
Αίθουσα συσκέψεων 1	6	2	58	139.2	835.2
Αίθουσα συσκέψεων 2	6	2	58	139.2	835.2
Διάδρομος 1	15	4	18	86.4	1296
Διάδρομος 2	10	4	18	86.4	864
Διάδρομος 3	10	4	18	86.4	864
Σύνολο	291				24720

4.5 Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται η εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού ανά όροφο καθώς και η συνολική ισχύς του κτηρίου

Επίπεδο	Εγκατεστημένη Ισχύς (W)
Ισόγειο	12724,8
Όροφος	24720,0
Σύνολο	37444,8

5 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα, αποδοτικότερα φωτιστικά τεχνολογίας LED

5.1 Εισαγωγή

Όπως φάνηκε και παραπάνω η κατανάλωση ενέργειας για το φωτισμό του κτηρίου του ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά είναι αρκετά μεγάλη, για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος είναι το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης και ο δεύτερος ότι η φωτιστική απόδοση των υφιστάμενων φωτιστικών είναι σε επίπεδα γύρω στα 70 lm/W, με αποτέλεσμα να χρειαζόμαστε πολλά φωτιστικά, το σύνολο των οποίων όμως έχει υψηλή ισχύ κι επομένως καταναλώνουν πολλή ενέργεια. Έτσι εκτός από το να μειώσουμε τον αριθμό των φωτιστικών καταλήξαμε και στη λύση της αντικατάστασης των υφιστάμενων με φωτιστικών με νέα που διαθέτουν λαμπτήρες τεχνολογίας LED.

Θα μελετηθεί επομένως η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων, με νέα αποδοτικότερα, τα οποία διαθέτουν λαμπτήρες τεχνολογίας LED. Η φωτιστική απόδοση των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού στο υφιστάμενο σύστημα είναι από 70 έως 90 lm/W, σε αντίθεση με τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν στην περίπτωση αυτή που έχουν φωτιστική απόδοση από 100 lm/W έως 172,7 lm/W.

Οι υπολογισμοί και οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών RELUX, το οποίο χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE. Στο Παράρτημα Α παρατίθενται τα αποτελέσματα για κάποιους αντιπροσωπευτικούς χώρους. Στο πρόγραμμα εισήχθησαν τα γεωμετρικά δεδομένα και οι αντίστοιχες οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών στοιχείου του κάθε χώρου. Ο συντελεστής συντήρησης θεωρήθηκε ίσος με 0.8

5.2 Περιγραφή προτεινόμενου εξοπλισμού

Η επιλογή αυτών των φωτιστικών έναντι άλλων έγινε βάσει της υψηλής τους απόδοσης, της χαμηλής τους κατανάλωσης, της απόδοσης και της θερμοκρασίας του χρώματος και της μεγάλης διάρκειας ζωής. Ρόλο έπαιξε φυσικά και η χρήση που έχει κάθε δωμάτιο του κτηρίου.

Πιο συγκεκριμένα, για τον φωτισμό των γραφείων επιλέχθηκαν φωτιστικά της εταιρίας Philips, με ονομασία προϊόντος SlimBlend Rectangular σε αναστολή (κρεμαστό) τα οποία εξασφαλίζουν υψηλή ποιότητα φωτός και χαμηλή εγκατεστημένη ισχύς, άρα χαμηλή κατανάλωση.

Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φωτιστικού καθώς και το διάγραμμα κατανομής της φωτεινής του έντασης.

Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : SlimBlend Rectangular, σε αναστολή

Τόπος τοποθέτησης : Οροφή

Τύπος στήριξης : Κρεμαστό

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : A50

Κωδικοί ροής CIE : 64 90 97 100 100

Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 24,5 W

Εξοδος φωτιστικού : 114,3 lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 2800 lm

Παραλλαγές

Παραλλαγές : ---

Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

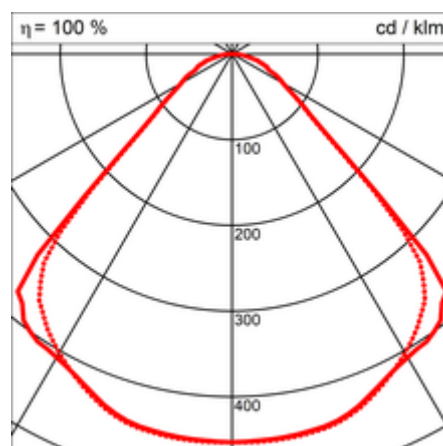
Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1197 mm / 297 mm / 50 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED

ZVEI / ILCOS: LED28S / 830 / - / LED28S / 830 / -

Θερμοκρασία χρώματος : -



Για του χώρους που αξιοποιούνται ως αποθήκες στο ισόγειο χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά της εταιρίας Philips και συγκεκριμένα με ονομασία προϊόντος TrueLine σε αναστολή, καθώς προσφέρουν την απαραίτητη οπτική άνεση για τη χρήση του χώρου και έχουν μικρή εγκατεστημένη ισχύ κρατώντας την κατανάλωση σε χαμηλά επίπεδα.

Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φωτιστικού καθώς και το διάγραμμα κατανομής της φωτεινής του έντασης.

Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : TrueLine, σε αναστολή
Τόπος τοποθέτησης : Οροφή
Τύπος στήριξης : Κρεμαστό

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : A60
Κωδικοί ροής CIE : 88 98 100 100 100
Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 17.5W

Εξοδος φωτιστικού : 142.9lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 2500lm

Παραλλαγές

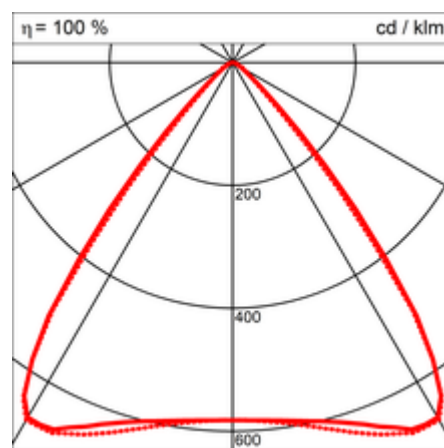
Παραλλαγές : ---
Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1130 mm / 55 mm / 88 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED
ZVEI / ILCOS: LED25S/840/-/ LED25S/840/-
Θερμοκρασία χρώματος : -



Για το χώρο της εξυπηρέτησης πελατών (Ισόγειο) καθώς και για την αίθουσα αρχείου (Α' όροφος) χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά της εταιρίας Philips με ονομασία προϊόντος TrueLevel επιφανειακά τοποθετημένο εξαιτίας της πολύ μικρής εγκατεστημένης ισχύος αλλά και της μεγάλης φωτεινής τους απόδοσης.

Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φωτιστικού καθώς και το διάγραμμα κατανομής της φωτεινής του έντασης.

Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : TrueLevel, επιφανειακά τοποθετημένο
Τόπος τοποθέτησης : Οροφή

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : A60
Κωδικός ροής CIE : 88 98 100 100 100
Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 11 W

Εξοδος φωτιστικού : 172,7 lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 1900 lm

Παραλλαγές

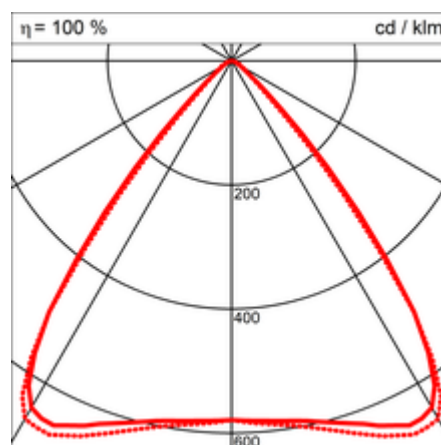
Παραλλαγές : ---
Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1476 mm / 125 mm / 54 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED
ZVEI / ILCOS: LED19S / 840 / - / LED19S / 840 / -
Θερμοκρασία χρώματος : -



Για τα λουτρά σε ισόγειο και πρώτο όροφο χρησιμοποιήθηκαν και πάλι φωτιστικά της εταιρίας Philips με ονομασία προϊόντος LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο κυρίως λόγω της χαμηλής κατανάλωσης που θα έχει αλλά και της επάρκειας της απόδοσης του στο συγκεκριμένο χώρο.

Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φωτιστικού καθώς και το διάγραμμα κατανομής της φωτεινής του έντασης.

Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : LuxSpace Mini, επιφανειακά τοποθετημένο

Τόπος τοποθέτησης : Οροφή

Τύπος στερέωσης : Επιφανειακή τοποθέτηση

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : A60

Κωδικοί ροής CIE : 88 99 100 100 100

Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 11,2 W

Εξοδος φωτιστικού : 102,7 lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 1150 lm

Παραλλαγές

Παραλλαγές : ---

Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

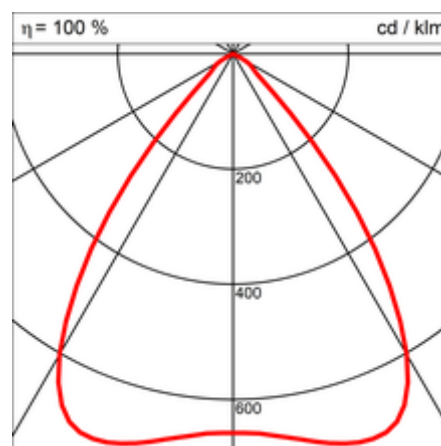
∅ / Ύψος : 250 mm / 142 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED

ZVEI / ILCOS: LED12S / 840 / - / LED12S / 840 / -

Θερμοκρασία χρώματος : -



Στους διαδρόμους τόσο του ισογείου όσο και του πρώτου ορόφου χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά της εταιρίας Philips με ονομασία προϊόντος LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο μικρότερης όμως ισχύος και φωτεινής απόδοσης από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στα λουτρά

Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φωτιστικού καθώς και το διάγραμμα κατανομής της φωτεινής του έντασης.

Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : LuxSpace Mini, επιφανειακά τοποθετημένο

Τόπος τοποθέτησης : Οροφή

Τύπος στερέωσης : Επιφανειακή τοποθέτηση

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : A50

Κωδικοί ροής CIE : 65 89 98 100 100

Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 8W

Εξοδος φωτιστικού : 100lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 800lm

Παραλλαγές

Παραλλαγές : ---

Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

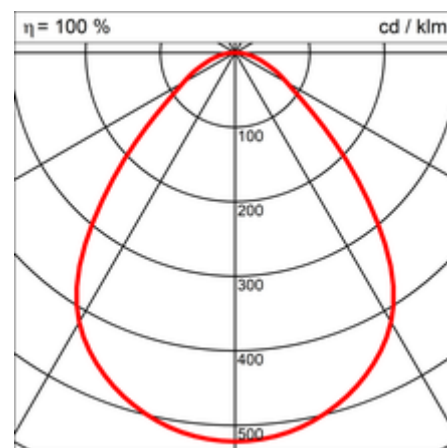
∅ / Ύψος : 250 mm / 142 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED

ZVEI / ILCOS: LED8S/840/-/ LED8S/840/-

Θερμοκρασία χρώματος : -



Για τα σχεδιαστήρια του πρώτου ορόφου χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά της εταιρίας Philips με ονομασία προϊόντος TrueLevel σε αναστολή εξαιτίας κυρίως της μεγάλης φωτεινής απόδοσης που έχουν τα συγκεκριμένα φωτιστικά καλύπτοντας τις απαιτήσεις του χώρου.

Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φωτιστικού καθώς και το διάγραμμα κατανομής της φωτεινής του έντασης.

Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : TrueLevel, σε αναστολή

Τόπος τοποθέτησης : Οροφή

Τύπος στήριξης : Κρεμαστό

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : B63

Κωδικοί ροής CIE : 88 98 100 65 100

Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 17.2W

Έξοδος φωτιστικού : 168.6lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 2900lm

Παραλλαγές

Παραλλαγές : ---

Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

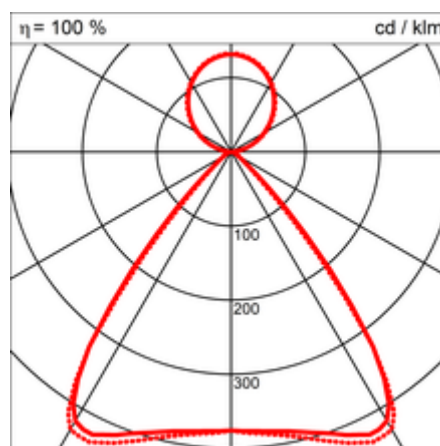
Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1476 mm / 125 mm / 54 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED

ZVEI / ILCOS: LED29S/840/-/ LED29S/840/-

Θερμοκρασία χρώματος : -



Για τις δύο αίθουσες συσκέψεων που υπάρχουν στον πρώτο όροφο χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά της εταιρίας Philips με ονομασία προϊόντος SmartBalance σε αναστολή, SpaceWiste καθώς προσφέρουν την απαραίτητη οπτική άνεση σε χώρους συνεδριάσεων και συζητήσεων όπως στην προκειμένη περίπτωση.

Παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φωτιστικού καθώς και το διάγραμμα κατανομής της φωτεινής του έντασης.

Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : SmartBalance σε αναστολή,
SpaceWise
Τόπος τοποθέτησης : Οροφή
Τύπος στήριξης : Κρεμαστό

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : B53
Κωδικός ροής CIE : 60 89 97 79 100
Απόλυτη φωτομετρία
Ισχύς συστήματος : 33,5 W
Εξοδος φωτιστικού : 122,4 lm / W
Σύστημα ροής φωτός : 4100 lm

Παραλλαγές

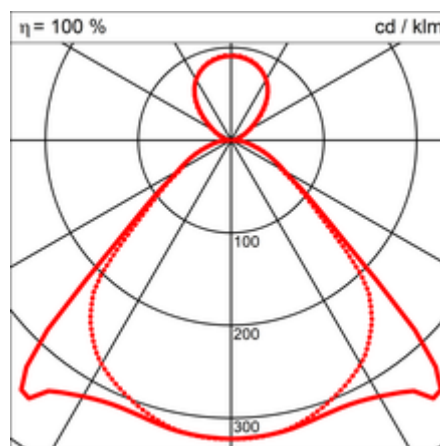
Παραλλαγές : ---
Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1340 mm / 240 mm / 49 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED
ZVEI / ILCOS: LED40S / 840 / - / LED40S / 840 / -
Θερμοκρασία χρώματος : -



Τα συγκεκριμένα φωτιστικά επιλέχθηκαν πρώτα και κύρια έτσι ώστε να μπορούν να καλύπτουν τις απαιτήσεις του εκάστοτε χώρου ανάλογα με τη χρήση που αυτός έχει. Δεύτερον με σκοπό να προσφέρουν μεγάλη φωτεινή άνεση στους εργαζόμενους σε κάθε χώρο. Ένα ακόμα κριτήριο ήταν η όσο το δυνατόν μικρότερη εγκατεστημένη ισχύς έτσι ώστε να μειωθεί και το κόστος λειτουργίας αφού κάποιοι χώροι κυρίως του ισογείου λειτουργούν αρκετές ώρες την ημέρα. Τέλος

αποφεύχθηκαν τα φωτιστικά εσοχής αφού δεν υπήρχε κανένα στο υφιστάμενο σύστημα φωτισμού και αυτό θα προϋπόθετε παραπάνω έξοδα εγκατάστασης του εξοπλισμού που θα επιλεγόταν.

