



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας
στο σύστημα φωτισμού του νέου κτηρίου Ηλεκτρολόγων
Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δούρου Β. Αντιγόνη

Επιβλέπων Καθηγητής : Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων : Λάμπρος Δούλος

Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο
σύστημα φωτισμού του νέου κτηρίου Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δούρου Β. Αντιγόνη

Επιβλέπων Καθηγητής : Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων : Λάμπρος Δούλος
Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 31^η Μαρτίου 2017

.....

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Ι.Φ. Γκόνος
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Π.Γεωργιλάκης
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2017

.....

Δούρου Β. Αντιγόνη

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

Copyright © Αντιγόνη Δούρου, 2017

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 τεχνητού φωτισμού του κτηρίου της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Για αυτόν το σκοπό πραγματοποιήθηκε ενεργειακή επιθεώρηση του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτηρίου, διατυπώθηκαν προτάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και υπολογίστηκαν τα οφέλη από την προτεινόμενη ενεργειακή αναβάθμιση. Αρχικά, αναφέρονται κάποιες γενικές δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης ενέργειας για το σύστημα φωτισμού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της καταγραφής του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού του υπό μελέτη κτηρίου, καθώς και τα αποτελέσματα τριών προτάσεων αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. Η πρώτη πρόταση αφορά στην αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, αποδοτικότερα τεχνολογίας LED, η δεύτερη στην επιπλέον αναβάθμιση με προσθήκη αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού αναλόγως του διαθεσίμου φυσικού φωτισμού και η τρίτη στην τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας και κίνησης. Τέλος, παρουσιάζονται τα ενεργειακά οφέλη, το συνολικό κόστος και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης από την εφαρμογή και των τριών προτάσεων.

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

Abstract

The main scope of this diploma dissertation was the improvement of the energy efficiency of the artificial lighting system of the School of Electrical and Computer Engineering building of National Technical University of Athens. In order to save energy, an energy inspection was conducted, a number of proposals were performed and the corresponding benefits were calculated. Furthermore, some actions for energy upgrading of the lighting system of the building were also presented. Initially, general actions for energy upgrading and energy saving in lighting systems were mentioned. Moreover, the data from monitoring the existing lighting system and the results of the energy savings calculations by applying three proposals for upgrading the artificial lighting system were presented. These results comply with the requirements defined by the Energy Efficiency Regulation for Buildings of Greece. The first upgrade scenario concerned the replacement of existing luminaires with new, more efficient with LED technology. The second upgrade scenario concerned the installation of photosensors, which dim the artificial lighting levels, depending on the available daylight. The third upgrade scenario concerned the installation of presence and motion sensors. Finally, the energy benefits, the total cost and the payback period of the investment were presented by implementing all three upgrade scenarios.

Key words: Office lighting, artificial lighting, daylight harvesting, energy upgrading, energy saving, techno-economic study, presence detectors, motion detectors.

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 αναθέτοντας μου τη διεκπαιρέωση αυτού.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάκτορα Λάμπρο Δούλο, ο οποίος καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, ήταν διαθέσιμος και πρόθυμος να μου παρέχει τις γνώσεις και την υποστήριξή του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους, φίλους και οικογένεια, που όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου ήταν δίπλα μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract	7
Ευχαριστίες.....	9
Εισαγωγή	15
1 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και βελτιστοποίησης του συστήματος τεχνητού φωτισμού	16
1.1 Εισαγωγή	16
1.2 Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού	17
1.2.1 Φωτιστικά σώματα	17
1.3 Συντήρηση της εγκατάστασης του συστήματος φωτισμού	18
1.4 Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	19
1.5 Τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας και κίνησης.....	19
2 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ.)	21
2.1 Εισαγωγή	21
2.2 Στάθμη φωτισμού	21
2.3 Περιοχές (ζώνες) φυσικού φωτισμού	22
3 Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού	24
3.1 Συνολικό κόστος της εγκατάστασης φωτισμού	24
3.1.1 Αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης	24
3.1.2 Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας.....	25
3.1.3 Κόστος συντήρησης	25
3.1.4 Συνολικό κόστος	26
3.2 Χρόνος απόσβεσης	26
4 Περιγραφή του νέου κτηρίου της σχολής των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών και καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	28
4.1 Εισαγωγή	28
4.2 Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου	28
4.3 Περιγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού	31
4.4 Καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού	33
4.4.1 Υπόγειο.....	34

4.4.2	Ισόγειο.....	35
4.4.3	1 ^{ος} Όροφος	37
4.4.4	2 ^{ος} Όροφος	39
4.4.5	3 ^{ος} Όροφος.....	41
4.5	Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	42
5	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα, αποδοτικότερα φωτιστικά τεχνολογίας LED.....	43
5.1	Εισαγωγή	43
5.2	Περιγραφή προτεινόμενου εξοπλισμού	44
5.3	Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Α)	50
5.3.1	Υπόγειο.....	51
5.3.2	Ισόγειο.....	52
5.3.3	1 ^{ος} Όροφος.....	54
5.3.4	2 ^{ος} Όροφος	56
5.3.5	3 ^{ος} Όροφος	58
5.3.6	Συνολική ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	58
5.4	Συγκριτικά αποτελέσματα.....	59
6	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	66
6.1	Εισαγωγή	66
6.2	Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Β).....	70
6.2.1	Ισόγειο.....	70
6.2.2	1 ^{ος} Όροφος	70
6.2.3	2 ^{ος} Όροφος	71
6.2.4	3 ^{ος} Όροφος	71
6.3	Συνολικά αποτελέσματα.....	71
7	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την τοποθέτηση αισθητήρων που ανιχνεύουν κίνηση και παρουσία.....	72
7.1	Εισαγωγή	72
7.2	Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού - Σενάριο Γ	73
7.2.1	Υπόγειο.....	74
7.2.2	Ισόγειο.....	74

7.2.3	1 ^{ος} Όροφος	75
7.2.4	2 ^{ος} Όροφος	76
7.2.5	3 ^{ος} Όροφος	77
7.3	Συνολικά συγκριτικά αποτελέσματα	77
8	Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α, Β, Γ)	78
8.1	Εισαγωγή	78
8.2	Εφαρμογή Σεναρίου Α	79
8.3	Εφαρμογή Σεναρίου Β.....	82
8.4	Εφαρμογή Σεναρίου Γ	84
9	Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα	87
	Βιβλιογραφία.....	91
	Παράρτημα Α.....	93
	Παράρτημα Β	100
	Παράρτημα Γ	104
	Παράρτημα Δ.....	106

Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο αναπτύσσονται τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της βελτίωσης του συστήματος τεχνητού φωτισμού ενός κτηρίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία σύντομη αναφορά στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και στην Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ) .

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

Στο τέταρτο κεφάλαιο ακολουθεί μια περιγραφή του κτηρίου των Ηλεκτρολόγων και των απαιτήσεών του όσον αφορά το φωτισμό. Έπειτα γίνεται η καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο προτείνεται 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 τοποθέτηση αισθητήρων, αυτή τη φορά κίνησης/παρουσίας για τον χώρο στάθμευσης, τα λουτρά, τους διαδρόμους, τους χώρους κυκλοφορίας και τα κλιμακοστάσια.

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

Στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται τα αποτελέσματα.

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.

Ο φωτισμός ευθύνεται για το 19% της παγκόσμιας ηλεκτρικής κατανάλωσης, ποσοστό που ισοδυναμεί με το 2%-3% της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμικής). Συγκεκριμένα, στα κτήρια του τριτογενή τομέα, το 25%-35% της συνολικής τους ενεργειακής κατανάλωσης, δηλαδή 2.650 τρισεκατομμύρια kWh ετησίως, αντιστοιχεί στην κατανάλωση για απαιτήσεις φωτισμού. Στην Ελλάδα, η ενέργεια που καταναλώνεται για φωτισμό είναι 2.960 GWh και υπερβαίνει: α) την ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση (1.987 GWh) κατά 49%, β) την ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη (2.543 GWh) κατά 16,4% και γ) την ηλεκτρική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης (965 GWh) 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, διότι για να φτάσει μια ηλεκτρική kWh στον τελικό καταναλωτή απαιτούνται 2,9 kWh πρωτογενούς ενέργειας στο σταθμό παραγωγής. Οπότε, όταν γίνεται ο απαραίτητος συσχετισμός (μετατροπή ηλεκτρικής kWh σε kWh πρωτογενούς ενέργειας), η εξοικονόμηση αρχικής πρωτογενούς ενέργειας είναι ακόμη μεγαλύτερη, εφόσον η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα σύγχρονα κτήρια σημειώνουν υψηλά ποσοστά ενεργειακής κατανάλωσης όσον αφορά το σύστημα τεχνητού φωτισμού τους και αυτό οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους, στο φαινόμενο υπερδιαστασιολόγησης (λόγω είτε ανύπαρκτης είτε ελλιπούς μελέτης) και στη χρήση παρωχημένης ή συμβατικής τεχνολογίας.

Η ενεργειακή εξοικονόμηση μπορεί να φτάσει και το 30%-50% εάν ληφθούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας κι εφαρμοσθούν σύγχρονες τεχνολογίες. Ωστόσο, σημαντικό είναι να λαμβάνουμε υπόψιν όχι μόνο την εξοικονόμηση αλλά και την παροχή της απαιτούμενης κάθε φορά ποσότητας και ποιότητας του 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. Συνήθως το φωτιστικό σώμα μεταβάλλει την κατανομή της φωτεινής ροής, που προέρχεται από τη λειτουργία των λαμπτήρων που περιλαμβάνει, με κατάλληλους ανακλαστήρες ή διαχύτες όσον αφορά στα φωτιστικά με συμβατικούς λαμπτήρες ή με φακούς όσον αφορά τα φωτιστικά LED έτσι ώστε το μεγαλύτερο μέρος της να είναι αξιοποιήσιμο (αυξημένος δείκτης απόδοσης φωτιστικού LOR).

Για τη σωστή λειτουργία κάθε τύπου λαμπτήρα απαιτείται και το κατάλληλο φωτιστικό σώμα. Έτσι εξασφαλίζεται η σωστή απόδοση και επιτυγχάνεται η οριακή προς τις προδιαγραφές διάρκεια ζωής του λαμπτήρα. Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφοροι τύποι φωτιστικών σωμάτων, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται (εξωτερικά, οροφής, χωνευτά, κρεμαστά, ράγας).

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που αυξάνουν την απόδοση των φωτιστικών και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι : α) η ασφαλής λειτουργία, β) η αποδοτική διαμόρφωση της κατανομής της φωτεινής ροής των λαμπτήρων από τη σχεδίαση του οπτικού συστήματος, γ) η προστασία των λαμπτήρων από μηχανικές καταπονήσεις, δ) η εύκολη απαγωγή της θερμότητας που προέρχεται από τη λειτουργία των περιεχόμενων λαμπτήρων, ε) η εύκολη τοποθέτηση και συντήρηση, στ) η αποτροπή της θάμβωσης, ζ) η εναρμόνιση της παρουσίας του στις λειτουργικές και αρχιτεκτονικές συνθήκες του χώρου και η) η συμβατότητα με τυχούσες διατάξεις ελέγχου φωτισμού.

Για την επιλογή των φωτιστικών σωμάτων απαιτείται εξειδικευμένη "ανάγνωση" των τεχνικών χαρακτηριστικών τους, όπως ο τύπος κατανομής της φωτεινής ροής, ο συντελεστής απόδοσης, η κλάση θάμβωσης, η κατανάλωση ενέργειας, η κατανομή λαμπρότητας, η δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (dimming) και ο τύπος του ανακλαστήρα ή του διαχύτη.

Η επιλογή των φωτιστικών γίνεται ανάλογα με τον τύπο των εργασιών που διεξάγονται στο χώρο, το επιθυμητό επίπεδο ποιότητας του φωτισμού, αλλά και την ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης φωτισμού με στόχο την ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της επιλογής είναι η φωτεινή αποδοτικότητα του φωτιστικού, που καθορίζεται ανάλογα με τον τύπο του λαμπτήρα, τις ανακλαστικές διατάξεις που διαθέτει κλπ και, σύμφωνα με το όριο που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 55 lm/W.

1.2.1.1 Λαμπτήρες

Σημαντικό κριτήριο για την επιλογή λαμπτήρα αποτελεί η ονομαστική ισχύς του, χωρίς όμως να είναι το μοναδικό. Υπάρχουν λαμπτήρες στο εμπόριο που, παρά το γεγονός ότι έχουν ταυτόσημη ονομαστική ισχύ, χρωματική απόδοση και διαστάσεις, έχουν διαφορετική απόδοση σε lm/W. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι λαμπτήρες αυτοί διαθέτουν διαφορετική φωτεινή ροή (lm). Δηλαδή, μπορεί να επιτευχθεί μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, χωρίς κάποια αλλαγή στην εγκατάσταση του φωτισμού, παρά μόνο με την επιλογή λαμπτήρων που διαθέτουν απόδοση μεγαλύτερη των 65 lm/W. Η διαφορά στην απόδοση οφείλεται στη διαφορετική τεχνολογία των λαμπτήρων, η οποία επιβαρύνει ελάχιστα το κόστος αγοράς.

1.2.1.1.1 Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (Light emitting diodes-LED)

Οι φωτοεκπέμπουσες δίοδοι, ή κοινώς LED, είναι συνδυασμός ημιαγωγών p-n, όπου εφαρμόζοντας τάση σε αυτούς εκπέμπεται ακτινοβολία. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μπορεί να είναι είτε υπέρυθρη 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 μεγάλα μήκη υπέρυθρης. Το τελικό επιθυμητό χρωματικό αποτέλεσμα προκύπτει από το συνδυασμό ημιαγωγικών υλικών. Ο ονομαστικός χρόνος ζωής των λαμπτήρων LED είναι εξαιρετικά μεγάλος φτάνοντας και τις 50.000-100.000 ώρες λειτουργίας. Ωστόσο ο αποδοτικός χρόνος ζωής μπορεί να είναι μικρότερος, ανάλογα με την αποδιδόμενη φωτεινή ροή καθώς και τη θερμοκρασία λειτουργίας του λαμπτήρα. Η απόδοση των LED έχει αυξηθεί πολύ. Έτσι από τα λίγα lumen/Watt που ήταν αρχικά, τα σύγχρονα LED λευκού φωτός αποδίδουν έως 180 lumen/Watt. Οι κατασκευαστές αναφέρουν ότι η εργαστηριακή απόδοση των LED έχει πλέον αυξηθεί στα 220 lumen/Watt, σε δοκιμαστικό επίπεδο.

1.3 Συντήρηση της εγκατάστασης του συστήματος φωτισμού

Η επικάλυψη ρύπων στις επιφάνειες των φωτιστικών σωμάτων και των λαμπτήρων, η γήρανση των υλικών των φωτιστικών (περσίδες, ανακλαστήρες), καθώς και των λαμπτήρων, οδηγούν με την πάροδο του χρόνου στη μείωση της απόδοσης μίας εγκατάστασης φωτισμού. Οι παράγοντες αυτοί συνιστούν τον συντελεστή συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού, ο οποίος εκφράζει τη μείωση της απόδοσής της σε σχέση με την αρχική. Η μείωση αυτή λαμβάνεται υπόψη κατά τη μελέτη φωτισμού. Προσαυξάνοντας τον αριθμό των φωτιστικών, ώστε το επίπεδο φωτισμού να μην πέφτει κάτω από την επιθυμητή τιμή, επιτυγχάνεται η αντιστάθμισή της.

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% εάν τα φωτιστικά καθαρίζονται ανά έτος με ταυτόχρονη αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων (για συμβατικά φωτιστικά) έστω και αν λειτουργούν, αφού η απόδοσή τους, όταν υπερβούν το 70% της διάρκειας ζωής τους, μειώνεται σημαντικά (μείωση ανάλογη με τον τύπο του λαμπτήρα και το είδος της έναυσης) 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

Ο φυσικός φωτισμός, μέσω των ανοιγμάτων του κελύφους, μπορεί να συνεισφέρει στην παροχή του επιθυμητού συστήματος φωτισμού στις περιμετρικές περιοχές στο εσωτερικό των κτηρίων. Στις περιοχές αυτές, η ισχύς για τον τεχνητό φωτισμό μειώνεται ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό με αποτέλεσμα να μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας. Όπου ο φυσικός φωτισμός δεν είναι επαρκής, η ποσότητα του αναγκαίου φωτισμού συμπληρώνεται από τον τεχνητό φωτισμό με τη ρύθμιση της στάθμης που παράγουν τα φωτιστικά σώματα.

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 και κίνησης

Οι αισθητήρες παρουσίας διακόπτουν τη λειτουργία του φωτιστικού όταν δεν ανιχνεύσουν την παρουσία ή κίνηση ατόμων στο χώρο και συνήθως επαναφέρουν τα φωτιστικά σε λειτουργία όταν ανιχνεύσουν παρουσία. Οι ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα ελέγχου παρουσίας είναι οι χώροι στους οποίους η χρήση είναι διακοπτόμενη ή απρόβλεπτη, π.χ. χώροι φωτοτυπικών, αποθήκες, υπηρεσιακοί διάδρομοι.

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 εγκατάστασή τους, ώστε να συνδεθούν με το σύστημα ηλεκτρικής παροχής. Η εγκατάσταση αυτή έχει σχετικά υψηλό κόστος όταν λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια ανακαίνισης, στο υφιστάμενο σύστημα φωτισμού.

Η εξοικονόμηση ενέργειας, με την εγκατάσταση ενός αισθητήρα παρουσίας, ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος και τον τρόπο χρήσης του χώρου, αλλά συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 30% και 50%.

Πολύ σημαντική 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

Η κλιματική αλλαγή, η ενεργειακή απεξάρτηση από τρίτες χώρες και η αναγκαιότητα αναβάθμισης του υπάρχοντος κτηριακού αποθέματος οδήγησαν την Ευρώπη στη έκδοση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/ΕΚ περί ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Η Ελλάδα, ως όφειλε απέναντι στις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εναρμόνισε την εθνική της νομοθεσία με την Κοινοτική Οδηγία, σύμφωνα με τον Νόμο 3661/2008.

Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ), ως τεχνικός Σύμβουλος της Πολιτείας συνέβαλε καθοριστικά στη σύνταξη του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ.) και των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ), οι οποίες εξειδικεύουν τα πρότυπα των μελετών και των επιθεωρήσεων της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στα ελληνικά κλιματικά και κτηριακά δεδομένα. Στην ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 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 Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010).

2.2 Στάθμη 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 εκτέλεση εργασιών, χωρίς φαινόμενα που δημιουργούν οπτική δυσφορία ή/και κόπωση (θάμβωση κλπ).

Στον Πίνακα 1 αναγράφονται τα μέσα ελάχιστα επίπεδα φωτισμού και εγκατεστημένης ισχύος ηλεκτροφωτισμού ανά χρήση κτηρίου, για ενδεικτικές χρήσεις, όπως δίνονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464.1:2002.

Πίνακας 1: Στάθμη φωτισμού κι επίπεδο αναφοράς ενδεικτικών χώρων

Χώρος	Στάθμη φωτισμού (lx)	Επίπεδο αναφοράς (m)
Γραφείο	500	0.8
Αίθουσα διδασκαλίας	500	0.8
Εργαστήριο	500	0.8
Διάδρομος	100	0.0
Κλιμακοστάσιο	100	0.0
Λουτρό	150	0.5
Κυλικείο	200	0.8
Αίθουσα αρχείου	150	0.0

2.3 Περιοχές (ζώνες) φυσικού φωτισμού

Η χρήση φυσικού φωτισμού εξαρτάται από τον προσανατολισμό του κτηρίου, τον ηλιασμό του, τα πλευρικά ανοίγματα των χώρων του ή τα ανοίγματα της οροφής, τις ώρες λειτουργίας, τη χρήσεις και τις διαστάσεις των χώρων του (βάθος, μήκος, ύψος) κ.ά.

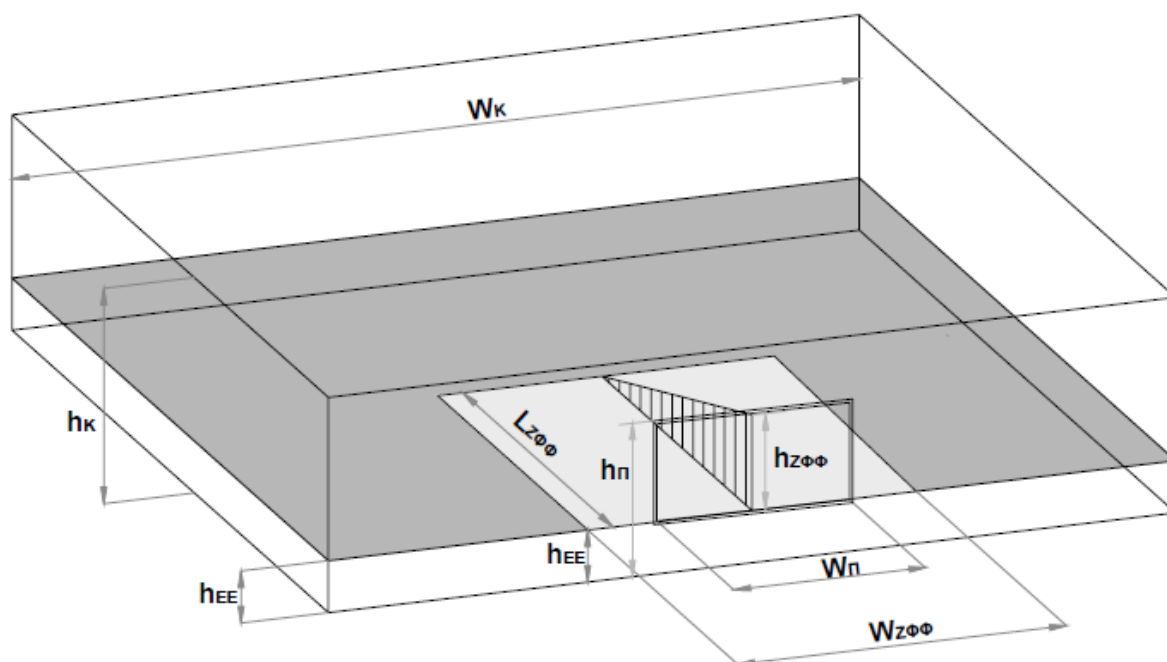
Εάν σε έναν χώρο υπάρχει πλευρικό άνοιγμα, το οποίο έχει πλάτος W_{π} και ύψος πρεκιού h_{π} (Εικόνα 1) , τότε η ζώνη φυσικού φωτισμού που σχηματίζεται καλύπτει μέρος του χώρου επάνω από την επιφάνεια εργασίας (με ύψος h_{EE}) και έχει βάθος $L_{Z\Phi\Phi}$, που εξαρτάται από το ύψος της δέσμης φυσικού φωτισμού $h_{Z\Phi\Phi}$ (ύψος μεταξύ πρεκιού κι επιφάνειας εργασίας) και υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις.

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

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

Αντίστοιχα, το πλάτος της ζώνης φυσικού φωτισμού W_{π} (Εικόνα 1) υπολογίζεται ως το άθροισμα του πλάτους του παραθύρου και το μισό του βάθους της ζώνης φυσικού φωτισμού $L_{Z\Phi\Phi}$, όπως περιγράφεται στην ακόλουθη σχέση:

$$W_{Z\Phi\Phi} = W_{\pi} + 0,5 * L_{Z\Phi\Phi}$$



Εικόνα 1: Ζώνη φυσικού φωτισμού από πλευρικά ανοίγματα χώρων

3 Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού

Ένα σύστημα φωτισμού πρέπει να μελετάται και ως προς την οικονομική του βιωσιμότητα. Η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού παίζει σημαντικό ρόλο στην απόφαση για την εγκατάσταση ή μη ενός συστήματος καθώς και στη σύγκριση δύο προτεινόμενων συστημάτων. Ωστόσο, τα οικονομικά κριτήρια δεν πρέπει να δρουν ανταγωνιστικά με τα αισθητικά και οπτικά, που επίσης πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του ο σχεδιαστής.

3.1 Συνολικό κόστος της εγκατάστασης φωτισμού

Η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλα τα κόστη που σχετίζονται με την αγορά, την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρησή του.

Το συνολικό κόστος ενός συστήματος φωτισμού αποτελείται από:

- 1) το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης
- 2) το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας
- 3) το κόστος συντήρησης

3.1.1 Αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης

Το αρχικό κόστος, K_α (€), περιλαμβάνει την αγορά και την εγκατάσταση του εξοπλισμού, είναι ανεξάρτητο από τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού και υπολογίζεται ως εξής:

$$K_\alpha = (\text{Κόστος εξοπλισμού}) + [(\text{Ώρες εγκατάστασης}) * (\text{Ωρομίσθιο})],$$

Όπου το κόστος εξοπλισμού είναι σε € και το ωρομίσθιο σε €/ώρα.

Το κόστος του εξοπλισμού εξαρτάται από τις επιλογές που κάνει ο σχεδιαστής, όπως των φωτιστικών και των λαμπτήρων και αυξάνεται με την εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμών. Το κόστος εγκατάστασης επηρεάζεται από τις ώρες εργασίας και την τιμή αυτής. Οι ώρες εργασίας μπορούν να μειωθούν με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού και η τιμή της εργασίας διαφέρει αρκετά από περιοχή σε περιοχή.

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει υφιστάμενο σύστημα φωτισμού, μελετάται το ενδεχόμενο της αναβάθμισής του ώστε να μειωθεί το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Το αρχικό κόστος

αγοράς και τοποθέτησης του εξοπλισμού ονομάζεται κόστος αναβάθμισης. Γενικά, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η υφιστάμενη καλωδίωση για το νέο σύστημα φωτισμού, καθώς έτσι μειώνεται το κόστος αντικατάστασης του υφιστάμενου συστήματος και η αναβάθμισή του γίνεται μια οικονομικά ελκυστική επιλογή.

3.1.2 Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας

Το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας εξαρτάται από τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού.

Το ετήσιο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας, K_{en} (€/έτος), δίνεται από τη σχέση:

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

όπου P η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού σε kW

Η τιμή της κιλοβατώρας (€/kWh) καθορίζεται από τη Δ.Ε.Η. , ανά κατηγορία πελατών (οικιακά τιμολόγια, τιμολόγια μέσης τάσης και τιμολόγια χαμηλής τάσης).

Οι ώρες λειτουργίας ανά έτος προκύπτουν με εκτίμηση της χρήσης του κτηρίου.

3.1.3 Κόστος συντήρησης

Το κόστος συντήρησης του συστήματος φωτισμού προκύπτει μετά από κάποια χρόνια λειτουργίας αυτού, οπότε και απαιτούνται ορισμένες παρεμβάσεις. Τέτοιου είδους παρεμβάσεις είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων και των στραγγαλιστικών πηνίων, ο καθαρισμός των φωτιστικών σωμάτων, ο καθαρισμός των χώρων, η αντικατάσταση σπασμένων διαχυτικών καλυμμάτων ή ανακλαστικών περσίδων.

Το κόστος συντήρησης, K_{σ} (€/έτος), υπολογίζεται ως εξής:

$$K_{\sigma} = (\text{Κόστος υλικών συντήρησης}) * [(\text{Ώρες συντήρησης/έτος}) * \text{Ωρομίσθιο}]$$

Όπου το κόστος των υλικών συντήρησης είναι σε €/έτος και το ωρομίσθιο σε €/ώρα.

3.1.4 Συνολικό κόστος

Το συνολικό κόστος μιας εγκατάστασης φωτισμού προκύπτει με την άθροιση των τριών προαναφερόμενων επιμέρους κόστων. Ωστόσο το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης δεν είναι ετήσιο, όπως είναι το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το κόστος συντήρησης. Για αυτό το λόγο, είτε το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης διαιρείται με τη διάρκεια ζωής του συστήματος, ώστε να εκφραστεί σε € ανά έτος και κατόπιν προστίθεται με το ετήσιο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το ετήσιο κόστος συντήρησης, είτε το ετήσιο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το ετήσιο κόστος συντήρησης πολλαπλασιάζονται με τη διάρκεια ζωής του συστήματος, ώστε να προκύψουν τα αντίστοιχα συνολικά κόστη και κατόπιν προστίθενται στο αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης.

Σε πολλές περιπτώσεις, συγκρίνοντας δύο προτεινόμενα συστήματα φωτισμού, το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης του ενός μπορεί να προκύψει μικρότερο σε σχέση με το άλλο, ενώ το συνολικό κόστος του πρώτου να είναι αρκετά μεγαλύτερο. Αυτό αποτελεί μια κλασική περίπτωση σε μια οικονομική ανάλυση συστημάτων φωτισμού, αποδεικνύοντας τη σπουδαιότητα του υπολογισμού του λειτουργικού κόστους και του κόστους συντήρησης.

3.2 Χρόνος απόσβεσης

Ο χρόνος απόσβεσης της προτεινόμενης εγκατάστασης φωτισμού είναι ένα επίσης σημαντικό μέγεθος που πρέπει να υπολογίζεται κατά το σχεδιασμό, είτε πρόκειται για κτήριο υπό ανέγερση, είτε για υφιστάμενο κτήριο. Ως χρόνος απόσβεσης θεωρείται ο χρόνος που απαιτείται ώστε η εξοικονόμηση από το κόστος λειτουργίας να αντισταθμίσει το κόστος της επένδυσης.

