



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

**Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης
ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου
Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. – Πτέρυγες Β, Δ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στεφανία Κ. Μπανάκα

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

Επιβλέπων : Λάμπρος Θ. Δούλος
Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

.....
Στεφανία Κ. Μπανάκα

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

Copyright © Στεφανία Μπανάκα, 2011

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 των πτερύγων Β, Δ του κτηρίου της Σχολής Χημικών Μηχανικών 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 τα κτήρια και ιδιαίτερα για το σύστημα φωτισμού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της καταγραφής του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού του υπό μελέτη κτηρίου, καθώς και τα αποτελέσματα δύο 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 και η δεύτερη στην επιπλέον αναβάθμιση με προσθήκη αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού αναλόγως το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό. Τέλος, παρουσιάζονται τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη, το συνολικό κόστος και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης από την εφαρμογή και των δύο προτάσεων.

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

Abstract

The main scope of this diploma thesis was the improvement of the energy efficiency of the artificial lighting system in wings B, D of the School of Chemical 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 buildings, especially in lighting systems, were mentioned. Moreover, the data from monitoring the existing lighting system and the results of the energy savings calculations by applying two 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 ones. The second upgrade scenario concerned the installation of photosensors, which dim the artificial lighting levels, depending on the available daylight. Finally, the energy and environmental benefits, the total cost and the payback period of the investment were presented by implementing both upgrade scenarios.

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

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή Φραγκίσκο Β. Τοπαλή για την εμπιστοσύνη του και την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω τη διπλωματική μου εργασία σε θέμα που αποτελεί κύριο μέρος των ενδιαφερόντων μου. Η άψογη συνεργασία και η καθοδήγησή του υπήρξαν για μένα σημαντικά εφόδια για την επιτυχή ολοκλήρωσή της.

Στα πλαίσια της εργασίας μου, είχα την ευκαιρία να συνεργαστώ με το διδάκτορα Λάμπρο Δούλο. Η υποστήριξή του ήταν πολύπλευρη και καθοριστική. Με τις συμβουλές και τις επισημάνσεις του με βοήθησε να κατανοήσω καλύτερα αρκετές πτυχές του αντικειμένου. Οι συνεχείς συζητήσεις μας με βοήθησαν καθοριστικά στην επίλυση όλων των προβλημάτων που αντιμετώπισα. Για όλα αυτά τον ευχαριστώ.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα Κωνσταντίνο Μπουρούση για τη βοήθεια και την υποστήριξη που μου προσέφερε καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Περιεχόμενα

Περίληψη		5
Abstract		7
Ευχαριστίες		9
Εισαγωγή		15
Κεφάλαιο 1^ο	Δράσεις για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτήρια	
1.1	Εισαγωγή	19
1.2	Ενεργειακή κατανάλωση στον κτηριακό τομέα	20
1.2.1	Το κτήριο ως καταναλωτής ενέργειας	20
1.3	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηριακού Τομέα (Κ.Εν.Α.Κ)	22
1.4	Παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων	23
1.4.1	Θερμική προστασία κελύφους	23
1.4.1.1	Θερμομόνωση κτηριακού κελύφους	23
1.4.1.2	Χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων	24
1.4.1.3	Φυτεμένο δώμα	26
1.4.1.4	Αεριζόμενο κέλυφος	27
1.4.1.5	Ηλιοπροστασία – Σκίαστρα	28
1.4.1.6	Ανακλαστικά επιχρίσματα - ψυχρά υλικά	30
1.4.1.7	Φράγμα ακτινοβολίας	31
1.4.1.8	Φυσικός αερισμός	31
1.4.1.9	Παθητικά ηλιακά συστήματα	32
1.4.2	Ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων	33
1.4.2.1	Αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης	33
1.4.2.2	Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού	33
1.4.2.3	Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές – κινητήρες	34
1.4.2.4	Μηχανικός αερισμός (free cooling)	34
1.4.2.5	Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής	35
1.4.2.6	Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης	35
1.4.2.7	Σύστημα BEMS	36
1.4.2.8	Φωτισμός	36
1.4.3	Ενσωμάτωση Α.Π.Ε.	38
1.4.3.1	Φωτοβολταϊκά	38
1.4.3.2	Θερμικά ηλιακά συστήματα	39
1.4.3.3	Μικρές ανεμογεννήτριες	40
1.4.3.4	Βιομάζα	40
1.4.3.5	Τηλεθέρμανση	41

Περιεχόμενα

1.4.3.6	Γεωθερμία	41
1.4.3.7	Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)	42
Κεφάλαιο 2^ο	Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και βελτιστοποίησης του συστήματος τεχνητού φωτισμού	
2.1	Εισαγωγή	45
2.2	Σχεδιασμός συστήματος φωτισμού	46
2.3	Μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού-Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού	47
2.3.1	Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων (electronic ballasts)	47
2.3.2	Επιλογή φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων	50
2.3.2.1	Φωτιστικά σώματα	50
2.3.2.2	Λαμπτήρες	52
2.3.3	Κυκλώματα φωτισμού και διακόπτες	53
2.3.4	Συντελεστής ισχύος	54
2.3.5	Συντήρηση της εγκατάστασης φωτισμού	54
2.3.6	Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις	55
2.4	Αυτοματισμοί – Στρατηγικές ελέγχου φωτισμού	56
2.4.1	Προγραμματισμός	56
2.4.2	Εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού	56
2.4.3	Χρήση αισθητήρων – Τοπικοί αυτοματισμοί	57
2.4.3.1	Αισθητήρες φωτισμού	57
2.4.3.2	Αισθητήρες παρουσίας	57
2.4.3.3	Χρονοδιακόπτες	58
2.4.4	Εξισορρόπηση λαμπρότητας	58
2.4.5	Διατήρηση των επιπέδων φωτισμού	58
2.4.6	Εξομάλυνση φορτίου και μείωση της ζήτησης ισχύος	59
2.4.7	Συστήματα κεντρικής διαχείρισης κτηρίων και σύστημα φωτισμού	59
2.5	Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού - Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	60
2.5.1	Αισθητήρες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού	61
2.5.1.1	Κατανομή φυσικού φωτισμού	62
2.5.1.2	Ζώνες ελέγχου φωτισμού	62
2.5.1.3	Φωτιστικά σώματα	63
2.5.1.4	Θέση αισθητήρα φωτισμού	63
2.5.2	Αρχιτεκτονικές λύσεις για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού	63
Κεφάλαιο 3^ο	Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού	
3.1	Εισαγωγή	65
3.2	Συνολικό κόστος μιας εγκατάστασης φωτισμού	65
3.2.1	Αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης	66

3.2.2	Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας	67
3.2.3	Κόστος συντήρησης	68
3.2.4	Συνολικό κόστος	70
3.3	Χρόνος απόσβεσης	70
3.4	Μέθοδοι στατικού και δυναμικού υπολογισμού	72
Κεφάλαιο 4^ο	Γενική περιγραφή του κτηρίου Χημικών Μηχανικών και των προβλημάτων του	
4.1	Περιγραφή κτηρίου	73
4.1.1	Πτέρυγα Β	74
4.1.2	Πτέρυγα Δ	78
4.1.3	Πτέρυγα Β,Δ-Θ	82
4.2	Περιγραφή των κύριων προβλημάτων του κτηρίου	87
Κεφάλαιο 5^ο	Καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	
5.1	Εισαγωγή	91
5.2	Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	92
5.2.1	Πτέρυγα Β	92
5.2.2	Πτέρυγα Δ	95
5.2.3	Πτέρυγα Β,Δ-Θ	97
5.3	Ένταση φωτισμού του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	98
5.3.1	Πτέρυγα Β	99
5.3.2	Πτέρυγα Δ	101
5.3.3	Πτέρυγα Β,Δ-Θ	103
5.4	Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	105
Κεφάλαιο 6^ο	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)	
6.1	Εισαγωγή	107
6.2	Εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α)	110
6.2.1	Πτέρυγα Β	110
6.2.2	Πτέρυγα Δ	113
6.2.3	Πτέρυγα Β,Δ-Θ	115
6.3	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α)	117
Κεφάλαιο 7^ο	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)	
7.1	Εισαγωγή	119
7.2	Ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β)	121

Περιεχόμενα

7.2.1	Πτέρυγα Β	121
7.2.2	Πτέρυγα Δ	123
7.2.3	Πτέρυγα Β,Δ-Θ	125
7.3	Συνολική ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β)	125
7.3.1	Συνολική ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β) μόνο για τους χώρους που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός	128
Κεφάλαιο 8^ο	Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)	
8.1	Εισαγωγή	131
8.2	Πτέρυγα Β	134
8.2.1	Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α)	134
8.2.2	Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β)	136
8.3	Πτέρυγα Δ	138
8.3.1	Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α)	138
8.3.2	Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β)	139
8.4	Πτέρυγα Β,Δ-Θ	141
8.4.1	Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α)	141
8.4.2	Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β)	142
8.5	Συνολικά αποτελέσματα	143
8.5.1	Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α)	143
8.5.2	Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β)	145
Κεφάλαιο 9^ο	Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα	149
Βιβλιογραφία		153
Παραρτήματα		
Παράρτημα Α	Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)	157
Παράρτημα Β	Αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)	169
Παράρτημα Γ	Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού	177

Εισαγωγή

Ο κτηριακός τομέας ευθύνεται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο και κατ' επέκταση για το 45% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το υψηλό κόστος των συμβατικών μορφών ενέργειας και η περιβαλλοντική ρύπανση απαιτούν την εφαρμογή δράσεων για εξοικονόμηση ενέργειας.

Η παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή φωτισμού αγγίζει συνολικά το 19%, ενώ οι απαιτήσεις για φωτισμό στα κτήρια γραφείων αντιστοιχούν στο 25%-35% της συνολικής τους ενεργειακής κατανάλωσης. Στην Ελλάδα, η ενέργεια που καταναλώνεται για φωτισμό είναι 2.960 GWh ετησίως. Συνεπώς ο φωτισμός αποτελεί σημαντικό ενεργειακό καταναλωτή. Με την ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού των υφιστάμενων κτηρίων μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης και εξοικονόμηση μεγάλων ποσών ενέργειας, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα συνθήκες οπτικής άνεσης.

Το πρώτο βήμα προς αυτή την κατεύθυνση είναι η ενεργειακή επιθεώρηση του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού, ώστε να αποτυπωθεί η υπάρχουσα κατάσταση και να προταθεί ο καλύτερος τρόπος βελτιστοποίησής του. Στη συνέχεια εκπονείται μελέτη και παρουσιάζονται προτάσεις για την εφαρμογή τεχνικών παρεμβάσεων στην εγκατάσταση φωτισμού. Μέσω αυτών επιτυγχάνονται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση λειτουργικού κόστους, ενώ ταυτόχρονα ικανοποιούνται και οι απαιτήσεις οπτικής άνεσης. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η αξιολόγηση των δράσεων αυτών, ώστε να επιλεγούν οι οικονομικά βιώσιμες.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετάται η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος τεχνητού φωτισμού στις Πτέρυγες Β, Δ του κτηρίου της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται η σημερινή ενεργειακή κατάσταση στον κτηριακό τομέα, οι ευρωπαϊκοί στόχοι και πολιτική για την εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτόν, καθώς και διάφορες δράσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Περιγράφονται συνοπτικά δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτηρίων, της ενεργειακής αναβάθμισης των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και της αξιοποίησης των τοπικά διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο 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

Εισαγωγή

φωτισμού, στρατηγικές ελέγχου φωτισμού, καθώς και τεχνικές αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού και μελετώνται τα κριτήρια αξιολόγησής του ως προς την οικονομική του βιωσιμότητα. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού του συνολικού κόστους μιας εγκατάστασης φωτισμού, του χρόνου απόσβεσης της αντίστοιχης επένδυσης και τα οφέλη που προκύπτουν από την επιλογή ενός ενεργειακά αποδοτικότερου συστήματος φωτισμού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περιγραφή των υπό μελέτη πτερύγων Β και Δ του κτηρίου της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Δίνονται οι κατόψεις του κάθε επιπέδου και περιγράφονται τα προβλήματα που παρατηρήθηκαν από την καταγραφή των χώρων και του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού κατά τη διάρκεια των επισκέψεων στο κτήριο, στα πλαίσια της ενεργειακής του επιθεώρησης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η αναλυτική καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού για τις πτέρυγες Β και Δ του κτηρίου Χημικών Μηχανικών και υπολογίζεται η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος. Κατά τις επισκέψεις στο κτήριο, καταγράφηκε το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων του χώρου, ο τύπος και η ισχύς των λαμπτήρων. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα επίπεδα της έντασης φωτισμού του κάθε χώρου, όπως αυτά καταγράφηκαν από μετρήσεις με ειδικό όργανο μέτρησης επιπέδων φωτισμού.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το προτεινόμενο, ενεργειακά αναβαθμισμένο, σύστημα τεχνητού φωτισμού για τις Πτέρυγες Β, Δ του κτηρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.. Το προτεινόμενο σύστημα (Σενάριο Α) συγκρίνεται με το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού και περιγράφονται τα πλεονεκτήματά του. Επιπλέον, παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία που οδήγησε σε αυτό.

Στο έβδομο κεφάλαιο μελετάται η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β). Κάθε χώρος, ο οποίος έχει εξωτερικά ανοίγματα, μελετήθηκε ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, και τελικά σε 25 χώρους κρίθηκε ωφέλιμη η αξιοποίησή του. Το νέο προτεινόμενο σύστημα φωτισμού με δυνατότητα πλέον ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β) συγκρίνεται με το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού, αλλά και με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με απλή αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α), και αναφέρονται τα πλεονεκτήματά του. Επιπλέον, περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία που οδήγησε στο προτεινόμενο σύστημα.

Στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται ο υπολογισμός του κόστους για την εγκατάσταση του κάθε προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού. Επιπλέον, υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με τα δύο προτεινόμενα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης (Σενάριο Α: αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, αποδοτικότερα και 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, αλλά και η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με το Σενάριο Β σε σχέση με το Σενάριο Α. Υπολογίζονται και για τις δύο 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 και η μείωση των ρύπων CO₂ που επιτυγχάνεται ετησίως.

Στο ένατο κεφάλαιο συνοψίζονται τα αποτελέσματα των δύο προτεινόμενων σεναρίων αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων και με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται με την υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου. Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα των προτεινόμενων δράσεων.

Ολοκληρώνοντας την εργασία, ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν, τα Παραρτήματα Α, Β, όπου παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για αντιπροσωπευτικούς χώρους του κτηρίου, καθώς και το Παράρτημα Γ με τις προδιαγραφές των φωτιστικών σωμάτων και του αισθητήρα φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε.

Κεφάλαιο 1^ο

Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η σημερινή ενεργειακή κατάσταση στον κτηριακό τομέα, οι ευρωπαϊκοί στόχοι και πολιτική για την εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτόν, καθώς και διάφορες δράσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Περιγράφονται συνοπτικά δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτηρίων, της ενεργειακής αναβάθμισης των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και της αξιοποίησης των τοπικά διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

1.1. Εισαγωγή

Η αλλαγή του κλίματος είναι μια από τις μεγαλύτερες απειλές για το περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία. Η καταπολέμησή της αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη είναι αδιαμφισβήτητη και οφείλεται κατά κύριο λόγο στις συνεχώς αυξανόμενες ποσότητες ενέργειας που παράγει και καταναλώνει σήμερα ο άνθρωπος. Καθώς οι ενεργειακές ανάγκες του ανθρώπου αυξάνονται, αυξάνεται και η χρήση των ορυκτών καυσίμων για την ικανοποίησή τους και κατά συνέπεια τα ήδη υψηλά επίπεδα εκπομπών CO₂. Τα ορυκτά καύσιμα αντιπροσωπεύουν αυτή τη στιγμή το 80% περίπου της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Γίνεται αντιληπτό ότι πρέπει να αναληφθεί δράση σε παγκόσμιο επίπεδο ώστε η θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης να σταθεροποιηθεί. Κινούμενη προς αυτή την κατεύθυνση, η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε το Δεκέμβριο του 2008 μια ολοκληρωμένη πολιτική για την ενέργεια και την κλιματική αλλαγή με φιλόδοξους στόχους για το 2020:

- 1) 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ,
- 2) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και
- 3) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% σε όλους τους τομείς σε σχέση με τα επίπεδα του 2005 και 18% διείσδυση των Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση.

Με το Νόμο 3851/2010, η Ελλάδα προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10% στις μεταφορές.

Επιπρόσθετα, σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας προβλέπεται 9% εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το έτος 2016 σύμφωνα και με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ, ενώ με τον Νόμο 3855/2010, ο οποίος προστίθεται και στον πρόσφατο κανονισμό που αφορά στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων - Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων, προχωρά στην ανάπτυξη μηχανισμών της αγοράς και εφαρμογή συγκεκριμένων μέτρων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επίτευξη του συγκεκριμένου εθνικού στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας.

[1, 2, 3]

1.2. Ενεργειακή κατανάλωση στον κτηριακό τομέα

1.2.1. Το κτήριο ως καταναλωτής ενέργειας

Ο κτηριακός τομέας ευθύνεται για το 40% της κατανάλωσης ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Ο οικιακός και τριτογενής κτηριακός τομέας αποτελούν πλέον το μεγαλύτερο τελικό καταναλωτή ενέργειας εκτοπίζοντας τους παραδοσιακά μεγάλους καταναλωτές, τη βιομηχανία και τις μεταφορές, ενώ ευθύνεται και για το 45% των εκπομπών CO₂. Για το λόγο αυτό, η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων είναι σημαντική παράμετρος της ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής. Στο πλαίσιο αυτής της πολιτικής το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής εφαρμόζει διάφορα προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης των κτηρίων. Ένα μεγάλο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί για τα κτήρια. Εκτιμάται ότι με απλές και ενεργειακά αποδοτικές τεχνικές μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 22% μέχρι το 2020. Ειδικότερα:

- Για τη θέρμανση των κτηρίων, 10 εκατομμύρια εγκατεστημένοι οικιακοί λέβητες στην Ε.Ε. είναι παλιότεροι των 20 ετών και η αντικατάστασή τους μπορεί να επιφέρει 5% εξοικονόμηση ενέργειας.
- Για τον κλιματισμό των κτηρίων, η κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να διπλασιαστεί ως το 2020, ποσοστό που μπορεί να μειωθεί κατά 25% με την εγκατάσταση συστημάτων κλιματισμού που εξασφαλίζουν απαιτήσεις ελάχιστης απόδοσης.
- Για το φωτισμό στον κτηριακό τομέα γενικά, καταναλώνεται το 14% της συνολικής ενέργειας. Με τη χρήση πιο αποδοτικών εξαρτημάτων και συστημάτων ελέγχου και με την ενσωμάτωση τεχνικών φυσικού φωτισμού και άλλων τεχνολογιών μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας 30-50%.

- Η εφαρμογή παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, βιοκλιματικού σχεδιασμού, αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και φυσικού δροσισμού μπορεί να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση κατά 60%.
- Επιπρόσθετη εξοικονόμηση είναι εφικτή με την αξιοποίηση τοπικά διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την εγκατάσταση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ), τηλεθέρμανσης και αντλιών θερμότητας.

Εκτιμάται ότι τα ενεργειακά οφέλη, που μπορούν να προκύψουν με μεγιστοποίηση της χρήσης διαθέσιμων και ενεργειακά αποδοτικών αλλά και οικονομικά βιώσιμων τεχνολογιών στα ευρωπαϊκά κτήρια, αντιστοιχούν με μείωση της παρούσας χρήσης πετρελαίου κατά 10% και μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων κατά 20%.

Ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτηρίων που περιλαμβάνει τη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων (για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό) υπακούει στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Σημειώνεται ότι τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη από την εφαρμογή των αρχών του ενεργειακού και βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι μεγαλύτερα κατά την ανακαίνιση κτηρίων, καθώς το υφιστάμενο κτηριακό απόθεμα στην Ε.Ε. είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε μέγεθος. Σύμφωνα με τις εκθέσεις της Ε.Ε., η ανακαίνιση των παλαιότερων κτηρίων στην Ευρώπη με απλή θερμομόνωση των κτηρίων μπορεί να επιφέρει μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 42%. [4, 5]

Τα κύρια αίτια για τη συνεχή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτήρια είναι:

- Η ύπαρξη μεγάλης πλειοψηφίας των κτηρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα και απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν συνθήκες θερμικής άνεσης ιδιαίτερα το χειμώνα.
- Η κατά κανόνα, μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης και επομένως αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση.
- Η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική κυρίως ενέργεια.
- Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, ιδίως το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 3.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 25 χρόνια.
- Η έλλειψη ολοκληρωμένης νομοθεσίας για την ενέργεια στις κατασκευές. [4]

1.3. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηριακού Τομέα (Κ.Εν.Α.Κ.)

Η Ελλάδα, ως όφειλε απέναντι στις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εναρμόνισε την εθνική νομοθεσία με την Κοινοτική Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την αναβάθμιση του υπάρχοντος κτηριακού αποθέματος, σύμφωνα με το Νόμο 3661/2008. Προϋπόθεση για την εφαρμογή του Νόμου υπήρξε η έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. [6]

Το 2010 τίθεται σε ισχύ ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηριακού Τομέα (Κ.Εν.Α.Κ.). Με τον Κ.Εν.Α.Κ. θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτηριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος, με συγκεκριμένες δράσεις:

- 1) Εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτηρίων
- 2) Θέσπιση ελάχιστων ορίων κατανάλωσης ενέργειας
- 3) Ενεργειακή κατάταξη κτηρίων (Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης)
- 4) Ενεργειακές επιθεωρήσεις κτηρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού. [7]

Σκοπός του είναι η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτηρίων. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). [8]

Έτσι, οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτήριο μπορεί να αφορούν:

- το κτηριακό κέλυφος (π.χ. θερμομόνωση, κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων, παθητικά ηλιακά συστήματα),
- τον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου (π.χ. χρήση βλάστησης),
- τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές και
- την ορθολογική χρήση του κτηρίου και την αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων (π.χ. ενεργειακή διαχείριση, φυσικός αερισμός, αξιοποίηση της θερμικής μάζας). [9]

1.4. Παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων

Οι κύριες παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου παρουσιάζονται στις παρακάτω παραγράφους.

1.4.1. Θερμική προστασία κελύφους

Ο σχεδιασμός ενός κτηρίου πρέπει να στοχεύει στην παροχή συνθηκών άνεσης στους ενοίκους ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες. Για τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτηρίου απαιτείται η θερμική προστασία του κελύφους.

1.4.1.1. Θερμομόνωση κτηριακού κελύφους

Με τη θερμομόνωση του κτηρίου επιδιώκεται να μειωθεί η ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας. Η θερμομόνωση συνίσταται σε ένα σύνολο κατασκευαστικών στοιχείων και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτηρίων. Συγκεκριμένα, οι στόχοι της θερμομόνωσης είναι α) η εξοικονόμηση ενέργειας, β) η διατήρηση της θερμοκρασίας ώστε να εξασφαλίζεται θερμική άνεση, γ) η αποφυγή μεγάλων θερμικών συστολών και διαστολών των δομικών στοιχείων και δ) η αποφυγή συμπύκνωσης υδρατμών μέσα στο δομικό στοιχείο.

Η εφαρμογή των κανονισμών για τη θερμομόνωση ενός κτηρίου πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Με τη σωστή μόνωση όλων των δομικών στοιχείων αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν «ευαίσθητα» σημεία στην οικοδομή, ακόμα και συμπύκνωση υδρατμών.

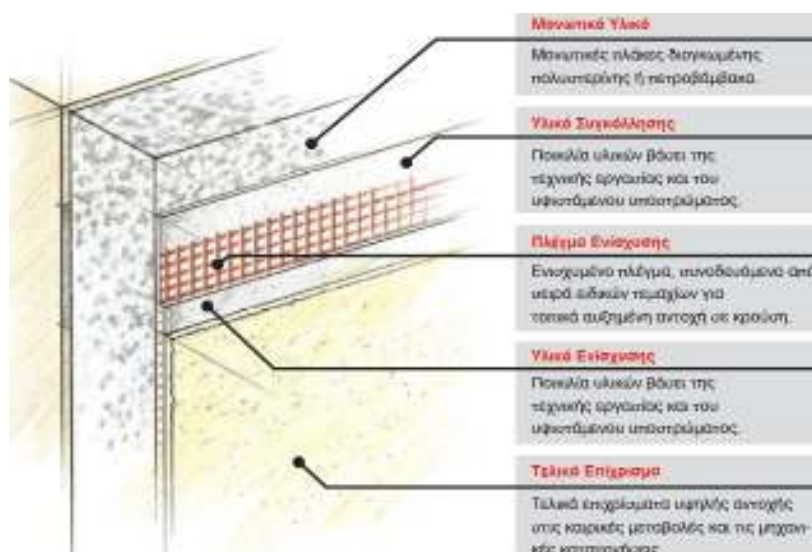
Τα περισσότερο ευπαθή σημεία ενός κτηριακού κελύφους, που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία, είναι οι επικαλύψεις στην εξωτερική τοιχοποιία (ιδιαίτερα σε δώματα και στέγες), το δάπεδο του υπογείου, η οροφή της πιλοτής και τα εξωτερικά κουφώματα. Ακόμα μονώνονται οι εγκαταστάσεις και οι αγωγοί του κτηρίου.



Εικόνα 1.1 : Θερμικές απώλειες α) χωρίς και β) με εξωτερική θερμομόνωση

Πηγή: www.caparol.gr

Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά οφείλουν τη μονωτική τους ικανότητα στην ύπαρξη παγιδευμένου αέρα είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη). Η θερμική αντίσταση και, συνεπώς, η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του. Συνιστάται τα θερμομονωτικά υλικά να τοποθετούνται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους. Η τοποθέτησή της εξαρτάται όμως και από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, αλλά και από τη χρήση (ωράριο λειτουργίας) των χώρων.



Εικόνα 1.2 : Θερμομόνωση τοιχοποιίας

Πηγή: www.caparol.gr

Η θερμομόνωση του κτηρίου συνεισφέρει θετικά στη θερμική προστασία του κτηρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα εφόσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό, ιδιαίτερα το νυχτερινό. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτηρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτηρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα. [9, 10]

1.4.1.2. Χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων

Μία αιτία της αυξημένης ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη των χώρων είναι τα εξωτερικά ανοίγματα των κτηρίων. Λόγω της ύπαρξής τους, μεγάλα ποσά θερμότητας μεταφέρονται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι μεγάλα ποσά θερμότητας εισέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων και ενεργειακά

αποδοτικών κουφωμάτων και υαλοπινάκων, τα οποία προσφέρουν, εκτός από εξοικονόμηση ενέργειας, θερμική και οπτική άνεση στο χώρο.



Εικόνα 1.3: Κατανάλωση ενέργειας λόγω χρήσης παλιών υαλοπινάκων
Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

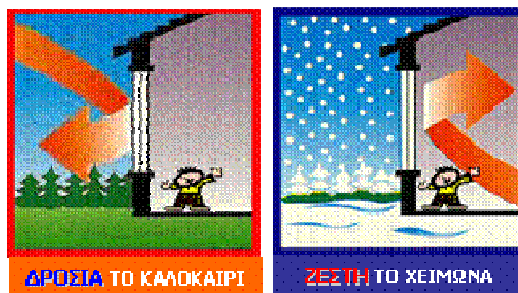
Οι υαλοπίνακες και τα κουφώματα των παραθύρων πρέπει να έχουν καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και να είναι αεροστεγανά, ώστε να μην υπάρχει διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες και επομένως σημαντικές απώλειες θερμότητας. Αυτό είναι και το συχνότερο φαινόμενο σε κτήρια κακής ή παλαιάς κατασκευής.

Στην Ελλάδα, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων κρίνεται απαραίτητη σε παλαιά κτήρια κτισμένα πριν το 1979, οπότε και εφαρμόστηκε ο κανονισμός θερμομόνωσης (υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτήρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού). Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά και με διπλά τζάμια, αν και έχει παραπάνω κόστος, μπορεί να ανατρέψει σε μεγάλο βαθμό την κακή ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου, επιτυγχάνοντας ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, με την εφαρμογή της τεχνικής αυτής μειώνεται η ακτινοβολία από ή προς τον εσωτερικό χώρο, αποτρέπεται η συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους και μειώνεται ο θόρυβος.

Υπάρχει ένα εύρος από ενεργειακά αποδοτικούς τύπους υαλοπινάκων και κουφωμάτων και η επιλογή γίνεται με βάση τη χρήση και το μέγεθος του κτηρίου καθώς και το κόστος του κάθε συστήματος. Σημαντικός δείκτης της θερμομονωτικής ικανότητας ενός συστήματος υαλοπίνακα είναι η θερμοπερατότητα, η οποία δίνεται από τους κατασκευαστές με την τιμή (K ή U) και εκφράζεται σε $W/m^2 \text{ } ^\circ C$. Ιδιότητες που επίσης επηρεάζουν τη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά ενός παραθύρου ή τζαμιού είναι η αεροπερατότητα, η φωτοδιαπερατότητα, ο συντελεστής εκπομπής κ.ά..

Το είδος του υαλοπίνακα που χρησιμοποιείται παίζει σημαντικό ρόλο στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά ενός παραθύρου. Η χρήση βελτιωμένων ειδικών υαλοπινάκων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτηρίων και στη βελτίωση των συνθηκών

Θερμικής και οπτικής άνεσης που διαμορφώνονται στους εσωτερικούς χώρους. Οι ειδικοί υαλοπίνακες μπορεί να είναι ανακλαστικοί υαλοπίνακες, έγχρωμοι υαλοπίνακες, απορροφητικοί υαλοπίνακες, επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e), θερμομονωτικοί υαλοπίνακες, ηλεκτροχρωμικοί, φωτοχρωμικοί, θερμοχρωμικοί ή και υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων.



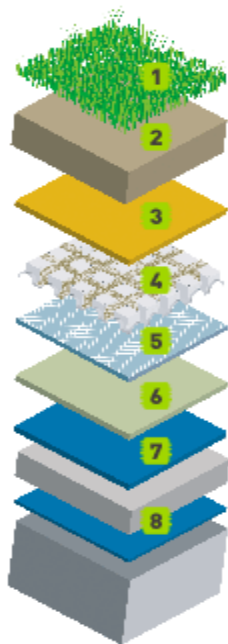
Εικόνα 1.4 : Εξοικονόμηση ενέργειας λόγω χρήσης βελτιωμένων υαλοπινάκων
Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

Η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα γίνεται με βάση τη χρήση του κτηρίου, τη συνεισφορά του υαλοπίνακα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση, το κόστος και το χρόνο απόσβεσης του συστήματος. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται κατά την επιλογή ώστε τα θερμικά και οπτικά χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα, τα οποία θα επιλεγούν με κριτήριο τη συμπεριφορά του στη θέρμανση και στο δροσισμό του κτηρίου, να εξασφαλίζουν, μαζί με το συνολικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων και τις απαιτήσεις σε φυσικό φωτισμό των χώρων. [9]

1.4.1.3. Φυτεμένο δώμα

Η φυτεμένη οροφή αποτελείται από ένα στρώμα βλάστησης, το οποίο αναπτύσσεται σε ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε μια επίπεδη οροφή (δώμα) και είναι μία τεχνική θερμικής προστασίας του κτηρίου τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι. Το φυτεμένο δώμα ενισχύει τις μονωτικές ικανότητες του κτηρίου και επεκτείνει τον κύκλο ζωής των υποκείμενων μονωτικών μεμβρανών συμβάλλοντας στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Το χώμα που χρησιμοποιείται σε αυτή την τεχνική και ο αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων του φυτού, σε συνδυασμό με την θερμομονωμένη και υγρομονωμένη κατασκευή της οροφής, είναι υπεύθυνα για τη θερμική μόνωση που επιτυγχάνεται. Η σκιά που δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνεια του κτηρίου εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στην οροφή του. Ταυτόχρονα, τα φυτά συνεισφέρουν με την εξάτμιση από τα φύλλα τους (εξατμισοδιαπνοή) στην εξατμιστική ψύξη της οροφής.



1. φυτικό υλικό
2. μηχανικό υπόστρωμα στήριξης φυτών
3. διηθητικό φύλλο
4. αποστραγγιστικό σύστημα
5. υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης
6. μεμβράνη ελέγχου ανάπτυξης ριζικού συστήματος
- 7-8. στεγανοποίηση – θερμομόνωση

Εικόνα 1.5 : Διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος

Πηγή: www.egreen.gr

Η εξοικονόμηση ενέργειας προσδιορίζεται περίπου στο 30-35% των θερμικών φορτίων της οροφής και κατά ένα μέσο ποσοστό 20-25% των θερμικών φορτίων του εδάφους. Ωστόσο, τα οφέλη των πράσινων οροφών δεν είναι μόνο ενεργειακά, αλλά και περιβαλλοντικά και αισθητικά. Επίσης, μειώνεται ο θόρυβος και προστατεύεται το κτήριο δομικά (π.χ. από τον άνεμο, τη δυνατή βροχή κλπ.).

Η κατασκευή του και η επιλογή των φυτών εξαρτάται από το είδος της οροφής και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. [9, 11, 12]

1.4.1.4. Αεριζόμενο κέλυφος

Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους είτε στην οροφή είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτηρίου, μέσα στην οποία κυκλοφορεί ο αέρας του εξωτερικού χώρου. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συνεισφέρει τόσο στη σκίαση του περιβλήματος και, συνεπώς, στη μειωμένη θερμική επιβάρυνση του κτηρίου, όσο και στη μεταφορά θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο του κελύφους.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα το αεριζόμενο κέλυφος συνεισφέρει στη θερμική προστασία του κτηρίου, καθώς ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας από τον εξωτερικό και μέσω του διπλού κελύφους οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται. Έτσι επιτυγχάνεται αύξηση της θερμομονωτικής ικανότητας του κελύφους. Απαραίτητη προϋπόθεση για την κατασκευή είναι η ύπαρξη θερμομόνωσης στο εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους. [9]

1.4.1.5. Ηλιοπροστασία – Σκίαστρα

Σε ένα κτήριο, η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να εμποδίζεται από συστήματα ηλιοπροστασίας, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες όταν αυτή είναι δυσάρεστη. Ταυτόχρονα όμως πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα να εισέρχεται στο εσωτερικό του, όταν αυτό είναι επιθυμητό. Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να εξασφαλίζεται σωστός αερισμός και φωτισμός.

Κατά τη θερινή περίοδο, η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας. Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων του κτηρίου είναι σημαντική και αποτελεί τη βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων ενός κτηρίου. Η ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτηρίου, είτε φυσικό είτε τεχνητό. Στην πρώτη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρηση των θερμοκρασιών μέσα στους χώρους σε ανεκτά επίπεδα. Στη δεύτερη συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη του κτηρίου και στη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής που προκύπτει, καθώς υπάρχει σημαντικά μειωμένη θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία.

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε θέσης του κτηρίου. Η ηλιακή γεωμετρία (η πορεία που διαγράφει ο ήλιος πάνω από την περιοχή μελέτης κατά τη διάρκεια του έτους), το κλίμα και ο προσανατολισμός είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή της ηλιοπροστασίας που θα επιλεγθεί.

Ο νότιος προσανατολισμός ενδείκνυται στα κτήρια στο Βόρειο Ημισφαίριο, καθώς το χειμώνα παρέχει τον απαιτούμενο ηλιασμό, ενώ το καλοκαίρι (που ο ήλιος βρίσκεται πιο ψηλά στον ορίζοντα) δέχεται λιγότερη ακτινοβολία, η οποία ελαχιστοποιείται με ένα απλό οριζόντιο σκίαστρο. Ο βόρειος προσανατολισμός δέχεται ελάχιστη ηλιακή πρόσπτωση το πρωί και το βράδυ και ενδείκνυται και αυτός για χώρους θερινής χρήσης ή με απαιτήσεις σε σταθερό φωτισμό. Αντίθετα, τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα πολύ μικρά. Για τα ανατολικά και δυτικά παράθυρα, στα οποία οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν από χαμηλά, απαιτείται σκίαση κατακόρυφου τύπου.

Οι τρόποι ηλιοπροστασίας ποικίλουν και μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες, αναλόγως των μέσων που χρησιμοποιούνται κάθε φορά. Η βασικότερη μέθοδος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι η σκίαση, δηλαδή η παρεμπόδιση των ηλιακών ακτινών να φθάνουν στα παράθυρα.

Τα σκίαστρα, τα οποία βρίσκονται συνήθως σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια των ανοιγμάτων, μπορούν να ταξινομηθούν σε α) εξωτερικά, εσωτερικά και

ενδιάμεσα, β) σταθερά και κινητά, γ) οριζόντια και κατακόρυφα αλλά και δ) ανάλογα με το υλικό, τις θερμικές και οπτικές ιδιότητές τους και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Φυσικά, μπορεί να υπάρξει και συνδυασμός αυτών.

Τα εξωτερικά, εσωτερικά και ενδιάμεσα σκίαστρα σχετίζονται με τη θέση τους ως προς την επιφάνεια του υαλοπίνακα. Τα εξωτερικά είναι συνήθως παραθυρόφυλλα, τέντες, πρόβολοι, κατακόρυφες και οριζόντιες περσίδες. Θεωρείται πιο αποδοτική τεχνική σκίασμού σε σχέση με τα εσωτερικά και τα ενδιάμεσα σκίαστρα, διότι η ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται πριν φτάσει στη γυάλινη επιφάνεια. Επειδή αυτός ο τύπος σκιάστρου, ιδιαίτερα όταν είναι μεταλλικός, θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και την εκπέμπει ως θερμότητα στην επιφάνεια του κτηρίου, θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση από αυτό, ώστε να υπάρχει μια ζώνη κυκλοφορίας του αέρα. Η εξωτερική θέση, όμως, συνεπάγεται καταπόνηση από τις καιρικές συνθήκες, συνεπώς χρειάζεται χρήση ανθεκτικών υλικών. Όσο πιο σκούρο χρώμα χρησιμοποιείται, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η λειτουργία τους, διότι ανακλούν λιγότερη ακτινοβολία στο εσωτερικό, αφού υπάρχει μεγαλύτερη απορρόφηση λόγω χρώματος. Τα εσωτερικά σκίαστρα είναι συνήθως βενετικές περσίδες και υφασμάτινα ή συνθετικά ρολά. Σε αυτή την περίπτωση η ακτινοβολία έχει περάσει ήδη στο εσωτερικό του κτηρίου και η εκπομπή θερμότητας πλέον στο εσωτερικό αυξάνει την εσωτερική θερμοκρασία. Όσο πιο ανοιχτό χρώμα χρησιμοποιείται, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η λειτουργία τους, διότι η ακτινοβολία ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον. Ο εσωτερικός σκίασμός είναι πιο οικονομική λύση από τον εξωτερικό. Τα ενδιάμεσα σκίαστρα τοποθετούνται ενδιάμεσα από διπλούς υαλοπίνακες και είναι συνήθως βενετικές περσίδες ή ρολά. Σε αυτή την περίπτωση θερμαίνονται και οι δύο επιφάνειες του γυαλιού, με αποτέλεσμα την υποχρεωτική χρησιμοποίηση τζαμιών υψηλής αντοχής στις θερμοκρασίες. Τα σταθερά σκίαστρα, οριζόντια ή κάθετα, τοποθετούνται συνήθως στο εξωτερικό του κτηρίου. Κατασκευάζονται από μέταλλο, μπετόν αρμέ, πολυκαρβονικό κ.ά. και το πλεονέκτημά τους είναι ότι δε χρειάζονται ειδική συντήρηση. Τα κινητά σκίαστρα μπορούν να ρυθμίζονται χειροκίνητα, ηλεκτρικά ή αυτόματα με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ο αυτόματος χειρισμός τους μπορεί να ενταχθεί σε ένα σύστημα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης του κτηρίου. Λόγω της δυνατότητας τους να κινούνται, προσαρμόζονται συνεχώς στις εκάστοτε συνθήκες. Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών αποτρέπουν μεγάλο μέρος της διάχυτης και ανακλώμενης ακτινοβολίας, ελαχιστοποιώντας το ηλιακό κέρδος την ημέρα και επιτρέποντας το δροσισμό τη νύχτα. Κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών συμβαίνει το αντίθετο. Ωστόσο, η συντήρησή τους πρέπει να είναι συχνή, με αποτέλεσμα να μην είναι οικονομική λύση.

Σύστημα σκίασης μπορούν να αποτελέσουν: η φύτευση (προτιμώνται τα φυλλοβόλα δέντρα, διότι το χειμώνα πέφτουν τα φύλλα τους και επιτρέπουν στο φως να περάσει, ενώ το καλοκαίρι το φύλλωμά τους προστατεύει το κτήριο σκιάζοντάς το), το σχήμα του κτηρίου (εσοχές, εξοχές, διαμόρφωση εσωτερικών αυλών ή στοών κλπ.) και ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές (όπως πρόβολοι στο

νότο), καθώς και η χρήση ειδικών υαλοπινάκων. Σημειώνεται ότι η φύτευση παρέχει δροσισμό από την εξάτμιση μέσω των φυλλωμάτων και συχνά εμποδίζει ή κατευθύνει τους ανέμους προς ή από το κτήριο, συντελώντας έτσι στο φυσικό δροσισμό ή τη θερμική προστασία του.

Γενικά, κατά την επιλογή του σκιάστρου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα οπτικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία καθορίζουν και το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλούν, απορροφούν και, τελικά, επιτρέπουν να περάσει, καθώς και η συμβολή τους στα θέματα του φυσικού φωτισμού, θέας και αερισμού. Η σκίαση αποτελεί και μέσο ελέγχου του φυσικού φωτισμού και ιδιαίτερα της θάμβωσης, καθώς μειώνει την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους χώρους. Συνεπώς, κατά την επιλογή του κατάλληλου σκιάστρου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η θερμική, όσο και η οπτική του απόδοση όλο το χρόνο.

Ένας γενικά οικονομικός συνδυασμός σκιάστρων που εξασφαλίζει την απαιτούμενη ηλιοπροστασία σε συνήθη κτήρια είναι σταθερά δομικά στοιχεία και εσωτερικά βενετικά στόρια, τα οποία επί πλέον, μπορούν να συνεισφέρουν και στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού (περιορίζοντας τη θάμβωση που προκαλείται από τα παράθυρα μέσω της εκτροπής των ηλιακών ακτίνων προς την οροφή). Μια άλλη τεχνική, η οποία είναι ιδανική για μεσογειακά κλίματα είναι η χρήση των παραδοσιακών παντζουριών με κινητά τμήματα και περιστρεφόμενες περσίδες, που εξασφαλίζουν ελεγχόμενη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοπροστασία, ρύθμιση φυσικού φωτισμού) και δυνατότητα αερισμού, αλλά και νυχτερινή θερμική προστασία για το χειμώνα. [9,13]

1.4.1.6. Ανακλαστικά επιχρίσματα - ψυχρά υλικά

Βασική τεχνική για την ηλιοπροστασία του κτηριακού κελύφους είναι, εκτός της σκίασης, η αύξηση της ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών, χρησιμοποιώντας τα «ψυχρά» υλικά, λευκά ή έγχρωμα, τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν στο κέλυφος του κτηρίου για τη μείωση της αναπτυσσόμενης επ' αυτών θερμοκρασίας. Τα ψυχρά υλικά χαρακτηρίζονται από υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία σε σύγκριση με συμβατικά υλικά του ίδιου χρώματος και από υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας. Με την εφαρμογή τους εξασφαλίζονται χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες συγκριτικά με άλλα υλικά επιστρώσεων.

Υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία σημαίνει ότι απορροφάται μικρότερο ποσό ηλιακής ενέργειας και υψηλός συντελεστής εκπομπής ότι αποβάλλεται ευκολότερα η θερμότητα που έχει απορροφηθεί. Το αποτέλεσμα είναι να εξασφαλίζονται χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες συγκριτικά με άλλα υλικά επιστρώσεων, να εισέρχεται λιγότερη θερμότητα στο κτήριο και άρα να μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για δροσισμό. [9, 14, 15]

1.4.1.7. Φράγμα ακτινοβολίας

Το φράγμα ακτινοβολίας αποτελείται από λεπτά φύλλα αλουμινίου, τα οποία τοποθετούνται κάτω από τη στέγη των κτηρίων, προκειμένου να μειωθεί η ηλιακή ενέργεια που διαπερνά την οροφή, με θετικά αποτελέσματα στη θερμική προστασία του κτηρίου τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα φύλλα αυτά χαρακτηρίζονται από υψηλό συντελεστή εκπομπής και ανακλαστικότητα με αποτέλεσμα μικρά ποσοστά ακτινοβολίας να διαπερνούν το κτήριο. Όταν εξασφαλίζεται διαμπερής αερισμός της στέγης, η θερμότητα του φράγματος ακτινοβολίας μεταφέρεται στο εξωτερικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα την αποφυγή της υπερθέρμανσης του αλουμινίου και την πιο αποδοτική λειτουργία του συστήματος. [9]



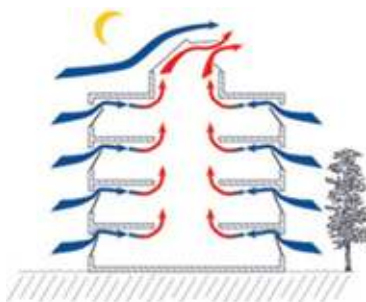
Εικόνα 1.6 : Φράγμα ακτινοβολίας

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), www.cleardomesolar.com

1.4.1.8. Φυσικός αερισμός

Αποτελεί τη συνηθέστερη μέθοδο δροσισμού του κτηρίου με φυσικά μέσα. Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνεται απομάκρυνση της θερμότητας από το κτήριο τους θερμούς μήνες. Ειδικότερα, με το φυσικό αερισμό επιτυγχάνεται:

- απομάκρυνση της θερμότητας από το κτήριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν,
- απομάκρυνση της αποθηκευμένης θερμότητας από τα δομικά στοιχεία του κτηρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα)
- απομάκρυνση θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 1.7 : Φυσικός αερισμός κτηρίου

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

Ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι οριζόντιος ή διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων, κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού) ή κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα.

Ο φυσικός αερισμός των κτηρίων μπορεί να εξοικονομήσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Από μετρήσεις και ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στην Ελλάδα, προκύπτει μείωση της τάξης του 75-100% του ψυκτικού φορτίου λόγω του αερισμού (εφόσον εφαρμόζεται επαρκής ηλιοπροστασία στα κτήρια), γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα, καθώς δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους.

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται και εξωτερικά του κτηρίου ή και διαμέσου του κελύφους του, συμβάλλοντας έτσι στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτηριακό κέλυφος. [9]

1.4.1.9. Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτηρίου, τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ του κτηρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Τα στοιχεία αυτά τροφοδοτούν το κτήριο με θερμότητα από τον ήλιο χωρίς να επιβαρύνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτηρίου.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο της θερμικής τους λειτουργίας:

- 1) Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν τα προσανατολισμένα στο νότο ανοίγματα. Το προσανατολισμένο στο νότο γυάλινο άνοιγμα αποτελεί το απλούστερο σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας και συμμετέχει θετικά στο θερμικό ισοζύγιο του κτηρίου.
- 2) Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν οι ηλιακοί τοίχοι και οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης. Τα συστήματα αυτά βασίζονται στην εξής αλληλουχία θερμικής λειτουργίας: ήλιος → συλλογή (γυάλινη επιφάνεια) → αποθήκευση (θερμική μάζα) → θέρμανση (εσωτερικός χώρος).
- 3) Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους, όπου η συλλεκτήρια επιφάνεια της ηλιακής ενέργειας διαχωρίζεται από το χώρο της θερμικής αποθήκευσης. Σε αυτά ανήκουν οι ηλιακοί χώροι ή θερμοκήπια και τα «υβριδικά» συστήματα.

