



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

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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
Αλεξάνδρα Ι. Καλημέρη

**Επιβλέπων Καθηγητής :** Φραγκίσκος Β. Τοπαλής  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
**Επιβλέπων :** Λάμπρος Θ. Δούλος  
Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2012





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

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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
Αλεξάνδρα Ι. Καλημέρη

**Επιβλέπων Καθηγητής :** Φραγκίσκος Β. Τοπαλής  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
**Επιβλέπων :** Λάμπρος Θ. Δούλος  
Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2012



Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2012

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Σταυρούλα Καβατζά  
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

.....

**Αλεξάνδρα Ι. Καλημέρη**

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

Copyright © Αλεξάνδρα Ι. Καλημέρη, 2012

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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



# Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διατύπωση προτάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού των πτερύγων A,Z και Θ του κτηρίου όπου στεγάζεται η Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, και ο υπολογισμός των ενεργειακών και περιβαλλοντολογικών οφελών τους.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας παρατίθενται τεχνικές εκμετάλλευσης του φυσικού φωτός, παράγοντες που μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο σύστημα του φωτισμού καθώς και διεθνή πρότυπα και κανόνες που το αφορούν. Επίσης γίνεται αναφορά στην οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού και στις αντιλήψεις των εργαζομένων σε χώρους γραφείων σχετικά με τις συνθήκες φωτισμού, τα συστήματα σκίασης και τους αυτοματισμούς που χρησιμοποιούνται στα συστήματα αυτά.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού του κτηρίου όπως προέκυψε από την επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε και δύο προτεινόμενα σενάρια αναβάθμισής του. Στο πρώτο σενάριο προτάθηκε αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων και των λαμπτήρων με νέα, πιο αποδοτικά. Στο δεύτερο σενάριο τοποθετήθηκαν επιπλέον αισθητήρες φωτισμού προκειμένου να πραγματοποιηθεί εκμετάλλευση του φυσικού φωτός. Τέλος παρουσιάζονται τα οικονομικά στοιχεία και τα περιβαλλοντικά οφέλη των δύο σεναρίων και προσδιορίζονται οι χρόνοι απόσβεσης της κάθε επένδυσης.

**Λέξεις κλειδιά:** ενεργειακή αναβάθμιση, εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό, τεχνητός φωτισμός, τεχνοοικονομική μελέτη φωτισμού, φυσικός φωτισμός, φωτισμός γραφείων



# Abstract

The basic aims of this thesis were the presentation and calculation of economical and environmental benefits from an energy upgrade of the artificial lighting system in wings “A”, “Z” and “Θ” of the School of Chemical Engineering building of National Technical University of Athens. This energy upgrade includes efficient solutions for the improvement of the lighting system not only by replacing the out of date, energy demanding luminaires with new, state of the art, efficient ones but also by incorporating photosensors in order to harvest daylight.

The first part of the thesis describes actions, methods and techniques used for energy conservation in lighting, including daylight and artificial lighting systems. Also, it illustrates the general framework of international, European and national codes and standards that affect lighting design and the choice of lighting equipment. Furthermore, the economic analysis of an artificial lighting system and a literature review on the preferences and satisfaction of office occupants regarding lighting conditions and optical comfort are presented.

The second part describes the actual lighting system, as it was recorded during the energy inspection, and the two upgrade scenarios. The first one which proposes the replacement of existing luminaires with new, more efficient ones, and the second which concerns the installation of photosensors that dim the artificial lighting levels, depending on the available daylight that they detect in their field of view. Furthermore, comparisons between the energy consumption of the lighting systems regarding energy consumption, and environmental benefits of each investment have been made. Finally, the corresponding payback periods have been calculated.

**Key words:** Artificial lighting, daylight harvesting, energy saving, energy upgrading, lighting economic analysis, office lighting



# Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Φραγκίσκο Β. Τοπαλή για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου την παρούσα διπλωματική εργασία, για το ενδιαφέρον και την καθοδήγησή του. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λάμπρο Θ. Δούλο, Διδάκτωρα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την βοήθεια και την συμπαράσταση που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας καθώς και τα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου Φωτοτεχνίας Ε.Μ.Π. για την προθυμία τους να λύσουν κάθε απορία μου. Τέλος, θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου που στάθηκε δίπλα μου σε δύσκολες στιγμές και με στήριξε ώστε να ολοκληρώσω τις σπουδές μου.



Στη μνήμη του πατέρα μου  
και του αδελφού μου



# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	1
Abstract.....	3
Ευχαριστίες.....	5
Εισαγωγή.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	15
Εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού για εξοικονόμηση ενέργειας.....	15
1.1 Εισαγωγή.....	15
1.2 Η θέση του ήλιου.....	16
1.3 Παράγοντας φυσικού φωτισμού .....	19
1.4 Ανοίγματα και άλλα συστήματα φυσικού φωτισμού .....	20
1.4.1 Πλαϊνά ανοίγματα- παράθυρα (sidelighting).....	21
1.4.2 Φεγγίτες οροφής (skylights) και παράθυρα οροφής (roof monitors) .....	24
1.4.3 Αίθρια (atrium) .....	25
1.4.4 Άλλες εφαρμογές.....	26
1.5 Τεχνολογία υαλοστασίων .....	27
1.6 Συστήματα σκίασης .....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	35
Εξοικονόμηση ενέργειας και τεχνητός φωτισμός .....	35
2.1 Εισαγωγή.....	35
2.2 Μελέτη τεχνητού φωτισμού.....	36
2.3 Σωστή χρήση – συντήρηση .....	37
2.4 Λαμπτήρες φωτισμού .....	39
2.5 Ballast .....	43
2.6 Φωτιστικά σώματα.....	45
2.7 Συστήματα ελέγχου του φωτισμού .....	47
2.8 Συστήματα διαχείρισης του φωτισμού .....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	53
Διεθνή πρότυπα, οδηγίες και κανόνες που αφορούν στο φωτισμό .....	53
3.1 Εισαγωγή.....	53
3.2 Πρότυπα .....	53

3.3 Ευρωπαϊκές οδηγίες.....	56
3.3.1 Energy Performance of Buildings Directive EPBD (2002/91/EK) 56	
3.3.2 ErP Energy-related Products Directive (2009/125/EC).....	58
3.3.3 Οδηγία 2002/96/EK WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment).....	59
3.3.4 Οδηγία 2002/95/EC RoHS (Restriction of Hazardous Substances).....	60
3.3.5 Οδηγία 98/11/EK για την ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών λαμπτήρων.....	61
3.4 Νόμος 3661/08 και Κ.Εν.Α.Κ. ....	61
3.5 Προγράμματα.....	63
3.5.1 Energy star.....	63
3.5.2 Top Runner.....	64
3.5.3 GreenLight.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> .....	67
Οικονομική ανάλυση ενός συστήματος τεχνητού φωτισμού.....	67
4.1 Εισαγωγή.....	67
4.2 Υπολογισμός κόστους του συστήματος φωτισμού.....	68
4.2.1 Απλή μέθοδος υπολογισμού.....	68
4.2.2 Αναλυτική μέθοδος.....	69
4.3 Χρόνος απόσβεσης.....	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....	73
Έρευνες σχετικά με τις προτιμήσεις των χρηστών.....	73
5.1. Εισαγωγή.....	73
5.2. Οφέλη από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού στην υγεία των χρηστών. ....	74
5.3. Προτιμώμενες συνθήκες φωτισμού από τους χρήστες.....	75
5.3.1. Πεποιθήσεις σχετικές με το φως.....	75
5.3.2. Εκτίμηση του διαθέσιμου φυσικού φωτός.....	76
5.3.3. Προτιμώμενος τύπος παραθύρων.....	76
5.3.4. Εκμετάλλευση των συστημάτων σκίασης.....	78
5.3.5 Προτιμώμενη ένταση φωτισμού και θερμοκρασία χρώματος.....	80
5.3.6 Οπτική άνεση και θάμβωση.....	81
5.4 Αυτοματισμοί για τον έλεγχο του φωτισμού και της σκίασης και ανθρώπινος παράγοντας.....	81