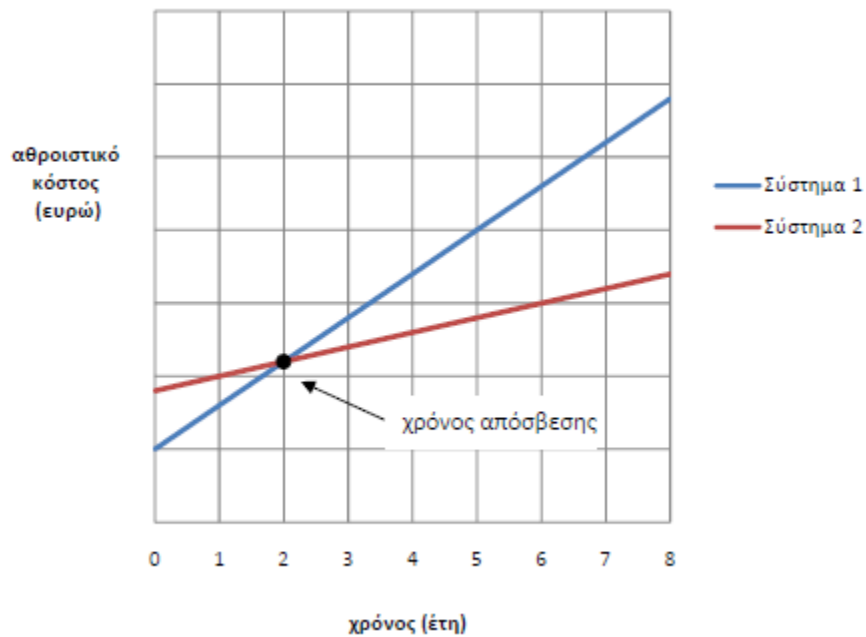
$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{\text{Κόστος επένδυσης}_2 - \text{Κόστος επένδυσης}_1}{\text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας}_1 - \text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας}_2}$$

Όπου οι δείκτες (1) και (2) αναφέρονται στα δύο προτεινόμενα συστήματα φωτισμού.

Στην περίπτωση όπου μελετάται η αναβάθμιση ενός υφιστάμενου συστήματος φωτισμού, ο δείκτης (1) αναφέρεται στο υφιστάμενο σύστημα. Συνεπώς, ο όρος Κόστος επένδυσης (1) ισούται με το μηδέν.

Το κόστος της επένδυσης ισούται με το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης, που υπολογίστηκε παραπάνω. Το ετήσιο κόστος λειτουργίας ισούται με το άθροισμα του ετήσιου κόστους της καταναλισκόμενης ενέργειας και του ετήσιου κόστους συντήρησης, που υπολογίστηκαν επίσης παραπάνω.

Ο χρόνος επένδυσης μπορεί να υπολογισθεί και γραφικά, ως εξής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Γραφικός υπολογισμός χρόνου απόσβεσης

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 νέου κτηρίου της σχολής των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών και καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία σύντομη περιγραφή του νέου κτηρίου Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, η αναλυτική καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού του και υπολογίζεται η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος. Η σχεδίαση του κτηρίου στο πρόγραμμα και η καταγραφή του εξοπλισμού έγινε σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά και ηλεκτρολογικά σχέδια που μας παραχώρησε η τεχνική υπηρεσία του Ε.Μ.Π. και επιβεβαιώθηκε μετά από επισκέψεις στο κτήριο.

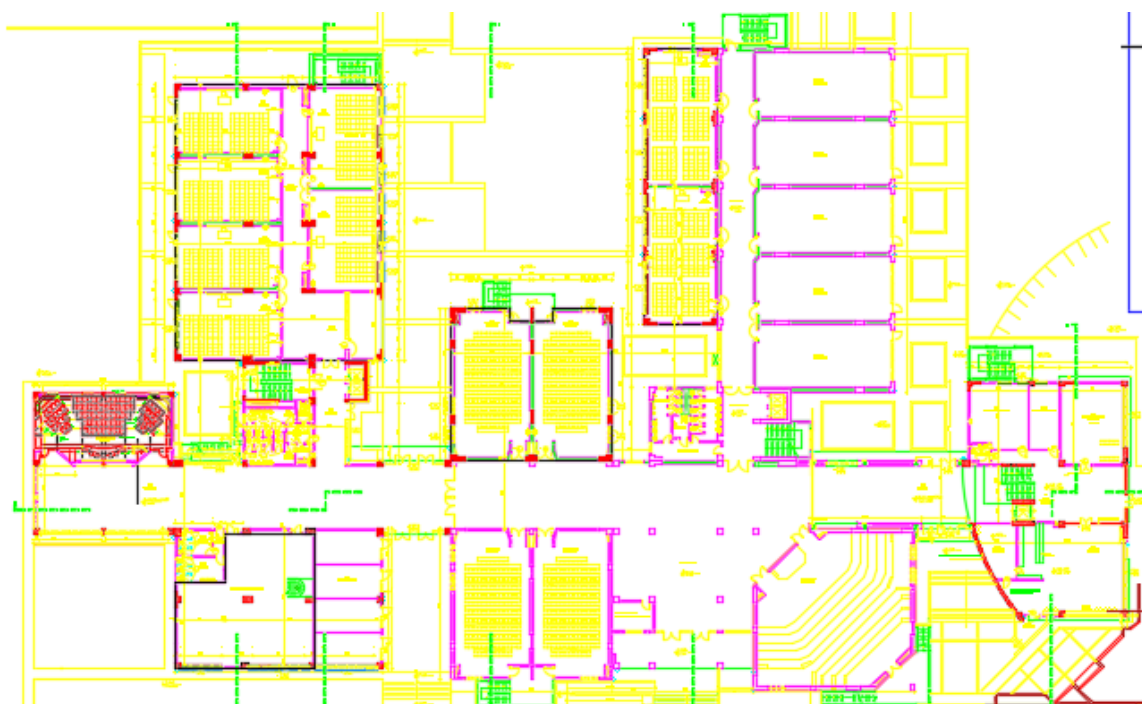
4.2 Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου

Τα νέα κτήρια των Ηλεκτρολόγων βρίσκονται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, έχουν δυτικό προσανατολισμό και χτίστηκαν σε δύο φάσεις. Η Α' φάση παραδόθηκε τη δεκαετία του 1990 και απαρτίζεται από το ισόγειο και δύο ορόφους. Η Β' φάση παραδόθηκε τη δεκαετία του 2000 και απαρτίζεται από το ισόγειο και τρεις ορόφους. Κάτω από αυτό το συγκρότημα κτηρίων βρίσκεται υπόγειος χώρος.

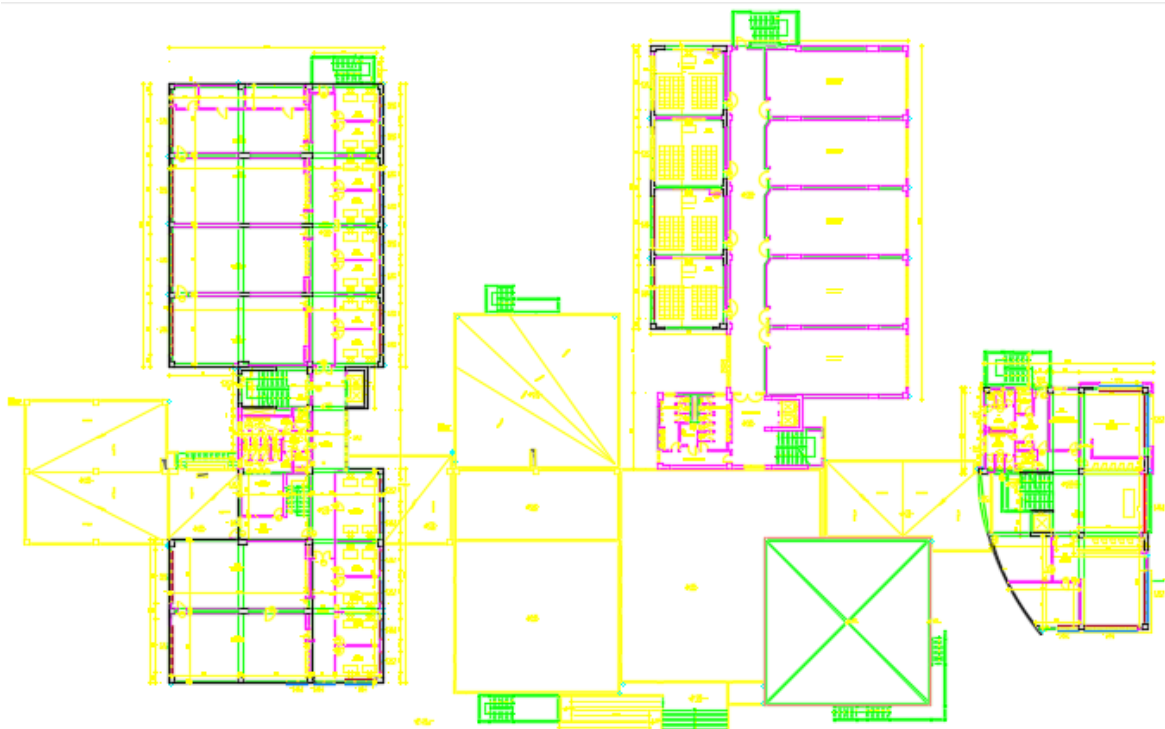
Στο υπόγειο του κτηρίου, εκτός από χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων, βρίσκονται λεβητοστάσια και μηχανοστάσια. Το ισόγειο αποτελείται από αμφιθέατρα, αίθουσες διδασκαλίας καθώς και από τη βιβλιοθήκη της σχολής, το χώρο του κυλικείου, αίθουσες που αποτελούν το αρχείο της Γραμματείας και, όπως και όλοι οι υπόλοιποι όροφοι, χώρους κοινής χρήσης (διαδρόμους, χολλ, λουτρά). Ο πρώτος όροφος φιλοξενεί τις Γραμματείες της σχολής (Προπτυχιακών και Μεταπτυχιακών), αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια. Ο δεύτερος όροφος στεγάζει το γραφείο του Λογιστηρίου, του Κοσμήτορα της σχολής και της γραμματέως του, εργαστήρια καθώς και γραφεία διαδασκόντων. Ο τρίτος και τελευταίος όροφος αποτελείται από εργαστήρια και γραφεία διαδασκόντων. Στις Εικόνα 2 έως Εικόνα 6 φαίνονται οι αρχιτεκτονικές κατόψεις του κτηρίου.



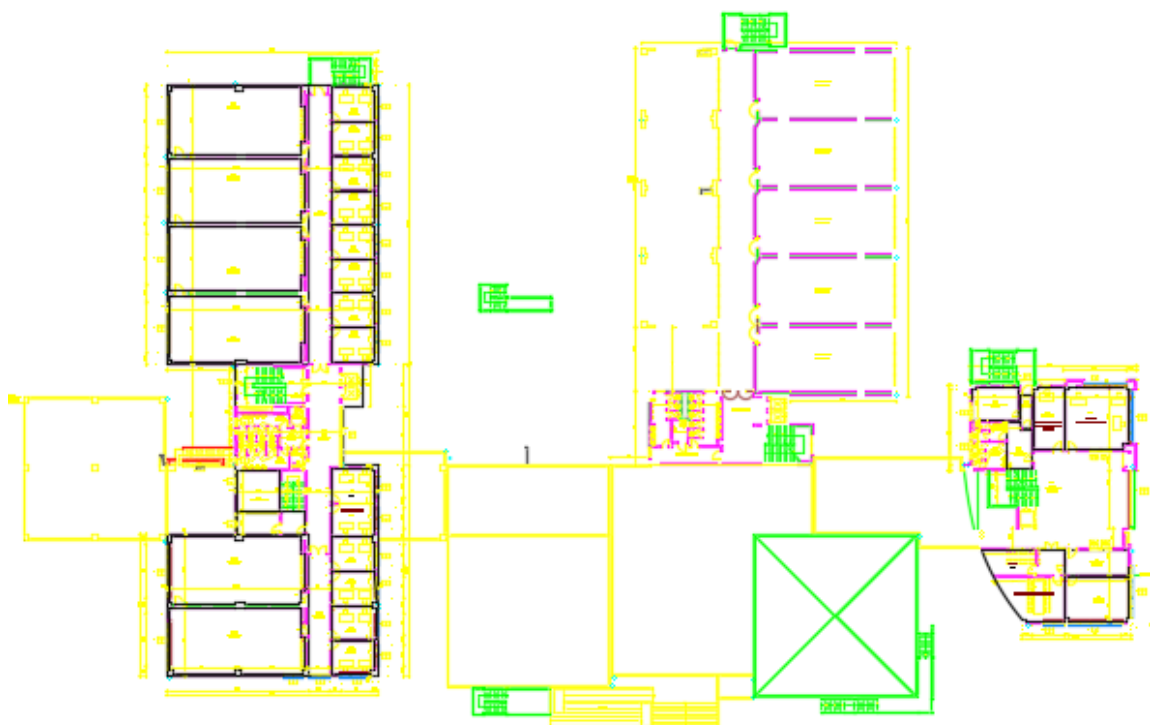
Εικόνα 2: Αρχιτεκτονική κάτοψη του υπογείου



Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική κάτοψη του ισογείου



Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική κάτοψη του 1^{ου} ορόφου



Εικόνα 5: Αρχιτεκτονική κάτοψη του 2^{ου} ορόφου



Εικόνα 6: Αρχιτεκτονική κάτοψη του 3^{ου} ορόφου

4.3 Περιγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού

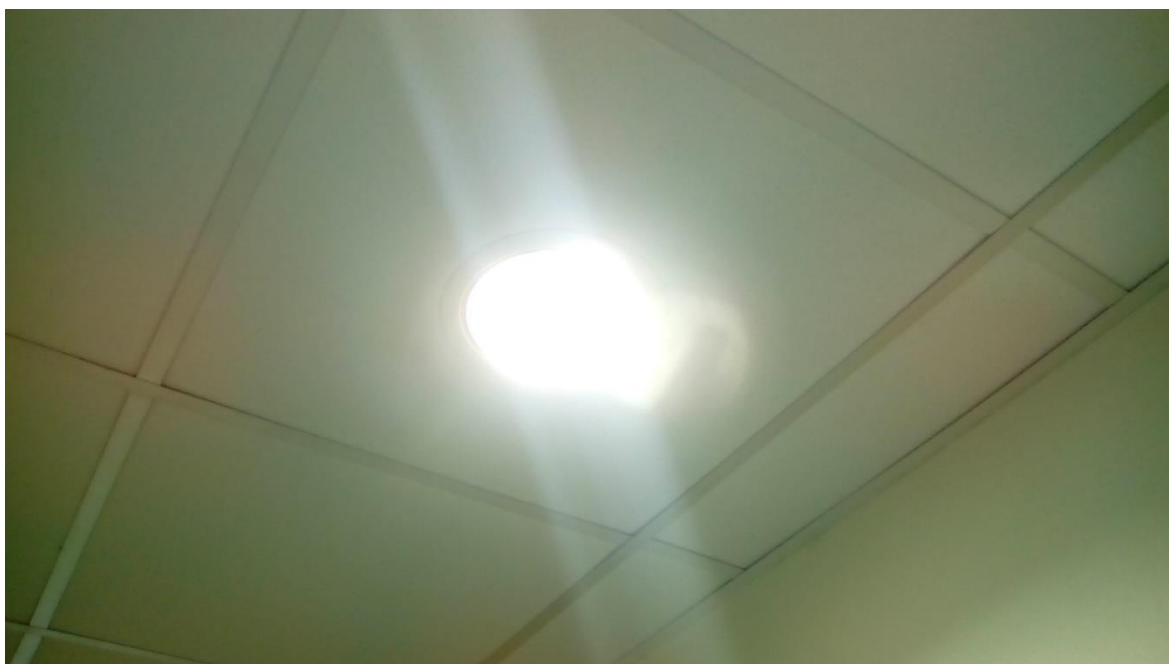
Όλα τα φωτιστικά του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτηρίου διαθέτουν λαμπτήρες φθορισμού. Συγκεκριμένα, το υπόγειο φωτίζεται από φωτιστικά σώματα οροφής με κάλυμμα (2 λαμπτήρες φθορισμού των 36 Watt, Εικόνα 7) και τα εργαστήρια από φωτιστικά σώματα ψευδοροφής με παραβολικό ανταυγαστήρα και περσίδες (4 λαμπτήρες φθορισμού, των 18 Watt). Στα λουτρά και τους χώρους υγιεινής είναι τοποθετημένα στρογγυλά φωτιστικά οροφής (με 1 λαμπτήρα, των 32 Watt), φωτιστικά οροφής (με 1 λαμπτήρα, των 38 Watt) και φωτιστικά τοίχου (με 1 λαμπτήρα, των 10 Watt, Εικόνα 8). Οι αίθουσες, τα αμφιθέατρα, τα γραφεία διδασκόντων, τα κλιμακοστάσια, οι διάδρομοι και λοιποί χώροι φωτίζονται από δύο είδη στρογγυλών φωτιστικών ψευδοροφής (2 λαμπτήρες, των 18 και 26 Watt, ανά φωτιστικό αντίστοιχα, Εικόνα 9).



Εικόνα 7: Φωτιστικό φθορισμού, με 2 λαμπτήρες των 36 Watt, υπόγειος χώρος στάθμευσης



Εικόνα 8: Φωτιστικό τοίχου, με 1 λαμπτήρα των 10 watt, χώρος υγιεινής



Εικόνα 9: Στρογγυλό φωτιστικό ψευδοροφής, με 2 λαμπτήρες των 18 watt, διάδρομος

4.4 Καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού

Στους Πίνακες 2 έως 9 αναγράφονται το όνομα του κάθε χώρου, τα φωτιστικά σώματα που βρίσκονται σε αυτόν, οι λαμπτήρες που αντιστοιχούν σε κάθε φωτιστικό, τα ονομαστικά Watt του κάθε λαμπτήρα και τα συνολικά watt του κάθε φωτιστικού (συμπεριλαμβανομένων των απωλειών του ballast 20%). Στην τελευταία στήλη αναγράφεται η τελική κατανάλωση κάθε χώρου ή του πλήθους όμοιων χώρων, όπου υπάρχουν (για παράδειγμα τα λουτρά, όμοιες αίθουσες και όμοια γραφεία).

4.4.1 Υπόγειο

Πίνακας 2 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (υπόγειο)¹

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (Watt)	Σύνολο χώρου (Watt)
Χώρος Στάθμευσης 1	50	2	36	86.4	4320.0
Χώρος Στάθμευσης 2	70	2	36	86.4	6048.0
Κλιμακοστάσιο 1	3	2	18	43.2	129.6
Χολλ	8	2	18	43.2	345.6
Χώρος υγιεινής 1	4	1	18	21.6	86.4
	4	1	32	38.4	153.6
Χώρος υγιεινής 2	4	1	18	21.6	86.4
	2	1	32	38.4	76.8
WC	1	1	32	38.4	307.2
Sink	2	1	32	38.4	76.8
UPS	1	2	36	86.4	259.2
Χώρος Η/Ζ 1	2	2	36	86.4	172.8
Αποθήκη	2	2	36	86.4	172.8
Χώρος Η/Ζ 2	2	2	36	86.4	172.8
ΧΤ	4	2	36	86.4	345.6
Αεριοστάσιο	4	2	36	86.4	345.6
Μηχανοστάσιο Κλιματισμού 1	6	2	36	86.4	518.4
Μηχανοστάσιο Κλιματισμού 2	4	2	36	86.4	691.2
Μηχανοστάσιο Κλιματισμού 3	4	2	36	86.4	345.6
Μηχανοστάσιο Ανελκυστήρα	2	2	36	86.4	345.6
Μηχανοστάσιο Αερισμού	3	2	36	86.4	259.2
Κεντρικοί Κατανεμητές	2	2	36	86.4	172.8
Κλιμακοστάσιο 2	2	2	18	43.2	86.4
Σύνολο					15518.4

¹ Στη στήλη με τη συνολική ισχύ του φωτιστικού έχουμε συνυπολογίσει και τις απώλειες ballast 20%

4.4.2 Ισόγειο

4.4.2.1 Α΄ Φάση

Πίνακας 3 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Α΄ Φάση - ισόγειο) ²

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Αμφιθέατρο 1	75	2	26	62.4	4680.0
Αμφιθέατρο 2	56	2	26	62.4	13977.6
Χολλ Εισόδου	50	2	26	62.4	3120.0
Χολλ Αμφιθεάτρων	16	2	26	62.4	998.4
Θυρωρείο	6	2	26	62.4	374.4
Αίθουσα 1	32	2	26	62.4	9984.0
Αίθουσα 6	40	2	26	62.4	4992.0
Χολλ 1-7	6	2	26	62.4	374.4
Διάδρομος 1-7	22	2	26	62.4	1372.8
Προθάλαμος	3	2	26	62.4	187.2
Χώρος Υγιεινής Ανδρών	3	1	18	21.6	64.8
	2	1	38	45.6	91.2
Χώρος Υγιεινής Γυναικών	5	1	18	21.6	108.0
	2	1	38	45.6	91.2
WC	1	1	32	38.4	345.6
WC Α.Μ.Κ.	1	1	18	21.6	21.6
Κλιμακοστάσιο	2	2	18	43.2	86.4
Διάδρομος Κυλικείου Γραμματείας	12	2	26	62.4	748.8
Κλιμακοστάσιο	2	2	26	62.4	124.8
Χολλ Κυλικείου	15	2	26	62.4	936.0
Κυλικείο	40	2	26	62.4	2496.0
Αποθήκη Κυλικείου	6	2	26	62.4	374.4
Χολλ Εισόδου Κυλικείου	4	2	26	62.4	249.6
Εντευκτήριο	24	2	26	62.4	1497.6
Διάδρομος Αρχείου	2	2	26	62.4	124.8
Αρχείο 1	10	2	26	62.4	624.0
Αρχείο 2	18	2	26	62.4	1123.2
WC Α.Μ.Κ.	1	1	18	21.6	21.6
	1	1	32	38.4	38.4
Σύνολο					49228.8

² Στη στήλη με τη συνολική ισχύ του φωτιστικού έχουμε συνυπολογίσει και τις απώλειες ballast 20%

4.4.2.2 Β' Φάση

Πίνακας 4 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Β' Φάση - ισόγειο)³

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Διάδρομος Α Σε Β	10	2	26	62.4	624.0
Διάδρομος Προς Βιβλιοθήκη	12	2	26	62.4	748.8
Βιβλιοθήκη	47	2	26	62.4	2932.8
Διάδρομος Προς Αίθ.Συνεδρι	10	2	26	62.4	624.0
Αίθουσα Συνεδριάσεων	36	2	26	62.4	2246.4
Στέκι Ηλεκτρολόγων	8	2	26	62.4	1996.8
Χώρος Υγιεινής	3	1	18	21.6	129.6
WC	1	1	32	38.4	230.4
Αίθουσα 8	30	2	26	62.4	3744.0
Αίθουσα 10	32	2	26	62.4	7987.2
Διάδρομος 8-13	7	2	26	62.4	436.8
Χολλ 8-13	8	2	26	62.4	499.2
Διάδρομος Ανελκυστήρα	5	2	26	62.4	312.0
Κλιμακοστάσιο	4	2	26	62.4	249.6
Προθάλαμος	2	2	26	62.4	124.8
Χώρος Υγιεινής	4	1	18	21.6	172.8
Αποθήκη	1	1	32	38.4	38.4
WC Α.Μ.Κ.	1	1	32	38.4	38.4
WC	1	1	32	38.4	230.4
Σύνολο					23366.4

³ Στη στήλη με τη συνολική ισχύ του φωτιστικού έχουμε συνυπολογίσει και τις απώλειες ballast 20%

4.4.3 1^{ος} Όροφος

4.4.3.1 Α' Φάση

Πίνακας 5 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Α' Φάση – 1^{ος} όροφος) ⁴

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Χολλ	6	2	26	62.4	374.4
Δίαδρομος	11	2	26	62.4	686.4
Αίθουσα	20	2	26	62.4	3744.0
Εργαστήριο	18	4	18	86.4	7776.0
Προθάλαμος WC	3	2	26	62.4	187.2
Χώρος Υγιεινής Ανδρών	3	1	18	21.6	64.8
	2	1	38	45.6	91.2
Χώρος Υγιεινής Γυναικών	5	1	18	21.6	108.0
	2	1	38	45.6	91.2
WC	1	1	32	38.4	345.6
WC Α.Μ.Κ.	1	1	18	21.6	21.6
Κλιμακοστάσιο	2	2	18	43.2	86.4
Χολλ Προ Γραμματείας	6	2	26	62.4	374.4
Κλιμακοστάσιο	2	2	18	43.2	86.4
Χολλ Γραμματείας Προπτ.	6	2	26	62.4	374.4
Γραμματεία Προπτ.	32	2	26	62.4	1996.8
Αρχείο	11	2	26	62.4	686.4
Γραφείο Προισταμένης	14	2	26	62.4	873.6
Χολλ Γραμματείας Μεταπτ.	3	2	26	62.4	187.2
Γραμματεία Μεταπτ.	24	2	26	62.4	1497.6
Γραφείο	6	2	26	62.4	374.4
Χώρος Κυκλοφορίας	3	2	26	62.4	187.2
Sink	1	1	18	21.6	21.6
Κουζινάκι	1	1	18	21.6	21.6
Χώρος Υγιεινής	3	1	18	21.6	129.6
	1	1	38	45.6	45.6
WC	1	1	32	38.4	230.4
WC Α.Μ.Κ.	1	1	18	21.6	21.6
Σύνολο					20685.6

⁴ Στη στήλη με τη συνολική ισχύ του φωτιστικού έχουμε συνυπολογίσει και τις απώλειες ballast 20%

4.4.3.2 Β' Φάση

Πίνακας 6 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Β' Φάση – 1^{ος} όροφος)⁵

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Αίθουσα 1	1	4	18	86.4	86.4
Αίθουσα 2	2	4	18	86.4	172.8
Αίθουσα 3	3	4	18	86.4	259.2
Εργαστήριο 1	12	4	18	86.4	1036.8
Εργαστήριο 2	18	4	18	86.4	6220.8
Εργαστήριο Γωνιακό	18	4	18	86.4	1555.2
Διάδρομος 1	8	2	26	62.4	499.2
Γραφείο	9	2	26	62.4	6177.6
Γραμματεία	18	2	26	62.4	1123.2
Γραφείο Γωνιακό	9	2	26	62.4	561.6
Διάδρομος 2	8	2	26	62.4	499.2
Διάδρομος 3	4	2	26	62.4	249.6
Φωτοτυπείο	9	2	26	62.4	561.6
Χολλ Φωτοτυπείου	3	2	26	62.4	187.2
Κλιμακοστάσιο 1	2	2	26	62.4	124.8
	2	2	18	43.2	86.4
Κλιμακοστάσιο 2	2	2	26	62.4	124.8
Προθάλαμος	2	2	26	62.4	124.8
Χώρος Υγιεινής	4	1	18	21.6	172.8
Αποθήκη	1	1	32	38.4	38.4
WC Α.Μ.Κ.	1	1	32	38.4	38.4
	1	1	18	21.6	21.6
WC	1	1	32	38.4	230.4
Σύνολο					20152.8

⁵ Στη στήλη με τη συνολική ισχύ του φωτιστικού έχουμε συνυπολογίσει και τις απώλειες ballast 20%

4.4.4 2^{ος} Όροφος

4.4.4.1 Α' Φάση

Πίνακας 7 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Α' Φάση – 2^{ος} όροφος)⁶

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Χολλ	6	2	26	62.4	374.4
Διάδρομος	11	2	26	62.4	686.4
Εργαστήριο	18	4	18	86.4	7776.0
Προθάλαμος WC	3	2	26	62.4	187.2
Χώρος Υγιεινής Ανδρών	3	1	18	21.6	64.8
	2	1	38	45.6	91.2
Χώρος Υγιεινής Γυναικών	5	1	18	21.6	108.0
	2	1	38	45.6	91.2
WC	1	1	32	38.4	345.6
WC Α.Μ.Κ.	1	1	18	21.6	21.6
Κλιμακοστάσιο	2	2	18	43.2	86.4
Χολλ Προ Γραμματείας	6	2	26	62.4	374.4
Κλιμακοστάσιο	2	2	18	43.2	86.4
Διάδρομος Γραμματείας Προέδ	6	2	26	62.4	374.4
Χολλ Γραμματείας Προέδρου	4	2	26	62.4	249.6
Γραμματεία Προέδρου	8	2	26	62.4	499.2
Κουζινάκι	6	2	26	62.4	374.4
Λογιστήριο	14	2	26	62.4	873.6
Γραφείο Προέδρου	16	2	26	62.4	998.4
Διάδρομος Μεγάλος	5	2	26	62.4	312.0
Χολλ	3	2	26	62.4	187.2
Χώρος Υγιεινής 1	2	1	18	21.6	43.2
Χώρος Υγιεινής 2	1	1	18	21.6	21.6
Sink	1	1	32	38.4	38.4
WC	1	1	32	38.4	115.2
Γραφείο ΔΠΜΣ 1	10	2	26	62.4	624.0
Γραφείο ΔΠΜΣ 2	20	2	26	62.4	1248.0
Γραφείο Πολυδύναμης	6	2	26	62.4	374.4
Σύνολο					16627.2

⁶ Στη στήλη με τη συνολική ισχύ του φωτιστικού έχουμε συνυπολογίσει και τις απώλειες ballast 20%

4.4.4.2 Β' Φάση

Πίνακας 8 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Β' Φάση – 2^{ος} όροφος)⁷

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Εργαστήριο	18	4	18	86.4	7776.0
Εργαστήριο Γωνιακό	18	4	18	86.4	1555.2
Γραφείο	9	2	26	62.4	7300.8
Γραφείο Γωνιακό	9	2	26	62.4	561.6
Διάδρομος 1	8	2	26	62.4	499.2
Διάδρομος 2	8	2	26	62.4	499.2
Διάδρομος 3	4	2	26	62.4	249.6
Αίθουσα Συσκέψεων	12	2	26	62.4	748.8
Χολλ Κλιμακοστασίου	2	2	26	62.4	124.8
Κλιμακοστάσιο 1	4	2	18	43.2	172.8
Κλιμακοστάσιο 2	2	2	26	62.4	124.8
Προθάλαμος	2	2	26	62.4	124.8
Χώρος Υγιεινής	4	1	18	21.6	172.8
Αποθήκη	1	1	32	38.4	38.4
WC Α.Μ.Κ.	1	1	32	38.4	38.4
	1	1	18	21.6	21.6
WC	1	1	32	38.4	230.4
Σύνολο					20239.2

⁷ Στη στήλη με τη συνολική ισχύ του φωτιστικού έχουμε συνυπολογίσει και τις απώλειες ballast 20%

4.4.5 3^{ος} Όροφος

4.4.5.1 Β' Φάση

Πίνακας 9 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Β' Φάση – 3^{ος} όροφος)⁸

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Γραφείο 1	9	4	18	86.4	3110.4
Εργαστήριο 1	9	4	18	86.4	777.6
Εργαστήριο 2	19	4	18	86.4	1641.6
Αίθουσα 1	2	4	18	86.4	172.8
Αίθουσα 2	2	4	18	86.4	172.8
Αίθουσα 3	3	4	18	86.4	259.2
Αίθουσα 4	2	4	18	86.4	172.8
Αίθουσα 5	1	4	18	86.4	86.4
Γραφείο 2	9	2	26	62.4	7300.8
Γραφείο Γωνιακό	9	2	26	62.4	561.6
Διάδρομος 1	8	2	26	62.4	499.2
Διάδρομος 2	8	2	26	62.4	499.2
Διάδρομος 3	4	2	26	62.4	249.6
Αίθουσα Συσκέψεων	12	2	26	62.4	748.8
Χολλ Κλιμακοστασίου	2	2	26	62.4	124.8
Κλιμακοστάσιο 1	4	2	18	43.2	172.8
Κλιμακοστάσιο 2	2	2	26	62.4	124.8
Προθάλαμος	2	2	26	62.4	124.8
Χώρος Υγιεινής	4	1	18	21.6	172.8
Αποθήκη	1	1	32	38.4	38.4
WC Α.Μ.Κ. 1	1	1	32	38.4	38.4
	1	1	18	21.6	21.6
WC Α.Μ.Κ. 2	1	1	32	38.4	230.4
Κλιμακοστάσιο	4	2	18	43.2	172.8
Σύνολο					17474.4

⁸ Στη στήλη με τη συνολική ισχύ του φωτιστικού έχουμε συνυπολογίσει και τις απώλειες ballast 20%

4.5 Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς της υφιστάμενης εγκατάστασης ανά φάση καθώς και η συνολική ισχύς του κτηρίου.