5.3 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Α)

Σε όλα τα φωτιστικά που επιλέχθηκαν αντιστοιχεί ένας λαμπτήρας, επομένως η ισχύς του λαμπτήρα συμπίπτει με την ισχύ του φωτιστικού. Στην ισχύ του φωτιστικού συμπεριλαμβάνονται οι απώλειες του οδηγού (driver), σε αντίθεση με τα φωτιστικά του υφιστάμενου συστήματος, τα οποία χρησιμοποιούν ballast, των οποίων οι απώλειες έπρεπε να συνυπολογιστούν και αντιστοιχούσαν στο 20% της ονομαστικής ισχύος των λαμπτήρων.

Ακολουθεί ένας πίνακας με τη συντομογραφία για κάθε φωτιστικό που θα χρησιμοποιηθεί με σκοπό τη διευκόλυνση παρακάτω.

Φωτιστικό	Τύπος φωτιστικού
SlimBlend rectangular σε αναστολή	Φ1
TrueLine σε αναστολή	Φ2
TrueLevel επιφανειακά τοποθετημένο	Φ3
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (11,2W)	Φ4
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (8W)	Φ5
TrueLevel σε αναστολή	Φ6
SmartBalance σε αναστολή,Spacewise	Φ7

5.3.1 Ισόγειο

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος Φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Συνολική Ισχύς Φωτιστικού (W)	Σύνολο χώρου (W)
Γραφείο 1	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 2	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 3	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 4	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 5	6	Φ1	24,5	24,5	147
Υποδοχή	3	Φ1	24,5	24,5	73,5
Υποδοχή	3	Φ1	24,5	24,5	73,5
Γραφείο 11	5	Φ1	24,5	24,5	122,5
Γραφείο 12	4	Φ1	24,5	24,5	98
Γραφείο 13	4	Φ1	24,5	24,5	98
Αποθήκη 1	9	Φ2	17,5	17,5	157,5
Αποθήκη 2	6	Φ2	17,5	17,5	105
Γραφείο 6	6	Φ1	24,5	24,5	147
Αποθήκη 3	6	Φ2	17,5	17,5	105
Αποθήκη 4	7	Φ2	17,5	17,5	122,5
Γραφείο 7	5	Φ1	24,5	24,5	122,5
Γραφείο 8	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 9	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 10	7	Φ1	24,5	24,5	171,5
Λουτρό 1	4	Φ4	11,2	11,2	44,8
Λουτρό 2	4	Φ4	11,2	11,2	44,8
Τηλεφωνικό κέντρο	4	Φ1	24,5	24,5	98
Εξυπηρέτηση πελατών	34	Φ3	11	11	374
Διάδρομος	18	Φ5	8	8	144
Σύνολο					3131,1

5.3.2 Όροφος

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος Φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Συνολική Ισχύς Φωτιστικού (W)	Σύνολο χώρου (W)
Γραφείο 1	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 2	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 3	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 4	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 5	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 6	5	Φ1	24,5	24,5	112,5
Γραφείο 7	5	Φ1	24,5	24,5	112,5
Γραφείο 8	5	Φ1	24,5	24,5	112,5
Γραφείο 9	5	Φ1	24,5	24,5	112,5
Γραφείο 10	5	Φ1	24,5	24,5	112,5
Γραφείο 11	5	Φ1	24,5	24,5	112,5
Γραφείο 12	5	Φ1	24,5	24,5	112,5
Γραφείο 13	5	Φ1	24,5	24,5	112,5
Γραφείο 14	4	Φ1	24,5	24,5	98
Γραφείο 15	5	Φ1	24,5	24,5	112,5
Γραφείο 16	10	Φ1	24,5	24,5	245
Αίθουσα αρχείου	21	Φ3	11	11	231
Γραφείο 17	4	Φ1	24,5	24,5	98
Λουτρό 1	4	Φ4	11,2	11,2	44,8
Λουτρό 2	4	Φ4	11,2	11,2	44,8
Γραφείο 18	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 19	4	Φ1	24,5	24,5	98
Γραφείο 20	4	Φ1	24,5	24,5	98
Γραφείο 21	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 22	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 23	6	Φ1	24,5	24,5	147
Σχεδιαστήριο 1	19	Φ6	17,2	17,2	326,8
Σχεδιαστήριο 2	11	Φ6	17,2	17,2	189,2
Σχεδιαστήριο 3	8	Φ6	17,2	17,2	137,6
Σχεδιαστήριο 4	8	Φ6	17,2	17,2	137,6
Σχεδιαστήριο 5	25	Φ6	17,2	17,2	430
Γραφείο 24	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 25	6	Φ1	24,5	24,5	147
Γραφείο 26	6	Φ1	24,5	24,5	147
Αίθουσα συσκέψεων 1	12	Φ7	33,5	33,5	402
Αίθουσα συσκέψεων 2	15	Φ7	33,5	33,5	502,5
Διάδρομος 1	38	Φ5	8	8	304
Διάδρομος 2	27	Φ5	8	8	216
Διάδρομος 3	13	Φ5	8	8	104
Σύνολο					6483,8

5.3.3 Συνολική ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς της προτεινόμενης εγκατάστασης ανά όροφο και η συνολική ισχύς του κτηρίου.

Επίπεδο	Εγκατεστημένη Ισχύς (W)
Ισόγειο	3131,1
Α' όροφος	6483,8
Σύνολο	9614,9

5.4 Συγκριτικά αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα συγκριτικά αποτελέσματα ανάμεσα στην υφιστάμενη κατάσταση και στο Σενάριο Α.

5.4.1 Ισόγειο

Χώρος	Φωτιστικά υφιστ. κατ.	Συνολική ισχύς χώρου υφιστ. κατ.	Φωτιστικά Σεv Α	Συνολική ισχύς χώρου Σεv Α	Μείωση ισχύος (%)
Γραφείο 1	8	691.2	6	147	78,8
Γραφείο 2	8	691.2	6	147	78,8
Γραφείο 3	8	691.2	6	147	78,8
Γραφείο 4	8	691.2	6	147	78,8
Γραφείο 5	8	691.2	6	147	78,8
Υποδοχή	2	86.4	3	73,5	14,9
Υποδοχή	2	86.4	3	73,5	14,9
Γραφείο 11	8	345.6	5	122,5	64,6
Γραφείο 12	8	345.6	4	98	72,5
Γραφείο 13	8	345.6	4	98	72,5
Αποθήκη 1	4	556.8	9	157,5	71,7
Αποθήκη 2	4	556.8	6	105	81,1
Γραφείο 6	8	691.2	6	147	78,8
Αποθήκη 3	4	556.8	6	105	81,1
Αποθήκη 4	4	556.8	7	122,5	78
Γραφείο 7	8	345.6	5	122,5	64,6
Γραφείο 8	8	691.2	6	147	78,8
Γραφείο 9	8	691.2	6	147	78,8
Γραφείο 10	8	691.2	7	171,5	75,2
Λουτρό 1	3	259.2	4	44,8	82,7
Λουτρό 2	3	259.2	4	44,8	82,7
Τηλεφωνικό κέντρο	2	86.4	4	98	-13,4
Εξυπηρέτηση πελατών	16	1382.4	34	374	72,9
Διάδρομος	15	1080	18	144	86,8
Σύνολο		12724,8		3131,1	75,4

5.4.2 Όροφος

Χώρος	Φωτιστικά υφιστ. κατ.	Συνολική ισχύς χώρου υφιστ. κατ. (W)	Φωτιστικά Σεν Α	Συνολική ισχύς χώρου Σεν Α (W)	Μείωση ισχύος (%)
Γραφείο 1	8	345.6	6	147	57,5
Γραφείο 2	8	345.6	6	147	57,5
Γραφείο 3	8	345.6	6	147	57,5
Γραφείο 4	8	345.6	6	147	57,5
Γραφείο 5	8	345.6	6	147	57,5
Γραφείο 6	8	691.2	5	112,5	83,7
Γραφείο 7	8	691.2	5	112,5	83,7
Γραφείο 8	8	345.6	5	112,5	67,4
Γραφείο 9	8	345.6	5	112,5	67,4
Γραφείο 10	8	691.2	5	112,5	83,7
Γραφείο 11	8	691.2	5	112,5	83,7
Γραφείο 12	8	691.2	5	112,5	83,7
Γραφείο 13	8	691.2	5	112,5	83,7
Γραφείο 14	8	345.6	4	98	71,7
Γραφείο 15	8	691.2	5	112,5	83,7
Γραφείο 16	8	691.2	10	245	64,6
Αίθουσα αρχείου	10	864	21	231	73,3
Γραφείο 17	2	86.4	4	98	-13,4
Λουτρό 1	3	259.2	4	44,8	82,7
Λουτρό 2	3	259.2	4	44,8	82,7
Γραφείο 18	8	691.2	6	147	78,7
Γραφείο 19	8	345.6	4	98	71,6
Γραφείο 20	8	345.6	4	98	71,6
Γραφείο 21	8	691.2	6	147	78,7
Γραφείο 22	8	691.2	6	147	78,7
Γραφείο 23	8	691.2	6	147	78,7
Σχεδιαστήριο 1	8	1113.6	19	326,8	70,7
Σχεδιαστήριο 2	6	835.2	11	189,2	77,3
Σχεδιαστήριο 3	6	835.2	8	137,6	83,5
Σχεδιαστήριο 4	6	835.2	8	137,6	83,5
Σχεδιαστήριο 5	8	1113.6	25	430	61,4
Γραφείο 24	8	691.2	6	147	78,7
Γραφείο 25	8	691.2	6	147	78,7
Γραφείο 26	8	691.2	6	147	78,7
Αίθουσα συσκέψεων 1	6	835.2	12	402	51,9
Αίθουσα συσκέψεων 2	6	835.2	15	502,5	39,8
Διάδρομος 1	15	1296	38	304	76,5
Διάδρομος 2	10	864	27	216	75
Διάδρομος 3	10	864	13	104	88
Σύνολο		24720		6483,8	73,8

Παρακάτω παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα συγκεντρωμένα για κάθε όροφο και για όλο το κτήριο.

Επίπεδο	Ισχύς Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Ισχύς Σενάριο A (W)	Μείωση ισχύος (%)
Ισόγειο	12724,8	3131,1	75,4
A' όροφος	24720	6483,8	73,8
Σύνολο	37444,8	9614,9	74,3

Παρατηρούμε ότι με την αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα τεχνολογίας LED επιτεύχθηκε μία πολύ μεγάλη μείωση (74,3%) στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ, που θα οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη όπως θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

6 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

6.1 Εισαγωγή

Στην Ελλάδα όπου οι μέρες με ηλιοφάνεια είναι αρκετές είναι πολύ συμφέρουσα πρόταση να αξιοποιηθεί το φυσικό φως για τον φωτισμό ενός κτηρίου. Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετηθεί αυτή ακριβώς η πρόταση, η αναβάθμιση δηλαδή του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, οι οποίοι έχουν δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης του φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό.

Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται είναι ίδιου τύπου με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόταση αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού του Σεναρίου Α

Για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού προτείνεται η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού σε κάθε διακριτό χώρο εργασίας, ο οποίος έχει επιλεχθεί για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Οι αισθητήρες φωτισμού ανιχνεύουν την ένταση φωτισμού στην επιφάνεια που σημαδεύουν και ρυθμίζουν, ανάλογα με το φυσικό φωτισμό που προσπίπτει στην επιφάνεια αυτή, την ένταση του τεχνητού φωτισμού στο επιθυμητό επίπεδο μέσω ρυθμιστή φωτός (dimmer)

Ως κριτήριο επιλογής των χώρων αυτών χρησιμοποιήθηκε ο μέσος συντελεστής DF (Daylight Factor), ο οποίος αποτελεί μέτρο επάρκειας του φυσικού φωτισμού.

$$D_f = E_i/E_o * 100(\%),$$

όπου E_i είναι η ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο της επιφάνειας εργασίας στο εσωτερικό του χώρου και E_o η ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο του οριζόντιου επιπέδου στο εξωτερικό του χώρου την ίδια χρονική στιγμή.

Ανάλογα με τη μέση τιμή του DF, χαρακτηρίζεται και η επίδραση του φυσικού φωτισμού στην πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας. Συγκεκριμένα, χαρακτηρίζεται ως:

- ➔ ισχυρή, αν η μέση τιμή του DF είναι μεγαλύτερη ή ίση με 3%,
- ➔ μέτρια, αν η μέση τιμή του DF είναι μεταξύ 3% και 2%,
- ➔ ασθενής αν η μέση τιμή του DF είναι μεταξύ 2% και 1%,
- ➔ δε λαμβάνεται υπόψη, αν είναι μικρότερη από 1%.

Για την εύρεση των ζητούμενων DF πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί και προσομοιώσεις με το πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών RELUX, που χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE. Στο Παράρτημα παρατίθενται τα αποτελέσματα για κάποιους αντιπροσωπευτικούς χώρους. Για όλες τις αίθουσες εισήχθησαν τα απαραίτητα γεωμετρικά δεδομένα και οι αντίστοιχες οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών στοιχείων του κάθε χώρου, των αντίστοιχων δομικών και φυσικών στοιχείων του εξωτερικού περιβάλλοντος. Επίσης ορίστηκε ο ακριβής προσανατολισμός του κτηρίου (North angle=270°) και οι ακριβείς συντεταγμένες του (γεωγραφικό πλάτος = 37 58' 44.4'' North, γεωγραφικό μήκος = 23 46' 57.8'' East).

Χρησιμοποιώντας, για κάθε χώρο ξεχωριστά, την τιμή του μέσου συντελεστή DF, την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού, το ημερήσιο και ετήσιο ωράριο λειτουργίας και την πιθανότητα ηλιοφάνειας (sun probability) στην περιοχή της Αθήνας, υπολογίστηκε, και πάλι μέσω του φωτομετρικού προγράμματος RELUX, το ποσοστό του χρόνου ημέρας που θα απαιτείται τεχνητός φωτισμός. Για αυτούς τους υπολογισμούς οι χώροι διαιρέθηκαν σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση τους,

συνεπώς ανάλογα με το ωράριο λειτουργίας τους. Όλοι οι χώροι του κτηρίου λειτουργούν από τις 7 π.μ. μέχρι τις 4 μ.μ. και 261 μέρες/χρόνο αφού λειτουργεί 5 εργάσιμες την εβδομάδα.

Η πιθανότητα ηλιοφάνειας στην περιοχή της Αθήνας είναι:

Μήνας	Πιθανότητα ηλιοφάνειας (%)
Ιανουάριος	44
Φεβρουάριος	50
Μάρτιος	41
Απρίλιος	55
Μάιος	78
Ιούνιος	87
Ιούλιος	90
Αύγουστος	85
Σεπτέμβριος	70
Οκτώβριος	52
Νοέμβριος	50
Δεκέμβριος	48

Μελετήθηκαν όλοι οι χώροι οι οποίοι είχαν εξωτερικά ανοίγματα, ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και σε 21 από αυτούς κρίθηκε εφικτή η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Το νέο προτεινόμενο σύστημα φωτισμού (Σενάριο Β) θα συγκριθεί τόσο με την υπάρχουσα κατάσταση όσο και με το Σενάριο Α.