5.4.1	Συστήματα ελέγχου του φωτισμού .....	81
5.4.2	Συστήματα ελέγχου των σκιάστρων .....	82
5.4.2	Ενοποιημένα συστήματα ελέγχου φωτισμού και σκιάστρων .....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 <sup>ο</sup>	.....	85
	Περιγραφή του κτηρίου Χημικών μηχανικών .....	85
6.1	Περιγραφή του κτηρίου.....	85
6.1.1	Πτέρυγα Ζ.....	89
6.1.2	Πτέρυγα Θ .....	93
6.2	Βασικά προβλήματα .....	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 <sup>ο</sup>	.....	101
	Καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού.....	101
7.1	Εισαγωγή.....	101
7.2.	Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού .	102
7.2.1	Πτέρυγα Α .....	102
7.2.2	Πτέρυγα Ζ .....	105
7.2.3	Πτέρυγα Θ.....	109
7.3	Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού .....	112
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 <sup>ο</sup>	.....	115
	Σενάριο 1 <sup>ο</sup> : Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων .....	115
8.1.	Εισαγωγή.....	115
8.2.	Σενάριο 1ο : Εγκατεστημένη ισχύς συστήματος τεχνητού φωτισμού με αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα.....	117
8.2.1	Πτέρυγα Α .....	118
8.2.2	Πτέρυγα Ζ .....	120
8.2.3	Πτέρυγα Θ.....	124
8.3.	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα 1 <sup>ου</sup> Σεναρίου ανά πτέρυγα.....	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 <sup>ο</sup>	.....	129
	Σενάριο 2 <sup>ο</sup> : Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.....	129
9.1	Εισαγωγή.....	129
9.2	Σενάριο 2 <sup>ο</sup> : Ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού.....	131
9.2.1	Πτέρυγα Α .....	131
9.2.2	Πτέρυγα Ζ .....	133

9.2.3 Πτέρυγα Θ.....	136
9.3. Σενάριο 2 <sup>ο</sup> : Συνολική ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού.....	139
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 <sup>ο</sup> .....	141
Υπολογισμός κόστους, εξοικονόμησης ενέργειας και χρόνου απόσβεσης για τα προτεινόμενα σενάρια .....	141
10.1. Εισαγωγή.....	141
10.2 Πτέρυγα Α.....	146
10.2.1 Σενάριο 1 <sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων .....	146
10.2.2 Σενάριο 2 <sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού .....	147
10.3 Πτέρυγα Ζ.....	149
10.3.1 Σενάριο 1 <sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων .....	149
10.3.2 Σενάριο 2 <sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού .....	151
10.4 Πτέρυγα Θ .....	153
10.4.1 Σενάριο 1 <sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων .....	153
10.4.2 Σενάριο 2 <sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού .....	155
10.5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα.....	157
10.5.1. Σενάριο 1 <sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων .....	157
10.5.2. Σενάριο 2 <sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού .....	159
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 <sup>ο</sup> .....	163
Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα.....	163
Βιβλιογραφία.....	167
Παράρτημα Α.....	173
Παράρτημα Β.....	185
Παράρτημα Γ .....	193

# Εισαγωγή

Το 25%-35% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε κτήρια γραφείων, χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών τους σε φωτισμό. Με κατάλληλες πρακτικές, όπως η εφαρμογή αποδοτικότερων συστημάτων φωτισμού σε νέα κτήρια και η ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού των υφιστάμενων κτηρίων, ο φωτισμός μπορεί να προσφέρει σημαντικό απόθεμα εξοικονόμησης ενέργειας και να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση του κτηριακού τομέα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διατυπώνονται δύο προτάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού των πτερυγών Α, Ζ και Θ του κτηρίου όπου στεγάζεται η Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, και υπολογίζονται τα ενεργειακά και περιβαλλοντολογικά τους οφέλη.

Στο πρώτο κεφάλαιο δίνονται κάποια βασικά στοιχεία για το φυσικό φωτισμό στα κτήρια. Περιγράφονται οι τύποι των εξωτερικών ανοιγμάτων που επιτρέπουν την είσοδο του φωτός στον χώρο αλλά και σύγχρονα τεχνολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευσή του. Τέλος παρουσιάζονται διαφορετικοί τύποι υαλοστασίων παραθέτοντας συντελεστές που προσδιορίζουν τις ιδιότητες τους και διάφοροι τύποι συστημάτων σκίασης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας στον τεχνητό φωτισμό. Στις πρακτικές αυτές συμπεριλαμβάνονται η σημασία της ολοκληρωμένης μελέτης φωτισμού, της σωστής χρήσης και συντήρησης του συστήματος φωτισμού από τους χρήστες αλλά και της εγκατάστασης αποδοτικών λαμπτήρων, ballast και φωτιστικών. Τέλος, παρουσιάζονται σύγχρονα συστήματα ελέγχου και διαχείρισης του φωτισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται διεθνή πρότυπα, ευρωπαϊκές οδηγίες και κανόνες που αφορούν στο φωτισμό χώρων γραφείων. Επίσης αναφέρονται διεθνή προγράμματα που στοχεύουν στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και αφορούν ή περιλαμβάνουν στον τομέα του φωτισμού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού και μελετώνται τα κριτήρια αξιολόγησης της οικονομικής του βιωσιμότητας. Συγκεκριμένα, αναλύεται μια μέθοδος υπολογισμού του κόστους της επένδυσης για την εγκατάσταση συστήματος φωτισμού και ο υπολογισμός του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα διάφορων ερευνών αναφορικά με τις αντιλήψεις και τις προτιμήσεις, όσον αφορά στο φωτισμό των χρηστών χώρων γραφείων.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται οι υπό μελέτη πτέρυγες Α, Ζ και Θ του κτηρίου της σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου

Πολυτεχνείου. Παρατίθενται οι κατόψεις κάθε πτέρυγας και περιγράφονται τα βασικά προβλήματα του συστήματος φωτισμού που παρατηρήθηκαν κατά την ενεργειακή επιθεώρηση.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού για τις εξεταζόμενες πτέρυγες, όπως προέκυψε από την επιθεώρηση, και υπολογίζεται η εγκατεστημένη ισχύς του.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρώτο σενάριο με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού για τις Πτέρυγες Α, Ζ και Θ του κτηρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. στο οποίο εγκαταστάθηκαν αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα και λαμπτήρες. Η εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος αυτού (1<sup>ο</sup> Σενάριο) συγκρίνεται με το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού.

Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζεται το δεύτερο σενάριο με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού στο οποίο πραγματοποιήθηκε και επιπλέον εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φως (2<sup>ο</sup> Σενάριο). Η ισοδύναμη ισχύς του νέου συστήματος συγκρίνεται με την εγκατεστημένη ισχύ του υφιστάμενου συστήματος αλλά και αυτού που προτάθηκε στο 1<sup>ο</sup> Σενάριο.

Στο δέκατο κεφάλαιο υπολογίζεται το συνολικό κόστος της εγκατάστασης του κάθε προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού συμπεριλαμβανομένου του κόστους αγοράς του εξοπλισμού αλλά και του κόστους εργασίας για την τοποθέτησή του. Επίσης, υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με τα δύο προτεινόμενα σενάρια και το ετήσιο όφελος σε ευρώ. Στη συνέχεια υπολογίζεται η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, ο χρόνος απόσβεσης της κάθε επένδυσης καθώς και η μείωση των ρύπων CO<sub>2</sub> που επιτυγχάνεται ετησίως με την αναβάθμιση. Τέλος, υπολογίζεται και ο αριθμός των δέντρων που απαιτούνται για να μειώσουν τις ποσότητες CO<sub>2</sub> που παράγονται από την ηλεκτροπαραγωγή για την κάλυψη των αναγκών στο υφιστάμενο σύστημα εφόσον δεν πραγματοποιηθεί η αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού.