Πίνακας 10 : Συνολική ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης

Επίπεδο	Φάση	Εγκατεστημένη ισχύς (W)
Υπόγειο	-	15518.4
Ισόγειο	A'	49228.8
	B'	29356.8
1ος όροφος	A'	20685.6
	B'	20152.8
2ος όροφος	A'	16627.2
	B'	20239.2
3ος όροφος	B'	17474.4
Σύνολο		189283.2

Παρατηρούμε ότι αντιστοιχούν πολλά φωτιστικά σε κάθε χώρο λόγω του φαινομένου της υπερδιαστασιολόγησης. Αποτέλεσμα της υπερδιαστασιολόγησης είναι η ύπαρξη περιττών φωτιστικών, γεγονός που οδηγεί σε υπερβολικά μεγάλη κατανάλωση σε κάθε χώρο.

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

5.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η κατανάλωση ενέργειας για το φωτισμό του κτηρίου των Ηλεκτρολόγων είναι σε υψηλά επίπεδα. Αυτό οφείλεται σε δύο κύριους λόγους. Πρώτον οφείλεται στο φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης και δεύτερον στο γεγονός ότι η φωτιστική απόδοση των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού δεν ξεπερνά τα 60 lm/W, με αποτέλεσμα να χρειαζόμαστε πολλά φωτιστικά για να έχουμε τον επιθυμητό φωτισμό, φωτιστικά τα οποία καταναλώνουν πολλή ενέργεια. Έτσι οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι δεν αρκεί μόνο να κάνουμε μελέτη για να μειώσουμε τα φωτιστικά, αλλά ότι θα είναι ακόμα καλύτερο να τα αντικαταστήσουμε με νέα φωτιστικά που διαθέτουν λαμπτήρες τεχνολογίας LED.

Στο κεφάλαιο αυτό λοιπόν θα μελετηθεί η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με απλή αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων, με νέα αποδοτικότερα, τα οποία διαθέτουν λαμπτήρες τεχνολογίας LED (Σενάριο Α). Όπως προαναφέρθηκε, η φωτιστική απόδοση των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού δεν ξεπερνά τα 60 lm/Watt, σε αντίθεση με τους λαμπτήρες LED. Συγκεκριμένα τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν για αυτό το σενάριο έχουν φωτιστική απόδοση από 83.3 lm/Watt έως 109.68 lm/Watt.

Οι υπολογισμοί και οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν με το αξιόπιστο 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 στοιχείων του κάθε χώρου (ανακλαστικότητα τοίχων, διαπερατότητες υαλοπινάκων κλπ) και χρησιμοποιήθηκαν τα φωτομετρικά αρχεία των φωτιστικών σωμάτων που έχουν προδιαγραφεί. Ο συντελεστής συντήρησης (maintenance factor) θεωρήθηκε ίσος με 0,8.

Στο χώρο της αίθουσας συνεδριάσεων του Τμήματος της σχολής και στο χώρο της βιβλιοθήκης έγινε πρόσφατα ολοκληρωμένη μελέτη φωτισμού, η οποία και υλοποιήθηκε. Η μελέτη αυτή περιελάμβανε φωτιστικά φθορισμού T5, τα οποία είναι είναι αποδοτικά κι έχουν χαμηλή κατανάλωση, συνεπώς δε θεωρήθηκε σκόπιμο να ξαναγίνει μελέτη.

Στον Πίνακα 11 αναγράφονται τα όρια εντάσεων φωτισμού, καθώς και τα επίπεδα αναφοράς μέτρησης για κάθε χώρο, ανάλογα με τη χρήση του.

Πίνακας 11 : Στάθμη φωτισμού κι επίπεδο αναφοράς για κάθε χώρο

Χώρος	Στάθμη φωτισμού (lux)	Επίπεδο αναφοράς (m)
Γραφείο	500	0.8
Αίθουσα διδασκαλίας	500	0.8
Εργαστήριο	500	0.8
Διάδρομος	100	0.0
Κλιμακοστάσιο	100	0.0
Λουτρό	150	0.5
Κυλικείο	200	0.8
Αίθουσα αρχείου	150	0.0

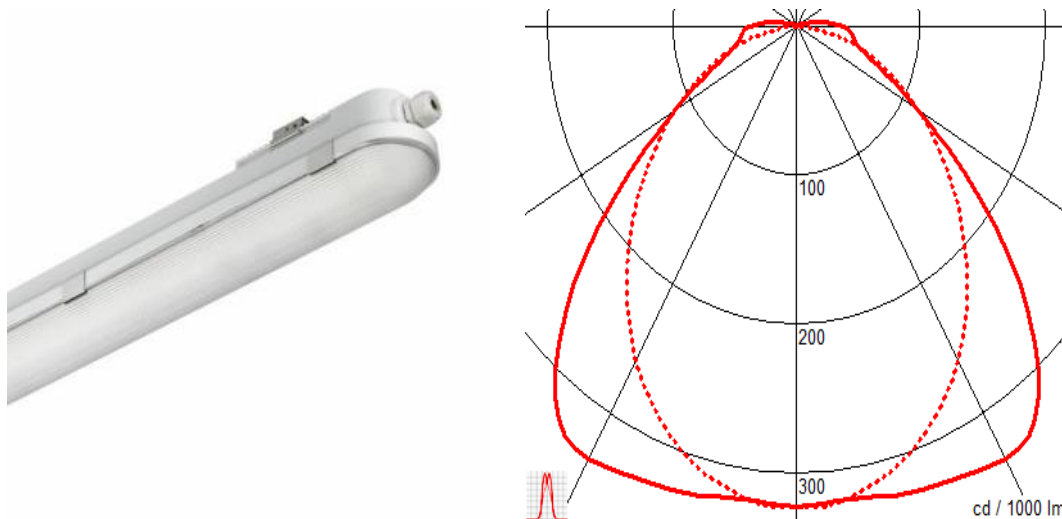
5.2 Περιγραφή προτεινόμενου εξοπλισμού

Τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τεχνολογίας LED, υψηλής απόδοσης, τα οποία είναι εφοδιασμένα με οδηγό (driver), η κατανάλωση του οποίου είναι συνυπολογισμένη στα ονομαστικά τους Watt. Η επιλογή των φωτιστικών αυτών, έναντι άλλων, έγινε βάσει της υψηλής τους απόδοσης, της χαμηλής τους κατανάλωσης, της απόδοσης και της θερμοκρασίας του χρώματός τους καθώς και της μεγάλης διάρκειας ζωής τους.

Πιο συγκεκριμένα, για το φωτισμό του υπόγειου χώρου στάθμευσης επιλέχθηκαν φωτιστικά της εταιρείας Philips, της οικογένειας CoreLine Waterproof τα οποία εξασφαλίζουν υψηλή ποιότητα φωτός και οικονομία στο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.

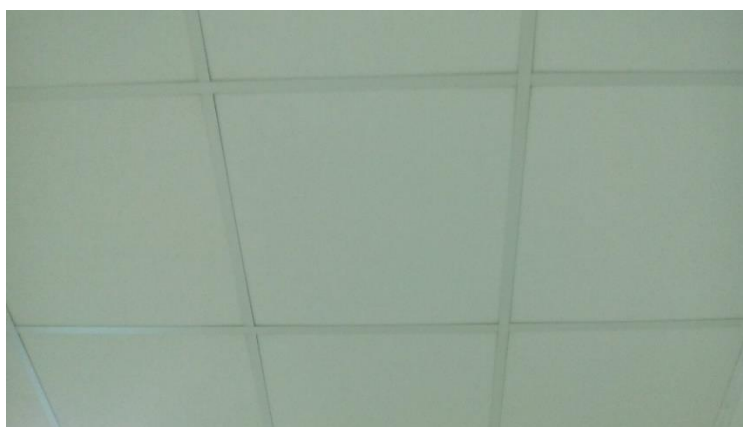
Στην Εικόνα 10 βλέπουμε τη φωτογραφία και το διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού αυτού με χαρακτηριστικά:

Ισχύς : 38 Watt
 Φωτεινή ροή : 4000 lumen
 Φωτιστική απόδοση : 105.26 lm/W



Εικόνα 10: Surface mounted luminaire WT120C L1200 1XLED40S/840

Για χώρους όπως οι αίθουσες διδασκαλίας και τα γραφεία χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά της εταιρείας Philips, της οικογένειας Coreline Recessed. Σημαντικός παράγοντας που συνετέλεσε στην επιλογή τους υπήρξε το μέγεθός τους. Αυτό, διότι για λόγους οικονομίας, είναι πρωτεύουσας σημασίας να κρατηθεί χαμηλά το κόστος εγκατάστασης και το μέγεθος των φωτιστικών αυτών είναι ίσο με τις εσοχές της ψευδοροφής (Εικόνα 11).



Εικόνα 11:Εσοχή ψευδοροφής

Στην Εικόνα 12 βλέπουμε τη φωτογραφία και το διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης αυτού του φωτιστικού με χαρακτηριστικά:

Ισχύς	:	31 Watt
Φωτεινή ροή	:	3400 lumen
Φωτιστική απόδοση	:	109.68 lm/W

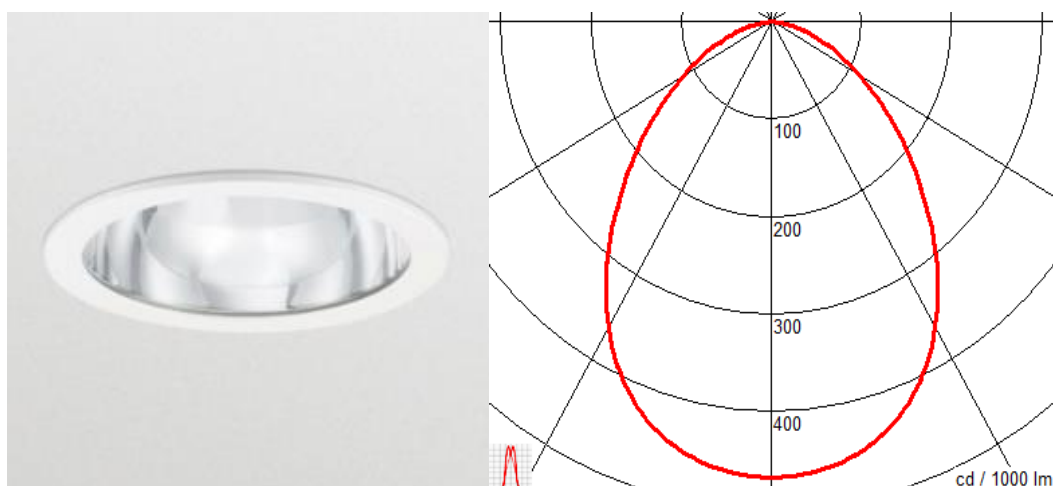


Εικόνα 12: Recessed luminaire RC120B W60L60 1XLED34S/840 PSD VAR-PC

Για τα αμφιθέατρα χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά της εταιρείας Philips, της οικογένειας Greenspace, τα οποία εξασφαλίζουν χαμηλές τιμές κατανάλωσης ισχύος, ευχάριστο οπτικό αποτέλεσμα και είναι ιδανικά για αντικατάσταση φωτιστικών με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού.

Στην Εικόνα 13 βλέπουμε τη φωτογραφία και το διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού αυτού με χαρακτηριστικά:

Ισχύς	:	24 Watt
Φωτεινή ροή	:	2200 lumen
Φωτιστική απόδοση	:	91.67 lm/W



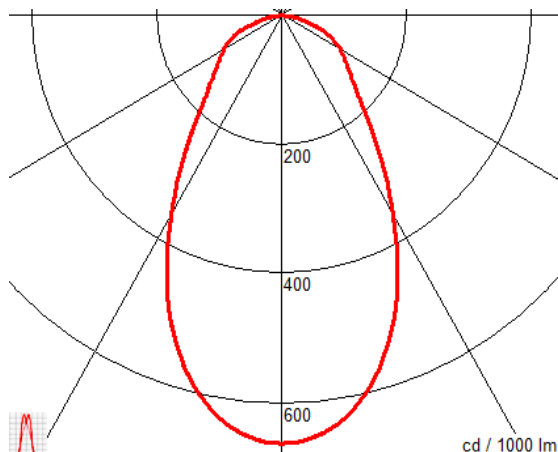
Εικόνα 13: Recessed luminaire DN470B 1xLED20S/840 C

Για τους διαδρόμους, τα κλιμακοστάσια, τους χώρους υγιεινής και γενικά τους χώρους κυκλοφορίας και γενικής χρήσης καθώς και για λοιπούς χώρους (αποθήκες, κυλικείο) χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά της εταιρείας Philips, της οικογένειας Luxspace (Εικόνα 14), τα οποία αποτελούν έναν τέλειο συνδυασμό υψηλής απόδοσης και οπτικής άνεσης.

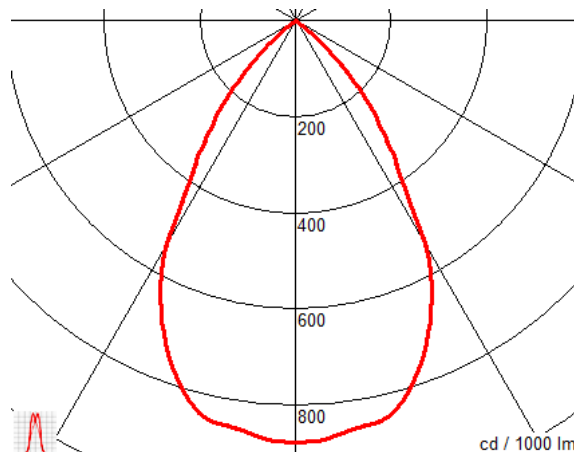
Στις Εικόνες 15 και 16 βλέπουμε τις φωτογραφίες και τα διαγράμματα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης των παρακάτω φωτιστικών.

Ισχύς : 17,8 Watt
Φωτεινή ροή : 1850 lumen
Φωτιστική απόδοση : 103.93 lm/W

Ισχύς : 13,8 Watt
Φωτεινή ροή : 1150 lumen
Φωτιστική απόδοση : 83.33 lm/W



Εικόνα 15: Recessed luminaire DN570B PSED-E 1xLED20S/840 C



Εικόνα 16: Recessed luminaire DN461B 1xLED11S/840 C

Να σημειωθεί ότι η διάμετρος των φωτιστικών που επιλέχθηκαν μελετήθηκε να είναι ίση με αυτή των υφιστάμενων για λόγους οικονομίας (να μη χρειαστεί να γίνουν εκ νέου εργασίες διάνοιξης της ψευδοροφής, με αποτέλεσμα να επιτύχουμε χαμηλό κόστος εγκατάστασης).

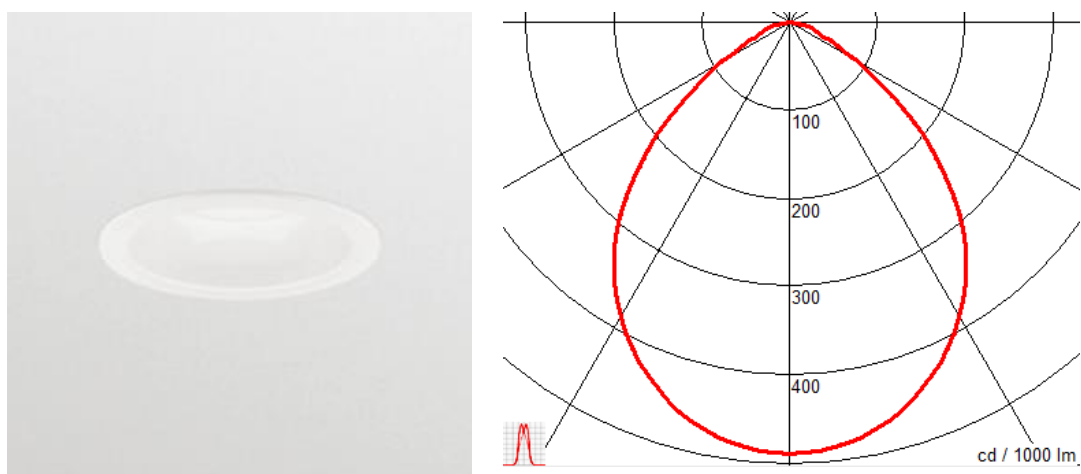
Τέλος για τα λουτρά επιλέχθηκαν φωτιστικά της εταιρείας Philips, των οικογενειών Coreline dowlight, MAD batten και Pentura mini LED, φωτιστικά τα οποία αποτελούν οικονομική επιλογή λόγω της γρήγορης απόσβεσης και της εύκολης τοποθέτησης.

Στις Εικόνες 17 έως 19 βλέπουμε τις φωτογραφίες και τα διαγράμματα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης των παρακάτω φωτιστικών, αντίστοιχα.

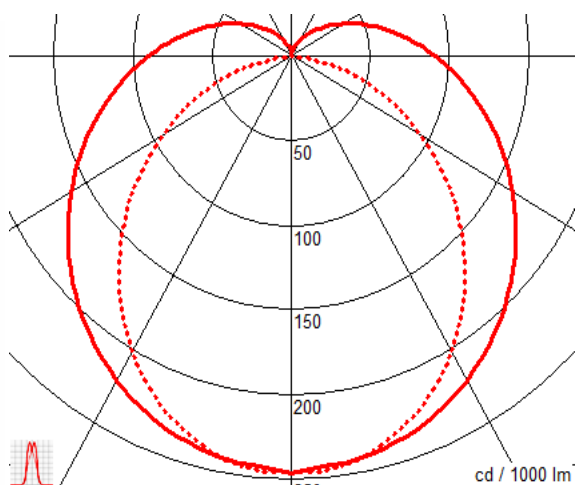
Ισχύς : 11.6 Watt
Φωτεινή ροή : 1250 lumen
Φωτιστική απόδοση : 107.76 lm/W

Ισχύς : 10.3 Watt
Φωτεινή ροή : 956 lumen
Φωτιστική απόδοση : 92.82 lm/W

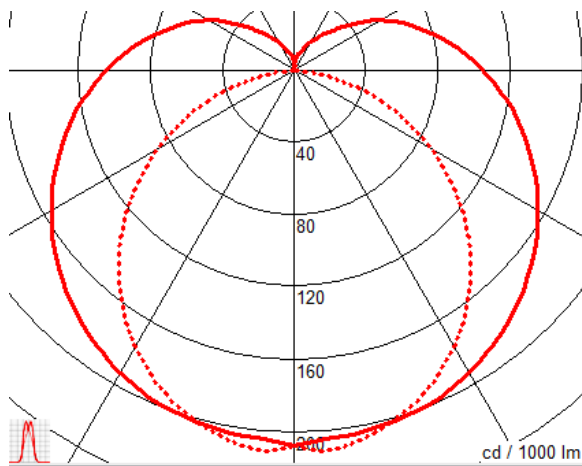
Ισχύς : 19 Watt
Φωτεινή ροή : 1314 lumen
Φωτιστική απόδοση : 96.16 lm/W



Εικόνα 17: Recessed luminaire DN131B D165 1xLED10S/840



Εικόνα 18: Surface-mounted luminaire BN086C L900 1xLED9/CW



Εικόνα 19: Surface-mounted luminaire BN130C 1xLED13S/840 L1158

5.3 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Α)

Στους Πίνακες 12 έως 19 αναγράφονται το όνομα του κάθε χώρου, τα φωτιστικά σώματα που βρίσκονται σε αυτόν, τα ονομαστικά Watt του κάθε λαμπτήρα, στην δε τελευταία στήλη αναγράφεται η τελική κατανάλωση κάθε χώρου ή του πλήθους όμοιων χώρων, όπου υπάρχουν. Να σημειωθεί ότι σε όλα τα φωτιστικά που επιλέχθηκαν για τη μελέτη αυτή αντιστοιχεί ένας λαμπτήρας, για το λόγο αυτό η ισχύς του λαμπτήρα συμπίπτει με την ισχύ του φωτιστικού. Επίσης στην ισχύ του φωτιστικού, όπως προαναφέρθηκε, είναι συμπεριλαμβανόμενες οι απώλειες του οδηγού (driver), εν αντιθέσει με τα φωτιστικά της υφιστάμενης κατάστασης, τα οποία χρησιμοποιούν ballast, των οποίων οι απώλειες έπρεπε να συνυπολογιστούν και ήταν ίσες με 20% της ονομαστικής ισχύος των λαμπτήρων.

Για να φαίνεται τι φωτιστικό τοποθετήθηκε σε κάθε χώρο, στον παρακάτω πίνακα αναγράφεται η συντομογραφία που αντιστοιχεί σε κάθε φωτιστικό.

Φωτιστικό	Τύπος φωτιστικού
WT120C, 36 W	Φ1
RC120B, 31 W	Φ2
DN570B-20S, 17.8 W	Φ3
DN570B-24S, 21.5 W	Φ4
DN470B, 24 W	Φ5
DN461B, 13.8 W	Φ6
DN131B, 11.6 W	Φ7
BN086C, 10.3 W	Φ8
BN130C, 19 W	Φ9

5.3.1 Υπόγειο

Πίνακας 12 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (υπόγειο)⁹

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Σύνολο(Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Χώρος Στάθμευσης 1	49	Φ1	38.0	1862.0	1862.0
Χώρος Στάθμευσης 2	69	Φ1	38.0	2622.0	2622.0
Κλιμακοστάσιο 1	1	Φ3	17.8	17.8	17.8
Χολλ	2	Φ4	21.5	43.0	43.0
Χώρος υγιεινής 1	4	Φ8	10.0	40.0	40.0
	1	Φ4	21.5	21.5	21.5
Χώρος υγιεινής 2	4	Φ7	10.0	40.0	40.0
	1	Φ4	21.5	21.5	21.5
WC	1	Φ6	11.6	11.6	92.8
Sink	2	Φ6	11.6	23.2	23.2
UPS	1	Φ0	36.0	86.4	259.2
Χώρος H/Z 1	2	Φ0	36.0	172.8	172.8
Αποθήκη	2	Φ0	36.0	172.8	172.8
Χώρος H/Z 2	2	Φ0	36.0	172.8	172.8
ΧΤ	4	Φ0	36.0	345.6	345.6
Αεριοστάσιο	4	Φ0	36.0	345.6	345.6
Μηχ/σιο Κλιματισμού 1	6	Φ0	36.0	518.4	518.4
Μηχ/σιο Κλιματισμού 2	4	Φ0	36.0	345.6	691.2
Μηχ/σιο Κλιματισμού 3	4	Φ0	36.0	345.6	345.6
Μηχ/σιο Ανελκυστήρα	2	Φ0	36.0	172.8	345.6
Μηχ/σιο Αερισμού	3	Φ0	36.0	259.2	259.2
Κεντρικοί Κατανεμητές	2	Φ0	36.0	172.8	172.8
Κλιμακοστάσιο 2	1	Φ3	17.8	17.8	17.8
Σύνολο					8603.2

Στον υπόγειο χώρο έγινε αντικατάσταση φωτιστικών μόνο στους κοινόχρηστους χώρους, δηλαδή στο χώρο στάθμευσης, στα κλιμακοστάσια, στους χώρους υγιεινής και στα wc. Οι υπόλοιποι χώροι, αεριοστάσια, μηχανοστάσια κλπ χρησιμοποιούνται σπάνια, συνεπώς η κατανάλωση της ενέργειας που οφείλεται στο φωτισμό τους είναι μικρή, με αποτέλεσμα να θεωρήσουμε άσκοπη την αντικατάσταση του εξοπλισμού τους.

