ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. – Πτέρυγες Α, Γ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σοφία Α. Τόλια

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Καραγιάννη Σ. Χάιδω
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. – Πτέρυγες Α, Γ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σοφία Α. Τόλια

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια : Καραγιάννη Σ. Χάιδω
Αναπλ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

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

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την …………….........

……………………….	……………………….	……………………….
Καραγιάννη Σ. Χάιδω	Φραγκίσκος Β. Τοπαλής	Κουή Μαρία
Αναπλ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012

....

Σοφία Α. Τόλια
Διπλωματούχος Χημικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η διατύπωση μιας σειράς προτάσεων για την ενεργειακή και ποιοτική αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού για τις πτέρυγες Α και Γ του κτιρίου της σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. και ο υπολογισμός του αντίστοιχου οφέλους από την εφαρμογή αυτών. Η αναβάθμιση αυτή θα έχει ως αποτέλεσμα τόσο την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας όσο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος φωτισμού και την αύξηση της οπτικής άνεσης των χρηστών ώστε να τηρούνται τα όρια που έχουν θεσπιστεί από τους εθνικούς κανονισμούς (Κ.Εν.Α.Κ) και τα διεθνή πρότυπα για κάθε χώρο. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού πραγματοποιήθηκε ενεργειακή επιθεώρηση στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου, καταγραφή των αντίστοιχων στοιχείων, προσομοιώσεις και υπολογισμοί των απαραίτητων μεγεθών. Αρχικά, αναφέρονται κάποιες γενικές δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης ενέργειας για τα κτίρια και ιδιαίτερα για το σύστημα φωτισμού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της καταγραφής του υφιστάμενου εγκατεστημένου συστήματος φωτισμού του υπό μελέτη κτιρίου, καθώς και τα αποτελέσματα δύο προτάσεων αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού. Η πρώτη πρόταση αφορά στην αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, ενεργειακά αποδοτικότερα και η δεύτερη στην περαιτέρω αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με προσθήκη αισθητήρων ώστε να γίνεται εκμετάλλευση του διαθέσιμου φυσικού φωτισμού. Τέλος, παρουσιάζονται τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, το συνολικό κόστος και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης από την εφαρμογή και των δύο προτάσεων.

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

Abstract

The main aim of this diploma thesis was the formulation a set of proposals in order to improve the quality and the energy efficiency of the artificial lighting system in wings A and C of the School of Chemical Engineering building of National Technical University of Athens. Furthermore, calculations were performed in order to evaluate the corresponding benefit from the proposed implementation. The proposed improvement of the lighting system resulted in not only electricity savings but also in optimization of the efficiency of the lighting system and increase of optical comfort oh the users. The results were complied with the limits established by national regulations and international standards for each area of the building. To achieve this, an energy inspection was conducted in the building lighting system, recording of the corresponding data, simulations and calculations of all the necessary data. Initially, the main actions for energy upgrading and energy saving in buildings, especially in lighting systems, were introduced. 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. The first proposal concerns the replacement of the existing lighting luminaries with new, more energy efficient ones. The second proposal concerns, besides the installation of new luminaries, the installation of photosensors, which dim the artificial lighting levels (and thus save energy), depending on the available daylight. Finally, the energy, environmental and economic benefits, the total cost and the payback period were calculated and presented by implementing both upgrade proposals.

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

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια Καραγιάννη Σ. Χάιδω για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την καταλυτική βοήθειά της για την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω για τον καθηγητή Φραγκίσκο Β. Τοπαλή για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί του και να εκπονήσω τη διπλωματική μου εργασία με αντικείμενο το οποίο αποτελεί βασικό μέρος των ενδιαφερόντων μου για περαιτέρω επαγγελματική ενασχόληση. Η συμβολή του στην ολοκλήρωση των σπουδών μου και την μετέπειτα εξέλιξή μου είναι υψίστης σημασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον διδάκτορα Λάμπρο Δούλο γιατί ήταν στο πλευρό μου καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας βοηθώντας με, με τις συμβουλές του, να επιλύσω όλα τα προβλήματα που αντιμετώπισα.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή

Τα κτίρια αποτελούν ένα μεγάλο ενεργειακό καταναλωτή ο οποίος είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή οφείλεται κατά 70% σε μορφή θερμικής ενέργειας (κυρίως πετρέλαιο) και κατά 30% σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας και έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Μάλιστα, κατά την τελευταία πενταετία, τα κτίρια αύξησαν την ενεργειακή τους κατανάλωση κατά περίπου 24%, μία από τις μεγαλύτερες αυξήσεις στην Ευρώπη. Γίνεται σαφές, λοιπόν, ότι είναι επιτακτική η ανάγκη για εφαρμογή δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας. [1]

Ένας απ' τους βασικούς παράγοντες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια αποτελεί ο φωτισμός. Συγκεκριμένα, η παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή φωτισμού αγγίζει συνολικά σήμερα το 19%. Με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών και οικονομικά αποτελεσματικών τεχνολογιών είναι δυνατή η επίτευξη σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων με αντίστοιχα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. [2]

Η προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας, ωστόσο, δεν αναφέρεται μόνο στα νέα κτίρια αλλά και στην αναβάθμιση των παλαιών, τα οποία είναι και τα πλέον ενεργοβόρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή φωτισμού, αποτελεί το κτίριο της σχολής Χημικών Μηχανικών που βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου και του οποίου το σύστημα φωτισμού μελετάται στην παρούσα Διπλωματική εργασία.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η παρούσα ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα και οι στόχοι που έχουν τεθεί για την ενεργειακή εξοικονόμηση στον κτιριακό τομέα. Στη συνέχεια αναφέρονται συνοπτικά οι παρεμβάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που αφορούν στην αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού. Ενδεικτικά, περιγράφονται οι αυτοματισμοί, οι διατάξεις διακοπτών καθώς και τα είδη φωτιστικών σωμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναφορικά και με την φωτιστική ικανότητα των λαμπτήρων. Επίσης περιλαμβάνονται τα όρια των εθνικών κανονισμών και διεθνών προτύπων.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού τόσο για τα καινούργια όσο και για τα υφιστάμενα κτίρια.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται μέθοδοι υπολογισμού των οικονομικών στοιχείων που αφορούν στον φωτισμό και βοηθούν στην οικονομική ανάλυση ενός προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την οικονομική του βιωσιμότητα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή του κτιρίου της Σχολής Χημικών Μηχανικών και παρατίθενται κατόψεις των υπό μελέτη πτερύγων Α και Γ. Παράλληλα παρουσιάζονται τα προβλήματα που εντοπίστηκαν σε αυτές τις πτέρυγες κατά τη διάρκεια των επισκέψεων εκεί.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου της Σχολής Χημικών Μηχανικών, όπως αυτή καταγράφηκε κατά τη διάρκεια των επισκέψεων που πραγματοποιήθηκαν εκεί με σκοπό τη συλλογή δεδομένων. Επίσης, υπολογίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς, όσων αφορά το σύστημα φωτισμού. Πιο αναλυτικά καταγράφονται οι τύποι των φωτιστικών σωμάτων που εντοπίστηκαν, η ισχύς του κάθε λαμπτήρα καθώς και τα επίπεδα της έντασης του φωτισμού σε κάθε χώρο ξεχωριστά.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρώτο προτεινόμενο, ενεργειακά αναβαθμισμένο, σύστημα φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων. Συγκεκριμένα, καταγράφονται τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόταση αυτή και η ισχύς του καθενός. Το νέο ενεργειακά αποδοτικότερο σύστημα φωτισμού συγκρίνεται με το υφιστάμενο και εξάγονται τα ανάλογα συμπεράσματα.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζεται το δεύτερο προτεινόμενο σενάριο στο οποίο έχει επέλθει περαιτέρω αναβάθμιση με χρήση αισθητήρων φωτισμού. Έχει πραγματοποιηθεί μελέτη με σκοπό την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Το συγκεκριμένο σύστημα φωτισμού συγκρίνεται τόσο με το υφιστάμενο σύστημα όσο και με το πρώτο προτεινόμενο σύστημα και εξάγονται τα ανάλογα συμπεράσματα.

Στο ένατο κεφάλαιο γίνεται οικονομική ανάλυση των δύο προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται το συνολικό κόστος της κάθε προτεινόμενης εγκατάστασης, το ετήσιο όφελος καθώς και ο χρόνος απόσβεσης της κάθε επένδυσης. Επίσης, υπολογίζεται η εξοικονόμηση ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας με την εφαρμογή των προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού, όπως επίσης και η μείωση των ρύπων CO_2 που μπορεί να επιτευχθεί ετησίως.

Στο δέκατο κεφάλαιο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για τα δύο συστήματα φωτισμού που προτάθηκαν και συγκρίνονται με την υφιστάμενη κατάσταση. Από τη σύγκριση αυτή εξάγονται τα τελικά και συνολικά συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των βιβλιογραφικών αναφορών που χρησιμοποιήθηκαν, των Παραρτημάτων Α, Β, όπου παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για αντιπροσωπευτικούς χώρους του κτιρίου, καθώς και του Παραρτήματος Γ με τις προδιαγραφές των φωτιστικών σωμάτων και του αισθητήρα φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε.

Κεφάλαιο 1

Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια

1.1 Εισαγωγή

Η εξοικονόμηση ενέργειας πρέπει να αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο και πρώτη προτεραιότητα κάθε σύγχρονης ενεργειακής πολιτικής. Στην Ελλάδα, όπου ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 1/3 περίπου της παραγόμενης ενέργειας και το κτιριακό απόθεμα είναι από τα πιο ενεργοβόρα στην Ευρώπη, υπάρχουν σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης στη θέρμανση, στον κλιματισμό και στο φωτισμό. Χαρακτηριστικά, στον κτιριακό τομέα οφείλεται το 45% των εκπομπών του CO_2 της χώρας και η κατανάλωση του 40% της συνολικής της ενέργειας. [1]

Στα πλαίσια της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει εκδώσει την Οδηγία 2002/91/ΕΚ που αφορά τον έλεγχο και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Η συγκεκριμένη Οδηγία προβλέπει την ενεργειακή μελέτη ή επιθεώρηση των κτιρίων και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεών τους από ανεξάρτητους διαπιστευμένους εμπειρογνώμονες, τους ενεργειακούς επιθεωρητές, με απώτερο σκοπό την απόδοση ενεργειακής ταυτότητας στο κτίριο. Η ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων θεσμοθετήθηκε και στη χώρα μας με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), με το Προεδρικό Διάταγμα για τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές και με τη σύσταση της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας.

Ο στόχος εξάλλου, όπως εκφράζεται από τη νέα Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Οδηγία 2010/31/ΕΕ), είναι η επίτευξη εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας κατά 20% ως το 2020. [2]

1.2 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. [2]

Το 2010 τέθηκε σε ισχύ ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιριακού Τομέα (Κ.Εν.Α.Κ.). Με τον Κ.Εν.Α.Κ. θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό 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. [3]

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 κτιρίων. 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). [4]

Τα οφέλη από τον ΚΕΝΑΚ είναι οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Τα οικονομικά οφέλη αφορούν κυρίως στον περιορισμό των λειτουργικών εξόδων και εξόδων συντήρησης των κτιρίων, αλλά και στην αναθέρμανση της οικοδομικής δραστηριότητας. Τα κοινωνικά οφέλη αφορούν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, ενώ τα περιβαλλοντικά οφέλη αφορούν στον περιορισμό των εκπομπών ρύπων, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα, με σημαντική συμβολή στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και στην εξοικονόμηση ενέργειας. [3]

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο μπορεί να αφορούν:

- το κτιριακό κέλυφος (π.χ. θερμομόνωση, κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων, παθητικά ηλιακά συστήματα),
- τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου (π.χ. χρήση βλάστησης),
- τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές και
- την ορθολογική χρήση του κτιρίου και την αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων (π.χ. ενεργειακή διαχείριση, φυσικός αερισμός, αξιοποίηση της θερμικής μάζας). [1]

1.3 Μέθοδοι βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Στις υποπαραγράφους που ακολουθούν καταγράφονται και περιγράφονται συνοπτικά οι κυριότερες μέθοδοι οι οποίες συνεισφέρουν στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στα οποία εφαρμόζονται.

1.3.1 Παρεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος

Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες, της υφιστάμενης κατάστασης και των συνθηκών λειτουργίας του κτιρίου, η ενεργειακή απόδοση του συστήματος του κελύφους μπορεί να βελτιωθεί με την εφαρμογή των ακόλουθων μέτρων:

1.3.1.1 Θερμομόνωση κτηριακού κελύφους

Οι θερμικές απώλειες μέσα από ένα κτίριο προκαλούνται από τη μετάδοση θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Με τη θερμομόνωση ενός κτιρίου επιδιώκεται να μειωθεί ο χρόνος (ταχύτητα) ανταλλαγής της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα.

Ένα άλλο σύνηθες φαινόμενο του κτιριακού κελύφους που συμβάλει ως και 30% στην θερμική απώλεια είναι οι Θερμογέφυρες. Θερμογέφυρες που καλούνται εκείνα τα σημεία ή τμήματα του κτιριακού κελύφους με σημαντική μείωση της θερμικής αντίστασης των δομικών στοιχείων.

Ο βασικότερος τομέας επέμβασης τόσο στα υφιστάμενα όσο και στα νέα κτίρια είναι η αποδοτικότερη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους. Η θερμομόνωση ενός κτιρίου μπορεί να είναι είτε εξωτερική είτε εσωτερική.

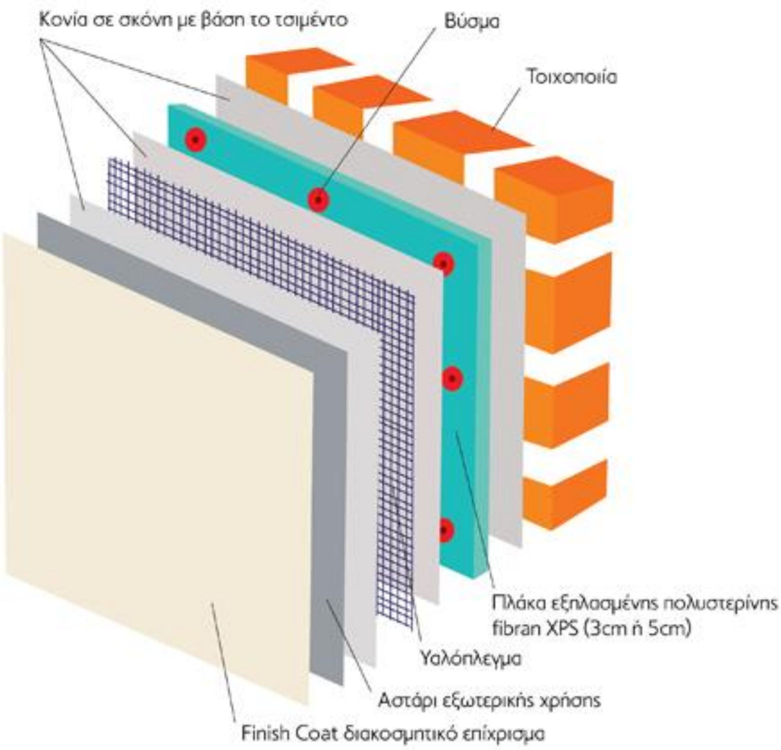
Η **εξωτερική θερμομόνωση** αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό τρόπο μόνωσης του κτιριακού κελύφους, καθώς και το βέλτιστο τρόπο ελαχιστοποίησης των θερμογεφυρών. Στα υφιστάμενα κτίρια, πολλές φορές αποτελεί και τον μοναδικό τρόπο επέμβασης. Τα προτερήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι:

• Εξοικονόμηση ενέργειας από την εκμετάλλευση ολόκληρης της θερμοχωρητικότητας των τοίχων.

• Εξοικονόμηση ενέργειας με την αποφυγή σχηματισμού Θερμικών γεφυρών σε νέα και υφιστάμενα κτίρια.

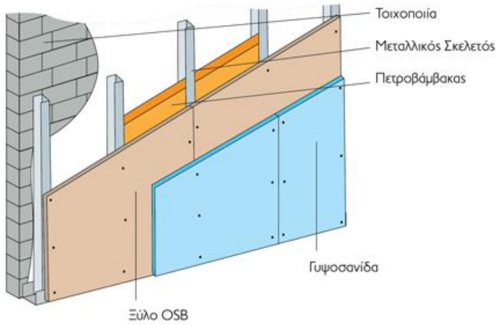
• Εξοικονόμηση ενέργειας έως και 55%, ως προς τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται στο κτίριο για θέρμανση και κλιματισμό

Το εκτιμώμενο όφελος που μπορούμε να πετύχουμε με την προσθήκη θερμομόνωσης σε υπάρχον κτίριο είναι 10-40% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση. [7]

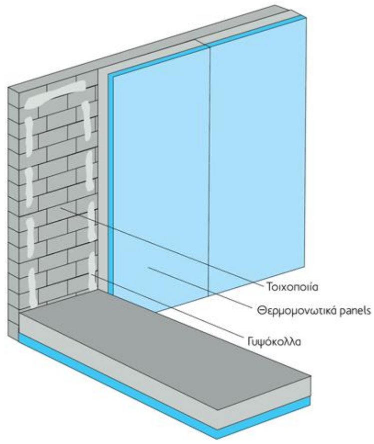


Σχήμα 1.1: Σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης κτιρίου
ΠΗΓΗ: http://www.thermomonosi.net

Η **εσωτερική θερμομόνωση** χρησιμοποιείται συνήθως σε παλιές κατοικίες γιατί αποτελεί μια γρήγορη και οικονομική λύση στην αποτελεσματική αύξηση της θερμομονωτικής αξίας του κτιρίου. Η εσωτερική επένδυση των εξωτερικών τοίχων μπορεί να γίνει με δύο διαδικασίες, με έτοιμα θερμομονωτικά panel ή με την κατασκευή μεταλλικού σκελετού και την στήριξη σε αυτόν μονωτικού υλικού από πετροβάμβακα και την τοποθέτηση από πάνω γυψοσανίδας. Με την δεύτερη διαδικασία μπορεί να γίνει και η εσωτερική θερμομόνωση των ορόφων. [6]



Σχήμα 1.2: επένδυση με γυψοσανίδα
ΠΗΓΗ: http://www.thermomonosi.net



Σχήμα 1.3: θερμομονωτικά panels
ΠΗΓΗ: http://www.thermomonosi.net

1.3.1.2 Χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων

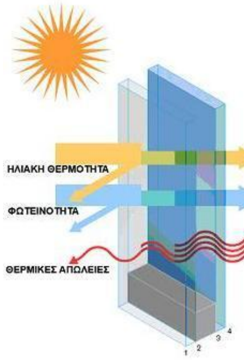
Οι υαλοπίνακες, λόγω της ιδιότητάς τους να διαπερνώνται από το φως, έχουν γίνει το πιο δημοφιλές αρχιτεκτονικό υλικό και σύμβολο μοντέρνας αισθητικής. Όμως, τα κτίρια με μεγάλες γυάλινες επιφάνειες στις εξωτερικές όψεις, έχουν αποδειχθεί ενεργοβόρα, καθώς το καλοκαίρι χρειάζονται ως και τέσσερις φορές περισσότερη ενέργεια για κλιματισμό, ενώ το χειμώνα έχουν απώλεια θερμότητας μέχρι και έξι φορές περισσότερο από ένα άλλο κτίριο.

Μια από τις πιο σημαντικές φυσικές παραμέτρους είναι η επιφανειακή θερμοκρασία των στοιχείων που περικλείουν ένα χώρο. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια του υαλοπίνακα είναι συνήθως διαφορετική από την θερμοκρασία αέρα του εσωτερικού χώρου. Η διαφορά αυτή εξαρτάται από την θερμική συμπεριφορά του υαλοπίνακα και επηρεάζει σημαντικά το αίσθημα της άνεσης των ατόμων που βρίσκονται κοντά στους υαλοπίνακες. [7]

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού και την εξοικονόμηση ενέργειας προτείνεται η χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων. 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. Οι κύριοι παράμετροι που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή των κατάλληλων υαλοπινάκων είναι:

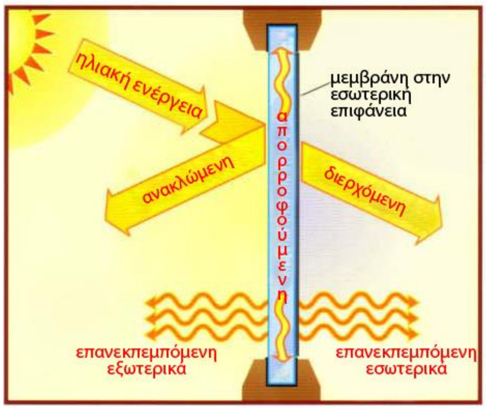
- Συντελεστής Θερμοδιαπερατότητας U: Η θερμική ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας, η οποία μεταδίδεται εντός/ εκτός του κτιρίου και οφείλεται στη θερμοκρασιακή διαφορά ανά βαθμό (W/m^2K). Χαμηλές τιμές U εξασφαλίζουν σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο.

- Συντελεστής ηλιακής ενέργειας g: Είναι ο λόγος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας προς την ενέργεια που μεταδίδεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Χαμηλές τιμές g εξασφαλίζουν μείωση των ηλιακών κερδών.
- Συντελεστής Φωτοδιαπερατότητας Tv: το ποσοστό της προσπίπτουσας φωτεινής ακτινοβολίας [που εισέρχεται στο κτίριο. Υψηλές τιμές εξασφαλίζουν υψηλές στάθμες φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους. [8]



Σχήμα 1.4: Εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων

Εναλλακτικά, οι υαλοπίνακες μπορούν να βελτιωθούν ενεργειακά με τη χρήση διαφανών φιλμ ελέγχου της ακτινοβολίας. Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας με χαμηλότερο κόστος, αφού αποφεύγεται η αντικατάστασή τους. Ωστόσο, η διάρκεια ζωής τους είναι μικρότερη και η ενεργειακή απόδοση χαμηλότερη. Οι μεμβράνες αυτές μπορούν να είναι είτε εσωτερικές είτε εξωτερικές. [8], [11]



Σχήμα 1.5: Χρήση μεμβράνης ελέγχου της ακτινοβολίας στην εσωτερική επιφάνια του υαλοπίνακα

1.3.1.3 Φυτεμένο δώμα

Οι κάτοικοι των σύγχρονων πόλεων συχνά βιώνουν έντονα καιρικά φαινόμενα και υψηλές ακραίες θερμοκρασίες καθώς οι κλιματικές συνθήκες αλλάζουν. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, των υψηλότερων δηλαδή θερμοκρασιών που παρουσιάζονται στα αστικά κέντρα, οφείλεται κυρίως στις «σκληρές» δομημένες επιφάνειες που επικρατούν, οι οποίες απορροφούν και επανεκπέμπουν θερμότητα. Η αστική θερμική νησίδα αντιμετωπίζεται συνήθως με την αύξηση της ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών και την εισαγωγή φυσικής βλάστησης στον πυκνό αστικό ιστό.

Τα φυτεμένα δώματα ή τα πράσινα οικολογικά χαλιά όπως αποκαλούνται στην Ισπανία, δημιουργούν μαλακές επιφάνειες στις οροφές των κτιρίων οι οποίες διαχειρίζονται την θερμότητα και τα όμβρια ύδατα και ανακλούν μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελώντας μια σημαντική παράμετρο για την περιβαλλοντική και ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων και κατά συνέπεια των αστικών κέντρων.

Η πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση εξειδικευμένων αποστραγγιστικών υλικών και υποστρωμάτων ανάπτυξης σε συνδυασμό με τις συνθήκες σκίασης από την φυτοκάλυψη των δωμάτων, παρέχουν τις κατάλληλες συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων, δημιουργώντας μια ασπίδα προστασίας από τις μεταβολές τις θερμότητας και μειώνοντας σε σημαντικό βαθμό την ενεργειακή κατανάλωση. Παράλληλα οι πράσινες οροφές, μπορούν να συγκρατήσουν ποσοστό των όμβριων υδάτων συμβάλλοντας στην διατήρηση του υδρολογικού κύκλου του νερού και στην αποφόρτιση του αποχετευτικού δικτύου των πόλεων. [12]

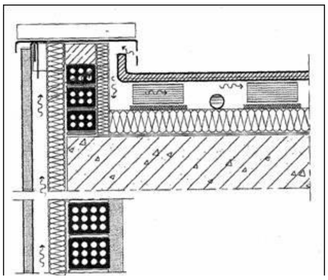
Το εκτιμώμενο όφελος που μπορούμε να πετύχουμε με την φύτευση στεγών είναι 20% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη στον υποκείμενο όροφο του κτιρίου. [11]

Σχήμα 1.6: διαστρωμάτωση φυτεμένου δώματος.
ΠΗΓΗ: http://www.energontexniki.gr

1.3.1.4 Αεριζόμενο κέλυφος

Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους είτε στην οροφή είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, 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 κτιρίου, όσο και στη μεταφορά θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο του κελύφους.

Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, καθώς ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού και, μέσω του διπλού κελύφους, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Η κατασκευή αυτή βέβαια, προϋποθέτει να είναι θερμομονωμένο το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους. [11]



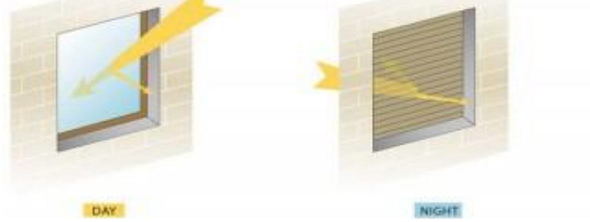
Σχήμα 1.7: Αεριζόμενο δομικό στοιχείο πρόσοψης και οροφής (ΠΡΟΚΕΛΥΦΟΣ) [3]

1.3.1.5 Ηλιοπροστασία – Σκίαστρα

Τα συστήματα εξωτερικής σκίασης όπως είναι τα σκίαστρα, οι εξωτερικές οριζόντιες περσίδες και τα τεντοσυστήματα, ανήκουν στα παθητικά συστήματα ηλιοπροστασίας και κατ’ επέκταση στις μεθόδους φυσικού κλιματισμού των χώρων. Εμπεριστατωμένες μελέτες απέδειξαν ότι η θερμοκρασία των δομημένων χώρων μπορεί να μειωθεί από5-15oC με την εφαρμογή συστημάτων σκίασης.
Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια επιτυγχάνεται με δυο τρόπους:

- Χειμερινή περίοδος

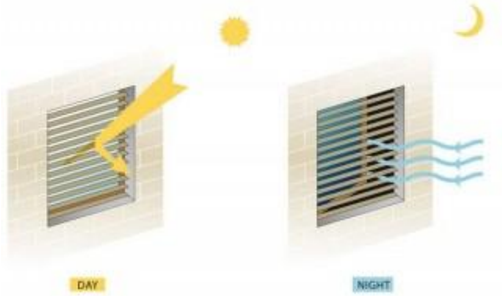
Τα συστήματα σκίασης θα παραμείνουν ανοιχτά κατά την διάρκεια της ηλιοφάνειας με αποτέλεσμα την φυσική θέρμανση του χώρου και είτε με αυτόματο (χρησιμοποίηση αισθητήρα έντασης ηλιακού φωτός) ή χειροκίνητο τρόπο θα κλείσουν με την απουσία του ηλίου. Με αυτό τον τρόπο το δωμάτιο θα διατηρήσει σταθερή την θερμοκρασία του(Σχήμα 1.7).



Σχήμα 1.7: Αρχή λειτουργίας εσωτερικού σκιάστρου κατά την χειμερινή περίοδο (διάρκεια ημέρας και νύχτας)

- Εαρινή περίοδος

Τα συστήματα σκίασης θα παραμείνουν κλειστά κατά την διάρκεια της ηλιοφάνειας (ή σε μια συγκεκριμένη κλήση ανάλογα με την περίοδο αιχμής της θερμοκρασίας – 40 μοίρες, 50 μοίρες κτλ. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτόματος χρονοδιακόπτης στην περίπτωση που γνωρίζουμε περίπου τις ώρες αιχμής) και θα ανοίξουν με αυτόματο ή χειροκίνητο τρόπο με την απουσία του ηλίου. Τα παράθυρα το βράδυ μπορούν να ανοίξουν έτσι ώστε ο αέρας του δωματίου θα ανανεωθεί και η θερμοκρασία να μειωθεί λόγω του ότι το βράδυ είναι χαμηλότερη. (Σχήμα 1.8)



Σχήμα 1.8: Αρχή λειτουργίας εσωτερικού σκιάστρου κατά την εαρινή περίοδο (διάρκεια ημέρας και νύχτας)

Επιπρόσθετα, με την χρησιμοποίηση διαφόρων κατηγοριών αισθητήρων όπως για παράδειγμα αισθητήρων αέρος (ένταση και διεύθυνση των ανέμων), αισθητήρων έντασης του ηλιακού φωτός, πετυχαίνουμε την μέγιστη αξιοποίηση των συστημάτων σκίασης μειώνοντας την παρεμβολή του ανθρωπίνου παράγοντα.
Στην κατηγορία των συστημάτων εσωτερικής σκίασης όπως για παράδειγμα στις ρολοκουρτίνες (roller blinds) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικά υφάσματα SPC (solar protective coating) που είναι κατασκευασμένα να προστατεύουν τον χώρο από τις έντονες ηλιακές ακτίνες UV (UVA,UVB). [11], [14], [15]

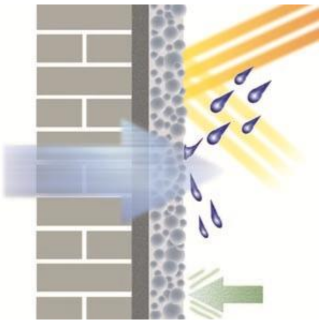
1.3.1.6 Ανακλαστικά επιχρίσματα - ψυχρά υλικά

Τα ψυχρά υλικά είναι κατ' εξοχήν επιστρώσεις με υψηλή ανακλαστικότητα στο ηλιακό φάσμα και υψηλό συντελεστή θερμικής εκπομπής. Βασική τους ιδιότητα είναι η ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων. Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για τη μείωση των ψυκτικών φορτίων και των εσωτερικών θερμοκρασιών των χώρων το καλοκαίρι. Η απόδοση των «ψυχρών» υλικών αυξάνεται, συγκριτικά με ένα συμβατικό υλικό επίστρωσης, όσο πιο σκούρο είναι το χρώμα του. Ως ψυχρά υλικά συμπεριφέρονται και τα ανοιχτόχρωμα υλικά, τα οποία προσεγγίζουν το λευκό.
Η χρήση ειδικών «ψυχρών» υλικών συνιστάται:

- Σε οροφές, οι οποίες είναι ήδη θερμομονωμένες ή σε οροφές στις οποίες δεν είναι δυνατή η προσθήκη θερμομόνωσης
- Σε οροφές όπου προστίθεται θερμομόνωση και τα «ψυχρά υλικά» τοποθετούνται για συμπληρωματικό όφελος.
- Σε οροφές ή σημεία οροφών όπου (για τεχνικούς, οικονομικούς ή και άλλους λόγους) δεν κρίνεται σκόπιμη η φύτευση
- Όταν η επιφάνεια εφαρμογής των ψυχρών υλικών είναι ασκίαστη κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας τους μήνες Ιούνιο-Σεπτέμβριο
- Όταν το εν λόγω κτίριο παρουσιάζει σημαντικά υψηλά ψυκτικά φορτία, σε σχέση με τα φορτία θέρμανσης

- Για εφαρμογή σε τοίχους, όταν η προσθήκη μόνωσης δεν αποτελεί ενδεδειγμένη λύση, είτε για κατασκευαστικούς λόγους είτε λόγω μεγάλων ψυκτικών φορτίων

Το εκτιμώμενο όφελος που μπορούμε να πετύχουμε με την προσθήκη ψυχρών υλικών σε υπάρχον κτίριο είναι 20-30% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη σε παρακείμενους χώρους του κτιρίου. [11]



Σχήμα 1.9: Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης μέσω ανακλαστικών επιχρισμάτων και ψυχρών υλικών

1.3.1.7 Μείωση του ύψους του χώρου

Η μείωση του ύψους του χώρου μειώνει τη διαστρωμάτωση του αέρα. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση του όγκου που απαιτείται να θερμανθεί κατά τη χειμερινή περίοδο.