Για την προτεινόμενη κατάσταση που εξετάζεται τώρα, επιλέχθηκε ένας αισθητήρας της εταιρίας OSRAM που τοποθετείται επιφανειακά στην οροφή κι έχει ονομασία LUXeye Sense DALI BT. Είναι κατάλληλος για χώρους γραφείων, αίθουσες συνεδριάσεων, διαδρόμους, επομένως καλύπτει τις προδιαγραφές που υπάρχουν στο κτήριο που εξετάζεται. Τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα παρουσιάζονται στο Παράρτημα Δ ενώ παρακάτω παρατίθεται φωτογραφία του.



6.2 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Β)

Στους παρακάτω πίνακες αναγράφονται το όνομα κάθε χώρου, η τιμή του μέσου συντελεστή D_f , η ισοδύναμη ισχύς που θα καταναλώνεται σε κάθε χώρο όπως επίσης και το ποσοστό μείωσης που προκύπτει από την εγκατάσταση των αισθητήρων φωτισμού.

6.2.1 Ισόγειο

Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Σενάριο A (kWh)	Σενάριο B (kWh)	Μείωση Σενάριο A – Σενάριο B (%)	Μείωση υφιστάμενη κατάσταση- Σενάριο B (%)
Γραφείο 1	9,3	1443,2	306,9	20	93,5	98,6
Γραφείο 2	6,6	1443,2	306,9	23,3	92,4	98,4
Γραφείο 3	6,4	1443,2	306,9	26,7	91,3	98,1
Γραφείο 4	6,4	1443,2	306,9	26,7	91,3	98,1
Γραφείο 5	6,2	1443,2	306,9	30	90,2	97,9
Αποθήκη 1	2,5	1162,6	328,9	130	60,5	88,8
Αποθήκη 2	1,3	1162,6	219,2	110	49,8	90,5

6.2.2 Όροφος

Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Σενάριο A (kWh)	Σενάριο B (kWh)	Μείωση Σενάριο A – Σενάριο B (%)	Μείωση υφιστάμενη κατάσταση- Σενάριο B (%)
Σχεδιαστήριο 2	3,8	1743,9	395	92,3	76,6	94,7
Σχεδιαστήριο 1	3	2325,2	682,4	190	72,2	91,8
Γραφείο 26	2,4	1443,2	306,9	112,6	63,3	92,2
Γραφείο 25	1,2	1443,2	306,9	181,7	40,8	87,4
Αίθουσα συσκέψεων 1	2,6	1743,9	839,4	113,3	86,5	93,5
Αίθουσα συσκέψεων 2	2,8	1743,9	1049,2	122,2	88,4	93
Γραφείο 10	5,9	1443,2	234,9	20	91,5	98,6
Γραφείο 9	6,2	721,6	234,9	20	91,5	97,2
Γραφείο 8	6,4	721,6	234,9	20	91,5	97,2
Γραφείο 7	1,7	1443,2	234,9	134,1	42,9	90,7
Γραφείο 6	1,8	1443,2	234,9	133,3	43,3	90,8
Γραφείο 4	2,1	721,6	306,9	133,3	56,6	81,5
Γραφείο 3	2,6	721,6	306,9	93,3	69,6	87,1
Γραφείο 1	1,4	721,6	306,9	163,3	46,8	77,4

6.2.3 Συνολικά αποτελέσματα

Επίπεδο	Κατανάλωση ενέργειας υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Κατανάλωση ενέργειας Σενάριο A (kWh)	Κατανάλωση ενέργειας Σενάριο B (kWh)	Μείωση Σενάριο A – Σενάριο B (%)	Μείωση υφιστάμενη κατάσταση – Σενάριο B (%)
Ισόγειο	25569,4	6537,7	4794,8	26,7	81,2
Όροφος	51615,4	13538,2	9566	29,3	81,5
Σύνολο	77184,8	20075,9	14360,8	28,5	89,4

7 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την τοποθέτηση αισθητήρων που ανιχνεύουν κίνηση

7.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα μελετηθεί η αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού με την τοποθέτηση αισθητήρων που ανιχνεύουν κίνηση. Οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν σε χώρους γενικής χρήσης, όπως τα λουτρά και οι διάδρομοι σε ισόγειο και Α' όροφο.

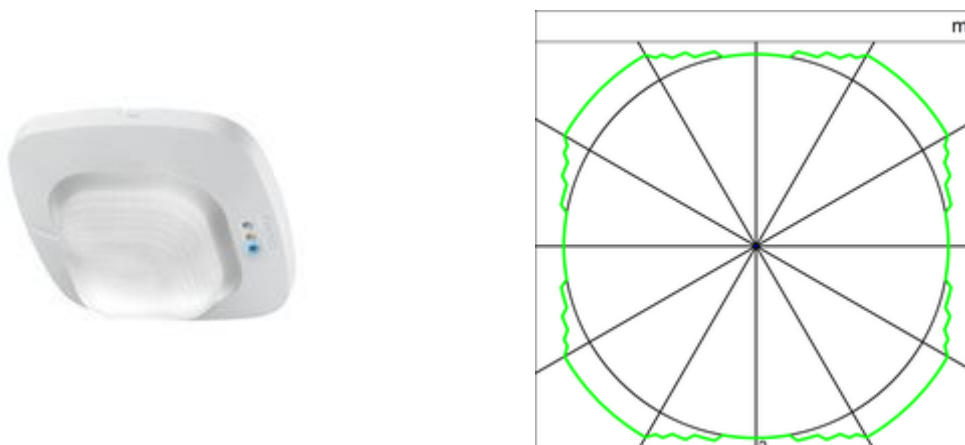
Οι χώροι αυτοί δεν έχουν παρουσία κόσμου όλες τις ώρες που λειτουργεί το κτήριο, όμως πολλές φορές οι χρήστες αφήνουν αναμμένα τα φώτα αφού φύγουν από το χώρο, με αποτέλεσμα την άσκοπη κατανάλωση ενέργειας. Οι παραπάνω λόγοι μας οδήγησαν στην απόφαση της τοποθέτησης των αισθητήρων.

Η εξοικονόμηση που προέρχεται από τη χρήση αισθητήρων κίνησης δεν μπορεί να υπολογιστεί από κάποιο πρόγραμμα, αλλά από βιβλιογραφία. Για το λόγο αυτό θεωρήσαμε τα ποσοστά εξοικονόμησης εμπειρικά ανάλογα με την κίνηση που έχει ο κάθε χώρος αλλά και τις ώρες λειτουργίας. Για τους διαδρόμους που τα φώτα είναι αναμμένα όλες τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου θεωρήθηκε ποσοστό εξοικονόμησης 40% λόγω, ενώ για τα λουτρά που η κίνηση είναι πιο περιορισμένη ένα ποσοστό 25%.

Στους διαδρόμους χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας PC PRO Dual HF



Στα λουτρά χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας PC PRO IR Quattro.



7.2 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού

7.2.1 Ισόγειο

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση-κατανάλωση (kWh)	Αισθητήρες/δωμάτιο (Σενάριο Γ)	Μείωση Υφιστάμενη-Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ-κατανάλωση (kWh)
Διάδρομος	2255	2	40	1353
Λουτρό 1	541,2	3	25	405,9
Λουτρό 2	541,2	3	25	405,9

Χώρος	Σενάριο Α-κατανάλωση (kWh)	Αισθητήρες/δωμάτιο (Σενάριο Γ)	Μείωση Σενάριο Α-Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ-κατανάλωση (kWh)
Διάδρομος	300,7	2	40	180,4
Λουτρό 1	93,5	3	25	70,1
Λουτρό 2	93,5	3	25	70,1

7.2.2 Όροφος

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση-κατανάλωση (kWh)	Αισθητήρες/δωμάτιο (Σενάριο Γ)	Μείωση Υφιστάμενη-Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ-κατανάλωση (kWh)
Διάδρομος 1	2706	4	40	1623,6
Διάδρομος 2	1804	3	40	1082,4
Διάδρομος 3	1804	2	40	1082,4
Λουτρό 1	541,2	3	25	70,1
Λουτρό 2	541,2	3	25	70,1

Χώρος	Σενάριο Α-κατανάλωση (kWh)	Αισθητήρες/δωμάτιο (Σενάριο Γ)	Μείωση Σενάριο Α-Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ-κατανάλωση (kWh)
Διάδρομος 1	634,8	4	40	380,9
Διάδρομος 2	451	3	40	270,6
Διάδρομος 3	217,2	2	40	130,3
Λουτρό 1	93,5	3	25	70,1
Λουτρό 2	93,5	3	25	70,1

7.2.3 Συγκριτικά αποτελέσματα

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση-κατανάλωση (kWh)	Σενάριο Γ-κατανάλωση (kWh)	Μείωση (%)
Ισόγειο	25569,4	24396,8	4,6
Όροφος	51615,4	48147,6	6,7
Σύνολο	77184,8	72544,4	6

Χώρος	Σενάριο Α-κατανάλωση (kWh)	Σενάριο Γ-κατανάλωση (kWh)	Μείωση (%)
Ισόγειο	6537,7	6370,6	2,6
Όροφος	20075,9	19507,9	2,8
Σύνολο	26613,6	25878,5	2,8

8 Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων εγκαταστάσεων

8.1 Εισαγωγή

Σ αυτό το κεφάλαιο γίνεται ο υπολογισμός του κόστους για την εγκατάσταση του κάθε προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού, ενώ ακόμα υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με το καθένα από τα τρία σενάρια. Αρχικά υπολογίζεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του Σεναρίου Α σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, έπειτα η εξοικονόμηση ανάμεσα στο Σενάριο Β και την υφιστάμενη κατάσταση και τέλος ανάμεσα στο Σενάριο Γ και την υφιστάμενη κατάσταση.

Και για τις τρεις προτάσεις υπολογίζονται το ετήσιο όφελος σε ευρώ, η ηλεκτρική και πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, ο χρόνος απόσβεσης της κάθε επένδυσης, η μείωση των ρύπων CO₂ που επιτυγχάνεται ετησίως καθώς και το πλήθος δέντρων που ισοδυναμούν με τη μείωση αυτή.

Για τον υπολογισμό του ετήσιου οικονομικού οφέλους χρησιμοποιήθηκε η τιμή αγοράς της κιλοβατώρας για τους καταναλωτές γενικής χρήσης.

B. ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

1. Τιμολόγιο Γ21

Τετραμηνιαία χρέωση

πάγιο:		10,30 €
ενέργεια:	Όλες οι kWh	0,14002 €/kWh
ελάχιστη χρέωση:		το πάγιο

Για τον υπολογισμό του κόστους εγκατάστασης θεωρήσαμε ότι για την εγκατάσταση ενός φωτιστικού απαιτείται απασχόληση 0,6 ωρών για τον τεχνικό και 0,6 ωρών για τον βοηθό του. Η τιμή της εργατοώρας ανέρχεται στα 7 € για τον τεχνικό και 5 € για τον βοηθό του αντίστοιχα. Επίσης θεωρήσαμε ότι για την εγκατάσταση των αισθητήρων απαιτείται απασχόληση 0,2 ωρών για τον τεχνικό και 0,2 ωρών για τον βοηθό του.

Για τον υπολογισμό της πρωτογενούς ενέργειας λήφθηκε υπόψη ο συντελεστής μετατροπής σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ. που είναι 2,9

Για τον υπολογισμό της παραγόμενης μάζας ρύπων CO₂ λήφθηκε υπόψη ότι ο συντελεστής εκπομπής CO₂ των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, Γσταθμού, ισούται με 0,989 kg CO₂/kWh, πάλι σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα μέσο δέντρο απορροφά περίπου 12 kg CO₂ ετησίως, υπολογίστηκε ο αριθμός των δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση ρύπων που επιτεύχθηκε

Πίνακας 1.2. Συντελεστής μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια (Άρθρο 5 Κ.Εν.Α.Κ.)

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,9	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από θερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	0,7	0,347
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0,5	---

8.2 Εφαρμογή Σεναρίου Α

Θα υπολογίσουμε, για το Σενάριο Α, το κόστος της αναβάθμισης, την ηλεκτρική και την πρωτογενή ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, την εξοικονόμηση ενέργειας, το ετήσιο όφελος σε ευρώ, το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης, τη μείωση των ρύπων CO₂ που επιτυγχάνεται ετησίως καθώς και το πλήθος δέντρων που ισοδυναμούν ετησίως με τη μείωση αυτή.

Υπενθυμίζουμε ότι στο Σενάριο Α μελετήσαμε την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού αντικαθιστώντας όλα τα υπάρχοντα φωτιστικά με νέα, αποδοτικότερα τεχνολογίας LED.

Φωτιστικό	Τιμή (€)	Τιμή (€) με Φ.Π.Α.
SlimBlend rectangular σε αναστολή	125	155
TrueLine σε αναστολή	119	147,56
TrueLevel επιφανειακά τοποθετημένο	89	110,36
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (11,2W)	69	85,56
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (8W)	40	49,6
TrueLevel σε αναστολή	119	147,56
SmartBalance σε αναστολή, Spacewise	133	164,92

Στη συνέχεια αναγράφεται το είδος, το πλήθος και η τιμή (με Φ.Π.Α. 23%) του κάθε φωτιστικού που χρειάζεται κάθε όροφος καθώς και το συνολικό κόστος για την αγορά αυτών.

8.2.1 Ισόγειο

Φωτιστικό	Κόστος/Φωτιστικό (€)	Αριθμός Φωτιστικών	Συνολικό Κόστος Φωτιστικών (€)
SlimBlend rectangular σε αναστολή	155	83	12865
TrueLine σε ανστολή	147,56	28	4131,68
TrueLevel επιφανειακά τοποθετημένο	110,36	34	3752,24
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (11,2W)	85,56	8	684,48
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (8W)	49,6	18	892,8
Σύνολο		171	22326,2

8.2.2 Όροφος

Φωτιστικό	Κόστος/Φωτιστικό (€)	Αριθμός Φωτιστικών	Συνολικό Κόστος Φωτιστικών (€)
SlimBlend rectangular σε αναστολή	155	143	22165
TrueLevel επιφανειακά τοποθετημένο	110,36	21	2317,56
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (11,2W)	85,56	8	684,48
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (8W)	49,6	78	3868,8
TrueLevel σε ανστολή	147,56	71	10476,76
SmartBalance σε αναστολή,Spacewise	164,92	27	4452,84
Σύνολο		348	43965,44

8.2.3 Για όλο το κτήριο

Φωτιστικό	Κόστος/Φωτιστικό (€)	Αριθμός Φωτιστικών	Συνολικό Κόστος Φωτιστικών (€)
SlimBlend rectangular σε αναστολή	155	226	35030
TrueLine σε ανστολή	147,56	28	4131,68
TrueLevel επιφανειακά τοποθετημένο	110,36	55	6069,8
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (11,2W)	85,56	16	1368,96
LuxSpace Mini επιφανειακά τοποθετημένο (8W)	49,6	96	4761,6
TrueLevel σε ανστολή	147,56	71	10476,76
SmartBalance σε αναστολή,Spacewise	164,92	27	4452,84
Σύνολο		519	66291,64

Στον παρακάτω Πίνακα αναγράφονται η συνολική ισχύς και κατανάλωση ενέργειας για την υφιστάμενη κατάσταση και για το Σενάριο Α ανά όροφο αλλά και συνολικά. Επίσης αναγράφεται η εξοικονόμηση που θα προκύψει σε kWh, το ετήσιο όφελος σε € και τα έτη απόσβεσης αυτής της επένδυσης

Για να υπολογιστεί ο χρόνος απόσβεσης της αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την αντικατάσταση των φωτιστικών με νέα αποδοτικότερα τεχνολογίας LED, χρησιμοποιήθηκε ο τύπος που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3.

Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης εκτός από το κόστος αγοράς των νέων φωτιστικών περιλαμβάνει και το κόστος της εγκατάστασής τους. Λαμβάνοντας υπόψη τις παραδοχές που έγιναν παραπάνω το κόστος εγκατάστασης υπολογίζεται στα 3736,8 €. Επομένως το συνολικό κόστος της εγκατάστασης ανέρχεται στα 70028,44 €.

Το λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης περιλαμβάνει το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το κόστος συντήρησης. Για το υφιστάμενο σύστημα το κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας είναι 10807,4 €. για το κόστος συντήρησης χρειάζεται να υπολογιστεί ο αριθμός των λαμπτήρων που πρέπει να αντικαθίστανται ετησίως. Αυτό υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$n_1 = \frac{n_\lambda \cdot (\text{ώρες λειτουργίας / έτος})}{\text{διάρκεια ζωής του λαμπτήρα σε ώρες}}$$

Θεωρώντας επίσης ότι για την αντικατάσταση ενός λαμπτήρα απαιτείται 0,15 ώρες από τον τεχνικό και το βοηθό του και υπολογίζοντας ίδιο μεροκάματο και για τους δύο όπως παραπάνω το κόστος συντήρησης για το υφιστάμενο σύστημα υπολογίζεται στα 717,44 €. επομένως το λειτουργικό κόστος είναι 11524,84 €.

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται και το λειτουργικό κόστος του Σεναρίου Α, το οποίο ανέρχεται στα 3175,56 €

Ο χρόνος απόσβεσης του Σεναρίου Α επομένως υπολογίζεται ότι είναι 8,3 χρόνια

Επίπεδο	$P_{\text{υφιστ}}$ (W)	$P_{\text{σεν Α}}$ (W)	$E_{\text{υφιστ}}$ (kWh)	$E_{\text{σεν Α}}$ (kWh)	Εξοικονόμηση (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
Ισόγειο	12724,8	3131,1	25569,4	6537,7	19031,7	2664,8	
Όροφος	24720	6483,8	51615,4	13538,2	38077,2	5331,6	
Σύνολο	37444,8	9614,9	77184,8	20075,9	57108,9	7996,4	8,3

Στον παρακάτω Πίνακα αναγράφεται η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, η ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ και τα δέντρα που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή

$Q_{\text{πρωτ}_{\text{υφιστ}}}$ (kWh)	$Q_{\text{πρωτ}_{\text{σεν Α}}}$ (kWh)	$\Delta q_{\text{πρωτ}}$ (kWh)	CO ₂ $_{\text{υφιστ}}$ (kg)	CO ₂ $_{\text{σεν Α}}$ (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	Δέντρα
223835,9	58220,1	165615,8	76335,8	19855,1	56480,7	4707

8.3 Εφαρμογή Σεναρίου Β

Θα υπολογίσουμε, για το Σενάριο Β, το κόστος της αναβάθμισης, την ηλεκτρική και την πρωτογενή ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, την εξοικονόμηση ενέργειας, το ετήσιο όφελος σε ευρώ, το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης, τη μείωση των ρύπων CO₂ που επιτυγχάνεται ετησίως καθώς και το πλήθος δέντρων που ισοδυναμούν ετησίως με τη μείωση αυτή.

Υπενθυμίζουμε ότι στο Σενάριο Β μελετήσαμε την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, οι οποίοι διαθέτουν τη δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό.

Αισθητήρας φωτισμού	Τιμή (€)	Τιμή (€) με Φ.Π.Α.
LUXeye Sense DALI BT	121	150

Επίπεδο	Αριθμός αισθητήρων	Τιμή (€)	Συνολική Τιμή (€)
Ισόγειο	7	150	1050
Όροφος	14	150	2100
Σύνολο	21		3150

Στον παρακάτω Πίνακα αναγράφονται η συνολική ισχύς και κατανάλωση ενέργειας για την υφιστάμενη κατάσταση και για το Σενάριο Β ανά όροφο αλλά και συνολικά. Επίσης αναγράφεται η εξοικονόμηση που θα προκύψει σε kWh και το ετήσιο όφελος € και τα έτη απόσβεσης αυτής της επένδυσης

Το κόστος εγκατάστασης είναι μεγαλύτερο από το κόστος εγκατάστασης του Σεναρίου Α κατά 3150 € που είναι το κόστος αγοράς των αισθητήρων. Άρα το συνολικό κόστος της εγκατάστασης ανέρχεται στα 73178,44

Η μόνη διαφορά με το Σενάριο Α είναι ως προς το κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας αφού με το προτεινόμενο σύστημα επιτεύχθηκε περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό ανέρχεται, λοιπόν, στα 2010,8. επομένως το συνολικό κόστος συντήρησης του Σεναρίου Β είναι 2375,36 €

Ο χρόνος απόσβεσης του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού είναι 8,1 έτη

Επίπεδο	$P_{\text{υφιστ}}$ (W)	$P_{\text{σεν Β}}$ (W)	$E_{\text{υφιστ}}$ (kWh)	$E_{\text{σεν Β}}$ (kWh)	Εξοικονόμηση (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
Ισόγειο	12724,8	2296,3	25569,4	4794,8	20774,6	2908,9	
Όροφος	24720	4581,4	51615,4	9566	42049,4	5887,8	
Σύνολο	37444,8	6877,7	77184,8	14360,8	62824	8796,7	8,1

Στον παρακάτω Πίνακα αναγράφεται η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, η ετήσια μείωση εκπομπών CO2 και τα δέντρα που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή

Qπρωτ_{υφιστ} (kWh)	Qπρωτ_{Σεν Β} (kWh)	Δqπρωτ (kWh)	CO₂ Υφιστ (kg)	CO₂ Σεν Β (kg)	Μείωση Ρύπων CO₂ (kg)	Δέντρα
223835,9	41646,3	182189,6	76335,8	14202,8	62133	5178

8.4 Εφαρμογή Σεναρίου Γ

Θα υπολογίσουμε, για το Σενάριο Γ, το κόστος της αναβάθμισης, την ηλεκτρική και την πρωτογενή ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, την εξοικονόμηση ενέργειας, το ετήσιο όφελος σε ευρώ, το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης, τη μείωση των ρύπων CO₂ που επιτυγχάνεται ετησίως καθώς και το πλήθος δέντρων που ισοδυναμούν ετησίως με τη μείωση αυτή.

Υπενθυμίζουμε ότι στο Σενάριο Γ μελετήσαμε την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης στους διαδρόμους και στα λουτρά.

Στον παρακάτω Πίνακα αναγράφονται οι τιμές αγοράς των αισθητήρων παρουσίας/κίνησης που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη αυτή

Αισθητήρας κίνησης	Τιμή (€)	Τιμή (€) με Φ.Π.Α.
PC PRO Dual HF	50	62
PC PRO IR Quattro	100	124

Αισθητήρας κίνησης	Αριθμός αισθητήρων	Τιμή (€)	Συνολική Τιμή (€)
PC PRO Dual HF	11	62	682
PC PRO IR Quattro	12	124	1488
Σύνολο	23		2170

Στον παρακάτω Πίνακα αναγράφονται η συνολική ισχύς και κατανάλωση ενέργειας για την υφιστάμενη κατάσταση και για το Σενάριο Γ ανά όροφο αλλά και συνολικά. Επίσης αναγράφεται η εξοικονόμηση που θα προκύψει σε kWh το ετήσιο όφελος σε € και τα έτη απόσβεσης αυτής της επένδυσης

Για την εγκατάσταση των αισθητήρων θεωρείται πάλι ότι απαιτούνται 0,15 ώρες για την τοποθέτηση κάθε αισθητήρα. Άρα το κόστος εγκατάστασης είναι 41,4 €. το συνολικό κόστος της εγκατάστασης είναι δηλαδή 2211,4 €

Ο χρόνος απόσβεσης επομένως της επένδυσης αυτής είναι 3,4 χρόνια.

Επίπεδο	P_{υφιστ} (W)	P_{σεν Γ} (W)	E_{υφιστ} (kWh)	E_{σεν Γ} (kWh)	Εξοικονόμηση (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
Ισόγειο	12724,8	11684,3	25569,4	24396,8	1172,6	164,2	
Όροφος	24720	23059,2	51615,4	48147,6	3467,8	485,6	
Σύνολο	37444,8	34743,5	77184,8	72544,4	4640,4	649,8	3,4

Στον παρακάτω Πίνακα αναγράφεται η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, η ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ και τα δέντρα που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή

Q_{πρωτ_{υφιστ}} (kWh)	Q_{πρωτ_{σεν Γ}} (kWh)	Δq_{πρωτ} (kWh)	CO₂_{υφιστ} (kg)	CO₂_{σεν Γ} (kg)	Μείωση Ρύπων CO₂ (kg)	Δέντρα
223835,9	210378,8	13457,1	76335,8	71746,4	4589,4	382

9 Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα αποτελέσματα των τριών προτεινόμενων σεναρίων αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων τεχνολογίας LED (Σενάριο Α), με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β) και με την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης (Σενάριο Γ)

9.1 Πίνακες αποτελεσμάτων

9.1.1 Υφιστάμενη κατάσταση-κατανάλωση

Συνολική Ισχύς (W)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι Ρύποι CO ₂
37444,8	77184,8	223835,9	76335,8

9.1.2 Σενάριο Α

Συνολική Ισχύς (W)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι Ρύποι CO ₂	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
9614,9	20075,9	58220,1	19855,1	66291,64	8,3

9.1.3 Σενάριο Β

Συνολική Ισχύς (W)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι Ρύποι CO ₂	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
6877,7	14360,8	41646,3	14202,8	73178,44	8,1

9.1.4 Σενάριο Γ

Συνολική Ισχύς (W)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι Ρύποι CO ₂	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
34743,5	72544,4	210378,8	71746,4	2170	3,4

9.2 Ισχύς

Εφαρμόζοντας το Σενάριο Α, δηλαδή την αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων με νέα αποδοτικότερα τεχνολογίας LED, επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 74,3% ή κατά 27829,9 W.

Με το προτεινόμενο σύστημα τοποθέτησης αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης του τεχνητού φωτισμού ανάλογα με το φυσικό φωτισμό επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 81,6% ή κατά 30567,1 W.

Τέλος με βάση το Σενάριο Γ, την εγκατάσταση δηλαδή αισθητήρων παρουσίας/ κίνησης σε κάποιους χώρους του κτηρίου επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 7,2% ή κατά 2701,3 W

9.3 Ενεργειακή κατανάλωση (ηλεκτρική και πρωτογενής ενέργεια)

Με το προτεινόμενο σύστημα αντικατάστασης των φωτιστικών σωμάτων το υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα τεχνολογίας LED επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 57108,9 kWh και πρωτογενούς ενέργειας κατά 165615,8 kWh.

Με βάση το Σενάριο Β, δηλαδή το σύστημα τεχνητού φωτισμού με την εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 62824 kWh και πρωτογενούς ενέργειας κατά 182189,6 kWh.

Εφαρμόζοντας το τελευταίο Σενάριο, την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης στο υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 4640,4 kWh και πρωτογενούς ενέργειας κατά 13457,1 kWh.

9.4 Ρύποι CO₂ και πλήθος δέντρων

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) η μείωση των ρύπων CO₂ που επιτυγχάνεται φτάνει το ποσό των 56480,7 kg ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Ο αριθμός των νέων δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση ρύπων που επιτεύχθηκε είναι 4707 δέντρα ετησίως.

Με βάση το Σενάριο Β, δηλαδή το σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό, επιτυγχάνεται μείωση των ρύπων CO₂ κατά 62133 kg ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Στη μείωση αυτή αντιστοιχούν 5178 νέα δέντρα ετησίως.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης (Σενάριο Γ) επιτυγχάνεται μείωση των ρύπων CO₂ κατά 4589,4 kg ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Στη μείωση αυτή αντιστοιχούν 382 νέα δέντρα ετησίως.

9.5 Κόστος και χρόνος απόσβεσης

Το κόστος του Σεναρίου Α, της αντικατάστασης δηλαδή των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων με νέα αποδοτικότερα τεχνολογίας LED, είναι 66291,64 € και επιτυγχάνεται απόσβεση της επένδυσης σε 8,3 χρόνια

Το Σενάριο Β, δηλαδή η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης του τεχνητού φωτισμού ανάλογα με το φυσικό φωτισμό, θα κοστίζει 73178,44 € ενώ θα επιτευχθεί απόσβεση σε 8,1 χρόνια.

Τέλος με το προτεινόμενο σύστημα τοποθέτησης αισθητήρων κίνησης στο υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού, το κόστος θα ανέλθει στα 2170 € και η απόσβεση θα επιτευχθεί σε 3,4 χρόνια.

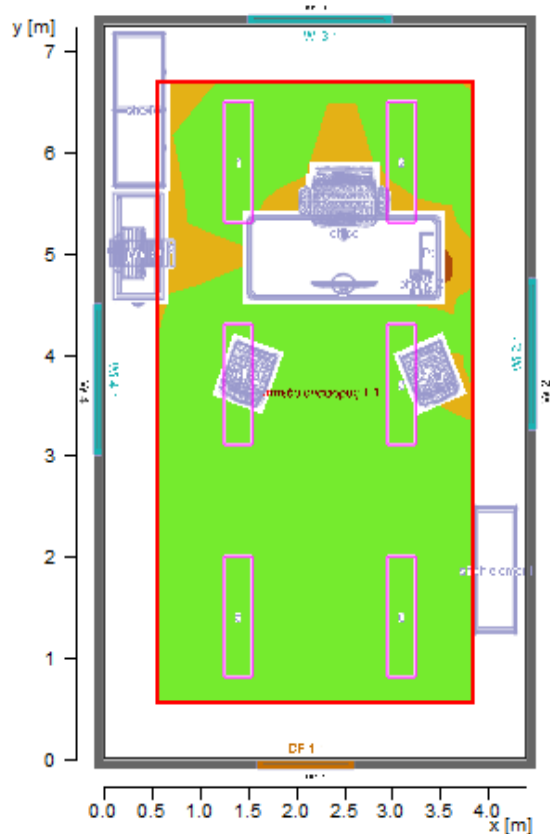
Βιβλιογραφία

- [1] Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
- [2] «Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [3] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017
- [4] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, «Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων», Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση.
- [5] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, «Φωτοτεχνία», Εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
- [6] Λάμπρος Θ. Δούλος, Διδακτορική διατριβή, «Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού», ΕΜΠ, Αθήνα, Οκτώβριος 2010.
- [7] ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GREENBUILDING, Τεχνικό Εγχειρίδιο για τον Φωτισμό, <http://www.cres.gr/greenbuilding/Odigies.html>
- [8] «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [9] «Ενσωμάτωση τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμηση Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [10] Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης - ΣΔΕΑ 1 (2007), Υπουργείο Ανάπτυξης σε συνεργασία με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [11] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria
- [12] http://www.greekarchitects.gr/site_parts/articles/print.php?article=2681&language=gr
- [13] <https://www.supereverything.gr/2014/06/ta-panta-gia-tis-lampes.html>
- [14] <https://www.4green.gr/news/data/g-ebuildings/105267.asp>
- [15] Κατάλογος & Τιμοκατάλογος επαγγελματικού φωτισμού LED εταιρίας Phillips
- [16] <https://www.kafkas.gr>
- [17] <https://www.osram.com>
- [18] <https://www.lichtbasis.com>
- [19] <https://www.directtradesupplies.co.uk>
- [20] <https://www.dei.gr/Documents/xt.tim.1.7.08.pdf>
- [21] Relux Light Simulation Tools, "ReluxSuite Manual".