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

Τέλος, στα Παραρτήματα Α και Β παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα των προσομοιώσεων που έγιναν με το πρόγραμμα RELUX για τον φωτισμό χώρων του κτηρίου (τεχνητού και φυσικού φωτισμού) και στο Παράρτημα Γ παρατίθενται οι προδιαγραφές των φωτιστικών σωμάτων και του αισθητήρα φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε στα δύο προτεινόμενα σενάρια.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

---

## Εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού για εξοικονόμηση ενέργειας

---

### 1.1 Εισαγωγή

Το 20% της παγκόσμιας ηλεκτροπαραγωγής χρησιμοποιείται σήμερα για τον φωτισμό. Στην Ελλάδα, η κατανάλωση για φωτισμό αντιπροσωπεύει το 4% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα και το 18% στον τριτογενή. Ειδικότερα, στα κτήρια γραφείων ο φωτισμός κυμαίνεται στο 28% της τελικής ηλεκτρικής κατανάλωσης και μεταβάλλεται ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου [1]. Με την υιοθέτηση κατάλληλων μέτρων και τεχνικών έχει διαπιστωθεί ότι, σε μεγάλο αριθμό εγκαταστάσεων είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 30-50 %. [2]

Όμως είναι ουσιώδης ο σωστός και επαρκής φωτισμός που εξασφαλίζει την οπτική άνεση και την ικανοποίηση στον σύγχρονο επαγγελματικό χώρο, που με την σειρά τους συμβάλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων και στην βελτίωση του παραγόμενου έργου [3].

Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από τη σωστή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι πολύ μεγάλες. Η πρακτική αυτή συμβάλει επίσης στην επίτευξη οπτικής άνεσης στους χώρους εργασίας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, συνδυάζοντας φως, θέα και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Θα πρέπει όμως, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα φωτός, αλλά και ομαλή κατανομή του, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της έντασης στις διάφορες επιφάνειες, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης». Οι εργαζόμενοι σε γραφεία πολλές φορές προκειμένου να μειώσουν την θάμβωση κάνουν χρήση του τεχνητού φωτισμού ακόμα και αν τα επίπεδα φωτισμού που παρέχει το φυσικό φως στον χώρο εργασίας είναι πολύ ικανοποιητικά αυξάνοντας κατά πολύ την

κατανάλωση ενέργειας [3]. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά και τεχνικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών και των υαλοπινάκων αλλά και από τα διαθέσιμα συστήματα σκίασης.

## 1.2 Η θέση του ήλιου

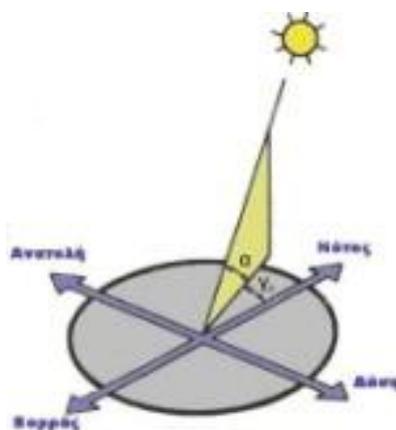
Η γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο ακολουθώντας σχεδόν ελλειπτική τροχιά και γύρω από τον άξονα Βορρά– Νότου, ο οποίος σχηματίζει γωνία  $23,45^\circ$  με την κατακόρυφο. Έτσι, η γωνία μεταξύ του άξονα Β-Ν και των ηλιακών ακτίνων μεταβάλλεται στη διάρκεια του έτους από  $90^\circ + 23.5^\circ = 113.5^\circ$  έως  $90^\circ - 23.5^\circ = 66.5^\circ$ . Η ιδιαίτερη αυτή περιστροφική κίνηση έχει ως αποτέλεσμα ο ήλιος σε σχέση με την θέασή του από την γη, να διαγράφει διαφορετική τροχιά, ανάλογα με ημέρα του χρόνου.

Η ημερήσια τροχιά του Ήλιου είναι μια καμπύλη στον ουράνιο θόλο που σχηματίζεται από τις διαδοχικές φαινόμενες θέσεις του Ήλιου κατά τη κίνησή του από την ανατολή στη δύση. Αν σημειώσουμε τις τροχιές διαφόρων ημερών σε ένα διαφανές ημισφαίριο μπορούμε αργότερα να αναφερόμαστε στη θέση του Ήλιου σε οποιαδήποτε καταγεγραμμένη στιγμή.

Οι ηλιακές γωνίες είναι ένα ζεύγος γωνιακών μεταβλητών (γωνία αζιμούθιου και γωνία ηλιακού ύψους), που ορίζουν τη φαινόμενη θέση του Ήλιου κάθε δεδομένη στιγμή.

**ΓΩΝΙΑ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟΥ (Azimuth angle).** Η γωνία αζιμούθιου μετράται στο οριζόντιο επίπεδο. Στο βόρειο ημισφαίριο αποτελεί τη γωνιακή απόσταση μεταξύ της προβολής ενός σημείου στο οριζόντιο επίπεδο και του πραγματικού νότου. Μετράται με δύο τρόπους. Ή αναφέρεται αρνητικό ( $-\gamma^\circ$ ) προς τα ανατολικά και θετικό ( $+\gamma^\circ$ ) προς τα δυτικά ή  $0^\circ$  στην ανατολή και  $360^\circ$  στην δύση.

**ΓΩΝΙΑ ΗΛΙΑΚΟΥ ΥΨΟΥΣ (Altitude angle).** Η γωνία ηλιακού ύψους ( $\alpha$ ) μετράται στο κατακόρυφο επίπεδο. Είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στον ηλιακό δίσκο και το οριζόντιο επίπεδο. Τα σημεία του ορίζοντα έχουν γωνία ηλιακού ύψους  $0^\circ$ , ενώ το ζενίθ  $90^\circ$ .



**Εικόνα 1.1:** Γωνίες αζιμούθιου ( $\gamma$ ) και ηλιακού ύψους ( $\alpha$ )  
Πηγή: [www.emd-consultants.gr](http://www.emd-consultants.gr)