Εκτιμάται ότι το όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων σε ένα κτήριο κυμαίνεται από 10-15% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση. [16, 17, 18]

1.4.2. Ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων

1.4.2.1. Αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης

Η ενεργειακή κατανάλωση για τη θέρμανση των χώρων αντιπροσωπεύει το 50% περίπου της συνολικής κατανάλωσης στον τομέα των κτηρίων. Εκτός από τη μόνωση του κελύφους, μεγάλη εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί με την αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης.

Σύστημα κεντρικής θέρμανσης είναι ένα κεντρικό σύστημα εγκατεστημένο μέσα στο κτήριο που παράγει θερμότητα για τη θέρμανση των χώρων ή/και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και αποτελείται από ένα σύνολο αλληλοσυνδεδεμένων συσκευών και οργάνων, το λέβητα, τον καυστήρα, τον κυκλοφορητή, τη δεξαμενή καυσίμων, τις διατάξεις ασφαλείας, τις σωληνώσεις, την καπνοδόχο και τα θερμαντικά σώματα. Η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στους χώρους του κτηρίου μέσω ενός θερμαντικού μέσου (νερό, ατμός, αέρας) και διανέμεται μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων ή/και αεραγωγών. [5]

Μερικές παρεμβάσεις που μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης είναι:

- 1) θερμομόνωση της κεντρικής στήλης της θέρμανσης,
- 2) θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων και ακριβείς θερμοστάτες χώρου ή σύστημα αντιστάθμισης,
- 3) αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου),
- 4) αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης πετρελαίου με φυσικό αέριο, όπου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο,
- 5) κάλυψη αναγκών ζεστού νερού χρήσης από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης και
- 6) συντήρηση και έλεγχος του συστήματος θέρμανσης.

Το όφελος από την αναβάθμιση του κεντρικού συστήματος θέρμανσης αναμένεται να είναι 10-15% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση. [16]

1.4.2.2. Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού

Η αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού περιλαμβάνει ένα σύνολο δράσεων για τη μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται για κλιματισμό.

Για μία υφιστάμενη εγκατάσταση, ενδείκνυνται οι παρακάτω τεχνικές παρεμβάσεις:

- 1) αντικατάσταση αυτόνομων συστημάτων κλιματισμού (split) με κεντρικό σύστημα, το οποίο θα μπορεί να λειτουργεί και σε free cooling mode,
- 2) εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στα κανάλια απόρριψης και εισαγωγής αέρα εφόσον αυτά βρίσκονται το ένα κοντά στο άλλο,
- 3) εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στις αντλίες θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης,
- 4) εγκατάσταση υδροψυκτων ψυκτών, όπου υπάρχει διαθεσιμότητα νερού και
- 5) εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (εναλλάκτες εδάφους-αέρα), εφόσον συνδυαστεί με εγκατάσταση νέου κατάλληλου συστήματος κλιματισμού και το συνολικό κόστος της εγκατάστασης κρίνεται οικονομικά συμφέρον.

Η εξοικονόμηση ενέργειας που θα προκύψει από την αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού αναμένεται να είναι μεταξύ 20-40%. [16]

1.4.2.3. Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές – κινητήρες

Η χρήση νέας τεχνολογίας κυκλοφορητών και κινητήρων υψηλής απόδοσης μπορεί να επιφέρει μείωση της ετήσιας χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους κυκλοφορητές κατά 60%. Στην περίπτωση που ο σύγχρονος κινητήρας συνδυαστεί με μια βελτιωμένη φτερωτή, πράγμα εφικτό από τις υψηλές ταχύτητες περιστροφής των κινητήρων υψηλής απόδοσης, η υδραυλική αποδοτικότητα μπορεί να αυξηθεί από 35% έως 60%. Με το συνδυασμό αυτών των δύο μέτρων, οι κυκλοφορητές υψηλής απόδοσης επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 40% σε σχέση με το 5-25% των ασύγχρονων κινητήρων. Επιπλέον, με την χρήση ρυθμιστών στροφών (inverter) σε συμβατικούς κινητήρες ισχύος μεγαλύτερης των 500W, όπως στους ανεμιστήρες των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, μπορεί να επιτευχθεί πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 25% ανάλογα την περίπτωση και τις συνθήκες λειτουργίας. [16]

1.4.2.4. Μηχανικός αερισμός (free cooling)

Με την εφαρμογή του αερισμού είτε μηχανικού είτε φυσικού κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (Απρίλιος-Μάιος και Σεπτέμβριος-Οκτώβριος) και κατά τη διάρκεια των βραδινών ωρών του καλοκαιριού μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας χωρίς επιπλέον οικονομική επιβάρυνση εγκατάστασης εξοπλισμού, εκτός του κόστους λειτουργίας των ανεμιστήρων. Στα περισσότερα δημοτικά κτήρια ο μηχανικός αερισμός συνιστάται για τον πλήρη έλεγχο της λειτουργίας του αερισμού, ο οποίος με φυσικό τρόπο μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε θέματα λειτουργικά, όπως το άνοιγμα και το κλείσιμο παραθύρων, φεγγιτών κ.ο.κ.. Ο μηχανικός αερισμός μπορεί να γίνει είτε μέσω του κεντρικού συστήματος κλιματισμού σε free cooling mode, με την κατάλληλη ρύθμιση, είτε μέσω υφισταμένων αεραγωγών ή και απλών ανεμιστήρων εισαγωγής και απαγωγής αέρα στους χώρους. Η λειτουργία του συστήματος μηχανικού αερισμού συνιστάται να

γίνεται αυτόματα (π.χ. με χρονοδιακόπτη ή με θερμοστάτη) κατά προτίμηση μέσω του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης του κτηρίου (BEMS), εφόσον υπάρχει στο κτήριο. Με την εφαρμογή του μηχανικού αερισμού αναμένεται 10-15% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη. [16]

1.4.2.5. Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής

Συμπληρωματικά του συστήματος φυσικού ή μηχανικού αερισμού συνιστάται η εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής. Με τον τρόπο αυτό ανεβαίνει το θερμοκρασιακό όριο θερμικής άνεσης, καθώς η μεταφορά θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα μέσω του δημιουργούμενου ρεύματος αντιστοιχεί σε 3-4 βαθμούς χαμηλότερη «αισθητή» θερμοκρασία. Σε ένα κτήριο με την κατάλληλη θερμική και ηλιακή προστασία, η θερμοκρασία άνεσης με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής μπορεί να φτάσει και τους 29-32°C. Για κάθε βαθμό αύξησης του θερμοστάτη έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 7%. Έτσι, συνέπεια της χρήσης ανεμιστήρων οροφής είναι η χρονική μείωση της χρήσης και η ενεργειακά αποδοτική λειτουργία του κλιματιστικού συστήματος. Η παρέμβαση αυτή ενδείκνυται ιδιαίτερα, όταν δεν προβλέπεται σύστημα κλιματισμού ή συνδυάζεται με απομάκρυνση των split unit κλιματιστικών και με την παράλληλη ύπαρξη συστημάτων φυσικού ή μηχανικού αερισμού στο χώρο. Σε αυτή την περίπτωση, το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη αναμένεται να φτάσει το 20-30%. [16]

1.4.2.6. Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

Η κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό της τάξης του 10-15% επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα κτήρια. Για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) χρησιμοποιούνται κυρίως πετρέλαιο ή φυσικό αέριο (εναλλάκτης θερμότητας συνδεδεμένος με λέβητα), ηλεκτρισμός (ηλεκτρικός θερμοσίφοντας) και ηλιακή ενέργεια (ηλιακοί θερμοσίφωνες ή κεντρικά ηλιακά συστήματα).

Για τη βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων παραγωγής ζεστού νερού χρήσης συνιστάται:

- η χρήση αυτοματισμών για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του νερού για την εκμετάλλευση της παραμικρής διαφοράς θερμοκρασίας και τη βέλτιστη λειτουργία αναμικτικών βανών και κυκλοφορητών. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται οικονομία, έλεγχος της ανακυκλοφορίας, η παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας νερού για αποφυγή της σπατάλης κλπ.,
- η τακτική συντήρηση της θερμομόνωσης των εγκαταστάσεων, καθώς τα στοιχεία των εγκαταστάσεων (θερμοδοχεία, δίκτυα κλπ.) δεν εξασφαλίζουν πάντα την απαραίτητη θερμομόνωση με αποτέλεσμα το νερό να κρύνει γρήγορα και να χρειάζεται εκ νέου η θέρμανσή του. [19]

Σε μια χώρα, όπως η Ελλάδα, η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης μπορεί να καλυφθεί με χρήση της ηλιακής ενέργειας, με την ανάκτηση θερμότητας των συστημάτων κλιματισμού καθώς και με την εφαρμογή γεωθερμικών συστημάτων. Περαιτέρω ανάλυση για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ακολουθεί σε επόμενη παράγραφο.

1.4.2.7. Σύστημα BEMS

Η εγκατάσταση ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (Building Energy Management System – BEMS) έχει σκοπό την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτηρίου. Έτσι είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από ένα σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτήριο, καθώς και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία. Το σύστημα βασίζεται σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Τα σημαντικότερα συστήματα που μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σε ένα κτήριο είναι τα εξής:

- 1) Συστήματα κλιματισμού - θέρμανσης
- 2) Παθητικά συστήματα (αίθρια, αερισμός κλπ.)
- 3) Ανοίγματα, σκίαστρα κλπ.
- 4) Εγκατάσταση φωτισμού
- 5) Συστήματα δροσισμού
- 6) Ηλεκτρικές καταναλώσεις
- 7) Ποιότητα αέρα
- 8) Εγκαταστάσεις ασφαλείας

Το σύστημα αποτελείται από τον κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών και τις συνδετήριες καλωδιώσεις. Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός του συστήματος γίνεται μέσω του κεντρικού σταθμού ελέγχου. Σε ορισμένους τομείς, η λειτουργία και η επιλογή διαφόρων καταστάσεων λειτουργίας γίνεται μέσω επιμέρους χειριστηρίων, τα οποία διαθέτουν ανάλογους επιλογείς.

Η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης αποτελεί συμπληρωματική παρέμβαση σε συνδυασμό με άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου και όχι μεμονωμένη. [16]

1.4.2.8. Φωτισμός

Η εγκατάσταση σύγχρονων συστημάτων φωτισμού δε στοχεύει μόνο στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και στην εξασφάλιση οπτικής άνεσης. Η οπτική άνεση εξασφαλίζεται μέσω:

- της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού, η οποία καθορίζεται από διεθνή πρότυπα με βάση τη χρήση και τις λειτουργικές απαιτήσεις κάθε χώρου,
- της ποιότητας του φωτισμού, η οποία εξασφαλίζεται με καλή κατανομή και αποφυγή φαινομένων θάμβωσης, κατάλληλη χρωματική απόδοση και θερμοκρασία χρώματος φωτισμού, ανάδειξη στοιχείων χώρου, κατεύθυνση φωτισμού και δημιουργία κατάλληλων αντιθέσεων (contrast) κλπ. [9]

Η αναβάθμιση μπορεί να αφορά τόσο στο φυσικό όσο και στον τεχνητό φωτισμό. Συνολικά, για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός υφιστάμενου κτηρίου στην εγκατάσταση φωτισμού, οι σημαντικότερες παρεμβάσεις, ελαχιστοποιώντας το χρόνο απόσβεσης και την όχληση των χρηστών, είναι η αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών με νέα υψηλότερης απόδοσης και η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού με αισθητήρες σύζευξης τεχνητού-φυσικού φωτισμού.

Η καταναλισκόμενη ενέργεια μπορεί να μειωθεί έως και 30%.

Τεχνητός Φωτισμός

Στα σύγχρονα κτήρια παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης των συστημάτων τεχνητού φωτισμού με σκοπό κυρίως την πρόληψη προβλημάτων που προκύπτουν από ανεπαρκείς μελέτες (ή και παντελή έλλειψη μελέτης). Αυτό το φαινόμενο, σε συνδυασμό με τη χρήση πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας στις εγκαταστάσεις φωτισμού, οδηγεί σε υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων του τεχνητού φωτισμού, με μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την οπτική ποιότητα του χώρου και την οπτική άνεση.

Περιπτώσεις, όπου η δυνατότητα ενεργειακής εξοικονόμησης στον τομέα του φωτισμού είναι μεγάλες, είναι οι χώροι ή περιοχές με μεγάλη διάρκεια λειτουργίας και με απουσία συστημάτων ελέγχου, οι χώροι ασυνεχούς λειτουργίας (ευνοϊκή συνθήκη για εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας), οι χώροι με εγκατεστημένες τεχνολογίες φωτισμού χαμηλής απόδοσης που μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν από προϊόντα υψηλότερης αποδοτικότητας, κλπ..

Η ενεργειακή απόδοση των συστημάτων φωτισμού μπορεί να βελτιωθεί με τις ακόλουθες ενέργειες:

- Επιλογή ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων
- Επιλογή ενεργειακά αποδοτικών συνδετικών διατάξεων (π.χ. ηλεκτρονικά ballast)
- Επιλογή φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης
- Συστήματα ελέγχου φωτισμού για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης
- Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού
- Ένταξη / βελτίωση διαδικασιών συντήρησης

- Παρεμβάσεις στο σχεδιασμό του συστήματος.

[16, 20]

Φυσικός Φωτισμός

Στόχος της αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού είναι η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, η επίτευξη οπτικής άνεσης στο εσωτερικό των κτηρίων, αλλά και η γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας.

Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα).

Ως σύστημα φυσικού φωτισμού θεωρείται το σύνολο των υαλοπινάκων ή οποιουδήποτε άλλου φωτοδιαπερατού στοιχείου, των πλαισίων και των διατάξεων σκιασμού. Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες: ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία, ανοίγματα οροφής, αίθρια και φωταγωγοί.

Οι βασικότερες τεχνικές βελτίωσης και αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού είναι:

- Χρήση ειδικών υαλοπινάκων
- Χρήση πρισματικών φωτοδιαπερατών υλικών
- Χρήση διαφανών μονωτικών υλικών
- Τοποθέτηση ραφιών φωτισμού-ανακλαστήρων, περσίδων
- Εσωτερική διαμόρφωση του χώρου, χρώματα, διάνοιξη εσωτερικών ανοιγμάτων κ.ο.κ.
- Τοποθέτηση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού /φυσικού φωτισμού. [9, 16]

1.4.3. Ενσωμάτωση Α.Π.Ε.

Η ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, καλύπτοντας ένα μεγάλο μέρος ή το σύνολο των αναγκών του χρήστη σε ενέργεια.

1.4.3.1. Φωτοβολταϊκά

Με την φωτοβολταϊκή τεχνολογία γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια στο σημείο χρήσης με μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια 1 m^2 μια ηλιόλουστη μέρα μπορεί να φθάσει το 1 kW . Η ενέργεια η οποία προσπίπτει συνολικά σε ένα έτος σε μια επιφάνεια εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση και το προσανατολισμό της επιφάνειας. Για τη περιοχή της Αθήνας, η τιμή της ετήσιας ενέργειας που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια 1 m^2 κυμαίνεται περίπου στις 1500 kWh . Με δεδομένο ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που κυκλοφορούν στην αγορά μετατρέπουν περίπου το 11% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m^2 παράγει περίπου 110 Wp .

Χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων, η αθόρυβη λειτουργία και το μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, ενώ υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Οι κυριότερες εφαρμογές ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών σε κτήρια είναι:

- η κάλυψη ολόκληρης ή μέρους της οροφής,
- η χρήση τους σε γυάλινες προσόψεις,
- η χρήση τους σε επιφάνειες προστασίας από καιρικές συνθήκες, όπως στέγαστρα, σκίαστρα. [21]

Για τη βέλτιστη λειτουργία των φωτοβολταϊκών σε ένα κτήριο πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- νότιος προσανατολισμός της θέσης εγκατάστασης, με μικρές αποκλίσεις,
- κατάλληλη κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο,
- μηδενική σκίαση στο χώρο τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών. [22]

1.4.3.2. Θερμικά ηλιακά συστήματα

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης, αλλά και για τη θέρμανση και τον κλιματισμό των χώρων.

Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης

Η χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων για τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης είναι ευρέως διαδεδομένη στην Ελλάδα και χρησιμοποιείται στον οικιακό τομέα (π.χ. ηλιακός θερμοσίφωνας). Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες διακρίνονται σε ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος. Οι θερμοσίφωνες κλειστού κυκλώματος λειτουργούν με αντιψυκτικό και αντέχουν στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα οπότε και δεν καταστρέφονται οι ηλιακοί συλλέκτες. Η μέση ετήσια ωφέλιμη θερμική ενέργεια που παράγεται από τον ηλιακό θερμοσίφωνα είναι περίπου $1500 \text{ kWh}_{\text{th}}$.

Θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης – Συστήματα combi

Τα συστήματα combi χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και τη θέρμανση των χώρων. Στα συστήματα combi το νερό θέρμανσης των χώρων θερμαίνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες και αποθηκεύεται σε ένα δοχείο θερμού νερού. Το ζεστό νερό χρήσης αποθηκεύεται σε ένα δεύτερο δοχείο θερμού νερού μικρότερου όγκου. Επίσης, χρησιμοποιείται και ένας συμβατικός λέβητας ή ένας λέβητας βιομάζας ως εφεδρική μονάδα κεντρικής θέρμανσης, ώστε να θερμαίνει το νερό όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί.

Τα συστήματα combi έχουν μέγιστη απόδοση όταν λειτουργούν σε θερμοκρασίες 40-50°C, άρα λειτουργούν βέλτιστα σε συνδυασμό με fan-coils, ενδοδαπέδια ή ενδοτοιχία θέρμανση. Ωστόσο, είναι δυνατή και η λειτουργία τους σε συνδυασμό με τυπικά θερμαντικά σώματα σε θερμοκρασίες 45-75°C. Στα υφιστάμενα κτήρια το σύστημα combi μπορεί να συνδυαστεί με τον υφιστάμενο λέβητα συμβατικού καυσίμου και τα υπάρχοντα θερμαντικά σώματα. Η μέση ετήσια ωφέλιμη θερμική ενέργεια που παράγεται από αυτό το σύστημα είναι περίπου 10000kWh_{th}.

Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, υπάρχει η δυνατότητα εκμετάλλευσης της περίσσειας θερμικής ηλιακής ενέργειας για τον κλιματισμό των χώρων με χρήση ψυκτικής μηχανής. [22]

1.4.3.3. Μικρές ανεμογεννήτριες

Για την ικανοποίηση των οικιακών καταναλώσεων, σε μη αστικές περιοχές, εγκαθίστανται σήμερα μικρές ανεμογεννήτριες (400W-3kW). Για την εγκατάστασή τους απαιτείται μια έκταση γύρω από αυτές χωρίς εμπόδια, ώστε να μην επηρεάζεται η λειτουργία τους και να είναι εκτεθειμένες στον άνεμο.

Η ισχύς της ανεμογεννήτριας που θα εγκατασταθεί, εξαρτάται από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια που πρόκειται να καλυφθούν. Οι διαστάσεις της Α/Γ εξαρτώνται κυρίως από την ονομαστική της ισχύ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για μια ανεμογεννήτρια εγκατεστημένης ισχύος 400W-3kW, η διάμετρος της φτερωτής είναι από 1,15m-4,5m.

Ο συνδυασμός των μικρών Α/Γ και φωτοβολταϊκών συστοιχιών ενισχύει την αυτονομία του συστήματος, εξασφαλίζοντας ένα σύστημα με μικρότερη ανάγκη για αποθήκευση, όταν επικρατεί συννεφιά ή άπνοια. [22]

1.4.3.4. Βιομάζα

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Μπορεί επίσης, με φυσική, θερμοχημική ή βιοχημική μετατροπή, να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα σε στερεή, αέρια ή υγρή μορφή. Στον οικιακό τομέα η

κύρια χρήση της βιομάζας είναι η καύση της για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Για τη καύση βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- τυπικό τζάκι με απόδοση 20-30%,
- ενεργειακό τζάκι που θερμαίνει και άλλους χώρους ή νερό με απόδοση 80-85%,
- σόμπα ξύλου ή pellets με απόδοση 90%,
- λέβητας ξύλου ή pellets για κεντρική θέρμανση με απόδοση 70-90%. [22]

Η τελευταία επιλογή αποτελεί μία δοκιμασμένη, οικονομικά βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία για τη θέρμανση των κτηρίων του τριτογενή τομέα με ξύλα. Τα καύσιμα από ξύλο είναι εγχώρια, ακατέργαστα υλικά με αξιόπιστη διανομή και λογικές τιμές.

Τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με ξύλο λειτουργούν ακριβώς όπως τα συμβατικά συστήματα με πετρέλαιο και αέριο. Ωστόσο, έχουν κάποιες σημαντικές απαιτήσεις όσον αφορά το κτήριο. Έτσι είναι μεγάλο πλεονέκτημα αν ένα κτήριο έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις απαιτήσεις.

Τα συστήματα θέρμανσης με ξύλο μπορούν να χωριστούν σε αυτόματα και μη-αυτόματα (χειροκίνητα) συστήματα λειτουργίας. Τα χειροκίνητα συστήματα θα πρέπει να τροφοδοτούνται από τον άνθρωπο και ενδείκνυνται κυρίως για μικρά κτήρια. Για την θέρμανση μεγαλύτερων κτηρίων θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο αυτόματα συστήματα. Οι ξύλινοι κύλινδροι και τα ρινίσματα είναι τα δύο πιο κατάλληλα καύσιμα για αυτόματη πυροδότηση των συστημάτων θέρμανσης στα μεγάλα κτήρια. [23]

1.4.3.5. Τηλεθέρμανση

Ο όρος τηλεθέρμανση αναφέρεται στην παροχή και μεταφορά θερμικής ενέργειας υπό μορφή θερμού ή υπέρθερμου νερού ή ατμού από μία κεντρική μονάδα παραγωγής προς έναν αριθμό περιφερειακών καταναλωτών, μέσω ενός δικτύου αγωγών μεταφοράς. Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από το σταθμό παραγωγής της θερμότητας, το δίκτυο διανομής του θερμαίνοντος μέσου, τους υποσταθμούς σύνδεσης και τις εσωτερικές εγκαταστάσεις θέρμανσης των κτηρίων. [21]

1.4.3.6. Γεωθερμία

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας στον κτηριακό τομέα ποικίλλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία του διαθέσιμου ρευστού. Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 90°C, οι εφαρμογές είναι:

- η ηλεκτροπαραγωγή,
- η ψύξη και ο κλιματισμός με αντλίες ρόφησης,
- η θέρμανση χώρων με σωλήνες καλοριφέρ,
- η παραγωγή ζεστού νερού σε μπόιλερ και
- η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού (π.χ. για χρήση σε ξενοδοχεία κ.λ.π.).

Για μικρότερες θερμοκρασίες υπάρχουν εφαρμογές, όπως η θέρμανση χώρων με αερόθερμα νερού ή ενδοδαπέδιο σύστημα, η παραγωγή ή η προθέρμανση ζεστού νερού με εναλλάκτη θερμότητας και τα θερμά λουτρά. Για θερμοκρασίες μικρότερες των 40°C, χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας για θέρμανση και κλιματισμό. [21]

1.4.3.7. Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)

Συμπαραγωγή είναι η διαδοχική (ταυτόχρονη) παραγωγή και εκμετάλλευση δύο μορφών ενέργειας, ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής από ένα σύστημα μηχανών με τη χρήση του ίδιου καύσιμου. Αυτή η πρακτική έρχεται σε αντίθεση με την κοινή, όπου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε ένα κεντρικό σταθμό, ενώ χρησιμοποιείται επιτόπιος εξοπλισμός θέρμανσης και ψύξης για την κάλυψη των αναγκών σε μη ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια που ανακτάται σε ένα σύστημα ΣΗΘ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση ή ψύξη στη βιομηχανία ή τα κτήρια. Επειδή η ΣΗΘ εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που σε άλλη περίπτωση θα χανόταν κατά τη συμβατική διακριτή παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, η συνολική απόδοση αυτών των ολοκληρωμένων συστημάτων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των μεμονωμένων συστημάτων. [24]

Πλεονεκτήματα συμπαραγωγής

Η επιτυχής εγκατάσταση ΣΗΘ οδηγεί σε μείωση κατανάλωσης καυσίμου της τάξεως του 25%. Στο επίπεδο του χρήστη τα οφέλη είναι καθαρά οικονομικά, διότι το κόστος ενέργειας μειώνεται σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες. Σε επιτυχημένες εγκαταστάσεις ΣΗΘ η μείωση των τιμών είναι 20% έως 30%. Επίσης αυξάνεται η αξιοπιστία ενεργοδότησης. Ο σταθμός ΣΗΘ ενωμένος με το ηλεκτρικό δίκτυο, όπου δίνει ή παίρνει ηλεκτρισμό εγγυάται απρόσκοπτη λειτουργία σε επίπεδο μονάδας, σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας του σταθμού ή διακοπή ηλεκτροδότησης από το δίκτυο. Σε επίπεδο χώρας, μειώνει την ανάγκη εγκατάστασης μεγάλων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και αυξάνει την ευστάθεια του ηλεκτρικού συστήματος της χώρας. Η συμπαραγωγή μπορεί να επιτευχθεί με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. βιομάζα) υποκαθιστώντας συμβατικά καύσιμα.

Οι βασικές γνωστές τεχνολογίες συμπαραγωγής είναι:

- αεριοστρόβιλος (κύκλος Brayton),
- ατμοστρόβιλος (κύκλος Rankine),
- συνδυασμένος κύκλος,

Κεφάλαιο 1^ο Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια

- παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης (κύκλος Diesel ή Otto),
- στοιχεία καυσίμου (Fuel Cells). [21]

Κεφάλαιο 2^ο

Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και βελτιστοποίησης του συστήματος τεχνητού φωτισμού

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.

2.1. Εισαγωγή

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%, γ) την ηλεκτρική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης (965 GWh) κατά 206,7%. [25]

Τα σημαντικότερα προβλήματα που παρατηρούνται στα συστήματα τεχνητού φωτισμού των σύγχρονων κτηρίων και που ευθύνονται για ένα μεγάλο ποσοστό της υψηλής ενεργειακής τους κατανάλωσης, είναι το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης (λόγω ανεπαρκούς ή παντελούς έλλειψης μελέτης) και της χρήσης πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας. [9]

Με την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και της σύγχρονης τεχνολογίας μπορεί να επιτευχθεί ενεργειακή εξοικονόμηση κατά 30%-50%. Ωστόσο, ο σχεδιασμός των συστημάτων φωτισμού πρέπει να εξασφαλίζει, εκτός από την επιθυμητή εξοικονόμηση ενέργειας, και οπτική άνεση μέσω της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας και ποιότητας του φωτισμού. [9, 20]

2.2. Σχεδιασμός συστήματος φωτισμού

Κατά τη σχεδιασμό του συστήματος φωτισμού ενός κτηρίου, η μεθοδολογία που ακολουθείται διαφοροποιείται ανάλογα από το αν πρόκειται για υπό ανέγερση ή υφιστάμενο κτήριο. Εάν το κτήριο είναι υπό ανέγερση, τα περιθώρια επεμβάσεων είναι σημαντικά, με την εφαρμογή βιοκλιματικών λύσεων που στη συγκεκριμένη περίπτωση αφορούν στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Ωστόσο πρέπει να διενεργηθεί μελέτη σκοπιμότητας για την εφαρμογή τους. Αν το κτήριο είναι υφιστάμενο, τότε πρέπει να μελετηθεί το κόστος της κάθε επέμβασης τόσο ως προς την όχληση που θα προκληθεί στις επαγγελματικές δραστηριότητες όσο και ως προς το οικονομικό κόστος. Και στην περίπτωση αυτή μπορούν να εφαρμοστούν, κατόπιν μελέτης, κάποιες αρχιτεκτονικές επεμβάσεις. Ωστόσο η εφαρμογή της καθεμίας παρέμβασης θα πρέπει να εκτιμάται σε ένα γενικότερο πλαίσιο βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτηρίου, συνυπολογίζοντας την επίδραση της παρέμβασης στα φορτία θέρμανσης– ψύξης– φωτισμού. [26]

Οι τεχνικές παρεμβάσεις που προτείνονται για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτηρίου στην εγκατάσταση φωτισμού αποφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση λειτουργικού κόστους. Ωστόσο, για την εφαρμογή τους απαιτείται η εκπόνηση μελέτης φωτισμού για το σωστό σχεδιασμό, ώστε εκτός από τη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, να επιτευχθούν συνθήκες οπτικής άνεσης. Τα επίπεδα φωτισμού για κάθε είδος χώρου και για την εκτέλεση διαφόρων τύπων εργασιών καθορίζονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464-1 και σε εθνικό επίπεδο από τον Κ.Εν.Α.Κ..

Κατά τον σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η κατανομή λαμπροτήτων στις διάφορες επιφάνειες του χώρου, η ένταση φωτισμού στο επίπεδο εργασίας και η ομοιομορφία της, η θάμβωση, η χρωματική απόδοση, η φωτεινή μαρμαρυγή (flicker), η κατευθυντικότητα του φωτισμού και η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Στις επόμενες παραγράφους, παρουσιάζονται οι πιο σημαντικές τεχνικές λύσεις για την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων, προσδιορίζεται το πεδίο εφαρμογής τους και εκτιμάται προσεγγιστικά η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας από την κάθε μια μεμονωμένα. Η συνολική εξοικονόμηση που θα προκύψει από την εφαρμογή των εν λόγω τεχνικών παρεμβάσεων δε θα είναι το άθροισμα των επί μέρους εξοικονομήσεων, γιατί σε αρκετές περιπτώσεις η μία εμπεριέχει μέρος των πλεονεκτημάτων της άλλης. [26, 27]

2.3. Μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού - Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού

2.3.1. Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων (electronic ballasts)

Το ηλεκτρονικό σύστημα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων (Electronic Ballast, EB) είναι ένα απαραίτητο εξάρτημα για να λειτουργήσουν οι τύποι λαμπτήρων εκκένωσης (π.χ. φθορισμού, μεταλλικών αλογονιδίων κλπ.). Τα συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν είχαν χαμηλή απόδοση και μεγάλες απώλειες. Τα ηλεκτρονικά ballast δεν προκαλούν φωτεινή μαρμαρυγή και θόρυβο κατά τη λειτουργία τους, καθώς λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες (>24kHz) σε σχέση με τα 50 Hz των συμβατικών. Εκτιμάται ότι η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας έως 25% κυρίως λόγω: α) της καλύτερης απόδοσης του λαμπτήρα, β) της χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας στο λαμπτήρα, γ) των μικρότερων απωλειών ενέργειας στο στραγγαλιστικό πηνίο.



Εικόνα 2.1 : Ηλεκτρομαγνητικό ballast [27]



Εικόνα 2.2 : Ηλεκτρονικό ballast [27]

α) Καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα

Η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast σε σχέση με τη ροή που παράγεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρομαγνητικό. Η πραγματική απόδοση των λαμπτήρων με ηλεκτρομαγνητικό ballast κυμαίνεται

συνήθως σε ποσοστά 80%-95% της ονομαστικής, ενώ δεν είναι σπάνιο τα ηλεκτρονικά ballast να ανυψώσουν την απόδοση κατά 12% περίπου (έχουν μετρηθεί και υψηλότερες αποδόσεις). Αυτό σημαίνει ότι μια εγκατάσταση φωτισμού που λειτουργεί με ηλεκτρονικά ballast απαιτεί 18% περίπου λιγότερα φωτιστικά από την ίδια εγκατάσταση με ηλεκτρομαγνητικά ballast καλής ποιότητας. Το πλεονέκτημα αυτό είναι αξιοποιήσιμο κυρίως στις νέες εγκαταστάσεις οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν με λιγότερα φωτιστικά χωρίς να μειώνεται η στάθμη φωτισμού και να υποβαθμίζεται η ποιότητά τους. Τότε μειώνεται το κόστος λειτουργίας (εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους συντήρησης) αλλά και το κόστος εγκατάστασης (λιγότερα φωτιστικά).

β) Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας

Η κατανάλωση του λαμπτήρα είναι χαμηλότερη όταν αυτός λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast π.χ. ο λαμπτήρας ονομαστικής ισχύος 36 W καταναλώνει 32 W, ενώ με συμβατικό ballast η κατανάλωσή του θα ήταν ίση με την ονομαστική (36 W). Επιπρόσθετα, οι απώλειες του ηλεκτρονικού ballast είναι μικρότερες του συμβατικού π.χ. σε ένα τυπικό φωτιστικό 2x36 W απαιτείται 1 ηλεκτρονικό ballast με απώλειες 8 W, ενώ στη συμβατική λειτουργία απαιτούνται 2 ηλεκτρομαγνητικά ballast με απώλειες 16,2 W. Άρα το φωτιστικό με ηλεκτρονικό ballast θα καταναλώνει 72 W, ενώ με το συμβατικό 88,2 W. Το ποσοστό εξοικονόμησης εξαρτάται από τον τύπο του συμβατικού φωτιστικού που χρησιμοποιείται ως αναφορά. Η εξοικονόμηση ανέρχεται κατά μέσο όρο στο 15%.

Το πλεονέκτημα αυτό των ηλεκτρονικών ballast είναι αξιοποιήσιμο στις νέες αλλά και στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις π.χ. σε φωτιστικά που λειτουργούν με λαμπτήρες φθορισμού T8 με την προϋπόθεση ότι υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος για την τοποθέτηση του ηλεκτρονικού ballast και αφού γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές στην καλωδίωση. Σε αρκετές περιπτώσεις το κόστος για τις επεμβάσεις σε υφιστάμενα φωτιστικά είναι υψηλότερο του κόστους της εξολοκλήρου αντικατάστασης των φωτιστικών με καινούρια που φέρουν ηλεκτρονικά ballast. Ακόμη και σ' αυτή την περίπτωση ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης είναι πολύ μικρός (έως 5 χρόνια). Ένας επιπλέον λόγος για μια τέτοια ριζική επέμβαση είναι ότι η απόδοση των υφισταμένων φωτιστικών μειώνεται με τον καιρό, με αποτέλεσμα να απαιτούνται εργασίες συντήρησής τους για να φωτίζουν επαρκώς.

Σημειώνεται ότι τα φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες T5 εξαιρούνται από μια τέτοια παρέμβαση, διότι οι λαμπτήρες αυτοί λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικά ballast.

Εκτός από αυτούς τους λόγους, υπάρχουν κι άλλοι εξίσου σημαντικοί, όπου η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast επιφέρει εμμέσως περαιτέρω εξοικονόμηση. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν στη χρησιμοποίηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν μόνο με ηλεκτρονικά ballast.

- Δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής έντασης του λαμπτήρα (dimming) μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού (dimmers). Τα κυκλώματα που ρυθμίζουν τη φωτεινή ένταση των λαμπτήρων λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες οι οποίες εκτείνονται στην περιοχή συχνοτήτων των ηλεκτρονικών ballast (και πέραν αυτής). Η συχνότητα λειτουργίας (50 Hz) των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast τα καθιστά ακατάλληλα για dimming. Όπως περιγράφεται σε επόμενη παράγραφο, η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με τοπικά συστήματα dimming φτάνει έως και 40% ανάλογα με τη χρήση του χώρου.



Εικόνα 2.3 : Ηλεκτρονικό ballast με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής έντασης του λαμπτήρα [27]

- Δυνατότητα ένταξης της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης κτηρίων (BEMS). Και σε αυτή την περίπτωση απαιτείται η χρήση ηλεκτρονικών ballast. Η εξοικονόμηση ενέργειας με συστήματα BEMS κυμαίνεται από 20% έως 40% ανάλογα με τη χρήση του χώρου (η εξοικονόμηση αυτή δεν είναι προσθετική στην αντίστοιχη που επιτυγχάνεται με το dimming αλλά την εμπεριέχει).
- Δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως 4) με 1 μόνο ηλεκτρονικό ballast και κατά συνέπεια μικρότερες απώλειες. Αντιθέτως, το συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό ballast δεν μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους των δύο λαμπτήρων.
- Το ηλεκτρονικό ballast διακόπτει τη λειτουργία του όταν ο λαμπτήρας δε λειτουργεί (λόγω γήρανσης κλπ.), ενώ το συμβατικό ballast εξακολουθεί να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και να καταναλώνει ενέργεια.
- Μεγαλώνει σημαντικά η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων (έως 50%). Άρα, μειώνεται στο μισό το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων.
- Βελτιώνεται ο συντελεστής συντήρησης των λαμπτήρων. Αυτό σημαίνει ότι η απαιτούμενη στάθμη φωτισμού επιτυγχάνεται με λιγότερα φωτιστικά, αν χρησιμοποιηθούν ηλεκτρονικά ballast αντί των συμβατικών. Στην περίπτωση αυτή η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται λιγότερο κατά τη διάρκεια ζωής τους απ' ό,τι αν λειτουργούσαν με συμβατικά ballast. Εκτιμάται ότι, γι' αυτόν και

μόνο τον λόγο, σε ένα καθαρό εργασιακό χώρο, τα απαιτούμενα φωτιστικά μπορούν να μειωθούν κατά 6% περίπου. [27]

2.3.2. Επιλογή φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων

Ως φωτιστικό σώμα θεωρείται η διάταξη που έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα τους λαμπτήρες που περιλαμβάνει. Συνήθως, το φωτιστικό σώμα μεταβάλλει την κατανομή της φωτεινής ροής, που προέρχεται από τη λειτουργία των λαμπτήρων που περιλαμβάνει, με κατάλληλους ανακλαστήρες 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. Ειδικότερα στην περίπτωση των λαμπτήρων εκκένωσης, οι οποίοι για τη λειτουργία τους απαιτούν ειδικό εξοπλισμό, όπως το ballast, πρέπει να γίνεται σωστός συνδυασμός λαμπτήρα και εξαρτημάτων. Έτσι εξασφαλίζεται η σωστή απόδοση και 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 (τα πιο αποδοτικά φωτιστικά είναι με ανακλαστήρα από ανοδιωμένο αλουμίνιο αυξημένης καθαρότητας σχεδιασμένο από εξειδικευμένα προγράμματα και προσωπικό), 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 διατάξεις ελέγχου φωτισμού. [27]

2.3.2.1. Φωτιστικά σώματα

Εάν τα φωτιστικά σώματα είναι παλαιάς τεχνολογίας, γηρασμένα και η εγκατεστημένη ισχύς μεγάλη, θα πρέπει να αντικατασταθούν και κάποια από αυτά να ακυρωθούν (σύμφωνα με τα πρότυπα και τους κανονισμούς). Λόγω καλύτερης απόδοσης ο αριθμός των νέων φωτιστικών θα είναι μικρότερος και το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης του συστήματος φωτισμού θα εξαλειφθεί. Το συνολικό κόστος από την αντικατάστασή τους μπορεί να αποσβεσθεί σε λιγότερο από 5 έτη.

Για την επιλογή των φωτιστικών σωμάτων απαιτείται εξειδικευμένη "ανάγνωση" των τεχνικών χαρακτηριστικών τους, όπως ο τύπος κατανομής της φωτεινής ροής, ο

συντελεστής απόδοσης, η κατανομή λαμπρότητας, η κλάση θάμβωσης, η κατανάλωση ενέργειας, η δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (dimming), ο τύπος του ανακλαστήρα ή του διαχύτη κλπ..

Η επιλογή των φωτιστικών γίνεται σύμφωνα με τον τύπο των εργασιών που διεξάγονται στο χώρο, την αισθητική του, τις αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες και ιδιαιτερότητες, 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 πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 55 lm/W, σύμφωνα με το όριο που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.. Η απόδοση (lm/W) των γραμμικών λαμπτήρων φθορισμού T5 αυξάνεται με την ονομαστική ισχύ τους. Με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά των λαμπτήρων, προκύπτει ότι η επιλογή φωτιστικών με γραμμικούς λαμπτήρες φθορισμού μεγαλύτερης ονομαστικής ισχύος, δηλαδή μεγαλύτερου μήκους, είναι ενεργειακά επωφελής.

Σημαντικός παράγοντας είναι, επίσης, ο τύπος και το υλικό κατασκευής του οπτικού συστήματος του φωτιστικού (διαχύτης, κάτοπτρο, περσίδες κλπ.). Οι συνθετικοί διαχύτες έχουν συνήθως μικρότερο βαθμό απόδοσης (LOR) και χειρότερο συντελεστή συντήρησης. Τα οπτικά συστήματα από ανοδιωμένο αλουμίνιο εμφανίζουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης (έως 85% έναντι 55%-60% των συνθετικών πολυκαρβονικών διαχυτών), αλλά και σε αυτή την περίπτωση η ποιότητα της ανοδίωσης και ο βαθμός καθαρότητας του αλουμινίου είναι οι κρίσιμοι παράγοντες. Στην αγορά απαντώνται φωτιστικά του ίδιου ακριβώς τύπου (ανακλαστήρας ανοδιωμένου αλουμινίου, διπλής παραβολικότητας) των οποίων οι βαθμοί απόδοσης μπορεί να διαφέρουν ακόμα και κατά 20 εκατοστιαίες μονάδες. Πρωταρχική αιτία είναι η ποιότητα σχεδίασης του ανακλαστήρα, η οποία είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί εξειδίκευση και ειδικό λογισμικό.

Ο βαθμός καθαρότητας του αλουμινίου επηρεάζει την απόδοση των ανακλαστήρων και κατ' επέκταση των φωτιστικών. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι αποκλίσεις κλάσματος της εκατοστιαίας μονάδας στην καθαρότητα του αλουμινίου επιφέρουν δεκαπλάσια απόκλιση (μερικές εκατοστιαίες μονάδες) στην ανακλαστικότητα των οπτικών του φωτιστικού. Τα οπτικά βαφής φούρνου έχουν πολύ χειρότερη απόδοση και με την πάροδο του χρόνου η βαφή αποσυντίθεται και η απόδοση του φωτιστικού μειώνεται σε τιμές μικρότερες του 50%. Μερικές φορές, το οπτικό σύστημα αποτελείται μόνο από περσίδες χωρίς οπίσθιο ανακλαστήρα, οπότε η απόδοση θα είναι ιδιαίτερα χαμηλή, εφόσον το μισό σχεδόν της φωτεινής ροής των λαμπτήρων θα χάνεται εντός του φωτιστικού. [27, 6]

2.3.2.2. Λαμπτήρες

Η ονομαστική ισχύς του λαμπτήρα δεν είναι το μοναδικό κριτήριο για την επιλογή του. Στο εμπόριο διατίθενται λαμπτήρες με ταυτόσημη ονομαστική ισχύ, χρωματική απόδοση και διαστάσεις αλλά με διαφορετική απόδοση lm/W, λόγω της διαφορετικής φωτεινής ροής (lm) του κάθε λαμπτήρα. Είναι δηλαδή εφικτή η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς καμία αλλαγή στην εγκατάσταση φωτισμού αλλά μόνο με την ορθολογική επιλογή των λαμπτήρων, η απόδοση των οποίων θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 65 lm/W. Αν οι απαιτήσεις φωτισμού των χώρων το επιτρέπουν, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση έως και κατά 30% με την επιλογή λαμπτήρων διαφορετικής χρωματικής απόχρωσης, αλλά καλύτερης απόδοσης lm/W. Η διαφορά στην απόδοση οφείλεται στη διαφορετική τεχνολογία των λαμπτήρων, η οποία επιβαρύνει ελάχιστα το κόστος αγοράς.

Η επιλογή της χρωματικής απόχρωσης των λαμπτήρων μπορεί να επιφέρει περαιτέρω εξοικονόμηση. Αυτό φυσικά προϋποθέτει εκτίμηση των ποιοτικών απαιτήσεων του φωτισμού του χώρου (οπτική άνεση) σε συνδυασμό με το επίπεδο φωτισμού. Αν οι συνθήκες το επιτρέπουν, τότε μπορεί να επιλεγεί τύπος λαμπτήρων που συνδυάζει συγκεκριμένη χρωματική απόχρωση με υψηλή απόδοση lm/W. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η κατανάλωση μειώνεται κατά 15% με αντικατάσταση των απλών λαμπτήρων T8, 58 W, Daylight, 4000 lm με ταυτόσημους Warmwhite, 4600 lm. Η εξοικονόμηση ανέρχεται σε 4% εάν αντικατασταθούν οι τριφασφορικοί T8, 58 W, Daylight (5000 lm) με Warmwhite (5200 lm).[27]

Στον πίνακα 2.1 δίνονται τυπικές τιμές φωτεινής αποδοτικότητας διάφορων τύπων λαμπτήρων.