Παράρτημα Α

Σε αυτό το Παράρτημα παρατίθενται ενδεικτικά ορισμένα αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α), για επιλεγμένους χώρους

Γραφείο 1 Ισόγειο



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται: Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
 Ύψος επιπέδου φωτιστικού: 2.70 m
 Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων: 16800.00 lm
 Συνολική ισχύς: 147.0 W
 Συνολική ισχύς ανά περιοχή (31.90 m²): 4.61 W/m² (0.79 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Γραφεία

5.26.2 (EN 12464-1, 8.2011) Γραφή, δακτυλογράφηση, την ανάγνωση, επεξεργασία των δεδομένων (Ra >80.00)

Οριζόντιος

Em: 583 lx (>= 500 lx)
 Emin: 420 lx
 Emin/Em (Uo): 0.72 (>= 0.60)
 Emin/Emax (Ud): 0.60
 UGR (3.0H 4.9H): <=15.0 (< 19.00)
 Θέση: 0.35 m

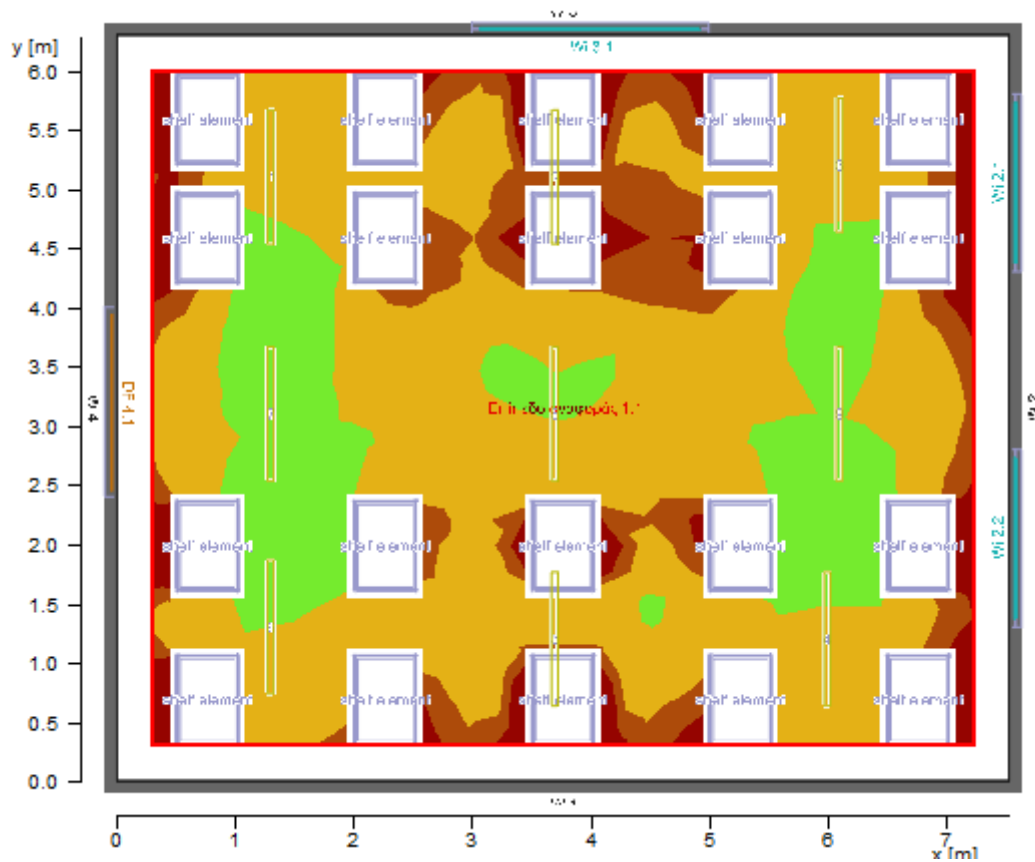
Μέγιστες επιφάνειες

	Em		Uo	
m 1.5 (Οροφή)	336 lx	(>= 30 lx)	0.88	(>= 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	429 lx	(>= 50 lx)	0.79	(>= 0.10)
m 1.2 (Τοίχος)	352 lx	(>= 50 lx)	0.14	(>= 0.10)
m 1.3 (Τοίχος)	379 lx	(>= 50 lx)	0.79	(>= 0.10)
m 1.4 (Τοίχος)	361 lx	(>= 50 lx)	0.03	(>= 0.10)

Τύπος Αριθ. Κατασκ.

2	6	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: SP400P POE W30L120 DIR 1 xLED28S/830
		Όνομα φωτιστικού	: SlimBlend Rectangular, suspended
		Εξοπλισμός	: 1 x LED28S/830/- 24.5 W / 2800 lm

Αποθήκη 1 Ισόγειο



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
2.50 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (47.50 m²)

22500.00 lm
157.5 W
3.32 W/m² (0.81 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Γενικές περιοχές μέσα στο κτήριο - Δωμάτια αποθήκευσης, ψυκτικές αποθήκες
5.4.2 (EN 12464-1, 8.2011) Περιοχές χειρισμού συσκευασίας αποστολής (Ra >60.00)

Οριζόντιος

Em 410 lx (>= 300 lx)
Emin 256 lx
Emin/Em (Uo) 0.63 (>= 0.60)
Emin/Emax (Ud) 0.44
UGR (5.0H 6.0H) <=16.6 (< 25.00)
Θέση 0.75 m

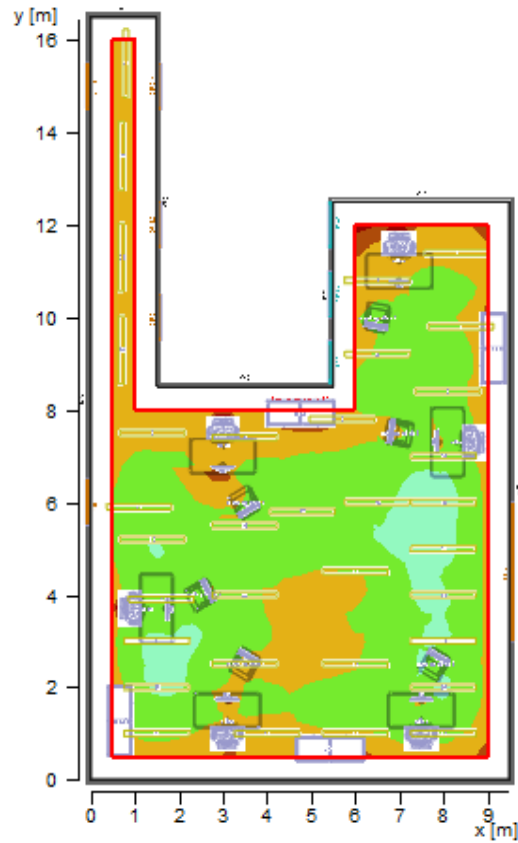
Μέγιστες επιφάνειες

	Em		Uo	
m 1.5 (Οροφή)	80 lx	(>= 30 lx)	0.61	(>= 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	83 lx	(>= 50 lx)	0.23	(>= 0.10)
m 1.2 (Τοίχος)	56 lx	(>= 50 lx)	0.25	(>= 0.10)
m 1.3 (Τοίχος)	86 lx	(>= 50 lx)	0.18	(>= 0.10)
m 1.4 (Τοίχος)	75 lx	(>= 50 lx)	0.26	(>= 0.10)

Τύπος Αριθ. Κατασκ.

1	9	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: SP530P L1130 1 xLED25S/840 OC
		Όνομα φωτιστικού	: TrueLine, suspended
		Εξοπλισμός	: 1 x LED25S/840/- 17.5 W / 2500 lm

Εξυπηρέτηση πελατών Ισόγειο



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
2.50 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (108.75 m²)

64600.00 lm
374.0 W
3.44 W/m² (0.61 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Γραφεία

5.26.2 (EN 12464-1, 8.2011) Γραφή, δακτυλογράφηση, την ανάγνωση, επεξεργασία των δεδομένων (Ra >80.00)

Οριζόντιος

Em 560 lx (>= 500 lx)
Emin 399 lx
Emin/Em (Uo) 0.71 (>= 0.60)
Emin/Emax (Ud) 0.52
Θέση 0.75 m

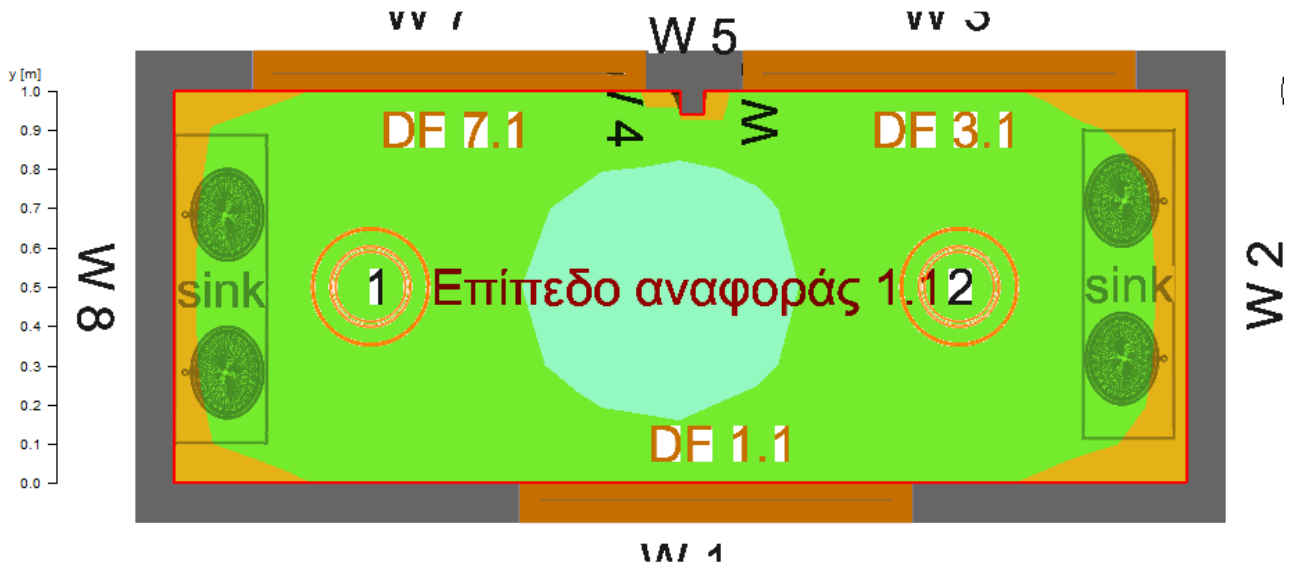
Μέγιστες επιφάνειες

	Em		Uo	
m 1.9 (Οροφή)	94 lx	(>= 30 lx)	0.71	(>= 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	117 lx	(>= 50 lx)	0.37	(>= 0.10)
m 1.2 (Τοίχος)	112 lx	(>= 50 lx)	0.13	(>= 0.10)
m 1.3 (Τοίχος)	80 lx	(>= 50 lx)	0.60	(>= 0.10)
m 1.4 (Τοίχος)	123 lx	(>= 50 lx)	0.36	(>= 0.10)
m 1.5 (Τοίχος)	109 lx	(>= 50 lx)	0.69	(>= 0.10)
m 1.6 (Τοίχος)	128 lx	(>= 50 lx)	0.31	(>= 0.10)
m 1.7 (Τοίχος)	141 lx	(>= 50 lx)	0.23	(>= 0.10)
m 1.8 (Τοίχος)	125 lx	(>= 50 lx)	0.31	(>= 0.10)

ΤύποςΑριθ.Κατασκ.

1	34	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: SM540C PSD L1480 1 xLED19S/840 OC
		Όνομα φωτιστικού	: TrueLevel, surface mounted
		Εξοπλισμός	: 1 x LED19S/840/- 11 W / 1900 lm

Λουτρό 1 Ισόγειο



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται	Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
Ύψος επιπέδου φωτιστικού	3.00 m
Συντελεστής συντήρησης	0.80
Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων	2300.00 lm
Συνολική ισχύς	22.4 W
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (2.58 m ²)	8.69 W/m ² (3.56 W/m ² /100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Γενικές περιοχές μέσα στο κτήριο - Χώρους ανάπαυσης, υγιεινής και πρώτων βοηθειών 5.2.4 (EN 12464-1, 8.2011) Βεστιάρια, τουαλέτες, μπάνια, τουαλέτες (Ra >80.00)


Οριζόντιος

Em	244 lx	(>= 200 lx)
Emin	181 lx	
Emin/Em (Uo)	0.74	(>= 0.40)
Emin/Emax (Ud)	0.60	
UGR (2.0H 2.0H)	<=19.3	(< 25.00)
Θέση	0.75 m	

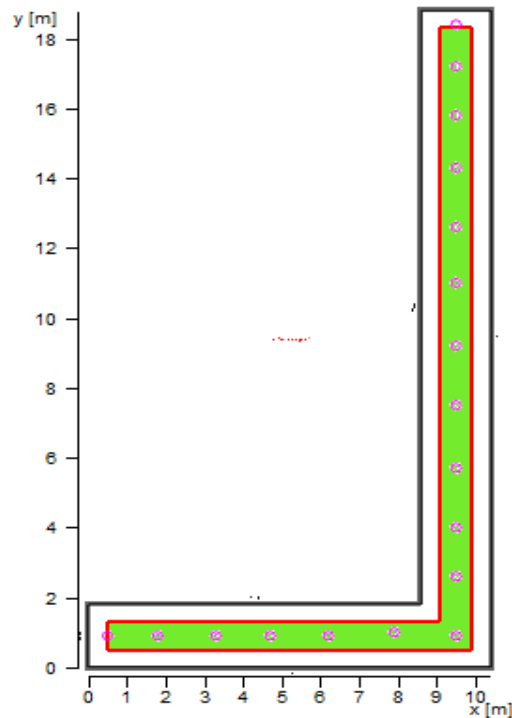
Μέγιστες επιφάνειες

	Em		Uo	
m 1.2 (Οροφή)	49 lx	(>= 30 lx)	0.64	(>= 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	149 lx	(>= 50 lx)	0.51	(>= 0.10)

ΤύποςΑριθ.Κατασκ.