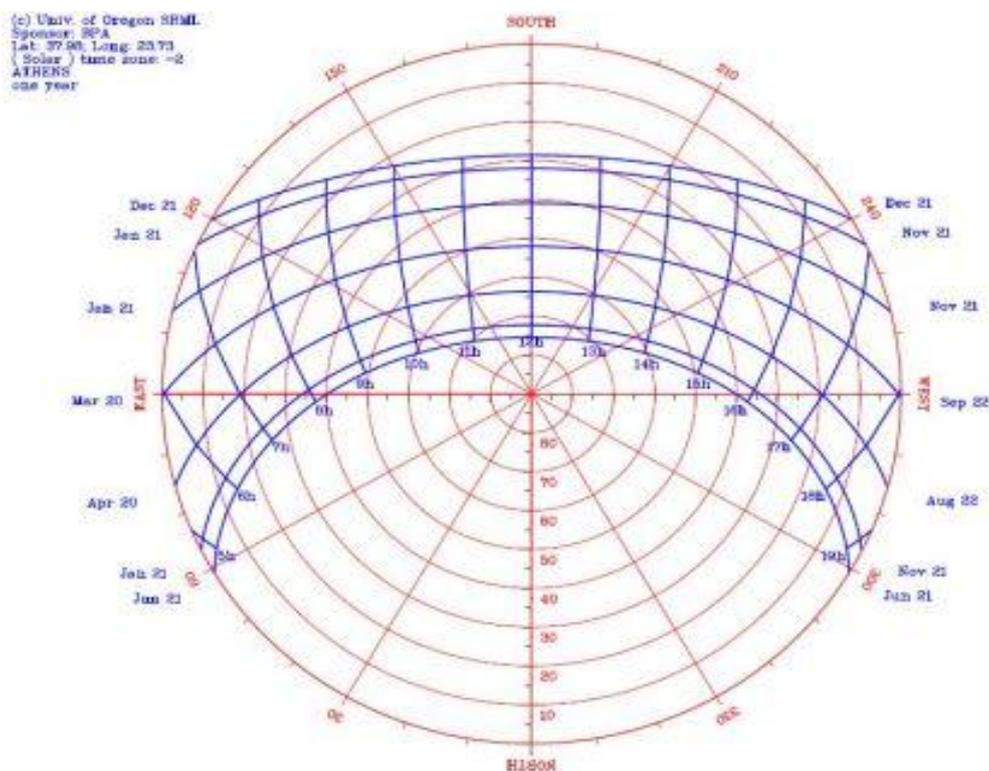
Για το βόρειο ημισφαίριο, το καλοκαίρι η τροχιά περνά από το νότο το μεσημέρι, σε μεγάλη απόσταση (γωνία) από το έδαφος και σε μικρότερη το χειμώνα. Η θέση του ήλιου για κάθε τόπο, εποχή και ώρα της ημέρας υπολογίζεται με βάση τις γωνίες του Αζιμούθιου και του Ηλιακού ύψους [4].

Μια πολύ χρήσιμη απεικόνιση της τροχιάς του ήλιου όπως φαίνεται από κάποιο σημείο συγκεκριμένου γεωγραφικού πλάτους για συγκεκριμένες ώρες και ημέρες μας παρέχουν τα ηλιακά διαγράμματα. Τα ηλιακά διαγράμματα είναι χάρτες του ουράνιου θόλου που προσφέρουν μια γρήγορη εικόνα των ηλιακών κινήσεων στη διάρκεια ολόκληρου του έτους. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί με παρόμοιες γραφικές μεθόδους στην μελέτη του ηλιασμού.

Γενικότερα, τα διαγράμματα αυτά αποτελούν χάρτες του ουρανού, όπου κάθε σημείο του ουράνιου θόλου αντιστοιχεί σε κάποιο ζεύγος γωνιακών συντεταγμένων, όπως ακριβώς σε κάθε γεωγραφικό χάρτη.

Ο ουράνιος θόλος μπορεί να απεικονιστεί με δύο τρόπους ανάλογα με την επιφάνεια που γίνεται η προβολή της θέσης του ήλιου.

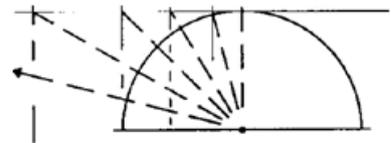
1. Πολικά διαγράμματα κυκλικής μορφής. Προκύπτουν από την προβολή του θόλου στο επίπεδο του ορίζοντα, που απαρτίζονται από πλέγμα ομοκέντρων & ακτινωτών αξόνων, για κατακόρυφες και οριζόντιες γωνίες αντίστοιχα.



**Εικόνα 1.2:** Ισοδιάστατο πολικό διάγραμμα για την Αθήνα (Γεωγραφικό πλάτος 37°98' και γεωγραφικό μήκος 23°73') [5]

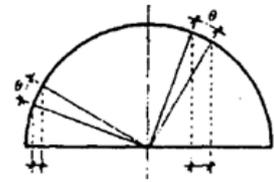
Οι μέθοδοι προβολής που εφαρμόζονται στα πολικά διαγράμματα είναι τέσσερεις:

- γνωμονική, όπου κάθε σημείο του ουρανού προβάλλεται από το κέντρο του θόλου στο οριζόντιο επίπεδο το εφαπτόμενο στο ζενίθ. Με αυτή τη μέθοδο δυσχεραίνεται η παράσταση χαμηλών θέσεων του Ήλιου γιατί ο ορίζοντας προβάλλεται στο άπειρο.



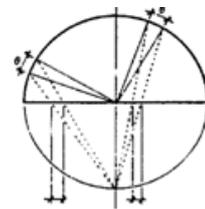
Εικόνα 1.3: Γνωμονική προβολή

- ορθογραφική προβολή, όπου τα σημεία του ουράνιου θόλου προβάλλονται κάθετα στο επίπεδο της βάσης του, της οποίας το περίγραμμα παριστάνει τον ορίζοντα. Με αυτή τη μέθοδο οι χαμηλές θέσεις του Ήλιου εμφανίζονται πυκνά κοντά στον ορίζοντα, μειώνοντας την ακρίβεια ανάγνωσης, ενώ οι υψηλές θέσεις εμφανίζονται αραιά προς το κέντρο του διαγράμματος



Εικόνα 1.4: Ορθογραφική προβολή

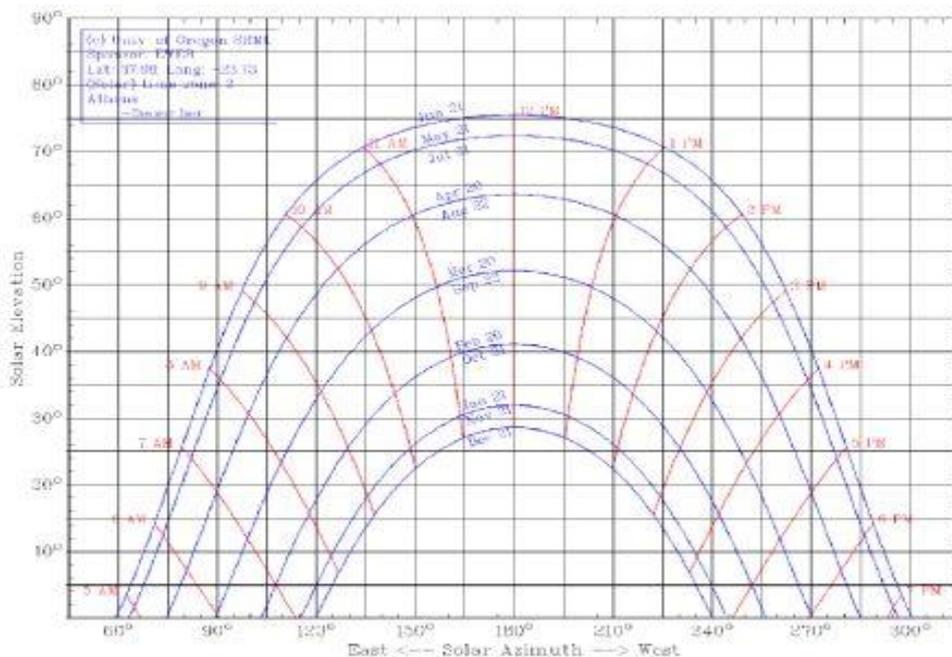
- στερεογραφική προβολή, όπου κέντρο προβολής είναι το ναδίρ του ουράνιου θόλου. Οι προβολές των ισοϋψών κύκλων πυκνώνουν προς το κέντρο και αραιώνουν προς τον ορίζοντα, βελτιώνοντας έτσι την ευκρίνεια για χαμηλές θέσεις του Ήλιου.



Εικόνα 1.5: Στερεογραφική προβολή

- ισοδιάστατη προβολή είναι μια αρκετά περίπλοκη μέθοδος κεντρικής προβολής της οποίας το κέντρο κινείται κατακόρυφα κάτω από τον παρατηρητή, έτσι ώστε οι ισοϋψής κύκλοι να προβάλλονται στη βάση του θόλου κατά κανονικές αποστάσεις. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στις ΗΠΑ.