1.3.1.8 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων έχει άμεση επίδραση στην υγεία των χρηστών του κτιρίου, στη θερμική άνεση και στην αίσθηση ευεξίας. Διευκολύνει την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον και παράλληλα συμβάλλει στη φυσική ψύξη των δομικών στοιχείων της κατασκευής. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού στο εσωτερικό των κτηρίων είναι:

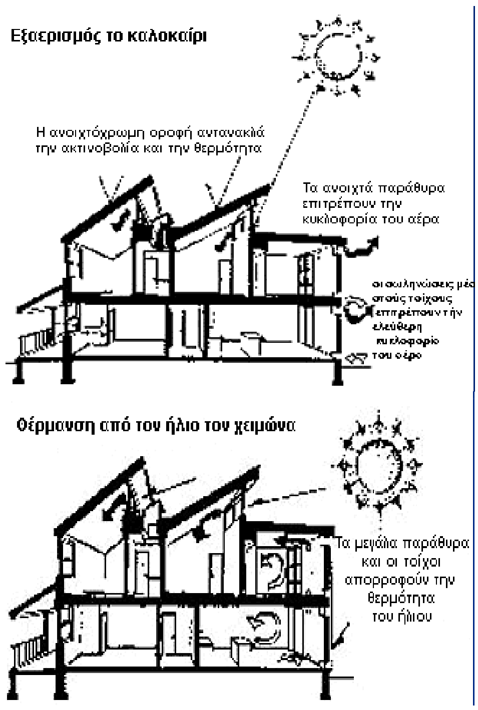
- Η κατεύθυνση των ψυχρών ανέμων στην περιοχή,
- Οι κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτηρίου,
- Η Θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων. [13]

1.3.1.9 Παθητικά ηλιακά συστήματα

Εν γένει ονομάζουμε παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, που, αξιοποιώντας τις αρχές της φυσικής (τους νόμους μεταφοράς θερμότητας) συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί. Το πιο συνηθισμένο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού.

Υπάρχουν επίσης και παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους (ηλιακοί τοίχοι, ηλιακοί χώροι-θερμοκήπια, ηλιακά αίθρια) και παθητικά ηλιακά συστήματα απομονωμένου κέρδους (ηλιακοί συλλέκτες- πανέλα εκτός του κτιριακού περιβλήματος). Τα παθητικά ηλιακά συστήματα προσαρτώνται σε όψεις του κτιρίου με νότιο προσανατολισμό (με δυνατότητα απόκλισης μέχρι 30 ο ανατολικά ή δυτικά του καθαρού Νότου), οι οποίες θα πρέπει να μη σκιάζονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επί πλέον συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) καθώς και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο.
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία (π.χ. χρήση φυλλοβόλων δέντρων, οριζόντια σκίαση, τέντες, περσίδες) και συχνά με δυνατότητα αερισμού. [1]

Ένα κτίριο που περιλαμβάνει παθητικά συστήματα θέρμανσης, δροσισμού ή ακόμη και φυσικού φωτισμού, κατασκευασμένο εξαρχής ή τροποποιημένο, ονομάζεται "βιοκλιματικό κτίριο" και είναι δυνατό να καλύψει μεγάλο μέρος των ενεργειακών του αναγκών από την άμεση ή έμμεση αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. [17]
Εκτιμάται ότι το όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων σε ένα κτήριο κυμαίνεται από 10-15% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση. [11]



Σχήμα 1.4: Αποτελέσματα από την εφαρμογή παθητικού ηλιακού συστήματος.

1.3.2 Παρεμβάσεις στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

1.3.2.1 Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού

Προτεινόμενες τεχνικές παρεμβάσεις που αποσκοπούν στην αναβάθμιση του κλιματισμού είναι ενδεικτικά οι ακόλουθες:

- Αντικατάσταση αυτόνομων συστημάτων κλιματισμού (split) με κεντρικό σύστημα, το οποίο θα μπορεί να λειτουργεί και σε free cooling mode.
- Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας, στα κανάλια απόρριψης και εισαγωγής αέρα εφόσον αυτά βρίσκονται το ένα κοντά στο άλλο.
- Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας, στις αντλίες θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.
- Εγκατάσταση υδρόψυκτων ψυκτών, όπου υπάρχει διαθεσιμότητα νερού.
- Εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (εναλλάκτες εδάφους-αέρα)

Η παρέμβαση αυτή μπορεί να γίνει εφόσον συνδυαστεί με εγκατάσταση νέου κατάλληλου συστήματος κλιματισμού και εφ' όσον το συνολικό κόστος της εγκατάστασης κρίνεται οικονομικά συμφέρον (απόσβεση επένδυσης σε λιγότερο από 5 χρόνια). Το αναμενόμενο όφελος από τη συγκεκριμένη δράση υπολογίζεται περίπου 20-40% εξοικονόμηση ενέργειας. [11]

1.3.2.2 Αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης

Η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης θα μπορούσε να γίνει με διάφορους τρόπους, ανάλογα με την περίσταση. Ενδεικτικά κάποιες προτεινόμενες τεχνικές παρεμβάσεις θα μπορούσαν να είναι οι παρακάτω:

- Θερμομόνωση της κεντρικής στήλης της θέρμανσης
- Θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων και ακριβείς θερμοστάτες χώρου ή σύστημα αντιστάθμισης
- Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου)
- Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης πετρελαίου με φυσικό αέριο, όπου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση εκτιμάται γύρω στο 10-15%. [11]

1.3.2.3 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 με την περίπτωση και τις συνθήκες λειτουργίας.
Το αναμενόμενο όφελος από τη συγκεκριμένη αναβάθμιση κυμαίνεται από 35-60% εξοικονόμηση ενέργειας. [11]

1.3.2.4 Μηχανικός αερισμός (free cooling)

Με την εφαρμογή του αερισμού είτε μηχανικού είτε φυσικού κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (Απρίλιος-Μάϊος και Σεπτέμβριος-Οκτώβριος) και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού τις βραδινές ώρες, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας χωρίς επιπλέον οικονομική επιβάρυνση εγκατάστασης εξοπλισμού παρά μόνο το κόστος λειτουργίας των ανεμιστήρων. Στα περισσότερα δημοτικά κτίρια 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 κτιρίου (BEMS) εφ' όσον έχει εγκατασταθεί στο κτίριο.
Εφαρμόζοντας τη συγκεκριμένη μέθοδο στα κτίρια αναμένεται εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη έως και 10-15%. [11]

1.3.2.5 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 κτίριο με την κατάλληλη θερμική και ηλιακή προστασία, η θερμοκρασία άνεσης με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής μπορεί να φτάσει και τους 29-32oC. 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.
Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη υπολογίζεται περίπου στο 20-30%. [11]

1.3.2.6 Σύστημα BEMS

Η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (Building Energy Management System) αποτελεί συμπληρωματική και όχι μεμονωμένη παρέμβαση, σε συνδυασμό με άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου.
Η εγκατάσταση ενός συστήματος BEMS έχει ως σκοπό την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, ώστε να 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 κτίριο, 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 κτίριο είναι τα εξής :

- **Συστήματα κλιματισμού-θέρμανσης**
- **Παθητικά συστήματα**
- **Ανοίγματα, σκίαστρα**
- **Εγκατάσταση φωτισμού**
- **Συστήματα δροσισμού**
- **Ηλεκτρικές καταναλώσεις**
- **Ποιότητα αέρα**
- **Εγκαταστάσεις ασφαλείας**

Το σύστημα αποτελείται από ένα Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών, καθώς 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 [11]

1.3.2.7 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 κτιρίου 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. [11] [15]

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 [11]

1.3.3 Ενσωμάτωση Α.Π.Ε.

Η ενσωμάτωση τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, καλύπτοντας ένα μεγάλο μέρος ή το σύνολο των αναγκών του χρήστη σε ενέργεια. Στις παρακάτω υποπαραγράφους αναφέρονται και αναλύονται ενδεικτικά κάποιοι από τους πιθανούς τρόπους ενσωμάτωσης των Α.Π.Ε. σε κτίρια με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης.

1.3.3.1 Βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

• Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.,

• τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.,
• τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά., καθώς και
• το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας [1]
Στις μέρες μας, 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%. [16]

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.

1.3.3.2 Μικρές ανεμογεννήτριες

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μικρές ανεμογεννήτριες, μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.
Ενδεικτικά κάθε κιλοβατώρα (kWh) που παράγεται από αιολική ενέργεια, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης περίπου 1 kg διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων(όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Πέρα από την συμβολή τους λοιπόν στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την φιλική προς το περιβάλλον παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μικρές ανεμογεννήτριες έχουν

ιδιαίτερα αξιόπιστη λειτουργία και μεγάλη διάρκεια ζωής που σημαίνει ότι στο τέλος της μελέτης το κόστος αντικατάστασης τους είναι σχεδόν μηδενικό. Επίσης, μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν σε απομονωμένες περιοχές ως αποκεντρωμένες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (π.χ εξοχικά σπίτια σε κάποιο νησί, μη διασυνδεδεμένο στο δίκτυο). Ιδιαίτερα αν το αιολικό δυναμικό της περιοχής είναι σχετικά υψηλό (υψηλή μέση ταχύτητα του ανέμου) μπορούν να καλύψουν σχεδόν πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας, χωρίς να απαιτείται η χρήση κάποιας άλλης πηγής που να απαιτεί την χρήση συμβατικού καυσίμου.
Ωστόσο παρά το γεγονός ότι η αιολική ενέργεια αποτελεί φθηνότερη επιλογή σε σύγκριση με άλλες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (π.χ φωτοβολταϊκά) το αρχικό κόστος εγκατάστασης σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο από την πλευρά του καταναλωτή. [17]

1.3.3.3 Φωτοβολταϊκά

Με τον γενικό όρο Φωτοβολταϊκά χαρακτηρίζονται οι βιομηχανικές διατάξεις μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην ουσία πρόκειται για ηλεκτρογεννήτριες που συγκροτούνται από πολλά Φωτοβολταϊκά στοιχεία σε επίπεδη διάταξη που έχουν ως βάση λειτουργίας το Φωτοβολταϊκά φαινόμενο.
Εφαρμόζοντας τη Φωτοβολταική υπάρχει δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης με μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας.
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. [1]

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. [18]

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

- νότιος προσανατολισμός της θέσης εγκατάστασης, με μικρές αποκλίσεις,
- κατάλληλη κλήση ως προς το οριζόντιο επίπεδο,

μηδενική σκίαση στο χώρο τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών [16]

1.3.3.4 Γεωθερμία

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η αποθηκευμένη ενέργεια, υπό μορφή θερμότητας, κάτω από τη σταθερή επιφάνεια της γης. Όπως αποκαλύπτει και η ετυμολογία της λέξης "γεω-θερμία" πρόκειται για θερμότητα από την γη. Η θερμοκρασία του υπεδάφους σε βάθη από 2 έως 100 m είναι περίπου σταθερή όλο τον χρόνο και

κυμαίνεται περίπου από 14 έως 18 βαθμών Κελσίου για την χώρα μας. Η εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας (δηλ. του ενεργειακού δυναμικού που ονομάζεται αβαθής γεωθερμική ενέργεια) μπορεί να γίνει με την χρήση Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ) και δικτύου σωληνώσεων εντός του υπεδάφους έτσι ώστε να θερμάνουμε χώρους τον χειμώνα και να τους ψύξουμε το καλοκαίρι. Η αβαθής γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλον τον χρόνο και δεν εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της ατμόσφαιρας. Η γεωθερμική ενέργεια είναι ανεξάντλητη, φυσικά καθαρή και δωρεάν (παρέχεται από την φύση). Τα γεωθερμικά συστήματα που εκμεταλλεύονται την αβαθή γεωθερμική ενέργεια διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: α) στα Γεωθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος και β) στα Γεωθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος. [21]
Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας στον κτηριακό τομέα ποικίλλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία του διαθέσιμου ρευστού. Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 90^{o}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^{o}C, χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας για θέρμανση και κλιματισμό. [18]

1.3.3.5 Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)

Η Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) βασίζεται στην ταυτόχρονη παραγωγή εκμεταλλεύσιμης ή αξιοποιήσιμης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, από την ίδια ενεργειακή πηγή. Η κεντρική και πλέον βασική αρχή της Συμπαραγωγής είναι ότι, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα πολλά οφέλη που προκύπτουν από αυτή, τα συστήματα ΣΗΘ πρέπει να βασίζονται στη ζήτηση θερμότητας της εφαρμογής. Τα συστήματα Συμπαραγωγής μπορούν να εγκατασταθούν σε ενεργοβόρες βιομηχανίες, στον τριτογενή τομέα (νοσοκομεία, ξενοδοχεία, μεγάλα κτίρια, αθλητικά κέντρα, κλπ), ή να καλύψουν τις θερμικές και ηλεκτρικές ανάγκες μιας αστικής περιοχής, μέσω συστημάτων τηλεθέρμανσης / τηλεψύξης. Τα συστήματα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι: 1. Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) 2. Αεριοστρόβιλοι 3. Ατμοστρόβιλοι 4. Μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου 5. Κυψέλες Καυσίμου Ως πηγή ενέργειας σε μονάδες Συμπαραγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο (ορυκτό ή βιομάζα). Το καύσιμο όμως που σήμερα κυριαρχεί, για οικονομικούς αλλά και περιβαλλοντικούς λόγους, είναι το Φυσικό Αέριο. Με την αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας, η απόδοση μιας εγκατάστασης Συμπαραγωγής μπορεί να φθάσει ή και να ξεπεράσει το 90%. Ως εκ τούτου η Συμπαραγωγή προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας που κυμαίνεται μεταξύ 15 έως 40%, σε σύγκριση με τη διάθεση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από συμβατικούς ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς και λέβητες, αντίστοιχα. [20]

Κεφάλαιο 2

Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σχετικά με το σύστημα φωτισμού

2.1 Εισαγωγή

Ο φωτισμός αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την εξασφάλιση ευχάριστου περιβάλλοντος στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων.
Στόχος του σχεδιασμού των συστημάτων φωτισμού είναι η εξασφάλιση οπτικής άνεσης, μέσω:

- της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού, η οποία καθορίζεται από Διεθνή πρότυπα, βάσει της χρήσης και των λειτουργικών απαιτήσεων κάθε χώρου,
- της ποιότητας του φωτισμού, η οποία εξασφαλίζεται με καλή κατανομή και αποφυγή φαινομένων θάμβωσης, κατάλληλη χρωματική απόδοση και χρώμα φωτισμού, ανάδειξη στοιχείων χώρου, κατεύθυνση φωτισμού και δημιουργία κατάλληλων αντιθέσεων (contrasts).

Στον καθορισμό των Διεθνών προτύπων έχει ενσωματωθεί η ενεργειακή παράμετρος και η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, στα σύγχρονα κτίρια 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 ‘πενιχρά’ αποτελέσματα ως προς την ποιότητα και την οπτική άνεση. Η κατανάλωση αυτή μπορεί να αποτελεί σημαντικό ποσοστό του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου.
Στον παρακάτω πίνακα καταγράφεται η ποσοστιαία κατανάλωση για φωτισμό ανάλογα με την κατηγορία χρήσης του υπό μελέτη χώρου.

Πίνακας 1.1: Συνολική ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό ανά είδος χώρου.

Χρήση	**Κατανάλωση για φωτισμό (% συνολικής ηλεκτρικής ενεργειακής κατανάλωσης)**
Κτίρια Γραφείων	30-50
Καταστήματα	25-50
Νοσοκομεία	10-20
Ξενοδοχεία	10-25

Όμως, έχει διαπιστωθεί ότι, σε μεγάλο αριθμό εγκαταστάσεων είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 30-50 %, με την υιοθέτηση κατάλληλων μέτρων και τεχνικών.

Τέτοια μέτρα είναι:

- ο σωστός σχεδιασμός του τεχνητού φωτισμού,
- η χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης,
- η επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων,
- η χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων,
- η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου,
- η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού,
- η σωστή συντήρηση της εγκατάστασης φωτισμού

2.2. Σχεδιασμός συστήματος φωτισμού

Κατά τη σχεδιασμό του συστήματος φωτισμού ενός κτιρίου, η μεθοδολογία που ακολουθείται διαφοροποιείται ανάλογα από το αν πρόκειται για υπό ανέγερση ή υφιστάμενο κτίριο. Εάν το κτίριο 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 κτίριο 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 κτιρίου, συνυπολογίζοντας την επίδραση της παρέμβασης στα φορτία θέρμανσης– ψύξης– φωτισμού. [21]

Οι τεχνικές παρεμβάσεις που προτείνονται για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου 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 ΕΝ 12464-1 και σε εθνικό επίπεδο από τον Κ.Εν.Α.Κ..

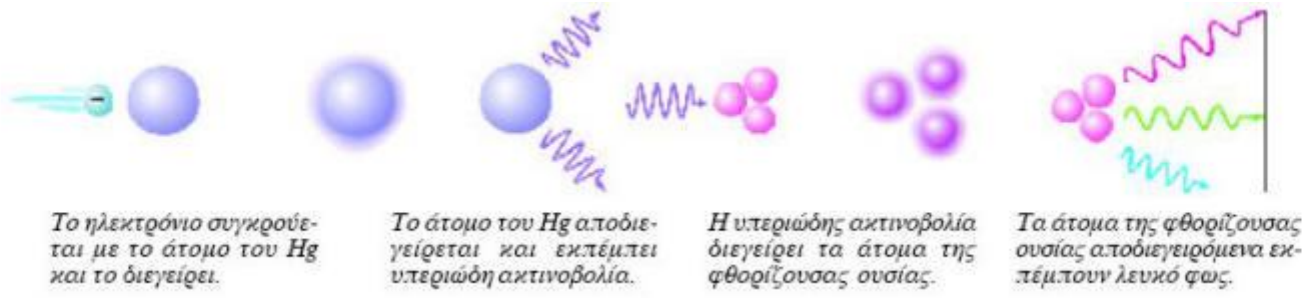
Κατά τον σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η κατανομή λαμπροτήτων στις διάφορες επιφάνειες του χώρου, η ένταση φωτισμού στο επίπεδο εργασίας και η ομοιομορφία της, η θάμβωση, η χρωματική απόδοση, η φωτεινή μαρμαρυγή (flicker), η κατευθυντικότητα του φωτισμού και η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

2.3 Χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

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. [22]

Στα κτίρια που λειτουργούν ως γραφεία ή εκπαιδευτικοί χώροι (όπως είναι και αυτό που μελετάται στην παρούσα Διπλωματική) επιλέγονται οι λαμπτήρες φθορισμού.

Οι λαμπτήρες φθορισμού αποτελούνται από γυάλινο σωλήνα σφραγισμένο, ο οποίος πληρώνεται από αργό(Ar) και άζωτο(N) σε χαμηλή πίεση και μία σταγόνα υδραργύρου(Hg) ενώ περιλαμβάνει και δύο νήματα πυράκτωσης στα άκρα. Εσωτερικά ο σωλήνας είναι επιχρισμένος με λευκή, πολύ τοξική φθορίζουσα ουσία. Κατά την λειτουργία τους, οι λαμπτήρες φθορισμού, εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία η οποία έχει ως τελικό αποτέλεσμα την εκπομπή ορατού φωτός. Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται η διαδικασία παραγωγής φωτός στους λαμπτήρες φθορισμού. Οι πιο κοινοί τύποι είναι ο σωληνοειδής και ο συμπαγής. Όλοι οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν συγκεκριμένα συστήματα για την έναυση και τον έλεγχο της διαδικασίας παραγωγής φωτός (ballasts). Η αποδοτικότητα των λαμπτήρων φθορισμού υπερβαίνει αυτή των λαμπτήρων πυρακτώσεως κατά 5-8 φορές, αναλόγως του συστήματος φωτισμού. Απαιτούν υψηλότερη αρχική επένδυση αλλά ο συνολικός χρόνος ζωής είναι 10-15 φορές μεγαλύτερος και είναι κατάλληλοι για γραφειακούς και εμπορικούς χώρους. Σημειώνεται ότι σ’ αυτή την κατηγορία λαμπτήρων παρουσιάζεται μεγάλη διαφορά στην αποδοτικότητα γι’ αυτό, η αντικατάσταση παλαιών λαμπτήρων φθορισμού με λαμπτήρες φθορισμού νέας τεχνολογίας και μεγαλύτερης απόδοσης, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι οικονομικά αποτελεσματική. Συγκεκριμένα, ανάλογα με την διάμετρό τους οι λαμπτήρες φθορισμού διακρίνονται πλέον σε λαμπτήρες T8 και T5. 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. [15], [22]



Σχήμα 2.1: διαδικασία παραγωγής φωτός στους λαμπτήρες φθορισμού [http://ek.based.gr/fos/fluorescent/fluor.htm]

2.4 Επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων

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.
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. [22]

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 ιδίου 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. [22]

2.5 Χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού (ballast)

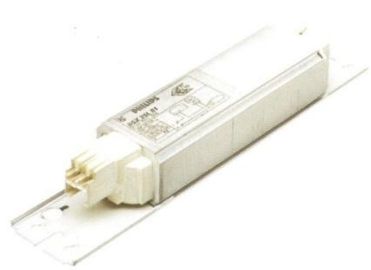
Το σύστημα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού (ballast) είναι εξάρτημα σύνδεσης μεταξύ της παροχής ισχύος και ενός ή περισσοτέρων λαμπτήρων φθορισμού. Χρησιμεύει κυρίως στον περιορισμό του ρεύματος στην απαιτούμενη τιμή, μετασχηματίζοντας την ηλεκτρική τάση και παρέχοντας τις απαιτούμενες συνθήκες για την έναυση των λαμπτήρων. Καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας των λαμπτήρων τα ballasts καταναλώνουν ενέργεια και τα ίδια.

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ballast, τα ηλεκτρομαγνητικά και τα ηλεκτρονικά. Τα ηλεκτρονικά είναι πολύ πιο αποδοτικά από τα ηλεκτρομαγνητικά. Με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/55/EC για την ενεργειακή αποδοτικότητα των ballast για λαμπτήρες φθορισμού, μερικοί τύποι ηλεκτρομαγνητικών ballast τίθενται εκτός αγοράς. [15]

2.5.1Πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης

Έχουν σχετικά χαμηλές απώλειες. Αντικαθιστώντας τα ηλεκτρομαγνητικά ballast με ηλεκτρονικά, η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 25%. Οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν υψηλότερη απόδοση κατά 10-20% όταν λειτουργούν με ηλεκτρονικά ballast. Τα ηλεκτρονικά ballast απαιτούν ηπιότερες συνθήκες έναυσης του λαμπτήρα. Αυτό έχει ως συνέπεια την επιμήκυνση του χρόνου ζωής των λαμπτήρων και ως εκ τούτου τη μείωση του κόστους συντήρησης. Στα ηλεκτρονικά ballast μπορούν να συνδεθούν έως 4 λαμπτήρες, ενώ στα αντίστοιχα ηλεκτρομαγνητικά μόνον ένας ή δύο λαμπτήρες. Οι λαμπτήρες φθορισμού με ηλεκτρομαγνητικό ballast 'τρεμοσβήνουν' 100 φορές ανά δευτερόλεπτο, ενώ οι λαμπτήρες με ηλεκτρονικό ballast περισσότερο από 40.000 φορές ανά δευτερόλεπτο, οπότε το φαινόμενο δεν είναι αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι. [15], [22]

Εικόνα 2.1 : Ηλεκτρομαγνητικό ballast



Εικόνα 2.2 : Ηλεκτρονικό ballast

2.6 Εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου

Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση συστημάτων ελέγχου είναι οι παρακάτω.

2.6.1 Προγραμματισμός

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

Η στρατηγική του προβλεπόμενου προγραμματισμού χρησιμοποιείται σε κτίρια, 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. [23]

2.6.2 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 διακοπτών 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. [1]

2.6.3. 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.
Επισημαίνεται ότι η εφαρμογή των αυτόνομων αυτοματισμών που αναφέρθηκαν δεν προϋποθέτει την ύπαρξη συστήματος κεντρικής διαχείρισης κτιρίου (BMS), άρα μπορούν να εγκατασταθούν και σε υφιστάμενα κτήρια. Όλες οι λειτουργίες των αυτόνομων αυτοματισμών που παρατέθησαν αποτελούν υποσύνολο των λειτουργιών του BMS. [22]

2.6.4. 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. [23]

2.6.5. 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. [23]

2.6.6. Εξομάλυνση φορτίου και μείωση της ζήτησης ισχύος

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό σε ένα κτίριο 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 κτιρίου 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. [23]

2.6.7. 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 κτιρίου. 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 κτιρίου. Οπωσδήποτε, για την εγκατάσταση BMS απαιτείται τεχνοοικονομική μελέτη, η οποία θα εκτιμήσει το χρόνο απόσβεσης σύμφωνα με τις λειτουργίες του κτιρίου. Σε περίπτωση που το ενδεχόμενο εγκατάστασης BMS απορριφθεί, τότε θα πρέπει να μελετηθεί η σκοπιμότητα εγκατάστασης αυτόνομων αυτοματισμών στο φωτισμό των επιλεγόμενων χώρων. [22]

2.7 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. [23]
Περαιτέρω ανάλυση των τρόπων εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 3.

2.8 Συντήρηση της εγκατάστασης φωτισμού

Η απόδοση μιας εγκατάστασης φωτισμού μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, λόγω της επικάθισης 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 κτη*ρίων 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. [21], [22]

Κεφάλαιο 3

Εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού

3.1 Εισαγωγή

Ο φυσικός φωτισμός έχει σημαντική επίδραση στην εμφάνιση των χώρων ενός κτιρίου 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 κτιρίου. Γι' αυτό και ο σωστός σχεδιασμός μπορεί να οδηγήσει σε ένα κτίριο με βελτιωμένη ενεργειακή συμπεριφορά και ευχάριστη εσωτερική εμφάνιση. Οι αλλαγές στο φυσικό φωτισμό ενός υφιστάμενου κτιρίου είναι πιο πολύπλοκες, αλλά μπορούν να βελτιώσουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου 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 κτιρίου προς το φωτισμό στο εξωτερικό του κτιρίου σε τυπικές (κατά CIE) συνθήκες πλήρως νεφοσκεπούς ουρανού. Συγκεκριμένα, ο παράγοντας φυσικού φωτισμού υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$DF = \frac{Ei}{Eo} \times 100(\%)$$

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%.

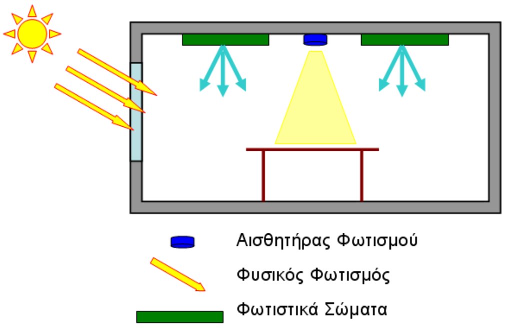
3.2 Αισθητήρες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού

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 κτιρίου (BMS). Επισημαίνεται ότι είναι απαραίτητο τα υφιστάμενα φωτιστικά να λειτουργούν με ηλεκτρονικά ballast. [22]
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 κτιρίου 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 3.1 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. [23]



Σχήμα 3.1 : Βασικά μέρη ενός τυπικού συστήματος ελέγχου φωτισμού με αισθητήρα φωτισμού

3.2.1 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. [23]

3.2.2 Ζώνες ελέγχου φωτισμού

Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού είναι περιοχές στους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου 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. [23]

3.2.3 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. [23]

3.2.4 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 . [23]

3.3 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 κτίριο, πρέπει αφενός να ληφθούν υπόψη οι κλιματικές συνθήκες και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και αφετέρου το κτίριο 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. [2], [13]

Το σχήμα του κτιρίου 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 κτιρίου. Θεωρώντας ένα τυπικό βάθος περιμετρικής ζώνης (4,5m) και κτίριο τετράγωνης κάτοψης (30mx30m), η περιμετρική ζώνη αντιστοιχεί στο 51% της κάτοψης. Τροποποιώντας την κάτοψη σε π.χ. 60mx15m, 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 ανακλαστικοτήτων 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.. [13]

Κεφάλαιο 4

Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού

4.1 Εισαγωγή

Εκτός από τα αισθητικά και οπτικά κριτήρια που πρέπει να λαμβάνει υπόψη του ένας σχεδιαστής φωτισμού, τα οικονομικά κριτήρια παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόφαση για την εγκατάσταση ή μη ενός συστήματος φωτισμού. Η μελέτη της οικονομικής βιωσιμότητας ενός συστήματος φωτισμού, λοιπόν, οφείλει να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι μιας μελέτης φωτισμού.