⁹ Όπου Φ0 τα υφιστάμενα φωτιστικά που δεν κρίθηκε σκόπιμο να αντικατασταθούν

5.3.2 Ισόγειο

5.3.2.1 Α΄ Φάση

Πίνακας 13 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Α΄ Φάση – ισόγειο)

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Σύνολο(Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Αμφιθέατρο 1	50	Φ5	24.0	1200.0	1200.0
Αμφιθέατρο 2	34	Φ5	24.0	816.0	3264.0
Χολλ Εισόδου	19	Φ4	21.5	408.5	408.5
Χολλ Αμφιθεάτρων	10	Φ4	21.5	215.0	215.0
Θυρωρείο	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Αίθουσα 1	20	Φ2	31.0	620.0	3100.0
Αίθουσα 6	24	Φ2	31.0	744.0	1488.0
Χολλ 1-7	2	Φ4	21.5	43.0	43.0
Διάδρομος 1-7	8	Φ4	21.5	172.0	172.0
Προθάλαμος	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Χώρος Υγιεινής 1	3	Φ8	10.0	30.0	30.0
	2	Φ9	18.0	36.0	36.0
Χώρος Υγιεινής 2	5	Φ8	10.0	50.0	50.0
	2	Φ9	18.0	36.0	36.0
WC	1	Φ7	11.6	11.6	104.4
WC Α.Μ.Κ.	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
Κλιμακοστάσιο	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Διάδρομος	6	Φ4	21.5	129.0	129.0
Κλιμακοστάσιο	1	Φ3	17.8	17.8	17.8
Χολλ Κυλικείου	4	Φ3	17.8	71.2	71.2
Κυλικείο	11	Φ4	21.5	236.5	236.5
Αποθήκη Κυλικείου	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Χολλ Εισόδου Κυλικείου	1	Φ4	21.5	21.5	21.5
Εντευκτήριο	6	Φ4	21.5	129.0	129.0
Διάδρομος Αρχείου	2	Φ6	13.8	27.6	27.6
Αρχείο 1	3	Φ6	13.8	41.4	41.4
Αρχείο 2	4	Φ3	17.8	71.2	71.2
WC Α.Μ.Κ.	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
Σύνολο					11066.1

5.3.2.2 Β' Φάση

Πίνακας 14 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Β' Φάση – ισόγειο)¹⁰

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Σύνολο(Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Διάδρομος Α Σε Β	4	Φ4	21.5	86.0	86.0
Διάδρομος Βιβλιοθήκης	6	Φ4	21.5	129.0	129.0
Βιβλιοθήκη	47	Φ0	26.0	2444.0	2444.0
Διάδρομος	8	Φ4	21.5	172.0	172.0
Αίθουσα Συνεδριάσεων	36	Φ0	26.0	1872.0	1872.0
Στέκι Ηλεκτρολόγων	4	Φ3	17.8	71.2	284.8
Χώρος Υγιεινής	1	Φ8	10.0	10.0	20.0
WC	1	Φ7	11.6	11.6	69.6
Αίθουσα 8	16	Φ2	31.0	496.0	992.0
Αίθουσα 10	16	Φ2	31.0	496.0	1984.0
Διάδρομος 8-13	5	Φ3	17.8	89.0	89.0
Χολλ 8-13	6	Φ3	17.8	106.8	106.8
Διάδρομος Ανελκυστήρα	3	Φ3	17.8	53.4	53.4
Κλιμακοστάσιο	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Προθάλαμος	1	Φ6	13.8	13.8	13.8
Χώρος Υγιεινής	4	Φ8	10.0	40.0	80.0
Αποθήκη	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
WC Α.Μ.Κ.	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
WC	1	Φ7	11.6	11.6	69.6
Σύνολο					8524.8

¹⁰ Όπου Φ0 τα υφιστάμενα φωτιστικά που δεν κρίθηκε σκόπιμο να αντικατασταθούν

5.3.3 1^{ος} Όροφος

5.3.3.1 Α' Φάση

Πίνακας 15 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Α' Φάση – 1^{ος} όροφος)

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Σύνολο(Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Χολλ	2	Φ4	21.5	43.0	43.0
Δίαδρομος	8	Φ4	21.5	172.0	172.0
Αίθουσα	12	Φ2	31.0	372.0	1116.0
Εργαστήριο	20	Φ2	31.0	620.0	3100.0
Προθάλαμος WC	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Χώρος Υγιεινής 1	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
	2	Φ9	18.0	36.0	36.0
Χώρος Υγιεινής 2	5	Φ8	10.0	50.0	50.0
	2	Φ9	18.0	36.0	36.0
WC	1	Φ7	11.6	11.6	104.4
WC Α.Μ.Κ.	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
Κλιμακοστάσιο	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Χολλ Προ Γραμματείας	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Κλιμακοστάσιο	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Χολλ Γραμματείας	1	Φ4	21.5	21.5	21.5
Γραμματεία Προπτ.	15	Φ2	31.0	465.0	465.0
Αρχείο	2	Φ4	21.5	43.0	43.0
Γραφείο Προισταμένης	7	Φ2	31.0	217.0	217.0
Χολλ Γραμματείας	1	Φ3	17.8	17.8	17.8
Γραμματεία Μεταπτ.	12	Φ2	31.0	372.0	372.0
Γραφείο	6	Φ2	31.0	186.0	186.0
Χώρος Κυκλοφορίας	1	Φ4	21.5	21.5	21.5
Sink	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
Κουζινάκι	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
Χώρος Υγιεινής	3	Φ8	10.0	30.0	60.0
	1	Φ9	18.0	18.0	18.0
WC	1	Φ7	11.6	11.6	69.6
WC Α.Μ.Κ.	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
Σύνολο					6342.8

5.3.3.2 Β' Φάση

Πίνακας 16 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Β' Φάση – 1^{ος} όροφος)

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Σύνολο(Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Αίθουσα 1	2	Φ2	31.0	62.0	62.0
Αίθουσα 2	3	Φ2	31.0	93.0	93.0
Αίθουσα 3	4	Φ2	31.0	124.0	124.0
Εργαστήριο 1	14	Φ2	31.0	434.0	434.0
Εργαστήριο 2	20	Φ2	31.0	620.0	2480.0
Εργαστήριο Γωνιακό	20	Φ2	31.0	620.0	620.0
Διάδρομος 1	6	Φ4	21.5	129.0	129.0
Γραφείο	4	Φ2	31.0	124.0	1364.0
Γραμματεία	8	Φ2	31.0	248.0	248.0
Γραφείο Γωνιακό	4	Φ2	31.0	124.0	124.0
Διάδρομος 2	5	Φ3	17.8	89.0	89.0
Διάδρομος 3	3	Φ3	17.8	53.4	53.4
Φωτοτυπείο	4	Φ3	17.8	71.2	71.2
Χολλ Φωτοτυπείου	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Κλιμακοστάσιο 1	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Κλιμακοστάσιο 2	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Προθάλαμος	1	Φ6	13.8	13.8	13.8
Χώρος Υγιεινής	4	Φ8	10.0	40.0	80.0
Αποθήκη	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
WC Α.Μ.Κ.	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
WC	1	Φ7	11.6	11.6	66.0
Σύνολο					6191.4

5.3.4 2^{ος} Όροφος

5.3.4.1 Α' Φάση

Πίνακας 17 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Α' Φάση – 2^{ος} όροφος)

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Σύνολο(Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Χολλ	2	Φ4	21.5	43.0	43.0
Διάδρομος	8	Φ4	21.5	172.0	172.0
Εργαστήριο	20	Φ2	31.0	620.0	3100.0
Προθάλαμος WC	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Χώρος Υγιεινής 1	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
	2	Φ9	18.0	36.0	36.0
Χώρος Υγιεινής 2	5	Φ8	10.0	50.0	50.0
	2	Φ9	18.0	36.0	36.0
WC	1	Φ7	11.6	11.6	104.4
WC Α.Μ.Κ.	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
Κλιμακοστάσιο	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Χολλ Προ Γραμματείας	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Κλιμακοστάσιο	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Διάδρομος Γραμματείας	3	Φ3	17.8	53.4	53.4
Χολλ Γραμ Προέδρου	1	Φ3	17.8	17.8	17.8
Γραμματεία Προέδρου	5	Φ2	31.0	155.0	155.0
Κουζινάκι	2	Φ4	21.5	43.0	43.0
Λογιστήριο	7	Φ2	31.0	217.0	217.0
Γραφείο Προέδρου	8	Φ2	31.0	248.0	248.0
Διάδρομος Μεγάλος	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Χολλ	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Χώρος Υγιεινής 1	2	Φ8	10.0	20.0	20.0
Χώρος Υγιεινής 2	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
Sink	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
WC	1	Φ7	11.6	11.6	34.8
Γραφείο ΔΠΜΣ 1	6	Φ2	31.0	186.0	186.0
Γραφείο ΔΠΜΣ 2	12	Φ2	31.0	372.0	372.0
Γραφείο Πολυδύναμης	2	Φ4	21.5	43.0	43.0
Σύνολο					5186.6

5.3.4.2 Β' Φάση

Πίνακας 18 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Β' Φάση – 2^{ος} όροφος)

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Σύνολο(Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Εργαστήριο	20	Φ2	31.0	620.0	3100.0
Εργαστήριο Γωνιακό	20	Φ2	31.0	620.0	620.0
Γραφείο	4	Φ2	31.0	124.0	1612.0
Γραφείο Γωνιακό	4	Φ2	31.0	124.0	124.0
Διάδρομος 1	7	Φ3	17.8	124.6	124.6
Διάδρομος 2	5	Φ3	17.8	89.0	89.0
Διάδρομος 3	3	Φ3	17.8	53.4	53.4
Αίθουσα Συσκέψεων	8	Φ2	31.0	248.0	248.0
Χολλ Κλιμακοστασίου	1	Φ3	17.8	17.8	17.8
Κλιμακοστάσιο 1	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Κλιμακοστάσιο 2	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Προθάλαμος	1	Φ6	13.8	13.8	13.8
Χώρος Υγιεινής	4	Φ8	10.0	40.0	80.0
Αποθήκη	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
WC Α.Μ.Κ.	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
WC	1	Φ7	11.6	11.6	69.6
Σύνολο					6256.6

5.3.5 3^{ος} Όροφος

5.3.5.1 Β' Φάση

Πίνακας 19 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Β' Φάση – 3^{ος} όροφος)

Χώρος	Φωτιστικά	Τύπος φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (Watt)	Σύνολο(Watt)	Σύνολο Όμοιων Δωματίων (Watt)
Γραφείο 1	12	Φ2	31.0	372.0	1488.0
Εργαστήριο 1	12	Φ2	31.0	372.0	372.0
Εργαστήριο 2	26	Φ2	31.0	806.0	806.0
Αίθουσα 1	2	Φ2	31.0	62.0	62.0
Αίθουσα 2	2	Φ2	31.0	62.0	62.0
Αίθουσα 3	3	Φ2	31.0	93.0	93.0
Αίθουσα 4	2	Φ2	31.0	62.0	62.0
Αίθουσα 5	1	Φ2	31.0	31.0	31.0
Γραφείο 2	4	Φ2	31.0	124.0	1612.0
Γραφείο Γωνιακό	4	Φ2	31.0	124.0	124.0
Διάδρομος 1	7	Φ3	17.8	124.6	124.6
Διάδρομος 2	5	Φ3	17.8	89.0	89.0
Διάδρομος 3	3	Φ3	17.8	53.4	53.4
Αίθουσα Συσκέψεων	8	Φ2	31.0	248.0	248.0
Χολλ Κλιμακοστασίου	1	Φ3	17.8	17.8	17.8
Κλιμακοστάσιο 1	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Κλιμακοστάσιο 2	2	Φ3	17.8	35.6	35.6
Προθάλαμος	1	Φ6	13.8	13.8	13.8
Χώρος Υγιεινής	4	Φ8	10.0	40.0	80.0
Αποθήκη	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
WC Α.Μ.Κ. 1	1	Φ7	11.6	11.6	11.6
	1	Φ8	10.0	10.0	10.0
WC Α.Μ.Κ. 2	1	Φ7	11.6	11.6	69.6
Κλιμακοστάσιο	2	Φ6	13.8	27.6	27.6
Σύνολο					5540.2

5.3.6 Συνολική ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στον Πίνακα 20 παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς της προτεινόμενης εγκατάστασης ανά φάση καθώς και η συνολική ισχύς του κτηρίου.

Πίνακας 20:Συνολική ισχύς προτεινόμενης κατάστασης(Σενάριο Α)

Επίπεδο	Φάση	Εγκατεστημένη ισχύς (W)
Υπόγειο	-	8603.2
Ισόγειο	A'	10937.1
	B'	8524.8
2ος όροφος	A'	6333.2
	B'	6190.2
2ος όροφος	A'	5186.6
	B'	6256.6
3ος όροφος	B'	5540.2
Σύνολο		57571.9

5.4 Συγκριτικά αποτελέσματα

Στους Πίνακες 21 έως 28 βλέπουμε συγκριτικά τα αποτελέσματα του Σεναρίου Α με την υφιστάμενη κατάσταση. Στην τελευταία στήλη αναγράφεται η ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης σε Watt του κάθε χώρου. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε:

$$\text{Μείωση}(\%) = \frac{\text{Κατ}_{\gamma_{\text{φιστ}}}(Watt) - \text{Κατ}_{\text{ΣενΑ}}(Watt)}{\text{Κατ}_{\gamma_{\text{φιστ}}}(Watt)} * 100$$

Πίνακας 21: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α,υπόγειο

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση,Σενάριο Α		Μείωση (%)
	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	
Χώρος Στάθμευσης 1	50	4320	49	1862.00	56.90
Χώρος Στάθμευσης 2	70	6048	69	2622.00	56.65
Κλιμακοστάσιο 1	3	129.6	1	17.80	86.27
Χολλ	8	345.6	2	43.00	87.56
Χώρος υγιεινής 1	4	86.4	4	40.00	53.70
	4	153.6	1	21.50	86.00
Χώρος υγιεινής 2	4	86.4	4	40.00	53.70
	2	76.8	1	21.50	72.01
WC	1	38.4	1	11.60	69.79
Sink	2	76.8	2	23.20	69.79
Κλιμακοστάσιο 2	2	86.4	1	17.80	79.40

Πίνακας 22: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α, (Α' φάση- ισόγειο)

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση, Σενάριο Α		Μείωση (%)
	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	
Αμφιθέατρο 1	75	4680.0	50	1200.0	74.36
Αμφιθέατρο 2	56	3494.4	34	816.0	76.65
Χολλ Εισόδου	50	3120.0	19	408.5	86.91
Χολλ Αμφιθεάτρων	16	998.4	10	215.0	78.47
Θυρωρείο	6	374.4	2	35.6	90.49
Αίθουσα 1	32	1996.8	20	620.0	68.95
Αίθουσα 6	40	2496.0	24	744.0	70.19
Χολλ 1-7	6	374.4	2	43.0	88.51
Διάδρομος 1-7	22	1372.8	8	172.0	87.47
Προθάλαμος	3	187.2	2	35.6	80.98
Χώρος Υγιεινής 1	3	64.8	3	30.0	53.70
	2	91.2	2	36.0	60.53
Χώρος Υγιεινής 2	5	108.0	5	50.0	53.70
	2	91.2	2	36.0	60.53
WC	1	38.4	1	11.6	69.79
WC Α.Μ.Κ.	1	21.6	1	10.0	53.70
Κλιμακοστάσιο	2	86.4	2	35.6	58.80
Διάδρομος	12	748.8	6	129.0	82.77
Κλιμακοστάσιο	2	124.8	1	17.8	85.74
Χολλ Κυλικείου	15	936.0	4	71.2	92.39
Κυλικείο	40	2496.0	11	236.5	90.52
Αποθήκη Κυλικείου	6	374.4	2	35.6	90.49
Χολλ Εισόδου Κυλικείου	4	249.6	1	21.5	91.39
Εντευκτήριο	24	1497.6	9	193.5	87.08
Διάδρομος Αρχείου	2	124.8	2	27.6	77.88
Αρχείο 1	10	624.0	3	41.4	93.37
Αρχείο 2	18	1123.2	4	71.2	93.66
WC Α.Μ.Κ.	1	21.6	1	10.0	53.70
	1	38.4	1	11.6	69.79
Διάδρομος Α Σε Β	10	624.0	4	86.0	86.22
Διάδρομος	12	748.8	6	129.0	82.77
Διάδρομος	10	624.0	8	172.0	72.44
Στέκι Ηλεκτρολόγων	8	249.0	4	71.2	71.41
Χώρος Υγιεινής	3	64.8	1	10.0	84.57
WC	1	38.4	1	11.6	69.79

Πίνακας 23: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α, (Β' φάση-ισόγειο)

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση, Σενάριο Α		Μείωση (%)
	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	
Αίθουσα 8	30	1872.0	16	496.0	73.50
Αίθουσα 10	32	1996.8	16	496.0	75.16
Διάδρομος 8-13	7	436.8	5	89.0	79.62
Χολλ 8-13	8	499.2	6	106.8	78.61
Διάδρομος Ανελκυστήρα	5	312.0	3	53.4	82.88
Κλιμακοστάσιο	4	249.6	2	35.6	85.74
Προθάλαμος	2	124.8	1	13.8	88.94
Χώρος Υγιεινής	4	86.4	4	40.0	53.70
Αποθήκη	1	38.4	1	11.6	69.79
WC Α.Μ.Κ.	1	38.4	1	11.6	69.79
WC	1	38.4	1	11.6	69.79

Πίνακας 24: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α, (Α' φάση -1^{ος} όροφος)

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση, Σενάριο Α		Μείωση (%)
	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	
Χολλ	6	374.4	2	43.0	88.51
Διάδρομος	11	686.4	8	172.0	74.94
Αίθουσα	20	1248.0	12	372.0	70.19
Εργαστήριο	18	1555.2	20	620.0	60.13
Προθάλαμος WC	3	187.2	2	35.6	80.98
Χώρος Υγιεινής 1	3	64.8	1	10.0	84.57
	2	91.2	2	36.0	60.53
Χώρος Υγιεινής 2	5	108.0	5	50.0	53.70
	2	91.2	2	36.0	60.53
WC	1	38.4	1	11.0	71.35
WC Α.Μ.Κ.	1	21.6	1	10.0	53.70
Κλιμακοστάσιο	2	86.4	2	35.6	58.80
Χολλ Προ Γραμματείας	6	374.4	2	35.6	90.49
Κλιμακοστάσιο	2	86.4	2	35.6	58.80
Χολλ Γραμματείας	6	374.4	1	21.5	94.26
Γραμματεία Προπτ.	32	1996.8	15	465.0	76.71
Αρχείο	11	686.4	2	43.0	93.74
Γραφείο Προισταμένης	14	873.6	7	217.0	75.16
Χολλ Γραμματείας	3	187.2	1	17.8	90.49
Γραμματεία Μεταπτ.	24	1497.6	12	372.0	75.16
Γραφείο	6	374.4	6	186.0	50.32
Χώρος Κυκλοφορίας	3	187.2	1	21.5	88.51
Sink	1	21.6	1	10.0	53.70
Κουζινάκι	1	21.6	1	10.0	53.70
Χώρος Υγιεινής	3	64.8	3	30.0	53.70
	1	45.6	1	18.0	60.53
WC	1	38.4	1	11.0	71.35
WC Α.Μ.Κ.	1	21.6	1	11.0	49.07

Πίνακας 25: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α, (Β' φάση-1^{ος} όροφος)

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση, Σενάριο Α		Μείωση (%)
	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	
Αίθουσα 1	1	86.4	2	62.0	28.24
Αίθουσα 2	2	172.8	3	93.0	46.18
Αίθουσα 3	3	259.2	4	124.0	52.16
Εργαστήριο 1	12	1036.8	14	434.0	58.14
Εργαστήριο 2	18	1555.2	20	620.0	60.13
Εργαστήριο Γωνιακό	18	1555.2	20	620.0	60.13
Διάδρομος 1	8	499.2	6	129.0	74.16
Γραφείο	9	561.6	4	124.0	77.92
Γραμματεία	18	1123.2	8	248.0	77.92
Γραφείο Γωνιακό	9	561.6	4	124.0	77.92
Διάδρομος 2	8	499.2	5	89.0	82.17
Διάδρομος 3	4	249.6	3	53.4	78.61
Φωτοτυπείο	9	561.6	4	71.2	87.32
Χολλ Φωτοτυπείου	3	187.2	2	35.6	80.98
Κλιμακοστάσιο 1	2	124.8			
	2	86.4			
Κλιμακοστάσιο 2	2	124.8	2	35.6	71.47
Προθάλαμος	2	124.8	1	13.8	88.94
Χώρος Υγιεινής	4	86.4	4	40.0	53.70
Αποθήκη	1	38.4	1	11.0	71.35
WC Α.Μ.Κ.	1	38.4	1	11.0	71.35
	1	21.6	1	10.0	53.70
WC	1	38.4	1	11.0	71.35

Πίνακας 26: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α, (Α' φάση-2ος όροφος)

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση, Σενάριο Α		Μείωση (%)
	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	
Χολλ	6	374.4	2	43.0	88.51
Διάδρομος	11	686.4	8	172.0	74.94
Εργαστήριο	18	1555.2	20	620.0	60.13
Προθάλαμος WC	3	187.2	2	35.6	80.98
Χώρος Υγιεινής 1	3	64.8	1	10.0	84.57
	2	91.2	2	36.0	60.53
Χώρος Υγιεινής 2	5	108.0	5	50.0	53.70
	2	91.2	2	36.0	60.53
WC	1	38.4	1	11.6	69.79
WC Α.Μ.Κ.	1	21.6	1	10.0	53.70
Κλιμακοστάσιο	2	86.4	2	35.6	58.80
Χολλ Προ Γραμματείας	6	374.4	2	35.6	90.49
Κλιμακοστάσιο	2	86.4	2	35.6	58.80
Διάδρομος Γραμματείας	6	374.4	3	53.4	85.74
Χολλ Γραμματείας	4	249.6	1	17.8	92.87
Γραμματεία Προέδρου	8	499.2	5	155.0	68.95
Κουζινάκι	6	374.4	2	43.0	88.51
Λογιστήριο	14	873.6	7	217.0	75.16
Γραφείο Προέδρου	16	998.4	8	248.0	75.16
Διάδρομος Μεγάλος	5	312.0	2	35.6	88.59
Χολλ	3	187.2	2	35.6	80.98
Χώρος Υγιεινής 1	2	43.2	2	20.0	53.70
Χώρος Υγιεινής 2	1	21.6	1	10.0	53.70
Sink	1	38.4	1	11.6	69.79
WC	1	38.4	1	11.6	69.79
Γραφείο ΔΠΜΣ 1	10	624.0	6	186.0	70.19
Γραφείο ΔΠΜΣ 2	20	1248.0	12	372.0	70.19
Γραφείο Πολυδύναμης	6	374.4	2	43.0	88.51

Πίνακας 27: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α, (Β' φάση-2^{ος} όροφος)

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση Σενάριο Α		Μείωση (%)
	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	
Εργαστήριο	18	1555.2	20	620.0	60.13
Εργαστήριο Γωνιακό	18	1555.2	20	620.0	60.13
Γραφείο	9	561.6	4	124.0	77.92
Γραφείο Γωνιακό	9	561.6	4	124.0	77.92
Διάδρομος 1	8	499.2	7	124.6	75.04
Διάδρομος 2	8	499.2	5	89.0	82.17
Διάδρομος 3	4	249.6	3	53.4	78.61
Αίθουσα Συσκέψεων	12	748.8	8	248.0	66.88
Χολλ Κλιμακοστασίου	2	124.8	1	17.8	85.74
Κλιμακοστάσιο 1	4	172.8	2	35.6	79.40
Κλιμακοστάσιο 2	2	124.8	2	35.6	71.47
Προθάλαμος	2	124.8	1	13.8	88.94
Χώρος Υγιεινής	4	86.4	4	40.0	53.70
Αποθήκη	1	38.4	1	11.6	69.79
WC Α.Μ.Κ.	1	38.4	1	11.6	69.79
	1	21.6	1	10.0	53.70
WC	1	38.4	1	11.6	69.79

Πίνακας 28: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α, (Β' φάση-3^{ος} όροφος)

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση Σενάριο Α		Μείωση (%)
	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	
Γραφείο 1	9	777.6	12	372.0	52.16
Εργαστήριο 1	9	777.6	12	372.0	52.16
Εργαστήριο 2	19	1641.6	26	806.0	50.90
Αίθουσα 1	2	172.8	2	62.0	64.12
Αίθουσα 2	2	172.8	2	62.0	64.12
Αίθουσα 3	3	259.2	3	93.0	64.12
Αίθουσα 4	2	172.8	2	62.0	64.12
Αίθουσα 5	1	86.4	1	31.0	64.12
Γραφείο 2	9	561.6	4	124.0	77.92
Γραφείο Γωνιακό	9	561.6	4	124.0	77.92
Διάδρομος 1	8	499.2	7	124.6	75.04
Διάδρομος 2	8	499.2	5	89.0	82.17
Διάδρομος 3	4	249.6	3	53.4	78.61
Αίθουσα Συσκέψεων	12	748.8	8	248.0	66.88
Χολλ Κλιμακοστασίου	2	124.8	1	17.8	85.74
Κλιμακοστάσιο 1	4	172.8	2	35.6	79.40
Κλιμακοστάσιο 2	2	124.8	2	35.6	71.47
Προθάλαμος	2	124.8	1	13.8	88.94
Χώρος Υγιεινής	4	86.4	4	40.0	53.70
Αποθήκη	1	38.4	1	11.6	69.79
WC Α.Μ.Κ. 1	1	38.4	1	11.6	69.79
	1	21.6	1	10.0	53.70
WC Α.Μ.Κ. 2	1	38.4	1	11.6	69.79
Κλιμακοστάσιο	4	172.8	2	27.6	84.03

Τέλος, στον Πίνακα 29, παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα συγκριτικά αποτελέσματα του Σεναρίου Α με την Υφιστάμενη κατάσταση.

Πίνακας 29: Συνολική σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α

Επίπεδο	Φάση	Εγκατεστημένη ισχύς (W)		Μείωση (%)
		Υφιστάμενη κατάσταση	Σενάριο Α	
Υπόγειο	-	15518.4	8603.2	44.56
Ισόγειο	A'	49228.8	10937.1	77.78
	B'	29356.8	8524.8	70.96
2ος όροφος	A'	20685.6	6333.2	69.38
	B'	20152.8	6190.2	69.28
2ος όροφος	A'	16627.2	5186.6	68.81
	B'	20239.2	6256.6	69.09
3ος όροφος	B'	17474.4	5540.2	68.30
Σύνολο		189283.2	57571.9	69.58

Παρατηρούμε ότι επιτεύχθηκε μία πολύ μεγάλη μείωση στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ του κτηρίου, της τάξεως του 69,58 %, μείωση, η οποία οδηγεί σε σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, όπως θα αναλύσουμε στο 8^ο Κεφάλαιο.

6 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

6.1 Εισαγωγή

Στην Ελλάδα οι μέρες με ηλιοφάνεια είναι αρκετές, με αποτέλεσμα να είναι πολύ οικονομικό να εκμεταλλευτούμε αυτό το προνόμιο για το φωτισμό των κτηρίων τις μέρες αυτές. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθεί η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, οι οποίοι διαθέτουν τη δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β).

Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται είναι ίδιου τύπου με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α. Χρησιμοποιήθηκε driver με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού με πρωτόκολλο DALI για τα φωτιστικά που δεν είχαν τη δυνατότητα αυτή από την εργοστασιακή τους κατασκευή και συγκεκριμένα για το φωτιστικό Recessed luminaire RC120B W60L60 1XLED34S/840 PSD VAR-PC, που χρησιμοποιήθηκε για το φωτισμό των γραφείων διδασκόντων, γραμματειών και αιθουσών διδασκαλίας.

Για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού προτείνεται η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού σε κάθε διακριτό χώρο εργασίας, ο οποίος έχει επιλεγεί 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). Το σύστημα αυτό είναι τοπικού χαρακτήρα και δε συνδυάζεται ούτε επικοινωνεί με αντίστοιχα συστήματα εγκατεστημένα σε άλλους χώρους. Ο αισθητήρας που θα χρησιμοποιηθεί δε σβήνει το σύστημα φωτισμού, αλλά ρυθμίζει τη στάθμη φωτισμού στη χαμηλότερη ένταση με αποτέλεσμα να υπάρχει μία ελάχιστη κατανάλωση της τάξης του 15% της ισχύος των λαμπτήρων, η οποία λήφθηκε υπόψιν κατά τη διάρκεια των υπολογισμών. Ως κριτήριο επιλογής των χώρων αυτών χρησιμοποιήθηκε ο μέσος συντελεστής DF (Daylight Factor), ο οποίος αποτελεί μέτρο επάρκειας του φυσικού φωτισμού.

$$D_f = \frac{E_i}{E_o} * 100(\%) ,$$

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 (ανακλαστικότητες τοίχων, διαπερατότητες υαλοπινάκων κλπ), των αντίστοιχων δομικών και φυσικών στοιχείων του εξωτερικού περιβάλλοντος (γειτονικά κτήρια και δέντρα αντίστοιχα). Επίσης ορίστηκε ο ακριβής προσανατολισμός του κτηρίου Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (North angle= -90°) 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, όπως φαίνεται στον Πίνακα 30.

Πίνακας 30 : Ωράριο λειτουργίας για κάθε χώρο του υπό μελέτη κτηρίου

Κατηγορία	Ωράριο	Εργάσιμες ημέρες/ έτος
Αίθουσες διδασκαλίας	9 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	215
Γραφεία διδασκόντων	9 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	230
Εργαστήρια	9 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	230
Γραμματείες	8 ⁰⁰ -15 ⁰⁰	230
Βιβλιοθήκη	10 ³⁰ -18 ³⁰	215
Κυλικείο	9 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	225

Να σημειωθεί ότι οι διάδρομοι και οι υπόλοιποι κοινόχρηστοι χώροι κατατάχθηκαν στις παραπάνω κατηγορίες σύμφωνα με την τοποθεσία τους.

Η πιθανότητα ηλιοφάνειας στην περιοχή της Αθήνας είναι, όπως φαίνεται στον Πίνακα 31.

Πίνακας 31 : Μηνιαία πιθανότητα ηλιοφάνειας στην πόλη της Αθήνας

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

Μελετήθηκαν όλοι οι χώροι, οι οποίοι είχαν εξωτερικά ανοίγματα, ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και σε 82 από αυτούς κρίθηκε οικονομικά ωφέλιμη η αξιοποίησή τους. Το νέο προτεινόμενο σύστημα φωτισμού (Σενάριο Β) θα συγκριθεί με την υπάρχουσα κατάσταση καθώς και με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με απλή αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α).

Πολλοί χώροι, αν και έχουν μεγάλα παράθυρα, δεν κρίθηκαν κατάλληλοι για την τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα χώρου υπήρξαν τα γραφεία της γραμματείας, στον 1^ο όροφο. Θα περίμενε κανείς πως αφού ο χώρος αυτός έχει μεγάλα παράθυρα προς νότο και δύση, θα προέκυπτε από τους υπολογισμούς μέτριος ή ακόμα και υψηλός μέσος συντελεστής Df. Αντιθέτως, ο μέσος συντελεστής Df υπολογίστηκε ίσος με 1,07. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη εξωτερικών σκιάστρων και φυσικών εμποδίων και μας αποδεικνύει πόσο σημαντικό είναι κατά τη διάρκεια των υπολογισμών να λαμβάνονται υπόψιν τα στοιχεία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Στην Εικόνα 20 βλέπουμε μία φωτογραφία των σκιάστρων των νότιων παραθύρων της γραμματείας.