Πίνακας 2.1: Τυπικές τιμές φωτεινής αποδοτικότητας λαμπτήρων [6]

Τύπος λαμπτήρα	Φωτεινή αποδοτικότητα (lm/W)
Πυρακτώσεως	10-18
Αλογόνου	15-25
Συμπαγείς φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του ballast)	50-70
Γραμμικοί φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του ballast)	60-100
Μεταλλικών Αλογονιδίων (συμπεριλαμβανομένου του ballast)	65-110
Φωτοдиодοι LED (συμπεριλαμβανομένου του οδηγού)	30-60

Φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες T5

Οι λαμπτήρες T5 λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικό ballast, άρα τα φωτιστικά με λαμπτήρες αυτού του τύπου έχουν όλα τα πλεονεκτήματα που περιγράφονται στην παράγραφο 2.3.1. Οι διαστάσεις των λαμπτήρων T5 είναι διαφορετικές από τις διαστάσεις των λαμπτήρων T8 και T12, άρα οι τελευταίοι δεν είναι δυνατόν να αντικατασταθούν με λαμπτήρες τύπου T5 σε υφιστάμενα φωτιστικά. Η απόδοση του συστήματος λαμπτήρα T5 και ηλεκτρονικού ballast μπορεί να προσεγγίσει τα 92 lm/W, ενώ η αντίστοιχη του συμβατικού συστήματος λαμπτήρα T8 και ηλεκτρομαγνητικού ballast δεν μπορεί να υπερβεί τα 76 lm/W. Άρα, η απόδοση των λαμπτήρων T5 μπορεί να είναι έως και 21% υψηλότερη της απόδοσης των λαμπτήρων T8 με συμβατικό ballast. Όταν όμως οι λαμπτήρες T8 λειτουργούν με ηλεκτρονικό ballast, τότε δεν υπάρχει ουσιαστικό ενεργειακό όφελος από την αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων T8 με φωτιστικά σώματα T5. [27]



Εικόνα 2.4 : Σωληνωτοί λαμπτήρες φθορισμού σε ποικιλία μεγεθών (T12, T5 και T8) [27]

2.3.3. Κυκλώματα φωτισμού και διακόπτες

Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με τον καθορισμό των κυκλωμάτων φωτισμού και των αντίστοιχων διακοπών στο ηλεκτρολογικό σχέδιο ενός χώρου. Η πιο συνηθισμένη πρακτική επιτρέπει τον έλεγχο φωτισμού με χειροκίνητους διακόπτες. Ο σχεδιασμός και οι θέσεις ελέγχου φωτισμού με χειροκίνητους διακόπτες έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου. Δεδομένου ότι η εξοικονόμηση ενέργειας εξαρτάται από την προθυμία των χρηστών να χρησιμοποιήσουν το σύστημα διακοπών, η ευκολία και η ευελιξία του ανοίγματος και κλεισίματος των διακοπών έχουν επιπτώσεις στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο σωστός σχεδιασμός ενός συστήματος φωτισμού με κυκλώματα φωτισμού και διακόπτες πρέπει να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές και τη χρήση του κτηρίου, αλλά θα πρέπει να βασίζεται στις ακόλουθες γενικές οδηγίες:

- 1) Κάθε ανεξάρτητο γραφείο πρέπει να έχει το δικό του διακόπτη ελέγχου, με δυνατότητα επιλογής δύο επιπέδων φωτισμού.
- 2) Σε γραφεία που βρίσκονται σε μεγάλους και ανοιχτούς χώρους, οι χώροι εργασίας με κοινή χρήση και ίδια επίπεδα φωτισμού πρέπει να ομαδοποιούνται σε ένα κύκλωμα φωτισμού.
- 3) Όταν υπάρχουν φωτιστικά σώματα με τρεις ή τέσσερις λαμπτήρες φωτισμού, τότε οι μεσαίοι λαμπτήρες πρέπει να συνδεθούν σε ένα ξεχωριστό κύκλωμα ανεξάρτητα από τους εξωτερικούς λαμπτήρες. Αυτή η συνδεσμολογία παράγει διαφορετικά επίπεδα φωτισμού ανάλογα με τον αριθμό των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται.
- 4) Όταν υπάρχουν αρκετά φωτιστικά σώματα σε έναν ενιαίο χώρο, τότε τα γειτονικά φωτιστικά σώματα πρέπει να τοποθετούνται σε κυκλώματα φωτισμού εναλλάξ έτσι ώστε να υπάρχει επιλογή επιπέδου φωτισμού με τη μισή ένταση.
- 5) Τα φωτιστικά σώματα περιμετρικά των χώρων με εξωτερικά ανοίγματα πρέπει να ελέγχονται ανεξάρτητα από τα φωτιστικά σώματα του υπόλοιπου χώρου.
- 6) Χώροι με υψηλές απαιτήσεις φωτισμού πρέπει να διαθέτουν χωριστούς διακόπτες από άλλους χώρους με χαμηλότερες απαιτήσεις φωτισμού. [29, 28]

2.3.4. Συντελεστής ισχύος

Το πρόβλημα του χαμηλού συντελεστή ισχύος στις εγκαταστάσεις φωτισμού είναι θεωρητικά μάλλον αμελητέο, δεδομένου ότι οι περισσότεροι κατασκευαστές ενσωματώνουν στα φωτιστικά τους τα απαραίτητα εξαρτήματα (πυκνωτές κ.τ.λ.) που βελτιώνουν τον συντελεστή ισχύος. Σημειώνεται ότι, ειδικά στα φωτιστικά με ηλεκτρονικά ballast και ρυθμιστές, η διόρθωση αυτή αφορά συνήθως μόνο στο συντελεστή διαφοράς φάσης ($\cos\phi$). Όμως, αυτές οι ηλεκτρονικές διατάξεις παράγουν αρμονικά ρεύματα τα οποία είναι αρκετά δύσκολο να μειωθούν. Αυτό έχει σαν συνέπεια την εμφάνιση χαμηλού συντελεστή ισχύος ($\text{power factor} < 1$), ακόμη και αν ο συντελεστής διαφοράς φάσης προσεγγίζει τη μονάδα ($\cos\phi \gg 0,9$). Η εξάλειψη των αρμονικών διαταραχών είναι ένα πολύ σύνθετο πρόβλημα και απαιτεί υψηλό κόστος, το οποίο δύσκολα αποσβένεται. Αν οι αρμονικές δε δημιουργούν άλλα λειτουργικά προβλήματα, τότε η επένδυση για την εξάλειψή τους είναι συνήθως ασύμφορη. Σε κάθε περίπτωση πάντως πρέπει να επιδιώκεται η βελτίωση του συντελεστή διαφοράς φάσης ($\cos\phi$). [26]

2.3.5. Συντήρηση της εγκατάστασης φωτισμού

Η απόδοση μιας εγκατάστασης φωτισμού μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, λόγω της επικάλυψης ρύπων στις επιφάνειες των φωτιστικών και των λαμπτήρων, της γήρανσης των υλικών των φωτιστικών τα οποία συμμετέχουν στην εκπομπή φωτός (ανακλαστήρες, περσίδες, διαχύτες κλπ), καθώς και της γήρανσης των λαμπτήρων και των στραγγαλιστικών πηνίων. 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. Για να αντισταθμιστεί, προσαυξάνεται ο αριθμός των φωτιστικών, ώστε το επίπεδο φωτισμού να μην πέφτει κάτω από την επιθυμητή τιμή.

Εξειδικευμένοι φορείς που διεξήγαγαν μετρήσεις σε εγκαταστάσεις φωτισμού κτηρίων γραφείων, διαπίστωσαν 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%. Οι μετρήσεις που έγιναν σε τυπικούς επαγγελματικούς χώρους οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι εξοικονομείται ενέργεια της τάξης του 15% εάν τα φωτιστικά καθαρίζονται ανά έτος με ταυτόχρονη αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων 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. [26, 27]

2.3.6. Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις

Συμπερασματικά, οι σημαντικότερες παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός υφιστάμενου κτηρίου στην εγκατάσταση φωτισμού, όπως αυτές παρουσιάστηκαν, είναι:

- επιλογή φωτιστικών σωμάτων με ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων (ballast),
- επιλογή φωτιστικών με οπτικό σύστημα υψηλής απόδοσης (κατά προτίμηση με ανακλαστήρα αλουμινίου υψηλής καθαρότητας και ποιότητας ανοδίωσης) και με ικανοποιητικό συντελεστή συντήρησης, έτσι ώστε ο συνολικός βαθμός απόδοσης (LOR) του φωτιστικού να είναι μεγαλύτερος του 0,65,
- επιλογή φωτιστικών με λαμπτήρες T5,
- επιλογή λαμπτήρων υψηλής απόδοσης (υψηλότερη των 65 lumen/W),
- επιλογή λαμπτήρων μεγάλης ονομαστικής ισχύος, δηλαδή επιμηκών φωτιστικών, όπου επιτρέπεται,
- επιλογή γραμμικών λαμπτήρων φθορισμού αντί συμπαγών,
- σύνταξη προγράμματος συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού,
- επιλογή της θερμοκρασίας χρώματος λαμπτήρων ανάλογα με τη δραστηριότητα.

Είναι προφανές ότι δεν θα εφαρμοστούν όλες οι προτάσεις. Η επιλογή των πλέον ενδεδειγμένων, ώστε να είναι τεχνικά εφαρμόσιμες και οικονομικά επωφελείς, απαιτεί μελέτη των χαρακτηριστικών και της μορφής του κάθε κτηρίου. [26]

2.4. Αυτοματισμοί – Στρατηγικές ελέγχου φωτισμού

2.4.1. Προγραμματισμός

Ο έλεγχος φωτισμού με προγραμματισμό διαιρείται σε δύο κατηγορίες, τον προβλεπόμενο και το μη προβλεπόμενο προγραμματισμό.

Η στρατηγική του προβλεπόμενου προγραμματισμού χρησιμοποιείται σε κτήρια, όπου υπάρχουν επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της ημέρας και τα φωτιστικά σώματα μπορούν να λειτουργήσουν με σταθερό πρόγραμμα. Υπάρχει όμως δυνατότητα παρέμβασης σε περίπτωση που υπάρχουν αλλαγές στο πρόγραμμα των δραστηριοτήτων. Η στρατηγική του προβλεπόμενου προγραμματισμού είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν το πρόγραμμα των εργασιών έχει καθοριστεί σωστά για ολόκληρο το χώρο. Τέτοιες στρατηγικές μπορούν να μειώσουν την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται έως και 40%, μειώνοντας την ενέργεια που δαπανάται από τα φωτιστικά σώματα που λειτουργούν σε χώρους χωρίς προσωπικό.

Η στρατηγική του μη προβλεπόμενου προγραμματισμού χρησιμοποιείται σε χώρους όπως οι χώροι ανάπαυσης, οι βοηθητικοί χώροι με φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, χώροι συσκέψεων, δωμάτια για διαλείμματα εργασίας και δοκιμαστήρια καταστημάτων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για μικρά χρονικά διαστήματα και δεν μπορούν να προγραμματιστούν εύκολα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, διάφορες τοπικές τεχνικές αυτόματου ελέγχου μπορούν να είναι πιο αποδοτικές οικονομικά από την απλή χειροκίνητη λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων. Στρατηγικές με μη προβλεπόμενο προγραμματισμό που χρησιμοποιούν αισθητήρες παρουσίας-κίνησης μπορούν να μειώσουν την καταναλισκόμενη ενέργεια έως και 60% σε ορισμένες περιπτώσεις. [28]

2.4.2. Εκμετάλλευση 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. Η ρύθμιση της στάθμης φωτισμού (dimming) και οι διάφορες μέθοδοι έναρξης ή διακοπής λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων (switching) μπορούν να συντελέσουν σημαντικά στην εξοικονόμηση 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. [28]

2.4.3. Χρήση αισθητήρων – Τοπικοί αυτοματισμοί

2.4.3.1. Αισθητήρες φωτισμού

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. Δεν προϋποθέτει δηλαδή την ύπαρξη συστήματος κεντρικής διαχείρισης κτηρίου (BMS). Επισημαίνεται ότι είναι απαραίτητο τα υφιστάμενα φωτιστικά να λειτουργούν με ηλεκτρονικά ballast. [27]

2.4.3.2. Αισθητήρες παρουσίας

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.

Υπάρχει η δυνατότητα όλα τα εξαρτήματα να βρίσκονται στον ίδιο κεντρικό πίνακα-σημείο και να μπορούν εύκολα να συνδεθούν σε υπάρχοντα κουτιά στον χώρο. Αυτή είναι πιο πρόσφατη τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους γραφείων, σε περιπτώσεις ανακαίνισης με αντικατάσταση των κοινών διακοπών τοίχου. Τα μειονεκτήματά τους είναι η περιορισμένη ευελιξία, δεδομένου ότι η θέση του πίνακα είναι σταθερή, συνήθως σε ύψος 110 εκ. από τη στάθμη του δαπέδου, καθώς και το ότι οι διαχωριστικοί τοίχοι και τα έπιπλα μπορεί να περιορίσουν την εμβέλειά του.

Η εξοικονόμηση ενέργειας, με την εγκατάσταση ενός αισθητήρα παρουσίας, ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος και τον τρόπο χρήσης του χώρου, αλλά συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 35% και 45%.

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. [9]

2.4.3.3. Χρονοδιακόπτες

Μία επιπλέον επιλογή είναι η εγκατάσταση χρονοδιακόπτη που ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί το κύκλωμα φωτισμού για καθορισμένα χρονικά διαστήματα εντός των οποίων δεν προβλέπεται η χρήση των φωτιστικών. Τα χρονικά διαστήματα, όπου το σύστημα φωτισμού τίθεται εκτός λειτουργίας, καθορίζονται ανάλογα με το είδος του χώρου και τις ανάγκες των χρηστών. Οι χρονοδιακόπτες διαφέρουν ως προς την πολυπλοκότητά τους. Μπορεί να είναι απλοί μηχανικοί με ελατήριο έως σύνθετοι με μικροεπεξεργαστές που μπορούν να προγραμματίσουν μια ακολουθία γεγονότων για ένα έτος. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να υπάρχει μια επιλογή παράκαμψης από τους χρήστες για την εξυπηρέτηση όλων των αναγκών. [27]

Επισημαίνεται ότι η εφαρμογή των αυτόνομων αυτοματισμών που αναφέρθηκαν δεν προϋποθέτει την ύπαρξη συστήματος κεντρικής διαχείρισης κτηρίου (BMS), άρα μπορούν να εγκατασταθούν και σε υφιστάμενα κτήρια. Όλες οι λειτουργίες των αυτόνομων αυτοματισμών που παρατέθηκαν αποτελούν υποσύνολο των λειτουργιών του BMS. [27]

2.4.4. Εξισορρόπηση λαμπρότητας

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος φωτισμού προϋποθέτει, εκτός των άλλων, την εξισορρόπηση των διαφορετικών επιπέδων έντασης φωτισμού ώστε να ελαχιστοποιούνται οι συνθήκες θάμβωσης. Για παράδειγμα, ένας έλεγχος φωτισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετριάσει την ένταση φωτισμού που εισέρχεται από τα εξωτερικά ανοίγματα στο εσωτερικό των κτηρίων μέσω σκιάστρων ή περσίδων. Μια άλλη τεχνική με αντίθετα αποτελέσματα για εσωτερικούς χώρους είναι η αύξηση της έντασης του φωτισμού που παράγεται από τον τεχνητό φωτισμό. Συχνά, ο έλεγχος φωτισμού χρησιμοποιείται για την εξισορρόπηση των επιπέδων φωτισμού μεταξύ δύο χώρων, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από διαφορετικά επίπεδα έντασης φωτισμού ή τιμές λαμπρότητας. [28]

2.4.5. Διατήρηση των επιπέδων φωτισμού

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος φωτισμού διασφαλίζει μια ελάχιστη τιμή κάτω από την οποία η ένταση φωτισμού του συστήματος δεν πρέπει να μειωθεί. Γι' αυτό το λόγο, το επίπεδο φωτισμού ενός νέου συστήματος φωτισμού πρέπει να υπερβαίνει το επίπεδο φωτισμού που πρέπει να επιτευχθεί από το σχεδιασμό κατά 20% έως και 35%. Με αυτό τον τρόπο, το σύστημα φωτισμού θα αντισταθμίσει τη μείωση

των επιπέδων φωτισμού που συμβαίνει με το πέρασμα του χρόνου. Αιτία για το φαινόμενο αυτό είναι η μείωση της φωτεινής ροής που εκπέμπεται από το λαμπτήρα λόγω γήρανσης, η μείωση της φωτεινής απόδοσης των φωτιστικών σωμάτων και του συντελεστή ανάκλασης των επιφανειών των εσωτερικών χώρων λόγω της αύξησης του ποσοστού επικάθισης σωματιδίων στην επιφάνειά τους με το χρόνο. Η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται στην αρχή λειτουργίας του συστήματος και μειώνεται με το χρόνο. [28]

2.4.6. Εξομάλυνση φορτίου και μείωση της ζήτησης ισχύος

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό σε ένα κτήριο μπορεί να μειωθεί σημαντικά με τον έλεγχο της μείωσης της ζήτησης ισχύος για μικρές χρονικές περιόδους. Η μείωση της έντασης φωτισμού σε λιγότερο σημαντικούς χώρους ενός κτηρίου μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε περιοχές, όπου η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζεται το καλοκαίρι. Μια σχετική μείωση στην ισχύ για φωτισμό μπορεί να προκαλέσει μείωση και στην ισχύ για κλιματισμό. Οι έλεγχοι με μείωση της ζήτησης ισχύος περιλαμβάνουν πολλές εφαρμογές, οι οποίες συντελούν στην αποφυγή συσκοτίσεων με αποτέλεσμα η εξοικονόμηση ενέργειας στις ώρες αιχμής να είναι σημαντική. [28]

2.4.7. Συστήματα κεντρικής διαχείρισης κτηρίων και σύστημα φωτισμού

Τα συστήματα κεντρικής διαχείρισης κτηρίων (BMS) συνιστούν ολοκληρωμένη λύση για την εποπτεία της λειτουργίας των κτηρίων, τον έλεγχο των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και τη διαχείρισή τους. Όλες οι λειτουργίες των αυτοματισμών για το σύστημα φωτισμού που προαναφέρθηκαν μπορούν να εκτελεστούν από ένα απλό BMS. Οι αυτοματοποιημένες λειτουργίες δεν αντιμετωπίζονται αυτόνομα και τοπικά σε κάθε διακριτό χώρο, αλλά ενσωματώνονται στο ολοκληρωμένο σύστημα του κτηρίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διασύνδεση των αυτοματισμών και την αλληλοεπίδραση των διακριτών λειτουργιών.

Το κόστος εγκατάστασης συστήματος κεντρικής διαχείρισης για το φωτισμό είναι αρκετά υψηλότερο από το αντίστοιχο μιας συμβατικής εγκατάστασης. Όμως, η εφαρμογή του σε σύγχρονα επαγγελματικά κτήρια αποσβένει το κόστος της σε λογικό χρονικό διάστημα, καθιστώντας την επένδυση συμφέρουσα, αφού το BMS συνδέεται και με άλλα συστήματα του κτηρίου. Οποσδήποτε, για την εγκατάσταση BMS απαιτείται τεχνοοικονομική μελέτη, η οποία θα εκτιμήσει το χρόνο απόσβεσης σύμφωνα με τις λειτουργίες του κτηρίου. Σε περίπτωση που το ενδεχόμενο εγκατάστασης BMS απορριφθεί, τότε θα πρέπει να μελετηθεί η σκοπιμότητα εγκατάστασης αυτόνομων αυτοματισμών στο φωτισμό των επιλεγόμενων χώρων. [27]

2.5. Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού - Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός έχει σημαντική επίδραση στην εμφάνιση των χώρων ενός κτηρίου και δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να έχουν οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Η αξιοποίησή του επηρεάζει σημαντικά την ενεργειακή συμπεριφορά του, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει στους εσωτερικούς χώρους επαρκή ποσότητα φωτισμού και αποφυγή συνθηκών θάμβωσης.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τον φυσικό φωτισμό ενός εσωτερικού χώρου είναι το βάθος του χώρου, το μέγεθος και η θέση των παραθύρων και των ανοιγμάτων οροφής, το σύστημα υαλοστασίων/υαλοπινάκων και τα εξωτερικά εμπόδια. Αυτοί οι παράγοντες εξαρτώνται από τις αποφάσεις που λαμβάνονται κατά τον σχεδιασμό του κτηρίου. Γι' αυτό και ο σωστός σχεδιασμός μπορεί να οδηγήσει σε ένα κτήριο με βελτιωμένη ενεργειακή συμπεριφορά και ευχάριστη εσωτερική εμφάνιση. Οι αλλαγές στο φυσικό φωτισμό ενός υφιστάμενου κτηρίου είναι πιο πολύπλοκες, αλλά μπορούν να βελτιώσουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου και το σύστημα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού να είναι οικονομικά αποδοτικό. [9]

Ως μέτρο επάρκειας του φυσικού φωτισμού χρησιμοποιείται ο παράγοντας φυσικού φωτισμού (Daylight Factor-DF), δηλαδή ο λόγος του φωτισμού στο εσωτερικό του κτηρίου προς το φωτισμό στο εξωτερικό του κτηρίου σε τυπικές (κατά CIE) συνθήκες πλήρως νεφοσκεπούς ουρανού. Συγκεκριμένα, ο παράγοντας φυσικού φωτισμού υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$DF = \frac{E_i}{E_o} \times 100(\%)$$

όπου:

E_i : Ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο της επιφάνειας εργασίας στο εσωτερικό του χώρου,

E_o : 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 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%.

2.5.1. Αισθητήρες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού

Οι αισθητήρες φωτισμού (photosensors) είναι ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου φωτισμού, οι οποίες ρυθμίζουν αυτόματα το επίπεδο φωτισμού που παράγεται από το σύστημα τεχνητού φωτισμού ανάλογα με την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που ανιχνεύεται στο χώρο. Εμπεριέχουν κατάλληλο φακό για την είσοδο της ακτινοβολίας, φωτοκύτταρο και το απαραίτητο ηλεκτρικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου. Δεν πρέπει να γίνεται σύγχυση μεταξύ ενός φωτοκύτταρου και ενός αισθητήρα φωτισμού, καθώς ο αισθητήρας είναι μια πλήρης συσκευή ελέγχου, ενώ το φωτοκύτταρο ένα φωτοευαίσθητο εξάρτημα μέσα στον αισθητήρα φωτισμού.

Οι αισθητήρες φωτισμού επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας με την απενεργοποίηση ή την προσαρμογή της στάθμης του τεχνητού φωτισμού (dimming), σε περιπτώσεις όπου υπάρχει επαρκής ποσότητα φυσικού φωτισμού και δεν απαιτείται πλήρης λειτουργία του τεχνητού φωτισμού. Εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας χωρίς επέμβαση ανθρώπινου παράγοντα. Στα κτήρια γραφείων, όπου χρησιμοποιούνται συνήθως φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες φθορισμού, οι αισθητήρες φωτισμού συνδέονται με τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού, EDBs. Με αυτόν τον τρόπο, η ένταση φωτισμού που παράγεται από τους λαμπτήρες προσαρμόζεται ανάλογα με τη διαθέσιμη ποσότητα του φυσικού φωτισμού στο χώρο.

Εκτός από το σύστημα φωτισμού, εξοικονόμηση επιτυγχάνεται και στο σύστημα ψύξης-θέρμανσης του κτηρίου κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, καθώς η μείωση των επιπέδων του τεχνητού φωτισμού μειώνει και τα θερμικά φορτία που προέρχονται από τα φωτιστικά σώματα.

Στο Σχήμα 2.5 παρουσιάζεται μια βασική περίπτωση ελέγχου φωτισμού με αισθητήρα φωτισμού σε ένα γραφείο με παράπλευρα εξωτερικά ανοίγματα. Τα βασικά στοιχεία ενός συστήματος εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού είναι η κατανομή του φυσικού φωτισμού, τα φωτιστικά σώματα, ο αισθητήρας φωτισμού και η ζώνη ελέγχου του αισθητήρα. [28]



Σχήμα 2.5 : Βασικά μέρη ενός τυπικού συστήματος ελέγχου φωτισμού με αισθητήρα φωτισμού [28]

2.5.1.1. Κατανομή φυσικού φωτισμού

Η ποσότητα του φυσικού φωτισμού μειώνεται λογαριθμικά καθώς αυξάνεται η απόσταση από το εξωτερικό άνοιγμα. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν υπερβολικά φωτισμένες περιοχές κοντά στο εξωτερικό άνοιγμα και υποφωτισμένες μακριά από αυτό. Συνήθως, η ένταση φωτισμού σε μία κάθετη επιφάνεια (π.χ. στους τοίχους) είναι μεγαλύτερη από την ένταση φωτισμού στο οριζόντιο επίπεδο.

Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι, συνήθως, πολύ έντονη και δημιουργεί θάμβωση. Για το λόγο αυτό ο άμεσος φυσικός φωτισμός πρέπει να εμποδίζεται ή να κατευθύνεται σωστά με τη χρήση σκιάστρων ή άλλων τεχνικών φυσικού φωτισμού που εφαρμόζονται στα εξωτερικά ανοίγματα, ώστε η ένταση φωτισμού να κατανέμεται ομοιόμορφα μέσα στο χώρο. Η κατανομή του φυσικού φωτισμού και ο λόγος της έντασης φωτισμού μεταξύ της επιφάνειας εργασίας και της οροφής, όπου συνήθως τοποθετείται ο αισθητήρας, επιδρούν ισχυρά στην απόδοση του αισθητήρα φωτισμού. Η κατανόηση του λόγου αυτού είναι σημαντική για τον καθορισμό της κατάλληλης θέσης του αισθητήρα φωτισμού μέσα στο χώρο. [28]

2.5.1.2. Ζώνες ελέγχου φωτισμού

Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού είναι περιοχές στους εσωτερικούς χώρους ενός κτηρίου που εκμεταλλεύονται το φυσικό φωτισμό. Παράλληλα με το φυσικό φωτισμό χρησιμοποιούν και τεχνητό φωτισμό, ώστε να διασφαλίζονται τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού. Το μέγεθος μιας ζώνης ελέγχου εξαρτάται από τη διαμόρφωση και τη γεωμετρία των εξωτερικών ανοιγμάτων, την κατάσταση του ουρανού και τη θέση του ήλιου. Για να οριστούν οι τιμές της έντασης φωτισμού και το μέγεθος των ζωνών ελέγχου απαιτούνται μετρήσεις ή υπολογισμοί από προσομοιώσεις τουλάχιστον τριών διαφορετικών μηνών που αντιπροσωπεύουν το χειμώνα, την άνοιξη ή το φθινόπωρο και το καλοκαίρι. Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού συνδέουν περιοχές οι οποίες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά κατανομής φυσικού φωτισμού. Συνήθως μέσα σε μια ζώνη ελέγχου η μέγιστη ένταση φωτισμού δεν πρέπει να υπερβαίνει περίπου την τριπλάσια τιμή της ελάχιστης έντασης φωτισμού. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μια ικανοποιητική αντίθεση φωτισμού μέσα σε μια ζώνη ελέγχου. Από τη διεθνή βιβλιογραφία, η αναλογία μέγιστης προς ελάχιστης έντασης φωτισμού ορίζεται από την τιμή 9:1. Για μεγαλύτερες τιμές, η περιοχή αυτή πρέπει να διαιρεθεί σε περισσότερες ζώνες ελέγχου.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός ζωνών ελέγχου σε ένα χώρο, τόσο μεγαλύτερη είναι η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας. Όταν ο αριθμός ζωνών σε ένα χώρο είναι μικρός, μειώνεται η αρχική δαπάνη, λόγω εγκατάστασης περιορισμένου εξοπλισμού για το σύστημα ελέγχου, αλλά αυξάνεται η δαπάνη λειτουργίας. [28]

2.5.1.3. Φωτιστικά σώματα

Σε κτήρια γραφείων τα φωτιστικά σώματα τοποθετούνται συνήθως χωνευτά ή στην επιφάνεια της οροφής και είναι άμεσου φωτισμού, όπου η κατεύθυνση της κύριας δέσμης της φωτεινής ροής είναι προς την επιφάνεια εργασίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα φωτιστικά σώματα τοποθετούνται με ανάρτηση και είναι έμμεσου ή ημι-έμμεσου φωτισμού. Συνεπώς, μέρος του τεχνητού φωτισμού που φωτίζει την οροφή προέρχεται και άμεσα από το ίδιο το φωτιστικό και από τις ανακλάσεις του φωτισμού στους τοίχους, το δάπεδο και τις υπόλοιπες επιφάνειες του χώρου. Στις περισσότερες περιπτώσεις η οροφή και το ανώτερο τμήμα των τοίχων είναι λιγότερο φωτισμένα από την επιφάνεια εργασίας [28].

2.5.1.4. Θέση αισθητήρα φωτισμού

Συνήθως ο αισθητήρας φωτισμού τοποθετείται στην οροφή και προσλαμβάνει ορατή ακτινοβολία και από το επίπεδο εργασίας, αλλά και από άλλες εσωτερικές επιφάνειες του χώρου. Για τον ακριβή έλεγχο της έντασης φωτισμού στο επίπεδο εργασίας, η ιδανική θέση για τον αισθητήρα φωτισμού θα ήταν το επίπεδο εργασίας, καθώς η απόκριση του αισθητήρα ως προς την ένταση φωτισμού στο επίπεδο εργασίας θα είναι ευθέως ανάλογη, αφού βρίσκονται στο ίδιο σημείο. Όμως, το επίπεδο εργασίας δεν είναι πρακτική θέση για την τοποθέτηση του αισθητήρα φωτισμού, διότι στη θέση αυτή ο αισθητήρας σκιάζεται από τις δραστηριότητες με αποτέλεσμα να υπάρχει ενόχληση στην ομαλή λειτουργία του. Συνεπώς, οι αισθητήρες φωτισμού τοποθετούνται κυρίως στην οροφή για να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβάσεις από τις δραστηριότητες που υπάρχουν στο χώρο. Ωστόσο, ο έλεγχος της έντασης φωτισμού του επιπέδου εργασίας με έναν αισθητήρα που βρίσκεται στην οροφή κάνει πιο πολύπλοκη τη λειτουργία του συνολικού συστήματος ελέγχου φωτισμού. Κύρια αιτία είναι οι πολλαπλές μεταβολές της κατανομής του φωτισμού στο χώρο, που προκαλούνται κυρίως από τις αλλαγές των επιπέδων του φυσικού φωτισμού και κατόπιν από τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται μέσα στο χώρο [28].

2.5.2. Αρχιτεκτονικές λύσεις για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού

Για να υλοποιηθεί ο στόχος του φυσικού φωτισμού, δηλαδή η παροχή ικανοποιητικής ποσότητας και ποιότητας και η ομαλή κατανομή του φυσικού φωτός στο κτήριο, πρέπει αφενός να ληφθούν υπόψη οι κλιματικές συνθήκες και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και αφετέρου το κτήριο να σχεδιαστεί με ενδεδειγμένο προσανατολισμό και σχήμα.

Συγκεκριμένα για την Ελλάδα, ο νότιος προσανατολισμός θεωρείται ο πιο ενδεδειγμένος όσον αφορά τη διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτός, ιδιαίτερα τη χειμερινή περίοδο. Η νότια όψη των κτηρίων δέχεται την απευθείας ηλιακή

ακτινοβολία σε μεγαλύτερο ποσοστό, με σταθερότερο ρυθμό και με καλύτερη κατανομή. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητη η κατάλληλη σκίαση, καθώς τη θερινή περίοδο μπορεί να προκληθούν προβλήματα ανισοκατανομής και θάμβωσης, λόγω της υψηλής λαμπρότητας που παρατηρείται στις Μεσογειακές χώρες και της συνεχούς μεταβολής της στάθμης του φωτισμού. [6, 30]

Το σχήμα του κτηρίου πρέπει να είναι μακρόστενο, ώστε το βάθος κάθε χώρου να είναι μικρό. Το μικρό βάθος είναι απαραίτητο για την ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού, καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί η ποσότητα του φυσικού φωτισμού μειώνεται λογαριθμικά όσο αυξάνεται η απόσταση από το εξωτερικό άνοιγμα. Συνεπώς, η μείωση του βάθους των χώρων συμβάλλει στην ομογενοποίηση των επιπέδων φωτισμού ή στην υιοθέτηση αμφίπλευρου φωτισμού. Η μεγιστοποίηση των περιμετρικών ζωνών (δηλαδή των περιοχών που είναι δυνατή η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού) καθορίζεται από την κάτοψη του κτηρίου. Θεωρώντας ένα τυπικό βάθος περιμετρικής ζώνης (4,5m) και κτήριο τετράγωνης κάτοψης (30m×30m), η περιμετρική ζώνη αντιστοιχεί στο 51% της κάτοψης. Τροποποιώντας την κάτοψη σε π.χ. 60m×15m, το ποσοστό της περιμετρικής ζώνης αυξάνεται στο 66%.

Εκτός από αυτούς τους παράγοντες, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το αρχικό στάδιο του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, υπάρχουν αρκετές αρχιτεκτονικές δράσεις που μπορούν να εφαρμοστούν σε υφιστάμενα κτήρια για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Κάποιες από αυτές περιγράφονται παρακάτω:

- Τροποποίηση του μεγέθους των ανοιγμάτων. Η αύξηση της επιφάνειας πρέπει να πραγματοποιηθεί στην περιοχή του τοίχου πάνω από το επίπεδο εργασίας.
- Τροποποίηση ψευδοροφών, ιδίως στην περίπτωση που «εμποδίζουν» το ανώτερο τμήμα των υαλοστασίων.
- Αύξηση ανακλαστικότητας των επιφανειών του χώρου.
- Αποφυγή χρήσης πολύ ψηλών αδιαφανών διαχωριστικών.
- Κατασκευή ραφιών φωτισμού στα ανοίγματα για την εκτροπή του άμεσου φωτός στο εσωτερικό με ταυτόχρονη αποφυγή της θάμβωσης.
- Η χρησιμοποίηση ειδικών υαλοπινάκων, ώστε να επιτυγχάνεται μεγάλη διαπερατότητα στο ορατό τμήμα του φάσματος και ταυτόχρονα μικρός συντελεστής ηλιακών κερδών.
- Η εγκατάσταση εξωτερικών ή εσωτερικών συστημάτων φυσικού φωτισμού (σταθερών ή κινητών), τα οποία επιτυγχάνουν σκίαση αλλά και ανακατευθύνουν τμήμα της φωτεινής ροής βαθύτερα στο χώρο, μέσω ανάκλασης στην οροφή.
- Η εγκατάσταση φωτοσωλήνων για τη μεταφορά του φυσικού φωτισμού σε εσωτερικά σκοτεινά σημεία των κτηρίων, ακόμα και σε χαμηλότερους ορόφους.
- Η χρήση οπτικών ινών κλπ.. [30]

Κεφάλαιο 3^ο

Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού και μελετώνται τα κριτήρια αξιολόγησής του ως προς την οικονομική του βιωσιμότητα. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού του συνολικού κόστους μιας εγκατάστασης φωτισμού, του χρόνου απόσβεσης της αντίστοιχης επένδυσης και τα οφέλη από την επιλογή ενός ενεργειακά αποδοτικότερου συστήματος φωτισμού.

3.1. Εισαγωγή

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 υπόψη του ο σχεδιαστής.

Η οικονομική ανάλυση ενός νέου ή υφιστάμενου συστήματος φωτισμού:

- συγκρίνει εναλλακτικές προτάσεις φωτισμού,
- αξιολογεί διαδικασίες και τεχνικές ελέγχου,
- αξιολογεί στρατηγικές και τεχνολογίες διαχείρισης ενέργειας,
- αξιολογεί τις τεχνικές συντήρησης,
- καθορίζει την επίδραση του συστήματος φωτισμού σε άλλα συστήματα του κτηρίου,
- σχεδιάζει τον προϋπολογισμό. [29]

3.2. 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. [31]

3.2.1. 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:

$$K_{\alpha} = (\text{κόστος εξοπλισμού}) + [(\text{ώρες εγκατάστασης}) \cdot (\text{τιμή εργασίας})] ,$$

όπου το κόστος του εξοπλισμού είναι σε € και η τιμή εργασίας σε €/ώρα.

Το κόστος του εξοπλισμού εξαρτάται από τις επιλογές που κάνει ο σχεδιαστής. Η επιλογή του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα η επιλογή των φωτιστικών, των λαμπτήρων και των στραγγαλιστικών πηνίων, θα λάβει χώρα κατά το σχεδιασμό του συστήματος φωτισμού, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κτηρίου και των χρηστών, και φυσικά θα επηρεάσει την οικονομική ανάλυση. Το κόστος του εξοπλισμού, και κατ' επέκταση το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης, αυξάνεται με την εγκατάσταση διατάξεων ελέγχου. Ωστόσο, αυτά τα συστήματα ελέγχου προσφέρουν μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη, μειώνοντας την ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού.

Το κόστος εγκατάστασης του συστήματος φωτισμού είναι ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το αρχικό κόστος K_{α} . Οι παράγοντες που το επηρεάζουν είναι οι ώρες εγκατάστασης και η αντίστοιχη τιμή εργασίας. Ο χρόνος εγκατάστασης μπορεί να μειωθεί με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού. Ορισμένα φωτιστικά είναι εφοδιασμένα με επιπλέον εξοπλισμό που παρέχουν μεγαλύτερη ευκολία στην εγκατάστασή τους και σε λιγότερο χρόνο. Η τιμή εργασίας για την εγκατάσταση του συστήματος φωτισμού διαφέρει αρκετά από περιοχή σε περιοχή. Σε περιοχές όπου η τιμή είναι υψηλή και οι ώρες που απαιτούνται για την εγκατάσταση είναι πολλές, πρέπει να εφαρμόζονται τεχνικές μείωσης των ωρών εργασίας, όπως αυτή που μόλις αναφέρθηκε.

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. [31]

Επίσης, το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης του εξοπλισμού μπορεί να υπολογιστεί, αθροίζοντας τα μεμονωμένα κόστη αγοράς και εγκατάστασης κάθε στοιχείου του εξοπλισμού.

Ενδεικτικά, αναφέρεται ο τρόπος υπολογισμού του κόστους αγοράς και εγκατάστασης των φωτιστικών και των λαμπτήρων μεμονωμένα. Όμοια, υπολογίζεται και το αντίστοιχο μεμονωμένο κόστος των άλλων στοιχείων του εξοπλισμού.

Το κόστος των φωτιστικών (€) ισούται με

$$K_1 = n \cdot (\text{κόστος του κάθε φωτιστικού}),$$

όπου

n : ο αριθμός των φωτιστικών

Το κόστος του κάθε φωτιστικού είναι σε € και περιλαμβάνει το κόστος αγοράς και τοποθέτησής του.

Το κόστος των λαμπτήρων (€) ισούται με

$$K_2 = n \cdot (\text{αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό}) \cdot (\text{κόστος του κάθε λαμπτήρα}),$$

όπου

n : ο αριθμός των φωτιστικών

Το κόστος του κάθε λαμπτήρα είναι σε € και περιλαμβάνει το κόστος αγοράς και τοποθέτησής του. [32]

3.2.2. 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:

$$K_{en} = P \cdot (\text{τιμή kWh}) \cdot (\text{ώρες λειτουργίας/έτος})$$

όπου

P : η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού σε kW.

Η τιμή της κλοβατώρας (€/kWh) καθορίζεται από τη Δ.Ε.Η., με βάση διάφορους παράγοντες, όπως η τοποθεσία των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η ζήτηση ηλεκτρισμού.

Οι ώρες λειτουργίας ανά έτος προκύπτουν με εκτίμηση κάποιων παραγόντων της χρήσης του κτηρίου. Η χρήση συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης και αυτοματισμών, όπως αισθητήρων παρουσίας/κίνησης και αισθητήρων φωτός μειώνουν τις ώρες λειτουργίας. Η μείωση των ωρών λειτουργίας είναι μία συνηθισμένη μέθοδος μείωσης του ετήσιου κόστους της καταναλισκόμενης ενέργειας. [31]

3.2.3. Κόστος συντήρησης

Το κόστος συντήρησης του συστήματος φωτισμού υφίσταται 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:

$$K_{\sigma} = (\text{κόστος υλικών συντήρησης}) + [(\text{ώρες συντήρησης ανά έτος}) \cdot (\text{τιμή εργασίας})],$$

όπου

το κόστος των υλικών συντήρησης είναι σε €/έτος και η τιμή εργασίας σε € ανά ώρα.

Η αντικατάσταση των λαμπτήρων αποτελεί το πιο σημαντικό μέρος του κόστους συντήρησης. Το κόστος υλικών για αντικατάσταση των λαμπτήρων υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των λαμπτήρων που αντικαθίστανται με την τιμή του κάθε λαμπτήρα. Ο αριθμός των λαμπτήρων, n_1 , που αντικαθίστανται ανά έτος μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

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

όπου

n_{λ} : ο συνολικός αριθμός λαμπτήρων της εγκατάστασης

Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται ο μέσος αριθμός των λαμπτήρων που αντικαθίστανται κάθε χρόνο. Στην πραγματικότητα, ο αριθμός των λαμπτήρων που αντικαθίστανται δεν είναι ίδιος κάθε έτος. Στα πρώτα έτη λειτουργίας της εγκατάστασης αντικαθίστανται πολύ λιγότεροι λαμπτήρες σε σχέση με τα επόμενα έτη. [31]

Επίσης, το κόστος συντήρησης μπορεί να υπολογιστεί, αθροίζοντας τα μεμονωμένα κόστη κάθε επέμβασης συντήρησης.

Ενδεικτικά, αναφέρεται ο τρόπος υπολογισμού του κόστους αντικατάστασης των λαμπτήρων, του κόστους καθαρισμού των φωτιστικών και του κόστους καθαρισμού του χώρου μεμονωμένα. Όμοια, υπολογίζεται και το αντίστοιχο μεμονωμένο κόστος άλλων παρεμβάσεων συντήρησης της εγκατάστασης.

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων (€) ισούται με

$$K_3 = \frac{\text{διάρκεια ζωής του συστήματος} \cdot \text{κόστος αντικατάστασης λαμπτήρων}}{\text{διάστημα αντικατάστασης λαμπτήρων}}$$

όπου

το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων (€) περιλαμβάνει το κόστος των λαμπτήρων και το αντίστοιχο εργατικό κόστος,
το διάστημα αντικατάστασης λαμπτήρων (έτη) είναι η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων (ή μέσος χρόνος ζωής).

Το συνολικό κόστος καθαρισμού των φωτιστικών (€) ισούται με

$$K_4 = \frac{\text{διάρκεια ζωής του συστήματος} \cdot \text{κόστος καθαρισμού φωτιστικών}}{\text{διάστημα καθαρισμού φωτιστικών}}$$

όπου

το κόστος καθαρισμού των φωτιστικών (€) περιλαμβάνει, εκτός από το κόστος καθαρισμού, και το κόστος για την αντικατάσταση ελαττωματικών εξαρτημάτων στο σύστημα φωτισμού, συμπεριλαμβανομένου του κόστους των εξαρτημάτων,
το διάστημα καθαρισμού των φωτιστικών (έτη) είναι το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο καθαρισμούς.

Το συνολικό κόστος καθαρισμού των χώρων (€) ισούται με

$$K_5 = \frac{\text{διάρκεια ζωής του συστήματος} \cdot \text{κόστος καθαρισμού χώρου}}{\text{διάστημα καθαρισμού χώρων}}$$

όπου

το κόστος καθαρισμού των χώρων (€) αφορά τον καθαρισμό όλων των επιφανειών και την επαναφορά των χαρακτηριστικών ανάκλασης στην αρχική τους κατάσταση, το διάστημα καθαρισμού των χώρων (έτη) είναι το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο καθαρισμούς.

Τα αντίστοιχα ετήσια κόστη (€/έτος) μπορούν να υπολογιστούν διαιρώντας τα κόστη με τη διάρκεια ζωής του συστήματος. [32]

3.2.4. Συνολικό κόστος

Το συνολικό κόστος μιας εγκατάστασης φωτισμού προκύπτει με την άθροιση των τριών προαναφερόμενων επιμέρους κοστών. 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. [31]

3.3. 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.

$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{\text{Κόστος επένδυσης(2)} - \text{Κόστος επένδυσης (1)}}{\text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας(1)} - \text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας(2)}} \quad ,$$

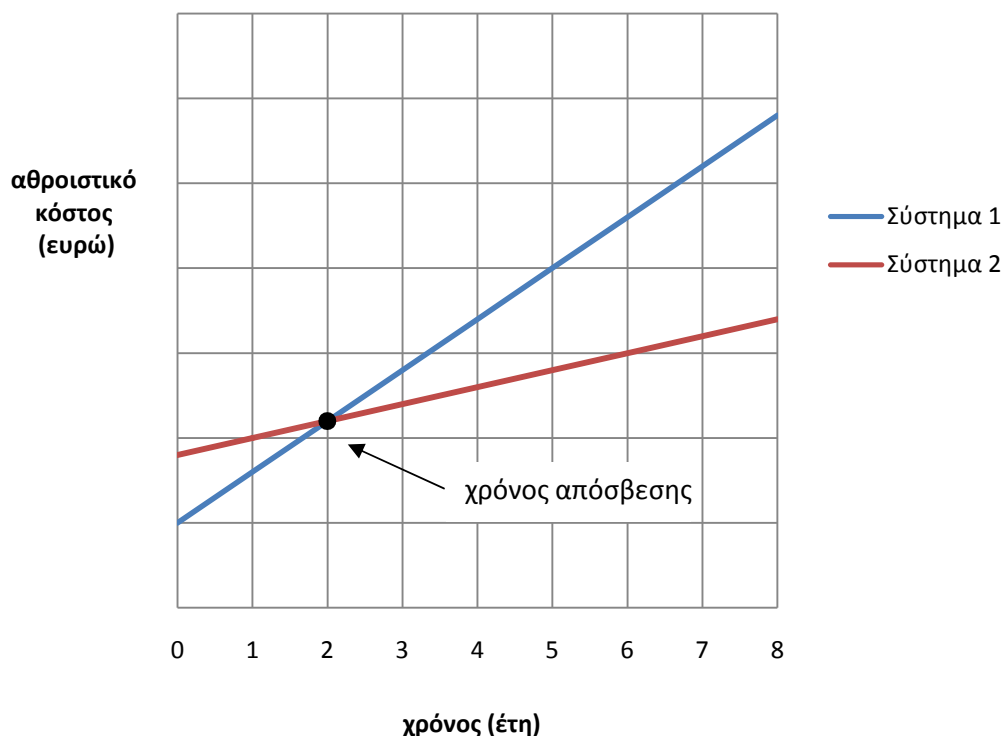
όπου οι δείκτες (1) και (2) αναφέρονται στα δύο προτεινόμενα συστήματα φωτισμού.

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. Τότε, ο χρόνος απόσβεσης θα είναι

$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{\text{Κόστος επένδυσης(2)}}{\text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας(1)} - \text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας(2)}} \quad .$$

Το κόστος της επένδυσης ισούται με το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης, που υπολογίστηκε στην παράγραφο 3.2.1.. Το ετήσιο κόστος λειτουργίας ισούται με το άθροισμα του ετήσιου κόστους της καταναλισκόμενης ενέργειας και του ετήσιου κόστους συντήρησης, που υπολογίστηκαν στις παραγράφους 3.2.2. και 3.2.3. αντίστοιχα. [31, 32, 33]

Ο χρόνος απόσβεσης μπορεί επίσης να προσδιοριστεί και γραφικά.



Σχήμα 3.1. Γραφική αναπαράσταση του 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. [31]

3.4. Μέθοδοι στατικού και δυναμικού υπολογισμού

Η μέθοδος της οικονομικής ανάλυσης που περιγράφηκε βασίζεται στη μέθοδο ενός στατικού υπολογισμού. Πρόκειται για μια θεωρητική προσέγγιση που δίνει γρήγορα και εύκολα μια ικανοποιητική τιμή για έναν αρχικό υπολογισμό. Ωστόσο, με τη μέθοδο αυτή δε λαμβάνεται υπόψη η διαφορετική μελλοντική αξία του χρήματος, σε αντίθεση με μια πιο δυναμική μέθοδο υπολογισμού. Με τη δεύτερη μέθοδο, ο υπολογισμός του κόστους συντήρησης και του κόστους της καταναλισκόμενης ενέργειας περιλαμβάνει την επίδραση του χρόνου και του επιτοκίου στην αξία του χρήματος. Για μεγάλες και σύνθετες μελέτες, συνιστάται η δυναμική μέθοδος, ώστε να αποφευχθούν πιθανά σοβαρά λάθη. [29, 31, 32]

Κεφάλαιο 4^ο

Γενική περιγραφή του κτηρίου Χημικών Μηχανικών και των προβλημάτων του

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η περιγραφή των υπό μελέτη πτερύγων Β και Δ του κτηρίου των Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Δίνονται οι κατόψεις του κάθε επιπέδου και περιγράφονται τα προβλήματα που παρατηρήθηκαν από την καταγραφή των χώρων και του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού κατά τη διάρκεια των επισκέψεων στο κτήριο, στα πλαίσια της ενεργειακής του επιθεώρησης.