Συγκεκριμένα, 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 κτιρίου,
- σχεδιάζει τον προϋπολογισμό. [24]

4.2. 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. [25]

4.2.1. 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:

$$K_\alpha = (\kappa\acute{o}\sigma\tau o\varsigma\ \varepsilon\xi o\pi\lambda\iota\sigma\mu o\acute{\upsilon}) + [(\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma\ \varepsilon\gamma\kappa\alpha\tau\acute{\alpha}\sigma\tau\alpha\sigma\eta\varsigma) \cdot (\tau\iota\mu\acute{\eta}\ \varepsilon\rho\gamma\alpha\sigma\acute{\iota}\alpha\varsigma)]\ ,$$

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 κτιρίου 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. [25]

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

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

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 · (αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό) · (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. [26]

4.2.2. 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,

$$K_{en} = P \cdot (\tau\iota\mu\acute{\eta}\ kWh) \cdot (\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma\ \lambda\varepsilon\iota\tau o\upsilon\rho\gamma\acute{\iota}\alpha\varsigma/\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma)$$

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

Η τιμή της κιλοβατώρας (€/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 κτιρίου. 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. [25]

4.2.3. 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:

$$K_\sigma = (\kappa\acute{o}\sigma\tau o\varsigma\ \upsilon\lambda\iota\kappa\acute{\omega}\nu\ \sigma\upsilon\nu\tau\acute{\eta}\rho\eta\sigma\eta\varsigma) + [(\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma\ \sigma\upsilon\nu\tau\acute{\eta}\rho\eta\sigma\eta\varsigma\ \alpha\nu\acute{\alpha}\ \acute{\varepsilon}\tau o\varsigma)\cdot (\tau\iota\mu\acute{\eta}\ \varepsilon\rho\gamma\alpha\sigma\acute{\iota}\alpha\varsigma)],$$

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:

$$n_1 = \frac{n_\lambda \cdot (\acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma\ \lambda\varepsilon\iota\tau o\upsilon\rho\gamma\acute{\iota}\alpha\varsigma\ /\acute{\varepsilon}\tau o\varsigma)}{\delta\iota\acute{\alpha}\rho\kappa\varepsilon\iota\alpha\ \zeta\omega\acute{\eta}\varsigma\ \tau o\upsilon\ \lambda\alpha\mu\pi\tau\acute{\eta}\rho\alpha\ \sigma\varepsilon\ \acute{\omega}\rho\varepsilon\varsigma}$$

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. [25]
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

$$K_3 = \frac{\delta\iota\acute{\alpha}\rho\kappa\varepsilon\iota\alpha\ \zeta\omega\acute{\eta}\varsigma\ \tau o\upsilon\ \sigma\upsilon\sigma\tau\acute{\eta}\mu\alpha\tau o\varsigma \cdot \kappa\acute{o}\sigma\tau o\varsigma\ \alpha\nu\tau\iota\kappa\alpha\tau\acute{\alpha}\sigma\tau\alpha\sigma\eta\varsigma\ \lambda\alpha\mu\pi\tau\acute{\eta}\rho\omega\nu}{\delta\iota\acute{\alpha}\sigma\tau\eta\mu\alpha\ \alpha\nu\tau\iota\kappa\alpha\tau\acute{\alpha}\sigma\tau\alpha\sigma\eta\varsigma\ \lambda\alpha\mu\pi\tau\acute{\eta}\rho\omega\nu}$$

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

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

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

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

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. [26]

4.2.4. 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. [25]

4.3. Χρόνος απόσβεσης

Ως χρόνος απόσβεσης θεωρείται ο χρόνος που απαιτείται ώστε η εξοικονόμηση από το κόστος λειτουργίας να αντισταθμίσει το κόστος της επένδυσης. Πρόκειται για ένα σημαντικό μέγεθος που πρέπει να υπολογίζεται κατά το σχεδιασμό, τόσο για κτίριο υπό ανέγερση όσο και για υφιστάμενο κτίριο.

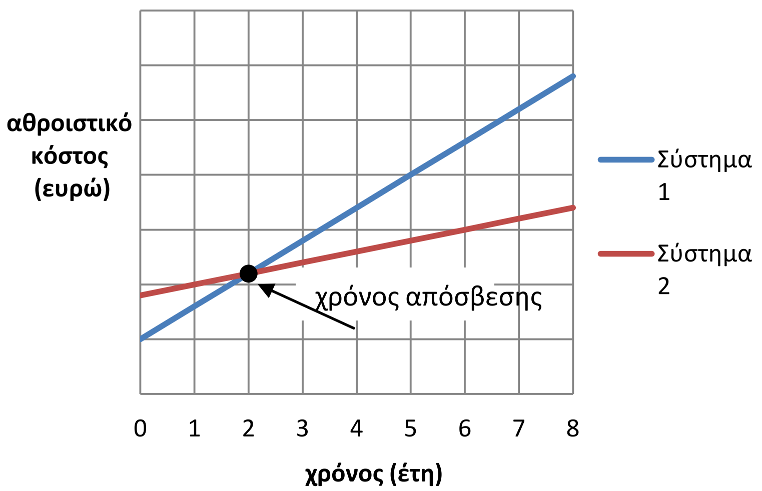
$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{\text{Κόστος επένδυσης}(2) - \text{Κόστος επένδυσης }(1)}{\text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας}(1) - \text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας}(2)} \quad ,$$

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. [25], [26], [27]
Ο χρόνος απόσβεσης μπορεί επίσης να προσδιοριστεί και γραφικά.



Σχήμα 4.1. 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. [25]

4.4. Μέθοδοι στατικού και δυναμικού υπολογισμού

Μια οικονομική ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος είναι αυτή που περιγράφηκε παραπάνω και αποτελεί έναν **στατικό υπολογισμό**. Με την μέθοδο αυτή δεν λαμβάνεται υπόψη η διαφορετική μελλοντική αξία του χρήματος. Αποτελεί, λοιπόν, μια θεωρητική προσέγγιση που δίνει γρήγορα και εύκολα μια ικανοποιητική τιμή για έναν αρχικό υπολογισμό.
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. Η μέθοδος αυτή αποτελεί έναν δυναμικό υπολογισμό και συνίσταται για μεγάλες και σύνθετες μελέτες, ώστε να αποφευχθούν πιθανά σοβαρά λάθη. [25], [24], [26]

Κεφάλαιο 5

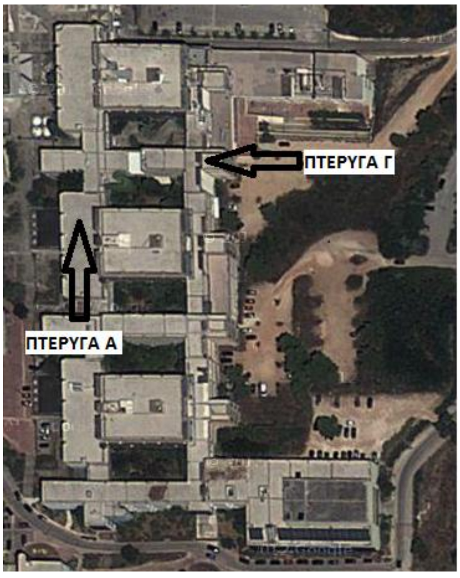
Γενική περιγραφή του κτιρίου Χημικών Μηχανικών και των προβλημάτων του

5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια γενική περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου και παρουσιάζονται τα κύρια προβλήματα που καταγράφηκαν από τις επισκέψεις – επιθεώρηση στο χώρο. Παρατίθενται επίσης αναλυτικές κατόψεις από τις πτέρυγες Α και Γ που μελετώνται στη συγκεκριμένη Διπλωματική εργασία.

5.2 Περιγραφή κτιρίου

Το κτίριο της Σχολής Χημικών Μηχανικών κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Αρχικά καταλάμβανε χώρο 10.809 m^2, ενώ σήμερα, ύστερα από παρεμβάσεις και επεκτάσεις που έγιναν λόγω των αυξημένων απαιτήσεων της σχολής σε εργαστήρια και αίθουσες διδασκαλίας, καταλαμβάνει χώρο περίπου 12.500 m^2. Το κτίριο στο σύνολό του αποτελείται από 6 επίπεδα (μη συμπεριλαμβανομένου του υπογείου) και από 8 πτέρυγες (Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ). Ο κύριος προσανατολισμός του είναι δυτικός και οι ακριβείς του γεωγραφικές συντεταγμένες είναι: γεωγραφικός πλάτος 37° 58′ 36′′ Βόρεια και γεωγραφικό μήκος 23° 47′ 05′′ Ανατολικά [Google Earth]. Οι υπό μελέτη πτέρυγες Α, Γ έχουν κάλυψη περίπου 2770 m^2 και αποτελούνται από 2 επίπεδα η πτέρυγα Α (0 και 1) και 5 επίπεδα η πτέρυγα Γ (0,1,2,3,4). Οι χώροι αυτοί χρησιμοποιούνται ως γραφεία διδακτικού προσωπικού, εργαστήρια και κοινόχρηστοι χώροι. [28]



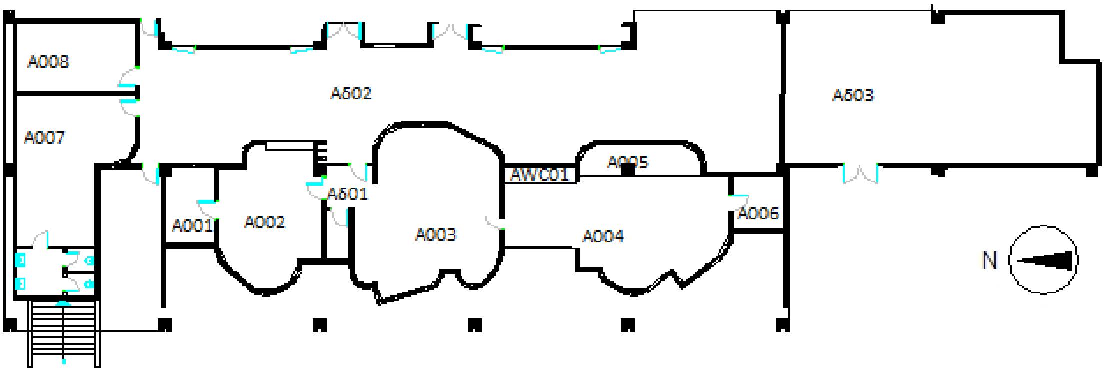
Σχήμα 5.1 : Κάτοψη του κτιρίου Χημικών Μηχανικών από δορυφορική λήψη [Google Earth]

Σχήμα 5.2 : Βορειοδυτική πρόσοψη κτιρίου

Στα παρακάτω υποκεφάλαια, παρατίθενται αναλυτικά οι κατόψεις όλων των επιπέδων (0, 1, 2, 3, 4) της κάθε πτέρυγας περιλαμβανομένης της αρίθμησης-ονομασίας που χρησιμοποιήθηκε για κάθε χώρο. Καταγράφεται επίσης η λειτουργία των χώρων αυτών. Σημειώνεται ότι η ονομασία των χώρων ακολουθεί κατά το δυνατό την υπάρχουσα ονομασία και αρίθμηση του κτιρίου.

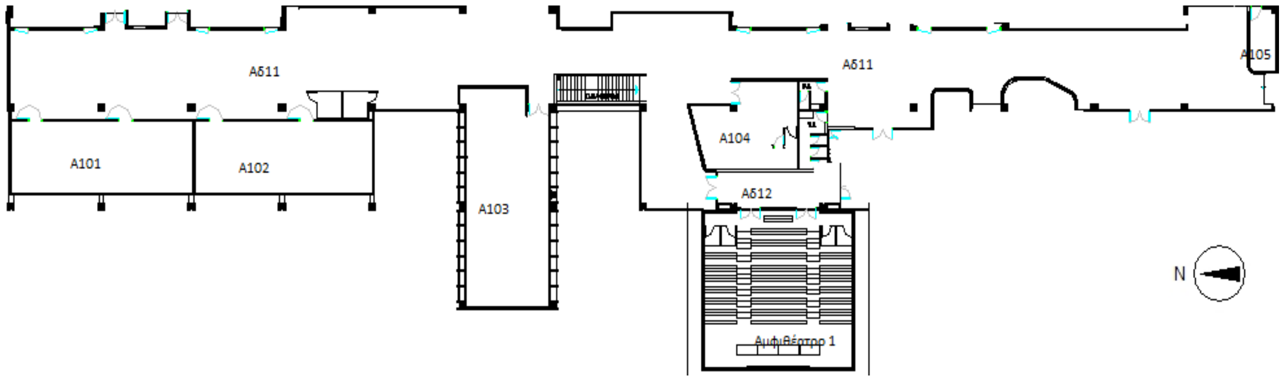
5.2.1. Πτέρυγα Α

Η πτέρυγα Α καταλαμβάνει συνολικά επιφάνεια 1322m^2. Από αυτά το επίπεδο 0 καταλαμβάνει 225 m^2. Οι χώροι Α001 έως Α008 λειτουργούν ως γραφεία της Γραμματείας της σχολής, ενώ οι χώροι Αδ01, Αδ02 και Αδ03 είναι διάδρομοι. Ο χώρος AWC01 λειτουργεί ως τουαλέτα.



Σχήμα 5.3 : κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 0

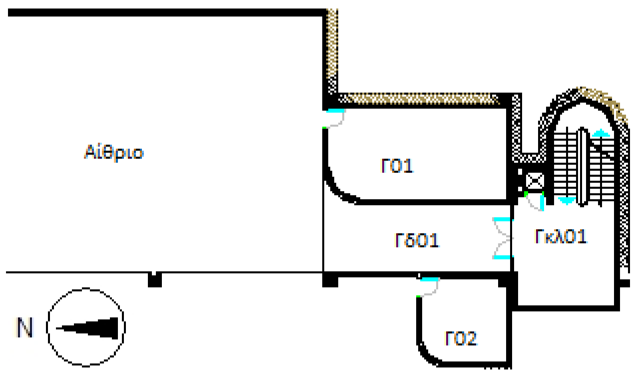
Το επίπεδο 1 της πτέρυγας Α καταλαμβάνει επιφάνεια 1094,95m^2. Οι χώροι Α101 έως Α104 λειτουργούν ως γραφεία της σχολής, ενώ ο χώρος Α105 αποτελεί θυρωρείο. Οι χώροι Αδ11 και Αδ12 είναι διάδρομοι.



Σχήμα 5.4 : κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 1

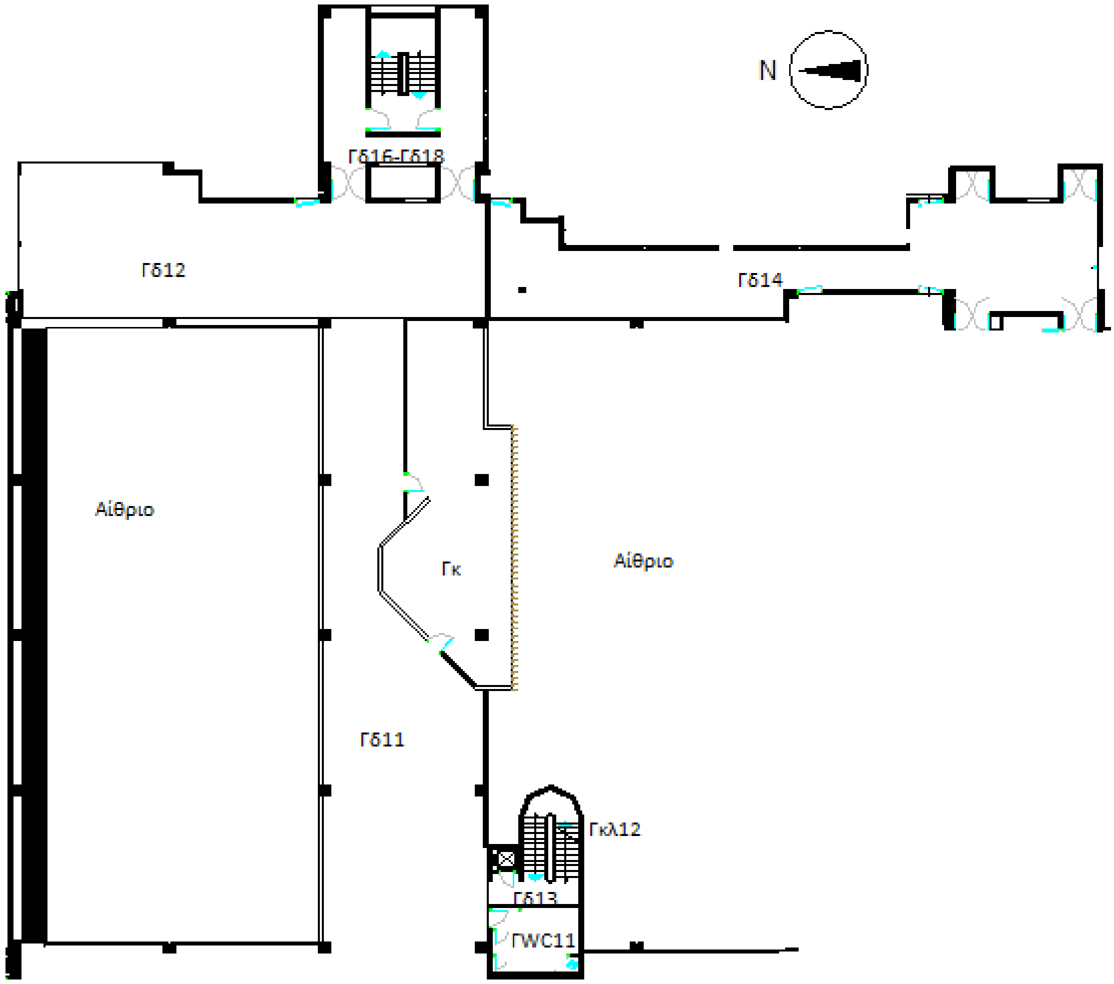
5.1.2. Πτέρυγα Γ

Η πτέρυγα Γ καταλαμβάνει συνολικά επιφάνεια 1457m^2. Από αυτά το επίπεδο 0 καταλαμβάνει 74m^2. Ο χώρος Γ01 δεν έχει συγκεκριμένη χρήση προς το παρόν ενώ ο χώρος Γ02 είναι θυρωρείο. Οι χώροι Γδ01 και Γκλ01 είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια) .



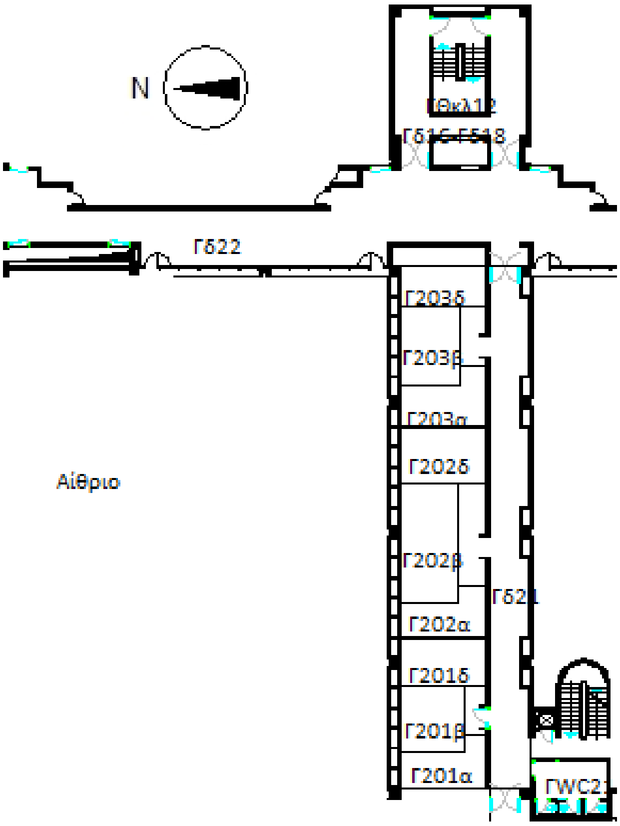
Σχήμα 5.5 : κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 0

Το επίπεδο 1 της πτέρυγας Γ καταλαμβάνει 668m^2. Ο χώρος Γκ λειτουργεί ως κυλικείο ενώ οι χώροι Γδ11 έως Γδ18 είναι διάδρομοι. Ο χώρος Γκλ12 αποτελεί το κλιμακοστάσιο της πτέρυγας και ο ΓWC11 την τουαλέτα .



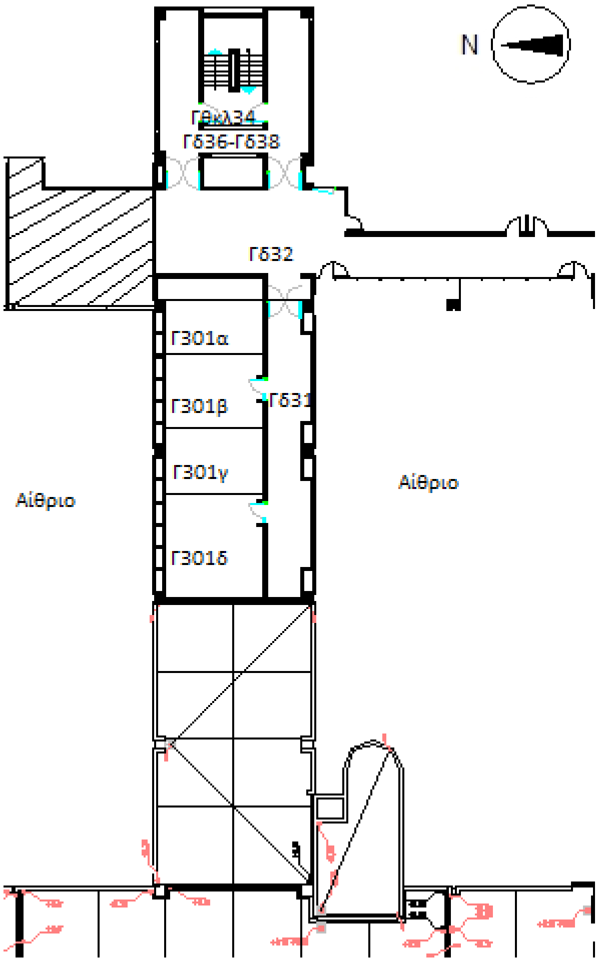
Σχήμα5.6 : κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 1

Το επίπεδο 2 της πτέρυγας Γ καταλαμβάνει 445m^2. Οι χώροι Γ201α έως Γ203δ λειτουργούν ως γραφεία ενώ οι χώροι Γδ21, Γδ22 και Γδ26-Γδ28 αποτελούν διαδρόμους. Ο χώρος ΓΘκλ12 αποτελεί το κλιμακοστάσιο της πτέρυγας και ο ΓWC21 την τουαλέτα .



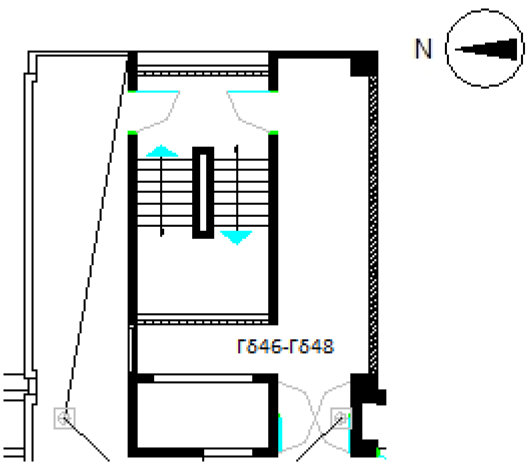
Σχήμα 5.7 : κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 2

Το επίπεδο 3 της πτέρυγας Γ καταλαμβάνει 247m^2. Οι χώροι Γ301α έως Γ301δ λειτουργούν ως γραφεία ενώ οι χώροι Γδ31, Γδ32 και Γδ36-Γδ38 αποτελούν διαδρόμους. Ο χώρος ΓΘκλ34 αποτελεί το κλιμακοστάσιο της πτέρυγας.



Σχήμα 5.8: κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 3

Τέλος, το επίπεδο 4 της πτέρυγας Γ καταλαμβάνει 23m^2. Ο χώρος Γδ46-Γδ48 αποτελεί διάδρομο.



Σχήμα 5.9: κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων επιπέδου 4

5.3 Περιγραφή των κύριων προβλημάτων του κτιρίου

Αρχικό στάδιο για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας ήταν η επιθεώρηση των χώρων με σκοπό την καταγραφή τους και των όποιων αλλαγών είχαν γίνει σε αυτό σε σχέση με τις αρχικές κατόψεις του, καθώς επίσης και καταγραφή του υπάρχοντος συστήματος φωτισμού. Στα πλαίσια της επιθεώρησης παρατηρήθηκαν καταγράφηκαν τα εξής προβλήματα:

- Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται είναι απαρχαιωμένης 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.

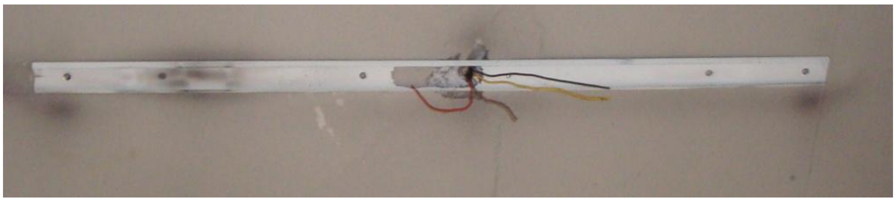
- Αρκετοί από τους λαμπτήρες δεν λειτουργούν λόγω γήρανσης και τερματισμού της ζωής τους. Κάτι τέτοιο θα έδινε την εντύπωση ότι δεν υπάρχει κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, δεδομένου ότι όλα τα φωτιστικά διέθεταν ηλεκτρομαγνητικό ballast, το ballast διαρρεόταν από ηλεκτρικό ρεύμα και άρα υπήρχε κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος της τάξεως του 20-25%.

Σχήμα 5.10 : Διαρροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από λαμπτήρα που δεν λειτουργεί λόγω ηλεκτρομαγνητικού ballast.

- Σε χώρους οι οποίοι υπερβαίνουν τα 15m^2 παρατηρήθηκε ότι όλα τα φωτιστικά σώματα ελέγχονται από έναν μόνο διακόπτη. Κάτι τέτοιο έρχεται ενάντια στον Κ.Εν.Α.Κ. και την ΤΟΤΕΕ, ο οποίος ορίζει ότι για κάθε χώρο με επιφάνεια μεγαλύτερη των 15 m^2, ο τεχνητός φωτισμός θα πρέπει να αποτελείται από περισσότερα του ενός κυκλώματα ώστε να αποφεύγεται η άσκοπη ενεργειακή κατανάλωση για χώρους οι οποίοι δεν χρησιμοποιούνται τη στιγμή εκείνη .
- Τα φωτιστικά σώματα στην πλειοψηφία τους διέθετα διαχυτικά καλύμματα, τα οποία μειώνουν την θάμβωση όπως και οι παραβολικές περσίδες, όμως παράλληλα ελαττώνουν και την φωτεινή ροή των λαμπτήρων. Σε αρκετούς από τους χώρους οι χρήστες είχαν αφαιρέσει τα καλύμματα αυτά στην προσπάθειά τους να αυξήσουν την φωτεινότητα του χώρου εργασίας τους.

Σχήμα 5.10 : Φωτιστικό σώμα στο οποίο έχει αφαιρεθεί το διαχυτικό κάλυμμα με σκοπό την αύξηση της φωτεινής ροής του λαμπτήρα.

- Στους διαδρόμους των πτερύγων Α και Γ του κτιρίου ήταν πολύ έντονο το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης του συστήματος φωτισμού. Στους χώρους αυτούς οι χρήστες, με δική τους πρωτοβουλία, έχουν αφαιρέσει τους πλεονάζοντες λαμπτήρες για εξοικονόμηση ενέργειας. Κάτι τέτοιο όμως μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα ασφαλείας λόγω μη οργανωμένης συντήρησης του κτιρίου.



Σχήμα 5.11 : Φωτιστικό σώμα του οποίου έχει αφαιρεθεί ο λαμπτήρας από τους χρήστες για εξοικονόμηση ενέργειας .

Κεφάλαιο 6

Καταγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

6.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού για τις πτέρυγες Α και Γ του κτιρίου Χημικών Μηχανικών.
Κατά τους μήνες Ιανουάριου και Φεβρουάριο του παρόντος έτους πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στο κτίριο και έγινε καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων του χώρου, του τύπου και της ισχύος των λαμπτήρων του κάθε φωτιστικού. Παράλληλα μετρήθηκε η ένταση φωτισμού της υφιστάμενης κατάστασης με κατάλληλο όργανο μέτρησης έντασης φωτισμού .
Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται αξιολόγηση των μετρήσεων αυτών και ακολουθεί η σύγκρισή τους με τα όρια που έχουν θεσπιστεί από τον Κ.Εν.Α.Κ. έτσι ώστε να εξαχθεί πόρισμα το οποίο να παρουσιάζει τα περιθώρια βελτιστοποίησης του επιδέχεται το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.
Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΝ 12464−1:2002 για τον ορθό σχεδιασμό και τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση των συστημάτων τεχνητού φωτισμού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ελάχιστες απαιτήσεις όχι μόνο της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος (W/m^2) γενικού φωτισμού αλλά και της στάθμης φωτισμού (lux) για τους διάφορους χώρους του κτιρίου που βρίσκεται υπό μελέτη, αναλόγως της λειτουργίας τους.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ελάχιστα όρια της έντασης φωτισμού και της εγκατεστημένης ισχύς φωτισμού για κάθε χώρο, ανάλογα με τη χρήση του, όπως αυτά ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ.
Η τιμή της στάθμης φωτισμού που δίνεται για κάθε χώρο είναι η μέση απαιτούμενη εργονομική στάθμη. [29]

Πίνακας 6.1: Όρια εντάσεων και εγκατεστημένης ισχύς φωτισμού ανάλογα με τη χρήση του χώρου [2], [29]

Χώρος	**Στάθμη φωτισμού (lux)**	**Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m^2)**
Γραφεία	500	15
Εργαστήρια	500	15
Αίθουσα διδασκαλίας τριτοβάθμιας εκπαίδευσης	500	15
Αποθήκες	150	15
Διάδρομοι	100	15
Κλιμακοστάσια	150	15

6.2 Τύποι Φωτιστικών Σωμάτων

Το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού αποτελείται κυρίως από γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού με λαμπτήρες τύπου T8 και με ηλεκτομαγνητικό ballast.

Παρατίθενται αναλυτικά όλα τα είδη φωτιστικών σωμάτων που εντοπίστηκαν:
α) 2x36W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast, χωρίς κάλυμμα
β) 4x18W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και ανακλαστική περσίδα
γ) 2x18W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και ανακλαστική περσίδα
δ) 1x36W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και διαχυτικό κάλυμμα
ε) 1x58W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast, χωρίς κάλυμμα
στ) 1x18W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και διαχυτικό κάλυμμα
ζ) 2x18W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και διαχυτικό κάλυμμα
η) 3x36W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και διαχυτικό κάλυμμα
θ) 2x36W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και διαχυτικό κάλυμμα
ι) 4x36W με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και διαχυτικό κάλυμμα

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

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

6.3 Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

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

6.3.1 Πτέρυγα Α

Πίνακας 6.2: Υφιστάμενη εγκατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Α -Επίπεδο 0)

ΕΠΙΠΕΔΟ 0					
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες**	**Ισχύς Λαμπτήρα(W)**	**Τύπος Λαμπτήρα**	**Σύνολο χώρου (W)**
Α001	6	4	18	Φθορισμού Τ8, α	540
Α002	10	4	18	Φθορισμού Τ8, α	900
Α003	14	4	18	Φθορισμού Τ8, α	1260
Α004	11	4	18	Φθορισμού Τ8, α	990
Α005	1	4	18	Φθορισμού Τ8, α	90
Α006	6	4	18	Φθορισμού Τ8, α	540
AWC01	4	2	18	Φθορισμού Τ8, α	180
Αδ01	3	4	18	Φθορισμού Τ8, α	270
Αδ02	16	4	18	Φθορισμού Τ8, α	1440
Αδ03	3	4	18	Φθορισμού Τ8, α	270
ΣΥΝΟΛΟ					**6480**

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 0 της Πτέρυγας Α είναι 226,27 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 28,6 W/m^2, τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2.