2. Η προβολή του θόλου σε κατακόρυφη κυλινδρική επιφάνεια που περιβάλλει τον ορίζοντα δίνει ένα καρτεσιανό τύπο διαγραμμάτων, με πλέγμα οριζοντίων και κατακόρυφων αξόνων.

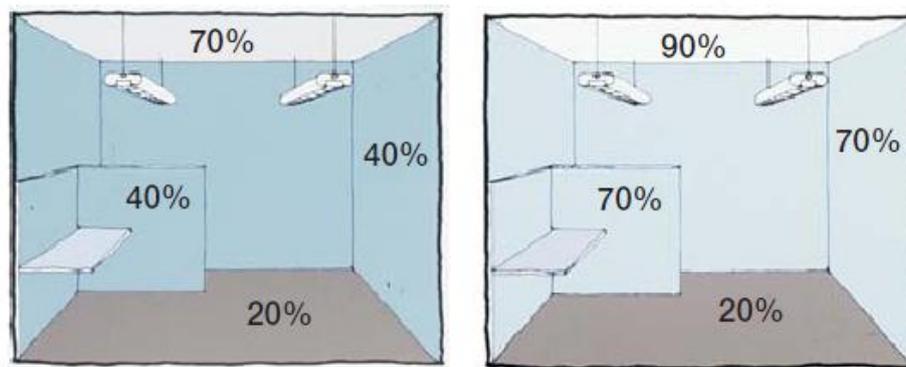


Εικόνα 1.6 : Καρτεσιανό διάγραμμα της θέσης του ήλιου για την Αθήνα. [5]

## 1.3 Παράγοντας φυσικού φωτισμού

Για να ορίσουμε τον τρόπο με τον οποίο το φυσικό φως εισχωρεί μέσα στο κτήριο, πρέπει να εξετάσουμε την κατανομή του φωτισμού στο εσωτερικό του σε σχέση με τις εξωτερικές συνθήκες φωτισμού που είναι μεταβλητές. Ο φυσικός φωτισμός ενός χώρου χαρακτηρίζεται με βάση μια παράμετρο που είναι γνωστή ως παράγοντας φυσικού φωτισμού (Daylight Factor, DF) [3]. Ο παράγοντας φυσικού φωτισμού εκφράζεται ως καθαρός αριθμός (ποσοστό %) από τον τύπο  $DF = E_i / E_o \times 100\%$  όπου  $E_i$  (lux) η εσωτερική ένταση φωτισμού σε κάποιο σημείο, προς την αντίστοιχη ένταση  $E_o$  που μετράται την ίδια στιγμή έξω από το παράθυρο. Η εσωτερική ένταση φωτισμού περιλαμβάνει το άθροισμα του φωτός που προκύπτει άμεσα από τον ουρανό (Sky component DF<sub>SKY</sub>), αυτό που ανακλάται από τις εξωτερικές επιφάνειες πριν εισέλθει στο χώρο (External reflected component DF<sub>EXT</sub>) και το μέρος του εισερχόμενου φωτός που ανακλάται από τις εσωτερικές επιφάνειες του χώρου (Internal reflected component DF<sub>INT</sub>). Η κατανομή του παράγοντα φυσικού φωτισμού στο χώρο ποικίλει ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την εποχή, τον προσανατολισμό και τις καιρικές συνθήκες. Εκτός όμως από τη συνολική φωτεινή ροή που εισέρχεται από τα ανοίγματα του κτηρίου εξαρτάται και από την ανακλαστικότητα των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών, την γεωμετρία της οροφής και την διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων. [3]

Ως ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας ορίζουμε τον ο λόγο της ενέργειας που ανακλάται από την επιφάνεια προς την προσπίπτουσα ενέργεια. Μικρή αύξηση στην ανακλαστικότητα, όπως εικονίζεται στα επάνω σκίτσα μπορεί να επιφέρει κέρδη στην απόδοση του φωτός.



**Εικόνα 1.7:** Διαφορετικές ανακλαστικότητες επιφανειών [6]

Το φωτεινότερο (δεξιά) δωμάτιο έχει 55% περισσότερο φως στην επιφάνεια εργασίας ή 70% λιγότερη ενέργεια για την ίδια ποσότητα φωτισμού. Οι χώροι έχουν γενικά καλύτερα επίπεδα φυσικού φωτισμού, οπτική άνεση και καλύτερες πιθανότητες για την αποφυγή θάμβωσης. [6]

Βάση του προτύπου EN 12464-1, οι ανακλαστικότητες των επιφανειών ενός δωματίου πρέπει να κυμαίνονται:

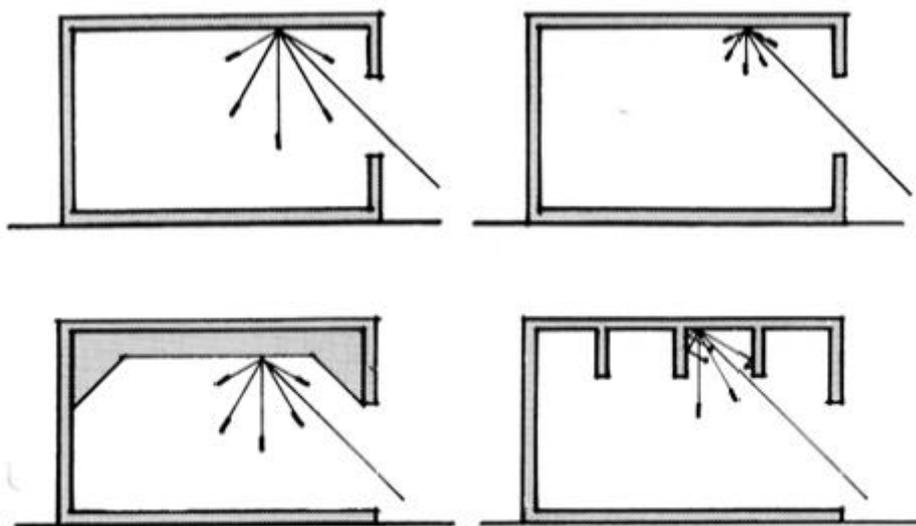
- στην οροφή 0,6 - 0,9
- στους τοίχους 0,3 – 0,8
- στην επιφάνεια εργασίας 0,2 – 0,6
- και στο δάπεδο 0,1 – 0,5.

Επιπρόσθετα, σε χώρους γραφείων το σύστημα φωτισμού πρέπει να σχεδιάζεται πολύ προσεκτικά και να αποφεύγονται οι έντονες αντιθέσεις ώστε να μην κουράζουν την όραση. Ο φωτισμός γραφείων πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες, να εργάζονται αποδοτικά και ξεκούραστα. Το οπτικό πεδίο ενός ατόμου που κάνει δουλειά γραφείου χωρίζεται σε τρεις ζώνες:

- τη ζώνη όπου γίνεται η εργασία
- το άμεσο περιβάλλον (το γραφείο) και
- το γενικότερο περιβάλλον (τους τοίχους, το πάτωμα, το ταβάνι του δωματίου).

Για να εξασφαλίζεται οπτική άνεση πρέπει να υπάρχει αναλογία ανάμεσα στην φωτεινότητα της πρώτης και δεύτερης ζώνης περίπου 1/3 και ανάμεσα στην πρώτη και την τρίτη 1/10 [3].