3	2	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: DN561C 1xLED12S/840 C
		Όνομα φωτιστικού	: LuxSpace Mini, surface mounted
		Εξοπλισμός	: 1 x LED12S/840/- 11.2 W / 1150 lm

Διάδρομος Ισόγειο



ΓΕΝΙΚΑ

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.00 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (49.32 m²)

14400.00 lm
144.0 W
2.92 W/m² (2.39 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Ζώνες κυκλοφορίας μέσα στο κτήριο

5.1.1 (EN 12464-1, 8.2011) Περιοχές κυκλοφορίας και διάδρομοι (Ra >40.00)

Οριζόντιος

Em	122 lx	(>= 100 lx)
Emin	110 lx	
Emin/Em (Uo)	0.90	(>= 0.40)
Emin/Emax (Ud)	0.81	
Θέση	0.00 m	

Μέγιστες επιφάνειες

	Em		Uo	
m 1.7 (Οροφή)	31 lx	(>= 30 lx)	0.87	(>= 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	82 lx	(>= 50 lx)	0.68	(>= 0.10)
m 1.2 (Τοίχος)	78 lx	(>= 50 lx)	0.66	(>= 0.10)
m 1.3 (Τοίχος)	122 lx	(>= 50 lx)	0.52	(>= 0.10)
m 1.4 (Τοίχος)	78 lx	(>= 50 lx)	0.66	(>= 0.10)
m 1.5 (Τοίχος)	84 lx	(>= 50 lx)	0.70	(>= 0.10)
m 1.6 (Τοίχος)	111 lx	(>= 50 lx)	0.54	(>= 0.10)

ΤύποςΑριθ.Κατασκ.

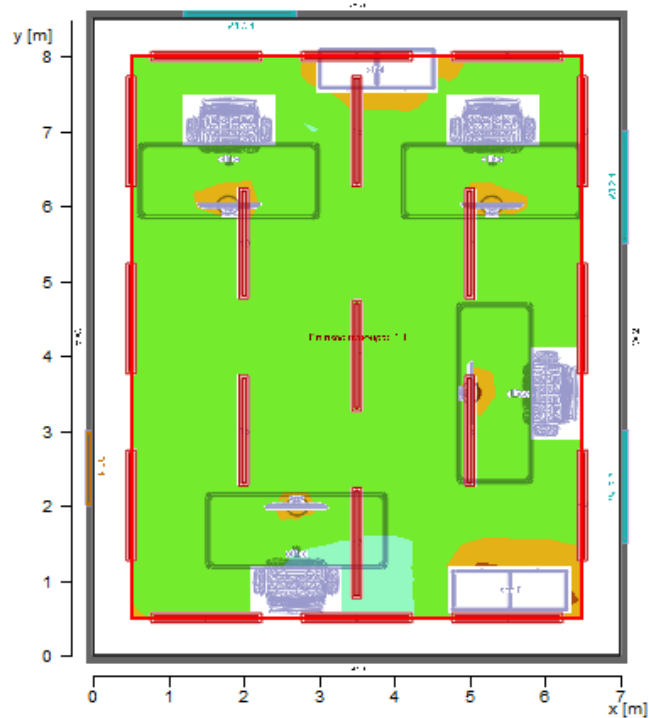


2 18

Philips

Αρ. Παραγγελίας : DN560C 1xLED8S/840 WR
Όνομα φωτιστικού : LuxSpace Mini, surface mounted
Εξοπλισμός : 1 x LED8S/840/- 8 W / 800 lm

Σχεδιαστήριο 1



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Υψηλό έμμεσο ποσοστό
2.50 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (59.50 m²)

55100.00 lm
326.8 W
5.49 W/m² (0.91 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Γραφεία
5.26.4 (EN 12464-1, 8.2011) Σταθμοί εργασίας CAD (Ra >80.00)
Οριζόντιος

Em	605 lx	(≥ 500 lx)
Emin	376 lx	
Emin/Em (Uo)	0.62	(≥ 0.60)
Emin/Emax (Ud)	0.49	
UGR (5.5H 6.7H)	≤12.3	(< 19.00)
Θέση	0.75 m	

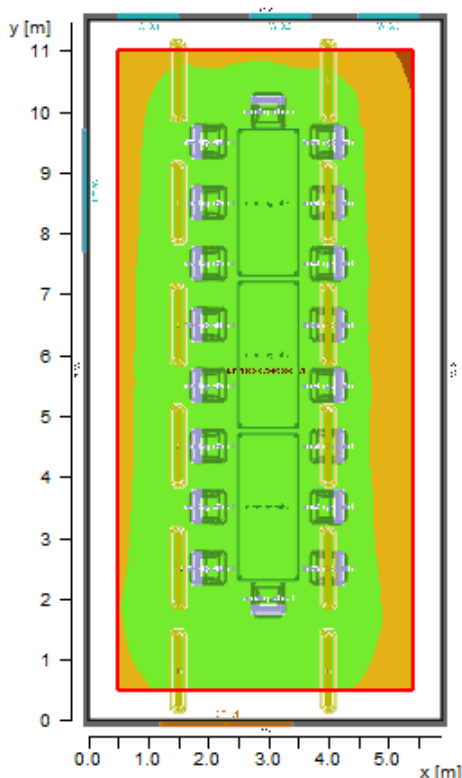
Μέγιστες επιφάνειες

	Em		Uo	
m 1.5 (Οροφή)	383 lx	(≥ 30 lx)	0.57	(≥ 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	295 lx	(≥ 50 lx)	0.54	(≥ 0.10)
m 1.2 (Τοίχος)	277 lx	(≥ 50 lx)	0.66	(≥ 0.10)
m 1.3 (Τοίχος)	301 lx	(≥ 50 lx)	0.60	(≥ 0.10)
m 1.4 (Τοίχος)	272 lx	(≥ 50 lx)	0.64	(≥ 0.10)

Τύπος Αριθ. Κατασκ.

5	19	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: SP542P PSD L1480 1 xLED29S/840 OC
		Όνομα φωτιστικού	: TrueLevel, suspended
		Εξοπλισμός	: 1 x LED29S/840/- 17.2 W / 2900 lm

Αίθουσα συσκέψεων 1



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
2.50 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (67.85 m²)

49200.00 lm
402.0 W
5.92 W/m² (1.11 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Γραφεία
5.26.5 (EN 12464-1, 8.2011) Αίθουσες συνεδρίων και συσκέψεων (Ra >80.00)

Οριζόντιος

E_m 532 lx (>= 500 lx)
E_{min} 317 lx
E_{min}/E_m (U₀) 0.60 (>= 0.60)
E_{min}/E_{max} (U_d) 0.49
UGR (4.7H 9.3H) <=15.9 (< 19.00)
Θέση 0.75 m

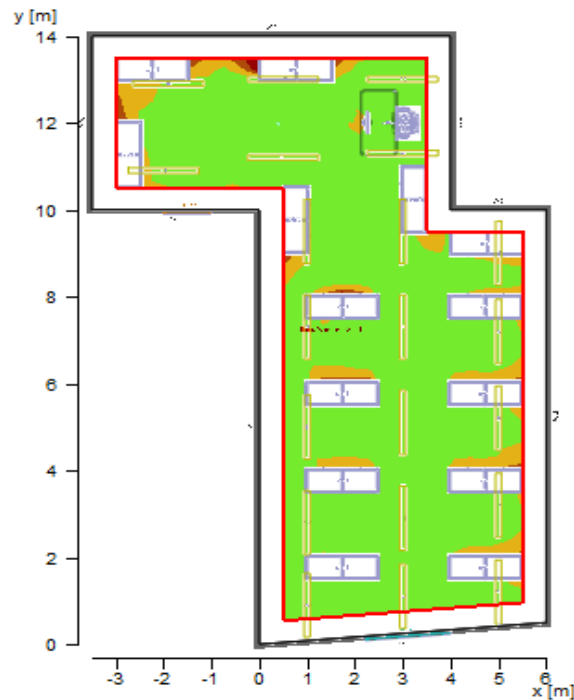
Μέγιστες επιφάνειες

	E _m		U ₀	
m 1.5 (Οροφή)	236 lx	(>= 30 lx)	0.34	(>= 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	261 lx	(>= 50 lx)	0.34	(>= 0.10)
m 1.2 (Τοίχος)	153 lx	(>= 50 lx)	0.54	(>= 0.10)
m 1.3 (Τοίχος)	219 lx	(>= 50 lx)	0.38	(>= 0.10)
m 1.4 (Τοίχος)	192 lx	(>= 50 lx)	0.50	(>= 0.10)

Τύπος Αριθ. Κατασκ.

1	12	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO
		Όνομα φωτιστικού	: SmartBalance Suspended, SpaceWise
		Εξοπλισμός	: 1 x LED40S/840/- 33.5 W / 4100 lm

Αίθουσα αρχείου



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Υψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
2.50 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (88.50 m²)

39900.00 lm
231.0 W
2.61 W/m² (0.73 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Γραφεία
5.26.7 (EN 12464-1, 8.2011) Αρχεία (Ra >80.00)
Οριζόντιος

Em	360 lx	(≥ 200 lx)
Emin	225 lx	
Emin/Em (U ₀)	0.63	(≥ 0.40)
Emin/Emax (U _d)	0.51	
Θέση	0.75 m	

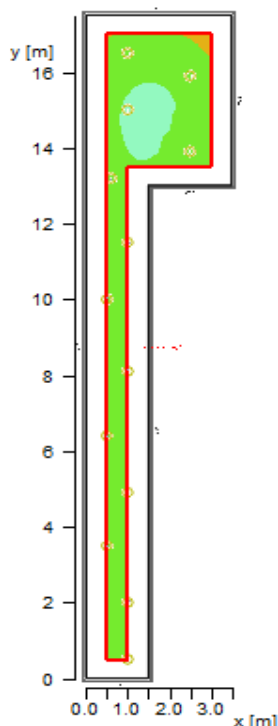
Μέγιστες επιφάνειες

	Em		U ₀	
m 1.9 (Οροφή)	81 lx	(≥ 30 lx)	0.61	(≥ 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	155 lx	(≥ 50 lx)	0.40	(≥ 0.10)
m 1.2 (Τοίχος)	120 lx	(≥ 50 lx)	0.57	(≥ 0.10)
m 1.3 (Τοίχος)	137 lx	(≥ 50 lx)	0.53	(≥ 0.10)
m 1.4 (Τοίχος)	130 lx	(≥ 50 lx)	0.43	(≥ 0.10)
m 1.5 (Τοίχος)	94 lx	(≥ 50 lx)	0.49	(≥ 0.10)
m 1.6 (Τοίχος)	58 lx	(≥ 50 lx)	0.73	(≥ 0.10)
m 1.7 (Τοίχος)	90 lx	(≥ 50 lx)	0.46	(≥ 0.10)
m 1.8 (Τοίχος)	112 lx	(≥ 50 lx)	0.51	(≥ 0.10)

Τύπος Αριθ. Κατασκ.

1	21	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: SM540C PSD L1480 1 xLED19S/840 OC
		Όνομα φωτιστικού	: TrueLevel, surface mounted
		Εξοπλισμός	: 1 x LED19S/840/- 11 W / 1900 lm

Διάδρομος 3 Όροφος



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.00 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (35.25 m²)

10400.00 lm
104.0 W
2.95 W/m² (2.36 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Ζώνες κυκλοφορίας μέσα στο κτήριο

5.1.1 (EN 12464-1, 8.2011) Περιοχές κυκλοφορίας και διάδρομοι (Ra >40.00)

Οριζόντιος

E _m	125 lx	(>= 100 lx)
E _{min}	82 lx	
E _{min} /E _m (U ₀)	0.66	(>= 0.40)
E _{min} /E _{max} (U _d)	0.54	
Θέση	0.00 m	

Μέγιστες επιφάνειες

	E _m		U ₀	
m 1.7 (Οροφή)	30.6 lx	(>= 30 lx)	0.67	(>= 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	106 lx	(>= 50 lx)	0.52	(>= 0.10)
m 1.2 (Τοίχος)	87.6 lx	(>= 50 lx)	0.57	(>= 0.10)
m 1.3 (Τοίχος)	72.1 lx	(>= 50 lx)	0.73	(>= 0.10)
m 1.4 (Τοίχος)	66.1 lx	(>= 50 lx)	0.60	(>= 0.10)
m 1.5 (Τοίχος)	62.4 lx	(>= 50 lx)	0.56	(>= 0.10)
m 1.6 (Τοίχος)	83.3 lx	(>= 50 lx)	0.65	(>= 0.10)

Τύπος Αριθ. Κατασκ.

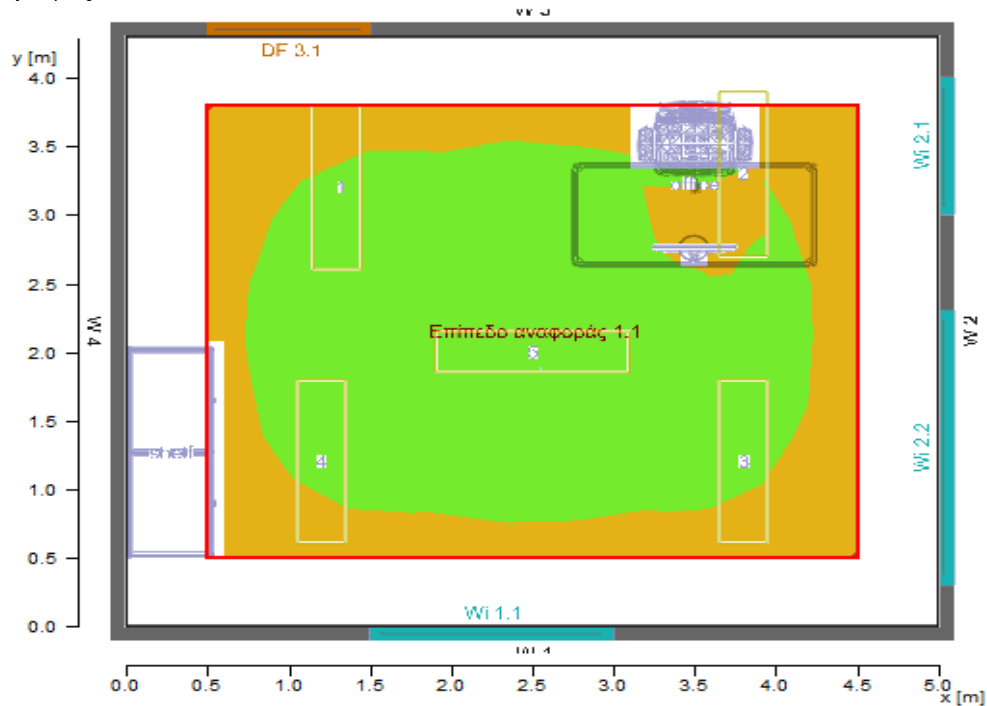


13

Philips

Αρ. Παραγγελίας : DN560C 1xLED8S/830 WR
Όνομα φωτιστικού : LuxSpace Mini, surface mounted
Εξοπλισμός : 1 x LED8S/830/- 8 W / 800 lm

Γραφείο 3 Όροφος



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Υψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
2.50 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (21.50 m²)

14000.00 lm
122.5 W
5.70 W/m² (1.09 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Προφίλ χρήστη

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Γραφεία

5.26.2 (EN 12464-1, 8.2011) Γραφή, δακτυλογράφηση, την ανάγνωση, επεξεργασία των δεδομένων (Ra >80.00)

Οριζόντιος

Em	522 lx	(>= 500 lx)
Emin	361 lx	
Emin/Em (Uo)	0.69	(>= 0.60)
Emin/Emax (Ud)	0.52	
UGR (3.4H 3.9H)	<=15.0	(< 19.00)
Θέση	0.75 m	

Μέγιστες επιφάνειες

	Em		Uo	
m 1.5 (Οροφή)	77 lx	(>= 30 lx)	0.76	(>= 0.10)
m 1.1 (Τοίχος)	163 lx	(>= 50 lx)	0.46	(>= 0.10)
m 1.2 (Τοίχος)	169 lx	(>= 50 lx)	0.51	(>= 0.10)
m 1.3 (Τοίχος)	180 lx	(>= 50 lx)	0.43	(>= 0.10)
m 1.4 (Τοίχος)	116 lx	(>= 50 lx)	---	(>= 0.10)

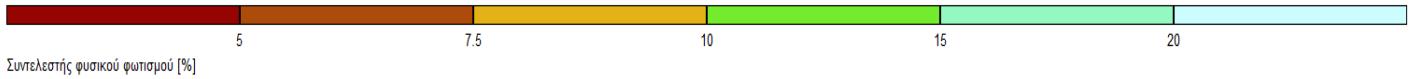
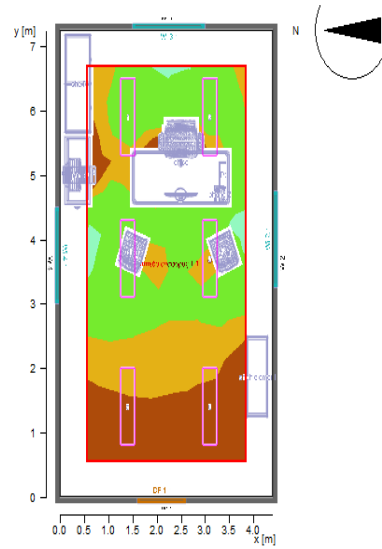
Τύπος Αριθ. Κατασκ.