Πίνακας 6.3: Υφιστάμενη εγκατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Α -Επίπεδο 1)

ΕΠΙΠΕΔΟ 1					
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες**	**Ισχύς Λαμπτήρα(W)**	**Τύπος Λαμπτήρα**	**Σύνολο χώρου (W)**
Α101	14	2	36	Φθορισμού Τ8, σ	1260
Α102	24	2	36	Φθορισμού Τ8, σ	2160
Α103	26	4	18	Φθορισμού Τ8, α	2340
Α104	4	4	18	Φθορισμού Τ8, α	360
Α105	1	2	18	Φθορισμού Τ8, α	45
Αδ11	4	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	1140
	10	4	18	φθορισμού Τ8, α	
Αδ12	8	1	36	φθορισμού Τ8, κ	770
	4	1	58	φθορισμού Τ8, σ	
	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	
ΣΥΝΟΛΟ					**8075**

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Α είναι 1094,95 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 7,37 W/m^2, τιμή μικρότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Α είναι συνολικά 14.555 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 1.321,52 m^2, άρα η κατανομή ισχύος είναι 11,01 W/m^2.

6.3.1 Πτέρυγα Γ

Πίνακας 6.4: Υφιστάμενη εγκατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 0)

Επίπεδο 0					
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες**	**Ισχύς Λαμπτήρα(W)**	**Τύπος Λαμπτήρα**	**Σύνολο χώρου (W)**
Γ01	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	120
Γ02	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	120
Γδ01	1	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	60
Γκλ01	4	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	240
ΣΥΝΟΛΟ					**540**

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 0 της Πτέρυγας Γ είναι 74,32 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 7,27 W/m^2.

Πίνακας 6.5: Υφιστάμενη εγκατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 1)

Επίπεδο 1					
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες**	**Ισχύς Λαμπτήρα(W)**	**Τύπος Λαμπτήρα**	**Σύνολο χώρου (W)**
Γκ	15	4	18	Φθορισμού Τ8, α	1350
Γδ11	8	4	18	Φθορισμού Τ8, α	720
Γδ12	4	4	18	Φθορισμού Τ8, α	360
Γδ13	1	2	36	Φθορισμού Τ8, σ	90
Γδ14	4	4	18	Φθορισμού Τ8, α	360
ΓWC11	3	1	18	Φθορισμού Τ8, κ	107,5
	1	1	40	Πυρακτώσεως Ε27	
Γκλ12	2	2	18	Φθορισμού Τ8, κ	210
	3	1	40	Πυρακτώσεως Ε27	
ΓΘκλ12	3	2	18	Φθορισμού Τ8, κ	135
Γδ16-Γδ18	2	4	18	Φθορισμού Τ8, α	420
	4	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	
ΣΥΝΟΛΟ					**3752,5**

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Γ είναι 668,28 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 5,62 W/m^2.

Πίνακας 6.6: Υφιστάμενη εγκατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 2)

Επίπεδο 2					
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες**	**Ισχύς Λαμπτήρα(W)**	**Τύπος Λαμπτήρα**	**Σύνολο χώρου (W)**
Γ201.α	4	3	36	Φθορισμού Τ8, κ	540
Γ201.β-γ	4	3	36	Φθορισμού Τ8, κ	540
Γ201.δ	4	3	36	Φθορισμού Τ8, κ	540
Γ201.ε	1	2	36	Φθορισμού Τ8, κ	90
Γ202.α	6	3	36	Φθορισμού Τ8, κ	810
Γ202.β-γ	4	4	18	Φθορισμού Τ8, α	360
Γ202.δ	6	3	36	Φθορισμού Τ8, κ	810
Γ202.ε	1	2	36	Φθορισμού Τ8, κ	90
Γ203.α	4	4	36	Φθορισμού Τ8, κ	720
Γ203.β-γ	4	4	36	Φθορισμού Τ8, κ	720
Γ203.δ	4	4	36	Φθορισμού Τ8, κ	720
Γ203.ε	1	2	36	Φθορισμού Τ8, κ	90
Γδ21	16	1	58	Φθορισμού Τ8, σ	1160
ΓWC21	7	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	420
Γδ22	10	2	36	Φθορισμού Τ8, σ	900
ΓΘκλ23	2	2	18	Φθορισμού Τ8, κ	150
	1	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	
Γδ26-Γδ28	6	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	360
ΣΥΝΟΛΟ					**9020**

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 2 της Πτέρυγας Γ είναι 444,57 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 20,29 W/m^2.

Πίνακας 6.7: Υφιστάμενη εγκατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 3)

Επίπεδο 3					
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες**	**Ισχύς Λαμπτήρα(W)**	**Τύπος Λαμπτήρα**	**Σύνολο χώρου (W)**
Γ301.α	7	3	36	Φθορισμού Τ8, κ	945
Γ301.β	5	3	36	Φθορισμού Τ8, κ	675
Γ301.γ	6	3	36	Φθορισμού Τ8, κ	810
Γ301.δ	6	3	36	Φθορισμού Τ8, κ	810
Γδ31	8	1	58	Φθορισμού Τ8, σ	580
Γδ32	8	2	36	Φθορισμού Τ8, σ	720
Γδ36-Γδ38	6	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	360
ΓΘκλ34	2	2	18	Φθορισμού Τ8, κ	210
	2	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	
ΣΥΝΟΛΟ					**5110**

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 3 της Πτέρυγας Γ είναι 247,26 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 20,67 W/m^2, τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2.

Πίνακας 6.8: Υφιστάμενη εγκατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 4)

Επίπεδο 4					
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες**	**Ισχύς Λαμπτήρα(W)**	**Τύπος Λαμπτήρα**	**Σύνολο χώρου (W)**
Γδ47-Γδ48	3	1	60	Πυρακτώσεως Ε27	180
ΣΥΝΟΛΟ					**180**

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 4 της Πτέρυγας Γ είναι 22,68 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 7,94 W/m^2.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Γ είναι συνολικά 18602,5 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 1457,11 m^2, άρα η κατανομή ισχύος είναι 12,78 W/m^2.

6.4 Ένταση φωτισμού του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Οι τιμές της έντασης φωτισμού στους χώρους του κτιρίου 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.

Εικόνα 6.1: Όργανο μέτρησης έντασης φωτισμού (EXTECH INSTRUMENTS, 401036, Datalogging Light Meter)

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων, για τυπικού χώρους των Πτερύγων Α και Γ.

6.4.1 Πτέρυγα Α

Πίνακας 6.9: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Α – Επίπεδο 0)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Α001	300	Γραφείο
Α002	570	Γραφείο
Α003	670	Γραφείο
Α004	600	Γραφείο
Α005	87	Αποθήκη
Α006	300	Γραφείο
AWC01	70	WC
Αδ01	85	Διάδρομος
Αδ02	85	Διάδρομος
Αδ03	85	Διάδρομος

Πίνακας 6.10: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Α – Επίπεδο 1)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Α102	260	Γραφείο
Α103	289	Γραφείο
Α104	305	Γραφείο
Αδ11	50	Διάδρομος

6.4.2 Πτέρυγα Γ

Πίνακας 6.11: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Γ – Επίπεδο 0)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Γκλ01	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 6.12: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Γ – Επίπεδο 1)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Γδ14	55	διάδρομος
ΓWC11	70	WC
ΓΘκλ12	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 6.13: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Γ – Επίπεδο 2)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Γ201.α	189	Γραφείο
Γ201.β-γ	189	Γραφείο
Γ201.δ	189	Γραφείο
Γ201.ε	89	Γραφείο
Γ202.α	195	Γραφείο
Γ202.ε	85	Γραφείο
Γ203.ε	89	Γραφείο
Γδ21	217	Διάδρομος
ΓWC21	75	WC
ΓΘκλ23	50	κλιμακοστάσιο

Πίνακας 6.14: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Γ – Επίπεδο 3)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Γ301.α	141	Γραφείο
Γ301.γ	170	Γραφείο
Γδ31	73	Διάδρομος
ΓΘκλ34	50	Κλιμακοστάσιο

Πίνακας 6.15: Μετρούμενη ένταση φωτισμού υφιστάμενης κατάστασης (Πτέρυγα Γ – Επίπεδο 4)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου
Γδ47-Γδ48	67	Διάδρομος

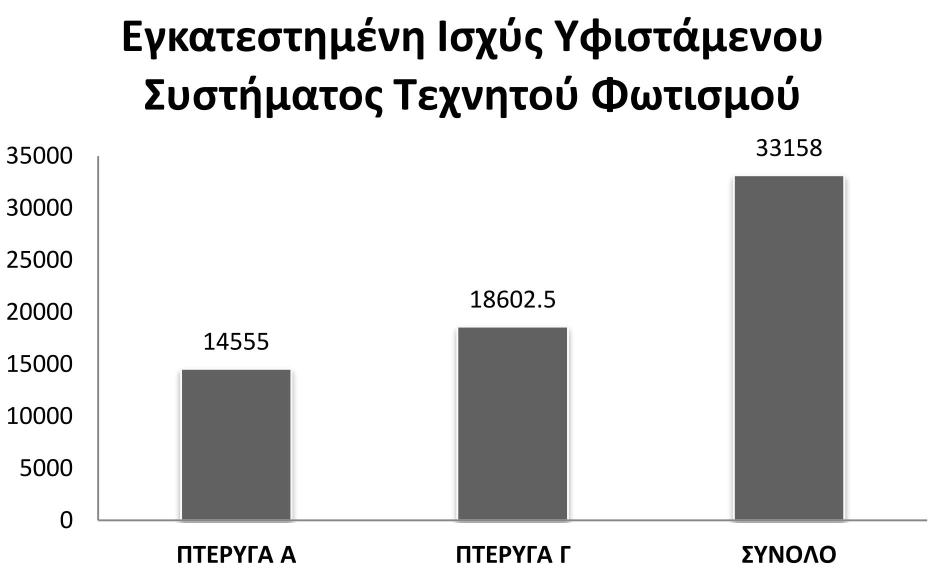
Συνολικά παρατηρείται ότι σε όλους σχεδόν τους χώρους που μετρήθηκαν το επίπεδο φωτισμού είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο όριο που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.

6.5 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθούν παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων της εγκατεστημένης ισχύος(W) των πτερύγων που μελετήθηκαν αλλά και της κατανομής της ισχύος (W/m^2) τόσο του κάθε επιπέδου ξεχωριστά όσο και των πτερύγων ως σύνολο.

Πίνακας 6.16: Συνολική ισχύς υφιστάμενης κατάστασης

ΠΤΕΡΥΓΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ	Υφιστάμενη κατάσταση	
		Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m^2)
Α	0	**14555**	7,37
	1		28,6
Γ	0	**18602,5**	7,27
	1		5,62
	2		20,29
	3		20,67
	4		7,94
ΣΥΝΟΛΟ		**33157,5**	**11,93**



Σχήμα 6.1: Εγκατεστημένη Ισχύς Υφιστάμενου Συστήματος Τεχνητού Φωτισμού

6.6 Συμπεράσματα

Συγκρίνοντας τα παραπάνω αποτελέσματα με την ανώτερη επιτρεπόμενη τιμή κατανομής ισχύος που ορίζεται απ’ τον Κ.Εν.Α.Κ., αυτή των $15W/m^2$, παρατηρούμε ότι υπάρχουν τμήματα του κτιρίου όπου αυτό το όριο υπερβαίνεται κατά πολύ. Ωστόσο, η συνολική εικόνα και των δύο πτερύγων αθροιστικά προκύπτει εντός του επιτρεπόμενου ορίου. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να μας οδηγήσει το εσφαλμένο συμπέρασμα, ότι το εγκατεστημένο σύστημα φωτισμού στις πτέρυγες Α και Γ του υπό μελέτη κτιρίου δεν χρίζει βελτιστοποίησης.
Λαμβάνοντας υπ’ όψιν όμως και την ένταση φωτισμού όπως αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά στην παράγραφο 6.4, η εικόνα αυτή αλλάζει.
Παρατηρείται ότι σε όλους σχεδόν τους χώρους που μετρήθηκαν το επίπεδο φωτισμού είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο όριο που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. Έτσι, παρά το γεγονός ότι παρατηρείται συχνά να υπάρχει υπερδιαστασιολόγηση των φωτιστικών σωμάτων, οι χώροι στο σύνολο τους είναι υποφωτισμένοι.
Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε δύο παράγοντες:
Α) τα φωτιστικά σώματα και οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται είναι συμβατικής και πεπερασμένης τεχνολογίας και έχουν χαμηλή απόδοση
Β) μεγάλο μέρος της φωτεινής ακτινοβολίας των λαμπτήρων δεν κατευθύνεται προς την επιφάνεια εργασίας και χάνεται προς τα επάνω, καθώς δεν υπάρχει ανακλαστήρας (εικόνα 2)

Εικόνα 6.1: Απαρχαιωμένα φωτιστικά σώματα χωρίς ανακλαστήρες

Συνυπολογίζοντας τελικά τις ελάχιστες απαιτήσεις τόσο της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος (W/m^2) γενικού φωτισμού όσο και της στάθμης φωτισμού (lux) για τους διάφορους χώρους του κτιρίου συμπεράνουμε ότι το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού επιδέχεται βελτιστοποίησης.

Κεφάλαιο 7

Περιγραφή προτεινόμενης κατάστασης με αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων

7.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αναλυτικά το πρώτο προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού(Σενάριο Α). Σύμφωνα με αυτό προτείνεται η αντικατάσταση των παλαιών φωτιστικών σωμάτων για τις πτέρυγες Α και Γ του κτιρίου της σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. με νέα ενεργειακά αποδοτικότερα.

Αρχικά, παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε και αναφέρονται όλοι οι περιορισμοί που ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ. καθώς και οι συνισταμένες που οδήγησαν στην προτεινόμενη λύση.

Στη συνέχεια παρατίθενται πίνακες με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προαναφερθείσα διαδικασία.

Στο τέλος του κεφαλαίου το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού συγκρίνεται με την υφιστάμενη κατάσταση που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και εξάγονται τα ανάλογα συμπεράσματα.

7.2. Τύποι Προτεινόμενων Φωτιστικών Σωμάτων

Για την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού προτείνεται η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, υψηλότερης απόδοσης γραμμικά φωτιστικά σώματα ελληνικής κατασκευής (Γαλλής Α.Ε.Β.Ε.), τα οποία περιλαμβάνουν παραβολική περσίδα για καλύτερη διάχυση του φωτός στον χώρο. Αυτά είναι εφοδιασμένα με αποδοτικότερους λαμπτήρες φθορισμού τύπου Τ5, ενώ για την έναυση του φωτιστικού σώματος χρησιμοποιείται ηλεκτρονικό ballast. Η επιπρόσθετη κατανάλωση λόγω των ηλεκτρονικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 10% της ισχύος των λαμπτήρων.

Σε δύο απ’ τους χώρους της πτέρυγας Γ που μελετήθηκαν, ΓWC11 και ΓWC12, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως τουαλέτες, οι ήδη υπάρχοντες λαμπτήρες πυρακτώσεως που υπήρχαν επιλέξαμε να αντικατασταθούν με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος εγκατάστασης.

Οι αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές των φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και τα πολικά διαγράμματα κατανομής της φωτεινής έντασης παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ.

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

Πίνακας 7.1 : Τύπος προτεινόμενων φωτιστικών και τεχνικά χαρακτηριστικά τους

Τύπος φωτιστικού	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	Απόδοση φωτιστικού (LOR)	Φωτεινή ροή λαμπτήρα (lumen)	Συνολική φωτεινή ροή λαμπτήρων (Lumen)	Φωτεινή ροή φωτιστικού (Lumen)	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

* Η επιπρόσθετη ισχύς των ηλεκτρονικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 10% της ισχύος των λαμπτήρων.

7.3. Συνοπτική παρουσίαση διαδικασίας

Κατά τη διάρκεια των επισκέψεων στους χώρους του κτιρίου (τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο του παρόντος έτους) έγινε, εκτός των άλλων, καταγραφή των γεωμετρικών δεδομένων και των αντίστοιχων οπτικών ιδιοτήτων των εσωτερικών στοιχείων του κάθε χώρου (ανακλαστικότητες τοίχων, διαπερατότητες υαλοπινάκων, κλπ). Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς και τις προσομοιώσεις των υπό μελέτη χώρων.

Η υλοποίηση των προσομοιώσεων και των υπολογισμών έγινε με την χρήση του αξιόπιστου προγράμματος υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών, RELUX, το οποίο χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με συντελεστή συντήρησης (maintenance factor) ίσο με 0,8.

Σε όσους χώρους υπήρχε υπερδιαστασιολόγηση των φωτιστικών σωμάτων προτάθηκε ελαχιστοποίηση του αριθμού των φωτιστικών διατηρώντας τα απαραίτητα επίπεδα φωτισμού. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μεγάλη μείωση της εγκατεστημένης ισχύος σε κάθε χώρο και κατ' επέκταση σημαντική μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

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 [2], 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 κτιρίου δίνονται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 12464.1:2002 και παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1 του προηγούμενου κεφαλαίου. Το κατώτερο όριο της φωτιστικής απόδοσης (φωτεινή δραστικότητα) καθορίστηκε στα 55 lm/W και το ανώτερο όριο της κατανομής ισχύος του κάθε χώρου στα 15 W/m^2. Το επίπεδο αναφοράς μέτρησης ορίστηκε ίσο με 0,8m. [2]

Στο Παράρτημα Α παρατίθενται τα αποτελέσματα για όλους τους χώρους όπως προκύπτουν από τους υπολογισμούς του προγράμματος RELUX .

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

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

7.4.1 Πτέρυγα Α

Πίνακας 7.2: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Α – Επίπεδο 0)

ΕΠΙΠΕΔΟ 0				
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα(W)**	**Σύνολο χώρου* (W)**
A001	2	2	28	123,2
A002	4	2	35	308
A003	6	2	35	462
A004	7	2	35	539
A005	1	2	14	30,8
A006	1	2	54	118,8

Πίνακας 7.2 (συνέχεια)

Α007	4	2	54	475,2
Α008	3	2	35	231
AWC01	1	1	21	23,1
Αδ01	1	2	14	30,8
Αδ02	5	2	28	308
Αδ03	3	2	28	184,8
ΣΥΝΟΛΟ				2341,9

* Η επιπρόσθετη ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 25% της ισχύος των λαμπτήρων

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 0 της Πτέρυγας Α είναι 226,57m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 10,33 W/m^2, τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2. Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 68,87 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 7.3: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Α -Επίπεδο 1)

ΕΠΙΠΕΔΟ 1				
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα(W)**	**Σύνολο χώρου* (W)**
Α101	9	2	54	1069,2
Α102	9	2	54	1069,2
Α103	10	2	54	1188
Α104	2	2	54	237,6
Α105	1	2	14	30,8
Αδ11	13	2	54	1544,4
Αδ12	1	2	35	77
ΣΥΝΟΛΟ				5216,2

* Η επιπρόσθετη ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 25% της ισχύος των λαμπτήρων

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Α είναι 1094,95 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 4,76 W/m^2, τιμή πολύ χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2. Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 63,5 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 Α είναι συνολικά 7.558,1 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 1.321,52 m^2, άρα η κατανομή ισχύος είναι 5,71 W/m^2, τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2. Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 65,2 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

7.4.2 Πτέρυγα Γ

Πίνακας 7.4: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ - Επίπεδο 0)

	Επίπεδο 0			
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα(W)**	**Σύνολο χώρου* (W)**
Γ01	1	2	24	52,8
Γ02	1	2	24	52,8
Γδ01	1	2	21	46,2
Γκλ01	3	1	21	69,3
ΣΥΝΟΛΟ				221,1

* Η επιπρόσθετη ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 25% της ισχύος των λαμπτήρων

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 0 της Πτέρυγας Γ είναι 74,32 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 2,97 W/m^2, τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2. Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 54,92 lm/W, τιμή οριακά ίση με το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

Πίνακας 7.5: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ - Επίπεδο 1)

	Επίπεδο 1			
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα(W)**	**Σύνολο χώρου* (W)**
Γκ	4	2	54	475,2
Γδ11	4	2	54	475,2
Γδ12	4	2	35	308
Γδ13	1	2	14	30,8
Γδ14	4	2	54	475,2
ΓWC11	4	1	15	60
Γκλ12	3	1	21	69,3
ΓΘκλ12	3	1	21	69,3
Γδ16-Γδ18	2	2	28	154
	1	2	14	
ΣΥΝΟΛΟ				2117

* Η επιπρόσθετη ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 25% της ισχύος των λαμπτήρων

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 1 της Πτέρυγας Γ είναι 668,28 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 3,17 W/m^2, τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2. Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 64,03 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 7.6: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 2)

	Επίπεδο 2			
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα(W)**	**Σύνολο χώρου* (W)**
Γ201.α	2	2	54	237,6
Γ201.β-γ	2	2	54	237,6
Γ201.δ	2	2	35	154
Γ201.ε	1	2	14	30,8
Γ202.α	2	2	54	237,6
Γ202.β-γ	2	2	54	237,6
Γ202.δ	2	2	54	237,6
Γ202.ε	2	2	14	61,6
Γ203.α	2	2	54	237,6
Γ203.β-γ	2	2	35	154
Γ203.δ	2	2	35	154
Γ203.ε	2	2	14	61,6
Γδ21	4	2	28	246,4
ΓWC21	7	1	15	115,5
Γδ22	5	2	28	308
ΓΘκλ23	3	1	21	69,3
Γδ26-Γδ28	2	2	28	154
	1	2	14	
ΣΥΝΟΛΟ				2934,8

* Η επιπρόσθετη ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 25% της ισχύος των λαμπτήρων

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 2 της Πτέρυγας Γ είναι 438,86 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 6,68 W/m^2, τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2. Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 65,38 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 7.7: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 3)

	Επίπεδο 3			
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα(W)**	**Σύνολο χώρου* (W)**
Γ301.α	2	2	54	237,6
Γ301.β	2	2	54	237,6
Γ301.γ	2	2	54	237,6
Γ301.δ	2	2	54	237,6
Γδ31	2	2	21	92,4
Γδ32	3	2	21	138,6
Γδ36-Γδ38	2	2	28	154
	1	2	14	
ΓΘκλ34	1	2	35	123,2
	2	1	21	
ΣΥΝΟΛΟ				1458,6

* Η επιπρόσθετη ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 25% της ισχύος των λαμπτήρων

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 3 της Πτέρυγας Γ είναι 244,56 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 5,96 W/m^2, τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2. Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 64,59 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

Πίνακας 7.8: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 4)

	Επίπεδο 4			
Χώρος	**Φωτιστικά**	**Λαμπτήρες ανά φωτιστικό**	**Ισχύς λαμπτήρα(W)**	**Σύνολο χώρου* (W)**
Γδ47-Γδ48	1	2	28	61,6
ΣΥΝΟΛΟ				61,6

* Η επιπρόσθετη ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών ballast υπολογίσθηκε ίση με 25% της ισχύος των λαμπτήρων

Το συνολικό εμβαδόν του Επιπέδου 4 της Πτέρυγας Γ είναι 22,68 m^2, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 2,71 W/m^2, τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2. Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 141,87 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 Γ είναι συνολικά 6.793,1 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 1.448,7 m^2, άρα η κατανομή ισχύος είναι 4,69 W/m^2, τιμή χαμηλότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m^2. Η φωτεινή αποδοτικότητα του επιπέδου υπολογίστηκε στα 64,87 lm/W, τιμή μεγαλύτερη του κατώτερου ορίου των 55 lm/W.

7.5. Ένταση φωτισμού του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Ένα από τα βασικά μεγέθη που λαμβάνουμε υπ όψη ως βασική παράμετρο για τους υπολογισμούς των υπόλοιπων μεγεθών μέσω του προγράμματος RELUX είναι η ένταση φωτισμού. Ανάλογα με τη χρήση του κάθε χώρου τηρούνται τα ανάλογα όρια, όπως αυτά έχουν θεσπιστεί από τον Κ.Εν.Α.Κ.
Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται για κάθε χώρο η ένταση φωτισμού σε lux.

7.5.1 Πτέρυγα Α

Πίνακας 7.9: Ένταση φωτισμού προτεινόμενης κατάστασης με τεχνητό φωτισμό (Πτέρυγα Α -Επίπεδο 0)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου	Όριο Κ.Εν.Α.Κ.
A001	492	γραφείο	500
A002	580	γραφείο	500
A003	479	γραφείο	500
A004	548	γραφείο	500
A005	103	αποθήκη	100
A006	586	γραφείο	500
A007	566	γραφείο	500
A008	549	γραφείο	500
AWC01	100	WC	100
Αδ01	126	Διάδρομος	100
Αδ02	107	Διάδρομος	100
Αδ03	112	Διάδρομος	100

Πίνακας 7.10: Ένταση φωτισμού προτεινόμενης κατάστασης με τεχνητό φωτισμό (Πτέρυγα Α -Επίπεδο 1)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου	Όριο Κ.Εν.Α.Κ.
A101	521	Γραφείο	500
A102	531	Γραφείο	500
A103	510	Γραφείο	500
A104	490	Γραφείο	500
A105	99	Θυρωρείο	100
Αδ11	105	Διάδρομος	100
Αδ12	114	Διάδρομος	100

7.5.2 Πτέρυγα Γ

Πίνακας 7.11: Ένταση φωτισμού προτεινόμενης κατάστασης με τεχνητό φωτισμό (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 0)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου	Όριο Κ.Εν.Α.Κ.
Γ01	96	αποθήκη	100
Γ02	98	θυρωρείο	100
Γδ01	108	διάδρομος	100
Γκλ01	164	κλιμακοστάσιο	150

Πίνακας 7.12: Ένταση φωτισμού προτεινόμενης κατάστασης με τεχνητό φωτισμό (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 1)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου	Όριο Κ.Εν.Α.Κ.
Γκ	238	κυλικείο	200
Γδ11	109	διάδρομος	100
Γδ12	125	διάδρομος	100
Γδ13	92	διάδρομος	100
Γδ14	97	διάδρομος	100
Γκλ12	164	κλιμακοστάσιο	150
ΓΘκλ12	151	κλιμακοστάσιο	150
Γδ16-Γδ18	130	διάδρομος	100

Πίνακας 7.13: Ένταση φωτισμού προτεινόμενης κατάστασης με τεχνητό φωτισμό (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 2)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου	Όριο Κ.Εν.Α.Κ
Γ201.α	528	γραφείο	500
Γ201.β-γ	519	γραφείο	500
Γ201.δ	486	γραφείο	500
Γ201.ε	115	διάδρομος	100
Γ202.α	488	Γραφείο	500
Γ202.β-γ	535	Γραφείο	500
Γ202.δ	533	Γραφείο	500
Γ202.ε	131	Διάδρομος	100
Γ203.α	526	γραφείο	500
Γ203.β-γ	504	γραφείο	500
Γ203.δ	502	γραφείο	500
Γ203.ε	121	διάδρομος	100
Γδ21	113	διάδρομος	100
Γδ22	112	διάδρομος	100
ΓΘκλ23	151	κλιμακοστάσιο	150
Γδ26-Γδ28	130	διάδρομος	100

Πίνακας 7.14: Ένταση φωτισμού προτεινόμενης κατάστασης με τεχνητό φωτισμό (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 3)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου	Όριο Κ.Εν.Α.Κ
Γ301.α	518	γραφείο	500
Γ301.β	517	γραφείο	500
Γ301.γ	494	γραφείο	500
Γ301.δ	523	γραφείο	500
Γδ31	132	διάδρομος	100
Γδ32	96	διάδρομος	100
Γδ36-Γδ38	130	διάδρομος	100
ΓΘκλ34	155	κλιμακοστάσιο	150

Πίνακας 7.15: Ένταση φωτισμού προτεινόμενης κατάστασης με τεχνητό φωτισμό (Πτέρυγα Γ -Επίπεδο 4)

Χώρος	Ένταση Φωτισμού (lux)	Χρήση χώρου	Όριο Κ.Εν.Α.Κ
Γδ47-Γδ48	122	διάδρομος	100

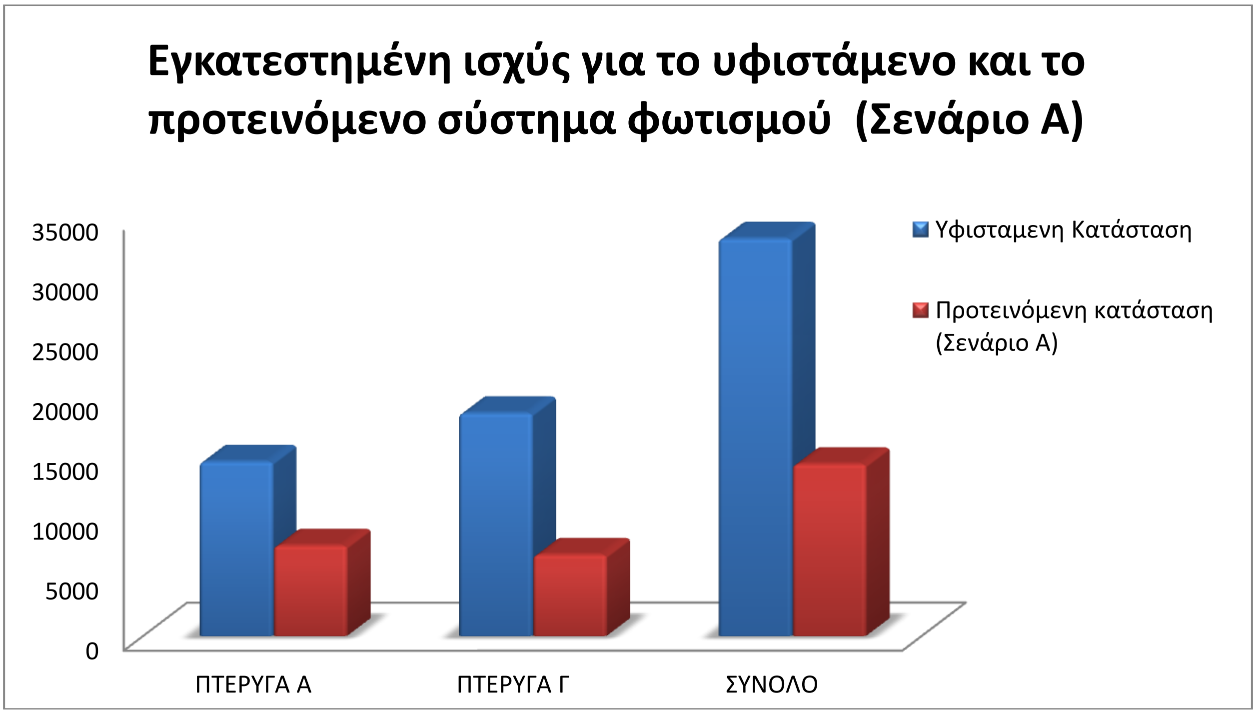
7.6. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά η εγκατεστημένη ισχύς(W), η κατανομή ισχύος (W/m^2) και η φωτεινή αποδοτικότητα (lumen/W) για κάθε πτέρυγα, αλλά και συνολικά , για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α). Οι τιμές αυτές συγκρίνονται με τις αντίστοιχες του υφιστάμενου συστήματος.