Η οροφή μπορεί να αποτελέσει την πιο σημαντική πηγή φωτισμού από ανάκλαση στον χώρο. Βασικό ρόλο σε αυτή την λειτουργία της παίζει όχι μόνο η ανακλαστικότητα της αλλά και το ύψος και το σχήμα της. Όσο μεγαλύτερο το ύψος της οροφής, τόσο πιο ομοιόμορφη είναι η κατανομή του φυσικού φωτός στον χώρο. Γενικά, η οροφή αποδίδει καλύτερα ως ανακλαστήρας όταν δεν υπάρχουν εμπόδια όπως για παράδειγμα δοκάρια. Όταν αυτά είναι κάθετα προς τα ανοίγματα βελτιώνουν την κατανομή, ενώ την δυσχεραίνουν όταν βρίσκονται παράλληλα με αυτά. [7]

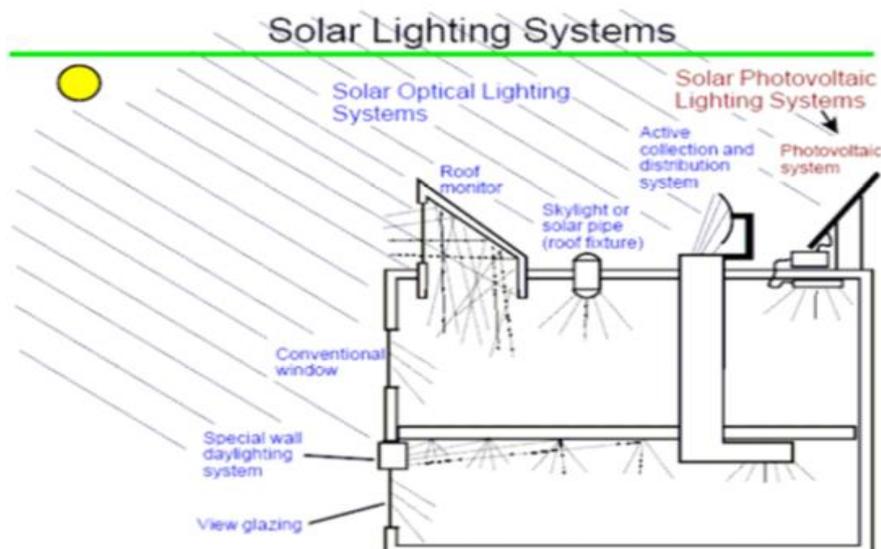


**Εικόνα 1.8:** Ανακλαστικότητα οροφής ανάλογα με την γεωμετρία της [7]

## 1.4 Ανοίγματα και άλλα συστήματα φυσικού φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός ενός χώρου βασίζεται κυρίως στη φυσική ροή του φωτός και εκμεταλλεύεται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών της κατασκευής. Επίσης περιλαμβάνει εκτός από τα συστήματα που επιτρέπουν την είσοδο του

φωτός στον χώρο, και ανακλαστικούς μηχανισμούς διάδοσης για τον έλεγχο και την ομοιόμορφη κατανομή του σε αυτόν.



**Εικόνα 1.9 :** Συστήματα φυσικού φωτισμού  
Πηγή: [www.fsec.ucf.edu](http://www.fsec.ucf.edu)

Εκτός από τις τρεις βασικές κατηγορίες στις οποίες μπορούμε να εντάξουμε τα συστήματα φυσικού και αναφέρονται παρακάτω (πλαϊνά ανοίγματα, φεγγίτες και αίθρια) υπάρχουν και άλλες εφαρμογές όπως οι φωτοδιόδοι, τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τα συστήματα που χρησιμοποιούν οπτικές ίνες [8].

#### 1.4.1 Πλαϊνά ανοίγματα- παράθυρα (sidelighting).

Η επικράτηση της κάθετης δόμησης, καθιστά τα πλαϊνά παράθυρα βασική τεχνική παροχής φυσικού φωτός στα σύγχρονα κτήρια. Η διαδικασία προσαρμογής των πλαϊνών ανοιγμάτων, τόσο σε νέες κατασκευές όσο και σε υφιστάμενες, ώστε να εκμεταλλεύονται αποτελεσματικά το φυσικό φως ελαχιστοποιώντας έτσι την χρήση του τεχνητού φωτισμού, απαιτεί εκτεταμένη διερεύνηση.

Το ποσοστό της συνολικής επιφάνειας των ανοιγμάτων ως προς την επιφάνεια του δαπέδου επηρεάζει την ποσότητα και την κατανομή του φωτός στο εσωτερικό του χώρου. Στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό είναι 20%, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου. Επίσης υπάρχει και ο λόγος του ανοίγματος προς τον τοίχο που είναι κατ' ελάχιστο 10%. Τα ποσοστά αυτά όμως από μόνα τους δεν μπορούν να είναι αποτελεσματικά, αν δεν εφαρμοστούν κατάλληλα σε σχέση με άλλες παραμέτρους, όπως τον προσανατολισμό, το ύψος τοποθέτησης, τον αριθμό των ανοιγμάτων κλπ. Διαφορετικά είδη δραστηριοτήτων επιβάλλουν διαφορετικά επίπεδα φωτισμού. Τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού μπορούν

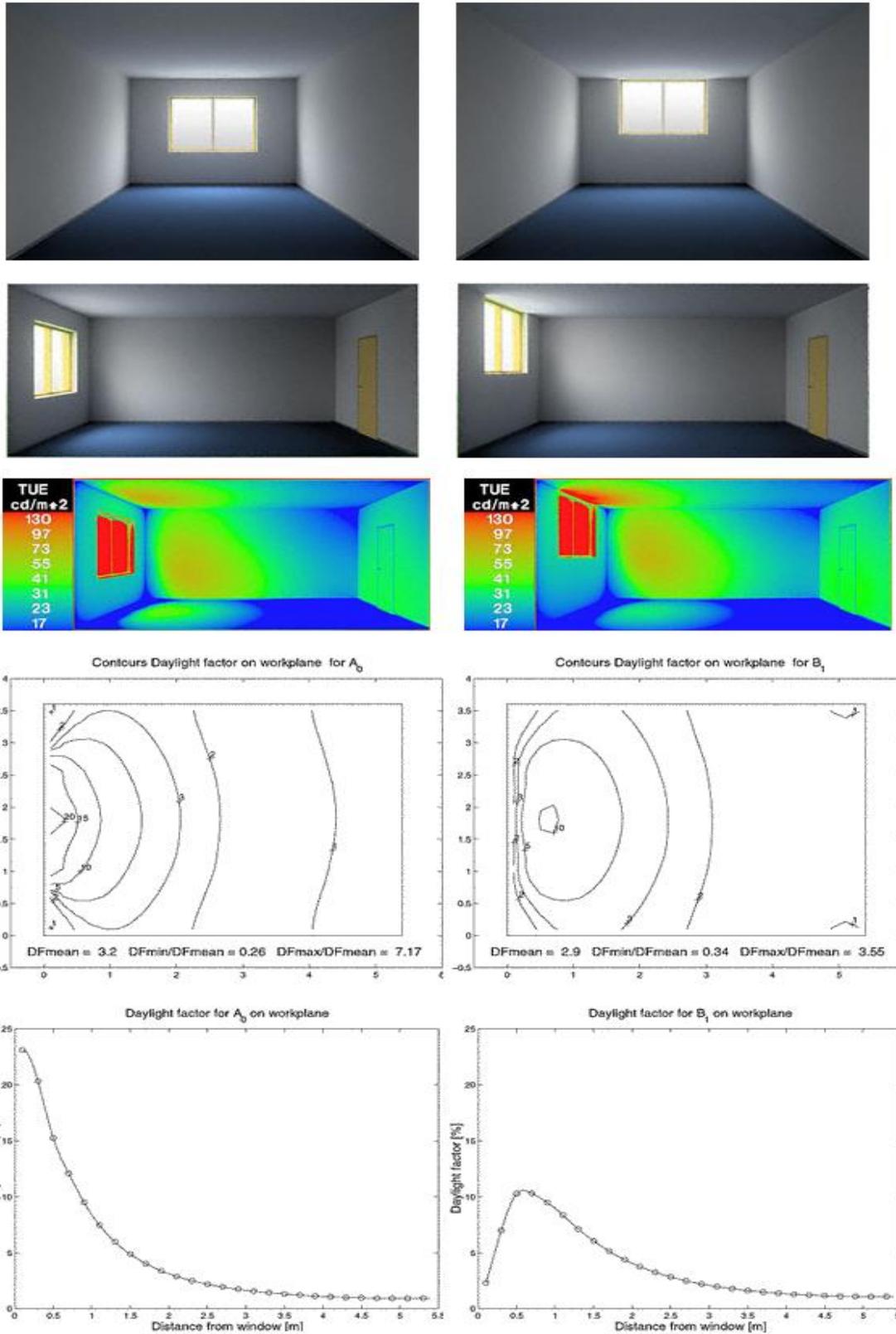
προφανώς να επιτευχθούν με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους διάταξης των ανοιγμάτων. Τότε πρέπει να εξεταστούν και άλλες παράμετροι (θέα, προσανατολισμός, κατανομή φωτισμού) ώστε το αποτέλεσμα να αποτελεί την βέλτιστη λύση για όλες τις παραμέτρους.