Εικόνα 20: Φωτογραφία των νότιων παραθύρων του χώρου της γραμματείας

Σε όλους τους χώρους, εκτός από δύο μικρά γραφεία, οι οποίοι κρίθηκαν κατάλληλοι για τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού, η ζώνη φωτισμού (λόγω των μεγάλων παραθύρων) είναι μεγάλη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μέσα στη ζώνη φωτισμού να εμπεριέχονται πολλά φωτιστικά και όχι μόνο ένα. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν δύο διαφορετικοί αισθητήρες φωτισμού. Ένας αισθητήρας, ο οποίος συνδέεται με όλα τα φωτιστικά που βρίσκονται στη ζώνη φωτισμού, ταυτόχρονα ανιχνεύει παρουσία και τοποθετείται στο ταβάνι (LUXeye Sense DALI BT της εταιρείας OSRAM) κι ένας απλός που τοποθετείται πάνω στο φωτιστικό και το ρυθμίζει (SMART LS II / SMART LS II Ip της εταιρείας tridonic). Στις Εικόνες 21 και 22 παρατίθενται οι φωτογραφίες αυτών των δύο αισθητήρων φωτισμού. Τα χαρακτηριστικά τους αναγράφονται αναλυτικά στο Παράρτημα Δ. Να σημειωθεί ότι στους χώρους, που μελετήθηκε η τοποθέτηση του αισθητήρα LUXeye Sense DALI BT, συνυπολογίστηκε και μία επιπλέον εξοικονόμηση της τάξης του 35% για τους διαδρόμους και τα χολλ και 10% για τα γραφεία, τις αίθουσες και τα εργαστήρια.



Εικόνα 21: Φωτογραφία του αισθητήρα LUXeye Sense DALI BT



Εικόνα 22: Φωτογραφία του αισθητήρα SMART LS II / SMART LS II Ip

6.2 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Β)

Στους Πίνακες 32 έως 35 αναγράφονται το όνομα του κάθε χώρου, η τιμή του μέσου συντελεστή D_f , τα ισοδύναμα Watt που θα καταναλώνονται σε κάθε χώρο καθώς και η επί τους εκατό μείωση που επέρχεται από την εγκατάσταση των αισθητήρων φωτισμού.

6.2.1 Ισόγειο

Πίνακας 32: Καταναλισκόμενη ενέργεια για υφιστάμενη, Σενάριο Α και Β και σύγκριση (ισόγειο)

Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β) (kWh)	Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β (%)
Αίθουσα 6	4.00	5903.04	1759.56	1059.40	39.79	82.05
Διάδρομος προς Γραμματεία	2.50	1684.80	290.25	111.19	61.69	93.40
Χολλ Κυλικείου	2.30	2106.00	160.20	100.00	37.58	95.25
Διάδρομος Α Σε Β	3.80	1578.72	217.58	71.26	67.25	95.49
Διάδρομος προς Βιβλιοθήκη	1.70	1287.94	221.88	81.10	63.45	93.70
Αίθουσα 8	2.19	4427.28	1173.04	738.18	37.07	83.33
Αίθουσα 10	2.60	4722.43	1173.04	593.73	49.39	87.43
Χολλ 8-13	2.09	1180.61	252.58	106.81	57.71	90.95

6.2.2 1^{ος} Όροφος

Πίνακας 33: Καταναλισκόμενη ενέργεια για υφιστάμενη, Σενάριο Α και Β και σύγκριση (1^{ος} όροφος)

Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β) (kWh)	Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β (%)
Χολλ	3.70	885.46	101.70	48.53	52.28	94.52
Αίθουσα	3.60	2951.52	879.78	607.06	31.00	79.43
Γραφείο	2.10	602.78	299.46	229.04	23.52	62.00
Αίθουσα 1	3.54	218.59	156.86	85.77	45.32	60.76
Εργαστήριο 2	2.00	3934.66	1568.60	1301.67	17.02	66.92
Εργαστήριο Γωνιακό	2.10	3934.66	1568.60	1251.25	20.23	68.20
Γραφείο	5.00	1420.85	313.72	152.86	51.28	89.24
Γραμματεία	4.80	2841.70	627.44	319.96	49.01	88.74
Γραφείο Γωνιακό	5.50	1420.85	313.72	156.77	50.03	88.97
Διάδρομος 2	4.04	1262.98	225.17	117.11	47.99	90.73

6.2.3 2^{ος} Όροφος

Πίνακας 34: Καταναλισκόμενη ενέργεια για υφιστάμενη, Σενάριο Α και Β και σύγκριση (2^{ος} όροφος)

Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β) (kWh)	Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β (%)
Χολλ	3.70	947.23	108.79	53.14	51.15	94.39
Διάδρομος	9.00	1736.59	435.16	118.85	72.69	93.16
Εργαστήριο	2.00	3934.66	1568.60	1301.67	17.02	66.92
Εργαστήριο Γωνιακό	2.10	3934.66	1568.60	1252.15	20.17	68.18
Γραφείο	3.28	1420.85	313.72	176.59	43.71	87.57
Γραφείο Γωνιακό	6.30	1420.85	313.72	153.85	50.96	89.17
Διάδρομος 2	3.31	1262.98	225.17	117.41	47.86	90.70

6.2.4 3^{ος} Όροφος

Πίνακας 35: Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς για τα Σενάρια Α και Β και σύγκριση (3^{ος} όροφος)

Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β) (kWh)	Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β (%)
Γραφείο 1	4.10	1967.33	941.16	670.63	28.74	65.91
Εργαστήριο 1	1.80	1967.33	941.16	653.58	30.56	66.78
Εργαστήριο 2	3.10	4153.25	2039.18	1735.18	14.91	58.22
Αίθουσα 1	6.00	437.18	156.86	77.38	50.67	82.30
Γραφείο 2	3.28	1420.85	313.72	176.59	43.71	87.57
Γραφείο Γωνιακό	6.30	1420.85	313.72	153.85	50.96	89.17
Διάδρομος 2	4.04	1262.98	225.17	117.11	47.99	90.73

6.3 Συνολικά αποτελέσματα

Πίνακας 36: Συνολική κατανάλωση ενέργειας και επί τοις εκατό μείωση για τις τρεις καταστάσεις

Επίπεδο	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)			Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β (%)
	Υφιστάμενη κατάσταση	Σενάριο Α	Σενάριο Β		
Ισόγειο	174657.84	40135.25	34875.85	13.10	80.03
1 ^{ος} όροφος	91854.73	29144.71	24404.84	16.26	73.43
2 ^{ος} όροφος	87574.58	27422.41	23349.09	14.85	73.34
3 ^{ος} όροφος	42387.86	13435.97	9936.21	26.05	76.56
Σύνολο	396475.02	110138.34	92566.00	15.95	76.65

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

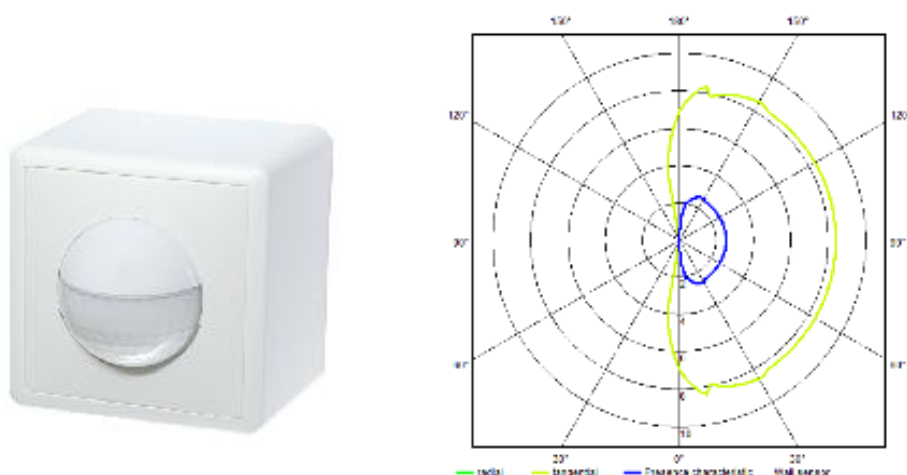
7.1 Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό θα μελετηθεί η τοποθέτηση αισθητήρων, αυτή τη φορά παρουσίας και κίνησης (Σενάριο Γ). Αισθητήρες τοποθετήσαμε σε χώρους γενικής χρήσης, όπως λουτρά, διαδρόμους και τον υπόγειο χώρο στάθμευσης.

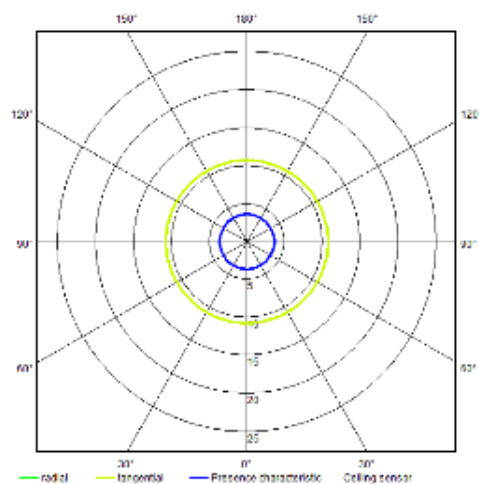
Ο υπόγειος χώρος στάθμευσης φωτίζεται 24 ώρες το εικοσιτετράωρο, 7 ημέρες την εβδομάδα, χωρίς όμως αυτο να είναι απαραίτητο, με αποτέλεσμα την κατανάλωση περιττής ενέργειας. Τα λουτρά, όπως είναι λογικό, δεν έχουν επισκεψιμότητα όλες τις ώρες που λειτουργεί το κτήριο, όμως πολλές φορές οι χρήστες αφήνουν 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 τέτοιων αισθητήρων δεν μπορεί να υπολογιστεί από κάποιο πρόγραμμα, αλλά είναι βιβλιογραφική. Για το λόγο αυτό θεωρήσαμε, ανάλογα με την κίνηση που έχει ο κάθε χώρος, αλλά και σύμφωνα με τις ώρες λειτουργίας του, τα ποσοστά εξοικονόμησης εμπειρικά. Συγκεκριμένα θεωρήσαμε ποσοστό εξοικονόμησης στον υπόγειο χώρο στάθμευσης 50%, στα λουτρά και τους χώρους υγιεινής 40% και στους διαδρόμους 35%. Η εξοικονόμηση θα υπολογισθεί σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

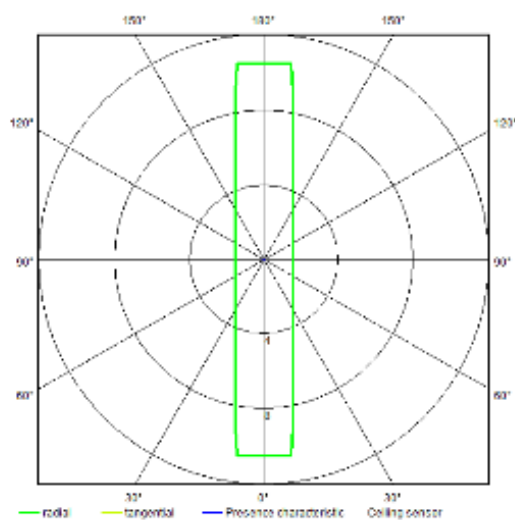
Στις Εικόνες 23 έως 25 παρατίθενται οι φωτογραφίες των αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν. Τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται αναλυτικότερα στο Παράρτημα Δ.



Εικόνα 23: Φωτογραφία και πολικό διάγραμμα του αισθητήρα Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 S 180 AP Master 1C EDI/W



Εικόνα 24: Φωτογραφία και πολικό διάγραμμα του αισθητήρα Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 MAX UP Duo



Εικόνα 25: Φωτογραφία και πολικό διάγραμμα του αισθητήρα (high-frequency) PC PRO Dual HF

7.2 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού - Σενάριο Γ

Στους Πίνακες 37 έως 41 αναγράφονται το όνομα του κάθε χώρου, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας της υφιστάμενης κατάστασης, το ποσοστό της εξοικονόμησης που θα προέλθει από την τοποθέτηση των αισθητήρων και η ετήσια κατανάλωση που θα αντιστοιχεί, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

7.2.1 Υπόγειο

Πίνακας 37: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Γ, υπόγειο

Χώρος	Υφιστάμενη Κατάσταση	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ	
	Κατανάλωση (kWh)		Αισθητήρες/ δωματιο	Κατανάλωση (kWh)
Χώρος Στάθμευσης 1	33384.96	50	14	16692.48
Χώρος Στάθμευσης 2	46738.94	50	7	23369.47
Κλιμακοστάσιο 1	357.70	35	1	232.50
Χολλ	953.86	35	1	620.01
Χώρος υγιεινής 1	540.00	40	1	324.00
Χώρος υγιεινής 2	367.20	40	1	220.32
WC	86.40	40	1	51.84
Κλιμακοστάσιο 2	238.46	35	1	155.00

7.2.2 Ισόγειο

Πίνακας 38: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Γ, ισόγειο

Χώρος	Υφιστάμενη Κατάσταση	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ
	Κατανάλωση (kWh)		Κατανάλωση (kWh)
Διάδρομος 1-7	3246.67	35	2110.34
Προθάλαμος	442.73	40	265.64
Χώρος Υγιεινής 1	368.94	40	221.36
Χώρος Υγιεινής 2	471.11	40	282.66
WC	90.82	40	54.49
WC Α.Μ.Κ.	51.08	40	30.65
Διάδρομος Κυλικείου	1684.8	35	1095.12
Κλιμακοστάσιο	218.59	35	142.08
Κλιμακοστάσιο	315.74	35	205.23
Διάδρομος Αρχείου	295.15	40	177.09
WC Α.Μ.Κ.	141.90	40	85.14
Διάδρομος Α Σε Β	1578.72	35	1026.17
Διάδρομος Βιβλιοθήκη	1287.94	35	837.16
Διάδρομος	1073.28	35	697.63
Στέκι Ηλεκτρολόγων	4722.43	40	2833.46
Χώρος Υγιεινής	111.46	40	66.87
WC	66.05	40	39.63
Διάδρομος 8-13	1033.03	35	671.47
Χολλ 8-13	1180.61	35	767.40
Διάδρομος	789.36	35	513.08
Κλιμακοστάσιο	631.49	35	410.47
Προθάλαμος	295.15	40	177.09
Χώρος Υγιεινής	204.34	40	122.60
WC Α.Μ.Κ.	90.82	40	54.49
WC	90.82	40	54.49

7.2.3 1^{ος} Όροφος

Πίνακας 39: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Γ, 1^{ος} όροφος

Χώρος	Υφιστάμενη Κατάσταση	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ
	Κατανάλωση (kWh)		Κατανάλωση (kWh)
Χολλ	885.46	35	575.55
Διάδρομος	1623.34	35	1055.17
Προθάλαμος WC	442.73	40	265.64
Χώρος Υγιεινής 1	369.00	40	221.40
Χώρος Υγιεινής 2	471.10	40	282.66
WC	90.82	40	54.49
WC Α.Μ.Κ.	51.08	40	30.65
Κλιμακοστάσιο	218.59	35	142.08
Χολλ	602.78	35	391.81
Κλιμακοστάσιο	218.59	35	142.08
Χώρος Κυκλοφορίας	301.39	35	195.90
Χώρος Υγιεινής	177.70	40	106.62
WC	61.82	40	37.09
WC Α.Μ.Κ.	34.78	40	20.87
Διάδρομος 1	1262.98	35	820.93
Διάδρομος 2	1262.98	35	820.93
Διάδρομος 3	631.49	35	410.47
Κλιμακοστάσιο 1	534.10	35	347.17
Κλιμακοστάσιο 2	315.74	35	205.23
Προθάλαμος	315.74	40	189.45
Χώρος Υγιεινής	218.59	40	131.16
WC Α.Μ.Κ.	151.80	40	91.08
WC	97.20	40	58.32

7.2.4 2^{ος} Όροφος

Πίνακας 40: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Γ, 2^{ος} όροφος

Χώρος	Υφιστάμενη Κατάσταση	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ
	Κατανάλωση (kWh)		Κατανάλωση (kWh)
Χολλ	947.23	35	615.70
Διάδρομος	1736.59	35	1128.78
Προθάλαμος WC	473.62	40	284.17
Χώρος Υγιεινής 1	394.64	40	236.79
Χώρος Υγιεινής 2	503.94	40	302.36
WC	97.15	40	58.29
WC Α.Μ.Κ.	54.65	40	32.79
Κλιμακοστάσιο	218.59	35	142.08
Χολλ	947.23	35	615.70
Κλιμακοστάσιο	218.59	35	142.08
Διάδρομος	947.23	35	615.70
Διάδρομος Μεγάλος	502.32	35	326.51
Χολλ	301.39	35	195.90
Χώρος Υγιεινής 1	69.55	40	41.73
Χώρος Υγιεινής 2	34.78	40	20.87
Διάδρομος 1	1262.98	35	820.93
Διάδρομος 2	1263.0	35	820.93
Διάδρομος 3	631.49	35	410.47
Χολλ	315.74	35	205.23
Κλιμακοστάσιο 1	437.18	35	284.17
Κλιμακοστάσιο 2	315.74	35	205.23
Προθάλαμος	315.74	40	189.45
Χώρος Υγιεινής	218.59	40	131.16
WC Α.Μ.Κ.	151.75	40	91.05
WC	97.15	40	58.29

7.2.5 3^{ος} Όροφος

Πίνακας 41: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Γ, 3^{ος} όροφος

Χώρος	Υφιστάμενη Κατάσταση	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)	Σενάριο Γ
	Κατανάλωση (kWh)		Κατανάλωση (kWh)
Διάδρομος 1	1262.98	35	820.93
Διάδρομος 2	1262.98	35	820.93
Διάδρομος 3	631.49	35	410.47
Χολλ	315.74	35	205.23
Κλιμακοστάσιο 1	437.18	35	284.17
Κλιμακοστάσιο 2	315.74	35	205.23
Προθάλαμος	315.74	40	189.45
Χώρος Υγιεινής	218.59	40	131.16
WC Α.Μ.Κ. 1	151.75	40	91.05
WC Α.Μ.Κ. 2	97.15	40	58.29
Κλιμακοστάσιο	437.18	35	284.17

7.3 Συνολικά συγκριτικά αποτελέσματα

Τέλος, στον Πίνακα 42, καταγράφεται η κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο και συνολικά για το Σενάριο Γ και η επί τοις εκατό μείωση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Πίνακας 42: Κατανάλωση ενέργειας(kWh) για υφιστάμενη κατάσταση και Σενάριο Γ και σύγκριση αυτών

Επίπεδο	Κατανάλωση ενέργειας(kWh)		Μείωση (%)
	Υφιστάμενη κατάσταση	Σενάριο Γ	
Υπόγειο	83608.59	42364.77	49.33
Ισόγειο	174657.84	109710.22	37.19
1ος όροφος	91854.73	87428.65	4.82
2ος όροφος	87574.58	36132.15	58.74
3ος όροφος	42387.86	40232.15	5.09
Σύνολο	480083.61	315867.94	34.21

8 Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α, Β, Γ)

8.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται ο υπολογισμός του κόστους για την εγκατάσταση του κάθε προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού. Επιπλέον, υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με τα τρία προτεινόμενα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης. Αρχικά υπολογίζεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του Σεναρίου Α (αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, αποδοτικότερα, τεχνολογίας LED) σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Έπειτα υπολογίζεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του Σεναρίου Β (Σενάριο Β: αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού, ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό) σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Τέλος, υπολογίζεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του Σεναρίου Γ (Σενάριο Γ: αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης) σε σχέση και πάλι με την υφιστάμενη κατάσταση.

Υπολογίζονται, και για τις τρεις προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού, το ετήσιο όφελος σε ευρώ, η ηλεκτρική και η 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 ετησίως με τη μείωση αυτή.

Για τον υπολογισμό του ετήσιου οικονομικού οφέλους χρησιμοποιήθηκε η τιμή αγοράς της κιλοβατώρας για τους καταναλωτές μέσης τάσης που αναγράφεται στο τιμολόγιο ΒΜ1-10 και έχει την τιμή 0,071 €/kWh προσαυξημένη με Φ.Π.Α. 11% άρα 0,0771 €/kWh.

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 19,87 € με προσαύξηση Φ.Π.Α. 24%, άρα 24,64 € για τον τεχνικό και 16,84 € με προσαύξηση Φ.Π.Α. 24%, άρα 20,88 € 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 ότι ο βαθμός απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, για περιοχές διασυνδεδεμένες σε ηπειρωτικό δίκτυο, ηηλ, ισούται με 0,37 και κατόπιν, η αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια διαιρέθηκε με το βαθμό απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (ηηλ).

Για τον υπολογισμό της παραγόμενης μάζας ρύπων CO₂ λήφθηκε υπόψη ότι ο συντελεστής εκπομπής CO₂ των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, *F*_{σταθμού}, ισούται με 0,85 kg CO₂/kWh, για περιοχές που είναι συνδεδεμένες στο ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο και κατόπιν, η αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια πολλαπλασιάστηκε με τον συντελεστή εκπομπή CO₂ των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (*F*_{σταθμού}).

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.

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.

Στον Πίνακα 43 παρουσιάζεται το κόστος κάθε φωτιστικού που προτάθηκε για την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 43:Κόστος κάθε φωτιστικού

Φωτιστικό	Τιμή (€)	Τιμή (€) με Φ.Π.Α.
WT120C L1200 1xLED40S/840	90	111.6
RC120B W60L60 1xLED34S/840	120	148.8
DN570B 1xLED20S/840	60	74.4
DN570B 1xLED24S/840	60	74.4
DN470B 1xLED20S/840	100	124
DN461B 1xLED11S/840	100	124
DN131B D165 1xLED10S/840	60	74.4
BN086C L900 1xLED9	50	62
BN130C 1xLED13S/840	50	62

Στους Πίνακες 44 έως 48 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.

Πίνακας 44: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το υπόγειο (Σενάριο Α)

Φωτιστικό	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Αριθμός Φωτιστικών	Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)
WT120C	111.6	118	13168.8
DN570B-20S	74.4	2	148.8
DN570B-24S	74.4	4	297.6
DN131B	74.4	10	744
BN086C	62	8	496
Σύνολο			14855.2

Πίνακας 45: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το ισόγειο (Σενάριο Α)

Φωτιστικό	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Αριθμός Φωτιστικών		Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)
		Α' φάση	Β' φάση	
RC120B	148.8	148	98	36604.8
DN570B-20S	74.4	17	32	3645.6
DN570B-24S	74.4	60	18	5803.2
DN470B	124	50	136	23064
DN461B	124	5	1	744
DN131B	74.4	10	14	1785.6
BN086C	62	10	10	1240
BN130C	62	4	0	248
Σύνολο				73135.2

Πίνακας 46: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για τον 1^ο όροφο (Σενάριο Α)

Φωτιστικό	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Αριθμός Φωτιστικών		Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)
		Α' φάση	Β' φάση	
RC120B	148.8	176	179	52824
DN570B-20S	74.4	9	20	2157.6
DN570B-24S	74.4	14	6	1488
DN461B	124	0	1	124
DN131B	74.4	16	8	1785.6
BN086C	62	14	9	1426
BN130C	62	5	0	310
Σύνολο				60115.2

Πίνακας 47: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για 2^ο όροφο (Σενάριο Α)

Φωτιστικό	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Αριθμός Φωτιστικών		Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)
		Α' φάση	Β' φάση	
RC120B	148.8	138	184	47913.6
DN570B-20S	74.4	16	20	2678.4
DN570B-24S	74.4	14	0	1041.6
DN461B	124	0	1	124
DN131B	74.4	13	8	1562.4
BN086C	62	9	9	1116
BN130C	62	4	0	248
Σύνολο				54684

Πίνακας 48: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για 3^ο όροφο (Σενάριο Α)

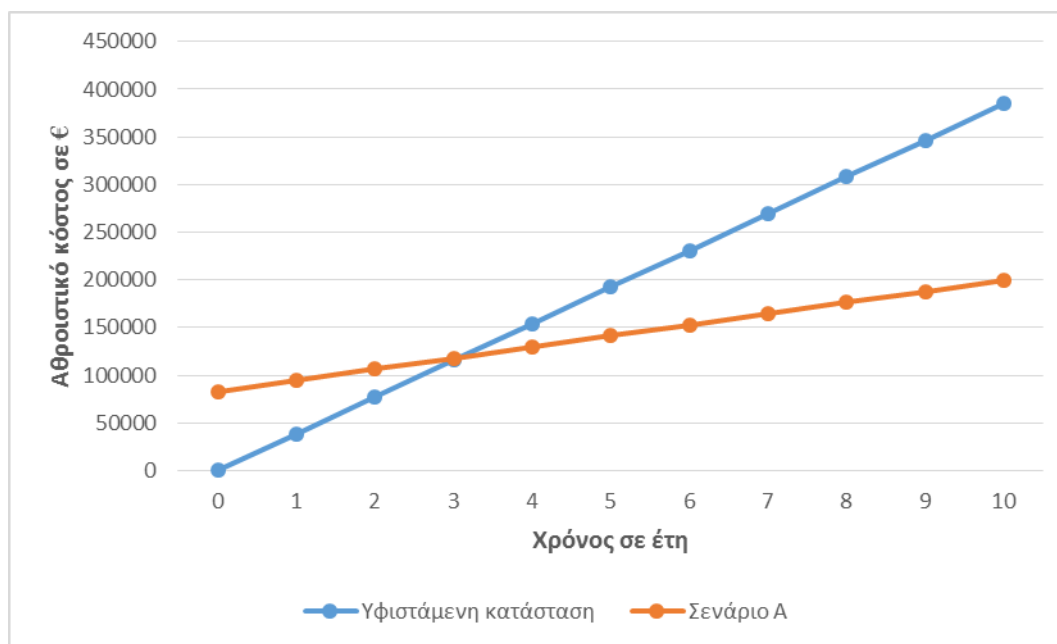
Φωτιστικό	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Αριθμός φωτιστικών Β' φάση	Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)
RC120B	148.8	160	23808
DN570B-20S	74.4	23	1711.2
DN461B	124	1	124
DN131B	74.4	8	595.2
BN086C	62	9	558
Σύνολο			26796.4

Στον Πίνακα 49, 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 και σε € και τα έτη απόσβεσης αυτής της επένδυσης.

Πίνακας 49: Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου του κτηρίου και συνολικά (Σενάριο Α)

Επίπεδο	P _{υφιστ} (W)	P _{ΣΕΝΑ} (W)	E _{υφιστ} (kWh)	E _{ΣΕΝΑ} (kWh)	Εξοικονόμηση (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
Υπόγειο	15518.4	8603.2	83608.59	35570.51	48038.08		
Ισόγειο	78585.6	19526.4	174657.84	40135.25	134522.59		
1 ^{ος} όροφος	40838.4	12523.4	91854.73	29144.71	62710.02		
2 ^{ος} όροφος	36866.4	11442.8	87574.58	27422.41	60152.17		
3 ^{ος} όροφος	17474.4	5540.2	42387.86	13435.97	28951.89		
Σύνολο	189283.2	57636.0	480083.61	145708.85	334374.76	26826.89	3.09

Στο Σχήμα 2 βλέπουμε τη γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Α.



Σχήμα 2: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Α

Τέλος, στον Πίνακα 50, αναγράφεται η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, η ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ και τα δέντρα που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή.

Πίνακας 50: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, μείωση ρύπων CO₂ για το Σενάριο Α

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας			Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Qπρωτ. Υφιστ (kWh)	Qπρωτ. ΣενΑ (kWh)	ΔQπρωτ (kWh)	CO ₂ Υφιστ (kg)	CO ₂ ΣενΑ (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	12919
1297523	393808	903716	408071	123853	284219	

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. Χρησιμοποιήθηκαν τα φωτιστικά του Σεναρίου Α και ειδικός εξοπλισμός driver με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού με πρωτόκολλο DALI αξίας 30 €, προσαυξημένος με Φ.Π.Α. 24%, άρα 37,2 € για τα φωτιστικά που δεν είχαν δυνατότητα ρύθμισης.

Στον Πίνακα 51, αναγράφονται οι τιμές αγοράς των αισθητήρων φωτισμού που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη αυτή.

Πίνακας 51: Κόστος αισθητήρων φωτισμού

Αισθητήρας φωτισμού	Τιμή (€)	Τιμή (€) με Φ.Π.Α.
LUXeye Sense DALI BT	100	124
SMART LS II / SMART LS II Ip	30	37.2

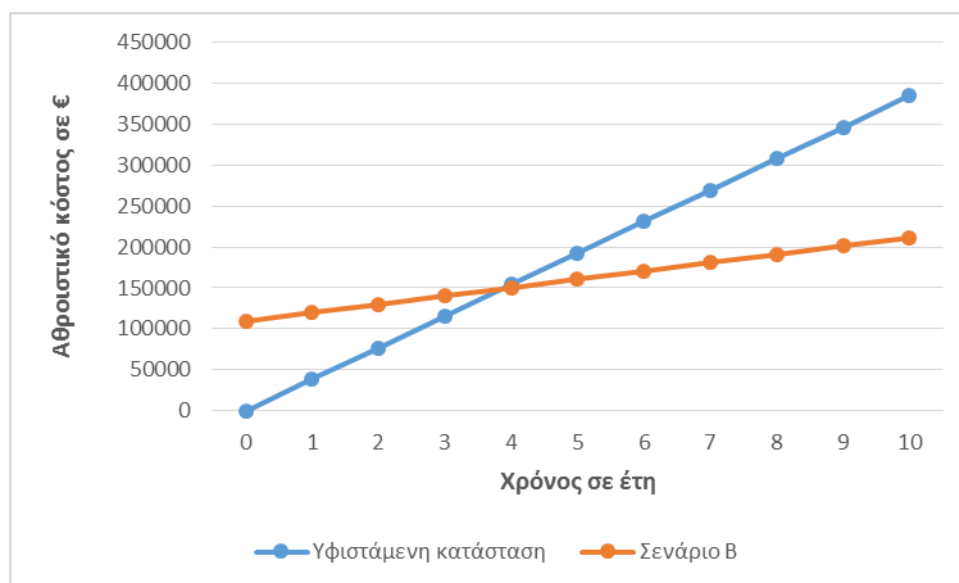
Σημειώνεται ότι η ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού και δυνατότητα ρύθμισής της αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος τεχνητού φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο σύστημα.