Πίνακας 7.16: Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων του υφιστάμενου και του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού (Σενάριο Α)

ΠΤΕΡΥΓΑ	Υφιστάμενη Κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)		
	Ισχύς (W)	κατανομή ισχύος (W/m²)	Ισχύς (W)	κατανομή ισχύος (W/m²)	Φωτεινή Αποδοτικότητα (lm/W)
Α	14555	11,01	7558,1	5,7	65,17
Γ	18602,5	12,76	6793,1	4,7	64,86
ΣΥΝΟΛΟ	**33158**	**11,93**	**14351,2**	**5,2**	**65,03**

Ακολουθεί επίσης εικονική παρουσίαση των τιμών της εγκατεστημένης ισχύος για το υφιστάμενο και το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού (Σενάριο Α).



Σχήμα 7.1 : Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος φωτισμού και προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α).

7.7. Συμπεράσματα

Συγκρίνοντας το Σενάριο Α της προτεινόμενης κατάστασης με την υφιστάμενη εγκατάσταση των χώρων που μελετήθηκαν παρατηρήθηκε ότι έχει επέλθει σημαντική βελτιστοποίηση όλων των μετρούμενων μεγεθών.

Συνολικά, με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων επιτυγχάνεται **μείωση ισχύος** κατά 18,8kW, δηλαδή **κατά 56,7%.** Η κατανομή ισχύος μειώθηκε από 11,93 W/m^2 σε 5,2 W/m^2, ενώ η τιμή της φωτεινής αποδοτικότητας για το σύνολο των χώρων είναι 65,03 lm/W, τιμές αποδεκτές από τον Κ.Εν.Α.Κ..

Πρέπει να σημειωθεί ότι με το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού επιτυγχάνεται μείωση ισχύος στο σύνολο των 65 χώρων που μελετήθηκαν εκτός από δύο. Οι χώροι αυτοί είναι ο Αδ11 και ο Γδ14, οι οποίοι είναι διάδρομοι. Η ισχύς στην κάθε περίπτωση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.17: Συγκριτικός πίνακας του υφιστάμενου και του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού για τους χώρους Αδ11 και Γδ14

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση			Προτεινόμενη κατάσταση		
	Ισχύς (W)	Ένταση Φωτισμού (lux)	Κατανομή ισχύος (W/m^2)	Ισχύς (W)	Ένταση Φωτισμού (lux)	Κατανομή ισχύος (W/m^2)
Αδ11	1140	50	1,59	1544,4	105	2,16
Γδ14	360	55	3,01	475,2	97	3,97

Το γεγονός ότι παρατηρείται αύξηση της καταναλισκόμενης ισχύος οφείλεται, όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, στο ότι το επίπεδο φωτισμού και των δύο διαδρόμων είναι πολύ χαμηλό. Για να επιτευχθεί, λοιπόν, η απαιτούμενη ένταση φωτισμού χρειάζεται να αυξήσουμε την εγκατεστημένη ισχύ. Ωστόσο, και στις δύο αυτές περιπτώσεις η κατανομή ισχύος είναι εντός του ανώτατου επιτρεπτού ορίου και μάλιστα πολύ χαμηλότερη αυτού.

Κεφάλαιο 8

Περιγραφή συστήματος φωτισμού με αυτόματη ρύθμιση των επιπέδων τεχνητού φωτισμού από αισθητήρες φωτισμού ανάλογα τα ποσά του φυσικού φωτισμού που ανιχνεύουν

8.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται η βελτίωση του Σεναρίου Α με την επιπρόσθετη εγκατάσταση αισθητήρων σύζευξης φυσικού – τεχνητού φωτισμού για την αυτόματη ρύθμιση των επιπέδων φωτισμού (Σενάριο Β). Σύμφωνα με το σενάριο αυτό, μελετήθηκε η δυνατότητα εκμετάλλευσης του διαθέσιμου φυσικού φωτισμού σε κάθε χώρο που έχει εξωτερικά ανοίγματα, με σκοπό τη περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας.

Στην αρχή του κεφαλαίου παρουσιάζεται συνοπτικά ο τρόπος λειτουργίας των αισθητήρων αυτόματης ρύθμισης φωτισμού και ακολουθεί η διαδικασία που οδήγησε στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων καθώς επίσης και πίνακες με τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Στο τέλος, το νέο προτεινόμενο σύστημα φωτισμού (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 εξάγονται τα ανάλογα συμπεράσματα.

8.2 Αισθητήρες αυτόματης ρύθμισης φωτισμού

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 όταν υπάρχει επάρκεια φωτισμού, αλλά ρυθμίζει τη στάθμη φωτισμού στη χαμηλότερη ένταση. Έτσι, το σύστημα φωτισμού εξακολουθεί να καταναλώνει, ίση με την ενέργεια που θα καταναλωνόταν από το 15% της ισχύος των λαμπτήρων, σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Φωτοτεχνίας του Ε.Μ.Π.. Η συνεισφορά αυτή έχει υπολογιστεί στην συνολική κατανάλωση του συστήματος φωτισμού.

8.3 Συνοπτική παρουσίαση διαδικασίας

Το πρώτο ζητούμενο στη μελέτη του σεναρίου αυτού ήταν η εύρεση των χώρων με δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού. Έτσι, για κάθε χώρο με εξωτερικό άνοιγμα υπολογίστηκε ο μέσος συντελεστής DF (Daylight Factor), ο οποίος χρησιμοποιείται ως μέτρο επάρκειας του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό ενός χώρου,

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

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%.

Οι προσομοιώσεις των χώρων και οι υπολογισμοί του Daylight Factor πραγματοποιήθηκαν με το πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών RELUX, που χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE.

Για κάθε αίθουσα ξεχωριστά εισήχθησαν τα απαραίτητα γεωμετρικά δεδομένα και οι αντίστοιχες οπτικές ιδιότητες όχι μόνο των εσωτερικών στοιχείων του χώρου (ανακλαστικότητες τοίχων, διαπερατότητες υαλοπινάκων, κλπ), αλλά και των αντίστοιχων δομικών στοιχείων του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ορίστηκε ο ακριβής προσανατολισμός του κτιρίου Χημικών Μηχανικών (North angle= -90°) και οι ακριβείς συντεταγμένες του (γεωγραφικό πλάτος= 37° 58′ 36′′ North, γεωγραφικό μήκος= 23° 47′ 05′′ East) [Google Earth].

Στο Παράρτημα Β παρατίθενται τα αποτελέσματα του Daylight Factor για όλους τους χώρους.

Το επόμενο στάδιο της μελέτης του σεναρίου αυτού αφορά στον υπολογισμό το ποσοστό του χρόνου ημέρας κατά το οποίο θα απαιτείται τεχνητός φωτισμός. Το ποσοστό αυτό υπολογίστηκε για κάθε χώρο ξεχωριστά, μέσω του RELUX,

χρησιμοποιώντας 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.
Για αυτούς τους υπολογισμούς θεωρήθηκε ότι το κτίριο λειτουργεί 12 μήνες το χρόνο, 5 ημέρες την εβδομάδα, 10 ώρες την ημέρα (08:00-18:00). Αν και το κτίριο που μελετάται είναι εκπαιδευτικό ίδρυμα, όσον αφορά τις ώρες λειτουργίας, θα θεωρηθεί ως κτίριο γραφείων, καθώς οι χώροι των Πτερύγων Α και Γ χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ως γραφεία.
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει την μηνιαία πιθανότητα ηλιοφάνειας για την περιοχή της Αθήνας όπως αυτή υπολογιστεί με βάση το τυπικό μετεωρολογικό έτος για την περιοχή της Αθήνας:

Πίνακας 8.1 : 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

8.4 Ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β) για τους χώρους που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται η τιμή του μέσου συντελεστή Daylight Factor και οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος της υφιστάμενης κατάστασης, της εγκατεστημένης ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης του Σεναρίου Α και της ισοδύναμης ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης του Σεναρίου Β, για τους χώρους του κτιρίου όπου αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός με τη χρήση αισθητήρων φωτισμού και ανάλογη ρύθμιση της έντασης φωτισμού. Επίσης, για αυτούς τους χώρους, καταγράφεται 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.
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.

8.4.1 Πτέρυγα Α

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τη βοήθεια του προγράμματος RELUX, 11 από τους 18 χώρους της πτέρυγας Α παρουσιάζουν αξιόλογα ενεργειακά οφέλη με την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων που έχουν δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β).

Πίνακας 8.2 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Α– Επίπεδο 0)

Επίπεδο 0						
		Ισχύς (W)				
Χώρος	**DF**	**Υφιστάμενη κατάσταση**	**Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)**	**Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)**	**Μείωση % (υφιστ.- (Σενάριο Β)**	**Μείωση % (Σενάριο Α -Σενάριο Β)**
Α001	3,95	540	123,2	37	93,1	69,96
Α002	1,22	900	308	234,9	73,9	23,73
Α003	1,1	1260	462	367,8	70,8	20,38
Α004	1	990	539	470,5	52,5	12,71
Α006	4,2	540	118,8	34,1	93,7	71,29
ΣΥΝΟΛΟ		**4230**	**2257,2**	**1361,8**		

Πίνακας 8.3 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Α– 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)**
Α101	3,5	1260	1069,2	358,9	71,51	66,43
Α102	3,3	2160	1069,2	383	82,26	64,17
Α103	1,17	2340	1188	921	60,64	22,47
Αδ11	2,2	1140	1544,4	297,8	73,87	80,71
ΣΥΝΟΛΟ		**6900**	**4870,8**	**1960,7**		

8.4.2 Πτέρυγα Γ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τη βοήθεια του προγράμματος RELUX, για τους 20 από τους 47 χώρους της πτέρυγας Γ πρόκειται να προκύψουν αξιόλογα ενεργειακά οφέλη με την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων που έχουν δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β).

Πίνακας 8.4 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ– 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)**
Γδ11	5,1	720	475,2	82,61	88,52	82,61
Γδ12	3,1	360	308	56,08	84,42	81,79
Γδ14	1,92	360	475,2	94,76	73,67	80,05
ΣΥΝΟΛΟ		**1440**	**859,96**	**233,45**		

Πίνακας 8.5 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ– 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)**
Γ201.β-γ	3,44	540	237,6	81,04	84,99	65,89
Γ201δ	1,76	540	154	101,50	81,20	34,09
Γ202.α	2,07	810	237,6	148,22	81,70	37,61
Γ202.β-γ	1,98	360	237,6	151,63	57,88	36,18
Γ202.δ	1,07	810	237,6	191,33	76,37	19,47
Γ203.α	1,54	720	237,6	163,83	77,24	31,04
Γ203.Β-γ	3,24	720	154	56,43	92,16	63,35
Γ203.δ	1,36	720	154	112,27	84,40	27,09
Γδ21	1,44	1160	246,4	53,33	95,40	78,35
Γδ22	1,65	900	308	63,63	92,93	79,34
ΣΥΝΟΛΟ		**7280**	**2204,4**	**1123,21**		

Πίνακας 8.6 : Ισχύς και ισοδύναμη ισχύς για τις τρεις καταστάσεις του συστήματος φωτισμού (Πτέρυγα Γ– 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)**
Γ301.α	2,51	945	237,6	122,50	87,70	48,44
Γ301.β	2,37	675	237,6	131,39	98,01	44,70
Γ301.γ	2,03	810	237,6	149,97	81,48	36,88
Γ301.δ	1,33	810	237,6	175,03	78,39	26,33
Γδ31	1,75	580	92,4	18,83	96,75	79,62
Γδ32	2,9	720	138,6	25,54	96,45	81,57
ΣΥΝΟΛΟ		**4540**	**1181,4**	**623,26**		

8.5 Συνολική ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β)

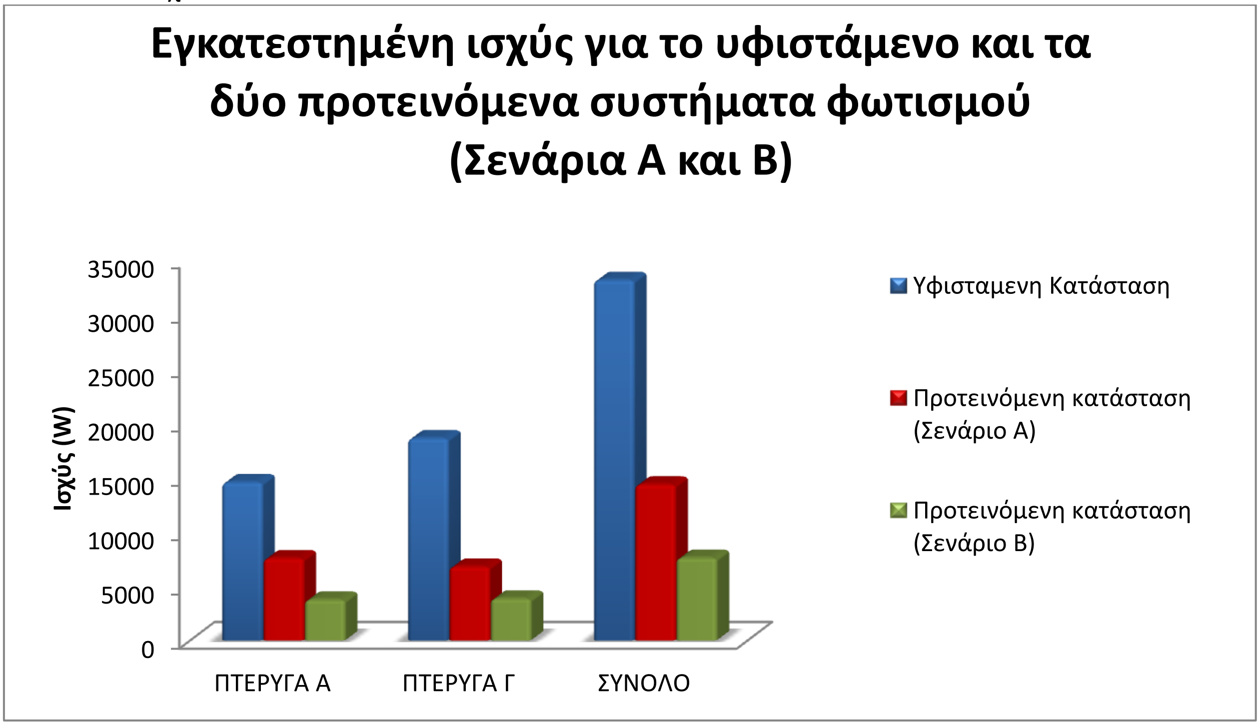
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πινάκων του προηγουμένου κεφαλαίου, από το σύνολο των 65 χώρων των υπό μελέτη πτερύγων του κτιρίου Χημικών μηχανικών σε 21 χώρους κρίνεται ωφέλιμη η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας μέσω των αισθητήρων ρύθμισης των επιπέδων φωτισμού. Οι χώροι αυτοί καταλαμβάνουν 2219,03m^2, έκταση που αντιστοιχεί στο 80,1% του συνόλου του κτιρίου που μελετάται στην παρούσα εργασία.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας στον οποίο καταγράφεται 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). Τα μεγέθη αυτά παρουσιάζονται επίσης τόσο για το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού όσο και για το προτεινόμενο σύστημα με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α).

Ακολουθεί επίσης εικονική παρουσίαση των τιμών της εγκατεστημένης ισχύος για το υφιστάμενο και τα δύο προτεινόμενα συστήματα φωτισμού (Σενάρια Α και Β).

Πίνακας 8.7 : Συγκεντρωτικός- συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων της υφιστάμενης κατάστασης και των δύο προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού (Σενάρια Α και Β).

ΠΤΕΡΥΓΑ	Υφιστάμενη Κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)			Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)	
	Ισχύς (W)	κατανομή ισχύος (W/m²)	Ισχύς (W)	κατανομή ισχύος (W/m²)	Φωτεινή Αποδοτικότητα (lm/W)	Ισχύς (W)	κατανομή ισχύος (W/m²)
Α	14555	11,01	7558,1	5,72	65,17	3752	2,84
Γ	18602,5	12,77	6793,1	4,69	64,87	3852	2,66
ΣΥΝΟΛΟ	**33157,5**	**11,97**	**14351,2**	**5,18**	**65,03**	**7604**	**2,74**



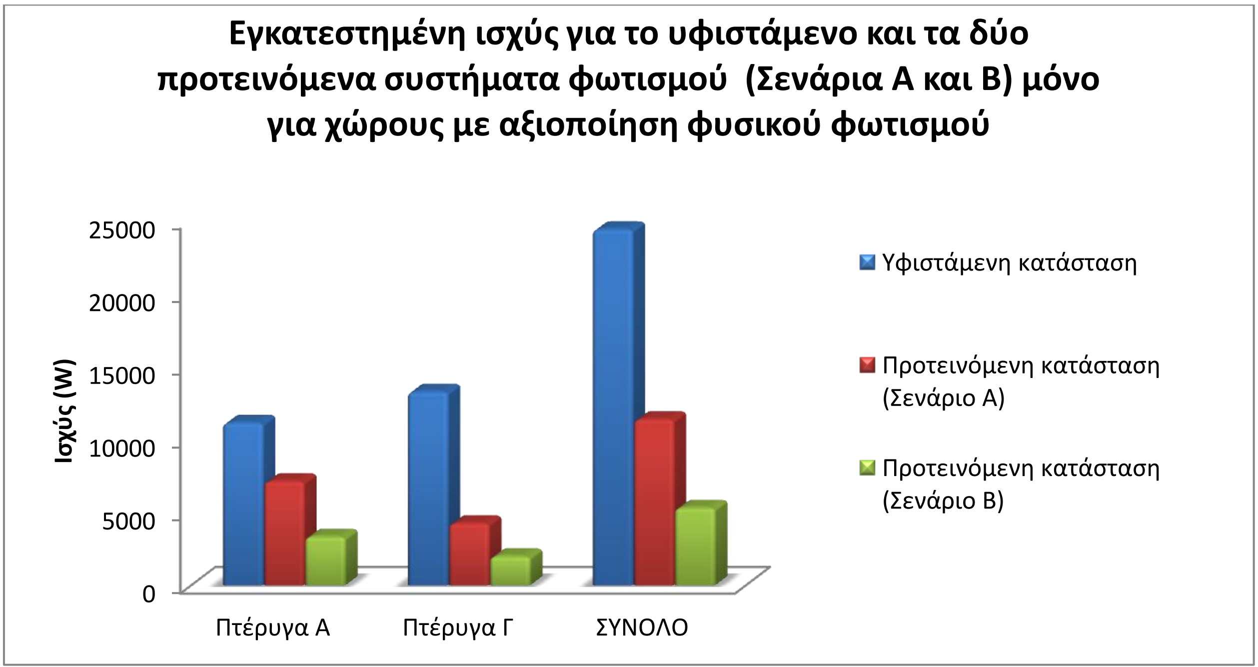
Σχήμα 8.1 : Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος φωτισμού και προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) και με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β).

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

Σε αντιδιαστολή με τα παραπάνω αποτελέσματα, στην παρούσα υποπαράγραφο παρουσιάζεται η συνολική ισοδύναμη ισχύς για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων που έχουν δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β), ***μόνο για τους χώρους στους οποίους αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός***.
Ακολουθεί πίνακας με τα αποτελέσματα καθώς και γραφική απεικόνιση.

Πίνακας 8.8 : Συγκεντρωτικός- συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων της υφιστάμενης κατάστασης και των δύο προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού (Σενάρια Α και Β) μόνο για τους χώρους που αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός.

Πτέρυγα	Υφιστάμενη κατάσταση	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β)
Α	11130	7128	3322,5
Γ	13260	4245,76	1979,92
ΣΥΝΟΛΟ	**24390**	**11373,76**	**5302,42**



Σχήμα 8.2 : Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος φωτισμού και προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) και με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) για τους χώρους στους οποίους αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός.

8.6 Συμπεράσματα

Συγκρίνοντας τη νέα πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού(Σενάριο Β) τόσο με την υφιστάμενη κατάσταση όσο και με την με την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α, παρατηρούμε ότι σημειώνεται σημαντική περαιτέρω μείωση της ισοδύναμης ισχύος.

Συγκεκριμένα, **για το σύνολο των χώρων των Πτερύγων Α και Γ** επιτεύχθηκε μείωση της ισοδύναμης ισχύος κατά **25553,5 W**, δηλαδή μείωση κατά **77,1%** σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και κατά **6747,2 W,** δηλαδή μείωση κατά **47,01%** σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α.

Η κατανομή ισχύος μειώθηκε σε 2,74 W/m^2, τιμή πολύ ικανοποιητική και αρκετά χαμηλότερη από το ανώτερο όριο των 15 W/m^2 που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ., από 11,97 W/m^2 στην υφιστάμενη κατάσταση και από 5,18 W/m^2 στην προτεινόμενη κατάσταση του Σεναρίου Α. Η τιμή της ενεργειακής απόδοσης είναι 122,73 lm/W, τιμή αποδεκτή και κατά πολύ μεγαλύτερη από το κατώτερο όριο των 55 lm/W του Κ.Εν.Α.Κ. και πιο ικανοποιητική από τα 65,03 lm/W που προέκυψαν από τη μελέτη αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με απλή αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α).

Όσον αφορά **μόνο στους χώρους των Πτερύγων Α και Γ 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 **78,3%** σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού και **53,4%** σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη που προηγήθηκε, υπάρχει δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού σε αρκετούς χώρους των υπό μελέτη πτερύγων εξασφαλίζοντας έτσι περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας.

Κεφάλαιο 9

Εξοικονόμηση ενέργειας, οικονομικά οφέλη και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενων εγκαταστάσεων

9.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα ενεργειακά οφέλη, το ετήσιο οικονομικό όφελος καθώς επίσης και ο χρόνος απόσβεσης των συγκεκριμένων επενδύσεων λαμβάνοντας υπόψη το κόστος τους.

Αρχικά καταγράφονται όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και οι παραδοχές που έγιναν για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας, του ετήσιου οικονομικού οφέλους, της πρωτογενούς ενέργειας, της παραγόμενης μάζας ρύπων CO_2 και του αριθμού των δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση ρύπων.

Στη συνέχεια ακολουθούν αναλυτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα των υπολογισμών και για τις δύο προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας (Σενάριο Α και Σενάριο Β) τόσο για κάθε πτέρυγα ξεχωριστά όσο και για το σύνολο του κτιρίου.

Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την αξιολόγηση και σύγκριση των αποτελεσμάτων για κάθε μία απ τις δύο προτάσεις ώστε να επιλεγεί η πιο συμφέρουσα οικονομικά πρόταση.

9.2 Δεδομένα και παραδοχές για υπολογισμούς

- ***Για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας***, θεωρήθηκε ότι οι εξεταζόμενοι χώροι λειτουργούν ως γραφεία, ανεξάρτητα με την χρήση του υπόλοιπου κτιρίου ως κτίριο 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 κτιρίου 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 520 ώρες είναι ο αριθμός των ωρών με διαθέσιμο φυσικό φωτισμό και οι 2.080 ώρες είναι ο αριθμός των ωρών που δεν υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός. [2]
- ***Για τον υπολογισμό του ετήσιου οικονομικού οφέλους*** χρησιμοποιήθηκε η τιμή αγοράς της κιλοβατώρας 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, **$n_{ηλ}$, ισούται με 0,37** και κατόπιν η αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια διαιρέθηκε με το βαθμό απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ($n_{ηλ}$),

$$\boldsymbol{Q_{\pi\rho\omega\tau} = \frac{E_{\eta\lambda}}{n_{\eta\lambda}}}$$

- ***Για τον υπολογισμό της παραγόμενης μάζας ρύπων CO_2*** λήφθηκε υπόψη ότι ο συντελεστής εκπομπής CO_2 των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, **$F_{σταθμού}$, ισούται με 0,85kg CO_2/kWh** για περιοχές που είναι συνδεδεμένες στο ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο και κατόπιν η αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια πολλαπλασιάστηκε με τον συντελεστή εκπομπή CO_2 των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ($F_{σταθμού}$),

$$CO_2 = E_{ηλ} \times F_{σταθμού}$$

- Τέλος, ***για τον υπολογισμών του αριθμού των δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση ρύπων*** που επιτεύχθηκε λήφθηκε υπόψη ότι ένα μέσο δέντρο απορροφά ετησίως περίπου **12 kg CO_2**. [30]

9.2.1 Κόστος Προτεινόμενων Φωτιστικών Σωμάτων

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 9.1 : 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 €

Πίνακας 9.1(συνέχεια)

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 €
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 €

9.3 Αποτελέσματα ανά πτέρυγα

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε πτέρυγα ξεχωριστά τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη για τις δύο προτάσεις αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού.

9.3.1 Πτέρυγα Α

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

Πίνακας 9.2: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Α (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	
4306-4341 Ikarus 2*14W	73,31	2	1	219,93
4310-4343Ikarus 2*28W	99,81	10	0	998,1
4311-4343 Ikarus 2*54W	99,81	5	43	4790,88
4312-4344 Ikarus 2*35W	113,84	20	1	2390,64
4036 hermes mono 1*21W	81,92	1	0	81,92
ΣΥΝΟΛΟ				**8481,47**

Πίνακας 9.3: Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου της Πτέρυγας Α (Σενάριο Α)

Επίπεδο	$P_{υφιστάμενη}$ (W)	$P_{Προτεινόμενη}$ (W)	$E_{υφιστάμενη}$ (kWh)	$E_{προτεινόμενη}$ (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
0	6480	2342	16848	6089	10759		
1	8075	5216	20995	13562	7433		
ΣΥΝΟΛΟ	**14555**	**7558**	**37843**	**19651**	**18192**	**1935**	**4,38**

Πίνακας 9.4 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO_2 για την Πτέρυγα Α (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO2			Δέντρα
Qπρωτ. Υφιστάμενη (kWh)	Qπρωτ. Προτεινόμενη (kWh)		CO_2 Υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO_2 προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO_2 (kg)	1289
102278	**53111**	**49167**	**32167**	**16703**	**15463**	

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

Πίνακας 9.5: Αριθμός και επιπλέον κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Α (Σενάριο Β)

Αριθμός και επιπλέον κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (daylight)				
Τύπος φωτιστικού	**Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)**	**Αριθμός φωτιστικών**		**Κόστος φωτιστικών (€)**
		Επίπεδο 0	**Επίπεδο 1**	
4310-4343Ikarus 2*28W	52,27	2	0	104,54
4311-4343 Ikarus 2*54W	52,27	5	43	2508,96
4312-4344 Ikarus 2*35W	52,27	20	0	1045,4
ΣΥΝΟΛΟ				**3658,9**

Πίνακας 9.6: Συνολική ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου της Πτέρυγας Α (Σενάριο Β)

Επίπεδο	$P_{Υφιστάμενη}$ (W)	$P_{Προτεινόμενη}$ (W)	$E_{Υφιστάμενη}$ (kWh)	$E_{Προτεινόμενη}$ (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
0	6480	1446,4	16848	4226,4	12621,6		
1	8075	2306	20995	7509	13486		
ΣΥΝΟΛΟ	**14555**	**3752**	**37843**	**11735**	**26108**	**2777**	**4,37**

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 9.7 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO_2 για την Πτέρυγα Α (Σενάριο Β)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO2			Δέντρα
Qπρωτ. Υφιστάμενη (kWh)	Qπρωτ. Προτεινόμενη (kWh)		CO_2 Υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO_2 προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO_2 (kg)	1849
102278	31717	70561	32167	9975	22191	

9.3.2 Πτέρυγα Γ

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

Πίνακας 9.8: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Γ (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	
4306-4341 Ikarus 2*14W	73,31	0	2	6	1	0	659,79
4308-4342 Ikarus 2*21W	84,75	1	0	0	5	0	508,5
4308-4342 Ikarus 2*24W	73,31	2	0	0	0	0	146,62
4310-4343Ikarus 2*28W	99,81	0	2	11	2	1	1596,96
4311-4343 Ikarus 2*54W	99,81	0	12	10	8	0	2994,3
4312-4344 Ikarus 2*35W	113,84	0	2	6	1	0	1024,56
4036 hermes mono 1*21W	81,92	0	3	3	2	0	655,36
1x15	3,9	0	4	7	0	0	42,9
ΣΥΝΟΛΟ							7628,99

Πίνακας 9.9: Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου της Πτέρυγας Γ (Σενάριο Α)

Επίπεδο	$P_{Υφιστάμενη}$ (W)	$P_{Προτεινόμενη}$ (W)	$E_{Υφιστάμενη}$ (kWh)	$E_{Προτεινόμενη}$ (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
0	540	221	1404	575	829		
1	3753	2117	9756,5	5504	4252		
2	9020	2935	23452	7630	15822		
3	5110	1459	13286	3792	9494		
4	180	62	468	160	308		
ΣΥΝΟΛΟ	**18603**	**6793**	**48366,5**	**17662**	**30704**	**3266**	**2,34**

Πίνακας 9.10 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO_2 για την Πτέρυγα Γ (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO_2			Δέντρα
Qπρωτ. Υφιστάμενη (kWh)	Qπρωτ. Προτεινόμενη (kWh)		CO_2 Υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO_2 προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO_2 (kg)	
130720	**47735**	**82985**	**41112**	**15013**	**26099**	**2175**

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

Πίνακας 9.11: Αριθμός και επιπλέον κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Γ (Σενάριο Β)

Αριθμός και επιπλέον κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Β)						
Τύπος φωτιστικού	**Επιπλέον κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)**	**Αριθμός φωτιστικών**				**Επιπλέον κόστος φωτιστικών (€)**
		Επίπεδο 1	**Επίπεδο 2**	**Επίπεδο 3**	**Επίπεδο 4**	
4308-4342 Ikarus 2*21W	**52,27 €**	0	0	5	0	261
4310-4343Ikarus 2*28W	**52,27 €**	0	9	0	0	470
4311-4343 Ikarus 2*54W	**52,27 €**	8	10	8	0	1359
4312-4344 Ikarus 2*35W	**52,27 €**	4	6	0	0	523
ΣΥΝΟΛΟ						**2614**