	1	5	Philips	
Αρ. Παραγγελίας				: SP400P POE W30L120 DIR 1 xLED28S/830
Όνομα φωτιστικού				: SlimBlend Rectangular, suspended
Εξοπλισμός				: 1 x LED28S/830/- 24.5 W / 2800 lm

Παράρτημα Β

Σε αυτό το Παράρτημα παρατίθενται ενδεικτικά ορισμένα αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β), για επιλεγμένους χώρους.

Γραφείο 1 Ισόγειο



Συντελεστής φυσικού φωτισμού [%]

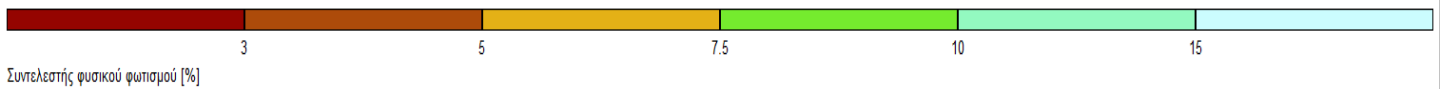
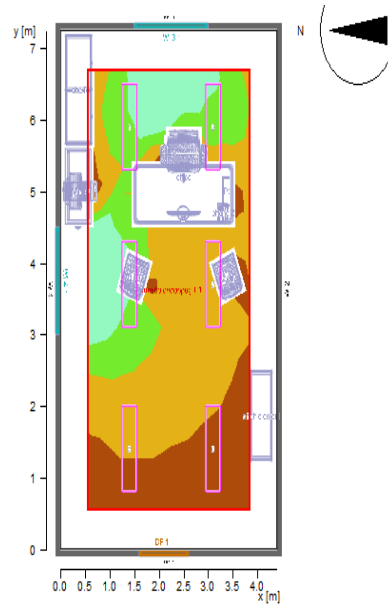
Γενικά
Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται: Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
Ύψος επιφάνειας εργασίας: 0.35 m
Ύψος επιπέδου φωτιστικού: 2.70 m
Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται: Νεφρασκεπής ουρανό κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Γεωγραφικά στοιχεία:
Τοποθεσία: Athens
Γεωγραφικό πλάτος (μοίρες): 37.98 °
Γεωγραφικό μήκος (μοίρες): 23.73 °
Γωνία αζιμουθίου: 270.00 °

Συντελεστής φυσικού φωτισμού
Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού: Dav : 9.3
Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού: Dmin : 5.2
Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού: Dmax : 14.2

Γραφείο 2 Ισόγειο



Συντελεστής φυσικού φωτισμού [%]

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται: Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
 Ύψος επιφάνειας εργασίας: 0.35 m
 Ύψος επιπέδου φωτιστικού: 2.70 m
 Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται: Νεφροσκεπής ουρανός κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

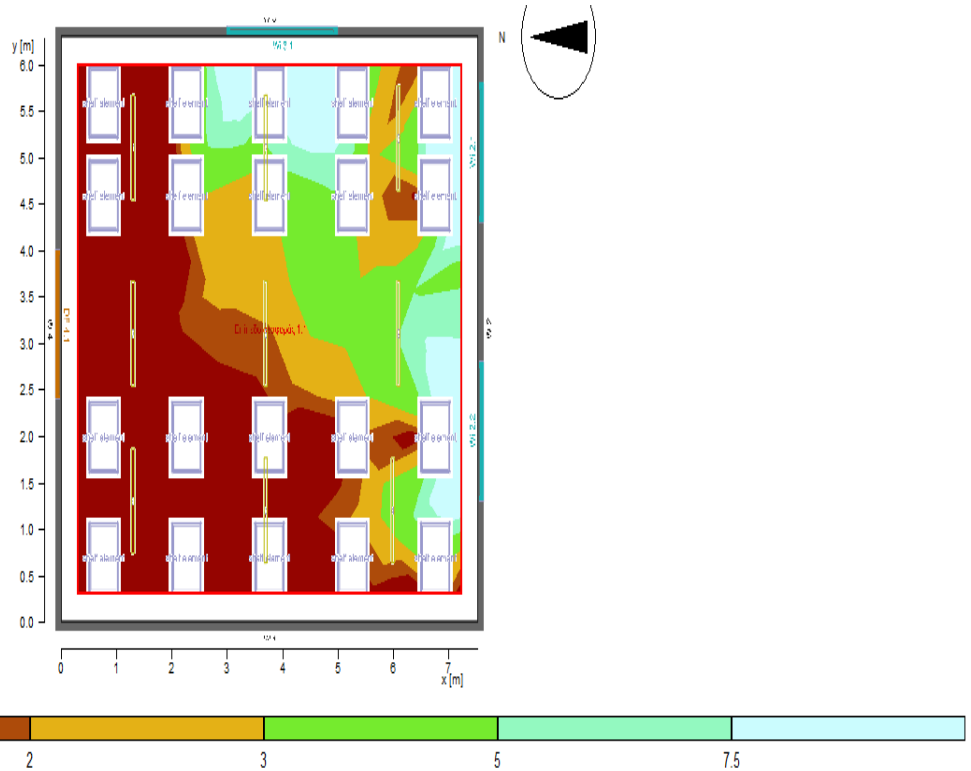
Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία: Athens
 Γεωγραφικό πλάτος (μοίρες): 37.98 °
 Γεωγραφικό μήκος (μοίρες): 23.73 °
 Γωνία αζιμουθίου: 270.00 °

Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού: D_{av} : 6.6
 Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού: D_{min} : 3.9
 Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού: D_{max} : 11.8

Αποθήκη 1 Ισόγειο



Συντελεστής φυσικού φωτισμού [%]

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται : Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
 Ύψος επιφάνειας εργασίας : 0.75 m
 Ύψος επιπέδου φωτιστικού : 2.50 m
 Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται : Νεφασκετής ουρανού κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος : 21.03. 10:33 (TST 10:01)

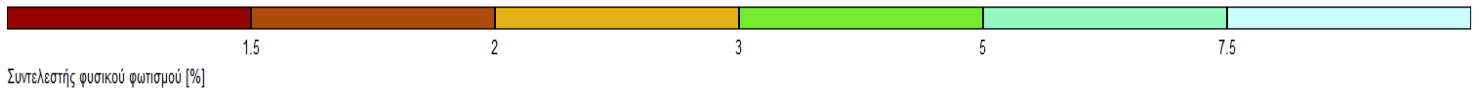
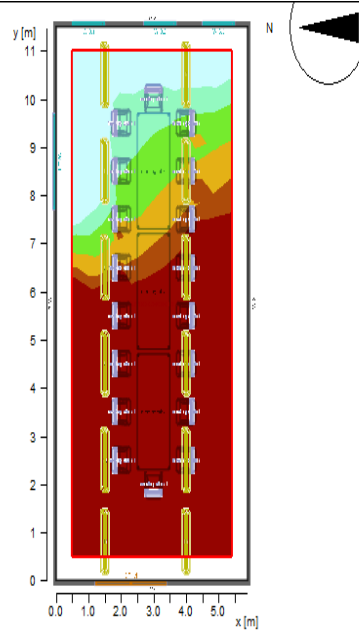
Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία : Athens
 Γεωγραφικό πλάτος (μοίρες) : 37.98 °
 Γεωγραφικό μήκος (μοίρες) : 23.73 °
 Γωνία αζιμουθίου : 270.00 °

Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού : D_{av} : 2.5
 Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού : D_{min} : 0.2
 Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού : D_{max} : 13.5

Αίθουσα συσκέψεων 1 Όροφος



Συντελεστής φυσικού φωτισμού [%]

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται: Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
 Ύψος επιφάνειας εργασίας: 0.75 m
 Ύψος επιπέδου φωτιστικού: 2.50 m
 Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται: Νεφосκεπήσ ουρανός κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

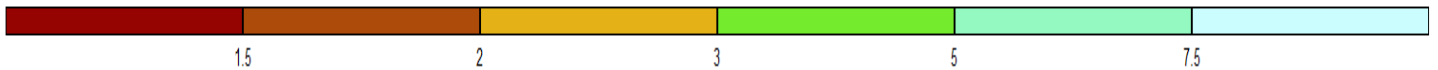
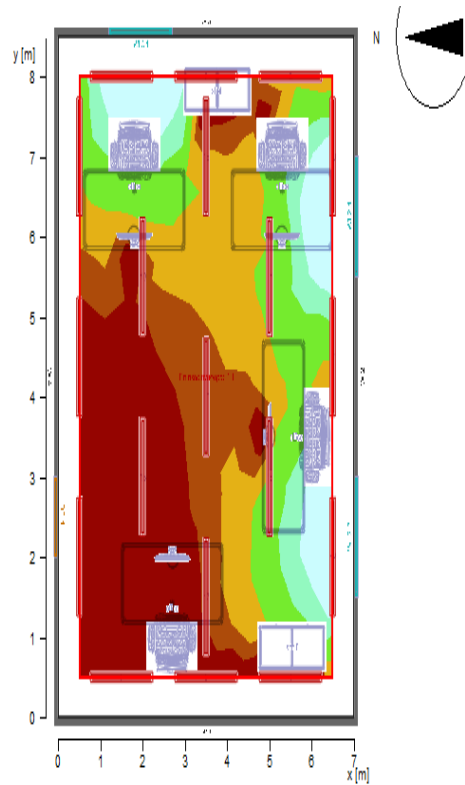
Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία: Athens
 Γεωγραφικό πλάτος (μοίρες): 37.98 °
 Γεωγραφικό μήκος (μοίρες): 23.73 °
 Γωνία αζιμουθίου: 270.00 °

Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού: D_{av} : 2.6
 Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού: D_{min} : 0.1
 Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού: D_{max} : 15.1

Σχεδιαστήριο 1 Όροφος



Συντελεστής φυσικού φωτισμού [%]

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται: Υψηλό έμμεσο ποσοστό
 Ύψος επιφάνειας εργασίας: 0.75 m
 Ύψος επιπέδου φωτιστικού: 2.50 m
 Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται: Νεροσκεπής ουρανός κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία : Athens
 Γεωγραφικό πλάτος (μίρες) 37.98 °
 Γεωγραφικό μήκος (μίρες) 23.73 °
 Γωνία αζιμουθίου : 270.00 °

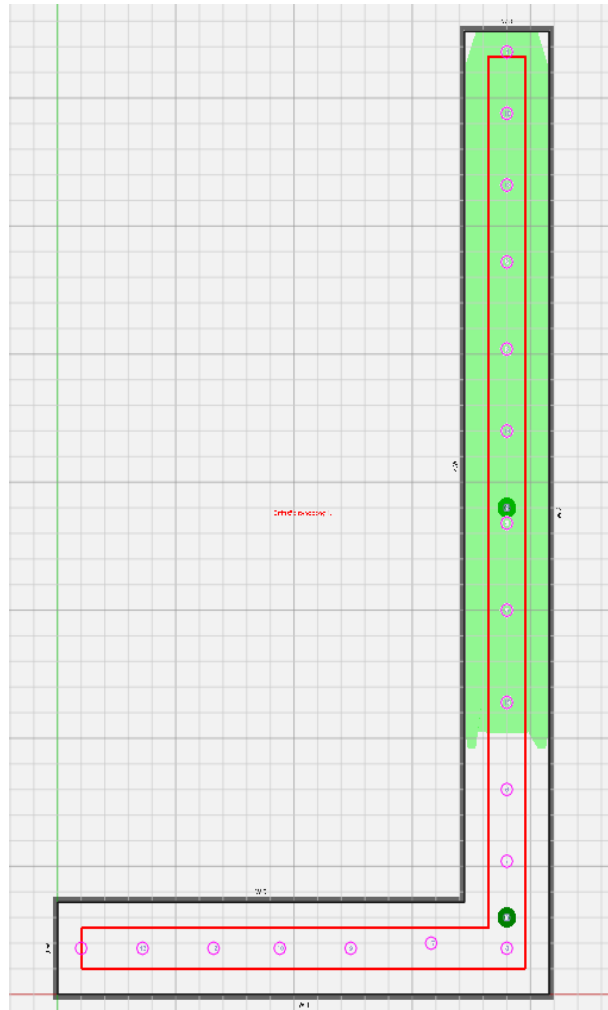
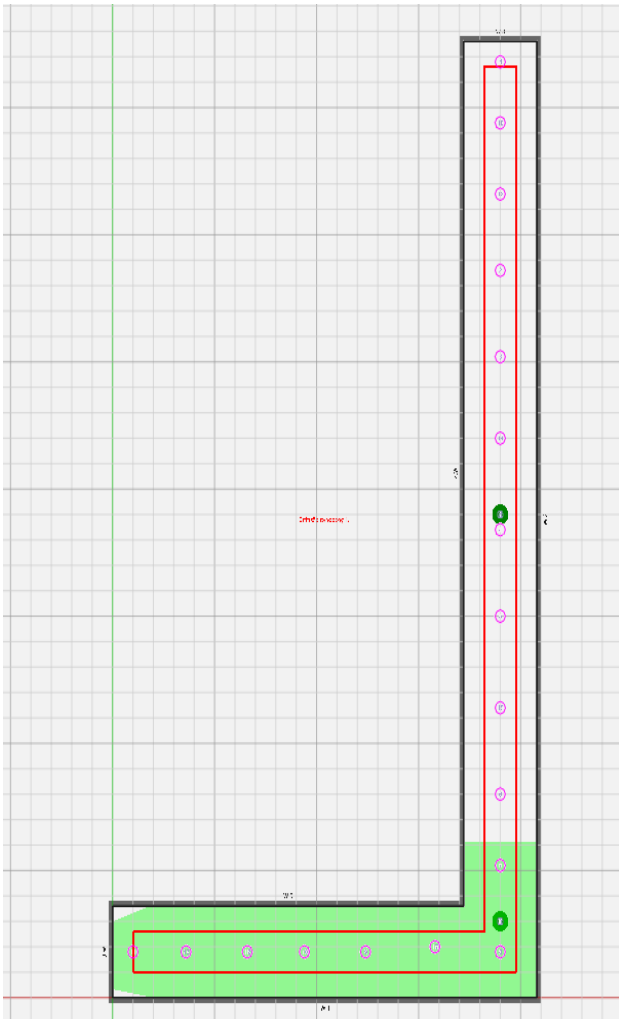
Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού D_{av} : 3
 Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού D_{min} : 0.6
 Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού D_{max} : 10

Παράρτημα Γ

Εδώ φαίνονται τα αποτελέσματα του RELUX για αισθητήρες παρουσίας κίνησης. Με το πράσινο χρώμα φαίνεται η περιοχή ανίχνευσης κίνησης στο χώρο.