Στον Πίνακα 52, 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 σε € και τα έτη απόσβεσης αυτής της επένδυσης.

Πίνακας 52: Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου του κτηρίου και συνολικά (Σενάριο Β)

Επίπεδο	P _{υφιστ} (W)	P _{ΣΕΝΒ} (W)	E _{υφιστ} (kWh)	E _{ΣΕΝΒ} (kWh)	Εξοικονόμηση (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
Υπόγειο	15518.4	8603.2	83608.59	35570.51	48038.08		
Ισόγειο	78585.6	17408.2	174657.84	34875.85	139781.99		
1 ^{ος} όροφος	40838.4	10855.6	91854.73	24404.84	67449.89		
2 ^{ος} όροφος	36866.4	10105.2	87574.58	23349.09	64225.49		
3 ^{ος} όροφος	17474.4	4155.7	42387.86	9936.21	32451.65		
Σύνολο	189283.2	51127.8313	480083.61	128136.5	351947.11	28236.72	3.86

Στο Σχήμα 3 βλέπουμε τη γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Β.



Σχήμα 3:Γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Β

Τέλος, στον Πίνακα 53, αναγράφεται η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, η ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ και τα δέντρα που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή.

Πίνακας 53: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για το Σενάριο Β

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας			Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ. Υφιστ} (kWh)	Q _{πρωτ. ΣενΒ} (kWh)	ΔQ _{πρωτ} (kWh)	CO ₂ Υφιστ (kg)	CO ₂ ΣενΒ (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	13598
1297523	346315	951208	408071	108916	299155	

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 στο υπόγειο χώρο στάθμευσης, σε διαδρόμους, wc, χολλ και κλιμακοστάσια.

Στον Πίνακα 54 αναγράφονται οι τιμές αγοράς των αισθητήρων παρουσίας/κίνησης που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη αυτή.

Πίνακας 54:Κόστος αισθητήρων παρουσίας/κίνησης

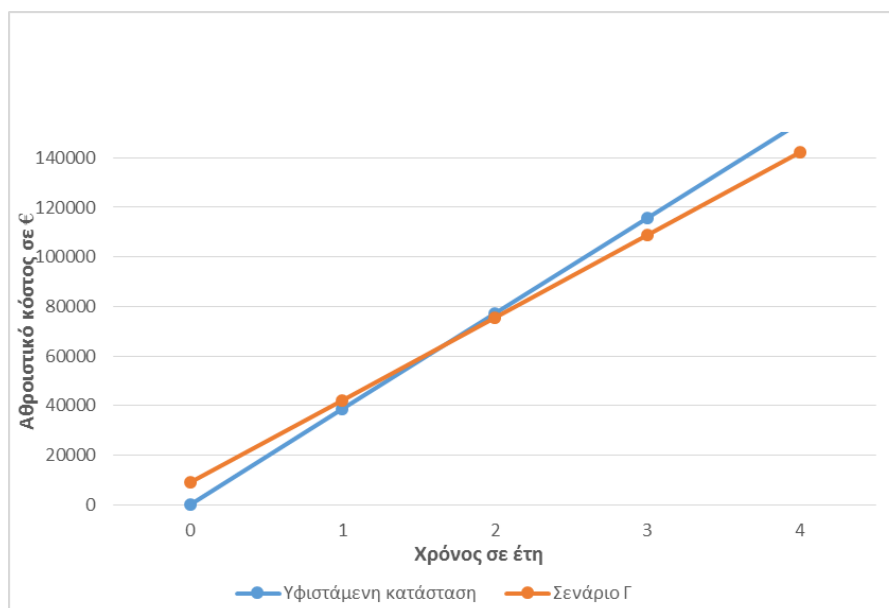
Αισθητήρας παρουσίας/κίνησης	Τιμή (€)	Τιμή (€) με Φ.Π.Α.
PC PRO Dual HF	50	62
PD2 MAX UP Duo	50	62
PD2 S 180 AP	50	62

Στον Πίνακα 55, 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 και σε € και τα έτη απόσβεσης αυτής της επένδυσης.

Πίνακας 55: Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου του κτηρίου και συνολικά (Σενάριο Γ)

Επίπεδο	P _{υφιστ} (W)	P _{ΣενΓ} (W)	E _{υφιστ} (kWh)	E _{ΣενΓ} (kWh)	Εξοικονόμηση (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
Υπόγειο	15518.4	9853.7	83608.59	42364.77	41243.82		
Ισόγειο	78585.6	72418.1	174657.84	161435.408	13222.43		
1 ^{ος} όροφος	40838.4	39079.68	91854.73	88748.77	3105.96		
2 ^{ος} όροφος	36866.4	34962.96	87574.58	82943.47	4631.11		
3 ^{ος} όροφος	17474.4	16578.72	42387.86	40232.15	2155.72		
Σύνολο	189283.2	172893.12	480083.61	415724.57	64359.04	5163.53	1.71

Στο Σχήμα 4 βλέπουμε τη γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Γ.



Σχήμα 4: γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Γ

Τέλος, στον Πίνακα 56, αναγράφεται η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, η ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ και τα δέντρα που αντιστοιχούν στη μείωση αυτή.

Πίνακας 56: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για το Σενάριο Γ

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας			Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Qπρωτ. Υφιστ (kWh)	Qπρωτ. ΣενΓ (kWh)	ΔQπρωτ (kWh)	CO ₂ Υφιστ (kg)	CO ₂ ΣενΒ (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	2487
1297523	1123580	173943	408071	353366	54705	

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) .

Πίνακας 57: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις τέσσερις καταστάσεις για το σύνολο των χώρων

Υφιστάμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων					
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)		
189283.20	480083.61	1297523.27	408071.07		
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Α)					
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
57636.00	145708.85	393807.69	123852.52	42960	3.09
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Β)					
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
51127.83	128136.50	346314.87	108916.03	66188	3.86
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Γ)					
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
172893.12	415724.57	1123579.91	353365.88	11105	1.71

Ισχύς

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, αποδοτικότερα τεχνολογίας LED (Σενάριο Α) επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 69,55% σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα, δηλαδή κατά 131,7 kW.

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 ισοδύναμης ισχύος (η οποία αντιστοιχεί στη μείωση της εγκατεστημένης ισχύος για ένα ισοδύναμο σύστημα φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο) κατά 72,99% σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα, δηλαδή κατά 138,2 kW.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης (Σενάριο Γ) επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 8,66 % σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα, δηλαδή κατά 16390.08 kW.

Ενεργειακή κατανάλωση

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της καταναλισκομένης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 334,38 MWh ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η εξοικονόμηση αυτή ισοδυναμεί με εξοικονόμηση 903716 MWh πρωτογενούς ενέργειας 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 εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται κατά 352 MWh ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Δηλαδή, εξοικονομούνται 951208 MWh πρωτογενούς ενέργειας ετησίως.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης (Σενάριο Γ) επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της καταναλισκομένης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 64,36 MWh ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η εξοικονόμηση αυτή ισοδυναμεί με εξοικονόμηση 173943 MWh πρωτογενούς ενέργειας ετησίως.

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 284,2

τη ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Ο αριθμός των νέων δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση ρύπων που επιτεύχθηκε είναι 12.919 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 299,2 tn ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Στη μείωση αυτή αντιστοιχούν 13.598 νέα δέντρα ετησίως.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης (Σενάριο Γ) επιτυγχάνεται μείωση των ρύπων CO₂ κατά 54,7 tn ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Στη μείωση αυτή αντιστοιχούν 2.487 νέα δέντρα ετησίως.

Κόστος και χρόνος απόσβεσης

Το κόστος για την εγκατάσταση του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) είναι 42960 € και η επένδυση μπορεί να αποσβεθεί σε 1,60 έτη. Το κόστος για την εγκατάσταση του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β) είναι 66.188,00 € και η επένδυση μπορεί να αποσβεθεί σε 2,34 έτη.

Δηλαδή με το επιπλέον ποσό των 23.228,00 €, εγκαθίσταται το σύστημα φωτισμού του Σεναρίου Β, το οποίο αποσβένεται 9 μήνες αργότερα σε σχέση με την εγκατάσταση του συστήματος φωτισμού του Σεναρίου Α, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνει όλα τα επιπλέον ενεργειακά οφέλη που αναφέρθηκαν.

Το κόστος για την εγκατάσταση του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης (Σενάριο Γ) είναι 11.105,00 € και η επένδυση μπορεί να αποσβεθεί σε 2,15 έτη.

Βιβλιογραφία

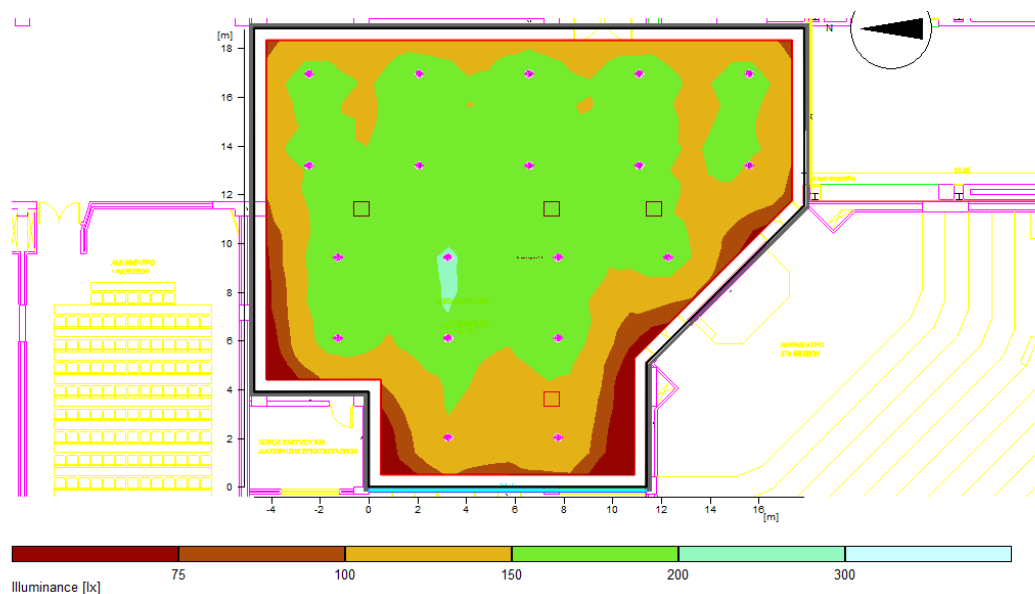
1. Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
2. «Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
3. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Α' Έκδοση, Αθήνα, Ιούλιος 2010.
4. <http://www.ypeka.gr/>
5. ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ – ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ / Αρ. Φύλλου 407, 9 Απριλίου 2010.
6. Μανόλης Ηλιάκης, «Τα συστήματα ηλιοπροστασίας ως στοιχεία της όψης Κτιρίων», <http://www.mmd.gr>
7. Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές, ΠΕΤΕΠ 03-11-20-00, Έκδοση 3.0, Ιούνιος 2010, Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, <http://www.iok.gr/>
8. Πρόγραμμα <<ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ>>, Υλικό Προετοιμασίας, Υπουργείο Ανάπτυξης.
9. ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GREENBUILDING, Τεχνικό Εγχειρίδιο για τον Φωτισμό, <http://www.cres.gr/greenbuilding/Odigies.html>
10. «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
11. «Ενσωμάτωση τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμηση Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
12. Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης - ΣΔΕΑ 1 (2007), Υπουργείο Ανάπτυξης σε συνεργασία με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
13. International Energy Agency
14. Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, «Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων», Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση.
15. Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, «Φωτοτεχνία», Εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
16. Λάμπρος Θ. Δούλος, Διδακτορική διατριβή, «Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού», ΕΜΠ, Αθήνα, Οκτώβριος 2010.
17. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20702-5/2010,
18. Zumtobel Staff, "The Lighting Handbook", 1st edition, July 2004.
19. Erco guide, Edition: 01/03/2010.
20. Πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Μελέτες και έργα 1994-97», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

21. Gallis Lighting S.A, «Επαγγελματικές Λύσεις Αρχιτεκτονικού Φωτισμού».
22. ΕΛΟΤ EN 12464.01 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ, «Φως και φωτισμός- Φωτισμός χώρων εργασίας – Μέρος 1: Εσωτερικοί χώροι εργασίας»
23. Στέφανος Διαμαντής, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών
24. <http://www.lighting.philips.gr/home>
25. http://www.tridonic.com/es/download/data_sheets/DS_SMART_LS_II_lp_en.pdf
26. http://www.osram.gr/osram_gr/products/electronics/light-management-systems/luxeye/luxeye-sense-dali-bt/index.jsp
27. 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.

Χολλ εισόδου, ισόγειο



Εικόνα Π-Α 1: Κατανομή έντασης τεχνητού φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς του χολλ εισόδου

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	3.05
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	41800 lm
Total power	456.0 W
Total power per area (352.87 m ²)	1.29 W/m ²

Evaluation area 1

Reference plane 1.1

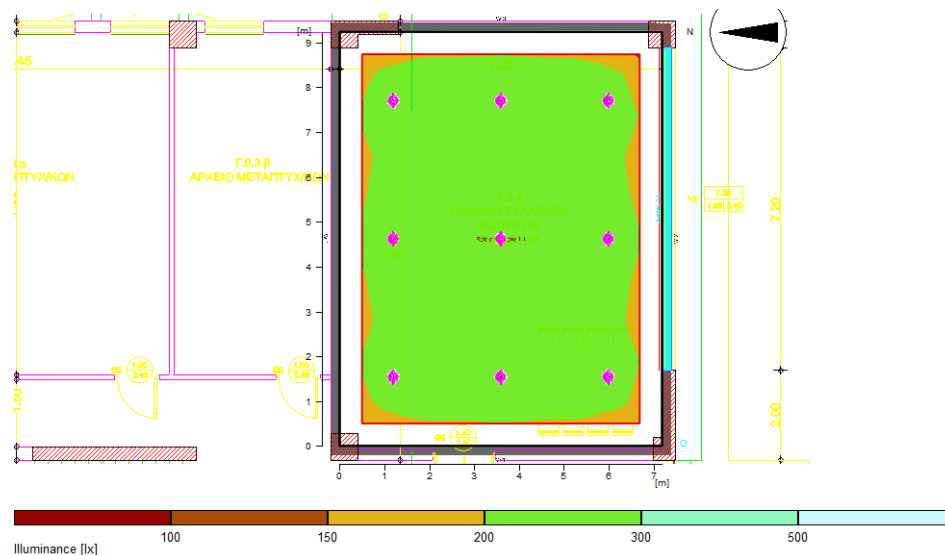
User profile: Traffic zones inside buildings

5.1.1 (EN 12464-1, 8.2011) Circulation areas and corridors ($R_a > 40.00$)

Em	151 lx	(≥ 100 lx)
Emin	68 lx	
Emin/Eav(Uo)	0.45	(≥ 0.40)

Emin/Emax(Ud)	0.33	
UGR (10.2H 12.2H)	<= 20.9	(< 28.00)
Position	0.00 m	

Εντευκτήριο, ισόγειο



Εικόνα Π-Α 2: Κατανομή έντασης τεχνητού φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς του εντευκτηρίου

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	3.05
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	19800 lm
Total power	216.0 W
Total power per area (66.43 m ²)	3.25 W/m ²

Evaluation area 1

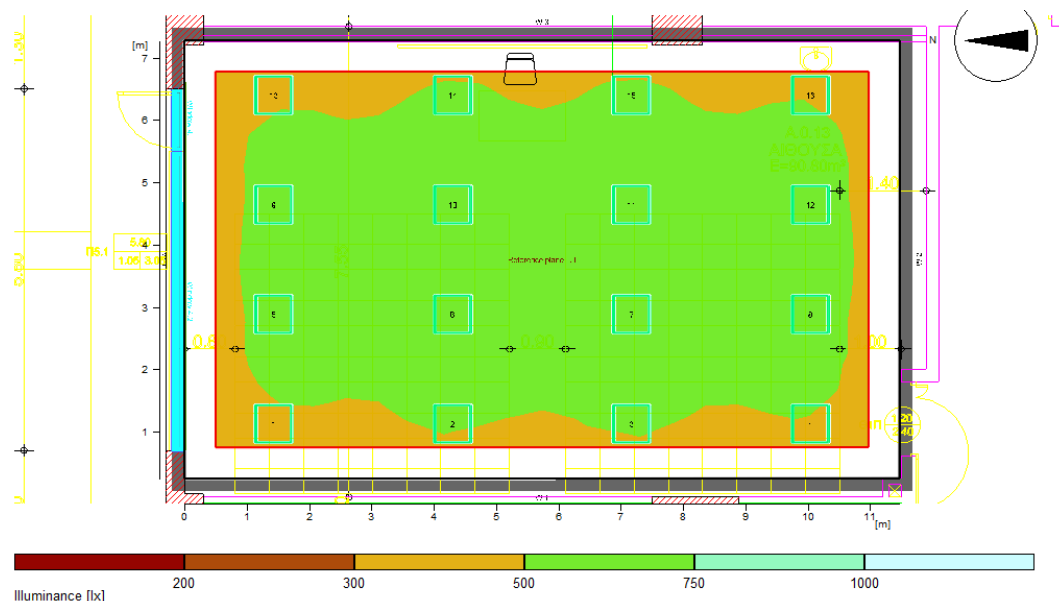
Reference plane 1.1

User profile: Educational premises – Educational buildings

5.36.19 (EN 12464-1, 8.2011) Writing, typing, reading, data processing ($R_a > 80.00$)

Em	246 lx	(≥ 200 lx)
Emin	206 lx	
Emin/Eav(Uo)	0.84	(≥ 0.40)
Emin/Emax(Ud)	0.71	
UGR (5.0H 2.7H)	<= 21.3	(< 22.00)
Position	0.75 m	

Αίθουσα διδασκαλίας, ισόγειο



Εικόνα Π-Α 3: Κατανομή έντασης τεχνητού φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς της αίθουσας διδασκαλίας

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	3.05
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	59200 lm
Total power	600.0 W
Total power per area (80.68 m ²)	7.44 W/m ²

Evaluation area 1

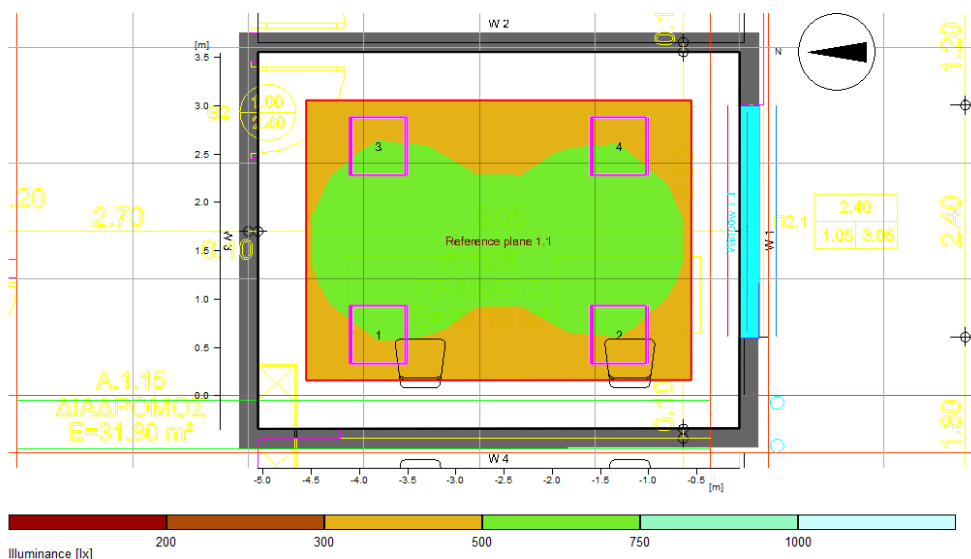
Reference plane 1.1

User profile: Educational premises – Educational buildings

5.36.4 (EN 12464-1, 8.2011) Black, green and white boards ($R_a > 80.00$)

E_m	550 lx	(≥ 500 lx)
E_{min}	440 lx	
$E_{min}/E_{av}(U_o)$	0.80	(≥ 0.70)
$E_{min}/E_{max}(U_d)$	0.71	
UGR (5.0H 2.7H)	≤ 22.1	(< 22.00)
Position	0.75 m	

Γραφείο διδασκόντων, 1^{ος} όροφος



Εικόνα Π-Α 4: Κατανομή έντασης τεχνητού φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς του γραφείου διδασκόντων

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	3.05
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	13600 lm
Total power	124.0 W
Total power per area (19.49 m ²)	6.36 W/m ²

Evaluation area 1

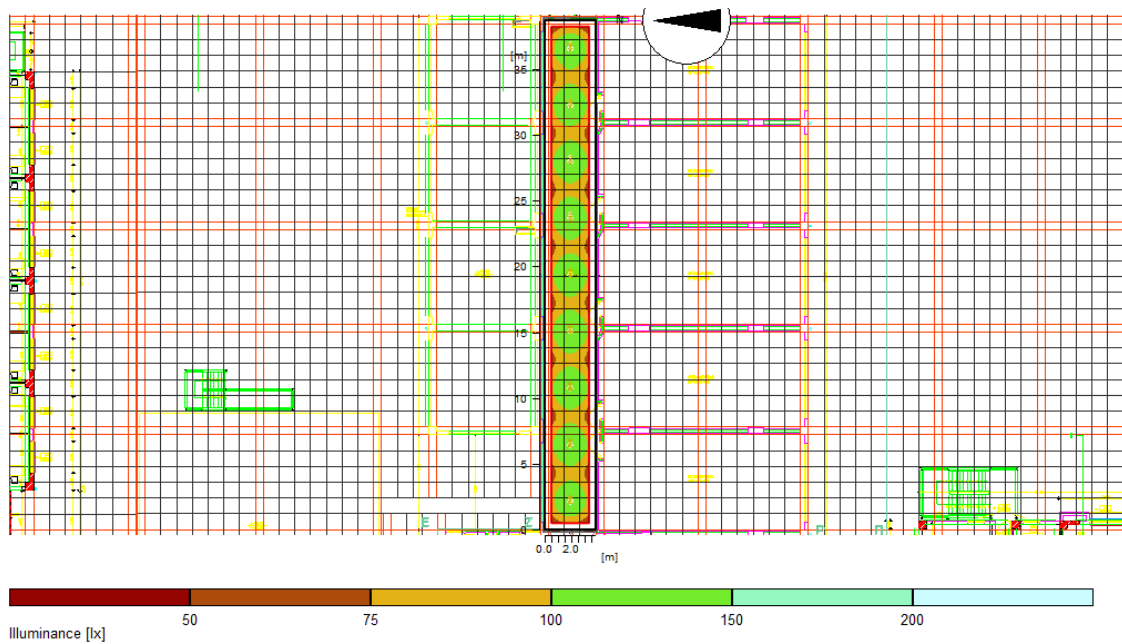
Reference plane 1.1

User profile: Offices

5.26.2 (EN 12464-1, 8.2011) Writing, typing, reading, data processing ($R_a > 80.00$)

Em	513 lx	(>= 500 lx)
Emin	433 lx	
Emin/Eav(Uo)	0.84	(>= 0.60)
Emin/Emax(Ud)	0.72	
UGR (2.1H 2.7H)	<= 16.3	(< 19.00)
Position	0.75 m	

Διάδρομος, 2^{ος} όροφος



Εικόνα Π-Α 5: Κατανομή έντασης τεχνητού φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς του διαδρόμου

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	3.05
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	19800 lm
Total power	160.2 W
Total power per area (150.17 m ²)	1.07 W/m ²

Evaluation area 1

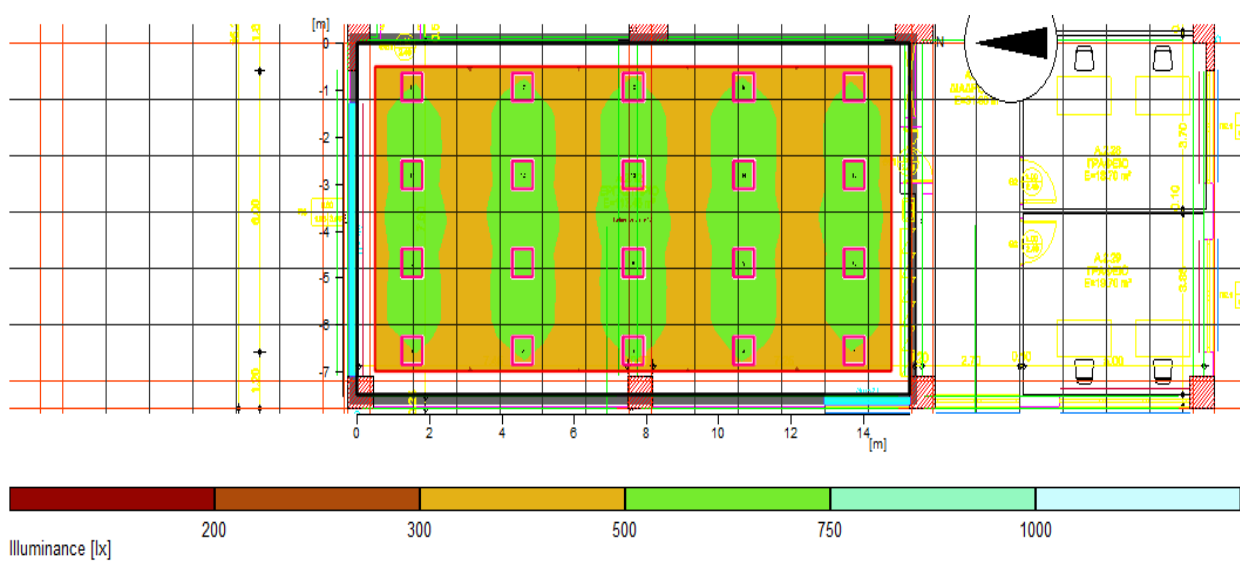
Reference plane 1.1

User profile: Traffic zones inside buildings

5.1.1 (EN 12464-1, 8.2011) Circulation areas and corridors ($R_a > 40.00$)

Em	102 lx	(≥ 100 lx)
Emin	65 lx	
Emin/Eav(Uo)	0.64	(≥ 0.40)
Emin/Emax(Ud)	0.47	
UGR (2.1H 2.7H)	≤ 20.8	(< 28.00)
Position	0.00 m	

Εργαστήριο, 3^{ος} όροφος



Εικόνα Π-Α 6: Κατανομή έντασης τεχνητού φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς του εργαστηρίου

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	3.05
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	68000 lm
Total power	620.0 W
Total power per area (114.77 m ²)	5.40 W/m ²

Evaluation area 1

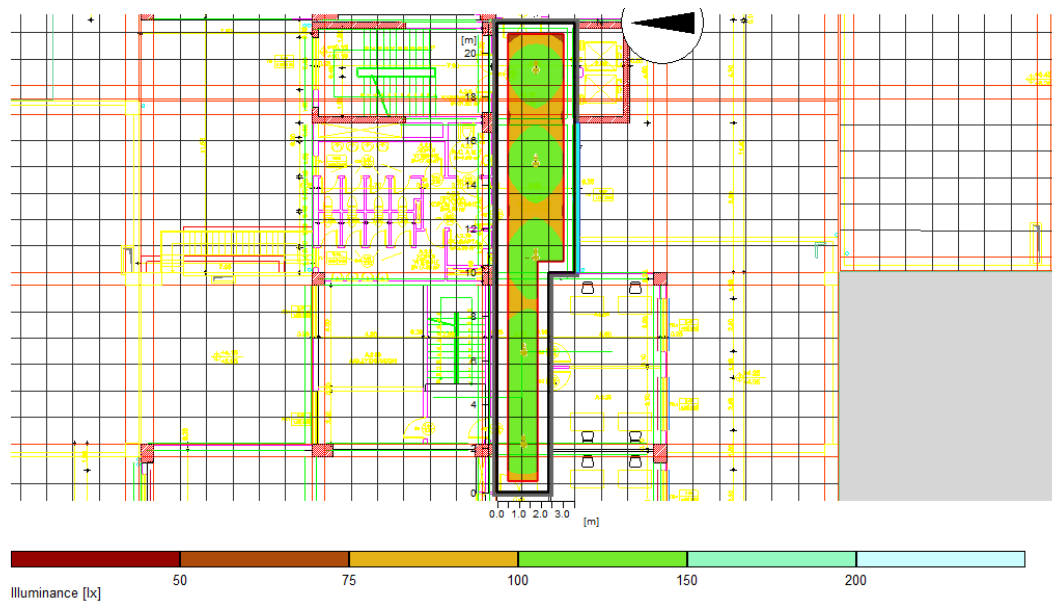
Reference plane 1.1

User profile: Educational premises – Educational buildings

5.26.2 (EN 12464-1, 8.2011) Practical rooms and laboratories ($R_a > 80.00$)