Πίνακας 9.12: Συνολική ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου της Πτέρυγας Γ (Σενάριο Β)

Επίπεδο	**$P_{Υφιστάμενη}$ (W)**	**$P_{Προτεινόμενη}$ (W)**	**$E_{Υφιστάμενη}$ (kWh)**	**$E_{Προτεινόμενη}$ (kWh)**	**Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)**	**Ετήσιο όφελος (€)**	**Έτη απόσβεσης**
1	3753	1092	9757	3372	6384		
2	9020	1854	23452	5382	18070		
3	5110	623	13286	1328	11958		
ΣΥΝΟΛΟ	**17883**	**3569**	**46495**	**10082**	**36412**	**3873**	**2,64**

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 9.13 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO_2 για την Πτέρυγα Γ (Σενάριο Β)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO_2			Δέντρα
Qπρωτ. Υφιστάμενη (kWh)	Qπρωτ. Προτεινόμενη (kWh)		CO_2 Υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO_2 προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO_2 (kg)	2579
125661	27249	98411	39520	8570	30950	

9.4 Συνολικά αποτελέσματα

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

Πίνακας 9.14 : 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 (€)
4306-4341 Ikarus 2*14W	73,31	**12**	880
4308-4342 Ikarus 2*21W	84,75	**6**	509
4310-4343Ikarus 2*28W	99,81	**26**	2595
4311-4343 Ikarus 2*54W	99,81	**78**	7785
4312-4344 Ikarus 2*35W	113,84	**30**	3415
4308-4342 Ikarus 2*24W	113,84	**2**	228
4036 hermes mono 1*21W	81,92	**9**	737
1x15	3,9	**11**	43
ΣΥΝΟΛΟ		**174**	**16192**

Πίνακας 9.15 : Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε Πτέρυγας (Σενάριο Α)

$P_{Υφιστάμενη}$ (W)	$P_{Προτεινόμενη}$ (W)	$E_{Υφιστάμενη}$ (kWh)	$E_{Προτεινόμενη}$ (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
33158	14351	86210	37313	48896	5200	3,11

Πίνακας 9.16 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO_2 για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO_2			Δέντρα
Qπρωτ. Υφιστάμενη (kWh)	Qπρωτ. Προτεινόμενη (kWh)		CO_2 Υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO_2 προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO_2 (kg)	3463
232999	100846	132152	73278	31716	41562	

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

Πίνακας 9.17 : Αριθμός και επιπλέον κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Β)

Αριθμός και επιπλέον κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Β)			
Τύπος φωτιστικού	Επιπλέον κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών	Επιπλέον κόστος φωτιστικών (€)
4308-4342 Ikarus 2*21W	**52,27 €**	5	261
4310-4343Ikarus 2*28W	**52,27 €**	11	575
4311-4343 Ikarus 2*54W	**52,27 €**	74	3868
4312-4344 Ikarus 2*35W	**52,27 €**	30	1568
ΣΥΝΟΛΟ		**120**	**6272**

Πίνακας 9.18 : Συνολική ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε Πτέρυγας (Σενάριο Β)

$P_{Υφιστάμενη}$ (W)	$P_{Προτεινόμενη}$ (W)	$E_{Υφιστάμενη}$ (kWh)	$E_{Προτεινόμενη}$ (kWh)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
33158	7604	86210	21818	64392	6848	3,28

Πίνακας 9.19 : Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO_2 για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Β)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO_2			Δέντρα
Qπρωτ. Υφιστάμενη (kWh)	Qπρωτ. Προτεινόμενη (kWh)		CO_2 Υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO_2 προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO_2 (kg)	4561
232999	58967	174032	73278	18545	54733	

9.5 Συμπεράσματα

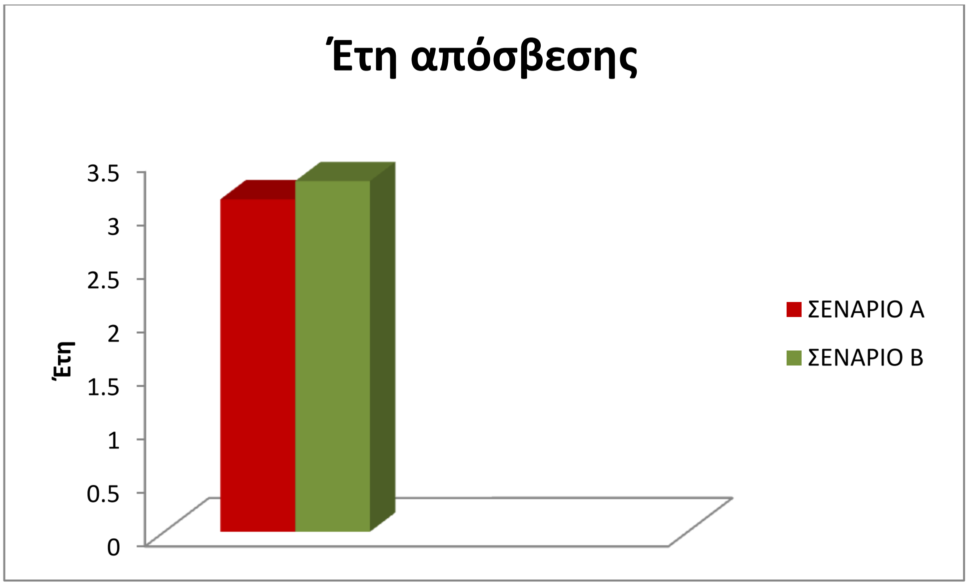
Αναλύοντας τα αποτελέσματα που παρατίθενται στους παραπάνω πίνακες , τόσο για την κάθε πτέρυγα ξεχωριστά όσο και για το σύνολο του κτιρίου, καταλήγουμε στον παρακάτω συνοπτικό και περιεκτικό συγκριτικό πίνακα. Είναι αρκετά σαφές, λοιπόν, ότι το προτεινόμενο σενάριο αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού **(Σενάριο Β) είναι το περισσότερο συμφέρον οικονομικά,** παρά το γεγονός ότι η απόσβεση της επένδυσης θα πραγματοποιηθεί σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αυτό οφείλεται στο ότι μετά το πέρας των 3,28 ετών η εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερα επιλέγοντας το Σενάριο Β, και μάλιστα κατά **15496 kWh.** Παράλληλα το οικονομικό όφελος από την επιλογή του Σεναρίου Β είναι κατά **1648€/έτος** μεγαλύτερο σε σύγκριση με αυτό του Σεναρίου Α.

Πίνακας 9.20 : Συγκριτικός πίνακας τιμών για τα δύο προτεινόμενα Σενάρια Α και Β

Πτέρυγα	$P_{προτεινόμενη}$ (W)		$E_{προτεινόμενη}$ (kWh)		Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh) (ως προς υφιστάμενη κατάσταση)		Έτη απόσβεσης	
	ΣΕΝΑΡΙΟ Α	ΣΕΝΑΡΙΟ Β	ΣΕΝΑΡΙΟ Α	ΣΕΝΑΡΙΟ Β	ΣΕΝΑΡΙΟ Α	ΣΕΝΑΡΙΟ Β	ΣΕΝΑΡΙΟ Α	ΣΕΝΑΡΙΟ Β
Α	7558	3752	19651	11735	18192	26108	4,38	4,37
Γ	6793	3569	17662	10082	30704	36412	2,34	2,64
ΣΥΝΟΛΟ	14351	7321	37313	21817	48896	64392	3,11	3,28

Ακολουθεί γραφική απεικόνιση της παραπάνω σύγκρισης των τιμών των δύο Σεναρίων.

Σχήμα 9.1 : Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας ως προς την υφιστάμενη κατάσταση για τα δύο προτεινόμενα Σενάρια



Σχήμα 9.2 : Έτη απόσβεσης για τα δύο προτεινόμενα Σενάρια

Κεφάλαιο 10

Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα

10.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά τα συνολικά 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 κτιρίου.
Τέλος, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα συμπεράσματα των προτεινόμενων δράσεων που προέκυψαν από την ανάλυση που προηγήθηκε στα παραπάνω κεφάλαια.

10.2 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Πίνακας 10.1 : 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)		
33158	**11,97**		**86.210**	**232999**	**73278**		
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
14.351	**5,18**	**65,03**	**37.313**	**100.846**	**31.716**	**16.192**	**3,11**
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
7.604	**2,74**	**122,7**	**21.818**	**58.967**	**18.545**	**22.464**	**3,28**

10.3 Συγκεντρωτικά συμπεράσματα

Μετά από την αναλυτική επιθεώρηση που έγινε στις πτέρυγες Α και Γ του κτιρίου και συνυπολογίζοντας τις ελάχιστες απαιτήσεις (που ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ) τόσο της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος (W/m^2) γενικού φωτισμού όσο και της στάθμης φωτισμού (lux) για τους διάφορους χώρους του κτιρίου συμπεράναμε αρχικά ότι **το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού επιδέχεται βελτιστοποίησης.**
Προτάθηκαν, έτσι, δύο Σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων και με εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Τα συμπεράσματα που προκύψαν παρουσιάζονται παρακάτω κατηγοριοποιημένα κατά μέγεθος μέτρησης.

10.3.1 Συμπεράσματα ως προς την ισχύ

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων(Σενάριο Α) επιτυγχάνεται **μείωση ισχύος** κατά 18,8kW, δηλαδή **κατά 56,7%.**
Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) επιτυγχάνεται **μείωση της 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 25553,5 W, δηλαδή μείωση **κατά 77,1%** σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Συγκρίνοντας τα δύο σενάρια μεταξύ του προκύπτει ότι εφαρμόζοντας το Σενάριο Β επιτυγχάνεται περαιτέρω **μείωση κατά** 6747,2 W**,** δηλαδή μείωση κατά **47,01%** σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α.

10.3.2 Συμπεράσματα ως προς τους Ενεργειακούς δείκτες

Με την υφιστάμενη κατάσταση στις πτέρυγες Α και Γ του κτιρίου η κατανομή ισχύος ανερχόταν στα 11,93 W/m^2. Ο υπολογισμός της φωτεινής αποδοτικότητας δεν ήταν εφικτό να πραγματοποιηθεί καθώς τα φωτιστικά σώματα ήταν απαρχαιωμένα και δεν γνωρίζαμε τα φωτομετρικά τους στοιχεία.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων(Σενάριο Α) η κατανομή ισχύος μειώθηκε σε 5,2 W/m^2, ενώ η τιμή της φωτεινής αποδοτικότητας για το σύνολο των χώρων είναι 65,03 lm/W

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) η κατανομή ισοδύναμης ισχύος μειώθηκε σε 2,74 W/m^2.

Και για τα δύο προτεινόμενα Σενάρια τόσο η τιμή της της κατανομής ισχύος όσο και η τιμή της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι εντός των επιτρεπτών ορίων που ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

10.3.3 Συμπεράσματα ως προς την ενεργειακή κατανάλωση

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της καταναλισκομένης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 48,9 MWh ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η εξοικονόμηση αυτή ισοδυναμεί με εξοικονόμηση 132,2 MWh πρωτογενούς ενέργειας ετησίως.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται κατά 64,4 MWh ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Δηλαδή, εξοικονομούνται 174,1 MWh πρωτογενούς ενέργειας ετησίως.

Συγκρίνοντας το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού του Σεναρίου Β με το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού του Σεναρίου Α παρατηρούμε ότι εφαρμόζοντας το Σενάριο Β επιτυγχάνεται περαιτέρω εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 15,5 MWh ετησίως. Η εξοικονόμηση αυτή ισοδυναμεί με εξοικονόμηση 41,9 MWh πρωτογενούς ενέργειας ετησίως.

10.3.4 Συμπεράσματα ως προς τους Ρύπους CO2 και πλήθος των δέντρων

Με την υφιστάμενη κατάσταση στις πτέρυγες Α και Γ του κτιρίου η ετήσια κατανάλωση ρύπων CO_2 ανερχόταν στα 73.278kg.
Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) επιτυγχάνεται μείωση των ρύπων CO_2 κατά 41.562kg ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Στη μείωση αυτή αντιστοιχεί σε 3.463 νέα δέντρα ετησίως που θα χρειάζονταν για την αντίστοιχη μείωση των ρύπων.

Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) μείωση των ρύπων CO_2 κατά 54.733kg ετησίως σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Δηλαδή, η μείωση αυτή ισοδυναμεί σε 4.561 δέντρα ετησίως που θα χρειάζονταν για την αντίστοιχη μείωση των ρύπων.

Συγκρίνοντας το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού του Σεναρίου Β με το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού του Σεναρίου Α παρατηρούμε ότι εφαρμόζοντας το Σενάριο Β επιτυγχάνεται περαιτέρω μείωση των ρύπων CO_2 κατά 13.171kg ετησίως ποσότητα που αντιστοιχεί σε 1.098 δέντρα ανά έτος.

10.3.5 Συμπεράσματα ως προς το κόστος και τον χρόνο απόσβεσης

Εφαρμόζοντας το πρώτο προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) το συνολικό κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα 16.192€ ποσό για το οποίο υπολογίζεται ότι θα γίνει απόσβεση σε 3,11 έτη. Το ετήσιο όφελος υπολογίζεται στα 5200€.

Με εφαρμογή του δεύτερου προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) το συνολικό κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα 22.464€ ποσό για το οποίο υπολογίζεται ότι θα γίνει απόσβεση σε 3,28 έτη. Το ετήσιο όφελος υπολογίζεται στα 6848€.

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι το προτεινόμενο σενάριο αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) έχει μεγαλύτερο κόστος επένδυσης σε σχέση με το Σενάριο Α. Ωστόσο, είναι το περισσότερο συμφέρον οικονομικά καθότι μετά τα 3,28 έτη έχει το μικρότερο κόστος λειτουργίας και άρα το ετήσιο όφελος είναι μεγαλύτερο.

Βιβλιογραφία

[1] «Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής».

[2] «Χτίζοντας το μέλλον»- το Πρόγραμμα για τα Βιώσιμα Κτίρια και την Πράσινη Ανάπτυξη, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.».

[3] «Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, http://www.cres.gr/».

[4] «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,» Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας , Αθήνα, Ιούλιος 2010.

[5] «Υπουργείο περιβάλλοντος και κλιματικών αλλαγών, http://www.ypeka.gr/».

[6] «ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ - ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ / Αρ. Φύλλου 407, 9 Απριλίου 2010.».

[7] «Πράσινο Σπίτι, http://www.stoprasinospiti.gr/services/list/category/monosi/».

[8] ««Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω της Θερμομόνωσης», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.».

[9] «http://www.double-glass.gr/products1.php?wh=1&lang=1&the1id=4&open1=4&page=1&theid=15&thepid=».

[10] «ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GREENBUILDING, Κτιριακό κέλυφος – Τεχνικό Εγχειρίδιο».

[11] «Advertising, decoration, construction 3M, http://www.adc1.gr/solar.html».

[12] «Περιοδικό Economy- ecology- construction, http://www.econ3.gr/».

[13] «Πρόγραμμα «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ», Υλικό Προετοιμασίας, Υπουργείο Ανάπτυξης».

[14] «European-solar shading organization, http://www.es-so.eu/en/Solar-shading/what-is-solar-shading.html».

[15] «“Energy Savings and CO2 Reduction Potential from Solar Shading(2007)” World Sustainable Energy Days Energy Efficiency Conference, Wels, Austria, March 1, 2007, Dick Dolmans, Secretary General, http://www.buildingsplatform.org/cms/fileadmin/documents/new».

[16] «Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20702-5/2010, «ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ», Α’ Έκδοση, Αθήνα, Ιανουάριος 2011.]».

[17] «Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/pathitika.htm».

[18] «ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GREENBUILDING, Τεχνικό Εγχειρίδιο για τον Φωτισμό».

[19] «Ενσωμάτωση τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμηση Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.».

[20] «http://www.4myhouse.gr».

[21] ««Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.».

[22] «Τεχνομηχανική Ε.Π.Ε., http://www.tmltd.gr/».

[23] «Ελληνικός Σύνδεσμος συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, http://hachp.gr/».

[24] «Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, «Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων», Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση».

[25] «Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, «Φωτοτεχνία», Εκδόσεις Τζιόλα, 2010».

[26] «Λάμπρος Θ. Δούλος, Διδακτορική διατριβή, «Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού», ΕΜΠ, Αθήνα, Οκτώβριος 2010».

[27] «IESNA, "The IESNA Lighting Handbook, Reference and Application", 9th edition, ISBN 0-87995-150-8, 2000.]».

[28] «Zumtobel Staff, "The Lighting Handbook", 1st edition, July 2004».

[29] «Erco guide, Edition: 01/03/2010».

[30] ««Πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Μελέτες και έργα 1994-97», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου».

[31] «Σχολή Χημικών Μηχανικών, http://www.chemeng.ntua.gr».

[32] «ΕΛΟΤ ΕΝ 12464−1:2002 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ, «Φως και φωτισμός-Φωτισμός χώρων εργασίας – Μέρος 2: Εσωτερικοί χώροι εργασίας».».

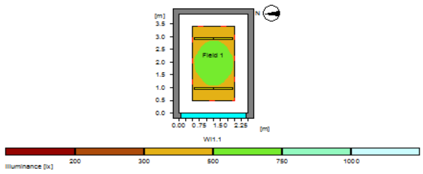
[33] «Gallis Lighting S.A, «Επαγγελματικές Λύσεις Αρχιτεκτονικού Φωτισμού»».

Παράρτημα Α

Αποτελέσματα προγράμματος υπολογισμού έντασης φωτισμού (RELUX) για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

Πτέρυγα Α- Επίπεδο 0

Χώρος Α001



General

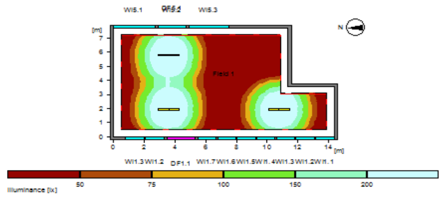
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10400 lm
Total power	106 W
Total power per area (9.75 m²)	10.87 W/m² (2.21 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	492 lx
Minimum illuminance	Emin	373 lx
Maximum illuminance	Emax	576 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.32 (0.76)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.54 (0.65)

Type	No.	\Make
3	2	**Gallis Lighting S.A.** Order No. : 4310-4343 Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

Χώρος Αδ03



General

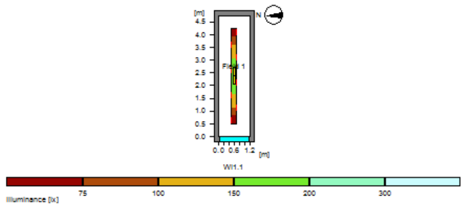
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	15600 lm
Total power	159 W
Total power per area (98.74 m²)	1.61 W/m² (1.44 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	112 lx
Minimum illuminance	Emin	4 lx
Maximum illuminance	Emax	348 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:27.2 (0.04)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:84.8 (0.01)

Type	No.	\Make
5	3	**Gallis Lighting S.A.** Order No. : 4310-4343 Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

Χώρος Αδ02



General

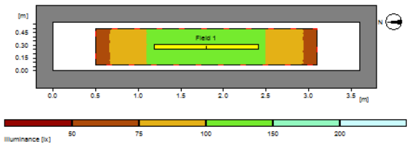
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	2400 lm
Total power	47 W
Total power per area (5.70 m²)	8.25 W/m² (6.56 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	126 lx
Minimum illuminance	Emin	57 lx
Maximum illuminance	Emax	185 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.21 (0.45)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.26 (0.31)

Type	No.	\Make
3	1	**Gallis Lighting S.A.** Order No. : 4306-4341 Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

Χώρος AWC01



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	1900 lm
Total power	26 W
Total power per area (2.05 m²)	12.67 W/m² (12.70 W/m²/100lx)

Illuminance

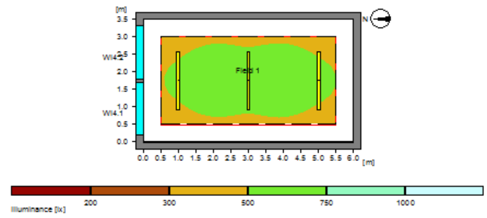
Average illuminance	Eav	100 lx
Minimum illuminance	Emin	69 lx
Maximum illuminance	Emax	122 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.44 (0.7)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.75 (0.57)

Type No.\Make

Gallis Lighting S.A.

Type	No.		
2	1	Order No.	: 4032-4065
		Luminaire name	: HERMES MONO 21W with Parabolic Louver
		Equipment	: 1 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος A008



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	19800 lm
Total power	228 W
Total power per area (21.00 m²)	10.86 W/m² (1.98 W/m²/100lx)

Illuminance

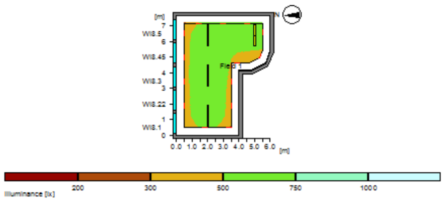
Average illuminance	Eav	549 lx
Minimum illuminance	Emin	345 lx
Maximum illuminance	Emax	689 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.59 (0.63)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2 (0.5)

Type No.\Make

Gallis Lighting S.A.

Type	No.		
1	3	Order No.	: 4312-4344
		Luminaire name	: Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος A007



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (37.33 m²)	11.57 W/m² (2.04 W/m²/100lx)

Illuminance

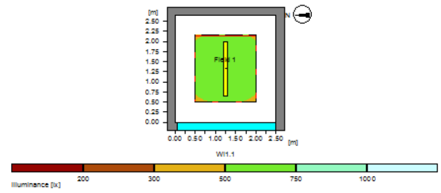
Average illuminance	Eav	566 lx
Minimum illuminance	Emin	273 lx
Maximum illuminance	Emax	747 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.08 (0.48)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.74 (0.37)

Type No.\Make

Gallis Lighting S.A.

Type	No.		
2	4	Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος Α006



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	8900 lm
Total power	108 W
Total power per area (6.63 m²)	16.30 W/m² (2.78 W/m²/100lx)

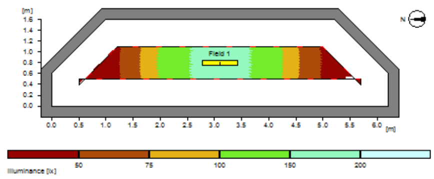
Illuminance

Average illuminance	Eav	586 lx
Minimum illuminance	Emin	475 lx
Maximum illuminance	Emax	657 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.23 (0.81)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.38 (0.72)

Type No.\Make

2 1 **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 Α005



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	2400 lm
Total power	47 W
Total power per area (8.92 m²)	5.27 W/m² (5.10 W/m²/100lx)

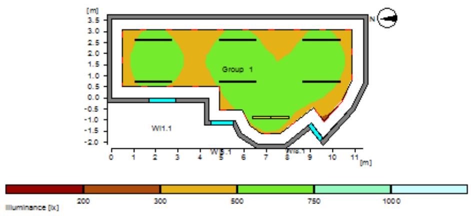
Illuminance

Average illuminance	Eav	103 lx
Minimum illuminance	Emin	16 lx
Maximum illuminance	Emax	172 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:6.58 (0.15)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:11 (0.09)

Type No.\Make

3 1 **Gallis Lighting S.A.**
Order No. : 4306-4341
Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

Χώρος Α004



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	46200 lm
Total power	532 W
Total power per area (50.31 m²)	10.57 W/m² (1.93 W/m²/100lx)

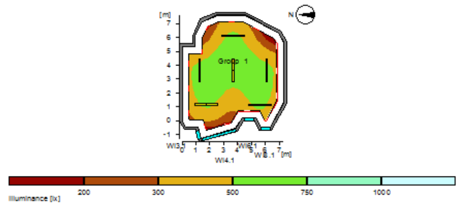
Illuminance

Average illuminance	Eav	548 lx
Minimum illuminance	Emin	282 lx
Maximum illuminance	Emax	738 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.94 (0.52)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.61 (0.38)

Type No.\Make

1 7 **Gallis Lighting S.A.**
Order No. : 4312-4344
Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Α003



General

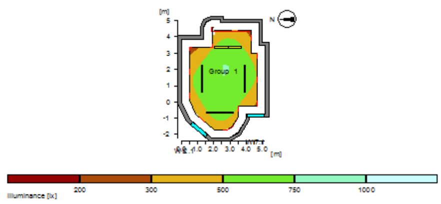
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	39600 lm
Total power	456 W
Total power per area (53.83 m²)	8.47 W/m² (1.77 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	479 lx
Minimum illuminance	Emin	165 lx
Maximum illuminance	Emax	652 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.9 (0.34)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.95 (0.25)

Type	No.	\Make
		Gallis Lighting S.A.
1	6	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Α002



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	26400 lm
Total power	304 W
Total power per area (31.05 m²)	9.79 W/m² (1.75 W/m²/100lx)

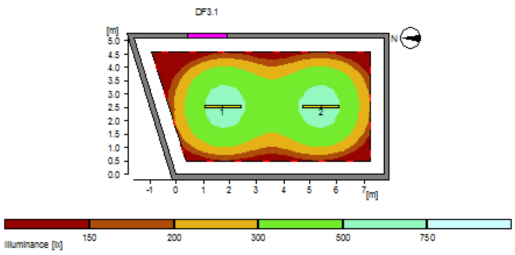
Illuminance

Average illuminance	Eav	560 lx
Minimum illuminance	Emin	270 lx
Maximum illuminance	Emax	761 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.07 (0.48)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.82 (0.36)

Type	No.	\Make
		Gallis Lighting S.A.
2	4	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Πτέρυγα Α- Επίπεδο 1

Χώρος Α104



General

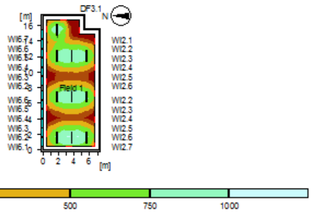
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (43.43 m²)	4.97 W/m² (1.55 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	320 lx
Minimum illuminance	Emin	40 lx
Maximum illuminance	Emax	604 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:8 (0.13)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:15.1 (0.07)

Type	No.	\Make
		Gallis Lighting S.A.
1	2	Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος Α103



General

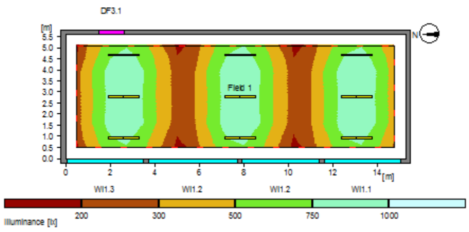
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	89000 lm
Total power	1080 W
Total power per area (120.67 m²)	8.95 W/m² (1.75 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	510 lx
Minimum illuminance	Emin	37 lx
Maximum illuminance	Emax	1010 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:13.7 (0.07)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:27.1 (0.04)

Type	No.\Make		
		Gallis Lighting S.A.	
1	10	Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος Α102



General

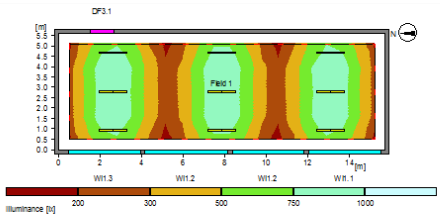
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.85 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	80100 lm
Total power	972 W
Total power per area (85.68 m²)	11.34 W/m² (2.14 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	531 lx
Minimum illuminance	Emin	168 lx
Maximum illuminance	Emax	995 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:3.17 (0.32)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:5.93 (0.17)

Type	No.\Make		
		Gallis Lighting S.A.	
1	9	Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος Α101



General

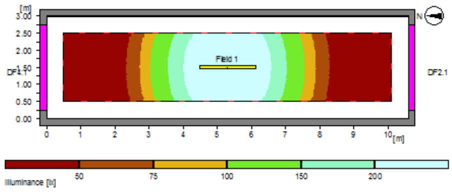
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.85 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	80100 lm
Total power	972 W
Total power per area (87.92 m²)	11.06 W/m² (2.12 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	521 lx
Minimum illuminance	Emin	163 lx
Maximum illuminance	Emax	988 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:3.2 (0.31)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:6.07 (0.16)

Type	No.\Make		
		Gallis Lighting S.A.	
1	9	Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος Αδ12



General

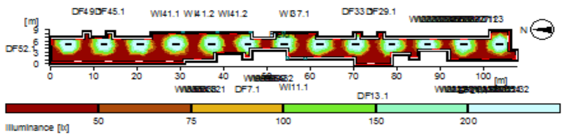
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	6600 lm
Total power	76 W
Total power per area (31.80 m²)	2.39 W/m² (2.10 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	114 lx
Minimum illuminance	Emin	8 lx
Maximum illuminance	Emax	291 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:15 (0.07)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:38.3 (0.03)

Type	No.\Make	
		Gallis Lighting S.A.
2	1	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Αδ11



General

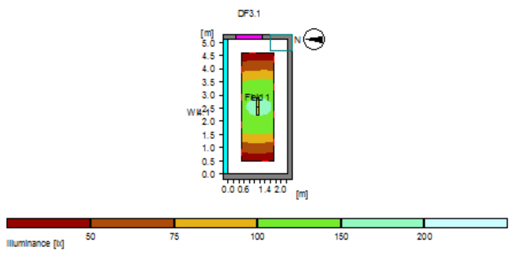
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	115700 lm
Total power	1404 W
Total power per area (713.95 m²)	1.97 W/m² (1.87 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	105 lx
Minimum illuminance	Emin	4 lx
Maximum illuminance	Emax	309 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:28.8 (0.03)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:84.5 (0.01)

Type	No.\Make	
		Gallis Lighting S.A.
4	13	Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος Α105



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	2400 lm
Total power	47 W
Total power per area (11.50 m²)	4.09 W/m² (4.13 W/m²/100lx)

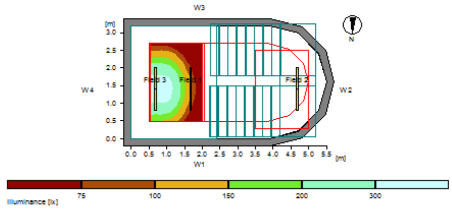
Illuminance

Average illuminance	Eav	99 lx
Minimum illuminance	Emin	38 lx
Maximum illuminance	Emax	157 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.6 (0.38)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:4.13 (0.24)

Type	No.\Make	
		Gallis Lighting S.A.
3	1	Order No. : 4306-4341
		Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

Πτέρυγα Γ- Επίπεδο 0

Χώρος Γκλ01



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 3.75 m
Maintenance factor — 0.80

Total luminous flux of all lamps — 5700 lm
Total power — 78 W
Total power per area (16.32 m²) — 4.78 W/m²