4.1. Περιγραφή κτηρίου

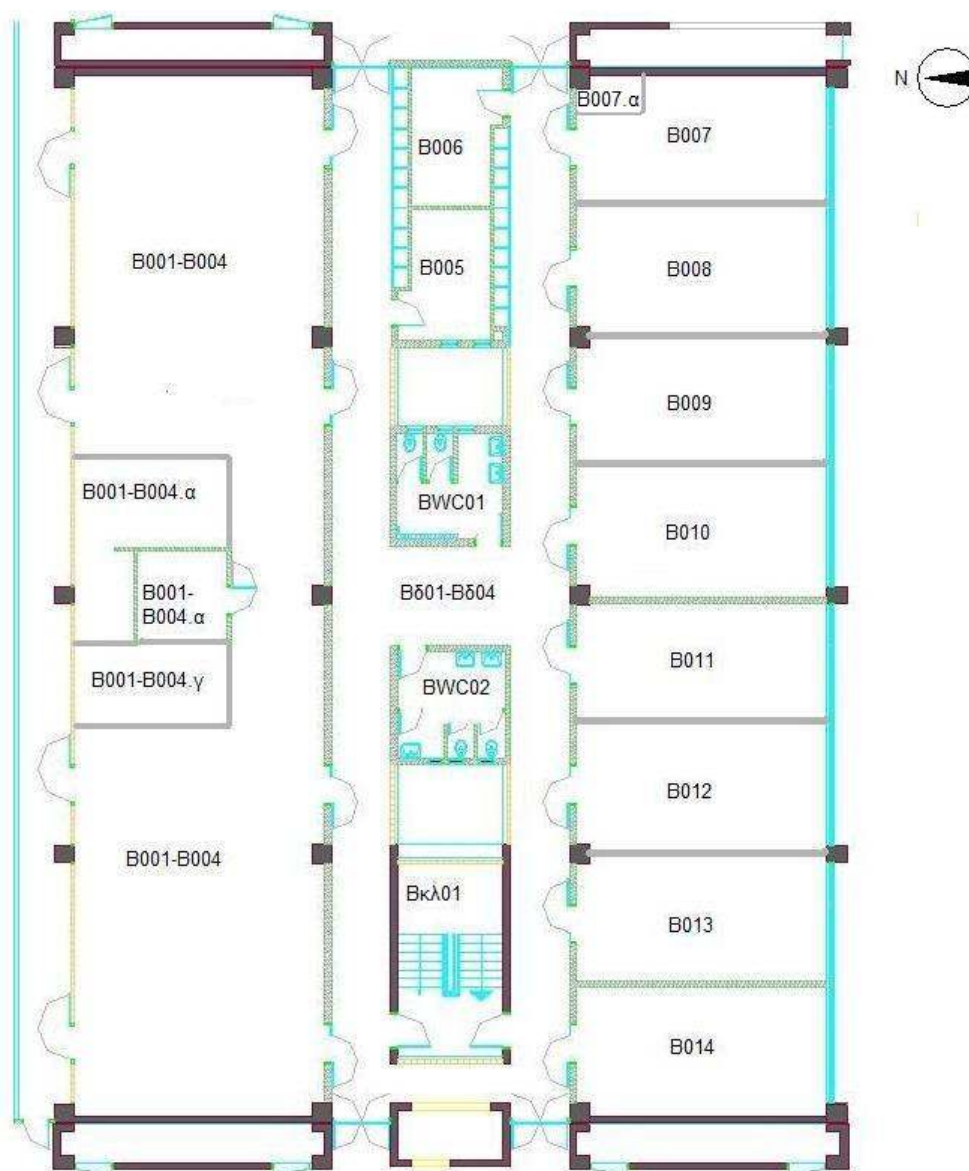
Το κτήριο των Χημικών Μηχανικών βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου και έχει κατασκευαστεί στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Ο κύριος προσανατολισμός του κτηρίου είναι δυτικός και οι ακριβείς του γεωγραφικές συντεταγμένες είναι: γεωγραφικός πλάτος $37^{\circ} 58' 36''$ Βόρεια και γεωγραφικό μήκος $23^{\circ} 47' 05''$ Ανατολικά [Google Earth]. Αρχικά καταλάμβανε χώρο 10.809 m^2 , ενώ σήμερα, ύστερα από παρεμβάσεις και επεκτάσεις που έγιναν στο κτήριο για την καλύτερη εξυπηρέτηση των αναγκών της σχολής, καταλαμβάνει χώρο περίπου 12.500 m^2 και αποτελείται από 6 επίπεδα (μη συμπεριλαμβανομένου του υπογείου) και από 8 πτέρυγες (Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ). Οι υπό μελέτη πτέρυγες Β, Δ έχουν κάλυψη του οριζόντιου επιπέδου περίπου 1.450 m^2 , αποτελούνται από 4 επίπεδα η καθεμία, ενώ το συνολικό εμβαδόν τους (όλων των επιπέδων) είναι περίπου 5.700 m^2 . Η χρήση των χώρων αυτών είναι γραφεία διδακτικού προσωπικού, εργαστήρια και κοινόχρηστοι χώροι. [34, 35]



Σχήμα 4.1 : Δορυφορική άποψη του κτηρίου Χημικών Μηχανικών και προσανατολισμός του [Google Earth]

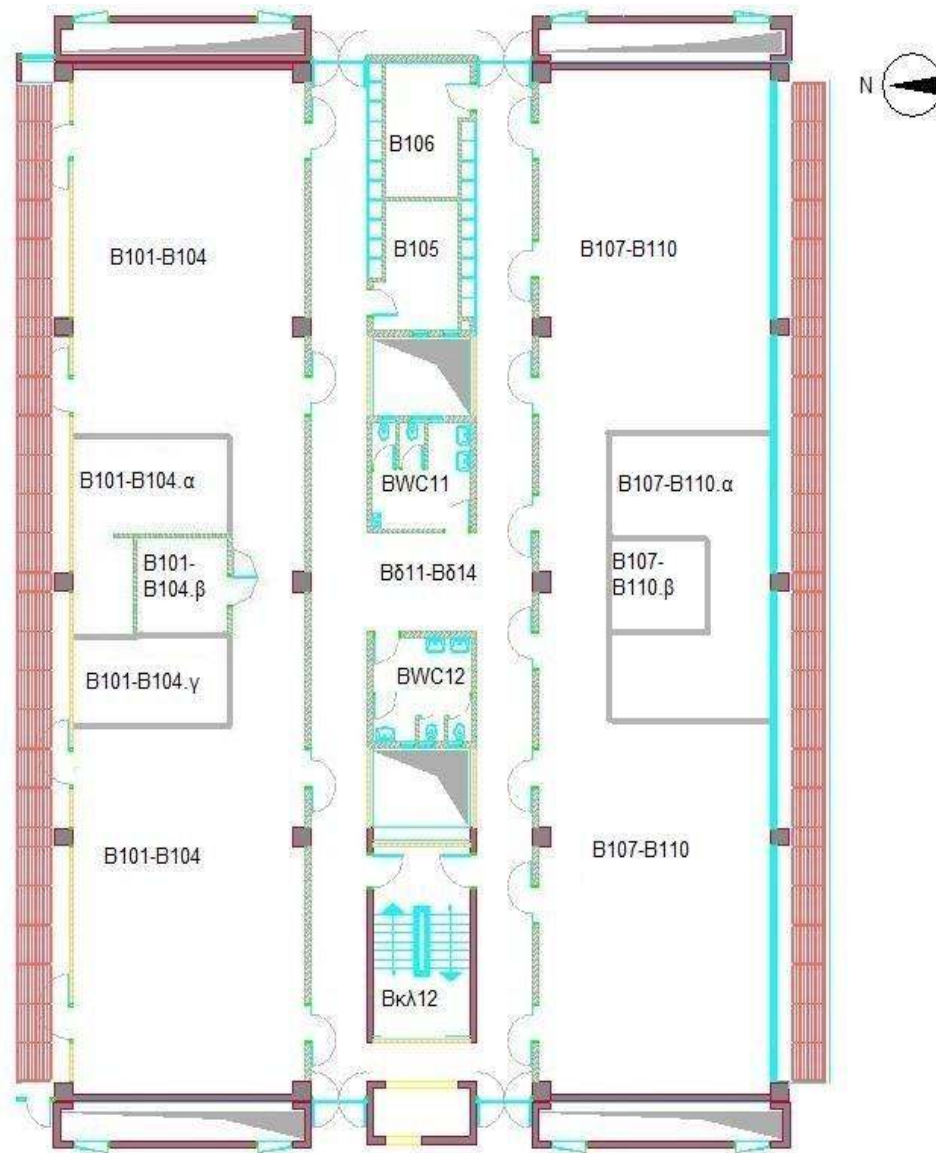
Στα παρακάτω υποκεφάλαια, παρατίθενται αναλυτικά οι κατόψεις όλων των επιπέδων (0, 1, 2, 3, 4) της κάθε πτέρυγας, καθώς και η ονομασία και αρίθμηση που χρησιμοποιήθηκε για κάθε χώρο. Σημειώνεται ότι η ονομασία των χώρων ακολουθεί κατά το δυνατό την υπάρχουσα ονομασία και αρίθμηση του κτηρίου.

4.1.1. Πτέρυγα Β



Σχήμα 4.2 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 0

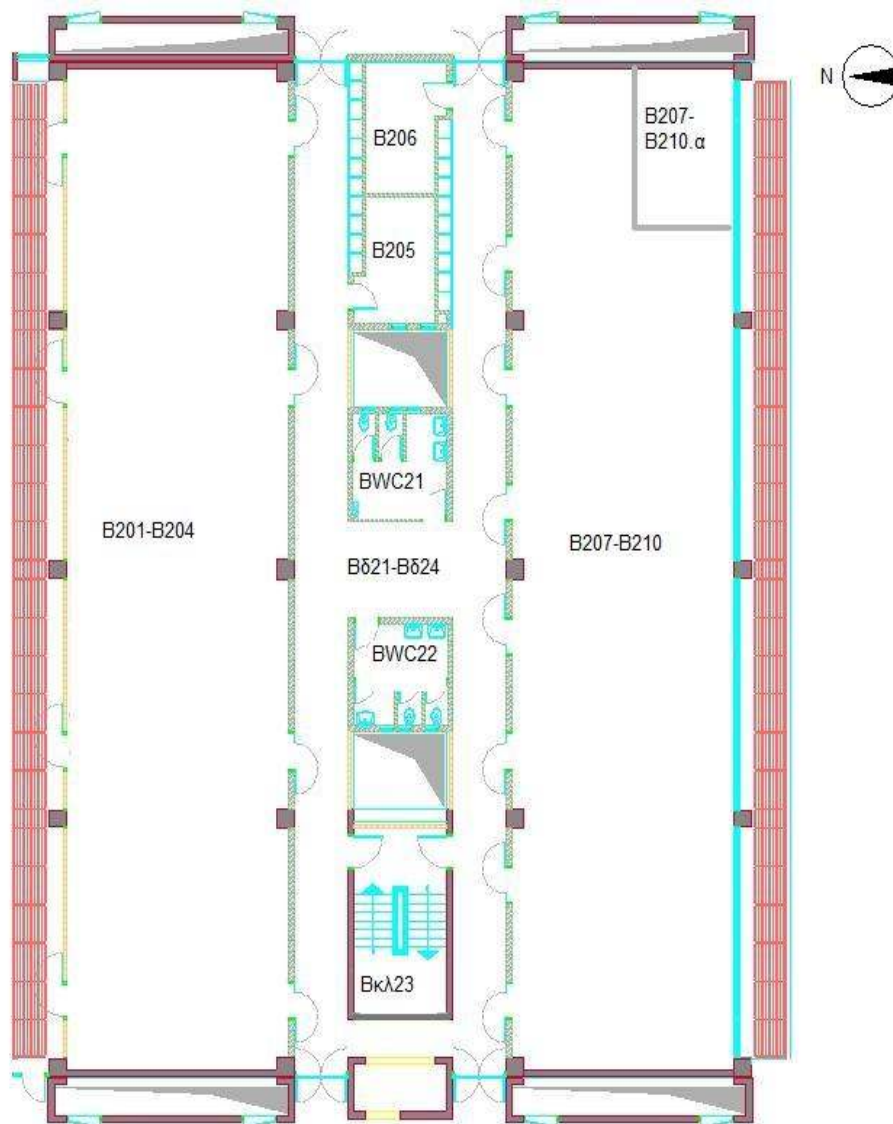
Το επίπεδο 0 της πτέρυγας Β έχει εμβαδόν 682m². Οι χώροι Β001-Β004, Β009, Β011-Β014 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Β005, Β006, Β007, Β007.α, Β008 και Β010 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους(διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Σχήμα 4.3 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 1

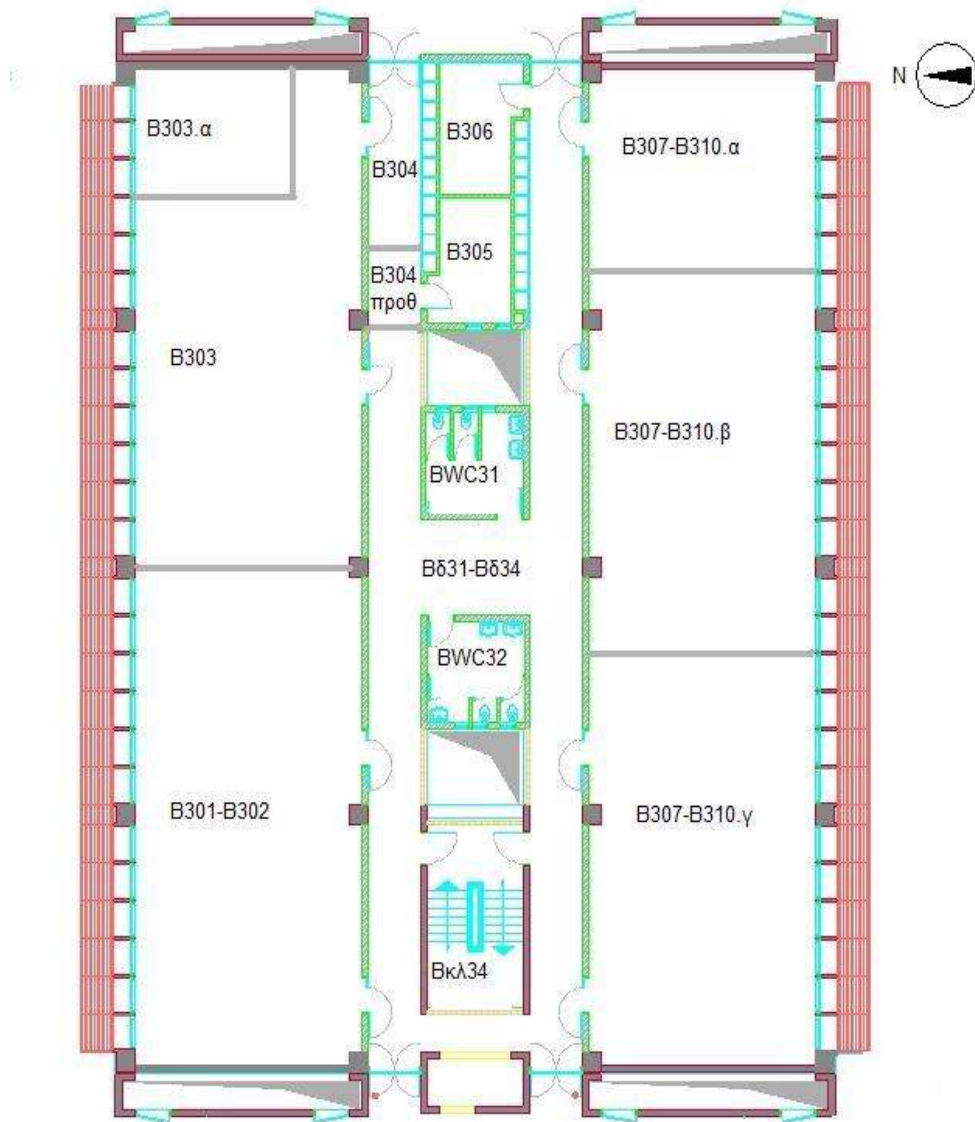
Το επίπεδο 1 της πτέρυγας Β έχει εμβαδόν 682m^2 . Οι χώροι Β101-Β104 και Β107-Β110 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Β105, Β106 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).

Κεφάλαιο 4^ο Γενική περιγραφή του κτηρίου Χημικών Μηχανικών και των προβλημάτων του



Σχήμα 4.4 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 2

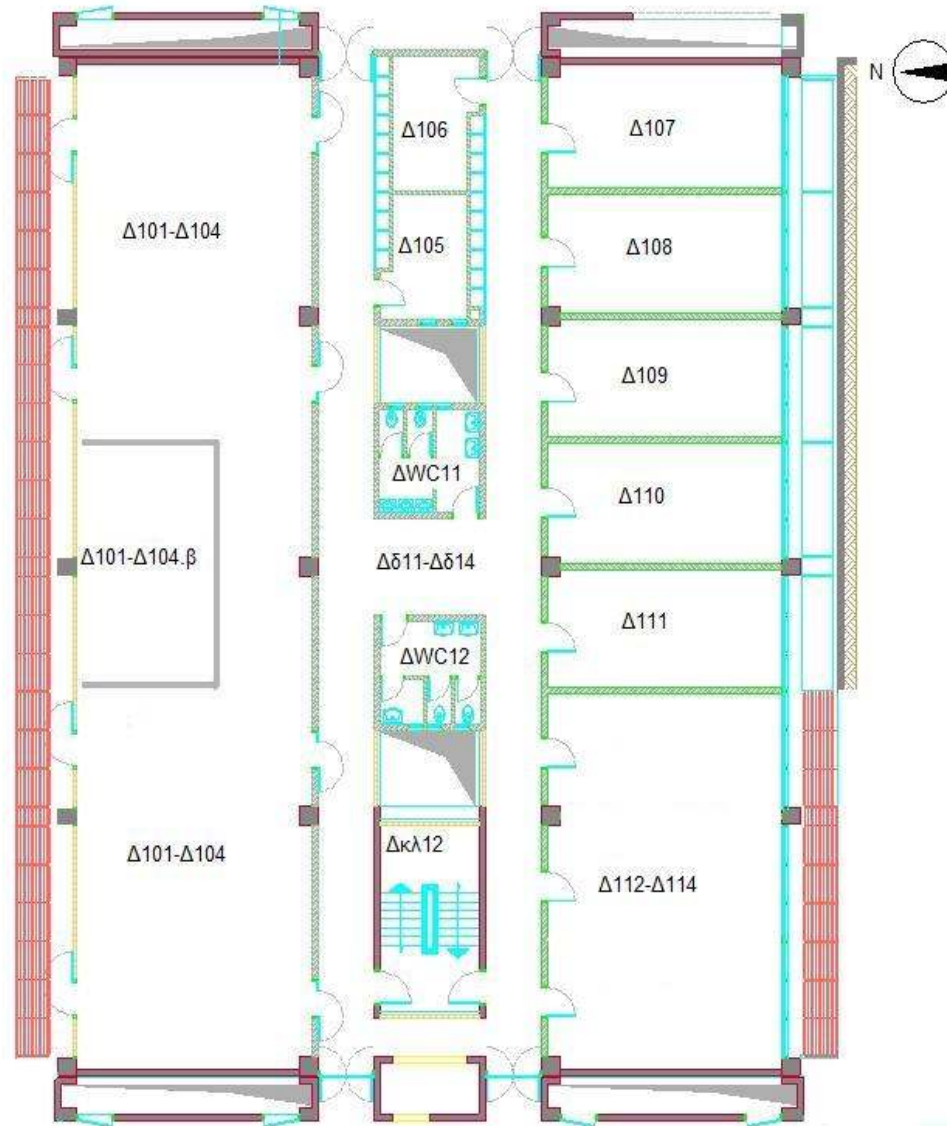
Το επίπεδο 2 της πτέρυγας Β έχει εμβαδόν 682m². Οι χώροι Β201-Β204 και Β207-Β210 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Β205, Β206 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Σχήμα 4.5 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 3

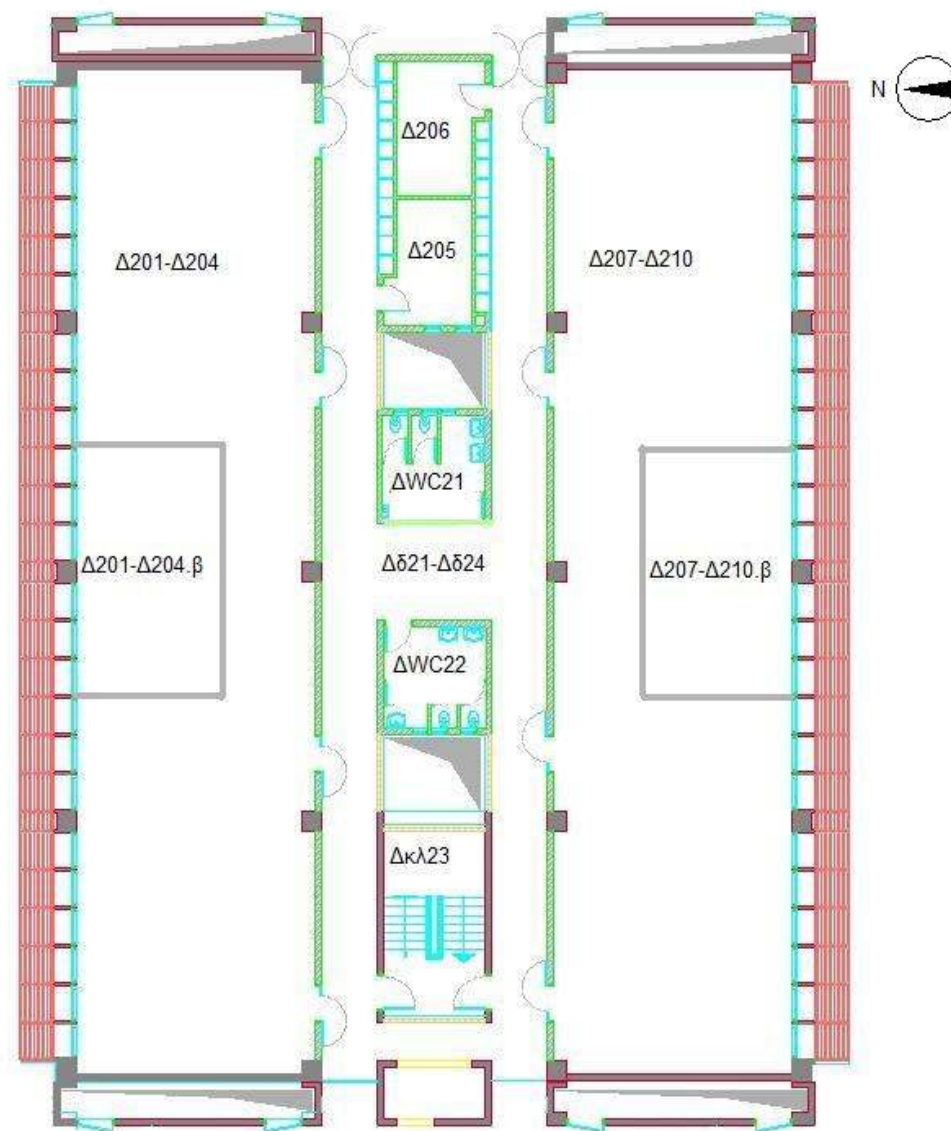
Το επίπεδο 3 της πτέρυγας Β έχει εμβαδόν 682m^2 . Οι χώροι Β301-Β304 και Β307-Β310 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Β305, Β306 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).

4.1.2 Πτέρυγα Δ



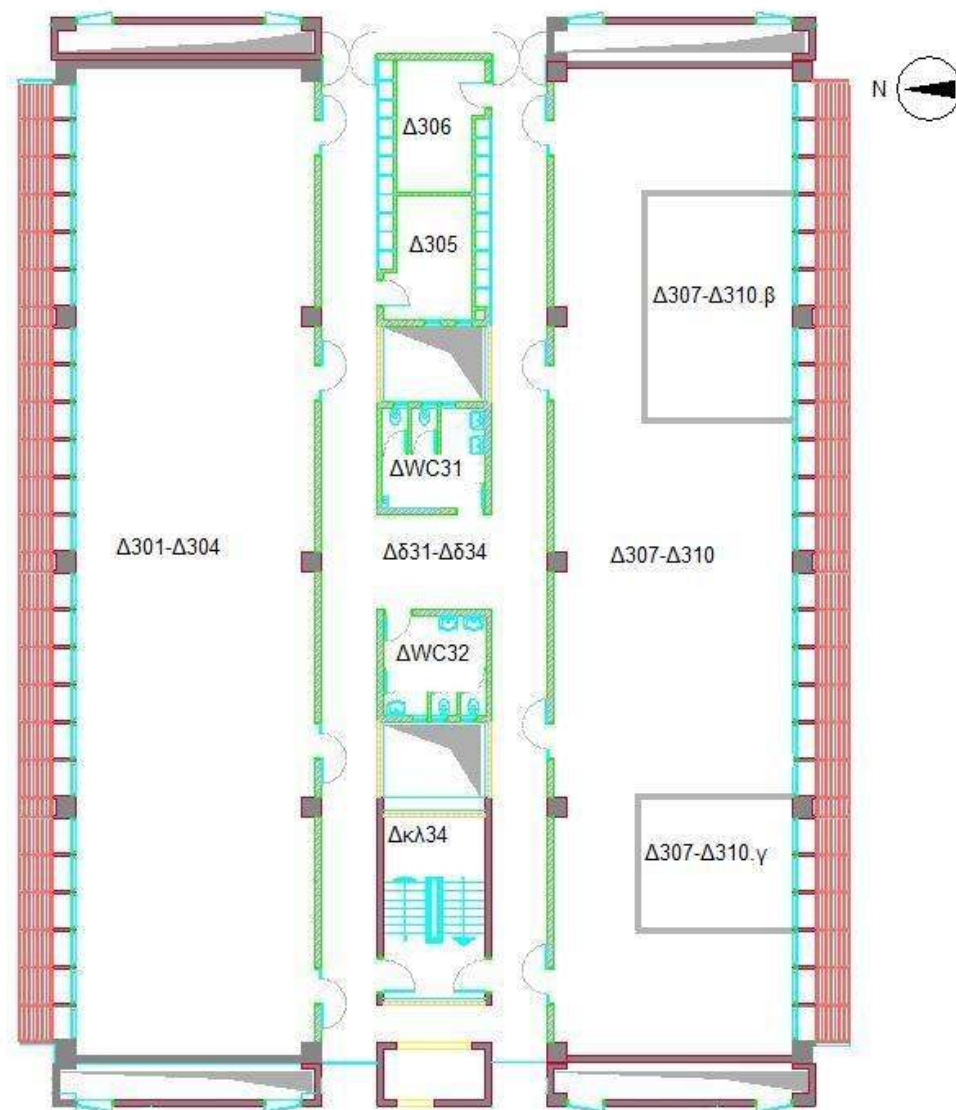
Σχήμα 4.6 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 1

Το επίπεδο 1 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 682m². Οι χώροι Δ101-Δ104, Δ108-Δ110 και Δ112-Δ114 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ105, Δ106, Δ107 και Δ111 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



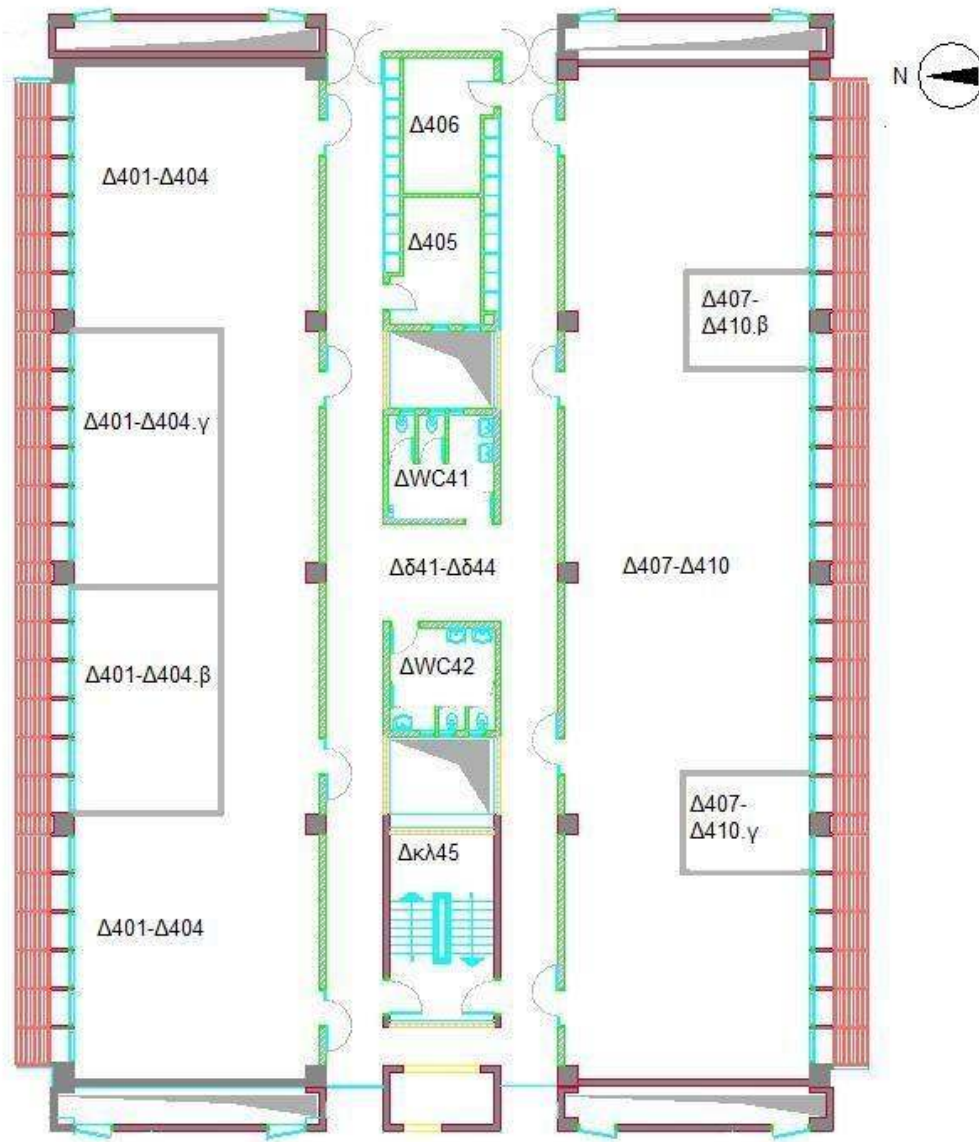
Σχήμα 4.7 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 2

Το επίπεδο 2 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 682m². Οι χώροι Δ201-Δ204 και Δ207-Δ210 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ205, Δ206 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Σχήμα 4.8 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 3

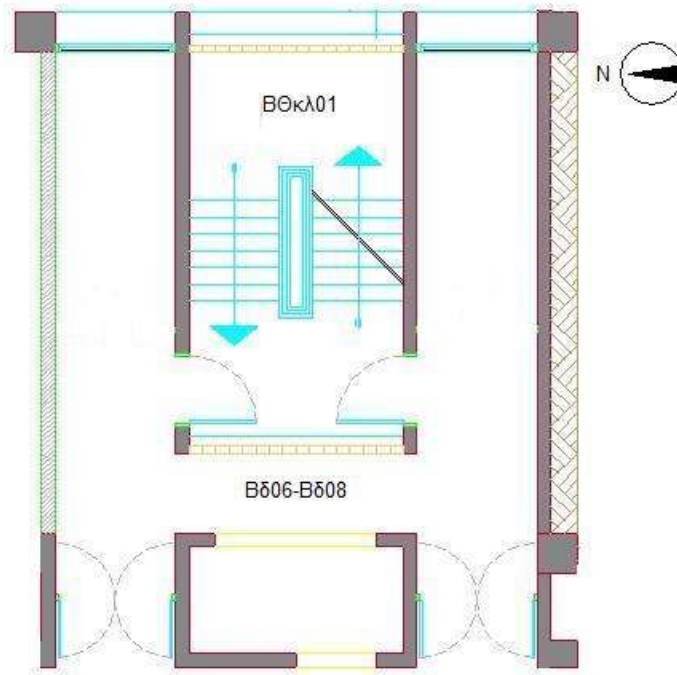
Το επίπεδο 3 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 682m². Οι χώροι Δ301-Δ304 και Δ307-Δ310 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ305, Δ306 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Σχήμα 4.9 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 4

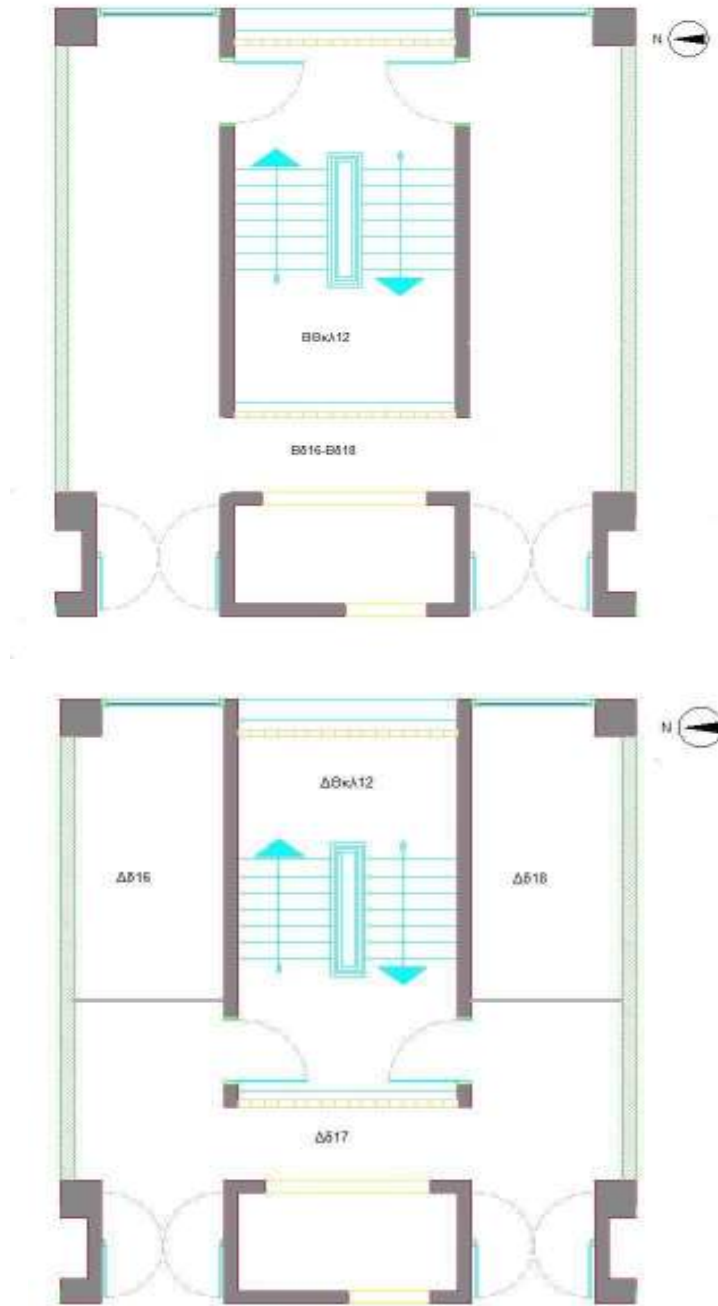
Το επίπεδο 4 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 682m^2 . Οι χώροι Δ401-Δ404 και Δ407-Δ410 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ405, Δ406 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).

4.1.3. Πτέρυγα Β,Δ-Θ



Σχήμα 4.10 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 0

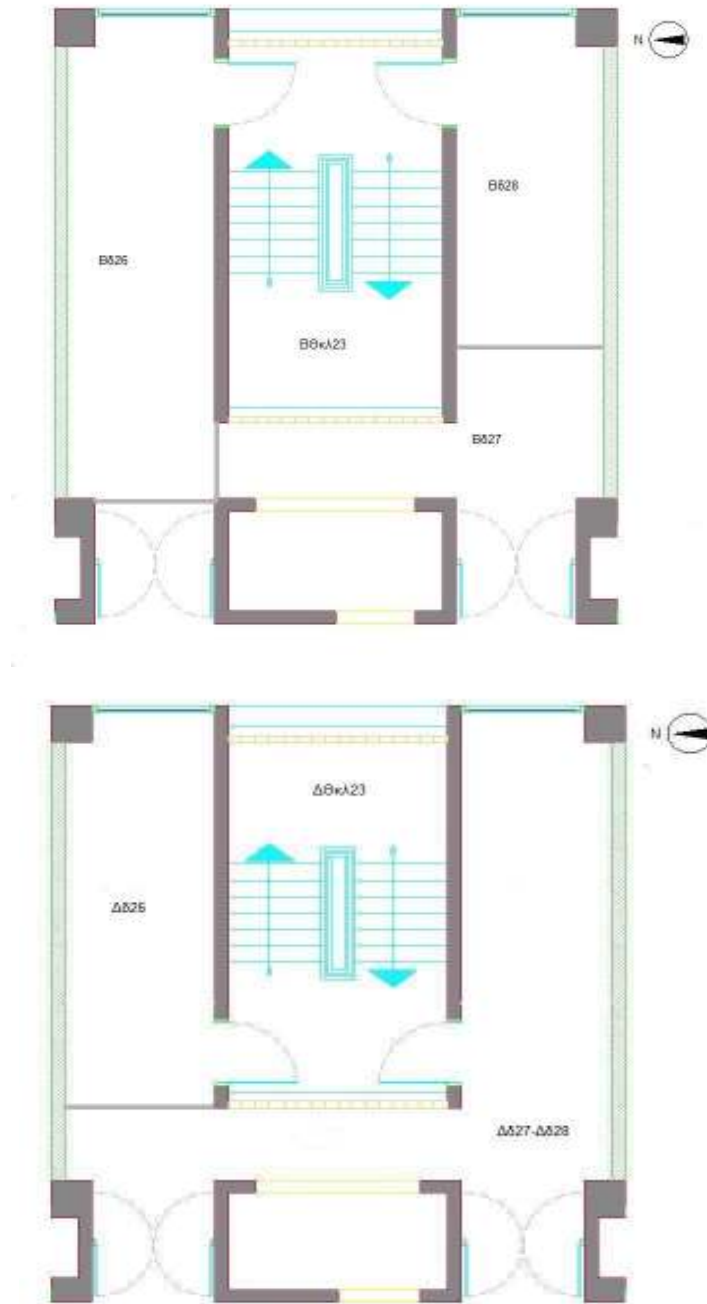
Οι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια).



Σχήμα 4.11 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 1

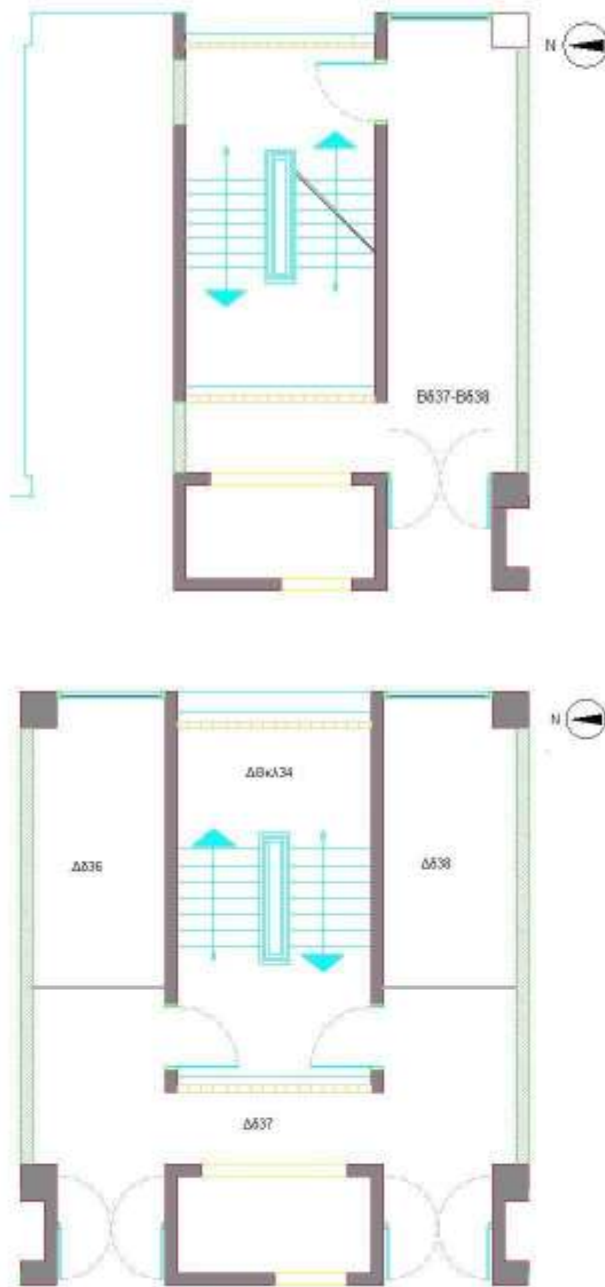
Οι χώροι Δδ16 και Δδ18 χρησιμοποιούνται ως γραφεία ή εργαστήρια, ενώ οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια).

Κεφάλαιο 4^ο Γενική περιγραφή του κτηρίου Χημικών Μηχανικών και των προβλημάτων του



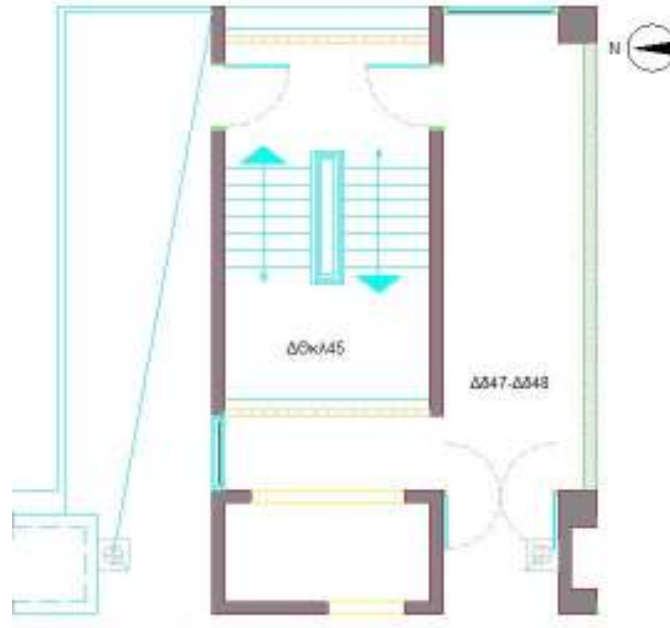
Σχήμα 4.12 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 2

Οι χώροι Βδ26, Βδ28 και Δδ26 χρησιμοποιούνται ως γραφεία ή εργαστήρια, ενώ οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια).



Σχήμα 4.13 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 3

Οι χώροι Δδ36 και Δδ38 χρησιμοποιούνται ως γραφεία ή εργαστήρια, ενώ οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια).



Σχήμα 4.14 : Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 4

Οι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια).

4.2. Περιγραφή των κύριων προβλημάτων του κτηρίου

Κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο 2011, πραγματοποιήθηκαν καθημερινές επισκέψεις στο κτήριο για την επιθεώρηση των χώρων. Πραγματοποιήθηκε καταγραφή των χώρων του και των όποιων αλλαγών είχαν γίνει σε αυτό σε σχέση με τις αρχικές κατόψεις του, καθώς επίσης και καταγραφή του υπάρχοντος συστήματος φωτισμού. Κατά τη διάρκεια των επισκέψεων αυτών παρατηρήθηκαν τα εξής προβλήματα:

- Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται είναι παλιάς τεχνολογίας. Το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων είναι γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού με λαμπτήρες τύπου T8 με ηλεκτρομαγνητικό ballast, ενώ βρέθηκαν και λαμπτήρες τύπου T12, οι οποίοι θεωρούνται ξεπερασμένοι και δεν παράγονται πια. Επίσης, υπήρχαν και αρκετά φωτιστικά οροφής με λαμπτήρες πυράκτωσης ισχύος 60 W.
- Τα περισσότερα φωτιστικά δε διέθεταν παραβολικές περσίδες, αλλά διαχυτικό κάλυμμα, που μειώνει μεν τη θάμβωση αλλά ταυτόχρονα και τη φωτεινή ροή τους έως και 40% περίπου. Παρατηρήθηκε ότι σε πολλούς χώρους έχουν αφαιρεθεί τα διαχυτικά καλύμματα με σκοπό την αύξηση της φωτεινής ροής των λαμπτήρων, όπως ανέφεραν οι χρήστες των χώρων.



Σχήμα 4.15 : Φωτιστικά σώματα στα οποία έχει αφαιρεθεί το διαχυτικό κάλυμμα είτε από τους χρήστες, είτε λόγω καταστροφής του

- Στο κτήριο παρατηρήθηκε το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης του συστήματος φωτισμού. Σε αρκετούς χώρους υπήρχε υπερβολικός αριθμός φωτιστικών σωμάτων με αποτέλεσμα οι χρήστες να μην τοποθετούν λαμπτήρες σε όλα τα φωτιστικά. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε στα μεγάλα εργαστήρια και τους διαδρόμους. Αυτή η τεχνική, όμως, εφαρμόζεται χωρίς μελέτη με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στο πρόγραμμα συντήρησης, καθώς η συντήρηση δε γίνεται οργανωμένα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα ασφάλειας.



Σχήμα 4.16 : Φωτιστικό σώμα χωρίς λαμπτήρα

- Ορισμένα φωτιστικά σώματα και λαμπτήρες ήταν κατεστραμμένοι, ενώ αρκετοί λαμπτήρες δε λειτουργούσαν λόγω γήρανσης. Στην τελευταία περίπτωση, δεδομένου ότι όλα τα φωτιστικά διέθεταν ηλεκτρομαγνητικό ballast, το ballast διαρρέοταν από ηλεκτρικό ρεύμα, άρα υπήρχε κατανάλωση ενέργειας παρόλο που οι λαμπτήρες δε λειτουργούσαν. Αντίθετα, το ηλεκτρονικό ballast θα διέκοπτε τη λειτουργία του και δε θα υπήρχε κατανάλωση ενέργειας.



Σχήμα 4.17 : Κατεστραμμένο φωτιστικό σώμα



Σχήμα 4.18 : Φωτιστικό σώμα με ηλεκτρομαγνητικό ballast που καταναλώνει ενέργεια, παρόλο που οι λαμπτήρες δε λειτουργούν



Σχήμα 4.19 : Φωτιστικό σώμα οροφής με βαμμένο λαμπτήρα

- Σε χώρους όπου έχουν γίνει μετατροπές, π.χ. προσθήκες νέων χώρων, ο αριθμός και η διάταξη των φωτιστικών έχει παραμείνει η ίδια με αποτέλεσμα να μην ικανοποιούνται οι νέες ανάγκες των χρηστών.

- Κάποια φωτιστικά δεν ήταν τοποθετημένα σωστά με αποτέλεσμα ο χώρος να μη φωτίζεται κατάλληλα, π.χ. φωτιστικά πάνω από μεγάλου ύψους όγκους.



Σχήμα 4.20 : Φωτιστικά σώματα πάνω από μεγάλου ύψους αντικείμενα

- Σε μεγάλους χώρους, με εμβαδό έως και 230m^2 και με μεγάλο αριθμό φωτιστικών, ο χειρισμός όλων των φωτιστικών γίνεται με ένα διακόπτη, με αποτέλεσμα να υπάρχει άσκοπη ενεργειακή κατανάλωση για χώρους οι οποίοι δεν χρησιμοποιούνται τη στιγμή εκείνη. Ο Κ.Εν.Α.Κ. ορίζει ότι για κάθε χώρο με επιφάνεια μεγαλύτερη των 15m^2 , ο τεχνητός φωτισμός πρέπει να ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες.
- Ένα σημαντικό πρόβλημα που έχει προκύψει από την αρχιτεκτονική μελέτη του κτηρίου είναι ότι οι χώροι που κατασκευάστηκαν για να λειτουργήσουν ως εργαστήρια και ως αίθουσες έχουν μεγάλο δυναμικό αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού. Όμως, αυτό καθιστά δύσκολο κάποιες συγκεκριμένες εργασίες που πρέπει να γίνουν στους χώρους αυτούς, όπως οι παρουσιάσεις στις αίθουσες κατά τη διάρκεια του μαθήματος και η διεξαγωγή πειραμάτων που απαιτούν συνθήκες χαμηλού φωτισμού στα εργαστήρια. Αντίθετα, σε αρκετά γραφεία δεν υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός, ο οποίος είναι επιθυμητός, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται τεχνητός φωτισμός καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και να μην υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.