Διάδρομος



Λουτρό 2 Όροφος



Παράρτημα Δ

Χαρακτηριστικά φωτιστικών



ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ

Όνομα προϊόντος : TrueLine, σε αναστολή
Τόπος τοποθέτησης : Οροφή
Τύπος στήριξης : Κρεμαστό

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : A60
Κωδικοί ροής CIE : 88 98 100 100 100
Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 17.5W

Έξοδος φωτιστικού : 142.9lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 2500lm

Παραλλαγές

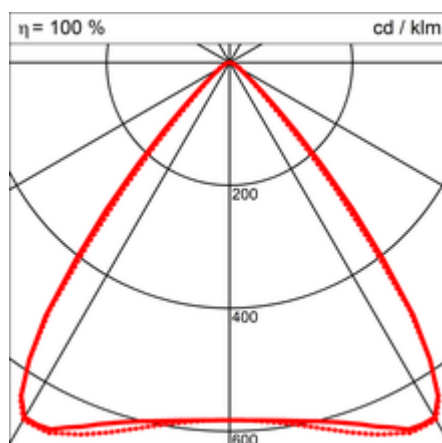
Παραλλαγές : ---
Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1130 mm / 55 mm / 88 mm

ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED
ZVEI / ILCOS: LED25S/840/-/ LED25S/840/-
Θερμοκρασία χρώματος : -





Φωτισ

Όνομα προϊόντος : SlimBlend Rectangular, σε αναστολή

Τόπος τοποθέτησης : Οροφή

Τύπος στήριξης : Κρεμαστό

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LiTG : A50

Κωδικοί ροής CIE : 64 90 97 100 100

Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 24,5 W

Εξοδος φωτιστικού : 114,3 lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 2800 lm

Παραλλαγές

Παραλλαγές : ---

Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

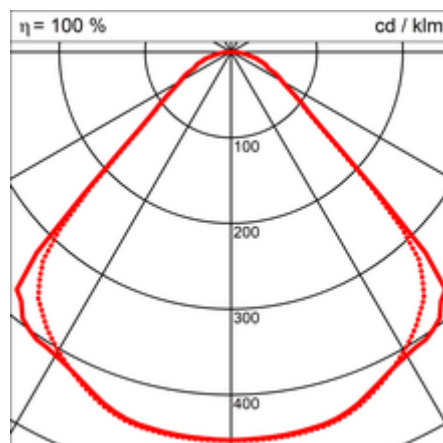
Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1197 mm / 297 mm / 50 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED

ZVEI / ILCOS: LED28S / 830 / - / LED28S / 830 / -

Θερμοκρασία χρώματος : -





Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : LuxSpace Mini, επιφανειακά τοποθετημένο

Τόπος τοποθέτησης : Οροφή

Τύπος στερέωσης : Επιφανειακή τοποθέτηση

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : A50

Κωδικοί ροής CIE : 65 89 98 100 100

Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 8W

Εξοδος φωτιστικού : 100lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 800lm

Παραλλαγές

Παραλλαγές : ---

Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

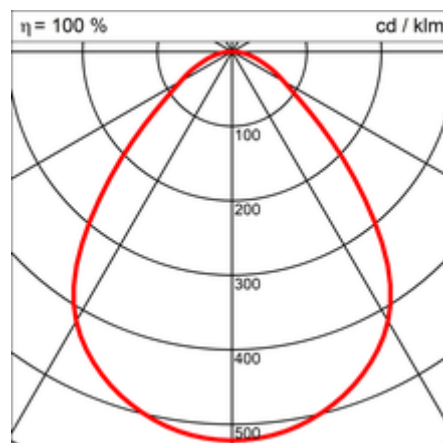
∅ / Ύψος : 250 mm / 142 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED

ZVEI / ILCOS: LED8S/840/-/ LED8S/840/-

Θερμοκρασία χρώματος : -





Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : TrueLevel, επιφανειακά τοποθετημένο
Τόπος τοποθέτησης : Οροφή

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : A60
Κωδικοί ροής CIE : 88 98 100 100 100
Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 11 W

Εξοδος φωτιστικού : 172,7 lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 1900 lm

Παραλλαγές

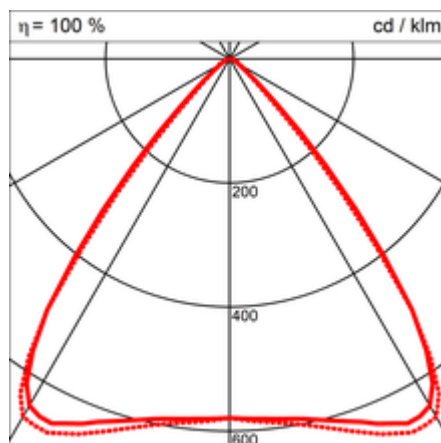
Παραλλαγές : ---
Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1476 mm / 125 mm / 54 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED
ZVEI / ILCOS: LED19S / 840 / - / LED19S / 840 / -
Θερμοκρασία χρώματος : -





Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : LuxSpace Mini, επιφανειακά τοποθετημένο
Τόπος τοποθέτησης : Οροφή
Τύπος στερέωσης : Επιφανειακή τοποθέτηση

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : A60
Κωδικοί ροής CIE : 88 99 100 100 100
Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 11,2 W

Έξοδος φωτιστικού : 102,7 lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 1150 lm

Παραλλαγές

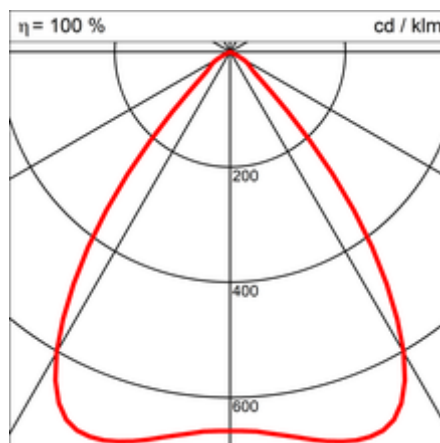
Παραλλαγές : ---
Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

∅ / Ύψος : 250 mm / 142 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED
ZVEI / ILCOS: LED12S / 840 / - / LED12S / 840 / -
Θερμοκρασία χρώματος : -





ΦΩΤΙΣΤ

Όνομα προϊόντος : TrueLevel, σε αναστολή
Τόπος τοποθέτησης : Οροφή
Τύπος στήριξης : Κρεμαστό

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : B63
Κωδικός ροής CIE : 88 98 100 65 100
Απόλυτη φωτομετρία
Ισχύς συστήματος : 17.2W
Έξοδος φωτιστικού : 168.6lm / W
Σύστημα ροής φωτός : 2900lm

Παραλλαγές

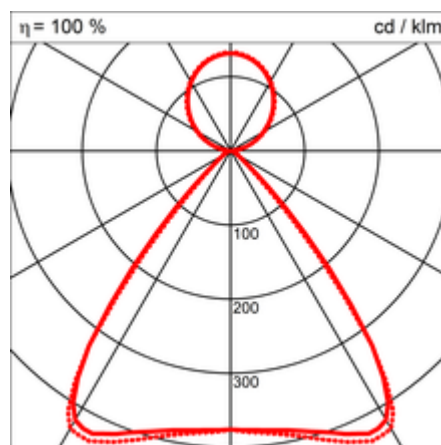
Παραλλαγές : ---
Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1476 mm / 125 mm / 54 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπήρα : 1 x LED
ZVEI / ILCOS: LED29S/840/-/ LED29S/840/-
Θερμοκρασία χρώματος : -





Φωτιστικά

Όνομα προϊόντος : SmartBalance σε αναστολή,
SpaceWise

Τόπος τοποθέτησης : Οροφή

Τύπος στήριξης : Κρεμαστό

Δεδομένα φωτιστικού

Κατηγορία LITG : B53

Κωδικός ροής CIE : 60 89 97 79 100

Απόλυτη φωτομετρία

Ισχύς συστήματος : 33,5 W

Εξοδος φωτιστικού : 122,4 lm / W

Σύστημα ροής φωτός : 4100 lm

Παραλλαγές

Παραλλαγές : ---

Προϊόν χωρίς αξεσουάρ

Διαστάσεις:

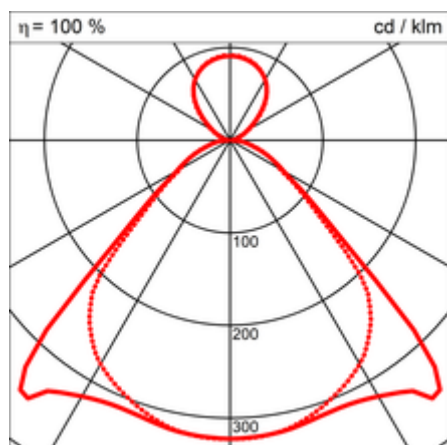
Μήκος / Πλάτος / Ύψος : 1340 mm / 240 mm / 49 mm

Φωτιστικά

Τύπος λαμπτήρα : 1 x LED

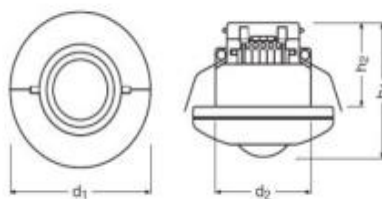
ZVEI / ILCOS: LED40S / 840 / - / LED40S / 840 / -

Θερμοκρασία χρώματος : -



Χαρακτηριστικά αισθητήρα φωτισμού

LUXeye Sense DALI BT

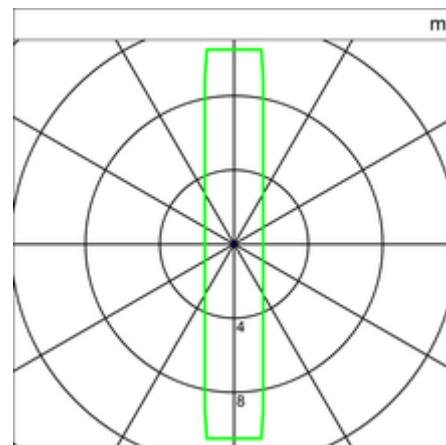
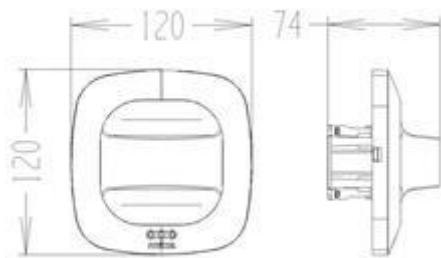


Capabilities

Dimmable	No
Dimming interface	DALI
Transmitter range	15 m
Maximum installation height	5 m
Detection area	10 m ¹⁾
Detection angle	110 °
Type of installation	Ceiling integration
Operating range, light sensor	20...5000 lx ²⁾
Number of control outputs	20

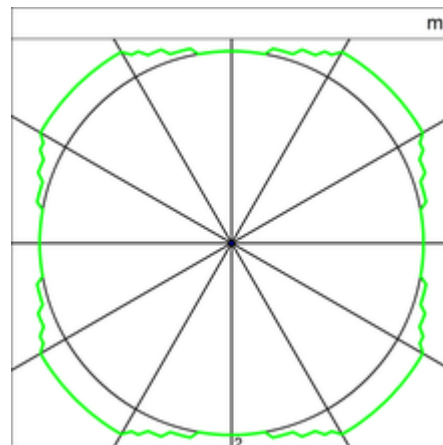
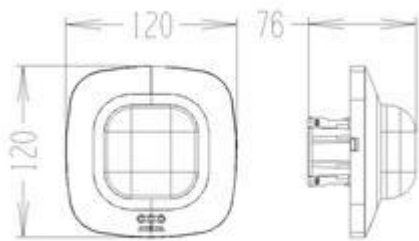
Χαρακτηριστικά αισθητήρων παρουσίας κίνησης

PC PRO Dual HF



Χωρητικό φορτίο / ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία: Μέγιστο ρεύμα εισόδου 800 A / 200 μ s
Προσέγγιση: Μέγιστη παρουσία 4 x 4 m (16 m²)
Ακτινική μέγ. 5 x 5 m (25 m²)
Μέγιστη εφαπτομένη 7 x 7 m (49 m²)
Μηχανικά ρυθμιζόμενο
ύψος στήριξης: 2,5 - 8 m
Ρύθμιση στάθμης φωτός: 10 - 1000 lx, ∞ / φως ημέρας
Παραμονή - 'ΩΡΑ: 30 δευτερόλεπτα. έως 30 λεπτά, λειτουργία παλμού (περ. 2 δευτ.)
Συναρμολόγηση: Στερέωση οροφής
IP βαθμολογία / κατηγορία προστασίας: IP20 / κατηγορία προστασίας II
Σημάδια συμμόρφωσης: CE, GS
Θερμοκρασία λειτουργίας: -25 ° C έως + 55 ° C
Διαστάσεις (Π x Υ x Β): 120 x 120 x 76 mm
Χρώμα: λευκό

PC PRO IR Quattro



Χωρητικό φορτίο / ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία: Μέγιστο ρεύμα εισόδου 800 A / 200 μ s
Προσέγγιση: Μέγιστη παρουσία 4 x 4 m (16 m²)
Ακτινική μέγ. 5 x 5 m (25 m²)
Μέγιστη επαπτομένη 7 x 7 m (49 m²)
Μηχανικά ρυθμιζόμενο
ύψος στήριξης: 2,5 - 8 m
Ρύθμιση στάθμης φωτός: 10 - 1000 lx, ∞ / φως ημέρας
Παραμονή - 'ΩΡΑ: 30 δευτερόλεπτα. έως 30 λεπτά, λειτουργία παλμού (περ. 2 δευτ.)
Συναρμολόγηση: Στερέωση οροφής
IP βαθμολογία / κατηγορία προστασίας: IP20 / κατηγορία προστασίας II
Σημάδια συμμόρφωσης: CE, GS
Θερμοκρασία λειτουργίας: -25 ° C έως + 55 ° C
Διαστάσεις (Π x Υ x Β): 120 x 120 x 76 mm
Χρώμα: λευκό