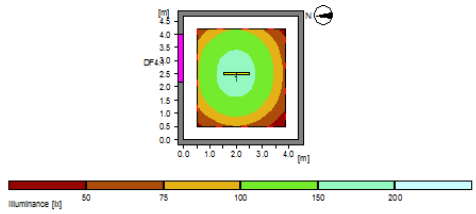
Illuminance

Average illuminance	Eav	164 lx
Minimum illuminance	Emin	24 lx
Maximum illuminance	Emax	370 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:6.78 (0.15)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:15.3 (0.07)

Type No.\Make

1 3 **Gallis Lighting S.A.**
Order No. : 4032-4065
Luminaire name : HERMES MONO 21W with Parabolic Louver
Equipment : 1 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος Γδ01



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 0.75 m
Height of luminaire plane — 3.22 m
Maintenance factor — 0.80

Total luminous flux of all lamps — 3800 lm
Total power — 49 W
Total power per area (20.54 m²) — 2.39 W/m² (2.22 W/m²/100lx)

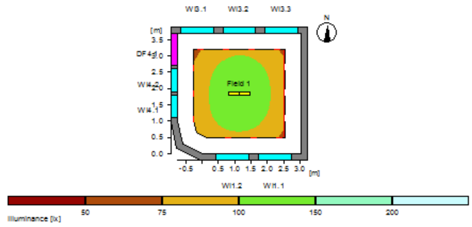
Illuminance

Average illuminance	Eav	108 lx
Minimum illuminance	Emin	32 lx
Maximum illuminance	Emax	177 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:3.39 (0.3)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:5.59 (0.18)

Type No.\Make

4 1 **Gallis Lighting S.A.**
Order No. : 4308-4062
Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος Γ02



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 0.75 m
Height of luminaire plane — 3.72 m
Maintenance factor — 0.80

Total luminous flux of all lamps — 3500 lm
Total power — 55 W
Total power per area (13.84 m²) — 3.97 W/m² (4.06 W/m²/100lx)

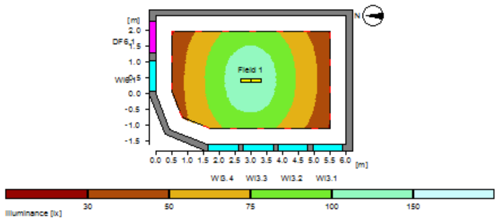
Illuminance

Average illuminance	Eav	98 lx
Minimum illuminance	Emin	69 lx
Maximum illuminance	Emax	120 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.42 (0.7)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.75 (0.57)

Type No.\Make

2 1 **Gallis Lighting S.A.**
Order No. : 4307-4341
Luminaire name : IKARUS 2X24W with Parabolic Louver
Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 24W/830 0 W / 1750 lm

Χώρος Γ01



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.72 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	3500 lm
Total power	55 W
Total power per area (23.62 m²)	2.33 W/m² (3.07 W/m²/100lx)

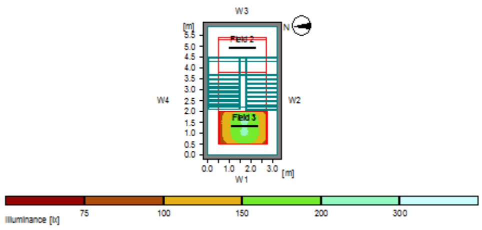
Illuminance

Average illuminance	Eav	76 lx
Minimum illuminance	Emin	33 lx
Maximum illuminance	Emax	116 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.31 (0.43)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.55 (0.28)

Type	No.	Make
2	1	Gallis Lighting S.A. Order No. : 4307-4341 Luminaire name : IKARUS 2X24W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 24W/830 0 W / 1750 lm

Πτέρυγα Γ- Επίπεδο 1

Χώρος ΓΘκλ12



General

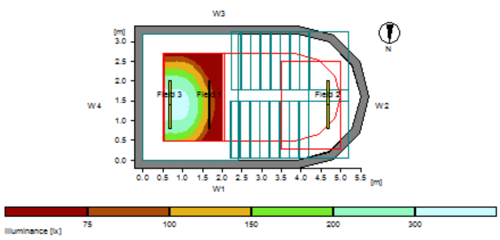
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	3.50 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	5700 lm
Total power	78 W
Total power per area (18.88 m²)	4.13 W/m²

Illuminance

Average illuminance	Eav	151 lx
Minimum illuminance	Emin	71 lx
Maximum illuminance	Emax	205 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.13 (0.47)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.9 (0.34)

Type	No.	Make
3	3	Gallis Lighting S.A. Order No. : 4032-4065 Luminaire name : HERMES MONO 21W with Parabolic Louver Equipment : 1 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος Γκλ12



General

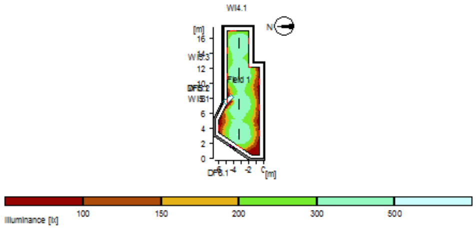
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	3.75 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	5700 lm
Total power	78 W
Total power per area (16.32 m²)	4.78 W/m²

Illuminance

Average illuminance	Eav	164 lx
Minimum illuminance	Emin	24 lx
Maximum illuminance	Emax	370 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:6.78 (0.15)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:15.3 (0.07)

Type	No.	Make
1	3	Gallis Lighting S.A. Order No. : 4032-4065 Luminaire name : HERMES MONO 21W with Parabolic Louver Equipment : 1 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος Γκ



General

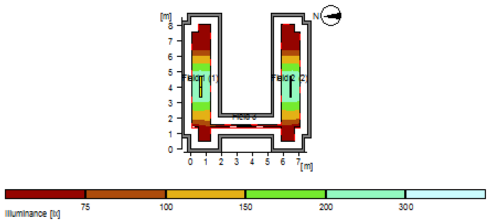
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.10 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (86.01 m²)	5.02 W/m² (2.11 W/m²/100 lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	238 lx
Minimum illuminance	Emin	19 lx
Maximum illuminance	Emax	499 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:12.3 (0.08)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:25.8 (0.04)

Type	No.\Make		
		Gallis Lighting S.A.	
14	4	Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος Γδ16-Γδ18



General

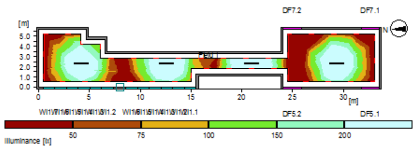
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	11600 lm
Total power	125 W
Total power per area (41.04 m²)	3.05 W/m² (2.35 W/m²/100 lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	130 lx
Minimum illuminance	Emin	11 lx
Maximum illuminance	Emax	265 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:11.6 (0.09)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:23.8 (0.04)

Type	No.\Make		
		Gallis Lighting S.A.	
5	1	Order No.	: 4030-4066
		Luminaire name	: HERMES MONO 14W with Parabolic Louver
		Equipment	: 1 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm
10	2	Order No.	: 4310-4343

Χώρος Γδ14



General

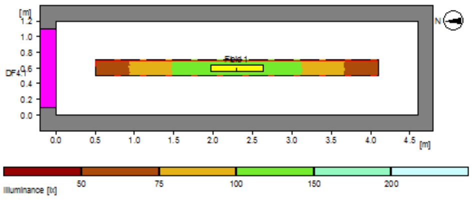
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (136.22 m²)	3.17 W/m² (3.28 W/m²/100 lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	97 lx
Minimum illuminance	Emin	9 lx
Maximum illuminance	Emax	324 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:10.5 (0.1)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:35.2 (0.03)

Type	No.\Make		
		Gallis Lighting S.A.	
2	4	Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος Γδ13



General

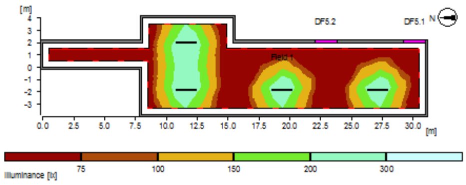
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	2400 lm
Total power	47 W
Total power per area (5.52 m²)	8.51 W/m² (9.23 W/m²/100 lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	92 lx
Minimum illuminance	Emin	56 lx
Maximum illuminance	Emax	121 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.65 (0.61)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.16 (0.46)

Type	No.	Make
3	1	Gallis Lighting S.A. Order No. : 4306-4341 Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

Χώρος Γδ12



General

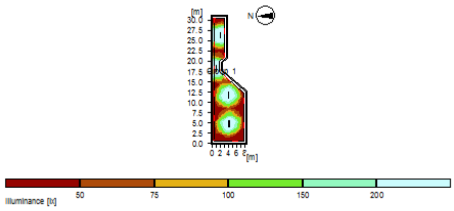
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	26400 lm
Total power	304 W
Total power per area (164.00 m²)	1.85 W/m² (1.48 W/m²/100 lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	125 lx
Minimum illuminance	Emin	23 lx
Maximum illuminance	Emax	294 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:5.39 (0.19)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:12.6 (0.08)

Type	No.	Make
2	4	Gallis Lighting S.A. Order No. : 4312-4344 Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Γδ11



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (175.91 m²)	2.46 W/m² (2.25 W/m²/100 lx)

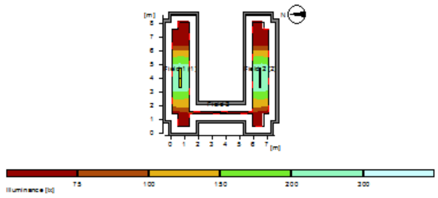
Illuminance

Average illuminance	Eav	109 lx
Minimum illuminance	Emin	5 lx
Maximum illuminance	Emax	393 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:20.8 (0.05)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:74.7 (0.01)

Type	No.	Make
1	4	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

Πτέρυγα Γ- Επίπεδο 2

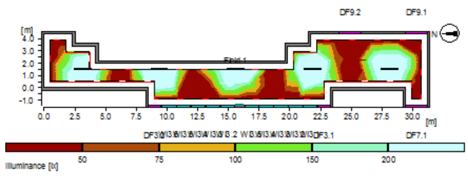
Χώρος Γδ26-Γδ28



General		
Calculation algorithm used		Average indirect fraction
Height of evaluation surface		0.80 m
Height of luminaire plane		3.45 m
Maintenance factor		0.80
Total luminous flux of all lamps		11600 lm
Total power		125 W
Total power per area (41.04 m²)		3.05 W/m² (2.35 W/m²/100lx)
Illuminance		
Average illuminance	Eav	130 lx
Minimum illuminance	Emin	11 lx
Maximum illuminance	Emax	265 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:11.6 (0.09)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:23.8 (0.04)

Type	No.\Make		
		Gallis Lighting S.A.	
5	1	Order No.	: 4030-4066
		Luminaire name	: HERMES MONO 14W with Parabolic Louver
		Equipment	: 1 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm
10	2	Order No.	: 4310-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

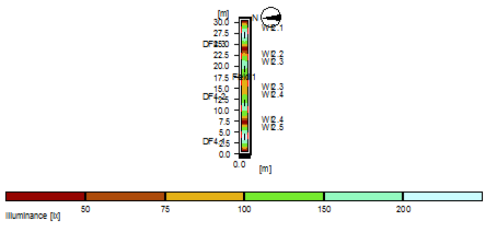
Χώρος Γδ22



General		
Calculation algorithm used		Average indirect fraction
Height of evaluation surface		0.75 m
Height of luminaire plane		2.50 m
Maintenance factor		0.80
Total luminous flux of all lamps		26000 lm
Total power		265 W
Total power per area (119.28 m²)		2.22 W/m² (1.98 W/m²/100lx)
Illuminance		
Average illuminance	Eav	112 lx
Minimum illuminance	Emin	5 lx
Maximum illuminance	Emax	435 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:22.6 (0.04)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:87.6 (0.01)

Type	No.\Make		
		Gallis Lighting S.A.	
2	5	Order No.	: 4310-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

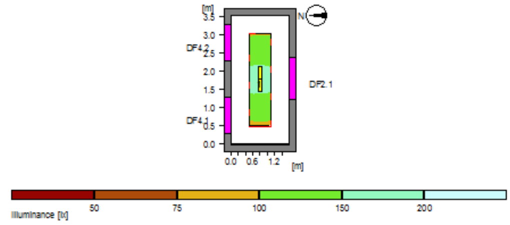
Χώρος Γδ21



General		
Calculation algorithm used		Average indirect fraction
Height of evaluation surface		0.75 m
Height of luminaire plane		3.45 m
Maintenance factor		0.80
Total luminous flux of all lamps		20800 lm
Total power		212 W
Total power per area (74.40 m²)		2.85 W/m² (2.51 W/m²/100lx)
Illuminance		
Average illuminance	Eav	113 lx
Minimum illuminance	Emin	22 lx
Maximum illuminance	Emax	251 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:5.05 (0.2)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:11.2 (0.09)

Type	No.\Make		
		Gallis Lighting S.A.	
3	4	Order No.	: 4310-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

Χώρος Γ203ε



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	2400 lm
Total power	47 W
Total power per area (5.63 m²)	8.35 W/m² (6.91 W/m²/100lx)

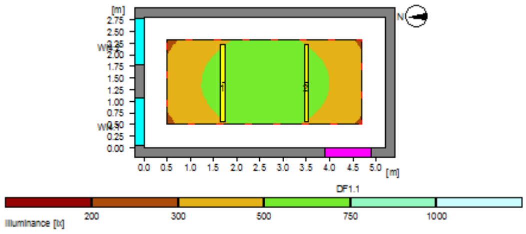
Illuminance

Average illuminance	Eav	121 lx
Minimum illuminance	Emin	90 lx
Maximum illuminance	Emax	175 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.34 (0.75)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.94 (0.52)

Type No.\Make

Type	No.	Make
1	1	**Gallis Lighting S.A.** Order No. : 4306-4341 Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

Χώρος Γ203δ



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	13200 lm
Total power	152 W
Total power per area (14.66 m²)	10.37 W/m² (2.07 W/m²/100lx)

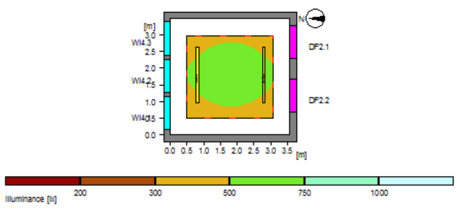
Illuminance

Average illuminance	Eav	502 lx
Minimum illuminance	Emin	266 lx
Maximum illuminance	Emax	710 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.89 (0.53)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.67 (0.37)

Type No.\Make

Type	No.	Make
2	2	**Gallis Lighting S.A.** Order No. : 4312-4344 Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Γ203β-γ



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	13200 lm
Total power	152 W
Total power per area (12.46 m²)	12.20 W/m² (2.42 W/m²/100lx)

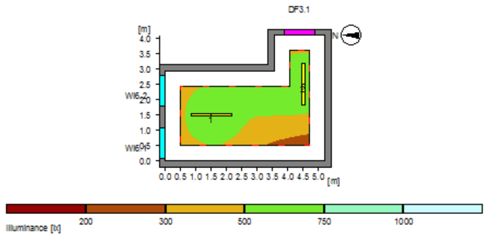
Illuminance

Average illuminance	Eav	504 lx
Minimum illuminance	Emin	314 lx
Maximum illuminance	Emax	642 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.6 (0.62)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.04 (0.49)

Type No.\Make

Type	No.	Make
2	2	**Gallis Lighting S.A.** Order No. : 4312-4344 Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Γ203α



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 0.75 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 (17.24 m²) — 12.53 W/m² (2.38 W/m²/100lx)

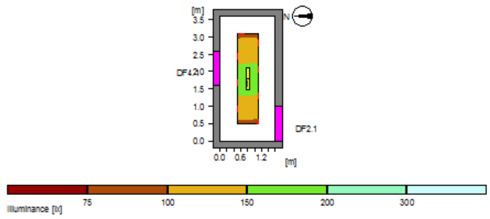
Illuminance

Average illuminance	Eav	526 lx
Minimum illuminance	Emin	231 lx
Maximum illuminance	Emax	700 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.28 (0.44)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.03 (0.33)

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 Γ202ε



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 0.75 m
Height of luminaire plane — 3.00 m
Maintenance factor — 0.80

Total luminous flux of all lamps — 2400 lm
Total power — 47 W
Total power per area (5.76 m²) — 8.16 W/m² (6.21 W/m²/100lx)

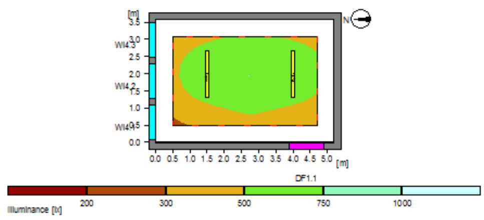
Illuminance

Average illuminance	Eav	131 lx
Minimum illuminance	Emin	89 lx
Maximum illuminance	Emax	163 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.48 (0.68)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.84 (0.54)

Type No. Make

1 1 **Gallis Lighting S.A.**
Order No. : 4306-4341
Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

Χώρος Γ202δ



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 0.75 m
Height of luminaire plane — 3.00 m
Maintenance factor — 0.80

Total luminous flux of all lamps — 17800 lm
Total power — 216 W
Total power per area (18.62 m²) — 11.60 W/m² (2.18 W/m²/100lx)

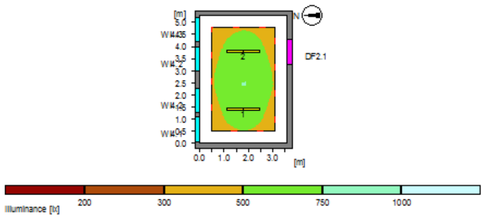
Illuminance

Average illuminance	Eav	533 lx
Minimum illuminance	Emin	253 lx
Maximum illuminance	Emax	750 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.1 (0.48)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.96 (0.34)

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 Γ202β-γ



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (19.01 m²)	11.36 W/m² (2.12 W/m²/100lx)

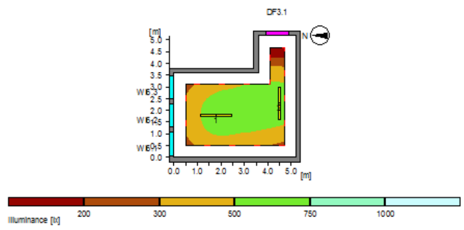
Illuminance

Average illuminance	Eav	535 lx
Minimum illuminance	Emin	297 lx
Maximum illuminance	Emax	752 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.8 (0.55)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.54 (0.39)

Type No.\Make

3	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 Γ202α



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (21.25 m²)	10.17 W/m² (2.08 W/m²/100lx)

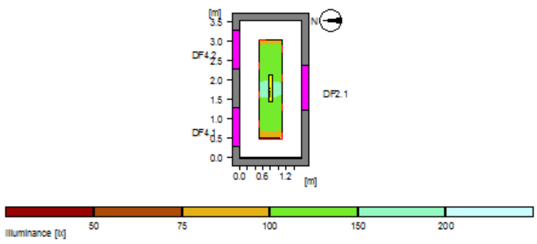
Illuminance

Average illuminance	Eav	488 lx
Minimum illuminance	Emin	120 lx
Maximum illuminance	Emax	681 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:4.09 (0.24)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:5.7 (0.18)

Type No.\Make

2	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 Γ201ε



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	2400 lm
Total power	47 W
Total power per area (5.63 m²)	8.35 W/m² (7.29 W/m²/100lx)

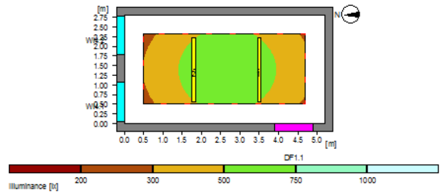
Illuminance

Average illuminance	Eav	115 lx
Minimum illuminance	Emin	88 lx
Maximum illuminance	Emax	162 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.3 (0.77)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.84 (0.54)

Type No.\Make

4	1	**Gallis Lighting S.A.** Order No. : 4306-4341 Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

Χώρος Γ201δ



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 3.00 m
Maintenance factor: 0.80

Total luminous flux of all lamps: 13200 lm
Total power: 152 W
Total power per area (14.66 m²): 10.37 W/m² (2.13 W/m²/100lx)

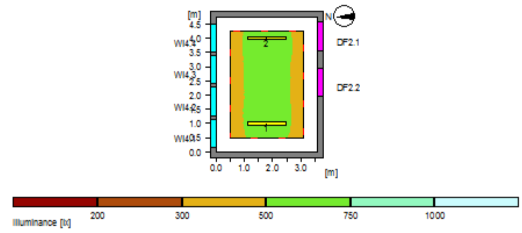
Illuminance

Average illuminance	Eav	486 lx
Minimum illuminance	Emin	247 lx
Maximum illuminance	Emax	685 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.97 (0.51)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.77 (0.36)

Type No.\Make

1 2 **Gallis Lighting S.A.**
Order No. : 4312-4344
Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Γ201β-γ



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 3.00 m
Maintenance factor: 0.80

Total luminous flux of all lamps: 17800 lm
Total power: 216 W
Total power per area (17.04 m²): 12.68 W/m² (2.44 W/m²/100lx)

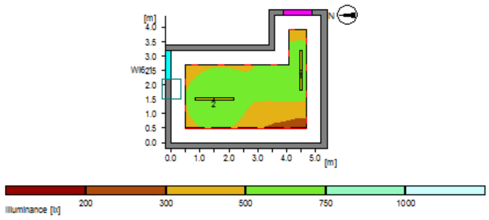
Illuminance

Average illuminance	Eav	519 lx
Minimum illuminance	Emin	356 lx
Maximum illuminance	Emax	644 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.46 (0.69)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.81 (0.55)

Type No.\Make

4 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 Γ201α



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.80 m
Maintenance factor: 0.80

Total luminous flux of all lamps: 17800 lm
Total power: 216 W
Total power per area (18.56 m²): 11.64 W/m² (2.20 W/m²/100lx)

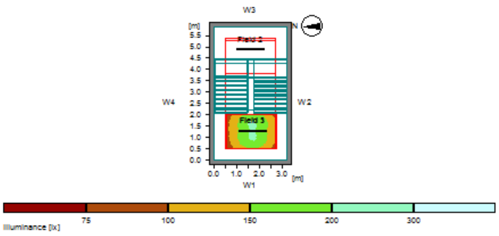
Illuminance

Average illuminance	Eav	528 lx
Minimum illuminance	Emin	194 lx
Maximum illuminance	Emax	743 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.72 (0.37)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.82 (0.26)

Type No.\Make

3 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 ΓΘκλ23



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 3.50 m
Maintenance factor — 0.80

Total luminous flux of all lamps — 5700 lm
Total power — 78 W
Total power per area (18.88 m²) — 4.13 W/m²

Illuminance

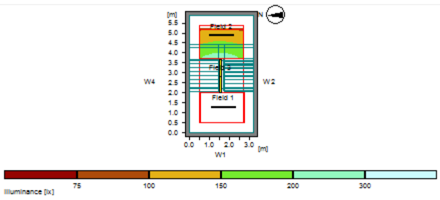
Average illuminance	Eav	151 lx
Minimum illuminance	Emin	71 lx
Maximum illuminance	Emax	205 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.13 (0.47)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.9 (0.34)

Type No.\Make

Type	No.	Make	
		Gallis Lighting S.A.	
3	3	Order No.	: 4032-4065
		Luminaire name	: HERMES MONO 21W with Parabolic Louver
		Equipment	: 1 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Πτέρυγα Γ- Επίπεδο 3

Χώρος ΓΘκλ34



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 4.65 m
Maintenance factor — 0.80

Total luminous flux of all lamps — 10400 lm
Total power — 128 W
Total power per area (18.88 m²) — 6.78 W/m²

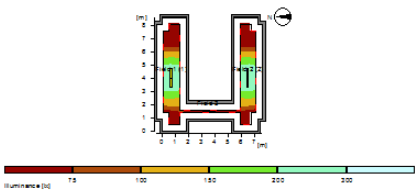
Illuminance

Average illuminance	Eav	155 lx
Minimum illuminance	Emin	94 lx
Maximum illuminance	Emax	219 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.64 (0.61)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.32 (0.43)

Type No.\Make

Type	No.	Make	
		Gallis Lighting S.A.	
2	1	Order No.	: 4312-4344
		Luminaire name	: Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm
6	2	Order No.	: 4032-4065
		Luminaire name	: HERMES MONO 21W with Parabolic Louver
		Equipment	: 1 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος Γδ36-Γδ38



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 0.80 m
Height of luminaire plane — 3.45 m
Maintenance factor — 0.80

Total luminous flux of all lamps — 11600 lm
Total power — 125 W
Total power per area (41.04 m²) — 3.05 W/m² (2.35 W/m²/100lx)

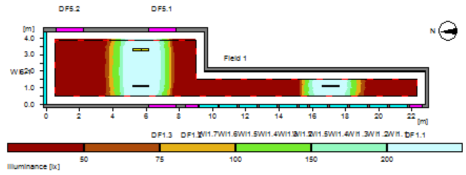
Illuminance

Average illuminance	Eav	130 lx
Minimum illuminance	Emin	11 lx
Maximum illuminance	Emax	265 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:11.6 (0.09)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:23.8 (0.04)

Type No.\Make

Type	No.	Make	
		Gallis Lighting S.A.	
5	1	Order No.	: 4030-4066
		Luminaire name	: HERMES MONO 14W with Parabolic Louver
		Equipment	: 1 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm
10	2	Order No.	: 4310-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

Χώρος Γδ32



General

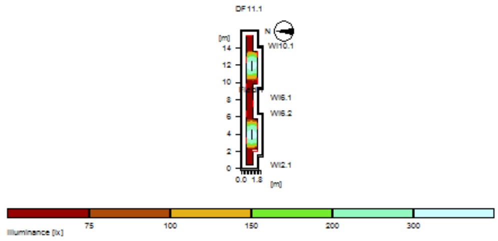
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.40 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	11400 lm
Total power	147 W
Total power per area (68.40 m²)	2.15 W/m² (2.23 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	96 lx
Minimum illuminance	Emin	2 lx
Maximum illuminance	Emax	398 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:47.7 (0.02)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:197 (0.01)

Type	No.	Make
2	3	Gallis Lighting S.A. Order No. : 4308-4062 Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος Γδ31



General

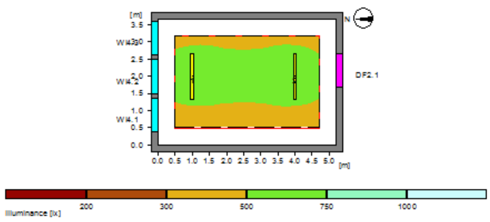
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.40 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	7600 lm
Total power	98 W
Total power per area (33.51 m²)	2.92 W/m² (2.22 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	132 lx
Minimum illuminance	Emin	3 lx
Maximum illuminance	Emax	382 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:37.7 (0.03)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:109 (0.01)

Type	No.	Make
2	2	Gallis Lighting S.A. Order No. : 4308-4062 Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος Γ301δ



General

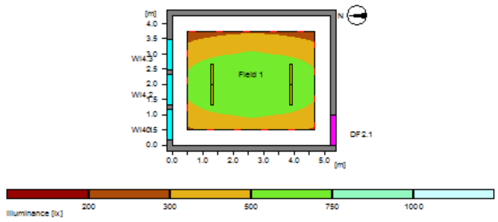
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (19.08 m²)	11.32 W/m² (2.16 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	523 lx
Minimum illuminance	Emin	319 lx
Maximum illuminance	Emax	659 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.64 (0.61)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.06 (0.48)

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 Γ301γ



General

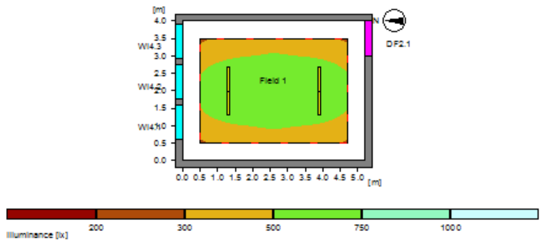
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (22.10 m²)	9.77 W/m² (1.98 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	494 lx
Minimum illuminance	Emin	213 lx
Maximum illuminance	Emax	732 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.32 (0.43)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.44 (0.29)

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 Γ301β



General

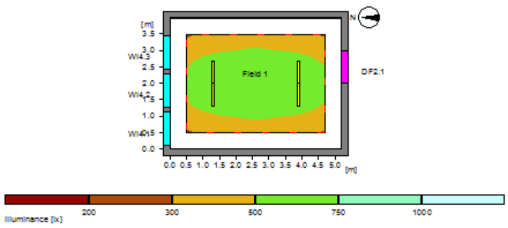
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (20.80 m²)	10.38 W/m² (2.01 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	517 lx
Minimum illuminance	Emin	272 lx
Maximum illuminance	Emax	737 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.9 (0.53)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.71 (0.37)

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 Γ301α



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 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 (20.75 m²)	10.41 W/m² (2.01 W/m²/100lx)

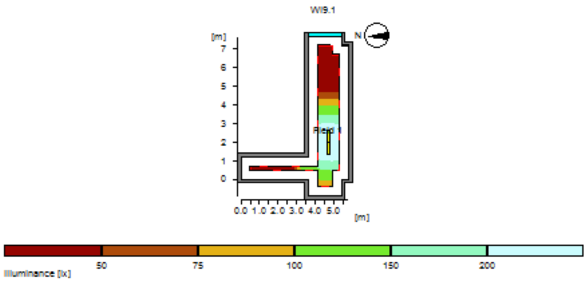
Illuminance

Average illuminance	Eav	518 lx
Minimum illuminance	Emin	275 lx
Maximum illuminance	Emax	737 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.89 (0.53)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.68 (0.37)

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

Πτέρυγα Γ- Επίπεδο 4

Χώρος Γδ47-Γδ48



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	5200 lm
Total power	53 W
Total power per area (22.68 m²)	2.34 W/m² (1.92 W/m²/100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	122 lx
Minimum illuminance	Emin	4 lx
Maximum illuminance	Emax	263 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:27.2 (0.04)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:58.7 (0.02)

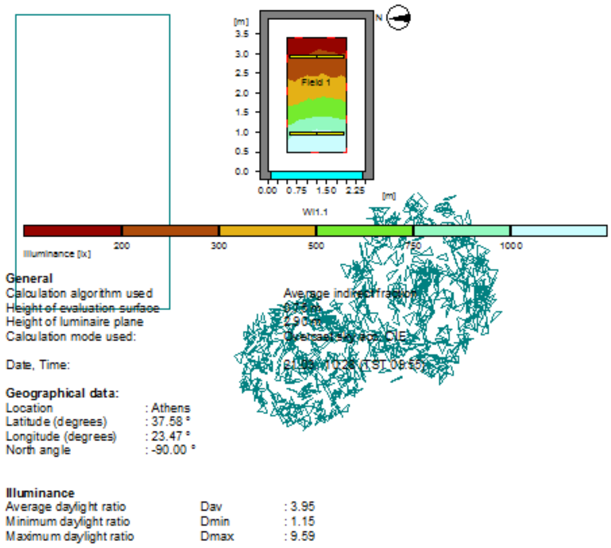
Type	No.	Make	
		Gallis Lighting S.A.	
4	1	Order No.	: 4310-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