Κεφάλαιο 5^ο

Καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

5.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η αναλυτική καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού για τις πτέρυγες Β και Δ του κτηρίου Χημικών Μηχανικών και υπολογίζεται η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος. Κατά τις επισκέψεις στο κτήριο, καταγράφηκε το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων του χώρου, ο τύπος και η ισχύς των λαμπτήρων. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα επίπεδα της έντασης φωτισμού του κάθε χώρου, όπως αυτά καταγράφηκαν από μετρήσεις με ειδικό όργανο μέτρησης επιπέδων φωτισμού.

Το σύστημα φωτισμού αποτελείται κατά κύριο λόγο από γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού:

- α) 2x36W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με διαχυτικό κάλυμμα,
- β) 1x58W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με διαχυτικό κάλυμμα,
- γ) 4x18W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με ανακλαστική περσίδα,
- δ) 2x18W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με διαχυτικό κάλυμμα,
- ε) 3x36W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με ανακλαστική περσίδα,
- στ) 1x18W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με διαχυτικό κάλυμμα.

Επίσης, υπάρχουν λίγα γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού:

- ζ) 2x36W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με ανακλαστική περσίδα,
- η) 4x18W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με διαχυτικό κάλυμμα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι βρέθηκε 1 γραμμικό φωτιστικό σώμα φθορισμού 3x40W με λαμπτήρες τύπου T12, οι οποίοι θεωρούνται ξεπερασμένοι και δεν παράγονται πια.

Τέλος, υπήρχαν και φωτιστικά οροφής με λαμπτήρες πυράκτωσης ισχύος 40W και 60W, κυρίως σε WC και διαδρόμους.

Κεφάλαιο 5^ο Καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Για τον υπολογισμό της συνολικής ισχύος του συστήματος φωτισμού, η ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού προσαυξάνεται κατά 25%, ώστε να συνυπολογισθούν οι απώλειες των μαγνητικών ballast.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται για κάθε χώρο ο αριθμός των φωτιστικών και των λαμπτήρων ανά φωτιστικό, η ισχύς και ο τύπος του κάθε λαμπτήρα καθώς και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του χώρου.

5.2. Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

5.2.1. Πτέρυγα Β

Πίνακας 5.1 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β - Επίπεδο 0)

Επίπεδο 0					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B001-B004	64	2	36	Φθορισμού T8	5.760
B001-B004.α	4	4	18	Φθορισμού T8	360
B001-B004.β	4	3	36	Φθορισμού T8	540
B001-B004.γ	4	4	18	Φθορισμού T8	360
B005	1	2	36	Φθορισμού T8	90
B006	1	2	36	Φθορισμού T8	90
B007	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B007.α	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
B008	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B009	8	4	18	Φθορισμού T8	720
B010	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B011	6	4	18	Φθορισμού T8	540
B012	6	4	18	Φθορισμού T8	540
B013	6	4	18	Φθορισμού T8	540
B014	6	4	18	Φθορισμού T8	540
Bδ01-Bδ04	35	1	58	Φθορισμού T8	2.537,5
BWC01	4	1	60	Πυρακτώσεως E27	262,5
	1	1	18	Φθορισμού T8	
BWC02	4	1	60	Πυρακτώσεως E27	262,5
	1	1	18	Φθορισμού T8	
Bκλ01	3	2	18	Φθορισμού T8	135
ΣΥΝΟΛΟ					13.877,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 0 της Πτέρυγας Β είναι 663,07 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 20,9 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

Πίνακας 5.2 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β - Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B101-B104	64	2	36	Φθορισμού Τ8	5.760
B101-B104.α	4	4	18	Φθορισμού Τ8	360
B101-B104.β	3	3	36	Φθορισμού Τ8	555
	1	3	40	Φθορισμού Τ12	
B101-B104.γ	4	4	18	Φθορισμού Τ8	360
B105	1	2	36	Φθορισμού Τ8	90
B106	1	2	36	Φθορισμού Τ8	90
B107-B110	64	2	36	Φθορισμού Τ8	5.760
B107-B110.α	8	2	36	Φθορισμού Τ8	720
B107-B110.β	4	3	36	Φθορισμού Τ8	540
Bδ11-Bδ14	35	1	58	Φθορισμού Τ8	2.537,5
BWC11	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
BWC12	4	1	60	Πυρακτώσεως E27	280
	1	1	40	Πυρακτώσεως E27	
Bκλ12	3	2	18	Φθορισμού Τ8, κ	135
ΣΥΝΟΛΟ					17.487,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Β είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 26,2 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

Πίνακας 5.3 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β - Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B201-B204	75	2	36	Φθορισμού Τ8	6.750
B205	1	2	36	Φθορισμού Τ8	90
B206	1	2	36	Φθορισμού Τ8	90
B207-B210	74	2	36	Φθορισμού Τ8	6.660
B207-B210.α	4	4	18	Φθορισμού Τ8	360
Bδ21-Bδ24	35	1	58	Φθορισμού Τ8	2.537,5
BWC21	5	1	40	Πυρακτώσεως E27	200
BWC22	5	1	40	Πυρακτώσεως E27	200
Bκλ23	3	2	18	Φθορισμού Τ8	135
ΣΥΝΟΛΟ					17.022,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 2 της Πτέρυγας Β είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 25,5 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

Πίνακας 5.4 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β - Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B301-B302	35	2	36	Φθορισμού T8	3.150
B303	35	2	36	Φθορισμού T8	3.150
B303.α	8	2	36	Φθορισμού T8	720
B304-προθ.	1	1	58	Φθορισμού T8	72,5
B304	3	1	58	Φθορισμού T8	217,5
B305	1	2	36	Φθορισμού T8	90
B306	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B307-B310.α	15	2	36	Φθορισμού T8	1.350
B307-B110.β	33	2	36	Φθορισμού T8	2.970
B307-B310.γ	31	2	36	Φθορισμού T8	2.790
Bδ31-Bδ34	31	1	58	Φθορισμού T8	2.247,5
BWC31	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
BWC32	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
Bκλ34	2	2	18	Φθορισμού T8	210
	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	
ΣΥΝΟΛΟ					17.747,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 3 της Πτέρυγας Β είναι 664,63 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 26,7 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Β είναι συνολικά 66.135 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 2.660,7 m², άρα η κατανομή ισχύος είναι 24,9 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

5.2.2. Πτέρυγα Δ

Πίνακας 5.5 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ - Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ101-Δ104	64	2	36	Φθορισμού T8	5.760
Δ101-104.β	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
Δ105	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Δ106	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Δ107	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Δ108	8	2	36	Φθορισμού T8	720
Δ109	6	4	18	Φθορισμού T8	540
Δ110	6	4	18	Φθορισμού T8	540
Δ111	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Δ112-Δ114	18	4	18	Φθορισμού T8	1.620
ΔWC11	3	1	18	Φθορισμού T8	107,5
	1	1	40	Πυρακτώσεως E27	
ΔWC12	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
Δδ11-Δδ14	35	1	58	Φθορισμού T8	2.537,5
Δκλ12	1	1	18	Φθορισμού T8	112,5
	2	2	18	Φθορισμού T8	
ΣΥΝΟΛΟ					13.857,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Δ είναι 659,9 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 21 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

Πίνακας 5.6 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ - Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ201-Δ204	64	2	36	Φθορισμού T8	5.760
Δ201-Δ204.β	8	4	18	Φθορισμού T8	720
Δ205	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Δ206	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Δ207-Δ210	64	2	36	Φθορισμού T8	5.760
Δ207-Δ210.β	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
ΔWC21	4	1	40	Πυρακτώσεως E27	160
ΔWC22	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
Δδ21-Δδ14	35	1	58	Φθορισμού T8	2.537,5
Δκλ23	3	2	18	Φθορισμού T8	135
ΣΥΝΟΛΟ					16.632,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 2 της Πτέρυγας Δ είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 25 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

Πίνακας 5.7 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ - Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ301-Δ304	80	2	36	Φθορισμού T8	7.200
Δ305	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Δ306	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Δ307-Δ310	56	2	36	Φθορισμού T8	5.040
Δ307-Δ310.β	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
Δ307-Δ310.γ	6	2	36	Φθορισμού T8	540
ΔWC31	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
ΔWC32	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
Δδ31-Δδ34	35	1	58	Φθορισμού T8	2.537,5
Δκλ34	3	2	18	Φθορισμού T8	135
ΣΥΝΟΛΟ					17.312,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 3 της Πτέρυγας Δ είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 26 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

Πίνακας 5.8 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ - Επίπεδο 4)

Επίπεδο 4					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ401-Δ404	64	2	36	Φθορισμού T8,κ	5.760
Δ401-Δ404.β	6	2	36	Φθορισμού T8,κ	540
Δ401-Δ404.γ	6	2	36	Φθορισμού T8,κ	540
Δ405	1	2	36	Φθορισμού T8,κ	90
Δ406	1	2	36	Φθορισμού T8,κ	90
Δ407-Δ410	64	2	36	Φθορισμού T8,κ	5.760
Δ407-Δ410.β	6	2	36	Φθορισμού T8,κ	540
Δ407-Δ410.γ	6	2	36	Φθορισμού T8,κ	540
ΔWC41	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
ΔWC42	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
Δδ41-Δδ44	35	1	58	Φθορισμού T8,σ	2.537,5
Δκλ45	2	2	18	Φθορισμού T8,κ	210
	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	
ΣΥΝΟΛΟ					17.207,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 4 της Πτέρυγας Δ είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 25,8 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Δ είναι συνολικά 65.010 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 2.659,36 m², άρα η κατανομή ισχύος είναι 24,5 W/m², τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

5.2.3. Πτέρυγα Β,Δ-Θ

Πίνακας 5.9 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β,Δ-Θ - Επίπεδο 0)

Επίπεδο 0					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
ΒΘκλ01	3	2	18	Φθορισμού Τ8	135
Βδ06-Βδ08	4	4	18	Φθορισμού Τ8	570
	1	2	36	Φθορισμού Τ8	
	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	
ΣΥΝΟΛΟ					705

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 0 της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι 60 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 11,8 W/m².

Πίνακας 5.10 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β,Δ-Θ - Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
ΒΘκλ12	3	2	18	Φθορισμού Τ8, κ	135
Βδ16-Βδ18	2	4	18	Φθορισμού Τ8, α	420
	4	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	
Δδ16	2	4	18	Φθορισμού Τ8	180
Δδ17	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	120
Δδ18	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	120
ΔΘκλ12	3	2	18	Φθορισμού Τ8	135
ΣΥΝΟΛΟ					1.110

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι 114,3 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,7 W/m².

Πίνακας 5.11 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β,Δ-Θ - Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
ΒΘκλ23	2	2	18	Φθορισμού Τ8	150
	1	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	
Βδ26	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	120
Βδ27	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	120
Βδ28	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	120
Δδ26	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	120
Δδ27-Δδ28	4	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	240
ΔΘκλ23	3	2	18	Φθορισμού Τ8	135
ΣΥΝΟΛΟ					1.005

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 2 της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι 109,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,2 W/m².

Πίνακας 5.12 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β,Δ-Θ - Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B637-B638	3	1	60	Πυρακτώσεως E27	180
Δ636	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
Δ637	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
Δ638	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
ΔΘκλ34	2	2	18	Φθορισμού T8	150
	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	
ΣΥΝΟΛΟ					690

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 3 της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι 77,3 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 8,9 W/m².

Πίνακας 5.13 : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β,Δ-Θ - Επίπεδο 4)

Επίπεδο 4					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ647-Δ648	4	1	60	Πυρακτώσεως E27	240
ΣΥΝΟΛΟ					240

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 4 της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι 22,9 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 10,5 W/m².

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι συνολικά 3.750 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 383,9 m², άρα η κατανομή ισχύος είναι 9,8 W/m², τιμή μικρότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m².

5.3. Ένταση φωτισμού του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Οι τιμές της έντασης φωτισμού στους χώρους του κτηρίου καταγράφηκαν χρησιμοποιώντας κατάλληλο όργανο μέτρησης της έντασης φωτισμού. Η ένταση φωτισμού καταγράφηκε στο επίπεδο της επιφάνειας εργασίας (0,8m).

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις ήταν:
EXTECH INSTRUMENTS, 401036, Datalogging Light Meter.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων, ενδεικτικά για κάποιους χώρους των Πτερυγών Β και Δ.

5.3.1. Πτέρυγα Β

Πίνακας 5.14: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Β– Επίπεδο 0)

Επίπεδο 0		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
B001-B004	220	εργαστήριο
B001-B004.α	230	γραφείο
B001-B004.γ	268	γραφείο
B005	100	αποθήκη
B006	100	αποθήκη
B011	98	γραφείο
B012	98	γραφείο
B013	98	γραφείο
Bδ01-Bδ04	137	διάδρομος
BWC01	75	WC
BWC02	75	WC
Βκλ01	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.15: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Β– Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
B101-B104	150	εργαστήριο
B101-B104.α	230	γραφείο
B101-B104.γ	270	γραφείο
B105	100	αποθήκη
B106	100	αποθήκη
B107-B110	180	εργαστήριο
B107-B110.α	250	γραφείο
Bδ11-Bδ14	137	διάδρομος
BWC11	70	WC
BWC12	63	WC
Βκλ12	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.16: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Β– Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
B201-B204	149	εργαστήριο
B205	100	αποθήκη
B206	100	αποθήκη
B207-B210	288	εργαστήριο
B207-B210.α	739	γραφείο
Bδ21-Bδ24	137	διάδρομος
BWC21	60	WC
BWC22	60	WC
Bκλ23	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.17: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Β– Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
B301-B302	300	εργαστήριο
B303	157	εργαστήριο
B303.α	94	γραφείο
B305	100	αποθήκη
B306	100	αποθήκη
B307-B310.α	72	εργαστήριο
B307-B110.β	186	εργαστήριο
B307-B310.γ	76	εργαστήριο
Bδ31-Bδ34	137	διάδρομος
BWC31	70	WC
BWC32	70	WC
Bκλ34	40	κλιμακοστάσιο

5.3.2. Πτέρυγα Δ

Πίνακας 5.18: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Δ– Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Δ101-Δ104	200	εργαστήριο
Δ101-104.β	330	γραφείο
Δ105	100	αποθήκη
Δ106	100	αποθήκη
Δ109	98	γραφείο
Δ110	98	γραφείο
Δ112-Δ114	98	γραφείο
ΔWC11	75	WC
ΔWC12	70	WC
Δδ11-Δδ14	137	διάδρομος
Δκλ12	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.19: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Δ– Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Δ201-Δ204	220	εργαστήριο
Δ201-Δ204.β	330	γραφείο
Δ205	100	αποθήκη
Δ206	100	αποθήκη
Δ207-Δ210	220	εργαστήριο
Δ207-Δ210.β	330	γραφείο
ΔWC21	50	WC
ΔWC22	70	WC
Δδ21-Δδ14	137	διάδρομος
Δκλ23	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.20: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Δ– Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Δ301-Δ304	149	εργαστήριο
Δ305	100	αποθήκη
Δ306	100	αποθήκη
Δ307-Δ310	300	εργαστήριο
Δ307-Δ310.β	154	γραφείο
Δ307-Δ310.γ	295	γραφείο
ΔWC31	70	WC
ΔWC32	70	WC
Δδ31-Δδ34	137	διάδρομος
Δκλ34	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.21: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Δ– Επίπεδο 4)

Επίπεδο 4		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Δ401-Δ404	220	εργαστήριο
Δ401-Δ404.β	200	γραφείο
Δ401-Δ404.γ	75	γραφείο
Δ405	100	αποθήκη
Δ406	100	αποθήκη
Δ407-Δ410	150	εργαστήριο
Δ407-Δ410.β	215	γραφείο
Δ407-Δ410.γ	210	γραφείο
ΔWC41	70	WC
ΔWC42	70	WC
Δδ41-Δδ44	137	διάδρομος
Δκλ45	40	κλιμακοστάσιο

5.3.3. Πτέρυγα Β,Δ-Θ

Πίνακας 5.22: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Β,Δ-Θ – Επίπεδο 0)

Επίπεδο 0		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
ΒΘκλ01	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.23: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Β,Δ-Θ – Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
ΒΘκλ12	50	κλιμακοστάσιο
Δδ17	35	διάδρομος
ΔΘκλ12	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.24: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Β,Δ-Θ – Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
ΒΘκλ23	40	κλιμακοστάσιο
Βδ27	35	διάδρομος
Δδ27-Δδ28	50	διάδρομος
ΔΘκλ23	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.25: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Β,Δ-Θ – Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Βδ37-Βδ38	50	διάδρομος
Δδ37	35	διάδρομος
ΔΘκλ34	40	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 5.26: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Β,Δ-Θ – Επίπεδο 4)

Επίπεδο 4		
Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Δδ47-Δδ48	50	διάδρομος

Κεφάλαιο 5^ο Καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ελάχιστα όρια της έντασης φωτισμού για κάθε χώρο, ανάλογα με τη χρήση του, όπως αυτά ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ..

Πίνακας 5.27 : Όρια εντάσεων φωτισμού ανάλογα με τη χρήση του χώρου

Χώρος	Στάθμη φωτισμού (lux)
Γραφεία	500
Εργαστήρια	500
Αίθουσα διδασκαλίας τριτοβάθμιας εκπαίδευσης	500
Αποθήκες	150
Διάδρομοι	100
Κλιμακοστάσια	150

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων και τα στοιχεία του Πίνακα 5.27, προκύπτει ότι παρόλο που σε αρκετούς χώρους υπάρχει υπερδιαστασιολόγηση των φωτιστικών σωμάτων, όλοι οι χώροι είναι υποφωτισμένοι. Συγκεκριμένα, το επίπεδο έντασης φωτισμού είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο όριο που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.. Αυτό συμβαίνει διότι τα φωτιστικά σώματα και οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται είναι συμβατικής και πεπερασμένης τεχνολογίας και έχουν χαμηλή απόδοση. Επιπλέον, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.1, μεγάλο μέρος της φωτεινής ακτινοβολίας των λαμπτήρων χάνεται προς τα επάνω, καθώς δεν υπάρχει ανακλαστήρας. Επίσης, η ύπαρξη γυψοσανίδας θα βοηθούσε με διαδοχικές ανακλάσεις στο να κατευθυνθεί ο φωτισμός στην επιφάνεια εργασίας.



Εικόνα 5.1 : Μεγάλο μέρος της φωτεινής ακτινοβολίας των λαμπτήρων δεν κατευθύνεται στην επιφάνεια εργασίας λόγω απουσίας ανακλαστήρων

5.4. Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στον Πίνακα 5.28 παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς και η κατανομή ισχύος για κάθε πτέρυγα, αλλά και συνολικά.

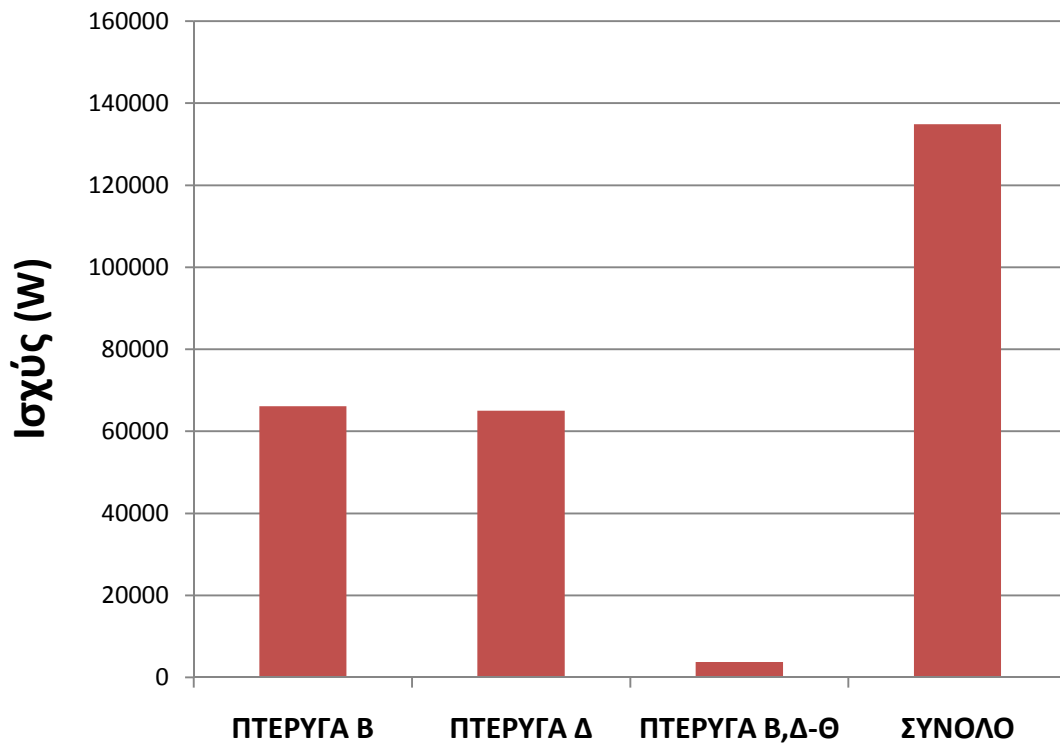
Πίνακας 5.28 : Συνολική ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης

ΠΤΕΡΥΓΑ	Υφιστάμενη κατάσταση	
	Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m ²)
Β	66.135	24,9
Δ	65.010	24,5
Β,Δ-Θ	3.750	9,8
ΣΥΝΟΛΟ	134.895	23,7

Η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη ανώτερη τιμή των 15 W/m² που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.. Η φωτεινή αποδοτικότητα (lm/W) δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί για την υφιστάμενη κατάσταση λόγω έλλειψης φωτομετρικών στοιχείων των απαρχαιωμένων φωτιστικών σωμάτων.

Στο παρακάτω διάγραμμα εικονίζεται η εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού για κάθε πτέρυγα.

Εγκατεστημένη ισχύς συστήματος τεχνητού φωτισμού



Σχήμα 5.1 : Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος φωτισμού.

Κεφάλαιο 6^ο

Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

6.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το προτεινόμενο, ενεργειακά αναβαθμισμένο, σύστημα τεχνητού φωτισμού για τις Πτέρυγες Β, Δ του κτηρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.. Το προτεινόμενο σύστημα (Σενάριο Α) συγκρίνεται με το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού και περιγράφονται τα πλεονεκτήματά του. Επιπλέον, παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία που οδήγησε στο προτεινόμενο σύστημα.

Για την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού προτείνεται η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, υψηλότερης απόδοσης γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού με αποδοτικότερους λαμπτήρες τύπου T5, με παραβολική περσίδα και ηλεκτρονικό ballast. Σε όσους χώρους υπάρχει υπερδιαστασιολόγηση των φωτιστικών σωμάτων θα πραγματοποιηθεί μείωση του αριθμού των φωτιστικών χωρίς να μειώνονται τα απαραίτητα επίπεδα φωτισμού. Με αυτόν τον τρόπο θα υπάρξει μεγάλη μείωση της εγκατεστημένης ισχύος σε κάθε χώρο και κατ' επέκταση μεγάλη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Για κάθε χώρο πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί και προσομοιώσεις με αξιόπιστο πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών, το 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. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με συντελεστή συντήρησης (maintenance factor) ίσο με 0,8.

Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε οι χώροι να ικανοποιούν τα όρια της έντασης φωτισμού που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων) ανάλογα με τη χρήση του καθενός. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στο χρήστη οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποιότητα και ποσότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και εκτέλεση εργασιών, χωρίς φαινόμενα που προκαλούν οπτική δυσφορία ή/και κόπωση. Οι τιμές για τη μέση ελάχιστη στάθμη φωτισμού (lx) ανά χρήση χώρου του κτηρίου δίνονται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464.1:2002. Το κατώτερο όριο της φωτιστικής απόδοσης (φωτεινή δραστηριότητα) καθορίστηκε στα 55 lm/W και το ανώτερο όριο της

Κεφάλαιο 6^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

κατανομής ισχύος του κάθε χώρου στα 15 W/m². Το επίπεδο αναφοράς μέτρησης ορίστηκε ίσο με 0,8m. [6]

Πίνακας 6.1 : Όρια εντάσεων φωτισμού ανάλογα με τη χρήση του χώρου [6, 36]

Χώρος	Στάθμη φωτισμού (lux)
Γραφεία	500
Αίθουσα διδασκαλίας τριτοβάθμιας εκπαίδευσης	500
Εργαστήρια	500
Αποθήκες	150
Διάδρομοι	100
Κλιμακοστάσια	150

Τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού ελληνικής κατασκευής (Γαλλής Α.Ε.Β.Ε.), υψηλής απόδοσης, τα οποία είναι εφοδιασμένα με ηλεκτρονικά ballast. Οι αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές που χρησιμοποιήθηκαν και τα πολικά διαγράμματα κατανομής της φωτεινής έντασης παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 6.2. Η επιπρόσθετη κατανάλωση λόγω των ηλεκτρονικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 10% της ισχύος των λαμπτήρων.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων και η μέθοδος υπολογισμού της ισχύος και της φωτεινής ροής τους.

Κεφάλαιο 6^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Πίνακας 6.2 : Τύπος προτεινόμενων φωτιστικών και τεχνικά χαρακτηριστικά τους

Τύπος φωτιστικού	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	Απόδοση φωτιστικού	lumen λαμπτήρα	lumen φωτιστικού	Πραγματικά lumen φωτιστικού	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς φωτιστικού (W)
	[1]	[2]	[3]	[4] [4]=[1]×[3]	[5] [5]=[2]×[4]	[6]	[7] [7]=[1]×[6]×1,1
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	2	0,6712	1.200	2.400	1.611	14	31
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	2	0,6712	1.900	3.800	2.551	21	46
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310	2	0,7534	2.600	5.200	3.918	28	62
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	2	0,7534	5.000	10.000	7.534	54	119
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	2	0,7534	3.650	7.300	5.500	35	77
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313	2	0,7534	7.000	14.000	10.548	80	176
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21w, μήκους: 1220mm, 4032	1	0,6017	1.900	1.900	1.143	21	23
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W. μήκους: 1820mm.	1	0,6929	3.650	3.650	2.529	35	38,5
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x54W. μήκους: 1820mm.	1	0,6017	5.000	5.000	3.008	54	59,4
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	1	0,566	850	850	481	15	15

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται για κάθε χώρο του κτηρίου ο αριθμός των προτεινόμενων φωτιστικών, ο αριθμός των λαμπτήρων ανά φωτιστικό, η ισχύς και ο τύπος του κάθε λαμπτήρα, καθώς και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του χώρου, αυξημένη κατά 10% λόγω της κατανάλωσης των ηλεκτρονικών ballast.

6.2. Εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α)

6.2.1. Πτέρυγα Β

Πίνακας 6.3 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β - Επίπεδο 0)

Επίπεδο 0					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B001-B004	12	2	80	Φθορισμού T5	2.349,6
	2	2	54	Φθορισμού T5	
B001-B004.α	1	2	80	Φθορισμού T5	237,6
	1	2	28	Φθορισμού T5	
B001-B004.β	1	2	54	Φθορισμού T5	118,8
B001-B004.γ	1	2	80	Φθορισμού T5	176
B005	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
B006	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
B007	1	2	35	Φθορισμού T5	77
B007.α	1	1	21	Φθορισμού T5	23,1
B008	1	2	35	Φθορισμού T5	77
B009	2	2	80	Φθορισμού T5	352
B010	1	2	35	Φθορισμού T5	77
B011	2	2	80	Φθορισμού T5	352
B012	2	2	80	Φθορισμού T5	352
B013	2	2	80	Φθορισμού T5	352
B014	2	2	80	Φθορισμού T5	352
Bδ01-Bδ04	10	1	54	Φθορισμού T5	594
BWC01	4	1	15	Συμπ. φθορισμού	88,5
	1	1	18	Φθορισμού T8	
BWC02	4	1	15	Συμπ. φθορισμού	88,5
	1	1	18	Φθορισμού T8	
Bκλ01	3	2	14	Φθορισμού T5	92,4
ΣΥΝΟΛΟ					5.836,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 0 της Πτέρυγας Β είναι 663,07 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 8,8 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 57,8 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Κεφάλαιο 6^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Πίνακας 6.4 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β - Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B101-B104	12	2	80	Φθορισμού T5	2.349,6
	2	2	54	Φθορισμού T5	
B101-B104.α	1	2	80	Φθορισμού T5	237,6
	1	2	28	Φθορισμού T5	
B101-B104.β	1	2	54	Φθορισμού T5	118,8
B101-B104.γ	1	2	80	Φθορισμού T5	176
B105	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
B106	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
B107-B110	12	2	80	Φθορισμού T5	2.349,6
	2	2	54	Φθορισμού T5	
B107-B110.α	2	2	80	Φθορισμού T5	413,6
	1	2	28	Φθορισμού T5	
B107-B110.β	1	2	54	Φθορισμού T5	118,8
Bδ11-Bδ14	10	1	54	Φθορισμού T5	594
BWC11	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
BWC12	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
Bκλ12	3	2	14	Φθορισμού T5	92,4
ΣΥΝΟΛΟ					6.692,4

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Β είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 10 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 58,8 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 6.5 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β - Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B201-B204	16	2	80	Φθορισμού T5	2.816
B205	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
B206	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
B207-B210	15	2	80	Φθορισμού T5	2.640
B207-B210.α	2	2	28	Φθορισμού T5	123,2
Bδ21-Bδ24	10	1	54	Φθορισμού T5	594
BWC21	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
BWC22	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
Bκλ23	3	2	14	Φθορισμού T5	92,4
ΣΥΝΟΛΟ					6.507,6

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 2 της Πτέρυγας Β είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,76 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του

Κεφάλαιο 6^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

επιπέδου υπολογίστηκε στα 58,3 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 6.6 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β - Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B301-B302	8	2	80	Φθορισμού T5	1.408
B303	6	2	80	Φθορισμού T5	1.102,2
	1	2	21	Φθορισμού T5	
B303.α	2	2	54	Φθορισμού T5	237,6
B304-προθ.	1	1	21	Φθορισμού T5	23,1
B304	2	2	35	Φθορισμού T5	154
B305	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
B306	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
B307-B310.α	6	2	35	Φθορισμού T5	462
B307-B110.β	10	2	35	Φθορισμού T5	770
B307-B310.γ	6	2	80	Φθορισμού T5	1.056
Bδ31-Bδ34	10	1	54	Φθορισμού T5	594
BWC31	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
BWC32	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
Bκλ34	2	2	14	Φθορισμού T5	138,5
	1	2	35	Φθορισμού T5	
ΣΥΝΟΛΟ					6.187,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 3 της Πτέρυγας Β είναι 664,63 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,3 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 61 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων της Πτέρυγας Β είναι συνολικά 25.224 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 2.660,7 m², άρα η κατανομή ισχύος είναι 9,48 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 59 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

6.2.2. Πτέρυγα Δ

Πίνακας 6.7 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ - Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ101-Δ104	12	2	80	Φθορισμού T5	2.349,6
	2	2	54	Φθορισμού T5	
Δ101-104.β	3	2	80	Φθορισμού T5	528
Δ105	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
Δ106	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
Δ107	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Δ108	2	2	80	Φθορισμού T5	352
Δ109	2	2	80	Φθορισμού T5	352
Δ110	2	2	80	Φθορισμού T5	352
Δ111	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Δ112-Δ114	6	2	80	Φθορισμού T5	1.056
ΔWC11	3	1	18	Φθορισμού T8	84
	1	1	15	Συμπ. φθορισμού	
ΔWC12	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
Δδ11-Δδ14	10	1	54	Φθορισμού T5	594
Δκλ12	3	2	14	Φθορισμού T5	92,4
ΣΥΝΟΛΟ					6.073,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Δ είναι 659,86 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,2 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 58,2 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 6.8 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ - Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ201-Δ204	12	2	80	Φθορισμού T5	2.349,6
	2	2	54	Φθορισμού T5	
Δ201-Δ204.β	3	2	80	Φθορισμού T5	528
Δ205	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
Δ206	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
Δ207-Δ210	12	2	80	Φθορισμού T5	2.349,6
	2	2	54	Φθορισμού T5	
Δ207-Δ210.β	3	2	80	Φθορισμού T5	528
ΔWC21	4	1	15	Συμπ. φθορισμού	66
ΔWC22	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
Δδ21-Δδ14	10	1	54	Φθορισμού T5	594
Δκλ23	3	2	14	Φθορισμού T5	92,4
ΣΥΝΟΛΟ					6.667,1

Κεφάλαιο 6^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 2 της Πτέρυγας Δ είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 10 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 58,6 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 6.9 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ - Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ301-Δ304	16	2	80	Φθορισμού T5	2.816
Δ305	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
Δ306	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
Δ307-Δ310	11	2	80	Φθορισμού T5	2.054,8
	1	2	54	Φθορισμού T5	
Δ307-Δ310.β	2	2	80	Φθορισμού T5	352
Δ307-Δ310.γ	2	2	54	Φθορισμού T5	237,6
ΔWC31	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
ΔWC32	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
Δδ31-Δδ34	10	1	54	Φθορισμού T5	594
Δκλ34	3	2	14	Φθορισμού T5	92,4
ΣΥΝΟΛΟ					6.388,8

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 3 της Πτέρυγας Δ είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,59 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 58,4 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 6.10 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ - Επίπεδο 4)

Επίπεδο 4					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ401-Δ404	12	2	80	Φθορισμού T5	2.349,6
	2	2	54	Φθορισμού T5	
Δ401-Δ404.β	2	2	54	Φθορισμού T5	237,6
Δ401-Δ404.γ	2	2	54	Φθορισμού T5	237,6
Δ405	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
Δ406	1	1	35	Φθορισμού T5	38,5
Δ407-Δ410	14	2	80	Φθορισμού T5	2.464
Δ407-Δ410.β	1	2	80	Φθορισμού T5	176
Δ407-Δ410.γ	1	2	80	Φθορισμού T5	176
ΔWC41	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
ΔWC42	5	1	15	Συμπ. φθορισμού	82,5
Δδ41-Δδ44	10	1	54	Φθορισμού T5	594
Δκλ45	2	2	14	Φθορισμού T5	138,6
	1	2	35	Φθορισμού T5	
ΣΥΝΟΛΟ					6.615,4

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 4 της Πτέρυγας Δ είναι 666,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,9 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 58,8 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων της Πτέρυγας Δ είναι συνολικά 25.745 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 2.659,4 m², άρα η κατανομή ισχύος είναι 9,68 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 58,5 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

6.2.3. Πτέρυγα Β,Δ-Θ

Πίνακας 6.11 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β-Θ - Επίπεδο 0)

Επίπεδο 0					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
ΒΘκλ01	3	2	14	Φθορισμού Τ5	92,4
Βδ06-Βδ08	2	2	35	Φθορισμού Τ5	154
ΣΥΝΟΛΟ					246,4

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 0 της Πτέρυγας Β-Θ είναι 60 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 4,1 W/m², τιμή πολύ χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 64 lm/W, τιμή πολύ μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 6.12 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β,Δ-Θ - Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
ΒΘκλ12	3	2	14	Φθορισμού Τ5	92,4
Βδ16-Βδ18	2	2	35	Φθορισμού Τ5	154
Δδ16	1	2	80	Φθορισμού Τ5	176
Δδ17	2	1	35	Φθορισμού Τ5	77
Δδ18	1	2	80	Φθορισμού Τ5	176
ΔΘκλ12	3	2	14	Φθορισμού Τ5	92,4
ΣΥΝΟΛΟ					767,8

Κεφάλαιο 6^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι 114,3 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 6,7 W/m², τιμή αρκετά χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 61 lm/W, τιμή αρκετά μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 6.13 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β,Δ-Θ - Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
ΒΘκλ23	2	2	14	Φθορισμού Τ5	180,4
	1	2	54	Φθορισμού Τ5	
Βδ26	3	2	35	Φθορισμού Τ5	231
Βδ27	1	1	35	Φθορισμού Τ5	38,5
Βδ28	1	2	80	Φθορισμού Τ5	176
Δδ26	2	2	54	Φθορισμού Τ5	237,6
Δδ27-Δδ28	1	2	28	Φθορισμού Τ5	61,6
ΔΘκλ23	3	2	14	Φθορισμού Τ5	92,4
ΣΥΝΟΛΟ					1.017,5

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 2 της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι 109,5 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,3 W/m², τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 63 lm/W, τιμή αρκετά μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 6.14 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β,Δ-Θ - Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Βδ37-Βδ38	1	2	28	Φθορισμού Τ5	61,6
Δδ36	1	2	80	Φθορισμού Τ5	176
Δδ37	2	1	35	Φθορισμού Τ5	77
Δδ38	1	2	80	Φθορισμού Τ5	176
ΔΘκλ34	3	2	14	Φθορισμού Τ5	92,4
ΣΥΝΟΛΟ					583

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 3 της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι 77,3 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 7,54 W/m², τιμή αρκετά χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 59,9 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 6.15 : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ-Θ - Επίπεδο 4)

Επίπεδο 4					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς Λαμπτήρα(W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Δ647-Δ648	1	2	28	Φθορισμού T5	61,6
ΣΥΝΟΛΟ					61,6

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 4 της Πτέρυγας Δ-Θ είναι 22,9 m², άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 2,69 W/m², τιμή πολύ χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 63,6 lm/W, τιμή αρκετά μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων της Πτέρυγας Β,Δ-Θ είναι συνολικά 2.676 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 383,9 m², άρα η κατανομή ισχύος είναι 6,97 W/m², τιμή αρκετά χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m². Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 61,9 lm/W, τιμή αρκετά μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

6.3. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς, η κατανομή ισχύος και η φωτεινή αποδοτικότητα για κάθε πτέρυγα, αλλά και συνολικά, για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α). Επίσης, οι τιμές αυτές συγκρίνονται με τις αντίστοιχες του υφιστάμενου συστήματος.

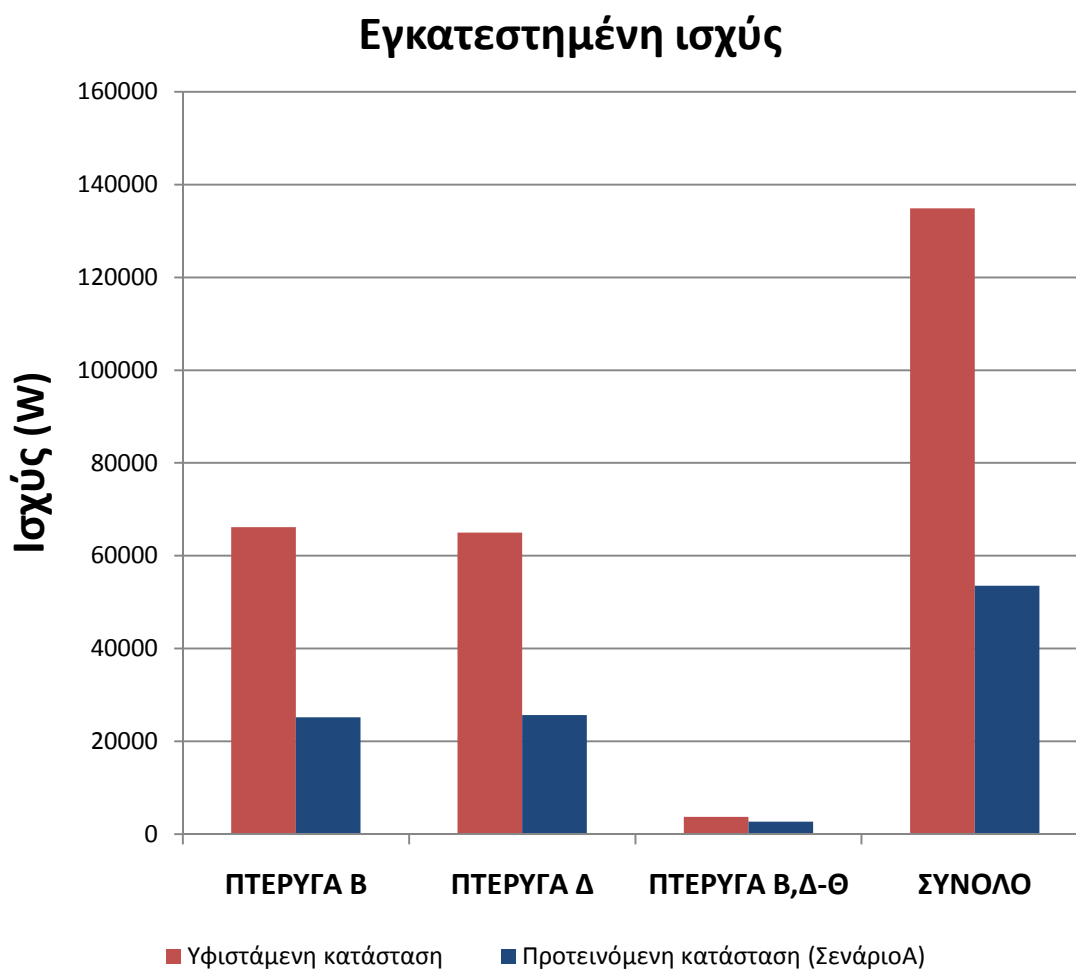
Πίνακας 6.16 : Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων του υφιστάμενου και προτεινόμενου συστήματος φωτισμού (Σενάριο Α)

ΠΤΕΡΥΓΑ	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)		
	Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m ²)	Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m ²)	Φωτεινή Αποδοτικότητα (lm/W)
Β	66.135	24,9	25.224	9,48	59
Δ	65.010	24,5	25.745	9,68	58,5
Β,Δ-Θ	3.750	9,8	2.676	6,97	61,9
ΣΥΝΟΛΟ	134.895	23,7	53.645	9,4	58,9

Κεφάλαιο 6^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Συνολικά, με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 60,2%, δηλαδή κατά 81,25 kW. Η κατανομή ισχύος μειώθηκε από 23,7 W/m² σε 9,4 W/m², τιμή αποδεκτή πλέον από τον Κ.Εν.Α.Κ., ενώ η τιμή της φωτεινής αποδοτικότητας είναι 58,9 lm/W, τιμή επίσης αποδεκτή από τον Κ.Εν.Α.Κ..

Στο παρακάτω διάγραμμα εικονίζονται οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος για το υφιστάμενο και το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού (Σενάριο Α).



Σχήμα 6.1 : Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος φωτισμού και προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α).

Κεφάλαιο 7^ο

Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

7.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β). Κάθε χώρος, ο οποίος έχει εξωτερικά ανοίγματα, μελετήθηκε ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, και τελικά σε 25 χώρους κρίθηκε ωφέλιμη η αξιοποίησή του. Το νέο προτεινόμενο σύστημα φωτισμού (Σενάριο Β) θα συγκριθεί με το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού, αλλά και με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με απλή αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α), και θα αναφερθούν τα πλεονεκτήματά του. Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή της διαδικασίας που οδήγησε σε αυτό.

Για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού προτείνεται η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού σε κάθε φωτιστικό σώμα για κάθε διακριτό χώρο εργασίας, ο οποίος έχει επιλεχθεί για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Οι αισθητήρες φωτισμού ανιχνεύουν την ένταση φωτισμού στην επιφάνεια που σημαδεύουν και ρυθμίζουν, ανάλογα με το φυσικό φωτισμό που προσπίπτει στην επιφάνεια αυτή, την ένταση του τεχνητού φωτισμού στο επιθυμητό επίπεδο μέσω ρυθμιστή φωτός (dimmer). Το σύστημα αυτό είναι τοπικού χαρακτήρα και δε συνδυάζεται ούτε επικοινωνεί με αντίστοιχα συστήματα εγκατεστημένα σε άλλους χώρους. Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται είναι ίδιου τύπου με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α. Πιο αναλυτικά, οι αισθητήρες φωτισμού συνδέονται με τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού EDBs (Electronic Dimming Ballasts), τα οποία μπορούν να προσαρμόζουν την ένταση φωτισμού που παράγεται από αυτούς τους λαμπτήρες. Με αυτόν τον τρόπο η ένταση του τεχνητού φωτισμού μπορεί να αυξομειώνεται με βάση την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που εισέρχεται σε ένα χώρο. Ο αισθητήρας που θα χρησιμοποιηθεί δε σβήνει το σύστημα φωτισμού, αλλά ρυθμίζει τη στάθμη φωτισμού στη χαμηλότερη ένταση. Έτσι, στο σύστημα φωτισμού εξακολουθεί να υπάρχει ελάχιστη κατανάλωση, ίση με το 15% της ισχύος των λαμπτήρων, σύμφωνα με μετρήσεις στο Εργαστήριο Φωτοτεχνίας του Ε.Μ.Π.. Η συνεισφορά αυτή έχει υπολογιστεί στην συνολική κατανάλωση του συστήματος φωτισμού.

Κεφάλαιο 7^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Για την εύρεση των ζητούμενων χώρων πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί και προσομοιώσεις με το πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών RELUX, που χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE. Στο Παράρτημα Β 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 (ανακλαστικότητα τοίχων, διαπερατότητα υαλοπινάκων, κλπ), αλλά και των αντίστοιχων δομικών στοιχείων του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ορίστηκε ο ακριβής προσανατολισμός του κτηρίου Χημικών Μηχανικών (North angle= -90°) και οι ακριβείς συντεταγμένες του (γεωγραφικό πλάτος= $37^{\circ} 58' 36''$ North, γεωγραφικό μήκος= $23^{\circ} 47' 05''$ East) [Google Earth]. Για κάθε χώρο υπολογίστηκε ο μέσος συντελεστής DF (Daylight Factor), ο οποίος χρησιμοποιείται ως μέτρο επάρκειας του φυσικού φωτισμού,

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

όπου

E_i : ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο της επιφάνειας εργασίας στο εσωτερικό του χώρου και

E_o : 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%.

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 για κάθε χώρο, μέσω του RELUX, το ποσοστό του χρόνου ημέρας που θα απαιτείται τεχνητός φωτισμός.

Για αυτούς τους υπολογισμούς θεωρήθηκε ότι το κτήριο λειτουργεί 12 μήνες το χρόνο, 5 ημέρες την εβδομάδα, 10 ώρες την ημέρα (08:00-18:00). Αν και το κτήριο που μελετάται είναι εκπαιδευτικό ίδρυμα, όσον αφορά τις ώρες λειτουργίας, θα θεωρηθεί ως κτήριο γραφείων, καθώς οι χώροι των Πτερυγών Β, Δ χρησιμοποιούνται ως γραφεία.

Η πιθανότητα ηλιοφάνειας για την περιοχή της Αθήνας είναι:

Πίνακας 7.1 : Μηνιαία πιθανότητα ηλιοφάνειας (sun probability) στην περιοχή 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

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται, για τους χώρους του κτηρίου όπου αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός με τη χρήση αισθητήρων φωτισμού και ανάλογη ρύθμιση της έντασης φωτισμού, η τιμή του μέσου συντελεστή DF και οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος της υφιστάμενης κατάστασης, της εγκατεστημένης ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης του Σεναρίου Α (αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων) και της ισοδύναμης ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης του Σεναρίου Β (εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό). Επίσης, για αυτούς τους χώρους, καταγράφεται και το ποσοστό μείωσης της ισοδύναμης ισχύος σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, αλλά και την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με απλή αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων.

Σημειώνεται ότι η ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο σύστημα. Με άλλα λόγια, με το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού (Σενάριο Β) δεν αλλάζει η εγκατεστημένη ισχύς αλλά η ενεργειακή κατανάλωση εξαιτίας της ρύθμισης της στάθμης φωτισμού σε χαμηλότερη ένταση, ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό.

7.2. Ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β)

7.2.1. Πτέρυγα Β

Με βάση τη μελέτη, αξιολογούνται ενεργειακά οφέλη με την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων

Κεφάλαιο 7^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) υπήρχαν για 12 χώρους στα Επίπεδα 1, 2 και 3 της Πτέρυγας Β.