Για τον προσανατολισμό και τη διαστασιολόγηση των παραθύρων πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπ' όψιν το ηλιακό διάγραμμα για την αποφυγή υπερβολικού ηλιακού κέρδους ή θάμβωσης. Όσον αφορά τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων ισχύουν οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- Ανοίγματα προσανατολισμένα στον βορρά παρέχουν σταθερό φωτισμό, διάχυτο φως και μικρά ηλιακά κέρδη αλλά μεγάλες απώλειες το χειμώνα. Επιλέγουμε αυτόν τον προσανατολισμό σε χώρους όπου επιτελούνται δραστηριότητες που απαιτούν υψηλά επίπεδα φωτισμού, όπως για παράδειγμα βιομηχανικά κτήρια.
- Ανοίγματα προσανατολισμένα στο νότο παρέχουν άμεσο φωτισμό, μεγάλα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι και μεσαία το χειμώνα. Τα επίπεδα φωτισμού είναι πολύ υψηλά και παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Τέλος, τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα παρέχουν μεσαία επίπεδα φωτισμού, υψηλά κέρδη το καλοκαίρι, χαμηλά το χειμώνα και έντονο φως το πρωί ή το απόγευμα [9]

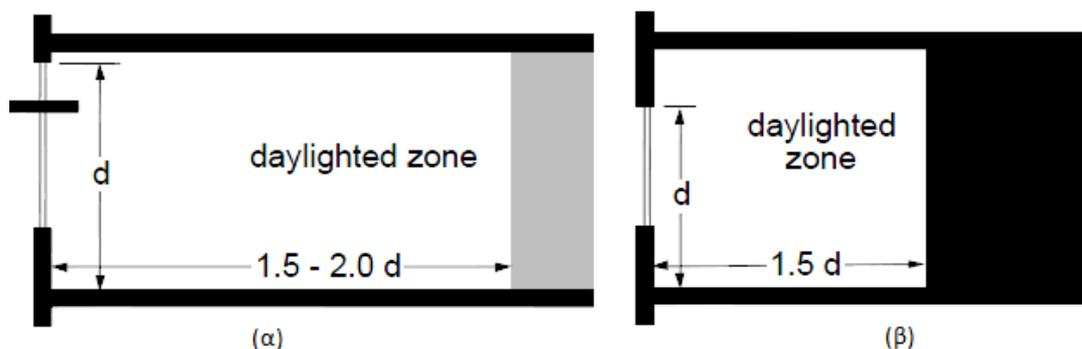
Μια πολύ συχνή πρακτική είναι τα ανοίγματα να τοποθετούνται ακριβώς στη μέση της όψης. Η κατανομή φωτός στην περίπτωση αυτή είναι πολύ άνιση και παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις πολύ κοντά στο άνοιγμα και σε μικρή απόσταση από αυτό. Η διανομή του φωτός μέχρι το βάθος του χώρου μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικότερα αν τα παράθυρα τοποθετηθούν πολύ ψηλότερα, σε μικρή απόσταση από την οροφή. Το είδος αυτών των παραθύρων επιτρέπει στο φυσικό φως να διεισδύει σε μεγαλύτερο βάθος. Το βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι δεν επιτρέπουν την οπτική επαφή με τον περιβάλλοντα χώρο επομένως ο συνδυασμός χαμηλών ανοιγμάτων, που είναι άλλωστε κατάλληλα για ηλιόλουστα κλίματα, και υψηλών ανοιγμάτων, κατάλληλα για νεφροσκεπείς ουραμούς, επιφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα [10].

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα προσομοιώσεων που έγιναν με το πρόγραμμα Radiance και αφορούν τοποθέτηση του παραθύρου ενός τοίχου σε διαφορετικό ύψος στον ίδιο τοίχο. Ο χώρος είναι «ένα τυπικό γραφείο», διαστάσεων 3.6m\*5.4m\*2.7m (π\*β\*υ) και το εμβαδόν του ανοίγματος είναι και στις δύο περιπτώσεις 10% του εμβαδού του χώρου. Οι εσωτερικές επιφάνειες θεωρείται ότι διαχέουν απόλυτα το φως και οι ανακλαστικότητες είναι 0,7 για τους τοίχους, 0,8 για την οροφή και 0,2 για το δάπεδο. Τέλος θεωρούμε ότι επικρατούν συνθήκες νεφλοσκεπούς ουρανού.



**Εικόνα 1.10 :** Μελέτη γεωμετρίας δωματίου  
 Πηγή: [sts.bwk.tue.nl/daylight/varbook/comp\\_place.html](https://sts.bwk.tue.nl/daylight/varbook/comp_place.html)

Η διανομή του φωτός μέχρι το βάθος του χώρου, ιδιαίτερα σε χώρους με νότιο προσανατολισμό, μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικά αν στα παράθυρα τοποθετηθούν ράφια φωτισμού και εξωτερικές περσίδες. Έχει υπολογιστεί ότι ζώνη φυσικού φωτισμού εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ του μέγιστου ύψους του παραθύρου από το πάτωμα (έστω  $d$ ). Στην περίπτωση απλού παραθύρου η ζώνη φωτισμού έχει μήκος περίπου  $1,5 \cdot d$ , ενώ σε παράθυρα με ράφια φωτισμού φτάνει το  $2 \cdot d$  [10].



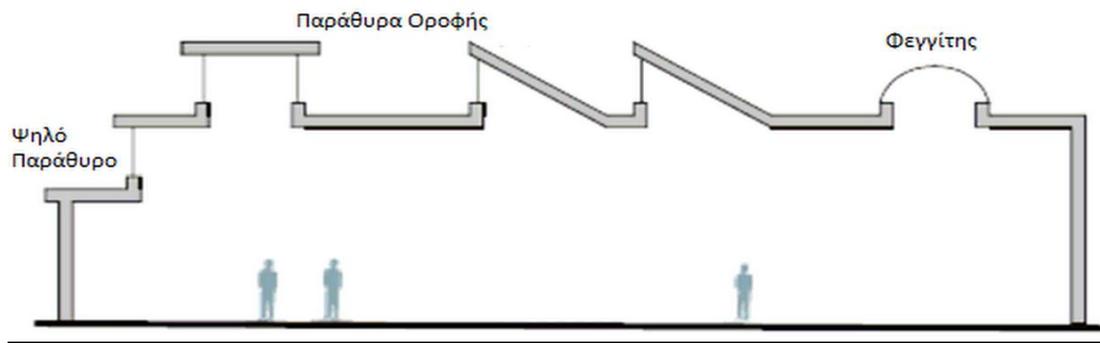
**Εικόνα 1.11 :** Μήκος ζώνης φυσικού φωτισμού (α) με ράφι φωτισμού και (β) χωρίς ράφι [10]

Για φυσικό φωτισμό σε μεγαλύτερα βάθη μελετώνται ειδικές εφαρμογές με παραβολικά ράφια φωτισμού.