Παράρτημα Β

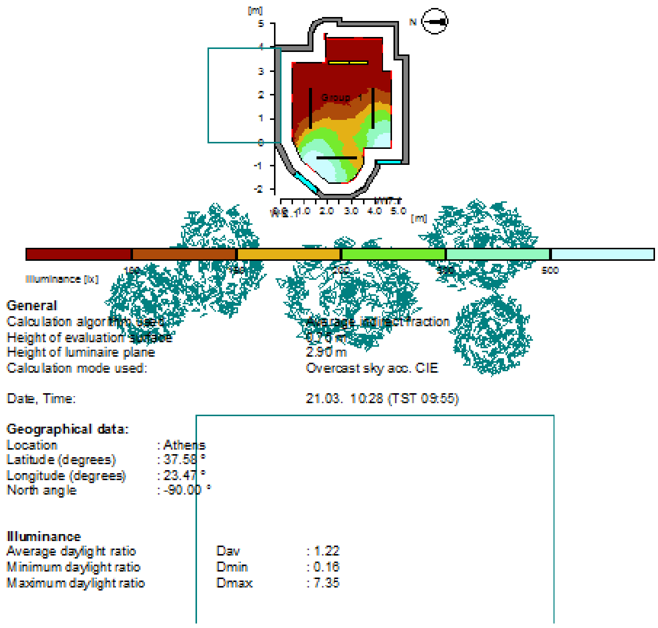
Αποτελέσματα υπολογισμού έντασης φωτισμού (RELUX) για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

Πτέρυγα Α- Επίπεδο 0

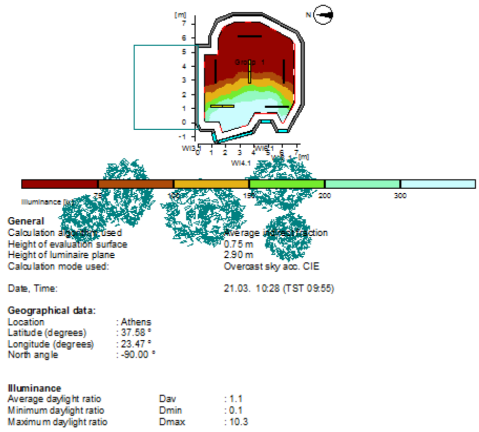
Χώρος Α001



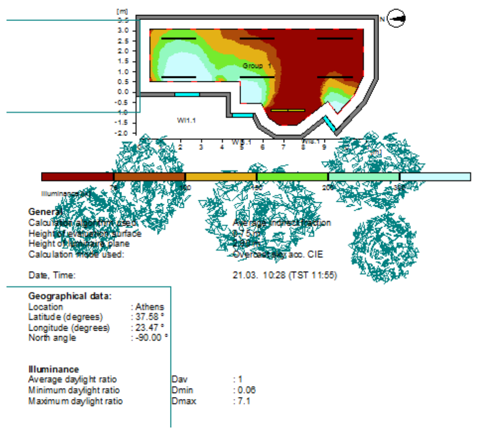
Χώρος Α002



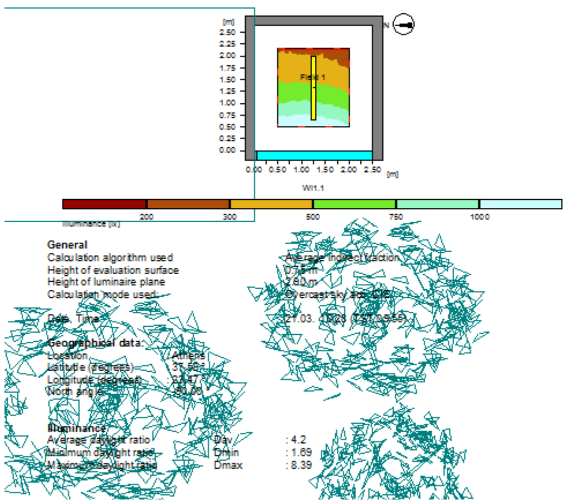
Χώρος Α003



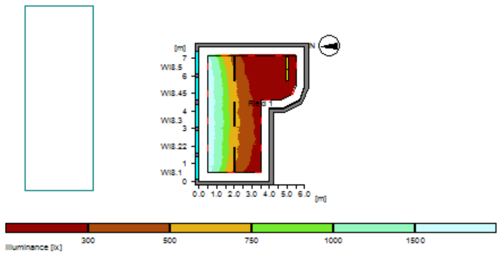
Χώρος Α004



Χώρος Α006



Χώρος Α007



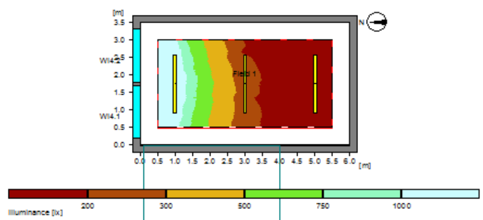
General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 0.75 m
Height of luminaire plane — 2.90 m
Calculation mode used: — Overcast sky acc. CIE

Date, Time: — 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio — Dav : 4.4
Minimum daylight ratio — Dmin : 0.7
Maximum daylight ratio — Dmax : 13.9

Χώρος Α008



General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 0.75 m
Height of luminaire plane — 2.90 m
Calculation mode used: — Overcast sky acc. CIE

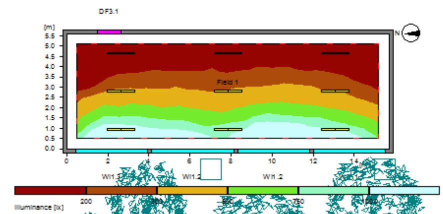
Date, Time: — 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio — Dav : 3.2
Minimum daylight ratio — Dmin : 0.5
Maximum daylight ratio — Dmax : 13

Πτέρυγα Α- Επίπεδο 1

Χώρος Α101



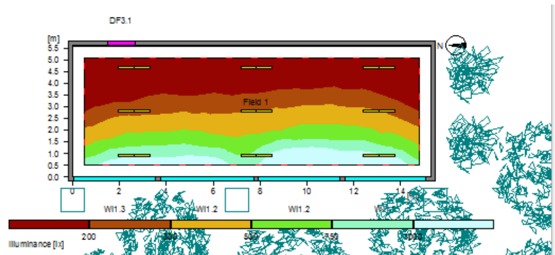
General
Calculation algorithm used — Average indirect fraction
Height of evaluation surface — 0.75 m
Height of luminaire plane — 2.90 m
Calculation mode used: — Overcast sky acc. CIE

Date, Time: — 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio — Dav : 3.5
Minimum daylight ratio — Dmin : 0.5
Maximum daylight ratio — Dmax : 11.3

Χώρος Α102



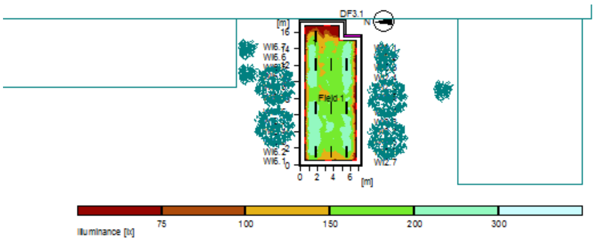
General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.85 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 3.3
Minimum daylight ratio Dmin : 0.5
Maximum daylight ratio Dmax : 11

Χώρος Α103



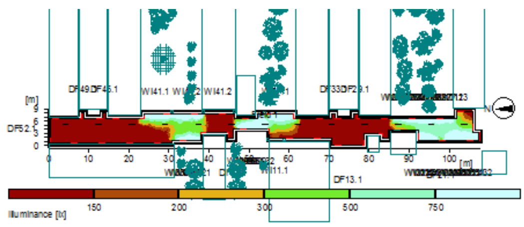
General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 1.17
Minimum daylight ratio Dmin : 0.16
Maximum daylight ratio Dmax : 1.89

Χώρος Αδ11



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 3.45 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

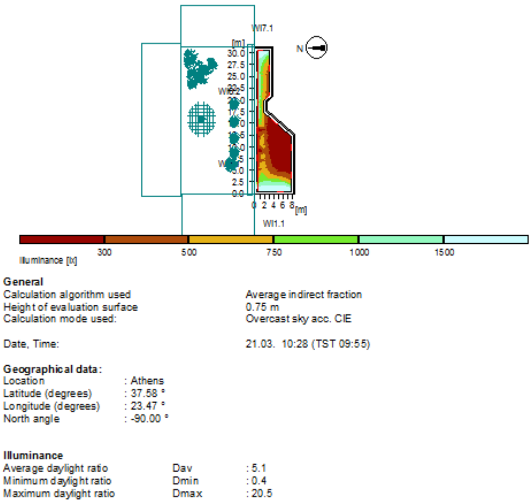
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

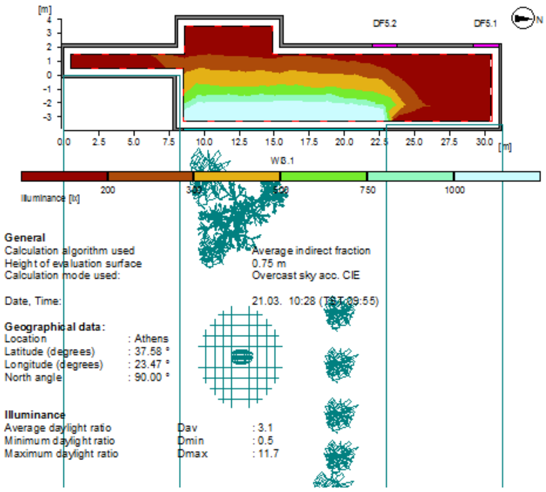
Illuminance
Average daylight ratio Dav : 2.2
Minimum daylight ratio Dmin : 0
Maximum daylight ratio Dmax : 11.8

Πτέρυγα Γ- Επίπεδο 1

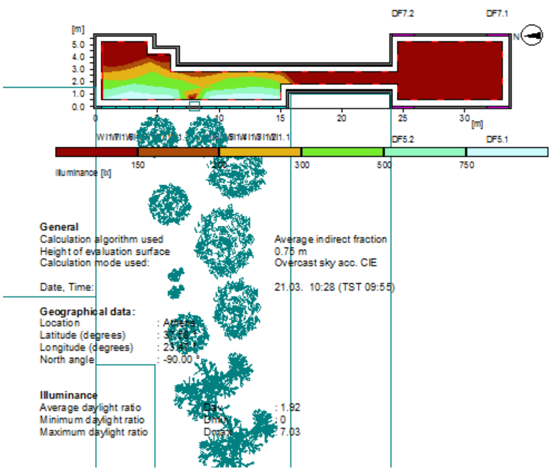
Χώρος Γδ11



Χώρος Γδ12

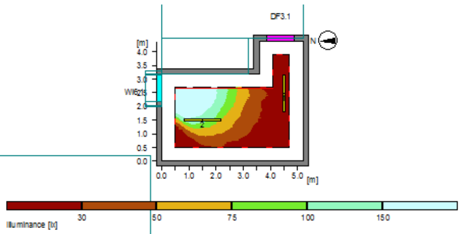


Χώρος Γδ14



Πτέρυγα Γ- Επίπεδο 2

Χώρος Γ201α



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:55)

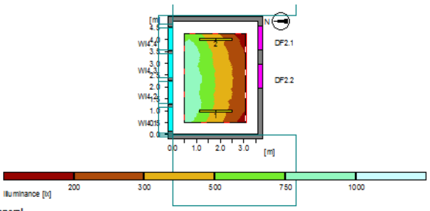
Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.58 °
Longitude (degrees)	: 23.47 °
North angle	: -90.00 °

Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 0.55
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.01
Maximum daylight ratio	Dmax	: 4.18

Χώρος Γ201β-γ



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:55)

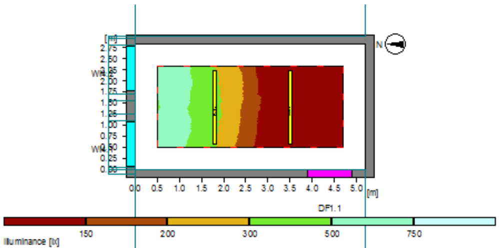
Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.58 °
Longitude (degrees)	: 23.47 °
North angle	: -90.00 °

Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 3.44
Minimum daylight ratio	Dmin	: 1.08
Maximum daylight ratio	Dmax	: 6.67

Χώρος Γ201δ



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:55)

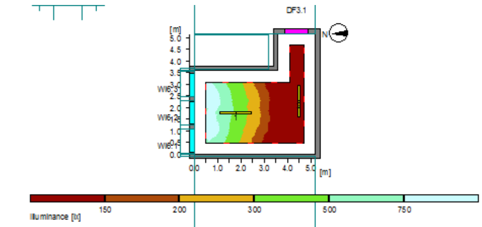
Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.58 °
Longitude (degrees)	: 23.47 °
North angle	: -90.00 °

Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 1.76
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.26
Maximum daylight ratio	Dmax	: 5.21

Χώρος Γ202α



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:55)

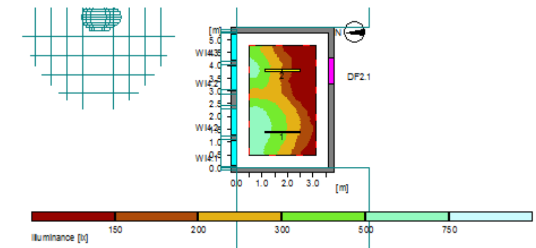
Geographical data:

Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 2.07
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.04
Maximum daylight ratio	Dmax	: 6.32

Χώρος Γ202β-γ



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:55)

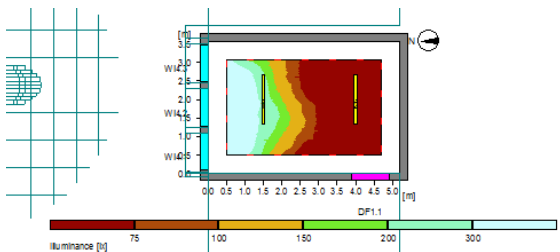
Geographical data:

Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 1.98
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.49
Maximum daylight ratio	Dmax	: 5.08

Χώρος Γ202δ



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:55)

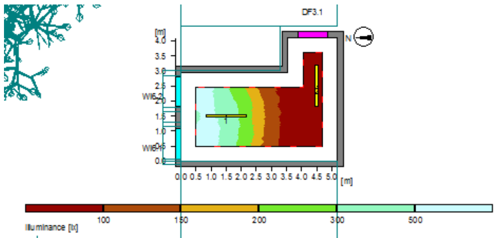
Geographical data:

Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 1.07
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.08
Maximum daylight ratio	Dmax	: 5.14

Χώρος Γ203α



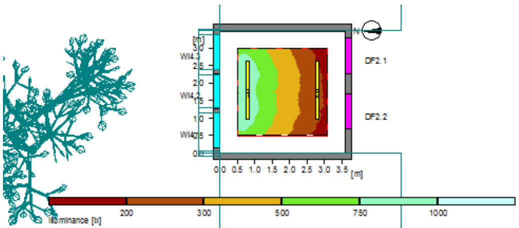
General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 1.54
Minimum daylight ratio Dmin : 0.04
Maximum daylight ratio Dmax : 5.13

Χώρος Γ203β-γ



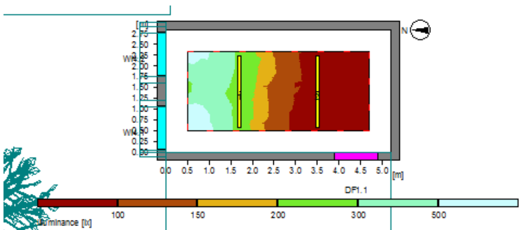
General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 3.00 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 3.24
Minimum daylight ratio Dmin : 1.04
Maximum daylight ratio Dmax : 6.61

Χώρος Γ203δ



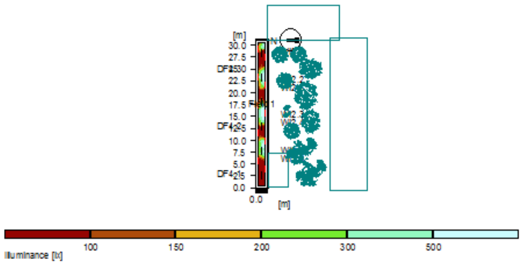
General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 1.36
Minimum daylight ratio Dmin : 0.2
Maximum daylight ratio Dmax : 4.72

Χώρος Γδ21



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 3.45 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

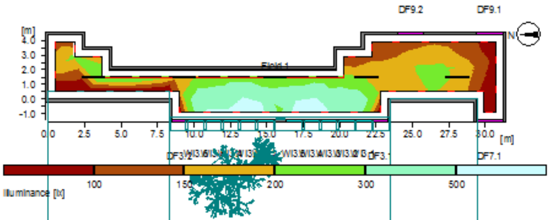
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 1.44
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.01
Maximum daylight ratio	Dmax	: 6.49

Χώρος Γδ22



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.50 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

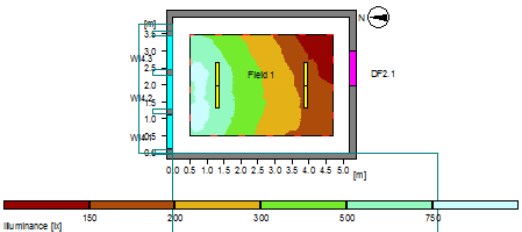
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 1.65
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.03
Maximum daylight ratio	Dmax	: 4.92

Πτέρυγα Γ- Επίπεδο 3
Χώρος Γ301α



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

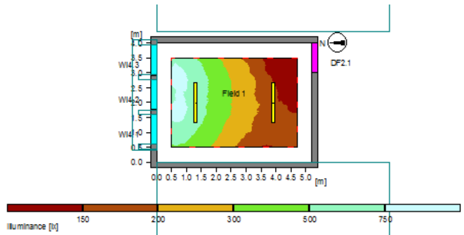
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 2.51
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.75
Maximum daylight ratio	Dmax	: 6.02

Χώρος Γ301β



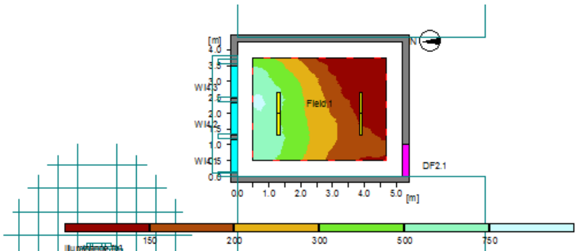
General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 2.37
Minimum daylight ratio Dmin : 0.7
Maximum daylight ratio Dmax : 5.9

Χώρος Γ301γ



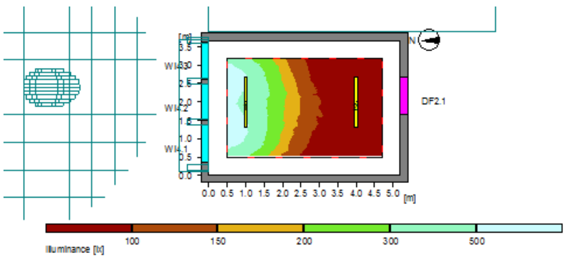
General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 2.03
Minimum daylight ratio Dmin : 0.49
Maximum daylight ratio Dmax : 5.39

Χώρος Γ301δ



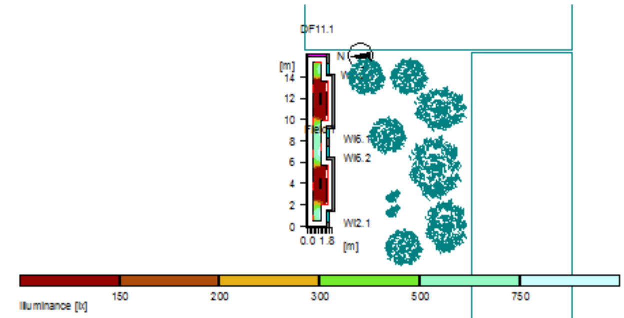
General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 1.33
Minimum daylight ratio Dmin : 0.19
Maximum daylight ratio Dmax : 4.91

Χώρος Γδ31



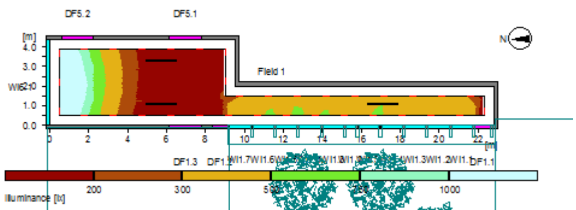
General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.40 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 1.75
Minimum daylight ratio Dmin : 0.02
Maximum daylight ratio Dmax : 5.96

Χώρος Γδ32



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 2.40 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.58 °
Longitude (degrees) : 23.47 °
North angle : -90.00 °

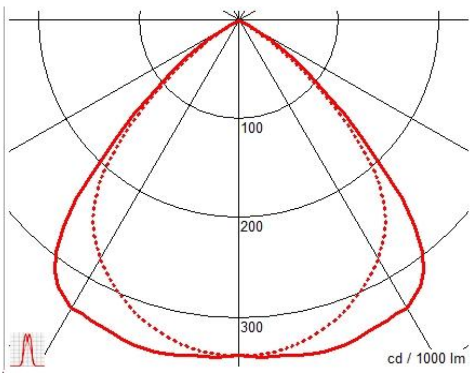
Illuminance
Average daylight ratio Dav : 2.9
Minimum daylight ratio Dmin : 0.5
Maximum daylight ratio Dmax : 12.2

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

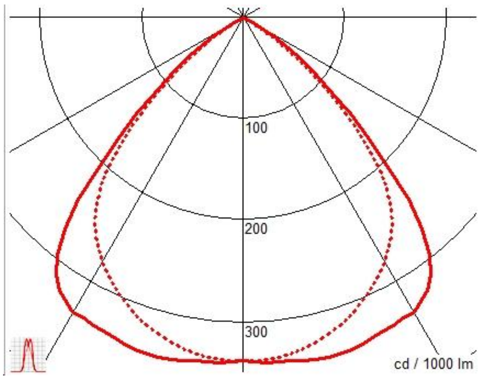
Εικόνα Γ.1 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4306 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 580mm, 4341



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

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

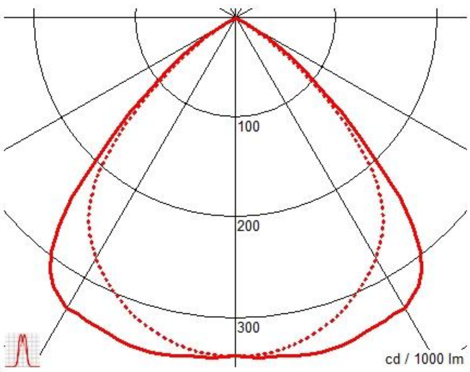
Εικόνα Γ.3 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4307 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 580mm, 4341



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

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

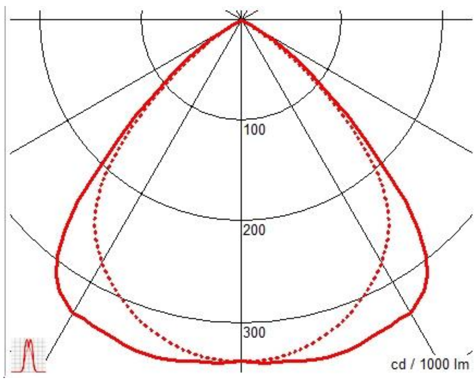
Εικόνα Γ.5 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4308 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 880mm, 4342



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

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

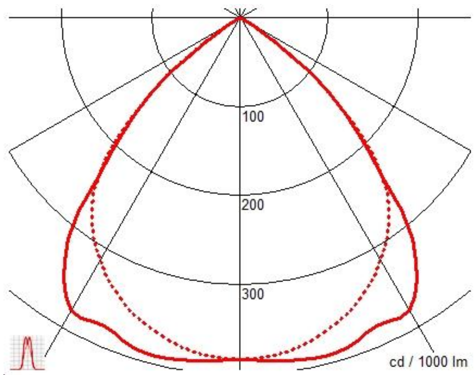
Εικόνα Γ.7 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4309 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 880mm, 4342



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

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

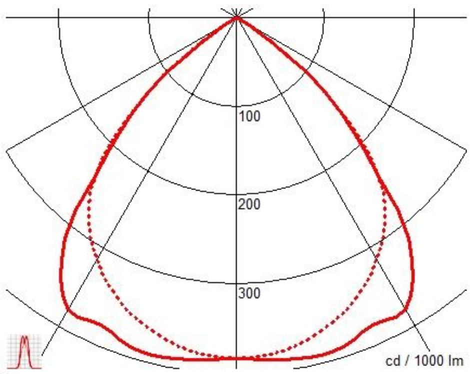
Εικόνα Γ.9 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4310 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1180mm, 4343



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

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

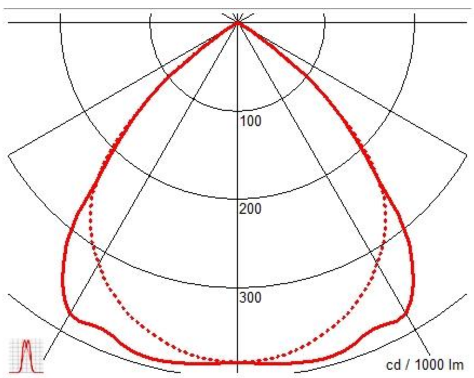
Εικόνα Γ.11 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4311 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1180mm, 4343



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

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

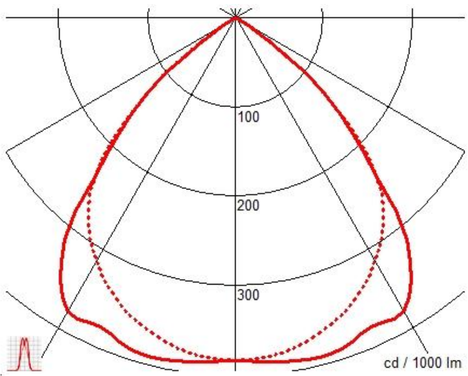
Εικόνα Γ.13 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4312 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1480mm, 4344



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

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

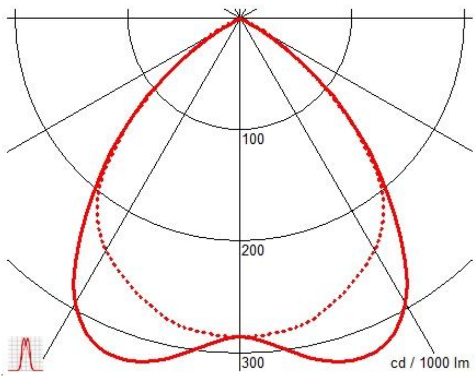
Εικόνα Γ.15 : Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4313 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1480mm, 4344



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

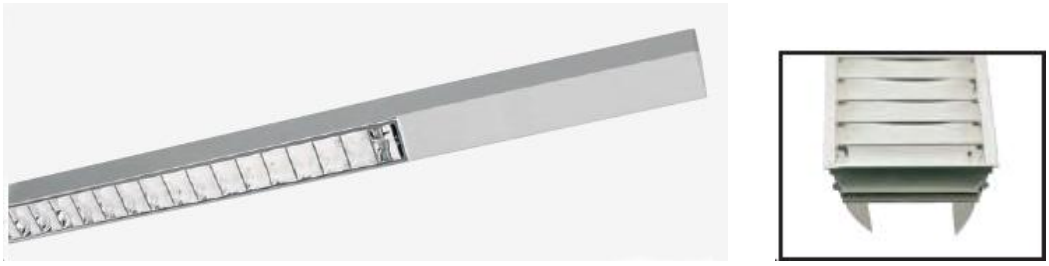
Εταιρεία	:	Γαλλής
Μοντέλο	:	Hermes Mono , 4032
Τύπος φωτιστικού	:	Μονόφωτο σώμα οροφής από διελασμένο αλουμίνιο βαμμένο ηλεκτροστατικά με επιλογή παραβολικής περσίδας 4065 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	:	Φθορισμού T16 G5 1x21w, διαστάσεις: 52x1220x49mm, βάρος: 1,5kg

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

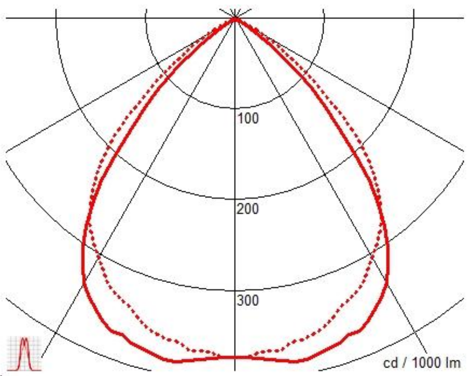


Εικόνα Γ.18 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Hermes Mono, 4032

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

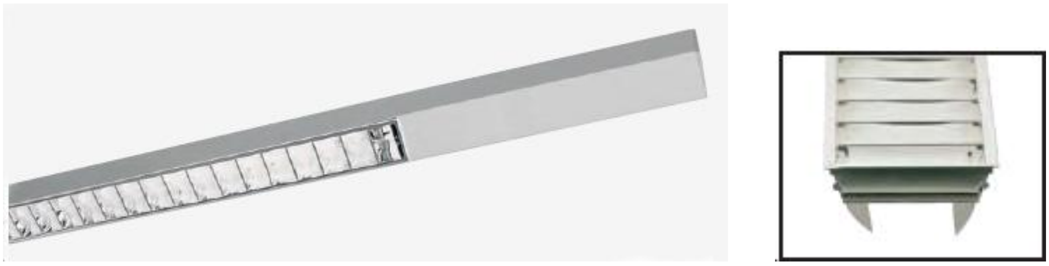


Εικόνα Γ.19 : Δίφωτο σώμα οροφής Hermes Mono, 4035 και παραβολική περσίδα αλουμινίου 1180mm, 4068

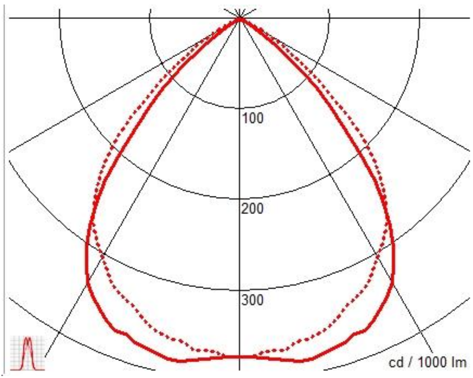


Εικόνα Γ.20 : Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Hermes Mono, 4035

Εταιρεία	:	Γαλλής
Μοντέλο	:	Hermes Mono , 4036
Τύπος φωτιστικού	:	Μονόφωτο σώμα οροφής από διελασμένο αλουμίνιο βαμμένο ηλεκτροστατικά με επιλογή παραβολικής περσίδας 4069 από ανοδειωμένο 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

Εταιρεία : Tridonic

Μοντέλο : Αισθητήρας φωτισμού
SMART LS II / SMART LS II lp