Πίνακας 7.2 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β– Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1		Ισχύς (W)				
Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)	Μείωση % (υφιστ.- (Σενάριο Β))	Μείωση % (Σενάριο Α -Σενάριο Β)
B101-B104	1,46	5.760	2.349,6	1.657	71,22	29,46
B101-B104.α	2,12	360	237,6	146	59,46	38,58
B101-B104.γ	1,55	360	176	121	66,38	31,23
ΣΥΝΟΛΟ		6.480	2.763,2	1.924		

Πίνακας 7.3 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β– Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2		Ισχύς (W)				
Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)	Μείωση % (υφιστ.- (Σενάριο Β))	Μείωση % (Σενάριο Α -Σενάριο Β)
B201-B204	1,64	6.750	2.816	1.899	71,86	32,56
B207-B210	1,08	6.660	2.640	2.116	68,22	19,83
B207-B210.α	1,95	360	123,2	79	78,12	36,06
ΣΥΝΟΛΟ		13.770	5.579,2	4.094		

Πίνακας 7.4 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β– Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3		Ισχύς (W)				
Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)	Μείωση % (υφιστ.- (Σενάριο Β))	Μείωση % (Σενάριο Α -Σενάριο Β)
B301-B302	1,71	3.150	1.408	936	70,3	33,55
B303	1,55	3.150	1.102,2	758	75,94	31,23
B303.α	1,65	720	237,6	160	77,79	32,68
B307-B310.α	1,66	1.350	462	310	77,01	32,83
B307-B310.β	1,41	2.970	770	553	81,38	28,18
B307-B310.γ	1,81	2.790	1.056	691	75,22	34,53
ΣΥΝΟΛΟ		14.130	5.035,8	3.408		

Συνολικά, οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού και του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) και της ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) για όλους τους χώρους της Πτέρυγας Β παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.5 : Ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Β)

Επίπεδο	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β) (W)
0	13.877,5	5.836,5	5.836,8
1	17.487,5	6.692,4	5.854
2	17.022,5	6.507,6	5.023
3	17.747,5	6.187,5	4.560
ΣΥΝΟΛΟ	66.135	25.224	21.273

Με τη νέα πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β) επιτεύχθηκε, για την Πτέρυγα Β, μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 44.862 W, δηλαδή κατά 67,8% σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 3.951 W, δηλαδή κατά 15,7% σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α. Όσον αφορά μόνο στους χώρους της Πτέρυγας Β που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός με τη χρήση αισθητήρων και ανάλογη ρύθμιση της έντασης φωτισμού, η μείωση ισοδύναμης ισχύος που επιτεύχθηκε συνολικά σε αυτούς είναι 72,6% σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού και 29,5% σε σχέση με το Σενάριο Α.

Σημειώνεται ότι η ισοδύναμη ισχύς αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο σύστημα.

7.2.2. Πτέρυγα Δ

Με βάση τη μελέτη, αξιόλογα ενεργειακά οφέλη με την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) υπήρχαν για 13 χώρους στα Επίπεδα 2, 3 και 4 της Πτέρυγας Δ.

Πίνακας 7.6 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ– Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2		Ισχύς (W)				
Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)	Μείωση % (υφιστ.- (Σενάριο Β)	Μείωση % (Σενάριο Α -Σενάριο Β)
Δ201-Β204	1,06	5.760	2.349,6	1.904	66,95	18,98
Δ201-Β204.β	1,3	720	528	393	45,48	25,66
Δ207-Δ210.β	1,13	1.080	528	416	61,47	21,18
ΣΥΝΟΛΟ		7.560	3.405,6	2.713		

Κεφάλαιο 7^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Πίνακας 7.7 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ– Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3		Ισχύς (W)				
Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)	Μείωση % (υφιστ.- (Σενάριο Β))	Μείωση % (Σενάριο Α -Σενάριο Β)
Δ301-Β304	1,81	7.200	2.816	1.844	74,39	34,53
Δ307-Δ310	1,02	5.040	2.054,8	1.688	66,51	17,87
Δ307-Δ310.β	1,65	1.080	352	237	78,06	32,69
Δ307-Δ310.γ	1,71	540	237,6	158	70,76	33,55
ΣΥΝΟΛΟ		13.860	5.460,4	3.927		

Πίνακας 7.8 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ– Επίπεδο 4)

Επίπεδο 4		Ισχύς (W)				
Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)	Μείωση % (υφιστ.- (Σενάριο Β))	Μείωση % (Σενάριο Α -Σενάριο Β)
Δ401-Β404	1,62	5.760	2.349,6	1.592	72,35	32,23
Δ401-Β404.β	1,75	540	237,6	157	70,93	33,94
Δ401-Β404.γ	1,89	540	237,6	153	71,6	35,46
Δ407-Δ410	1,7	5.760	2.464	1.641	71,5	33,38
Δ407-Δ410.β	1,35	540	176	129	76,15	26,82
Δ407-Δ410.γ	1,39	540	176	127	76,44	27,73
ΣΥΝΟΛΟ		13.680	5.640,8	3.799		

Συνολικά, οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού και του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) και της ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) για όλους τους χώρους της Πτέρυγας Δ παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.9 : Ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Δ)

Επίπεδο	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β) (W)
1	13.857,5	6.073,5	6.073,5
2	16.632,5	6.667,1	5.974
3	17.312,5	6.388,8	4.855
4	17.207,5	6.615,4	4.775
ΣΥΝΟΛΟ	65.010	25.745	21.677

Με τη νέα πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β) επιτεύχθηκε, για την Πτέρυγα Δ, μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 43.333 W, δηλαδή κατά 66,7% σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 4.068 W, δηλαδή κατά 15,8% σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α. Όσον αφορά μόνο στους χώρους της Πτέρυγας Δ που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός με τη χρήση αισθητήρων και ανάλογη ρύθμιση της έντασης φωτισμού, η μείωση ισοδύναμης ισχύος που επιτεύχθηκε συνολικά σε αυτούς είναι 70,3% σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού και 28% σε σχέση με το Σενάριο Α.

Σημειώνεται ότι η ισοδύναμη ισχύς αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο σύστημα.

7.2.3. Πτέρυγα Β,Δ-Θ

Κανένας χώρος αυτής της Πτέρυγας δεν κρίθηκε κατάλληλος για να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός, κυρίως επειδή πολλοί χώροι από αυτούς είναι κοινόχρηστοι. Στην περίπτωση αυτή η απαιτούμενη ένταση φωτισμού δεν υπερβαίνει τα 150lx, οπότε η ενεργειακή κατανάλωση δεν είναι μεγάλη. Συνεπώς, η χρήση αισθητήρων φωτισμού για ρύθμιση της έντασης φωτισμού δε θα πετύχει αξιόλογη μείωση ενεργειακής κατανάλωσης, άρα είναι ασύμφορη οικονομικά.

7.3. Συνολική ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β)

Συνολικά, αξιόλογα ενεργειακά οφέλη με την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) υπήρχαν για 25 χώρους με συνολικό εμβαδό 2.413,23 m² (42,3% του συνολικού εμβαδού του κτηρίου).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η συνολική ισοδύναμη ισχύς (η οποία αντιστοιχεί στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο σύστημα), η κατανομή ισχύος και η φωτεινή αποδοτικότητα για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β). Επίσης παρουσιάζονται και τα αντίστοιχα μεγέθη για το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού και το προτεινόμενο σύστημα με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α).

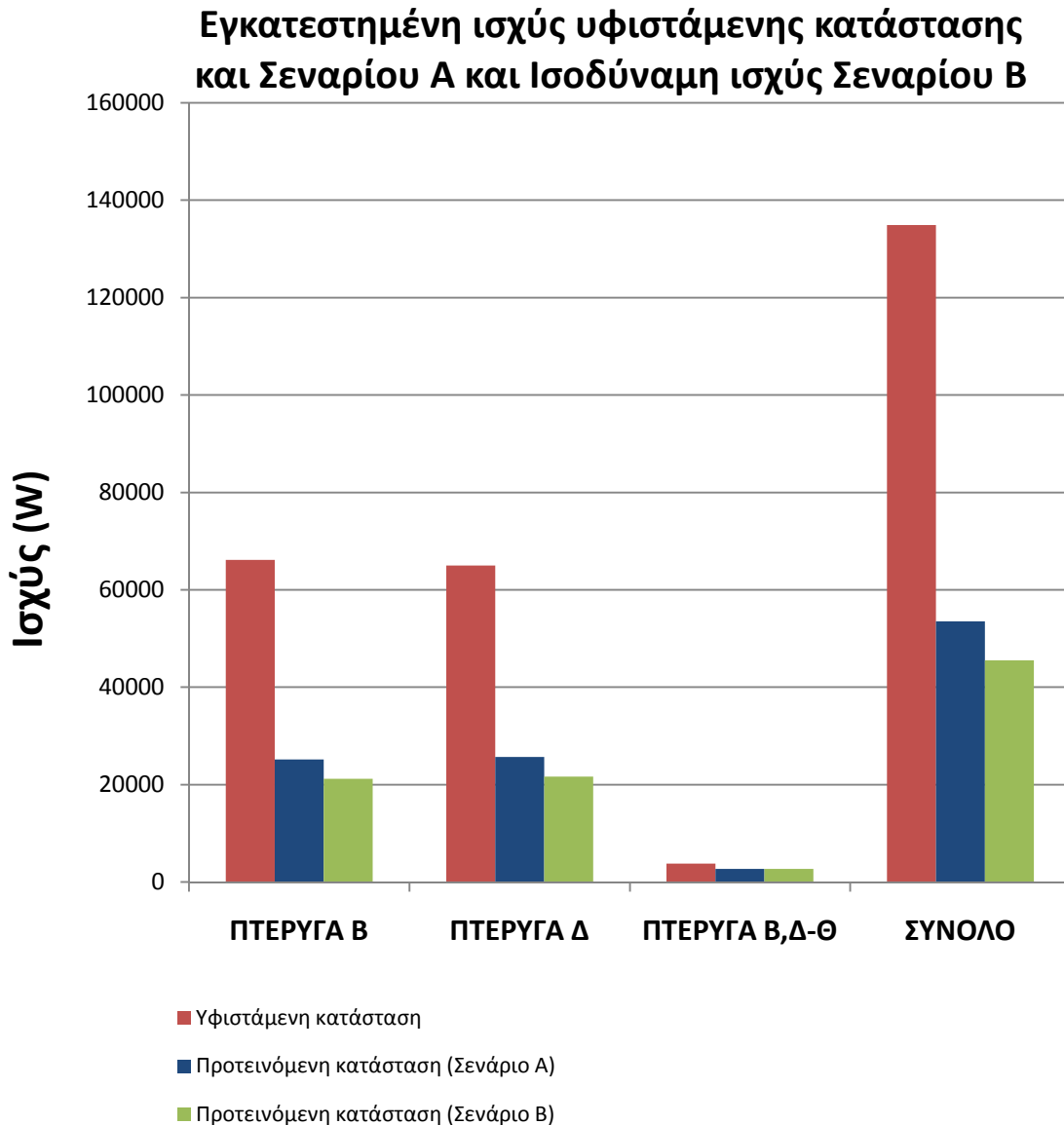
Πίνακας 7.10 : Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων του υφιστάμενου και των δύο προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού (Σενάρια Α και Β)

Πτέρυγα	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)			Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)		
	Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m ²)	Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m ²)	Ενεργ. απόδοση (lm/W)	Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m ²)	Ενεργ. απόδοση (lm/W)
B	66.135	24,9	25.224	9,48	59	21.273	8	69,9
Δ	65.010	24,5	25.745	9,68	58,5	21.677	8,15	69,5
B,Δ-Θ	3.750	9,8	2.676	6,97	61,9	2.676	6,97	61,9
ΣΥΝΟΛΟ	134.895	23,7	53.645	9,4	58,9	45.626	8	69,3

Για το σύνολο των χώρων των Πτερύγων Β και Δ, με τη νέα πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β) επιτεύχθηκε μείωση της ισοδύναμης ισχύος κατά 89,269 kW, δηλαδή κατά 66,2% σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και μείωση της ισοδύναμης ισχύος κατά 8,019 kW, δηλαδή κατά 14,9% σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α.

Η κατανομή ισχύος μειώθηκε σε 8 W/m², τιμή πολύ ικανοποιητική και αρκετά χαμηλότερη από το ανώτερο όριο των 15 W/m² που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ., από 23,7 W/m² στην υφιστάμενη κατάσταση και από 9,4 W/m² στην προτεινόμενη κατάσταση του Σεναρίου Α. Η τιμή της ενεργειακής απόδοσης είναι 69,3 lm/W, τιμή αποδεκτή και αρκετά μεγαλύτερη από το κατώτερο όριο των 55 lm/W του Κ.Εν.Α.Κ. και πιο ικανοποιητική από τα 58,9 lm/W που προέκυψαν από τη μελέτη αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με απλή αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α).

Στο παρακάτω διάγραμμα εικονίζονται οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος για το σύστημα φωτισμού της υφιστάμενης κατάστασης και της προτεινόμενης κατάστασης με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α), καθώς και της ισοδύναμης ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β).



Σχήμα 7.1 : Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος φωτισμού και προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) και ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β).

7.3.1. Συνολική ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β) μόνο για τους χώρους που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός

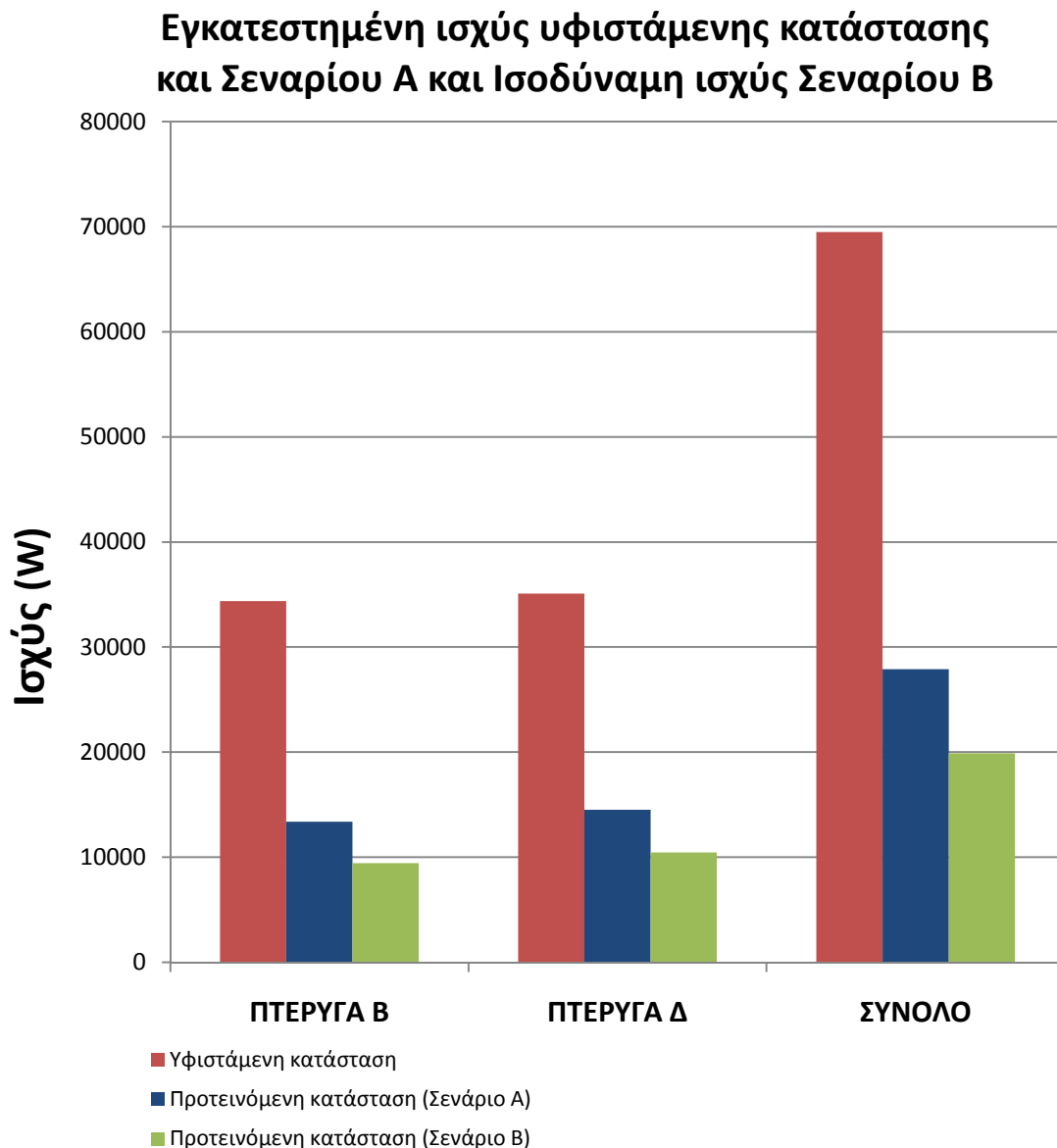
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται, μόνο για τους χώρους που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός, η συνολική ισοδύναμη ισχύς για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β), η οποία αντιστοιχεί στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα καταναλώνει την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο σύστημα. Επίσης, δίνονται οι αντίστοιχες τιμές της εγκατεστημένης ισχύος για το υφιστάμενο και το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού με απλή αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α).

Πίνακας 7.11 : Ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού μόνο για τους χώρους που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός

Πτέρυγα	Υφιστάμενη κατάσταση	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)
Β	34.380	13.378,2	9.426
Δ	35.100	14.506,8	10.439
ΣΥΝΟΛΟ	69.480	27.885	19.865

Όσον αφορά μόνο στους χώρους που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός με τη χρήση αισθητήρων φωτισμού και ανάλογη ρύθμιση της έντασης φωτισμού, η μείωση της ισοδύναμης ισχύος που επιτεύχθηκε συνολικά σε αυτούς είναι 28,8% σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α και 71,4% σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού.

Στο παρακάτω διάγραμμα εικονίζονται οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος για το σύστημα φωτισμού της υφιστάμενης και της προτεινόμενης κατάστασης με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α), καθώς και της ισοδύναμης ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β), μόνο για τους χώρους όπου αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός με τη χρήση αισθητήρων φωτισμού.



Σχήμα 7.2 : Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος φωτισμού και προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) και ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β), μόνο για τους χώρους που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός με τη χρήση αισθητήρων φωτισμού.

Κεφάλαιο 8^ο

Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

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 δύο προτεινόμενα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης (Σενάριο Α: αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, αποδοτικότερα και 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, αλλά και η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με το Σενάριο Β σε σχέση με το Σενάριο Α. Υπολογίζονται και για τις δύο 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 της καταναλισκόμενης ενέργειας, θεωρήθηκε ότι οι εξεταζόμενοι χώροι λειτουργούν ως γραφεία, ανεξάρτητα με την χρήση του υπόλοιπου κτηρίου ως κτήριο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, οι χώροι του κτηρίου λειτουργούν 12 μήνες το χρόνο, 5 ημέρες την εβδομάδα, 10 ώρες την ημέρα, δηλαδή 2.600 ώρες συνολικά το χρόνο. Από τις 2.600 ώρες λειτουργίας, οι 2.080 ώρες είναι ο αριθμός των ωρών με διαθέσιμο φυσικό φωτισμό και οι 520 ώρες είναι ο αριθμός των ωρών που δεν υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός. [6]

Για τον υπολογισμό του ετήσιου οικονομικού οφέλους χρησιμοποιήθηκε η τιμή αγοράς της κλοβατώρας για τους καταναλωτές μέσης τάσης που αναγράφεται στο τιμολόγιο Β2 της Δ.Ε.Η., 0,09412 €/kWh προσαυξημένη με Φ.Π.Α. 13%, άρα 0,1063556 €/kWh.

Για τον υπολογισμό της πρωτογενούς ενέργειας λήφθηκε υπόψη ότι ο βαθμός απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής για περιοχές διασυνδεδεμένες σε ηπειρωτικό δίκτυο, $\eta_{\eta\lambda}$, ισούται με 0,37 και κατόπιν η αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια διαιρέθηκε με το βαθμό απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ($\eta_{\eta\lambda}$).

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

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 εκπομπής CO₂ των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (F_{σταθμού}).

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα μέσο δέντρο απορροφά ετησίως περίπου 12 kg CO₂ υπολογίστηκε ο αριθμός των δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση ρύπων που επιτεύχθηκε. [37]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται αναλυτικά το κόστος του κάθε φωτιστικού, απλού ή dimmable, των λαμπτήρων, των περσίδων και των αισθητήρων που προτάθηκαν για την αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού.

Πίνακας 8.1 : Κόστος προτεινόμενων φωτιστικών, λαμπτήρων, περσίδων και αισθητήρων

Περιγραφή	Τιμή (χωρίς Φ.Π.Α.)	Τιμή (με Φ.Π.Α. 23%)
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W. μήκους: 660mm. 4306	39,40 €	48,46 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W. μήκους: 660mm. 4306. dimmable	61,90 €	76,14 €
Παραβολική περσίδα 580mm 4341	15,20 €	18,70 €
Λαμπτήρας φθορισμού 14W/840. 549mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21W. μήκους: 960mm. 4308	47,25 €	58,12 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21W. μήκους: 960mm. 4308. dimmable	69,75 €	85,79 €
Παραβολική περσίδα 880mm 4342	16,65 €	20,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 21W/840. 849mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W. μήκους: 1260mm. 4310	56,25 €	69,19 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W. μήκους: 1260mm. 4310. dimmable	78,75 €	96,86 €
Παραβολική περσίδα 1180mm 4343	19,90 €	24,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 28W/840. 1149mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W. μήκους: 1260mm. 4311	56,25 €	69,19 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W. μήκους: 1260mm. 4311. dimmable	78,75 €	96,86 €
Παραβολική περσίδα 1180mm 4343	19,90 €	24,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 54W/840. 1149mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W. μήκους: 1560mm. 4312	64,15 €	78,90 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W. μήκους: 1560mm. 4312. dimmable	86,65 €	106,58 €
Παραβολική περσίδα 1480mm 4344	23,40 €	28,78 €

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης
προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

Λαμπτήρας φθορισμού T5 35W/840. 1449mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W. μήκους: 1560mm. 4313	64,15 €	78,90 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W. μήκους: 1560mm. 4313. dimmable	86,65 €	106,58 €
Παραβολική περσίδα 1480mm 4344	23,40 €	28,78 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 80W/840. 1449mm	2,50 €	3,08 €
Αισθητήρας tridonic	20,00 €	24,60 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W. μήκους: 1220mm. 4032	47,30 €	58,18 €
Παραβολική περσίδα 880mm 4065	16,80 €	20,66 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 21W/840. 849mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W. μήκους: 1820mm. 4036	47,30 €	58,18 €
Παραβολική περσίδα 880mm 4069	16,80 €	20,66 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 35W/840. 1449mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x54W. μήκους: 1820mm. 4035	47,30 €	58,18 €
Παραβολική περσίδα 880mm 4068	16,80 €	20,66 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 54W/840. 1149mm	2,50 €	3,08 €
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	3,25 €	4 €

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται, για κάθε πτέρυγα και για τα δύο σενάρια αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, το κόστος της αναβάθμισης, η καταναλισκόμενη ενέργεια, η εξοικονόμηση ενέργειας, το ετήσιο όφελος, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, η αντίστοιχη πρωτογενής ενέργεια, η αντίστοιχη μείωση ρύπων CO₂ που επιτυγχάνεται και ο αντίστοιχος στη μείωση ρύπων που επιτεύχθηκε αριθμός δέντρων.

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

8.2. Πτέρυγα Β

8.2.1. Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α)

Πίνακας 8.2 : Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Β (Σενάριο Α)

Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Α)						
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών				Κόστος φωτιστικών (€)
		Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,31	3	3	3	2	806,41
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21W, μήκους: 960mm, 4308	84,75	0	0	0	1	84,75
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W, μήκους: 1260mm, 4310	99,81	1	2	2	0	499,05
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,81	3	6	0	2	1.097,91
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84	3	0	0	19	2.504,48
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84	24	28	31	20	11.725,52
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W, μήκους: 1820mm, 4036	81,92	2	2	2	2	655,36
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x54W, μήκους: 1820mm, 4035	81,92	10	10	10	10	3.276,8
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92	1	0	0	1	163,84
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4	8	10	10	10	152
ΣΥΝΟΛΟ						20.966,12

Πίνακας 8.3 : Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου της Πτέρυγας Β (Σενάριο Α)

Επίπεδο	Ρ _{υφιστάμενη} (W)	Ρ _{προτεινόμενη} (W)	Ε _{υφιστάμενη} (kWh)	Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
0	13.877,5	5.836,5	36.081,5	15.175	20.907		
1	17.487,5	6.692,4	45.467,5	17.400	28.067		
2	17.022,5	6.507,6	44.258,5	16.920	27.339		
3	17.747,5	6.187,5	46.143,5	16.088	30.056		
ΣΥΝΟΛΟ	66.135	25.224	171.951	65.582	106.369	11.313	1,85

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης
προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 8.4 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για την Πτέρυγα Β (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
464.732	177.250	287.483	146.158	55.745	90.413	4.110
$Q_{\text{πρωτ.}} = E / \eta_{\text{ηλ.}}$, όπου $\eta_{\text{ηλ.}}=0,37$ ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

8.2.2. Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β)

Πίνακας 8.5 : Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Β (Σενάριο Β)

Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Β)						
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών				Κόστος φωτιστικών (€)
		Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,31	3	3	3	2	806,41
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21W, μήκους: 960mm, 4308, dimnable	137,02	0	0	0	1	137,02
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W, μήκους: 1260mm, 4310	99,81	1	1	0	0	199,62
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W, μήκους: 1260mm, 4310, dimnable	152,08	0	1	2	0	456,24
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,81	3	4	0	0	698,67
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311, dimnable	152,08	0	2	0	2	608,32
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84	3	0	0	3	683,04
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312, dimnable	166,11	0	0	0	16	2.657,76
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84	24	14	0	0	4.325,92
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313, dimnable	166,11	0	14	31	20	10.797,15
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W. μήκους: 1820mm. 4036	81,92	2	2	2	2	655,36
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x54W. μήκους: 1820mm. 4035	81,92	10	10	10	10	3.276,8
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92	1	0	0	1	163,84
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4	8	10	10	10	152
ΣΥΝΟΛΟ						25.619

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 8.6 : Συνολική ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου της Πτέρυγας Β (Σενάριο Β)

Επίπεδο	Ρ _{υφιστάμενη} (W)	Ρ _{προτεινόμενη} (W)	Ευφιστάμενη (kWh)	Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
0	13.877,5	5.836,5	36.082	15.174,9	20.906,6		
1	17.487,5	5.854	45.468	15.656	29.812		
2	17.022,5	5.023	44.259	13.831	30.427		
3	17.747,5	4.560	46.144	12.702	33.441		
ΣΥΝΟΛΟ	66.135	21.273	171.951	57.364	114.587	12.187	2,10

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

Πίνακας 8.7 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για την Πτέρυγα Β (Σενάριο Β)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
464.732	155.038	309.694	146.158	48.760	97.399	4.427
Q _{πρωτ.} = E / η _{ηλ.} , όπου η _{ηλ.} = 0,37 ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

Πίνακας 8.8 : Συγκριτικός πίνακας τιμών για τα δύο προτεινόμενα Σενάρια Α και Β

Επίπεδο	(Α) Ρ _{προτεινόμενη} (W)	(Β) Ρ _{προτεινόμενη} (W)	(Α) Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	(Β) Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Επιπλέον κόστος φωτιστικών (€)	Εξοικονό- μηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)
0	5.836,5	5.836,5	15.175	15.174,9			
1	6.692,4	5.854	17.400	15.656			
2	6.507,6	5.023	16.920	13.831			
3	6.187,5	4.560	16.088	12.702			
ΣΥΝΟΛΟ	25.224	21.273	65.582	57.364	4.653	8.218	874

Σημειώνεται ότι ο δείκτης (Α) αφορά το σενάριο Α και ο (Β) το σενάριο Β.

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

8.3. Πτέρυγα Δ

8.3.1. Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α)

Πίνακας 8.9 : Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Δ (Σενάριο Α)

Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Α)						
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών				Κόστος φωτιστικών (€)
		Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,31	3	3	3	2	806,41
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,81	2	4	3	6	1.497,15
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84	2	0	0	1	341,52
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84	27	30	29	28	12.977,76
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W. μήκους: 1820mm. 4036	81,92	2	2	2	2	655,36
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x54W. μήκους: 1820mm. 4035	81,92	10	10	10	10	3.276,8
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4	6	9	10	10	140
ΣΥΝΟΛΟ						19.695

Πίνακας 8.10 : Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου της Πτέρυγας Δ (Σενάριο Α)

Επίπεδο	Ρ _{υφιστάμενη} (W)	Ρ _{προτεινόμενη} (W)	Ε _{υφιστάμενη} (kWh)	Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονό- μηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
1	13.857,5	6.073,5	36.029,5	15.791	20.238		
2	16.632,5	6.667,1	43.244,5	17.334	25.910		
3	17.312,5	6.388,8	45.012,5	16.611	28.402		
4	17.207,5	6.615,4	44.739,5	17.200	27.539		
ΣΥΝΟΛΟ	65.010	25.745	169.026	66.936	102.090	10.858	1,81

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 8.11 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για την Πτέρυγα Δ (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
456.827	180.909	275.918	143.672	56.896	86.776	3.944
$Q_{\text{πρωτ.}} = E / \eta_{\text{ηλ}}$, όπου $\eta_{\text{ηλ}} = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

8.3.2. Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β)

Πίνακας 8.12 : Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Δ (Σενάριο Β)

Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Β)						
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών				Κόστος φωτιστικών (€)
		Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,31	3	3	3	2	806,41
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,81	2	2	0	0	399,24
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311, dimmable	152,08	0	2	3	6	1.672,88
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84	2	0	0	1	341,52
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84	27	12	0	0	4.439,76
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313, dimmable	166,11	0	18	29	28	12.458,25
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W, μήκους: 1820mm, 4036	81,92	2	2	2	2	655,36
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x54W, μήκους: 1820mm, 4035	81,92	10	10	10	10	3.276,8
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4	6	9	10	10	140
ΣΥΝΟΛΟ						24.191

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 8.13 : Συνολική ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου της Πτέρυγας Δ (Σενάριο Β)

Επίπεδο	Ρυφιστάμενη (W)	Ρπροτεινόμενη (W)	Ευφιστάμενη (kWh)	Επροτεινόμενη (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
1	13.857,5	6.073,5	36.029,5	15.791,1	20.238,4		
2	16.632,5	5.974	43.245	15.893	27.352		
3	17.312,5	4.855	45.013	13.420	31.593		
4	17.207,5	4.775	44.740	13.372	31.368		
ΣΥΝΟΛΟ	65.010	21.677	169.026	58.475	110.551	11.758	2,06

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

Πίνακας 8.14 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για την Πτέρυγα Δ (Σενάριο Β).

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
456.827	158.041	298.786	143.672	49.704	93.968	4.271
$Q_{\text{πρωτ.}} = E / \eta_{\text{ηλ.}}$, όπου $\eta_{\text{ηλ.}} = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

Πίνακας 8.15 : Συγκριτικός πίνακας τιμών για τα δύο προτεινόμενα Σενάρια Α και Β

Επίπεδο	(Α) Ρπροτεινόμενη (W)	(Β) Ρπροτεινόμενη (W)	(Α) Επροτεινόμενη (kWh)	(Β) Επροτεινόμενη (kWh)	Επιπλέον κόστος φωτιστικών (€)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)
1	6.073,5	6.073,5	15.791	15.791,1			
2	6.667,1	5.974	17.334	15.893			
3	6.388,8	4.855	16.611	13.420			
4	6.615,4	4.775	17.200	13.372			
ΣΥΝΟΛΟ	25.745	21.677	66.936	58.475	4.496	8.461	900

Σημειώνεται ότι ο δείκτης (Α) αφορά το σενάριο Α και ο (Β) το σενάριο Β.

8.4. Πτέρυγα Β,Δ-Θ

8.4.1. Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α)

Πίνακας 8.16 : Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Β,Δ-Θ (Σενάριο Α)

Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Α)							
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών					Κόστος φωτιστικών (€)
		Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους:660mm, 4306	73,31	3	6	5	3	0	1.246,27
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W, μήκους:1260mm, 4310	99,81	0	0	1	1	1	199,62
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους:1260mm, 4311	99,81	0	0	3	0	0	299,43
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους:1560mm, 4312	113,84	2	2	3	0	0	796,88
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους:1560mm, 4313	113,84	0	2	1	2	0	569,2
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W.μήκους: 1820mm. 4036	81,92	0	2	1	2	0	409,6
ΣΥΝΟΛΟ							3.521

Πίνακας 8.17 : Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου της Πτέρυγας Β,Δ-Θ (Σενάριο Α)

Επίπεδο	Ρ _{υφιστάμενη} (W)	Ρ _{προτεινόμενη} (W)	Ε _{υφιστάμενη} (kWh)	Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
0	705	246	1.833	641	1.192		
1	1.110	768	2.886	1.996	890		
2	1.005	1.018	2.613	2.646	-33		
3	690	583	1.794	1.516	278		
4	240	62	624	160	464		
ΣΥΝΟΛΟ	3.750	2.676	9.750	6.958	2.792	297	11,86

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 8.18 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για την Πτέρυγα Β,Δ-Θ (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
26.351	18.806	7.545	8.288	5.915	2.373	108
$Q_{\text{πρωτ.}} = E / \eta_{\text{ηλ}}$, όπου $\eta_{\text{ηλ}} = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

8.4.2. Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β)

Για την Πτέρυγα Β,Δ-Θ δεν προτάθηκε σύστημα τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό για λόγους που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 7.3.

8.5. Συνολικά αποτελέσματα

8.5.1. Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α)

Πίνακας 8.19 : Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Α)

Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Α)			
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών	Κόστος φωτιστικών (€)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,31	39	2.859
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21W, μήκους: 960mm, 4308	84,75	1	85
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W, μήκους: 1260mm, 4310	99,81	8	798
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,81	29	2.894
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84	32	3.643
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84	222	25.272
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W, μήκους: 1820mm, 4036	81,92	21	1.720
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x54W, μήκους: 1820mm, 4035	81,92	80	6.554
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92	2	164
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4	73	292
ΣΥΝΟΛΟ		507	44.282

Πίνακας 8.20 : Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε Πτέρυγας (Σενάριο Α)

Πτέρυγα	Ρ_{υφιστάμενη} (W)	Ρ_{προτεινόμενη} (W)	Ευφιστάμενη (kWh)	Επροτεινόμενη (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
Β	66.135	25.224	171.951	65.582	106.369		
Δ	65.010	25.745	169.026	66.936	102.090		
Β,Δ-Θ	3.750	2.676	9.750	6.958	2.792		
ΣΥΝΟΛΟ	134.895	53.645	350.727	139.477	211.250	22.468	1,97

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 8.21 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
947.911	376.966	570.945	298.118	118.556	179.562	8.162
$Q_{\text{πρωτ.}} = E / \eta_{\text{ηλ}}$, όπου $\eta_{\text{ηλ}}=0,37$ ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

8.5.2. Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β)

Πίνακας 8.22 : Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Β)

Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Β)			
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών	Κόστος φωτιστικών (€)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,31	39	2.859
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21W, μήκους: 960mm, 4308, dimmable	137,02	1	137,02
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W, μήκους: 1260mm, 4310	99,81	5	499,05
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W, μήκους: 1260mm, 4310, dimmable	152,08	3	456,24
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,81	14	1.397,34
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311, dimmable	152,08	15	2.281,2
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84	16	1.821,44
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312, dimmable	166,11	16	2.657,76
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84	82	9.334,88
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313, dimmable	166,11	140	23.255,4
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W. μήκους: 1820mm. 4036	81,92	21	1.720,32
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x54W. μήκους: 1820mm. 4035	81,92	80	6.553,6
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92	2	163,84
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4	73	292
ΣΥΝΟΛΟ		507	53.431

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 8.23 : Συνολική ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε Πτέρυγας (Σενάριο Β)

Πτέρυγα	Ρ _{υφιστάμενη} (W)	Ρ _{προτεινόμενη} (W)	Ε _{υφιστάμενη} (kWh)	Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
Β	66.135	21.273	171.951	57.364	114.587		
Δ	65.010	21.677	169.026	58.475	110.551		
Β,Δ-Θ	3.750	2.676	9.750	6.958	2.792		
ΣΥΝΟΛΟ	134.895	45.626	350.727	115.839	234.888	24.982	2,14

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

Πίνακας 8.24 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Β)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
947.911	313.079	634.831	298.118	98.463	199.654	9.075
$Q_{\text{πρωτ.}} = E / \eta_{\text{ηλ}}$, όπου $\eta_{\text{ηλ}} = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

Πίνακας 8.25 : Συγκριτικός πίνακας τιμών για τα δύο προτεινόμενα Σενάρια Α και Β

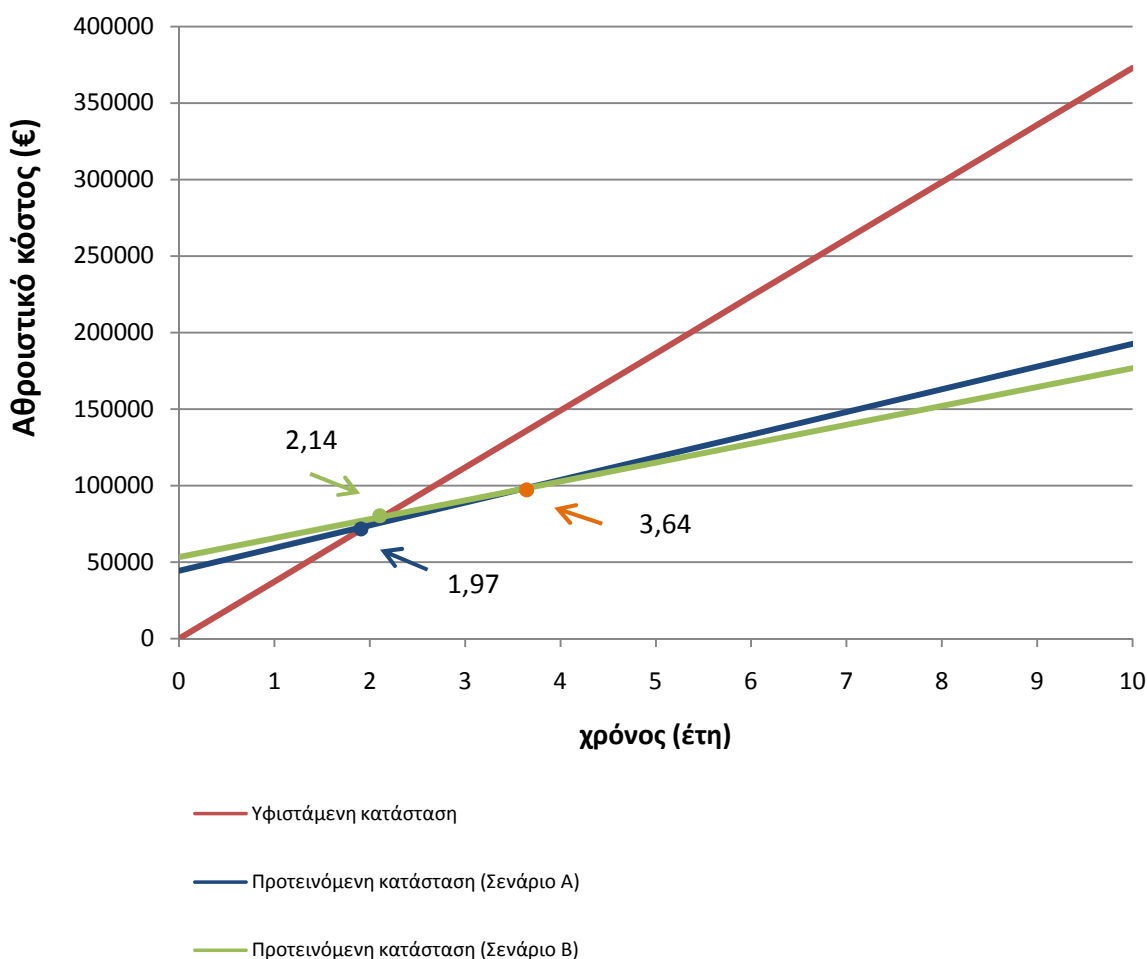
Επίπεδο	(Α) Ρ _{προτεινόμενη} (W)	(Β) Ρ _{προτεινόμενη} (W)	(Α) Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	(Β) Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Επιπλέον κόστος φωτιστικών (€)	Εξοικονό- μηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)
Β	25.224	21.273	65.582	57.364			
Δ	25.745	21.677	66.936	58.475			
Β,Δ-Θ	2.676	2.676	6.958	6.958			
ΣΥΝΟΛΟ	53.645	45.626	139.477	115.839	9.149	23.638	2.514

Σημειώνεται ότι ο δείκτης (Α) αφορά το σενάριο Α και ο (Β) το σενάριο Β.

Συγκρίνοντας τα δύο προτεινόμενα συστήματα αναβάθμισης του τεχνητού φωτισμού, ο χρόνος απόσβεσης του προτεινόμενου συστήματος του Σεναρίου Β είναι 3,64 έτη.

Κεφάλαιο 8^ο Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α και Β)

Οι χρόνοι απόσβεσης, που υπολογίστηκαν ανωτέρω, παρουσιάζονται γραφικά στο ίδιο διάγραμμα.



Σχήμα 8.1 : Γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για κάθε σενάριο

Παρατηρείται ότι το προτεινόμενο σενάριο αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) είναι το περισσότερο συμφέρον οικονομικά. Έχει το μεγαλύτερο κόστος επένδυσης, ωστόσο μετά τα 3,64 έτη έχει το μικρότερο κόστος λειτουργίας.

Κεφάλαιο 9^ο

Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα αποτελέσματα των δύο προτεινόμενων σεναρίων αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) και με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β). Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται με την υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου. Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα των προτεινόμενων δράσεων.

Πίνακας 9.1 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις τρεις καταστάσεις για το σύνολο των χώρων.

Υφιστάμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων							
Συνολική ισχύς (W)	Κατανομή ισχύος (W/m ²)		Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)		
134.895	23,7		350.727	947.911	298.118		
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Α)							
Συνολική ισχύς (W)	Κατανομή ισχύος (W/m ²)	Ενεργειακή απόδοση (lm/W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
53.645	9,4	59	139.477	376.966	118.556	44.282	1,97
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Β)							
Συνολική ισχύς (W)	Κατανομή ισχύος (W/m ²)	Ενεργειακή απόδοση (lm/W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
45.626	8	69,3	115.839	313.079	98.463	53.431	2,14

- **Ισχύς**

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα και αποδοτικότερα (Σενάριο Α) επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 60,2% σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα, δηλαδή κατά 81,25 kW.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β) 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 66,2% σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα, δηλαδή κατά 89,269 kW.

Επίσης, με το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού του Σεναρίου Β επιτυγχάνεται μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 14,9% σε σχέση με το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού του Σεναρίου Α, δηλαδή κατά 8,019 kW.

• **Ενεργειακοί δείκτες**

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) η κατανομή ισχύος μειώνεται σε 9,4 W/m² από 23,7 W/m² στην υφιστάμενη κατάσταση. Η νέα τιμή είναι πλέον απολύτως αποδεκτή από τον Κ.Εν.Α.Κ., σε αντίθεση με την παλιά. Επιπλέον, η τιμή της φωτεινής αποδοτικότητας είναι 59 lm/W, τιμή επίσης αποδεκτή από τα όρια που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ..

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β), η κατανομή ισχύος μειώνεται σε 8 W/m², τιμή απολύτως αποδεκτή από τον Κ.Εν.Α.Κ., ενώ η τιμή της φωτεινής αποδοτικότητας είναι 69,3 lm/W, τιμή απολύτως αποδεκτή από τα όρια του Κ.Εν.Α.Κ..

• **Ενεργειακή κατανάλωση**

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της καταναλισκομένης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 211,25 MWh ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η εξοικονόμηση αυτή ισοδυναμεί με εξοικονόμηση 571 MWh πρωτογενούς ενέργειας ετησίως.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β) επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται κατά 234,9 MWh ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Δηλαδή, εξοικονομούνται 634,8 MWh πρωτογενούς ενέργειας ετησίως.

Επίσης, με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Β, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 23,64 MWh ετησίως σε σχέση με το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού του Σεναρίου Α. Η εξοικονόμηση αυτή ισοδυναμεί με εξοικονόμηση 63,9 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 179,6 tn ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Ο αριθμός των νέων δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση ρύπων που επιτεύχθηκε είναι 8.162 δέντρα ετησίως.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β) επιτυγχάνεται μείωση των ρύπων CO₂ κατά 199,7 tn ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Στη μείωση αυτή αντιστοιχούν 9.075 νέα δέντρα ετησίως.

Επίσης, με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Β επιτυγχάνεται μείωση των ρύπων CO₂ κατά 20,1 tn ετησίως σε σχέση με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α, μείωση που ισοδυναμεί με 913 δέντρα ετησίως.

- **Κόστος και χρόνος απόσβεσης**

Το κόστος για την εγκατάσταση του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) είναι 44.282 € και η επένδυση μπορεί να αποσβεθεί σε 1,97 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 53.431 € και η επένδυση μπορεί να αποσβεθεί σε 2,14 έτη.

Δηλαδή με το επιπλέον ποσό των 9.149 €, εγκαθίσταται το σύστημα φωτισμού του Σεναρίου Β, το οποίο αποσβένεται 2 μήνες αργότερα σε σχέση με την εγκατάσταση του συστήματος φωτισμού του Σεναρίου Α, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνει όλα τα επιπλέον ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που αναφέρθηκαν.