Em	5001 lx	(≥ 500 lx)
Emin	324 lx	
Emin/Eav(Uo)	0.65	(≥ 0.60)
Emin/Emax(Ud)	0.48	
UGR (2.1H 2.7H)	≤ 16.35	(< 19.00)
Position	0.75 m	

Διάδρομος, 3^{ος} όροφος



Εικόνα Π-Α 7: Κατανομή έντασης τεχνητού φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς του διαδρόμου

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	3.05
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	11000 lm
Total power	89.0 W
Total power per area (63.66 m ²)	1.40 W/m ²

Evaluation area 1

Reference plane 1.1

User profile: Traffic zones inside buildings

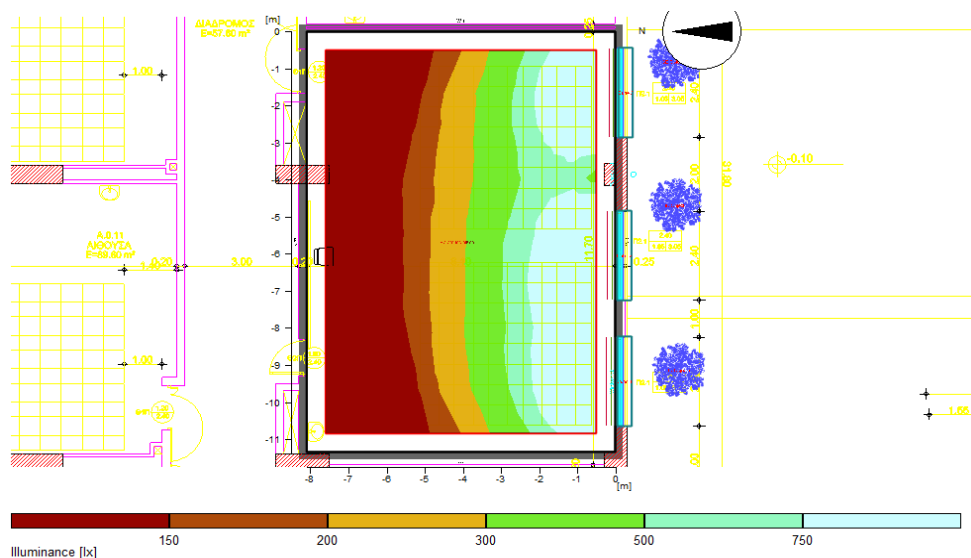
5.1.1 (EN 12464-1, 8.2011) Circulation areas and corridors ($R_a > 40.00$)

Em	112 lx	(≥ 100 lx)
Emin	71 lx	
Emin/Eav(Uo)	0.64	(≥ 0.40)
Emin/Emax(Ud)	0.48	
UGR (2.1H 2.7H)	≤ 20.8	(< 28.00)
Position	0.00 m	

Παράρτημα Β

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

Αίθουσα Διδασκαλίας, ισόγειο



Εικόνα Π-Β 1: Κατανομή έντασης φυσικού φωτισμού στην επιφάνεια της αίθουσας διδασκαλίας

General

Calculation algorithm used

Average indirect fraction

Calculation mode used:

Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 11:33 (TST 12:01)

Geographical data:

Location : Athens

Latitude : 37.98 °

Longitude (degrees) : 23.73 °

North angle (degrees) : -90.00 °

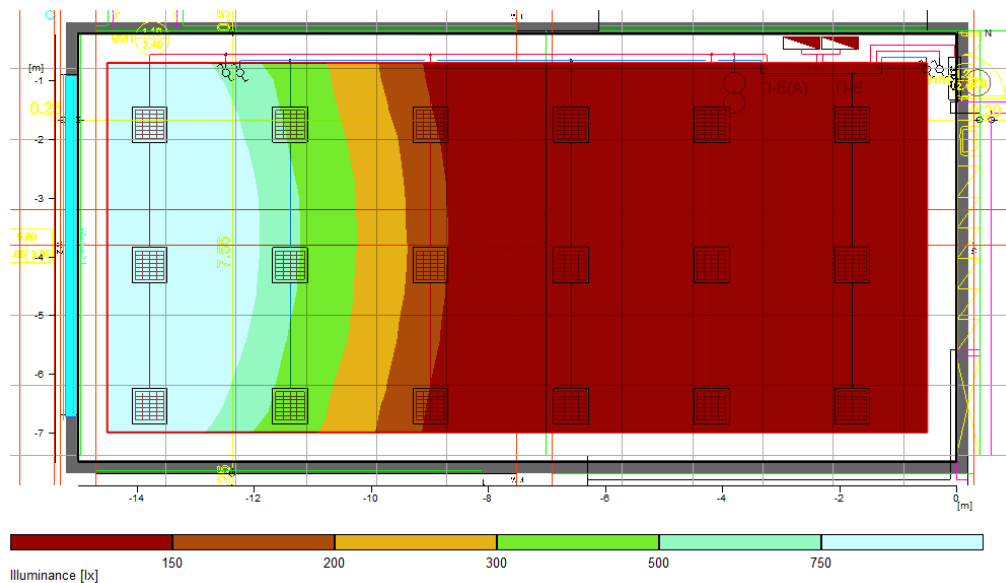
Daylight factor

Average daylight ratio D_{av} : 2.19

Minimum daylight ratio D_{min} : 0.39

Maximum daylight ratio D_{max} : 6.7

Εργαστήριο, 1^{ος} όροφος



Εικόνα Π-Β 2: Κατανομή έντασης φυσικού φωτισμού στην επιφάνεια του εργαστηρίου

General

Calculation algorithm used

Average indirect fraction

Calculation mode used:

Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 11:33 (TST 12:01)

Geographical data:

Location : Athens

Latitude : 37.98 °

Longitude (degrees) : 23.73 °

North angle (degrees) : -90.00 °

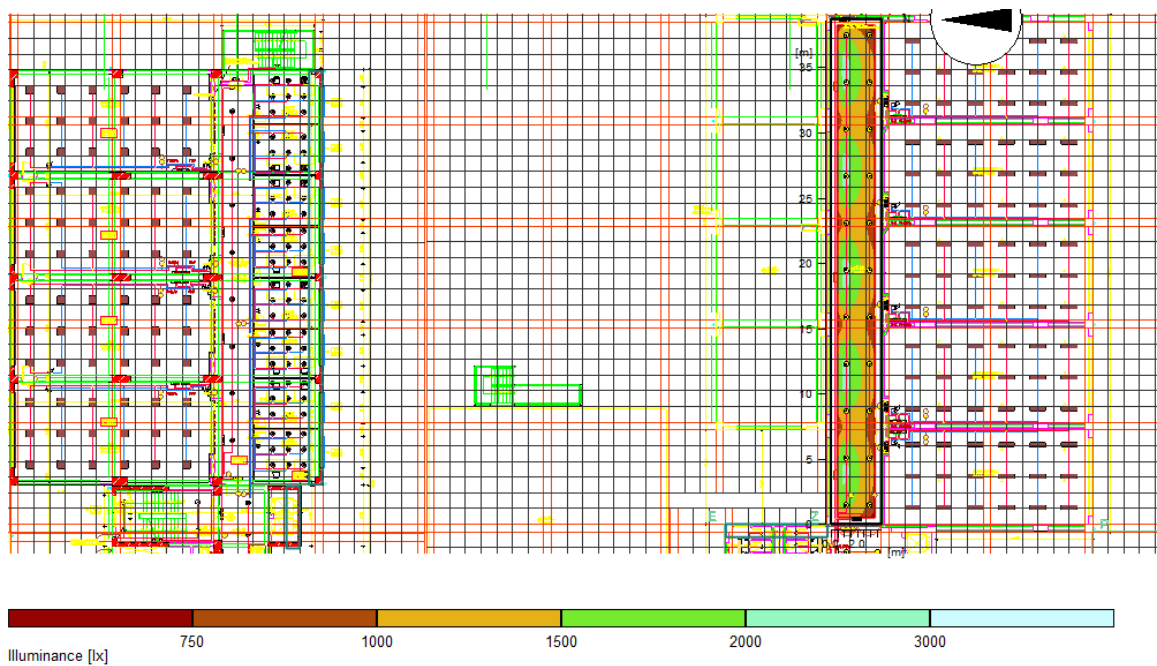
Daylight factor

Average daylight ratio D_{av} : 2.0

Minimum daylight ratio D_{min} : 0.1

Maximum daylight ratio D_{max} : 14.4

Διάδρομος, 2^{ος} όροφος



Εικόνα Π-Β 3: Κατανομή έντασης φυσικού φωτισμού στην επιφάνεια του διαδρόμου

General

Calculation algorithm used

Average indirect fraction

Calculation mode used:

Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 11:33 (TST 12:01)

Geographical data:

Location : Athens

Latitude : 37.98 °

Longitude (degrees) : 23.73 °

North angle (degrees) : -90.00 °

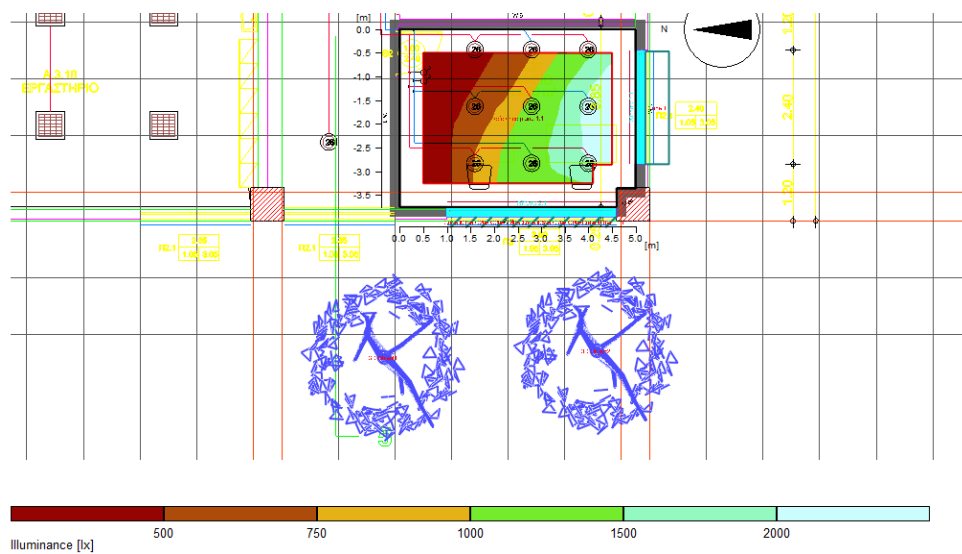
Daylight factor

Average daylight ratio D_{av} : 9

Minimum daylight ratio D_{min} : 4.1

Maximum daylight ratio D_{max} : 13.4

Γραφείο, 3^{ος} όροφος



Εικόνα Π-Β 4: Κατανομή έντασης φυσικού φωτισμού στην επιφάνεια του γραφείου

General

Calculation algorithm used

Average indirect fraction

Calculation mode used:

Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 11:33 (TST 12:01)

Geographical data:

Location : Athens

Latitude : 37.98 °

Longitude (degrees) : 23.73 °

North angle (degrees) : -90.00 °

Daylight factor

Average daylight ratio D_{av} : 6.3

Minimum daylight ratio D_{min} : 1.4

Maximum daylight ratio D_{max} : 13.4

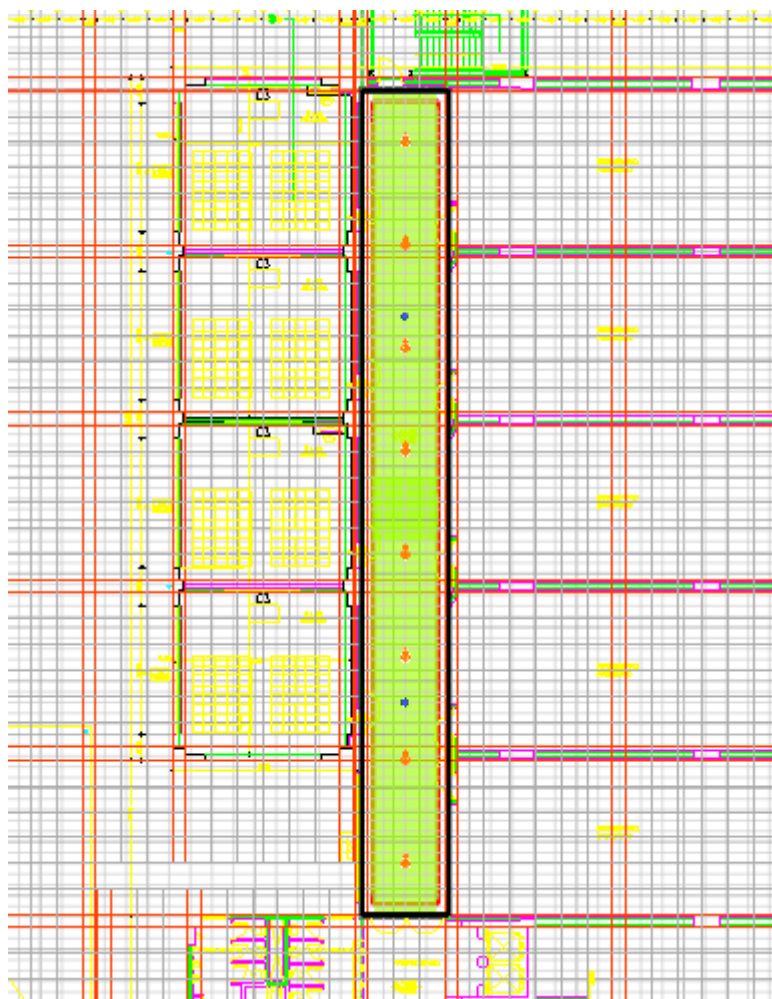
Παράρτημα Γ

Σε αυτό το Παράρτημα παρατίθενται τα αποτελέσματα RELUX για αισθητήρες παρουσίας/κίνησης (Σενάριο Γ), για δύο χώρους.

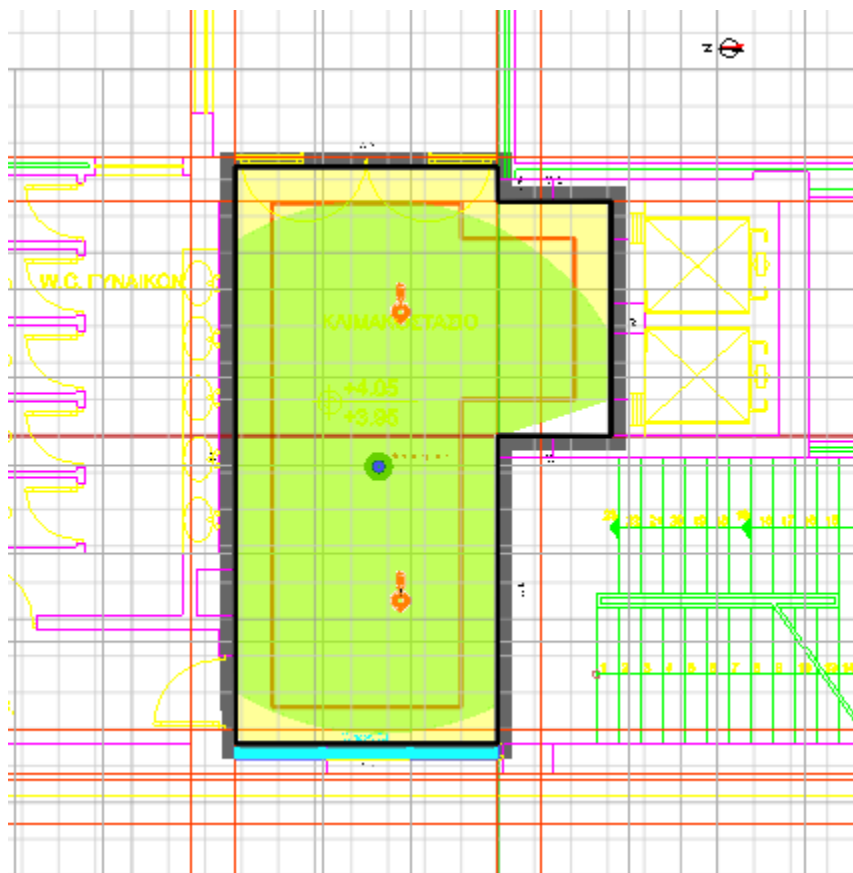
Με το πράσινο χρώμα φαίνεται η περιοχή ανίχνευσης κίνησης στο χώρο.

Διάδρομος

Στο διάδρομο αυτό, λόγω του μεγάλου του μήκους, χρειάστηκε η τοποθέτηση δύο αισθητήρων.



Χολλ



Παράρτημα Δ

Χαρακτηριστικά φωτιστικών

Για κάθε φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε, ακολουθεί το κωδικό του όνομα, τα χαρακτηριστικά του, το διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής του έντασης καθώς και η φωτογραφία του.

Surface mounted luminaire WT120C L1200 1XLED40S/840

Length : 1210 mm, Width : 90 mm, Height : 75 mm

Luminaire efficacy : 105.26 lm/W

Classification : A41, ↓ 97.2% ↑ 2.8%

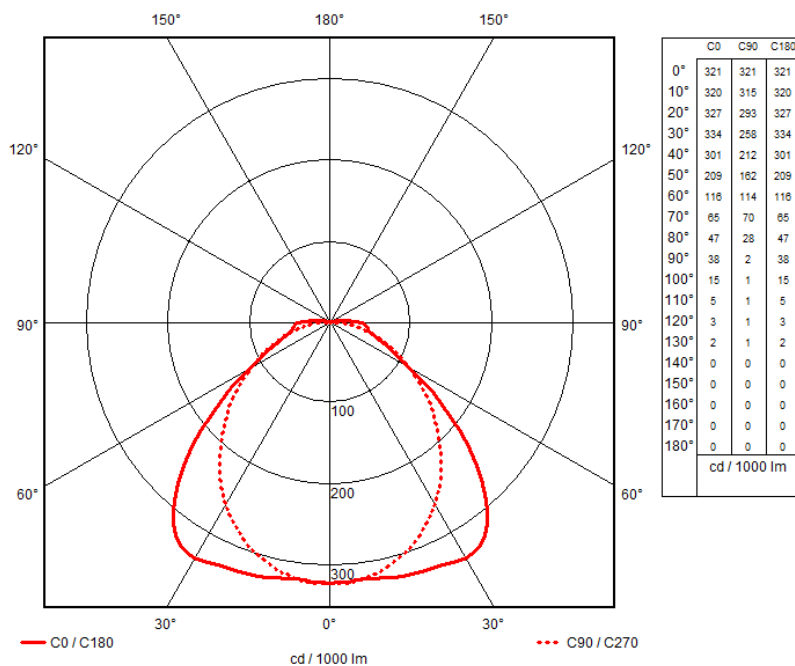
CIE Flux Codes : 48 81 95 97 100

UGR 4H 8H : 22.3 / 23.7

Tot. System power : 38 W

Equipment : 1xLED40S/840/-

Total luminous flux : 4000 lm



Εικόνα Π-Δ 1: Διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού WT120C L1200 1XLED40S/840



Εικόνα Π-Δ 2: Φωτογραφία του WT120C L1200 1XLED40S/840

Recessed luminaire RC120B W60L60 1XLED34S/840 PSD VAR-PC

Length : 597 mm, Width : 597 mm, Height : 0.0 mm

Luminaire efficacy : 109.68 lm/W

Classification : A60, ↓ 100.0% ↑ 0.0%

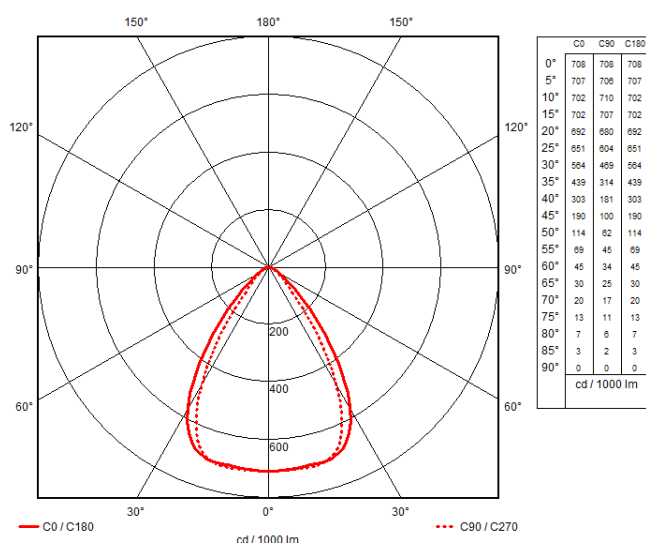
CIE Flux Codes : 82 96 99 100 100

UGR 4H 8H : 16.5 / 14.9

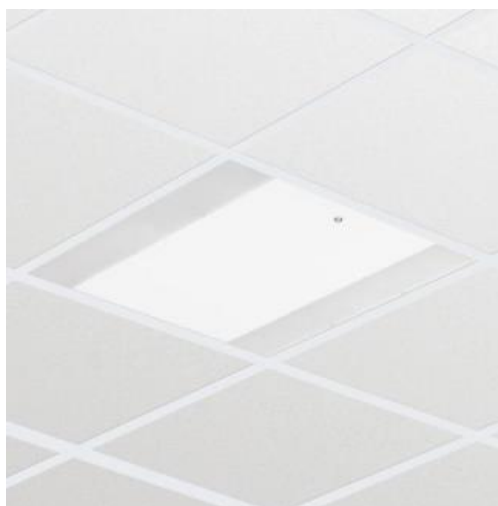
Tot. System power : 31 W

Equipment : 1xLED34S/840/-

Total luminous flux : 3400 lm



Εικόνα Π-Δ 2: Διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού RC120B W60L60 1XLED34S/840 PSD VAR-PC



Εικόνα Π-Δ 3: Φωτογραφία του RC120B W60L60 1xLED34S/840 PSD VAR-PC

Recessed luminaire DN470B 1xLED20S/840 C

Diameter : 216 mm, Height : 0.0 mm

Luminaire efficacy : 91.67 lm/W

Classification : A60, ↓ 100.0% ↑ 0.0%

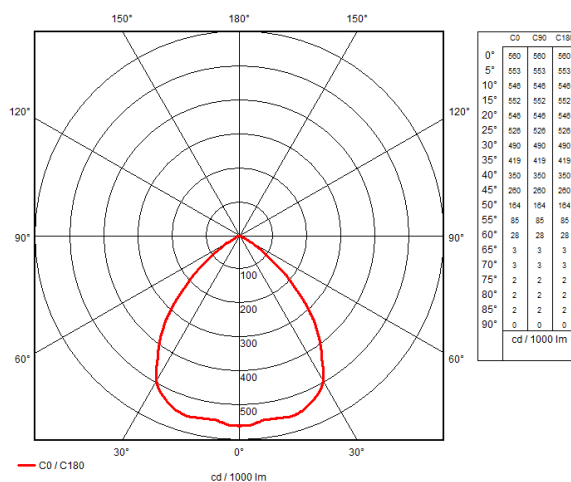
CIE Flux Codes : 75 99 100 100 100

UGR 4H 8H : 21.1 / 21.1

Tot. System power : 24 W

Equipment : 1xLED20S/840/-

Total luminous flux : 2200 lm



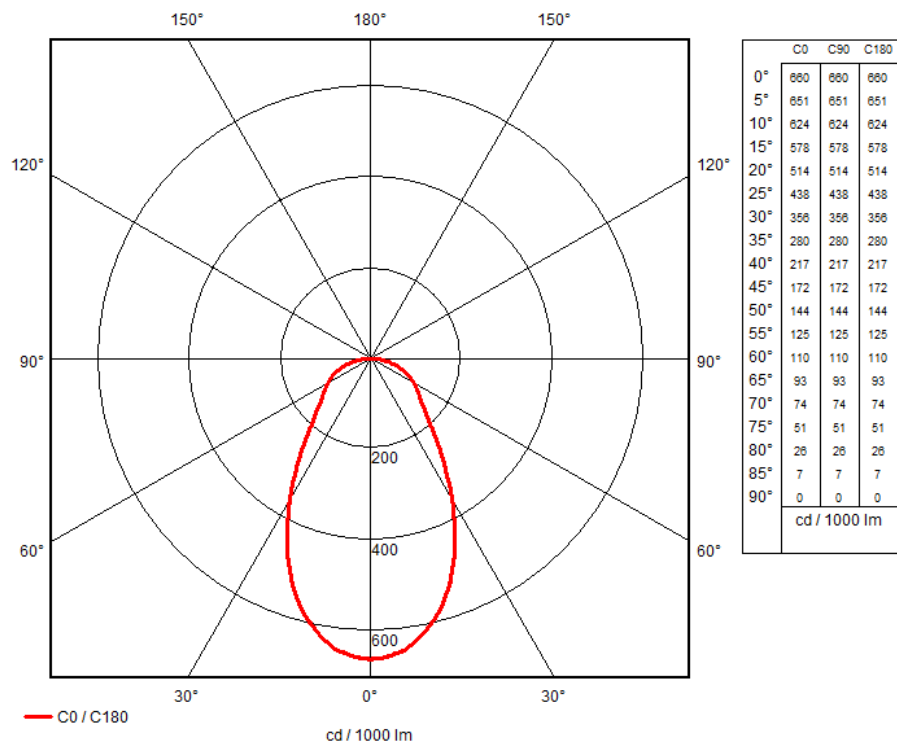
Εικόνα Π-Δ 4: Διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού DN470B 1xLED20S/840 C



Εικόνα Π-Δ 5: Φωτογραφία του φωτιστικού DN470B 1xLED20S/840 C

Recessed luminaire DN570B PSED-E 1xLED20S/840 C

Diameter :	214 mm,	Height :	0.0 mm
Luminaire efficacy	: 123.6 lm/W		
Classification	: A60, ↓ 100.0% ↑ 0.0%		
CIE Flux Codes	: 76 97 100 100 100		
UGR 4H 8H	: 20.7 / 20.7		
Tot. System power	: 17.8 W		
Equipment	: 1xLED20S/840/-		
Total luminous flux	: 2200 lm		



Εικόνα Π-Δ 6: Διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού DN570B PSED-E 1xLED20S/840 C



Εικόνα Π-Δ 7: Φωτογραφία του φωτιστικού DN570B PSED-E 1xLED20S/840 C

Recessed luminaire DN570B PSED-E 1xLED24S/840 C PGO

Diameter : 214 mm, Height : 0.0 mm

Luminaire efficacy : 102.33 lm/W

Classification : A50, ↓ 100.0% ↑ 0.0%

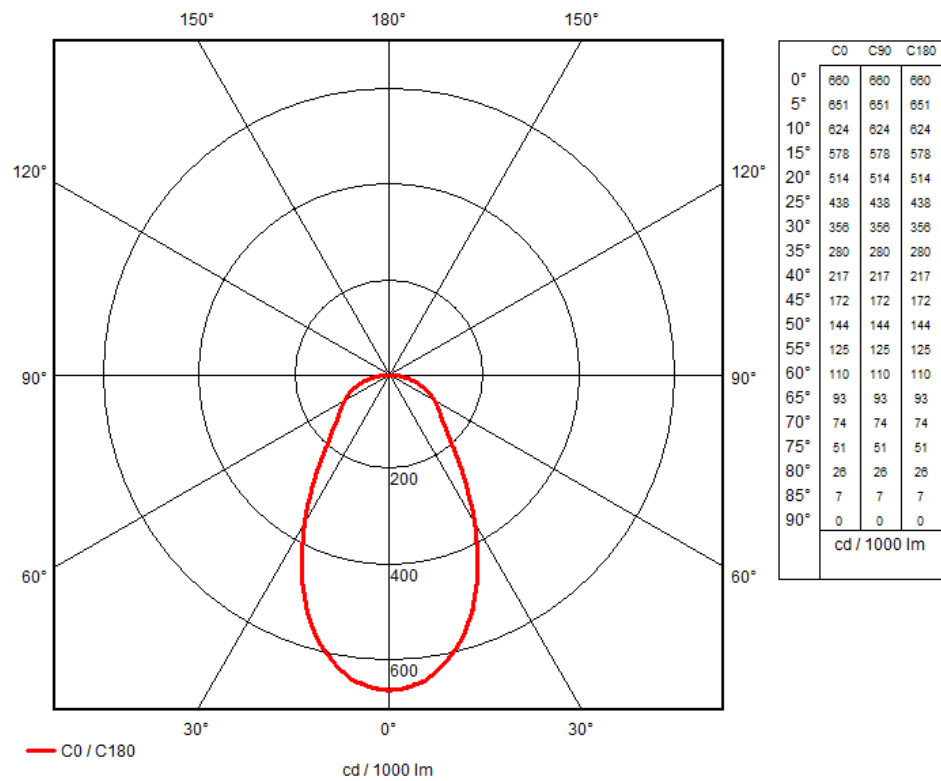
CIE Flux Codes : 62 85 97 100 100

UGR 4H 8H : 26.0 / 26.0

Tot. System power : 21.5 W

Equipment : 1xLED24S/840/-

Total luminous flux : 2200 lm



Εικόνα Π-Δ 8:Διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού DN570B PSED-E 1xLED24S/840 C