Βιβλιογραφία

- [1] http://ec.europa.eu/climateaction/eu_action/index_el.htm
- [2] <http://www.eea.europa.eu/el/themes/climate/intro>
- [3] Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
- [4] «Χτίζοντας το μέλλον»- το Πρόγραμμα για τα Βιώσιμα Κτίρια και την Πράσινη Ανάπτυξη, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [5] «Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [6] 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.
- [7] <http://www.ypeka.gr/>
- [8] ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ - ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ / Αρ. Φύλλου 407, 9 Απριλίου 2010.
- [9] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm
- [10] «Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω της Θερμομόνωσης», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [11] «Το «φυτεμένο δώμα» στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική», περιοδικό Sun & Shadow, <http://www.eco-home.gr/dimosieusis.html>
- [12] www.egreen.gr
- [13] Μανόλης Ηλιάκης, «Τα συστήματα ηλιοπροστασίας ως στοιχεία της όψης κτιρίων», <http://www.mmd.gr>
- [14] Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές, ΠΕΤΕΠ 03-11-20-00, Έκδοση 3.0, Ιούνιος 2010, Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, <http://www.iok.gr/>
- [15] Θεώνη Καρλέση, «Ψυχρά υλικά στον αστικό ιστό για εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση του μικροκλίματος», Ημερίδα ΟΣΜΕ με θέμα «Ο κλάδος μαρμάρου σε αναζήτηση διεξόδων από την κρίση».
- [16] Πρόγραμμα «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ», Υλικό Προετοιμασίας, Υπουργείο Ανάπτυξης.
- [17] Μιχάλης Γρ. Βραχόπουλος, «Αναλυτική προσέγγιση κεντρικών θερμάνσεων», Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 2004.
- [18] Ελένη Ανδρεαδάκη, «Βιοκλιματικός σχεδιασμός: περιβάλλον και βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2007.
- [19] <http://www.ydrometal.gr/>, Γ.Α.Βλαχάκη, «Βελτίωση απόδοσης στις εγκαταστάσεις παραγωγής ζεστού νερού χρήσης».
- [20] ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GREENBUILDING, Τεχνικό Εγχειρίδιο για τον Φωτισμό, <http://www.cres.gr/greenbuilding/Odigies.htm>
- [21] «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [22] «Ενσωμάτωση τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμηση Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

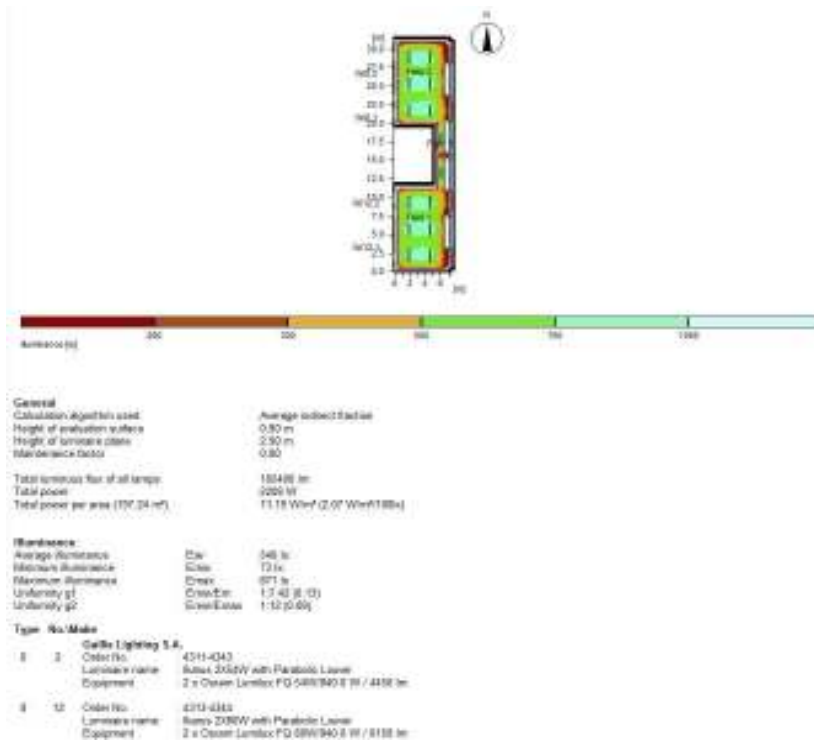
Βιβλιογραφία

- [23] ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GREENBUILDING, Τεχνική Ενότητα για την θέρμανση, <http://www.cres.gr/greenbuilding/Odigies.htm>
- [24] «Οδηγός για Συμπαράγωγή», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [25] Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης - ΣΔΕΑ 1 (2007), Υπουργείο Ανάπτυξης σε συνεργασία με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [26] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, «Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων», Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση.
- [27] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, «Φωτοτεχνία», Εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
- [28] Λάμπρος Θ. Δούλος, Διδακτορική διατριβή, «Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού», ΕΜΠ, Αθήνα, Οκτώβριος 2010.
- [29] IESNA, "The IESNA Lighting Handbook, Reference and Application", 9th edition, ISBN 0-87995-150-8, 2000.
- [30] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20702-5/2010, «ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ», Α' Έκδοση, Αθήνα, Ιανουάριος 2011.
- [31] Zumtobel Staff, "The Lighting Handbook", 1st edition, July 2004.
- [32] Ercos guide, Edition: 01/03/2010.
- [33] «Πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Μελέτες και έργα 1994-97», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
- [34] <http://www.chemeng.ntua.gr>
- [35] ΕΛΟΤ EN 12464.01 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ, «Φως και φωτισμός- Φωτισμός χώρων εργασίας – Μέρος 1: Εσωτερικοί χώροι εργασίας».
- [36] Στέφανος Διαμαντής, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών.
- [37] Gallis Lighting S.A, «Επαγγελματικές Λύσεις Αρχιτεκτονικού Φωτισμού».
- [38] Relux Light Simulation Tools, "ReluxSuite Manual".

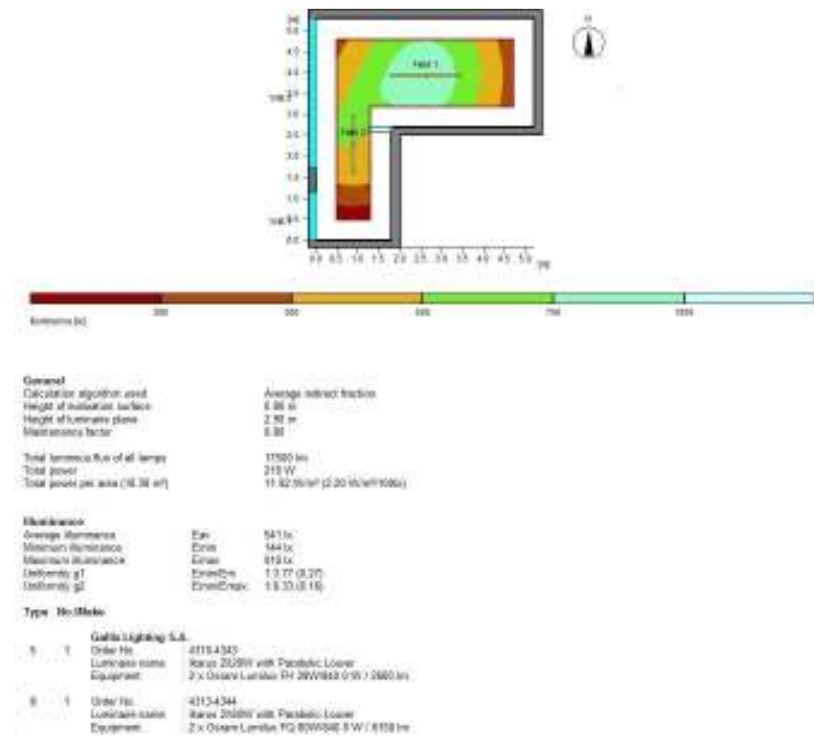
Παράρτημα Α

Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

Χώρος B001-B004

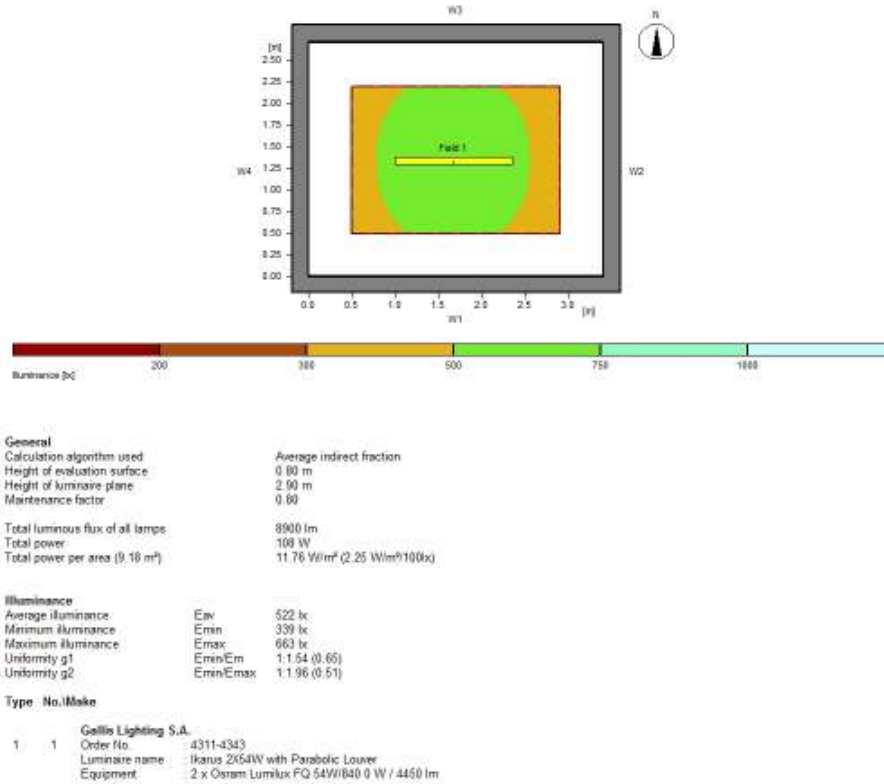


Χώρος B001-B004.α

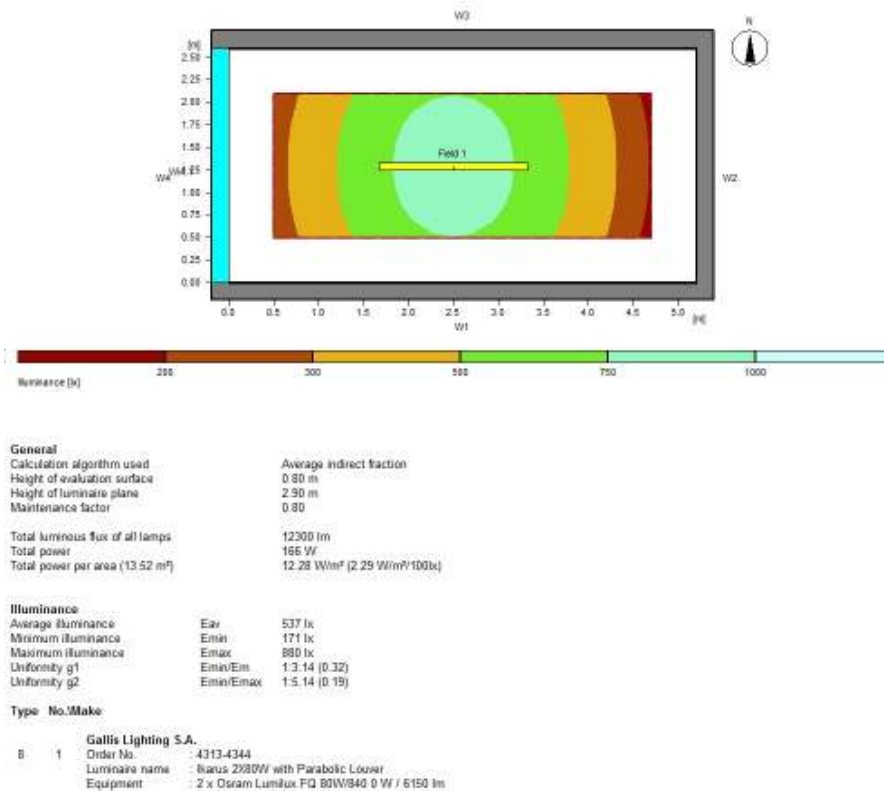


Παράρτημα Α Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

Χώρος Β001-Β004.β

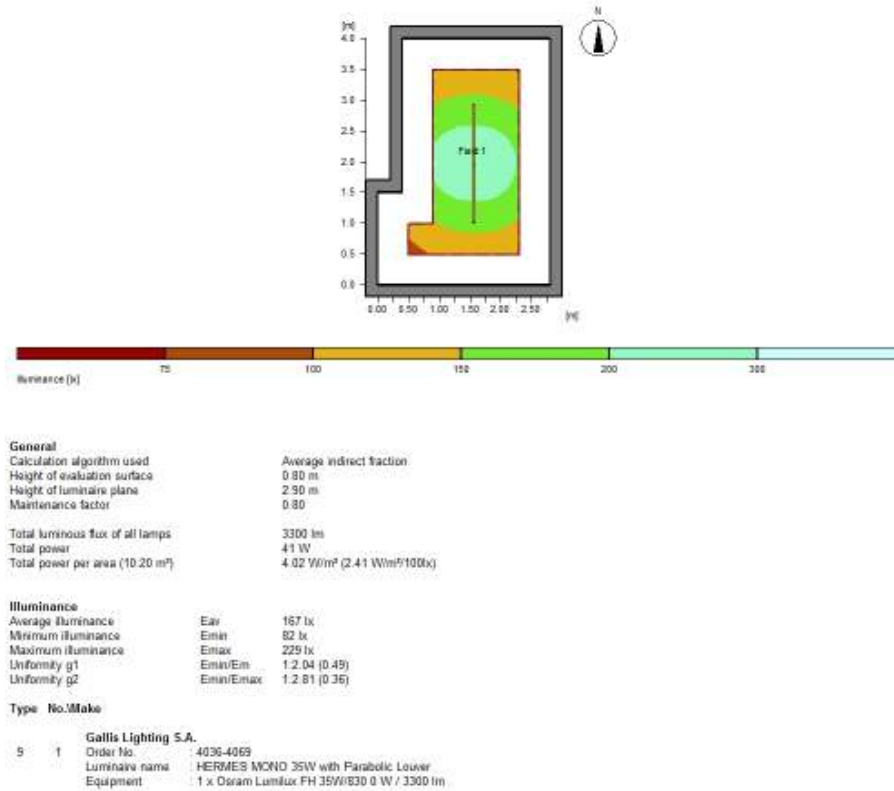


Χώρος Β001-Β004.γ

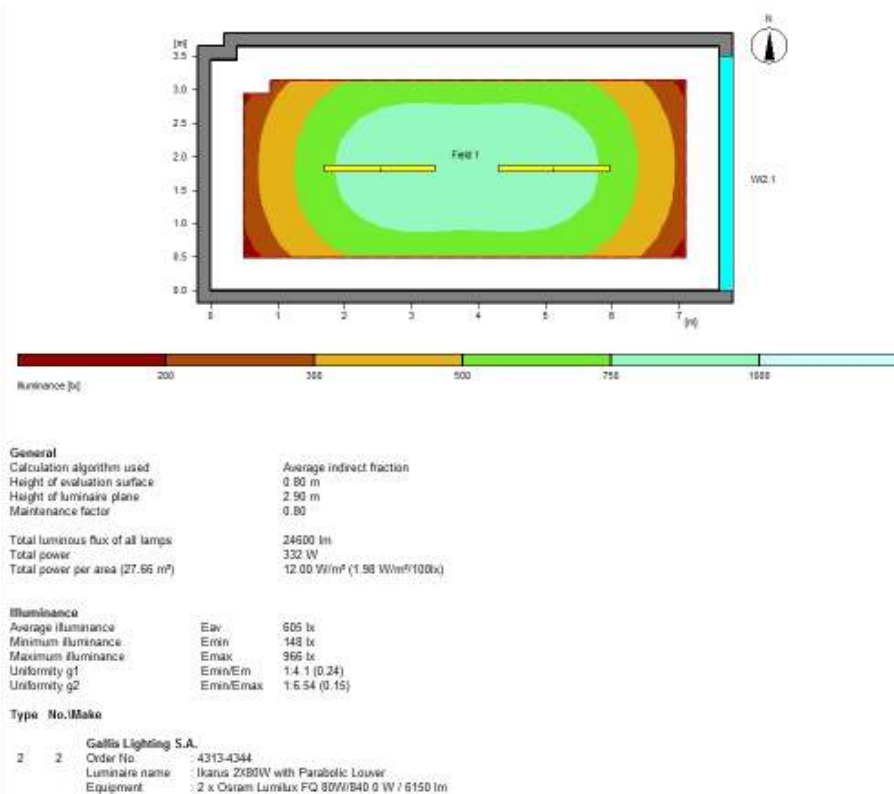


Παράρτημα Α Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

Χώρος B005

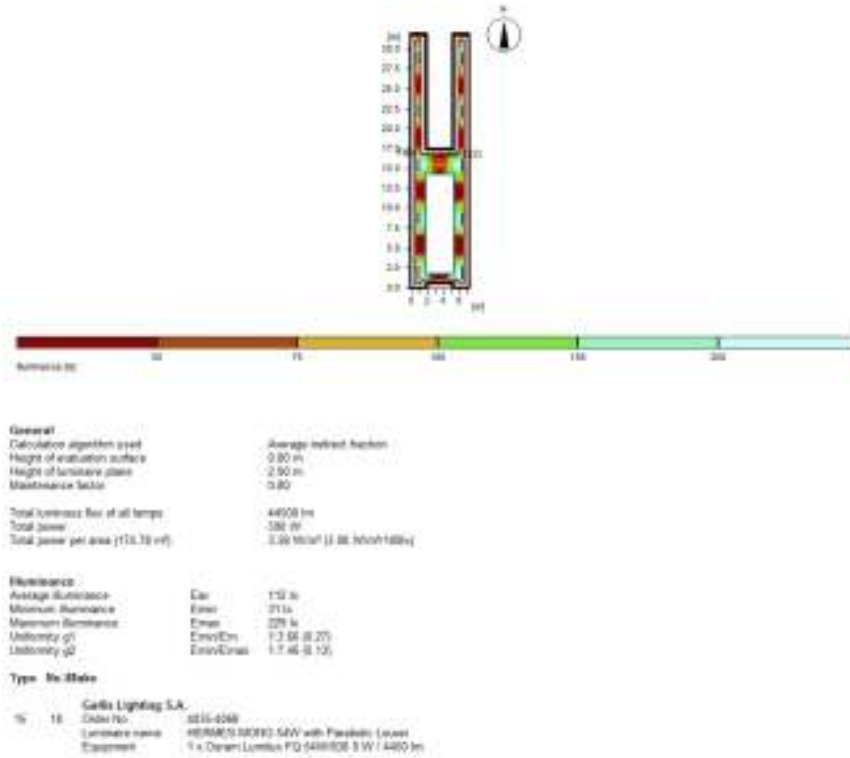


Χώρος B011

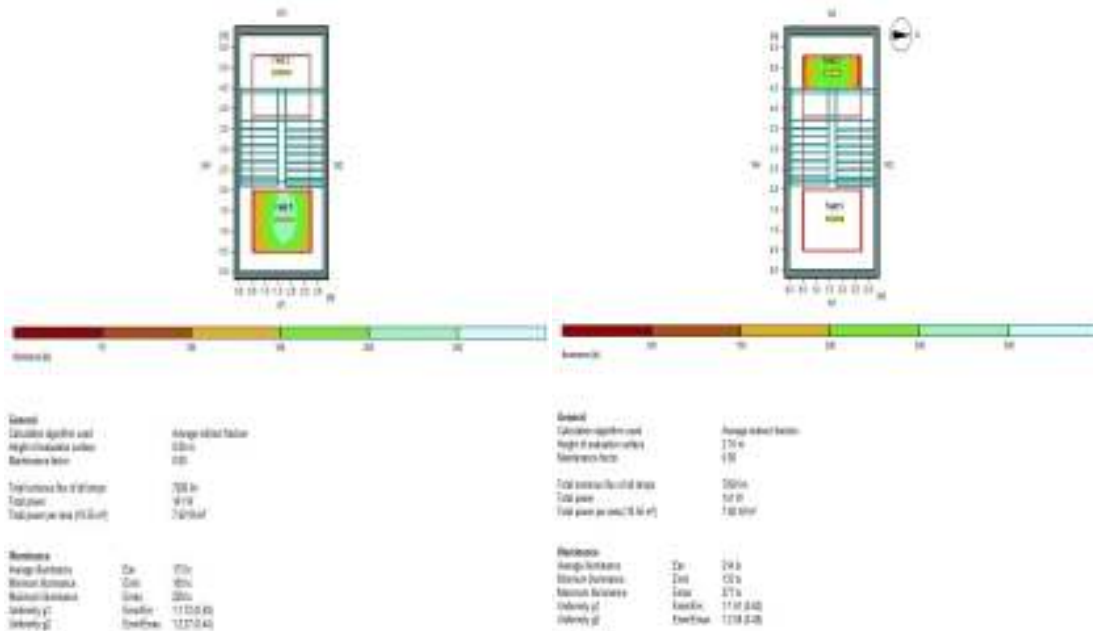


Παράρτημα Α Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

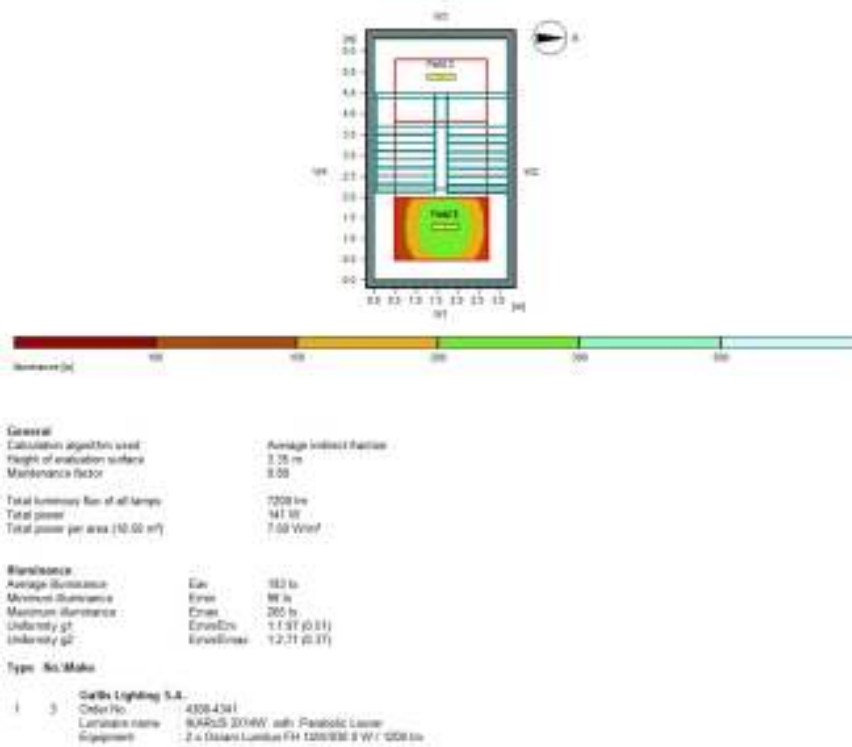
Χώρος Βδ01-Βδ04



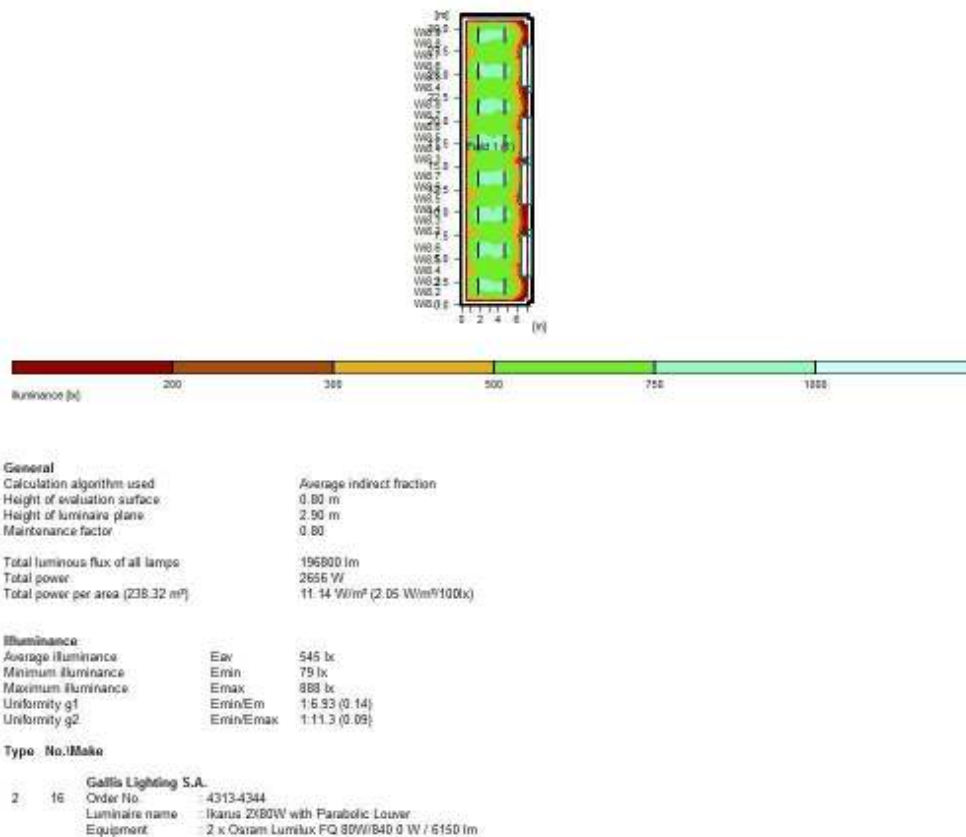
Χώρος Βκλ01



Παράρτημα Α Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

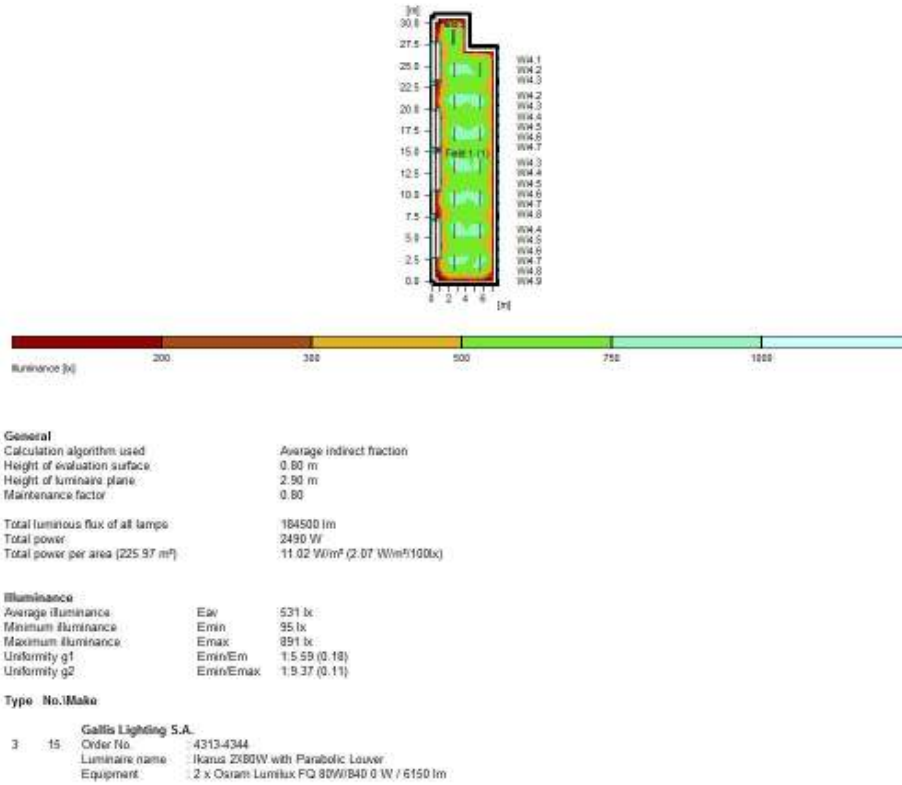


Χώρος B201-B204

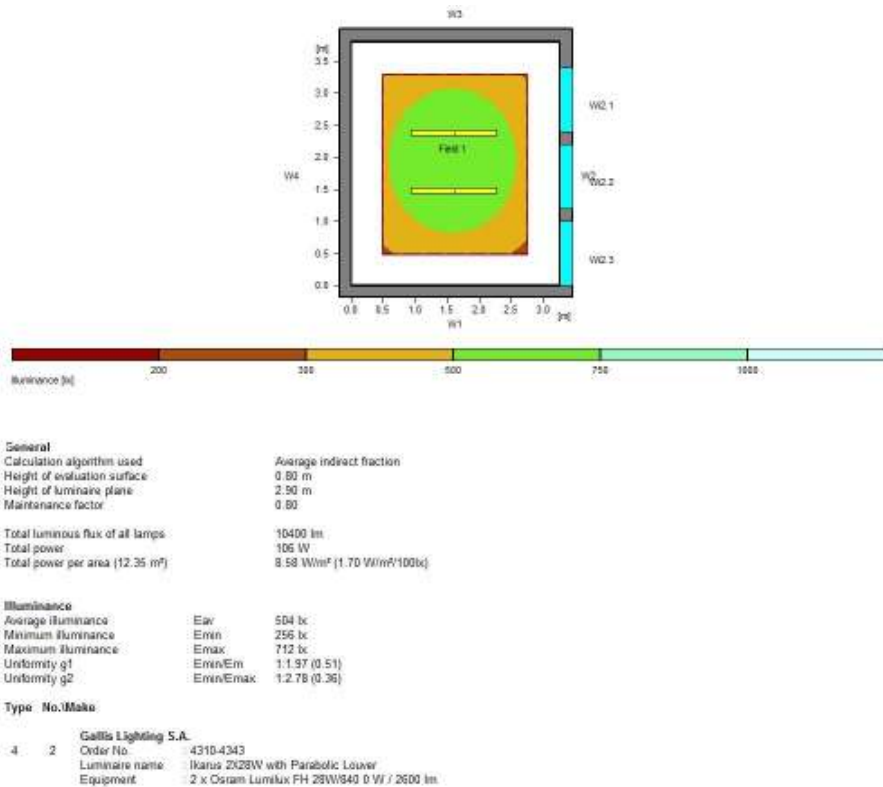


Παράρτημα Α Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

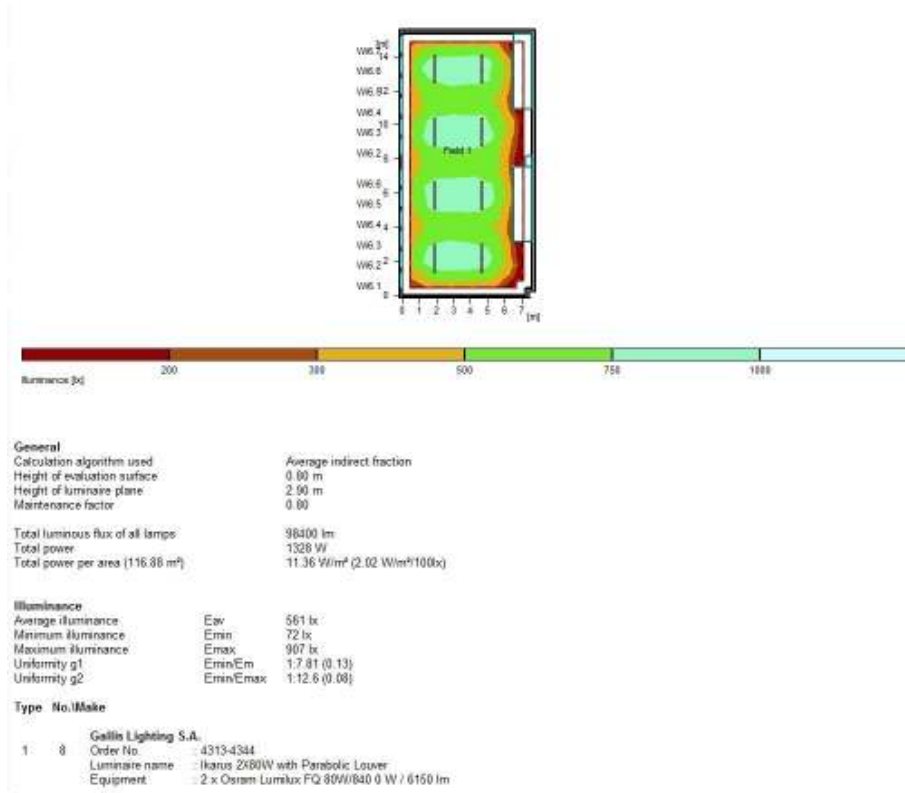
Χώρος B207-B210



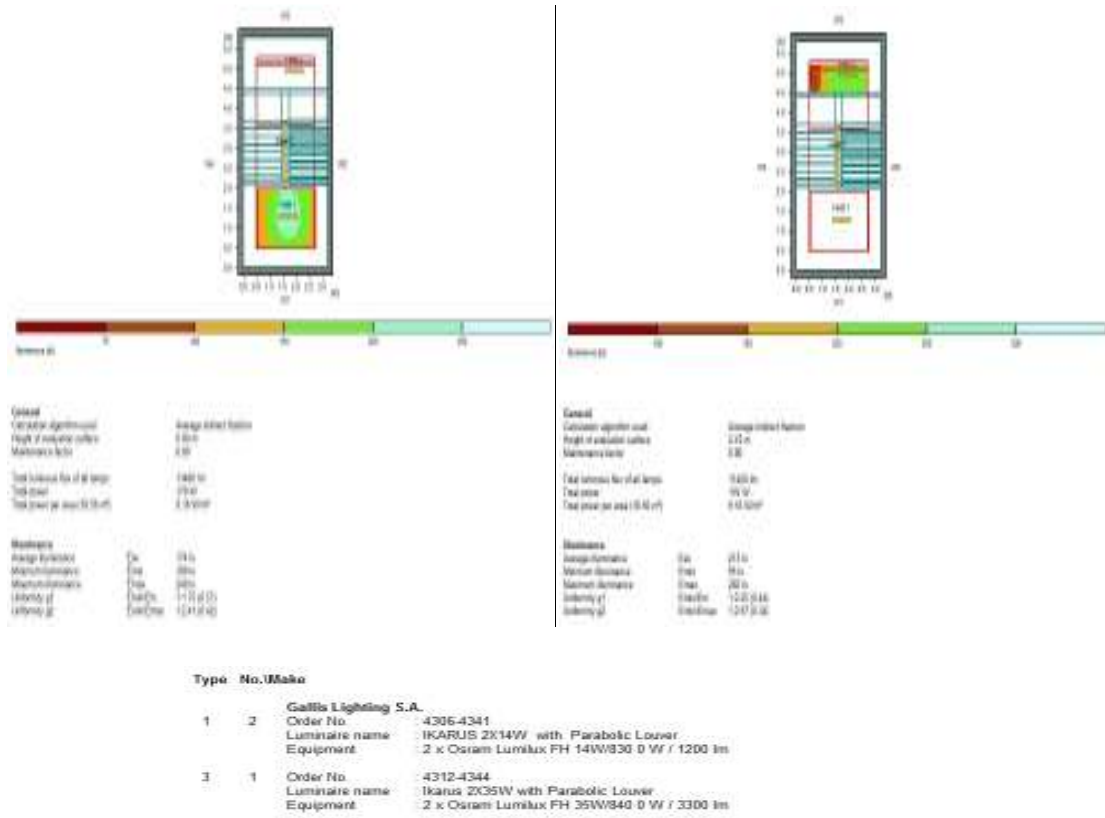
Χώρος B207-B210.α



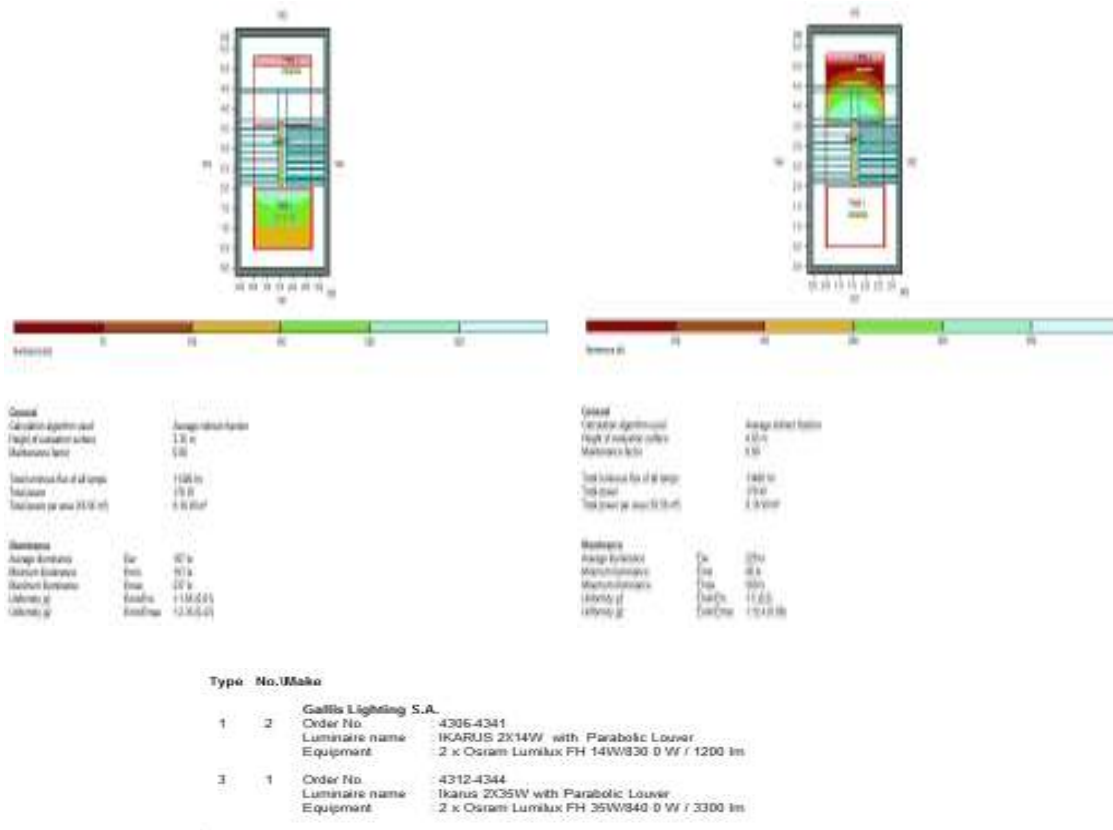
Χώρος B301-B302



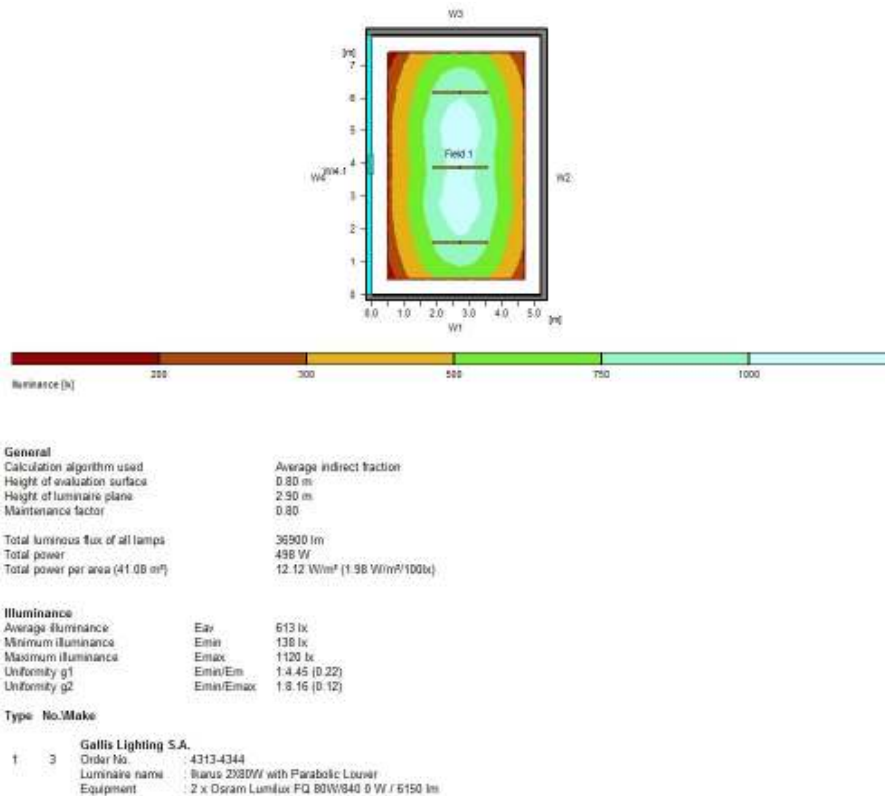
Χώρος Βκλ34



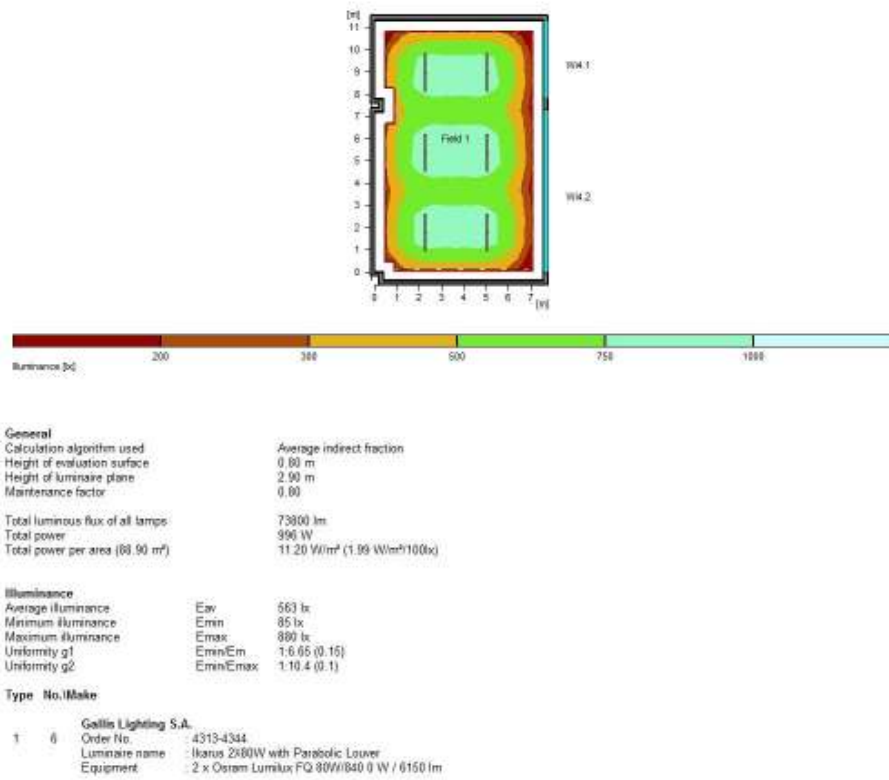
Παράρτημα Α Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)



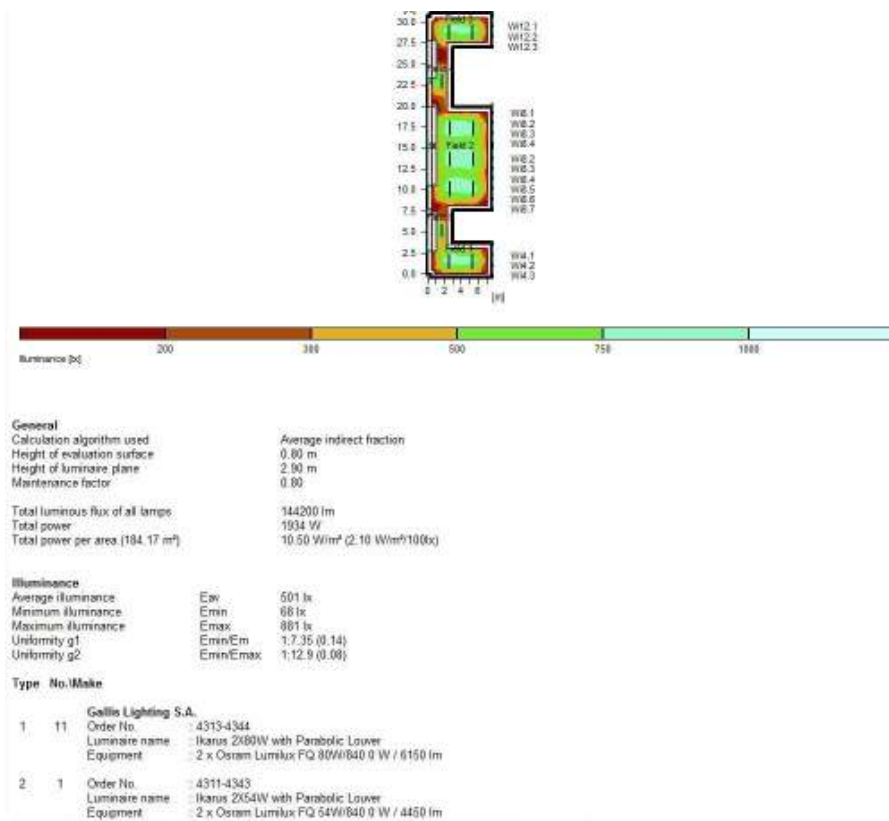
Χώρος Δ101-Δ104.β



Χώρος Δ112-Δ114

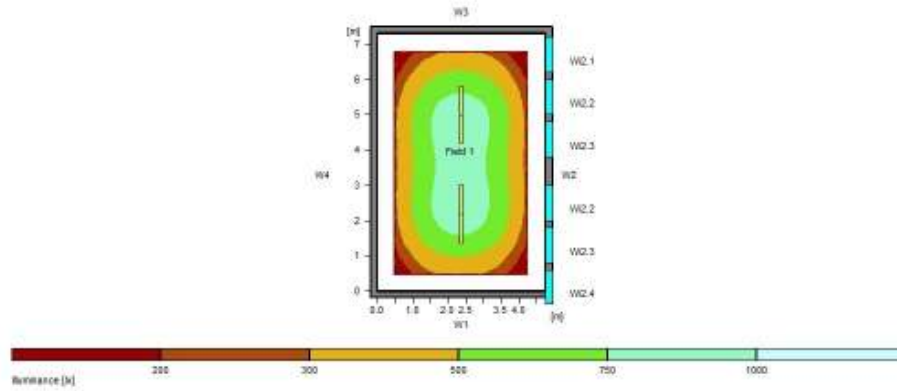


Χώρος Δ307-Δ310



Παράρτημα Α Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

Χώρος Δ307-Δ310.β

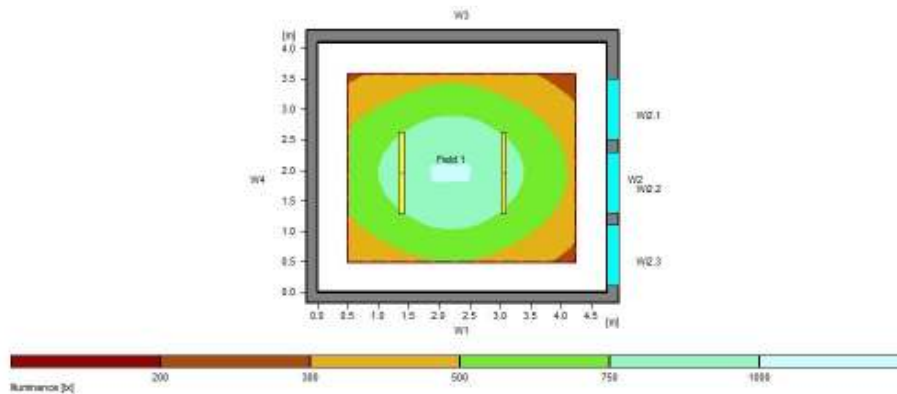


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	24600 lm
Total power	332 W
Total power per area (34.67 m ²)	9.57 W/m ² (1.91 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 502 lx
Minimum illuminance	Emin 103 lx
Maximum illuminance	Emax 912 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 11.4.87 (0.21)
Uniformity g2	Emin/Emax 1.8.85 (0.11)

Type No./Make	
1	2
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	4313-4344
Luminaire name	Ikanus 2X30W with Parabolic Louver
Equipment	2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 6150 lm

Χώρος Δ307-Δ310.γ

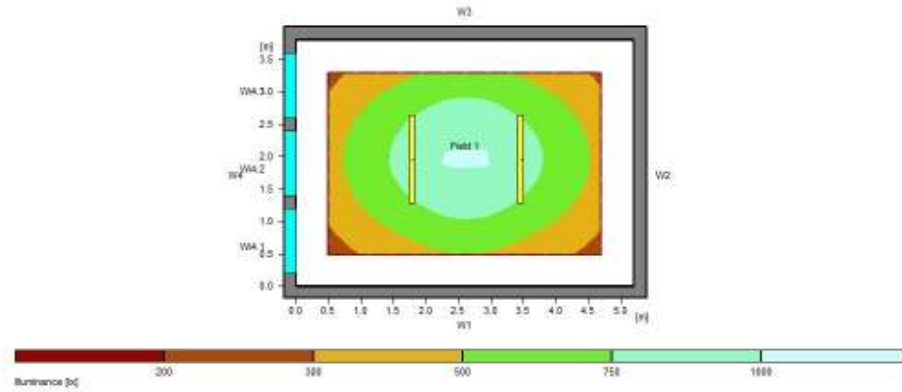


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (19.48 m ²)	11.09 W/m ² (1.83 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 606 lx
Minimum illuminance	Emin 202 lx
Maximum illuminance	Emax 1010 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1.3.01 (0.33)
Uniformity g2	Emin/Emax 1.5.01 (0.2)

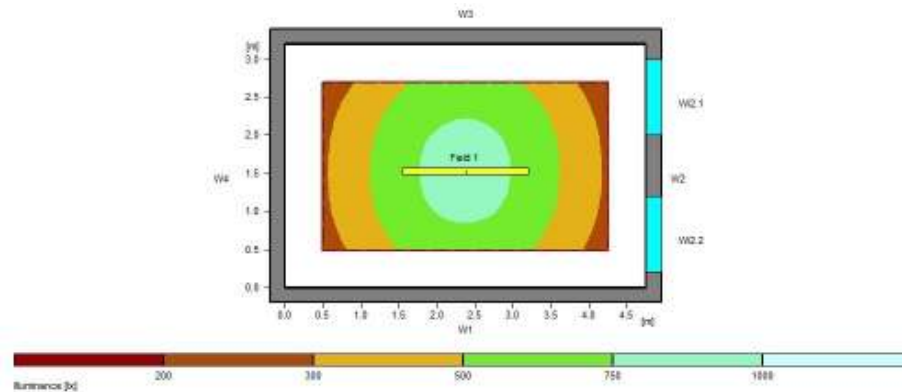
Type No./Make	
2	2
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	4311-4343
Luminaire name	Ikanus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος Δ401-Δ404.β



General		
Calculation algorithm used		Average indirect fraction
Height of evaluation surface		0.00 m
Height of luminaire plane		2.90 m
Maintenance factor		0.80
Total luminous flux of all lamps		17800 lm
Total power		216 W
Total power per area (19.76 m ²)		10.93 W/m ² (1.81 W/m ² 100lx)
Illuminance		
Average illuminance	Eav	603 lx
Minimum illuminance	Emin	214 lx
Maximum illuminance	Emax	1010 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1.2 82 (0.35)
Uniformity g2	Emin/Emax	1.4 71 (0.21)
Type No./Make		
1	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. 4311-4343
		Luminaire name Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
		Equipment 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

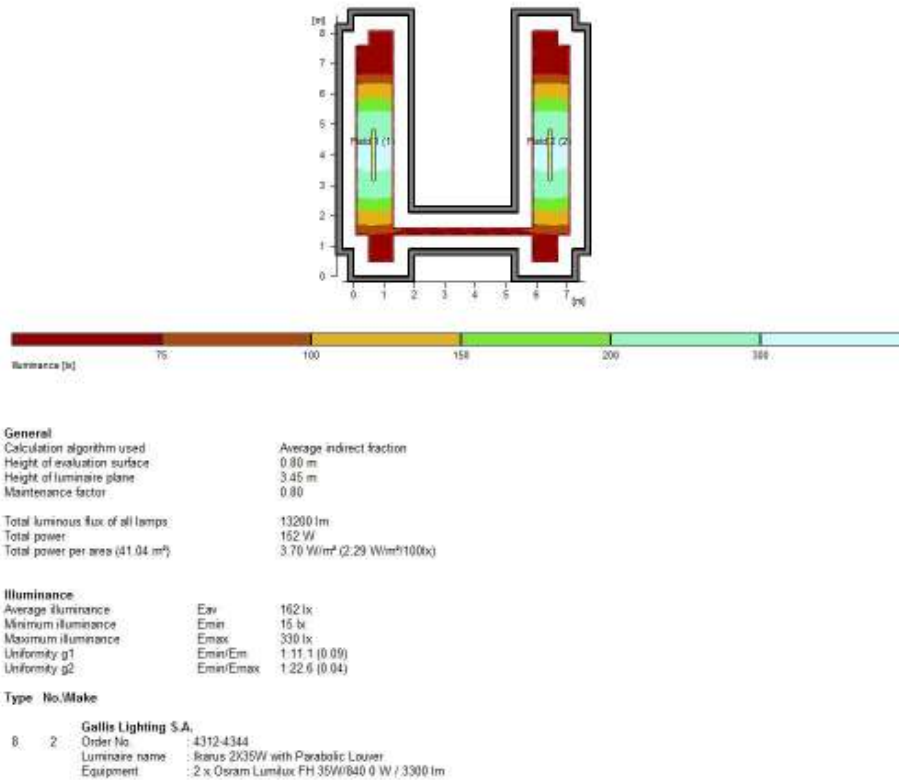
Χώρος Δ407-Δ410.β



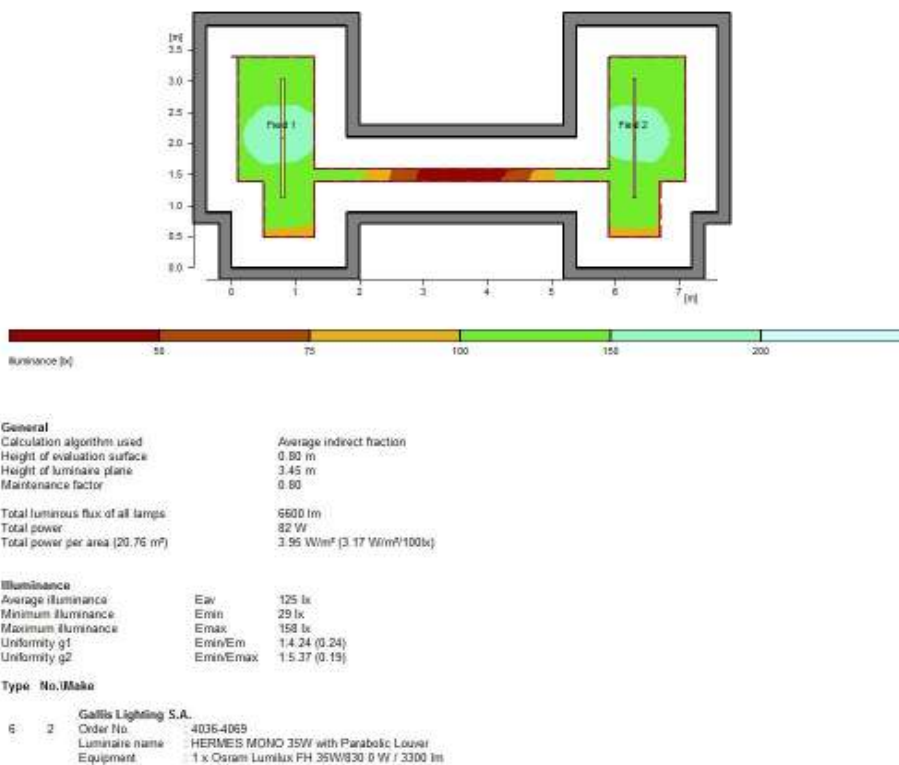
General		
Calculation algorithm used		Average indirect fraction
Height of evaluation surface		0.00 m
Height of luminaire plane		2.90 m
Maintenance factor		0.80
Total luminous flux of all lamps		12300 lm
Total power		166 W
Total power per area (15.20 m ²)		10.92 W/m ² (2.08 W/m ² 100lx)
Illuminance		
Average illuminance	Eav	626 lx
Minimum illuminance	Emin	190 lx
Maximum illuminance	Emax	854 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1.2 66 (0.38)
Uniformity g2	Emin/Emax	1.4 32 (0.23)
Type No./Make		
2	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. 4313-4344
		Luminaire name Ikarus 2x80W with Parabolic Louver
		Equipment 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 6150 lm

Παράρτημα Α Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

Χώρος Βδ06-Βδ08



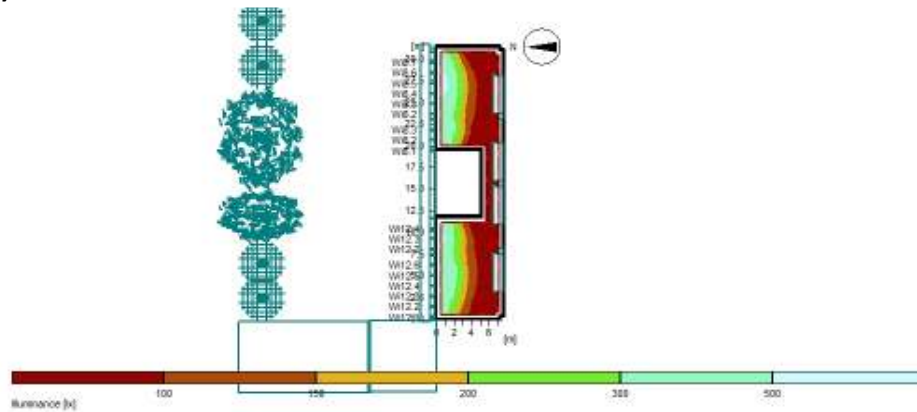
Χώρος Δδ17



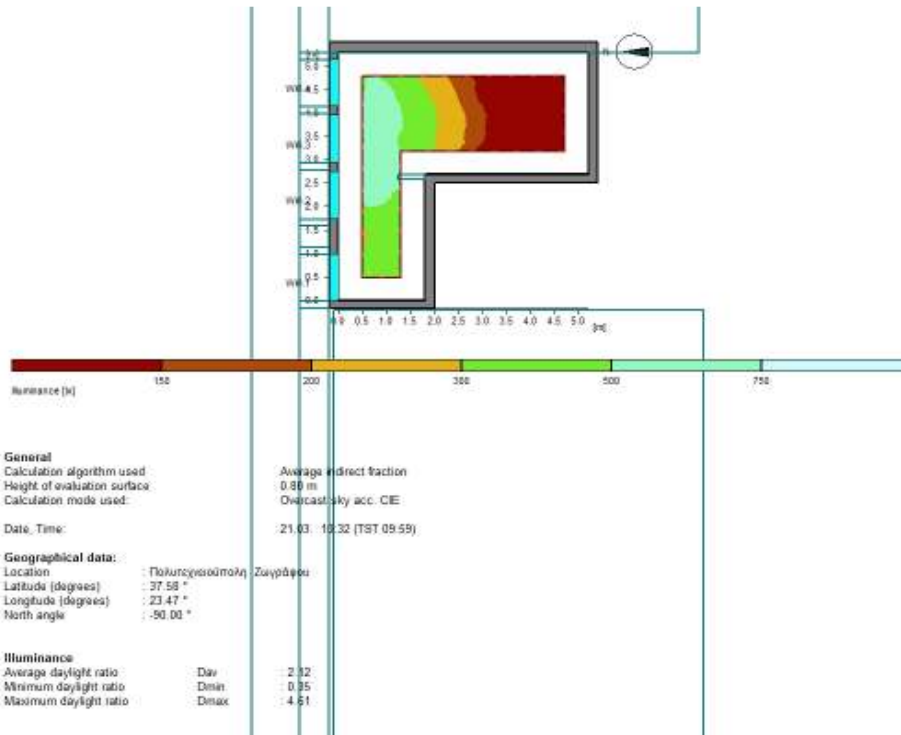
Παράρτημα Β

Αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

Χώρος Β101-B104

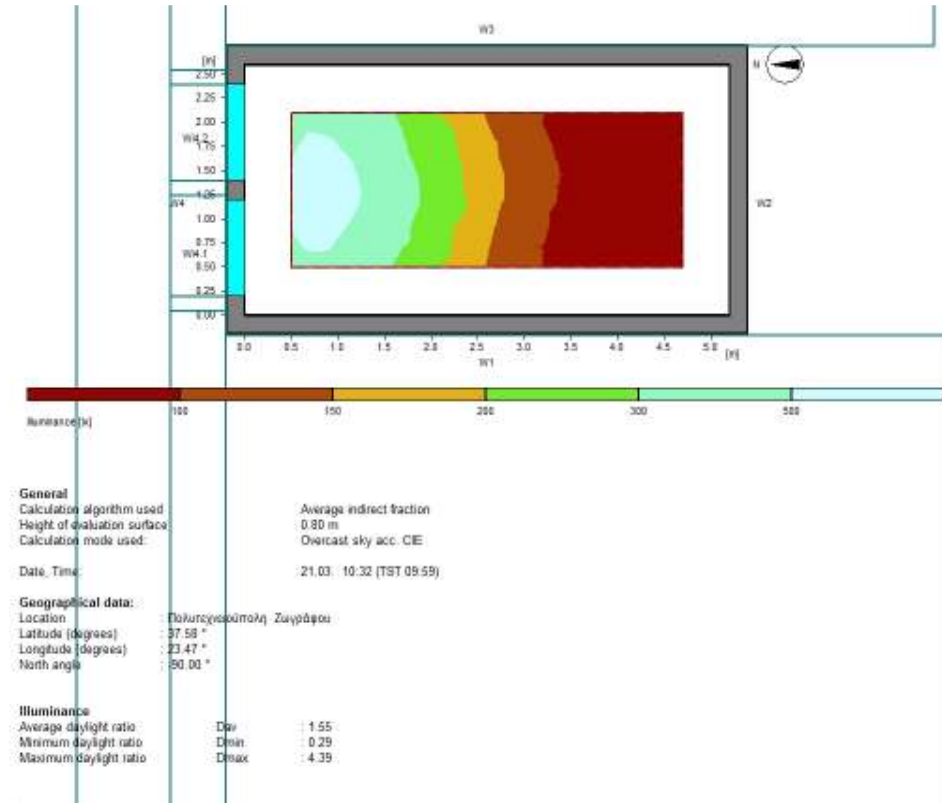


Χώρος Β101-B104.α

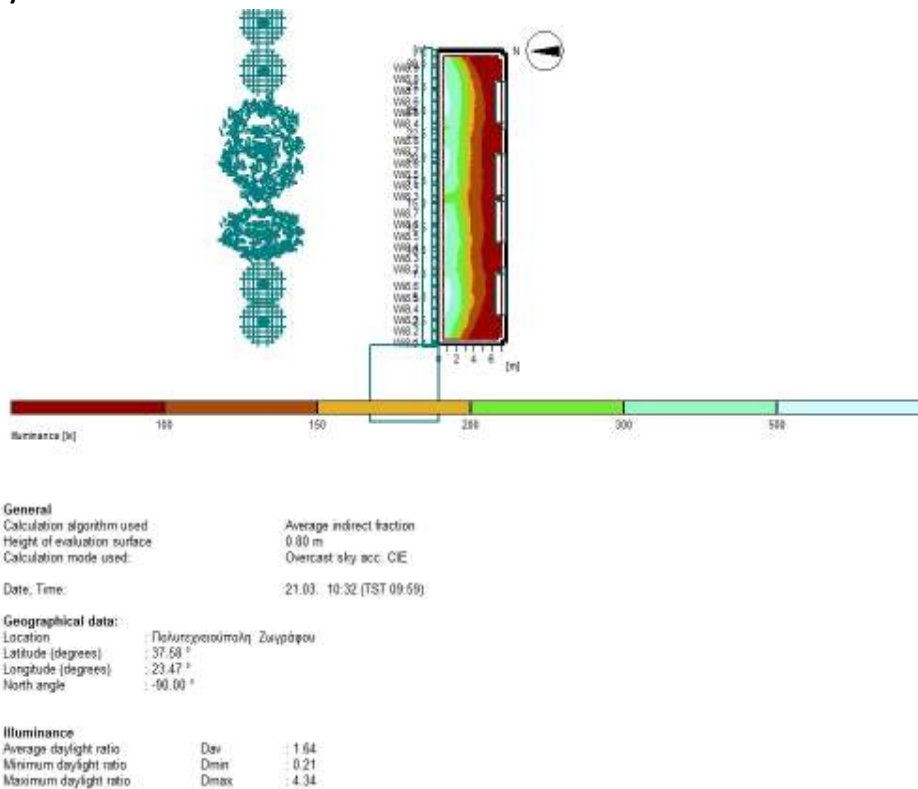


Παράρτημα Β Αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

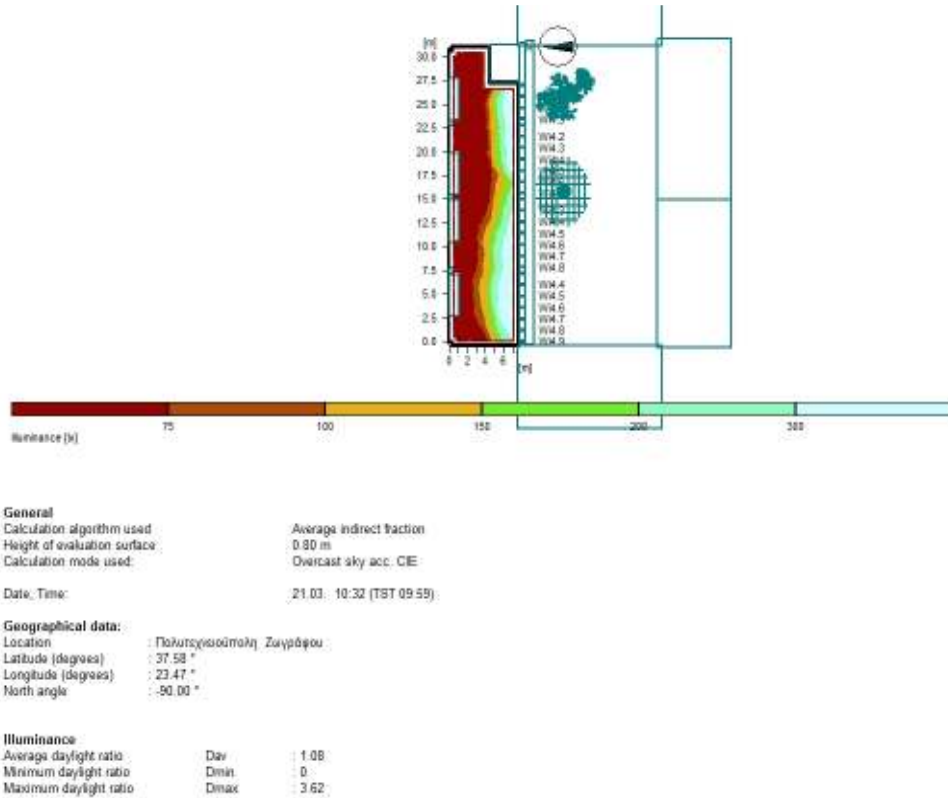
Χώρος Β101-Β104.γ



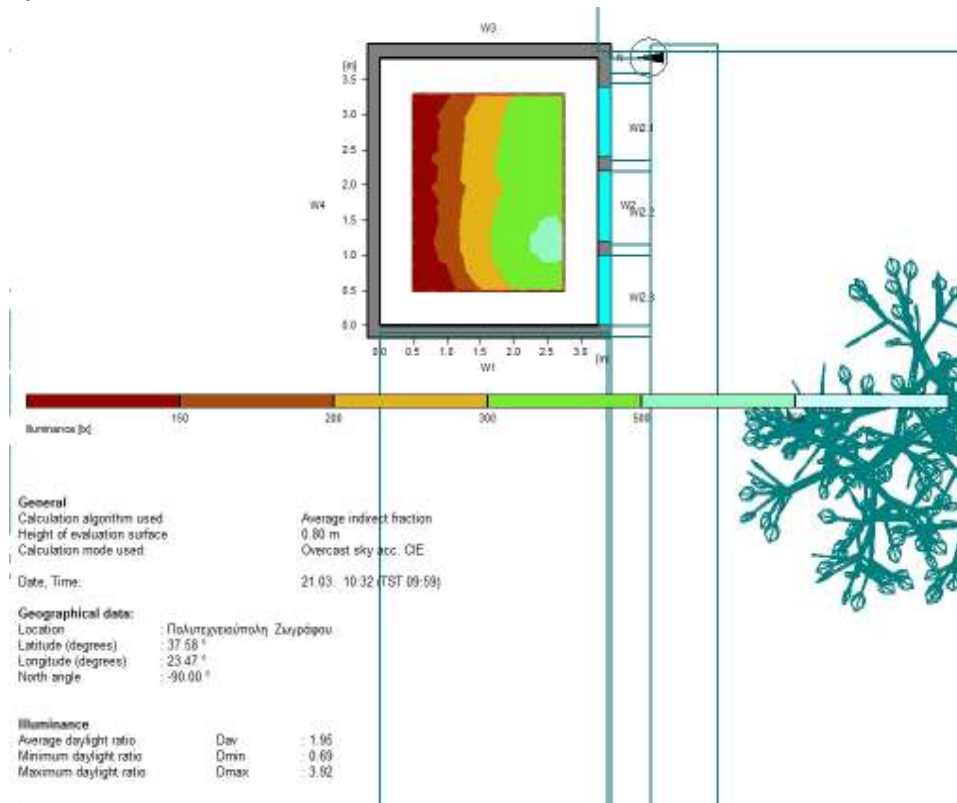
Χώρος Β201-Β204



Χώρος B207-B210

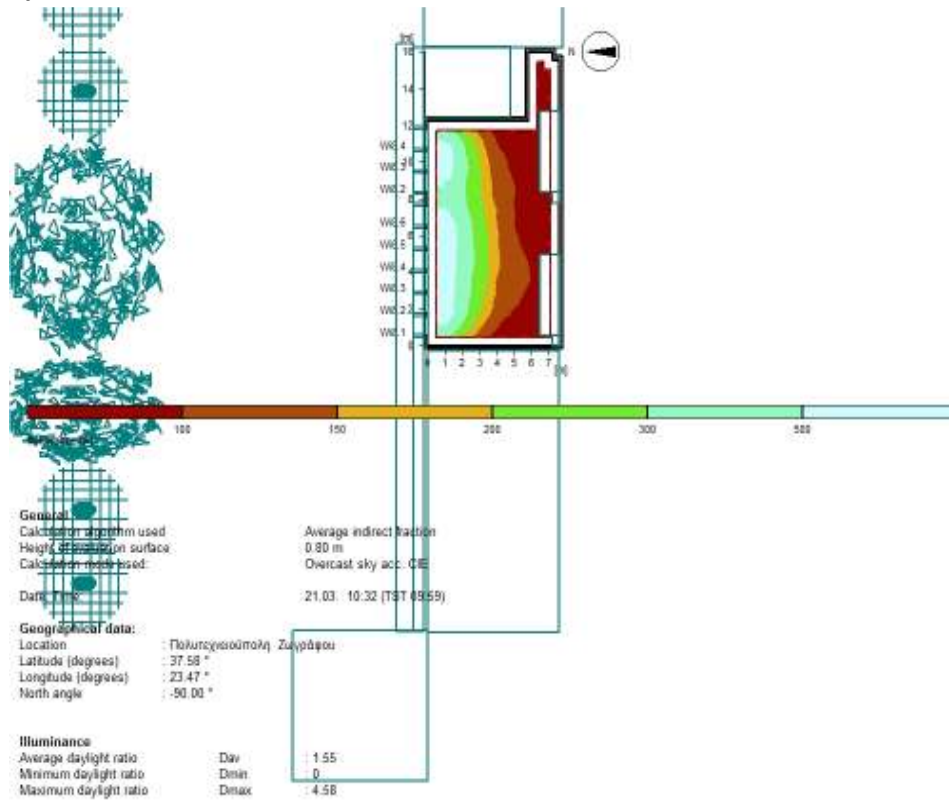


Χώρος B207-B210.α

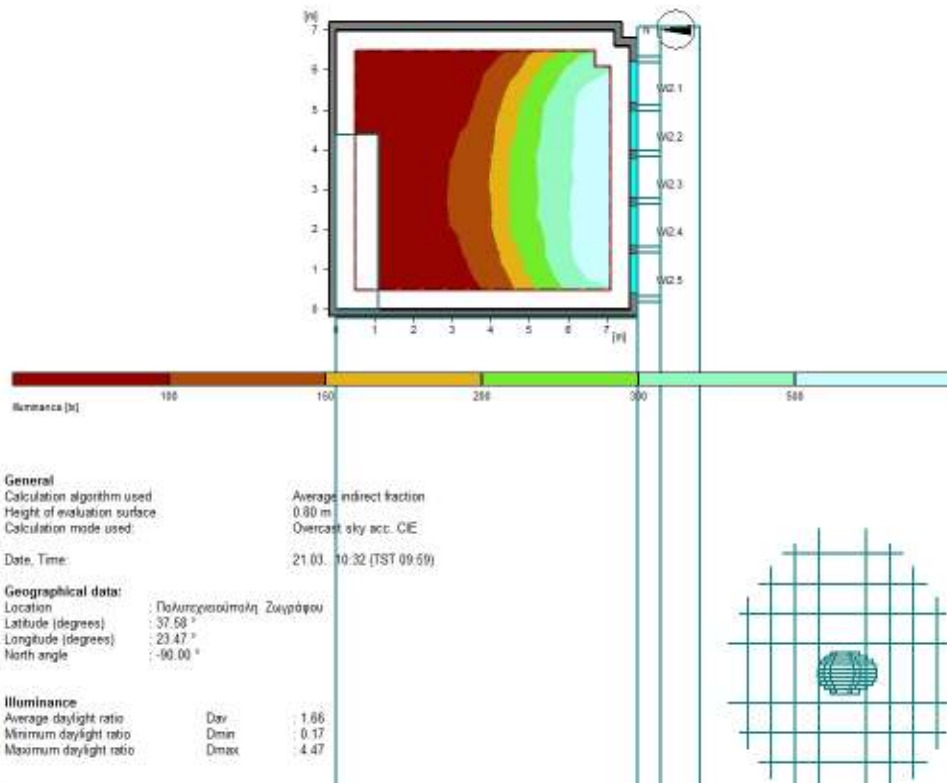


Παράρτημα Β Αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

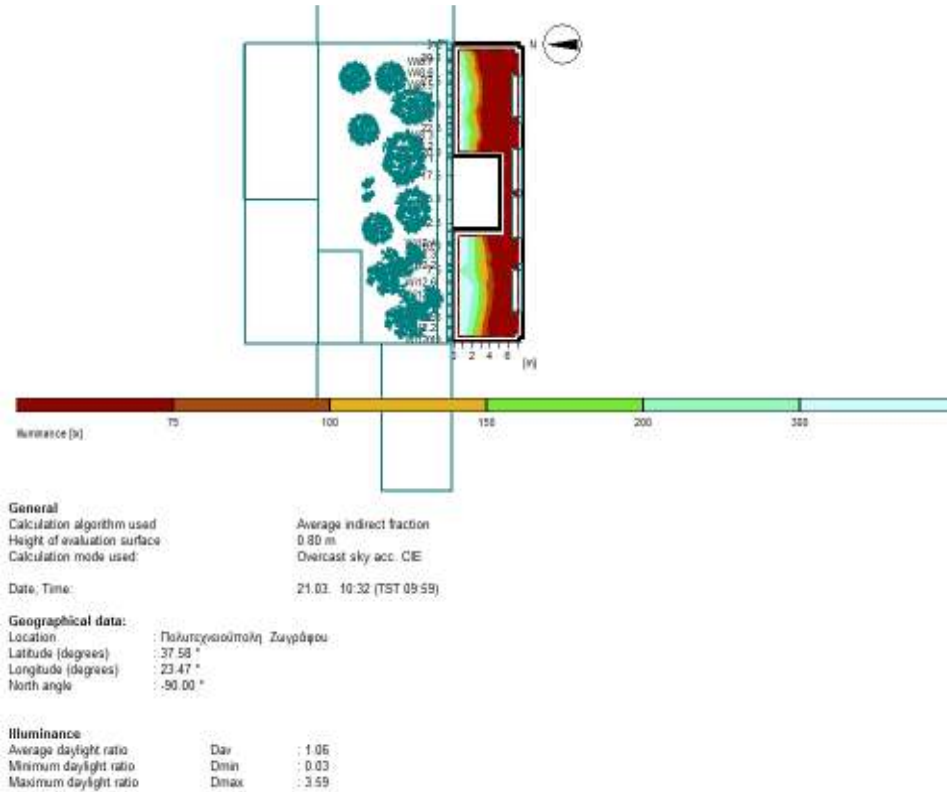
Χώρος B303



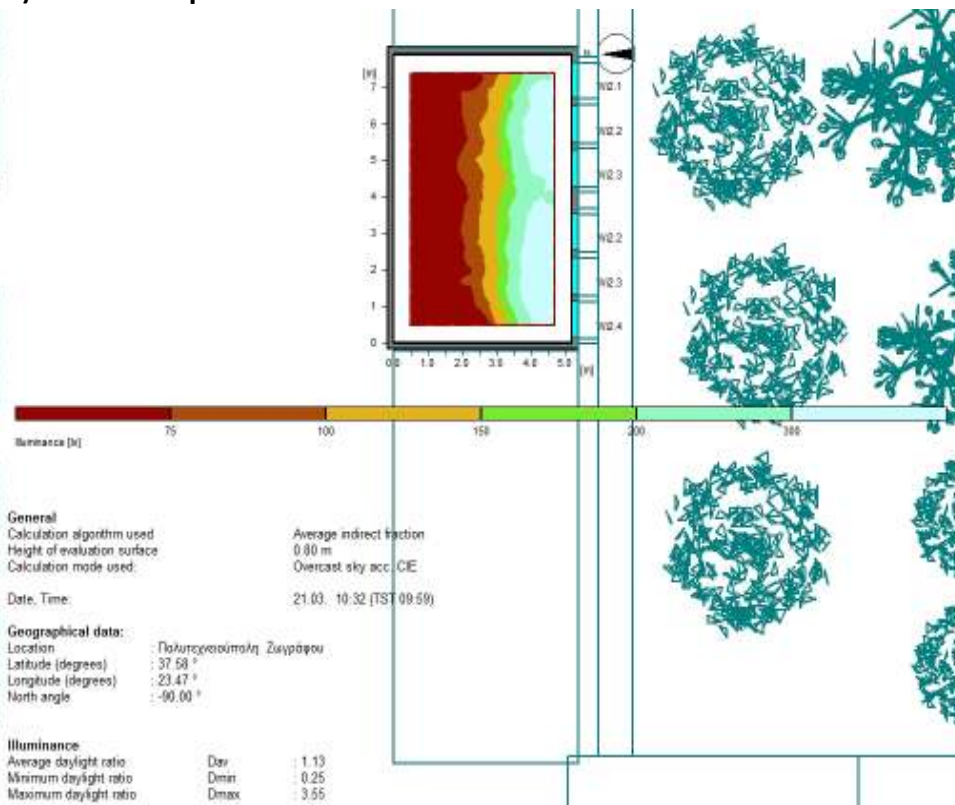
Χώρος B307-B310.α



Χώρος Δ201-Δ204

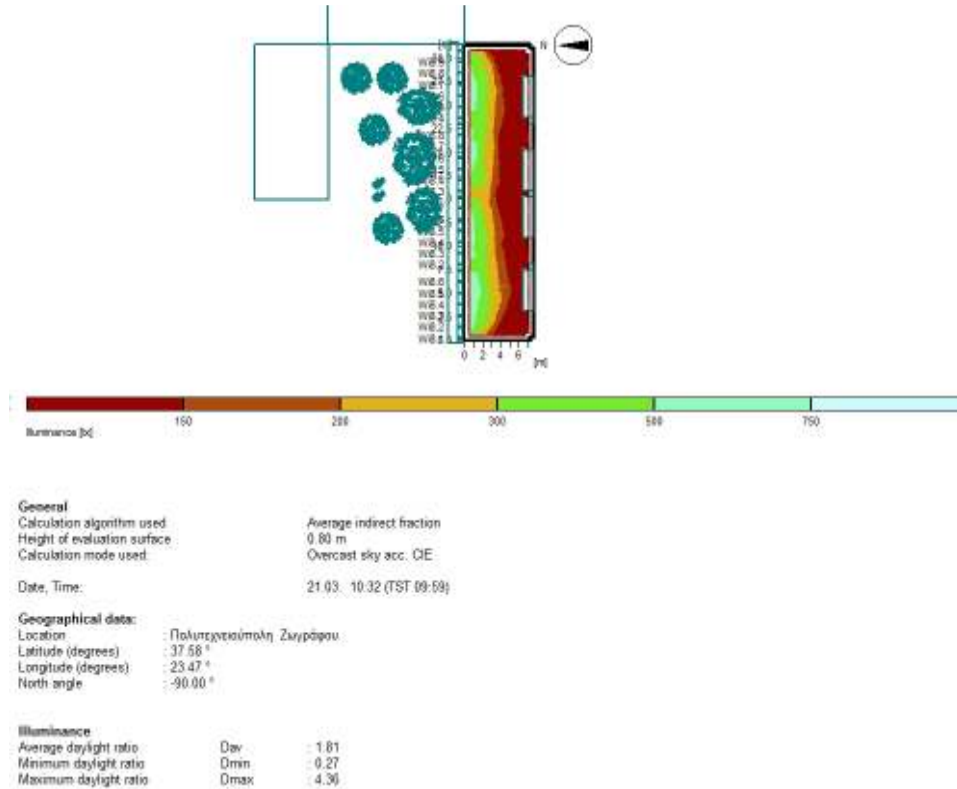


Χώρος Δ207-Δ210.β

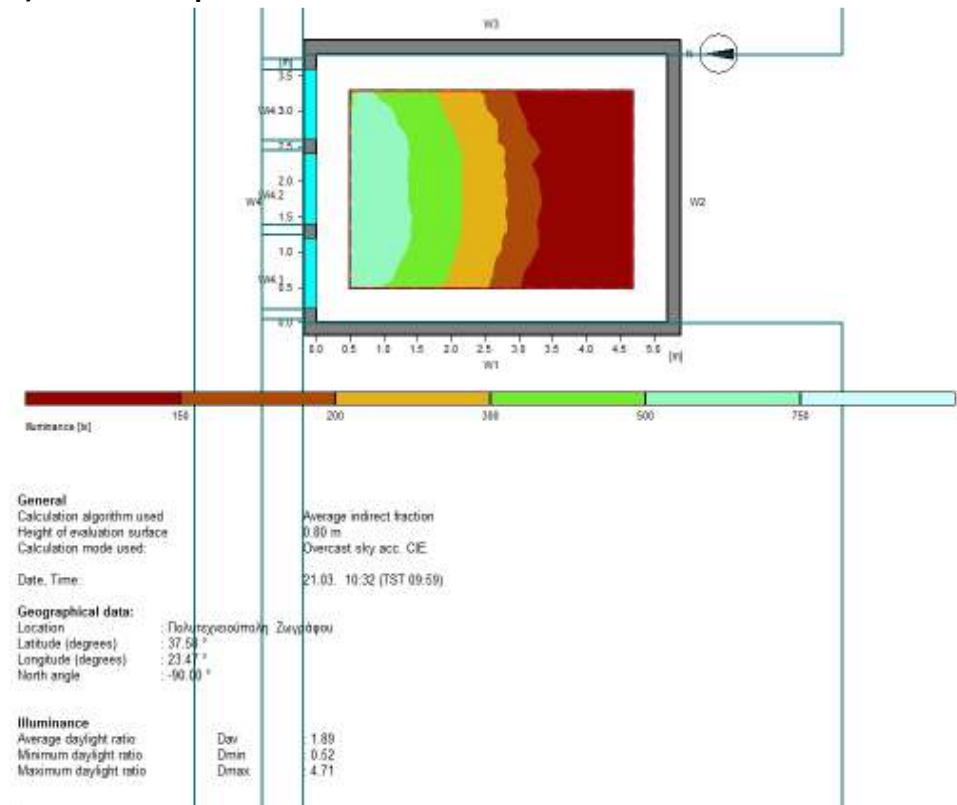


Παράρτημα Β Αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

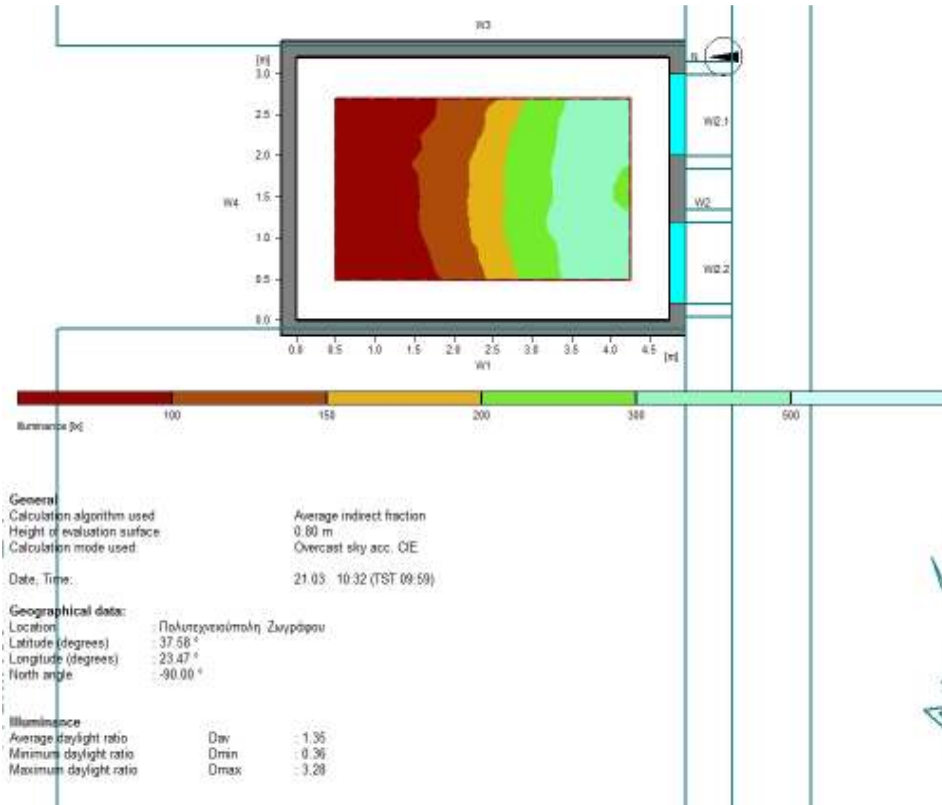
Χώρος Δ301-Δ304



Χώρος Δ401-Δ404.γ



Χώρος Δ407-Δ410.β



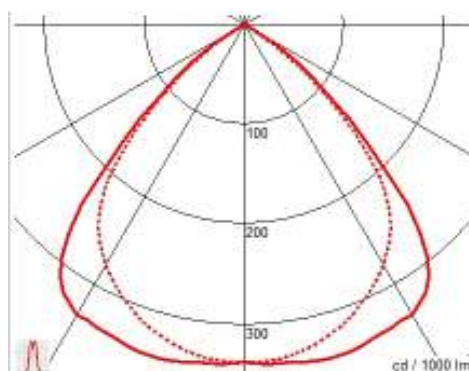
Παράρτημα Γ

Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	:	Γαλλής
Μοντέλο	:	Ikarus T16 G5, 4306
Τύπος φωτιστικού	:	Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4341 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	:	Φθορισμού T16 G5 2x14w, διαστάσεις: 88x660x94mm, βάρος: 1,2kg



Εικόνα Γ.1 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4306 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 580mm, 4341



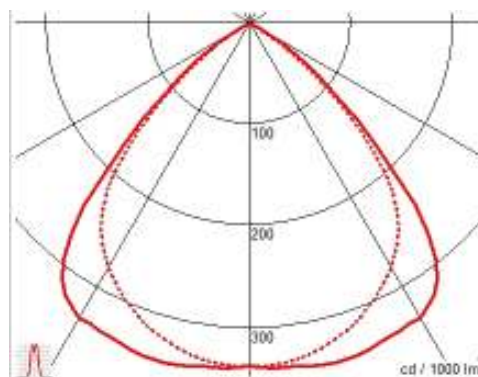
Εικόνα Γ.2 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4306

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	: Γαλλής
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4307
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4341 από ανοδευμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x24w, διαστάσεις: 88x660x94mm, βάρος: 1,2kg



Εικόνα Γ.3 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4307 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 580mm, 4341



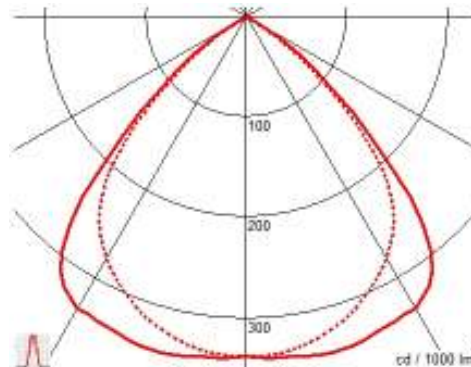
Εικόνα Γ.4 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4307

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	: Γαλλής
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4308
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4342 από ανοδευμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x21w, διαστάσεις: 88x960x94mm, βάρος: 1,6kg



Εικόνα Γ.5 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4308 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 880mm, 4342



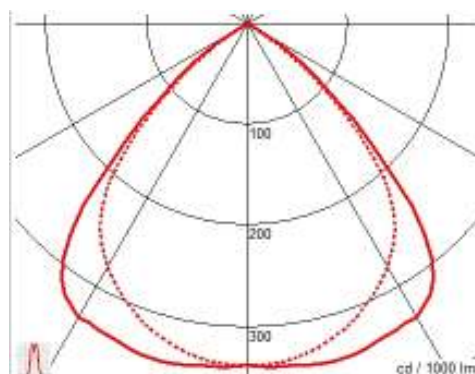
Εικόνα Γ.6 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4308

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	: Γαλλής
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4309
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4342 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x39w, διαστάσεις: 88x960x94mm, βάρος: 1,6kg



Εικόνα Γ.7 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4309 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 880mm, 4342



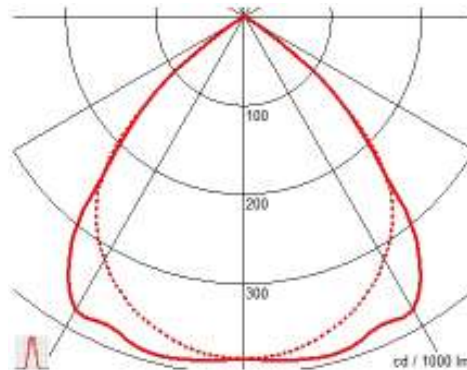
Εικόνα Γ.8 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4309

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	: Γαλλής
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4310
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4343 από ανοδωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x28w, διαστάσεις: 88x1260x94mm, βάρος: 2kg



Εικόνα Γ.9 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4310 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1180mm, 4343



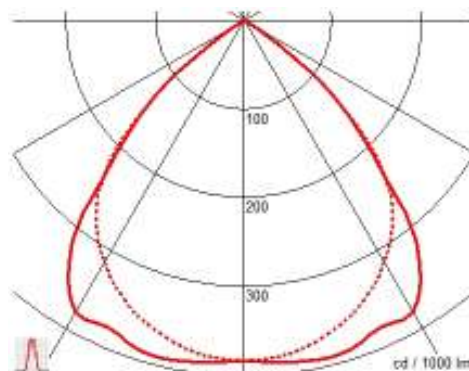
Εικόνα Γ.10 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4310

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	: Γαλλής
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4311
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4343 από ανοδωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x54w, διαστάσεις: 88x1260x94mm, βάρος: 2kg



Εικόνα Γ.11 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4311 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1180mm, 4343



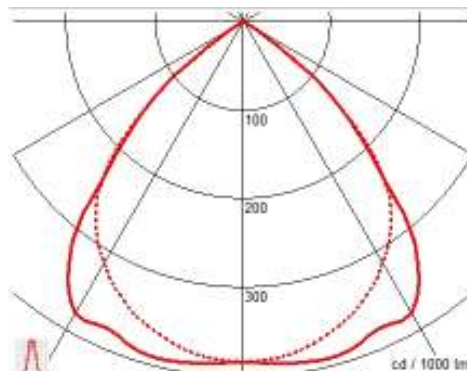
Εικόνα Γ.12 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4311

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	: Γαλλής
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4312
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x54w, διαστάσεις: 88x1560x94mm, βάρος: 2,4kg



Εικόνα Γ.13 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4312 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1480mm, 4344



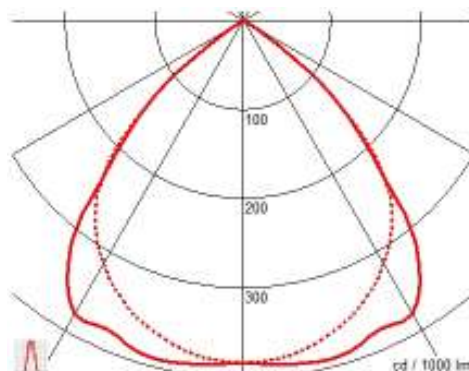
Εικόνα Γ.14 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4312

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	: Γαλλής
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4313
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x80w, διαστάσεις: 88x1560x94mm, βάρος: 2,4kg



Εικόνα Γ.15 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4313 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1480mm, 4344



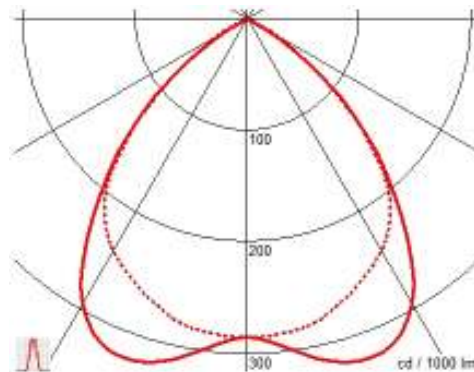
Εικόνα Γ.16 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4313

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	: Γαλλής
Μοντέλο	: Hermes Mono , 4032
Τύπος φωτιστικού	: Μονόφωτο σώμα οροφής από διελασμένο αλουμίνιο βαμμένο ηλεκτροστατικά με επιλογή παραβολικής περσίδας 4065 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 1x21w, διαστάσεις: 52x1220x49mm, βάρος: 1,5kg



Εικόνα Γ.17 : Δίφωτο σώμα οροφής Hermes Mono, 4032 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 880mm, 4065



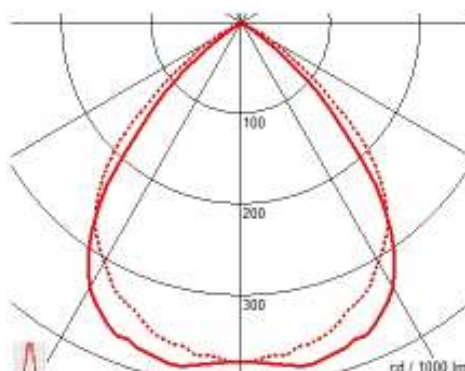
Εικόνα Γ.18 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Hermes Mono, 4032

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	:	Γαλλής
Μοντέλο	:	Hermes Mono , 4035
Τύπος φωτιστικού	:	Μονόφωτο σώμα οροφής από διελασμένο αλουμίνιο βαμμένο ηλεκτροστατικά με επιλογή παραβολικής περσίδας 4068 από ανοδευμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	:	Φθορισμού T16 G5 1x54w, διαστάσεις: 52x1520x49mm, βάρος: 1,8kg



Εικόνα Γ.19 : Δίφωτο σώμα οροφής Hermes Mono, 4035 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1180mm, 4068



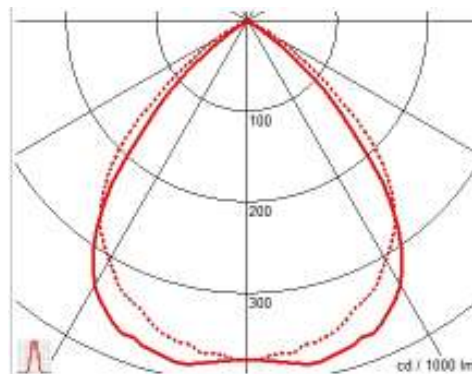
Εικόνα Γ.20 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Hermes Mono, 4035

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	:	Γαλλής
Μοντέλο	:	Hermes Mono , 4036
Τύπος φωτιστικού	:	Μονόφωτο σώμα οροφής από διελασμένο αλουμίνιο βαμμένο ηλεκτροστατικά με επιλογή παραβολικής περσίδας 4069 από ανοδευμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	:	Φθορισμού T16 G5 1x35w, διαστάσεις: 52x1820x49mm, βάρος: 2,1kg



Εικόνα Γ.19 : Δίφωτο σώμα οροφής Hermes Mono, 4036 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1480mm, 4069



Εικόνα Γ.20 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Hermes Mono, 4036

Παράρτημα Γ Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία : Tridonic
Μοντέλο : Αισθητήρας φωτισμού
SMART LS II / SMART LS II Ip