Εικόνα Π-Δ 9: Φωτογραφία του φωτιστικού DN570B PSED-E 1xLED24S/840 C

Recessed luminaire DN461B 1xLED11S/840 C

Diameter : 166 mm, Height : 0.0 mm

Luminaire efficacy : 83.33 lm/W

Classification : A70, ↓ 100.0% ↑ 0.0%

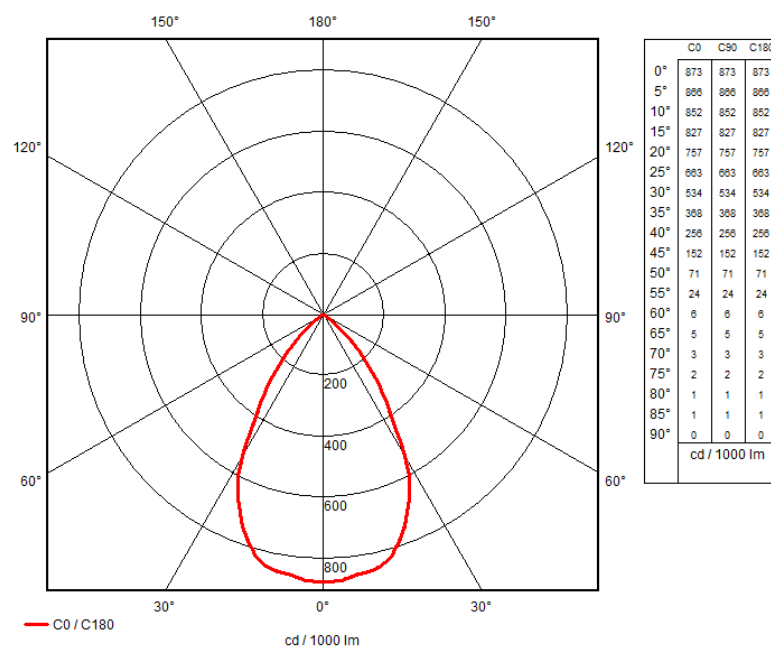
CIE Flux Codes : 87 99 100 100 100

UGR 4H 8H : 18.0 / 18.0

Tot. System power : 13.8 W

Equipment : 1xLED11S/840/-

Total luminous flux : 2200 lm



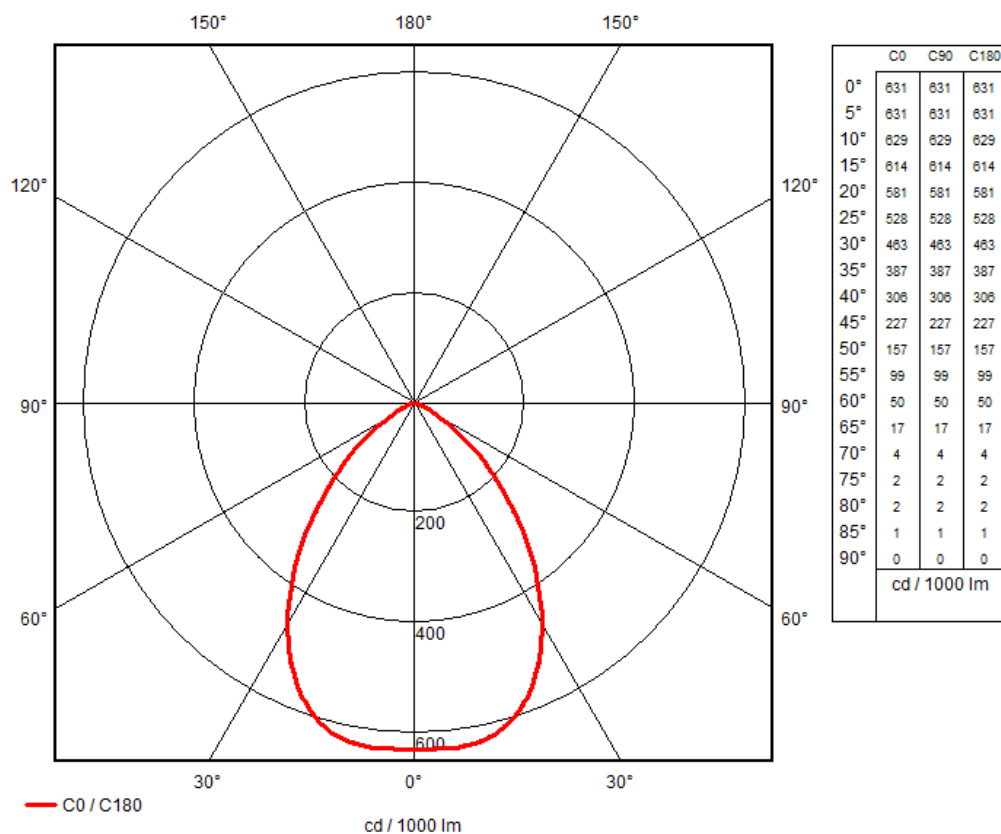
Εικόνα Π-Δ 10: Διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού DN461B 1xLED11S/840 C



Εικόνα Π-Δ 11: Φωτογραφία του φωτιστικού DN461B 1xLED11S/840 C

Recessed luminaire DN131B D165 1xLED10S/840

Diameter : 165 mm,	Height : 0.0 mm
Luminaire efficacy	: 107.76 lm/W
Classification	: A60, ↓ 100.0% ↑ 0.0%
CIE Flux Codes	: 74 98 100 100 100
UGR 4H 8H	: 23.9 / 23.9
Tot. System power	: 11.6 W
Equipment	: 1xLED10S/840/-
Total luminous flux	: 1250 lm



Εικόνα Π-Δ 12: Διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού DN131B D165 1xLED10S/840



Εικόνα Π-Δ 13: Φωτογραφία του φωτιστικού DN131B D165 1xLED10S/840

Surface-mounted luminaire BN086C L900 1xLED9/CW

Length : 870 mm, Width : 23 mm, Height : 33 mm

Luminaire efficacy : 92.82 lm/W

Classification : B31, ↓ 85.9% ↑ 14.1%

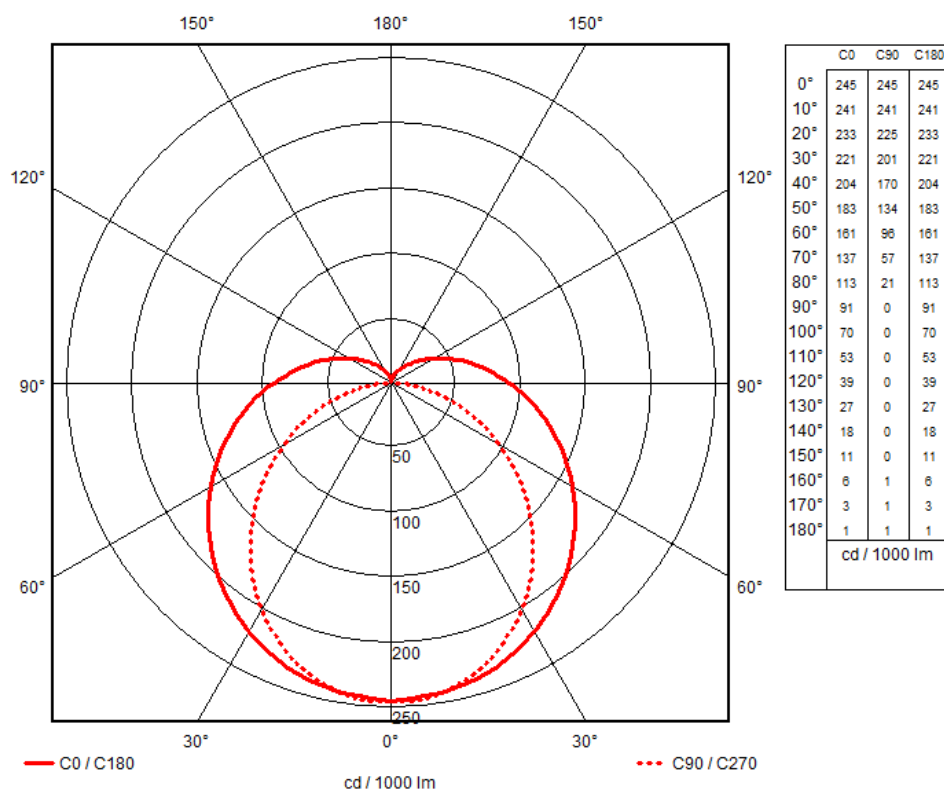
CIE Flux Codes : 39 68 87 86 100

UGR 4H 8H : 24.7 / 21.6

Tot. System power : 10.3 W

Equipment : 1xLED9/CW/-

Total luminous flux : 956 lm



Εικόνα Π-Δ 14: Διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού BN086C L900 1xLED9/CW



Εικόνα Π-Δ 15: Φωτογραφία του φωτιστικού BN086C L900 1xLED9/CW

Surface-mounted luminaire BN130C 1XLED13S/840 L1158

Length : 1160 mm, Width : 25 mm, Height : 45 mm

Luminaire efficacy : 69.16 lm/W

Classification : B31, ↓ 80.5% ↑ 19.5%

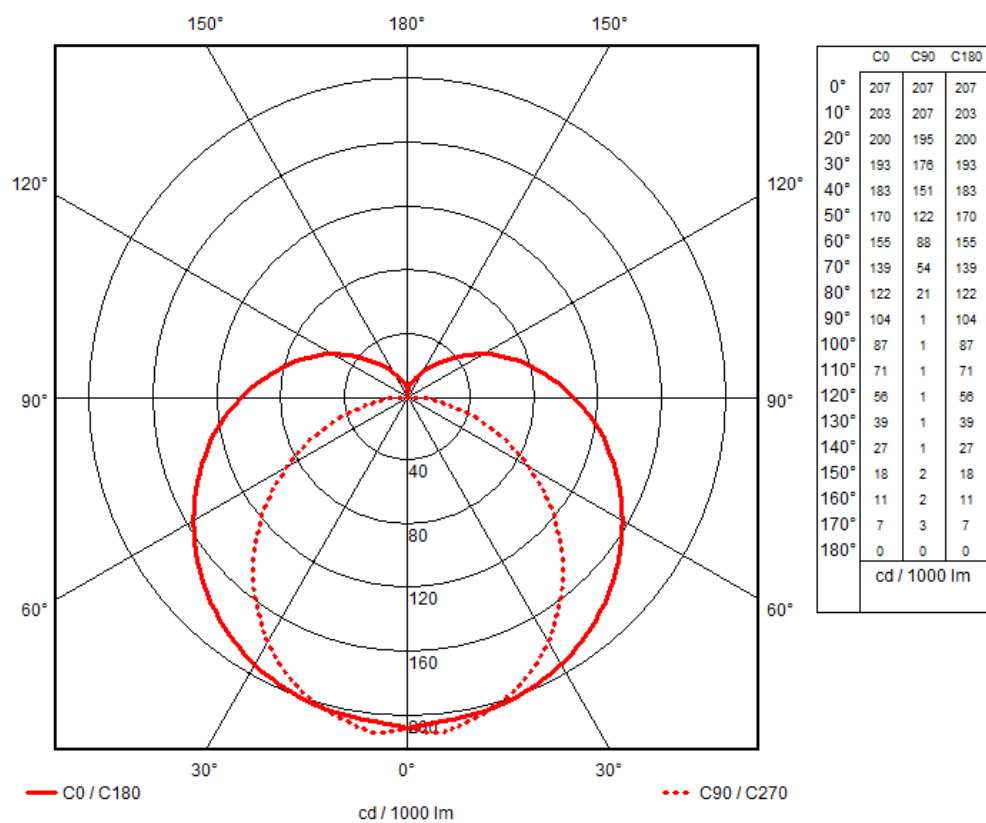
CIE Flux Codes : 36 64 85 80 100

UGR 4H 8H : 24.9 / 21.6

Tot. System power : 19 W

Equipment : 1xLED13S/830/-

Total luminous flux : 1314 lm



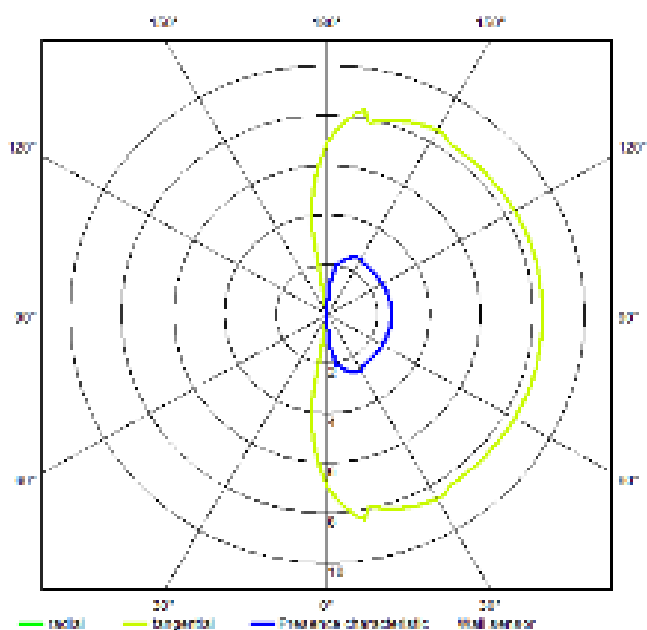
Εικόνα Π-Δ 16: Διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού BN130C 1XLED13S/840 L1158



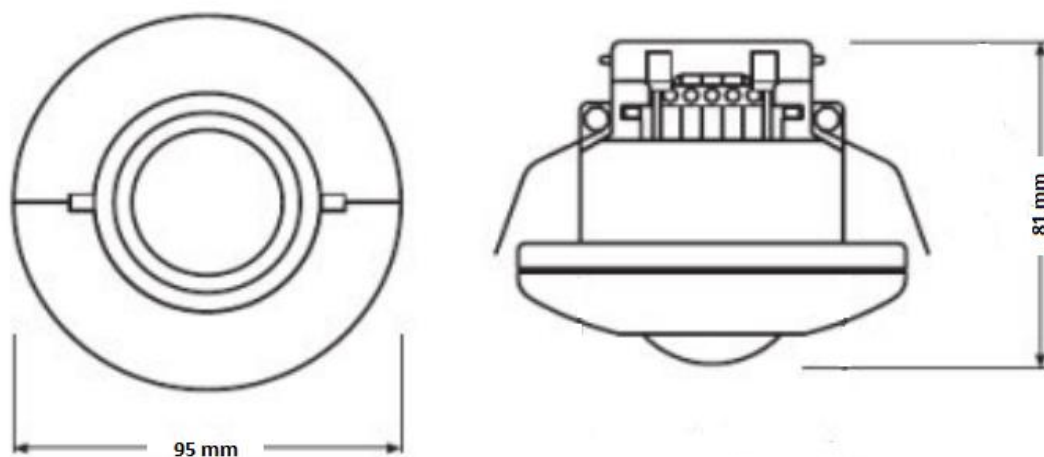
Εικόνα Π-Δ 17: Φωτογραφία του φωτιστικού BN130C 1XLED13S/840 L1158

Χαρακτηριστικά αισθητήρων φωτισμού

LUXeye Sense DALI BT της εταιρείας OSRAM



Εικόνα Π-Δ 18: Φωτογραφία του αισθητήρα φωτισμού LUXeye Sense DALI BT



Εικόνα Π-Δ 19: Μηχανολογικό σχέδιο του αισθητήρα φωτισμού LUXeye Sense DALI BT

Περιοχές εφαρμογής : γραφεία, χώροι διασκέψεων, αίθουσες διδασκαλίας και διάδρομοι

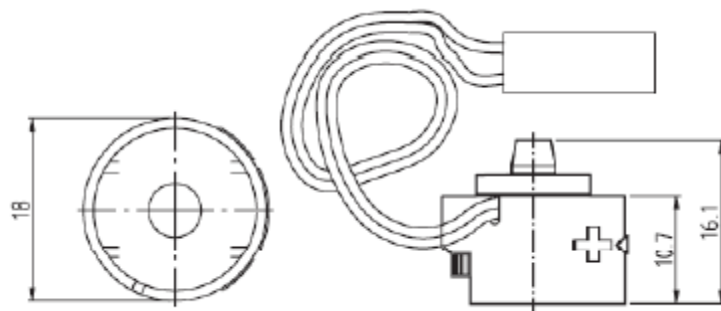
Πλεονεκτήματα προϊόντος : Στοιχείο αισθητήρα φωτός με διόρθωση V(λ)

Χαρακτηριστικά προϊόντος : Ρύθμιση εξαρτώμενη από το φως της ημέρας και έλεγχος φωτισμού εξαρτώμενος από την παρουσία, χωρίς πολυανθρακικό πλαστικό κάλυμμα αλογόνου, ανίχνευση παρουσίας μέσω παθητικού στοιχείου υπερύθρων

SMART LS II / SMART LS II Ip



Εικόνα Π-Δ 20: Φωτογραφία του αισθητήρα φωτισμού SMART LS II / SMART LS II Ip



Εικόνα Π-Δ 21: Μηχανολογικό σχέδιο του αισθητήρα φωτισμού SMART LS II / SMART LS II Ip

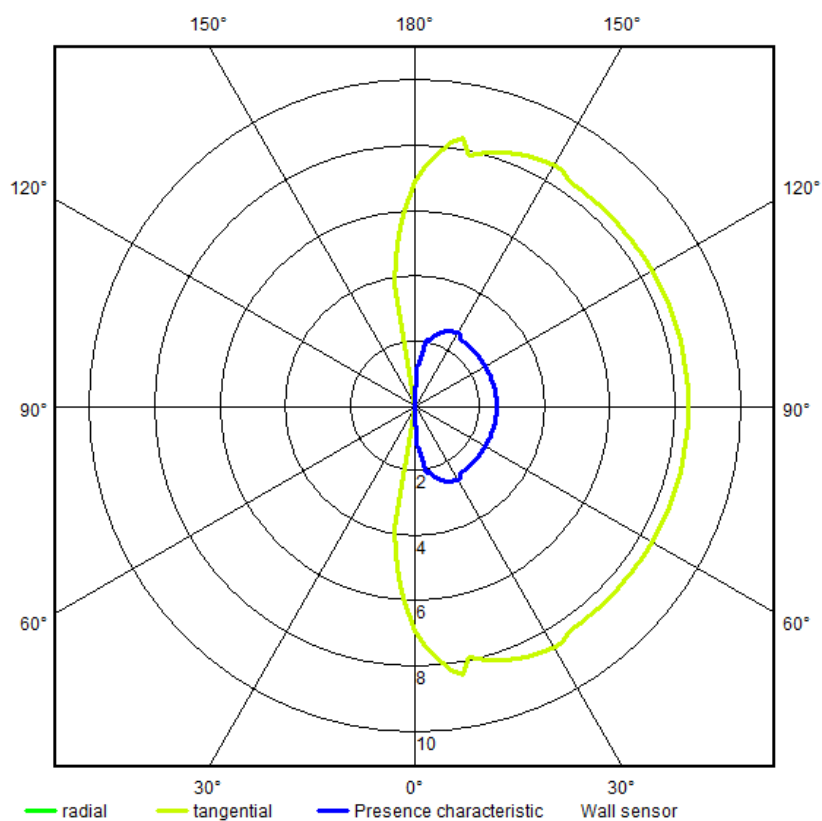
Χαρακτηριστικά αισθητήρων παρουσίας/κίνησης

535932165 Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 S 180 AP Master 1C EDI/W

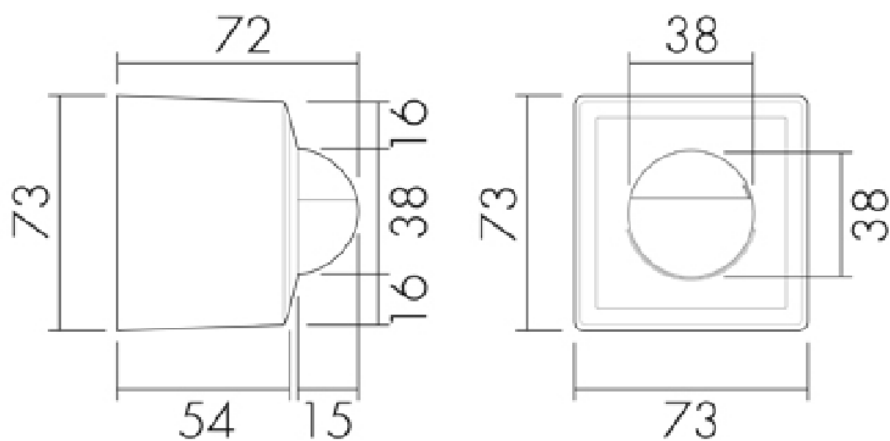
Κατασκευάστρια εταιρεία : SwissLux



Εικόνα Π-Δ 22: Φωτογραφία του αισθητήρα Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 S 180 AP Master 1C EDI/W



Εικόνα Π-Δ 23: Πολικό διάγραμμα του αισθητήρα του αισθητήρα Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 S 180 AP Master 1C EDI/W



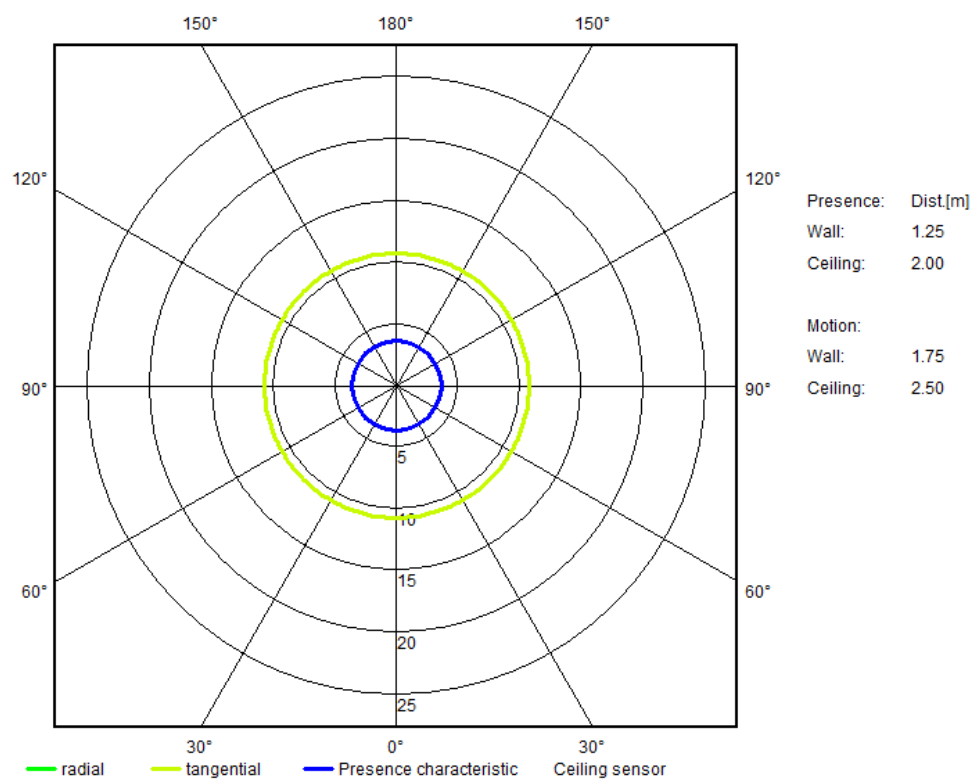
Εικόνα Π-Δ 24: Μηχανολογικό σχέδιο του αισθητήρα Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 S 180 AP Master 1C EDI/W

535931905 Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 MAX UP Duo

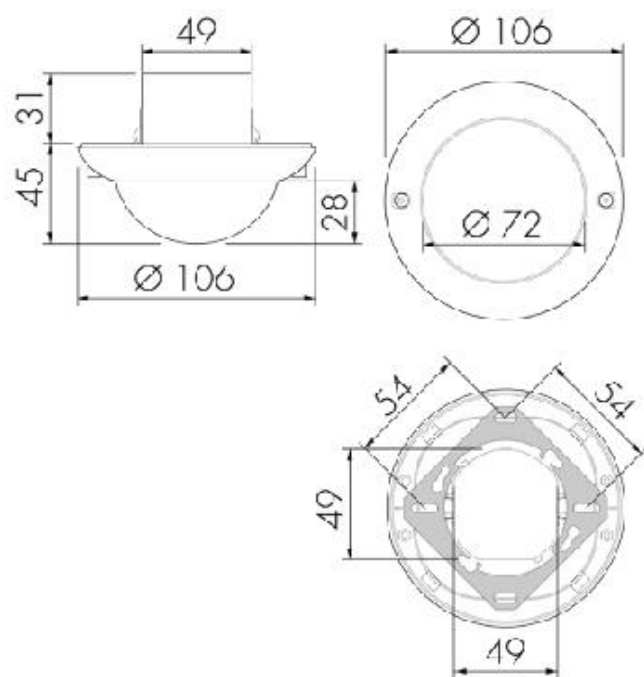
Κατασκευάστρια εταιρεία : SwissLux



Εικόνα Π-Δ 25: Φωτογραφία του αισθητήρα Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 MAX UP Duo



Εικόνα Π-Δ 26: Πολικό διάγραμμα του αισθητήρα Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 MAX UP Duo



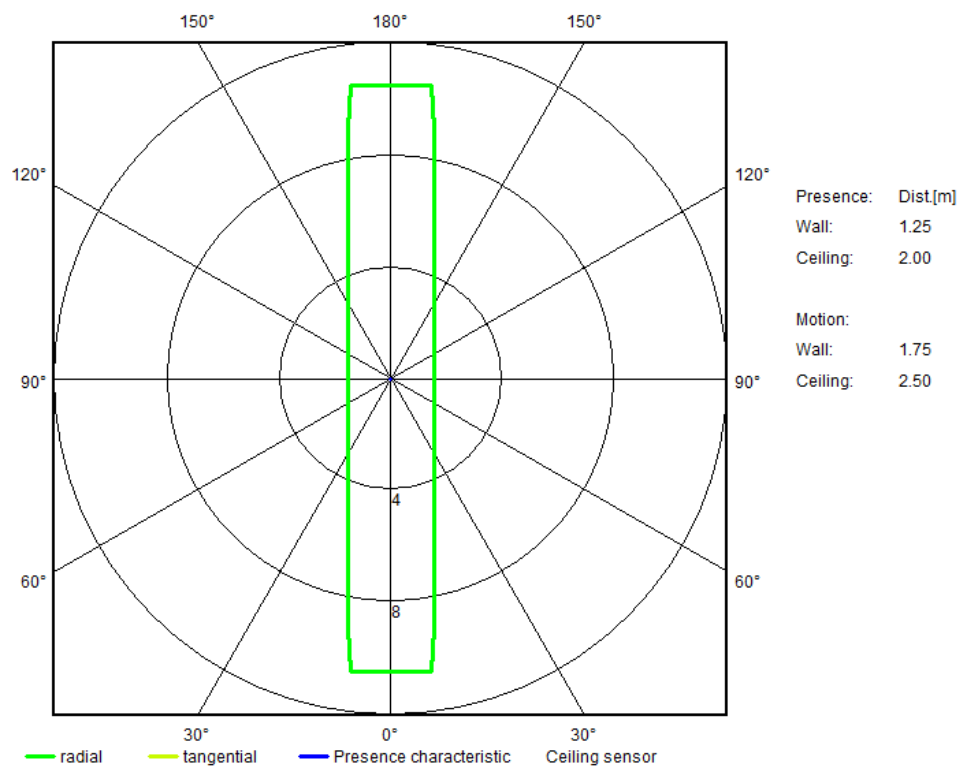
Εικόνα Π-Δ 27: : Μηχανολογικό σχέδιο του αισθητήρα Wanden Präsenzmelder LUXOMAT PD2 MAX UP Duo

590703 Presence detector (high-frequency) PC PRO Dual HF

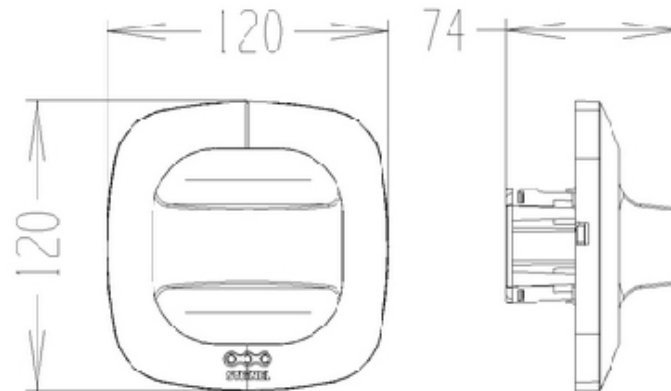
Κατασκευάστρια εταιρεία : Steinel



Εικόνα Π-Δ 28:Φωτογραφία του αισθητήρα (high-frequency) PC PRO Dual HF



Εικόνα Π-Δ 29: Πολικό διάγραμμα του αισθητήρα (high-frequency) PC PRO Dual HF



Εικόνα Π-Δ 30: Μηχανολογικό σχέδιο του αισθητήρα (high-frequency) PC PRO Dual HF