#### 1.4.2 Φεγγίτες οροφής (skylights) και παράθυρα οροφής (roof monitors)

Οι φεγγίτες αποτελούν οριζόντια ανοίγματα στην οροφή. Επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε χώρους που βρίσκονται στον τελευταίο όροφο κάποιου κτηρίου ή σε μονώροφα κτήρια. Αποτελούν πολύ αποτελεσματική λύση για εκμετάλλευση του φυσικού φωτός σε περιπτώσεις νεφελοσκεπούς ουρανού. Όμως πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε σε περιπτώσεις ηλιοφάνειας να μην εισέρχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία στον χώρο που θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα υπερθέρμανσης και θάμβωσης.

Τα παράθυρα οροφής είναι ανοίγματα- προεξοχές στην οροφή του κτηρίου αλλά σε κάθετο επίπεδο. Η οροφή μπορεί να έχει κάποια κλίση (πριονωτή μορφή) ή και να είναι οριζόντια (Εικόνα 1.12). Στην πρώτη περίπτωση ο προσανατολισμός τους μπορεί να είναι βόρειος ή νότιος ανάλογα με την κατεύθυνση που θέλουμε να δώσουμε στο φυσικό φως. Στην δεύτερη περίπτωση το φως μπορεί να εισέλθει στον χώρο από δύο αντικριστά ανοίγματα.

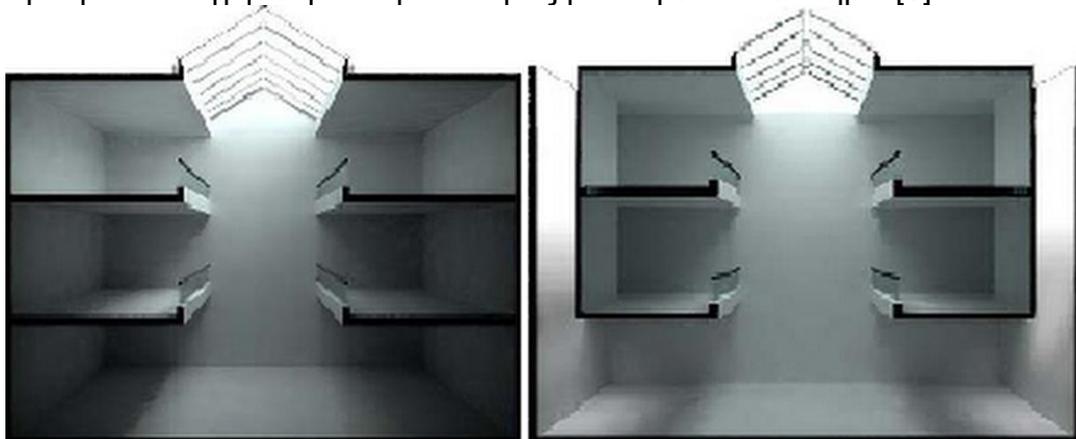


**Εικόνα 1.12:** Διάφορα συστήματα παθητικού φωτισμού  
 Πηγή: [wiki.naturalfrequency.com](http://wiki.naturalfrequency.com)

### 1.4.3 Αίθρια (atrium)

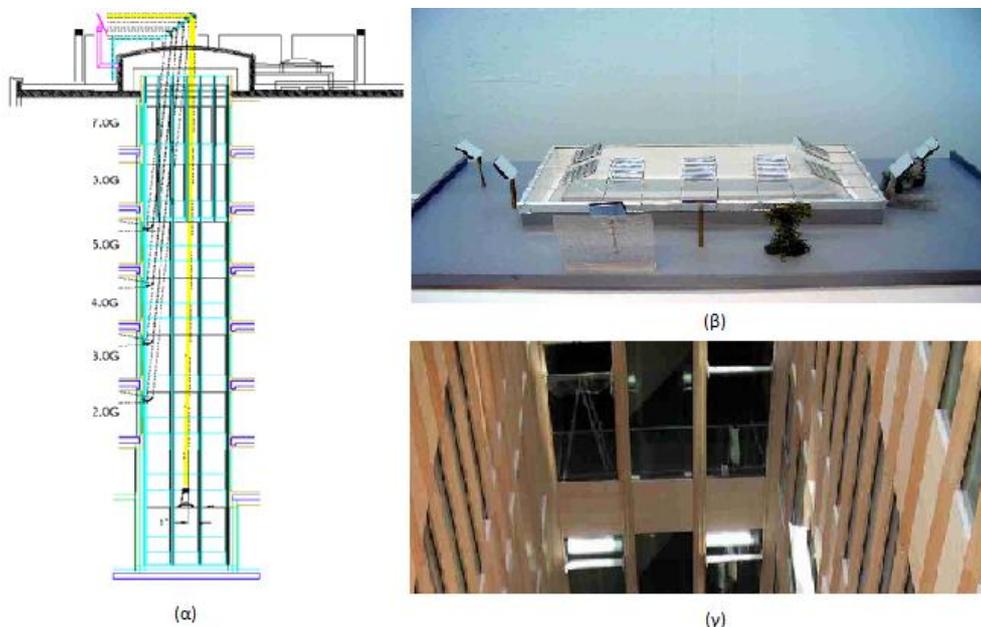
Η τυπολογία του αίθριου αποτελεί μια πολύ αποτελεσματική αρχιτεκτονική λύση για την παροχή φυσικού φωτισμού σε κτήρια με πολύ μεγάλη επιφάνεια και περισσότερους από έναν ορόφους. Το μέγεθος, το ύψος και το σχήμα του φυσικά επηρεάζουν την κατανομή του φυσικού φωτός, στο ίδιο το αίθριο καθώς και στους παρακείμενους χώρους. Οι χώροι που «βλέπουν» προς το αίθριο θα επωφεληθούν από το φυσικό φως και την οπτική άνεση με θέα προς αυτό, ενώ η αποδοτικότητα του φωτισμού μπορεί να βελτιωθεί εάν οι υπερκείμενοι όροφοι υποχωρούν προς τα έξω, από τον χώρο του αίθριου. Τα τελειώματα των εσωτερικών επιφανειών ως προς τα χρώματα και την ανακλαστικότητα των υλικών θα επηρεάσουν τα επίπεδα φωτός στους χαμηλότερους χώρους.

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει δυνατότητα φωτισμού του κτηρίου με εξωτερικά παράθυρα, εκτός από την ύπαρξη του κεντρικού αίθριου, μπορεί να δημιουργηθεί και ένα αίθριο περιμετρικά του κτηρίου (βλ. εικόνα 1.5). Επικαλύπτοντας την επιφάνεια του αίθριου αυτού με ανακλαστικά υλικά μπορούμε να οδηγήσουμε το φυσικό φως βαθιά μέσα στο κτήριο [8].



**Εικόνα 1.13:** Εσωτερικό και περιμετρικό αίθριο  
 Πηγή: [wiki.naturalfrequency.com](http://wiki.naturalfrequency.com)

Η αναλογία ύψους- πλάτους επηρεάζει πολύ την ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στο αίθριο. Χαρακτηριστικά στην βιβλιογραφία αναφέρεται ως καλή αναλογία το 2:1 (ύψος- πλάτος) [8]. Ωστόσο με την χρήση κατόπτρων στην οροφή και σε σημεία μέσα στο αίθριο μπορεί να επιτευχθεί πολύ ικανοποιητική μεταφορά φωτός σε περισσότερους ορόφους [11].



**Εικόνα 1.14:** Εφαρμογή κατόπτρων στο αίθριο κτηρίου της εταιρίας Bayerische Immobilien Management στο Βερολίνο που μεταφέρουν ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτός σε έξι ορόφους [11]

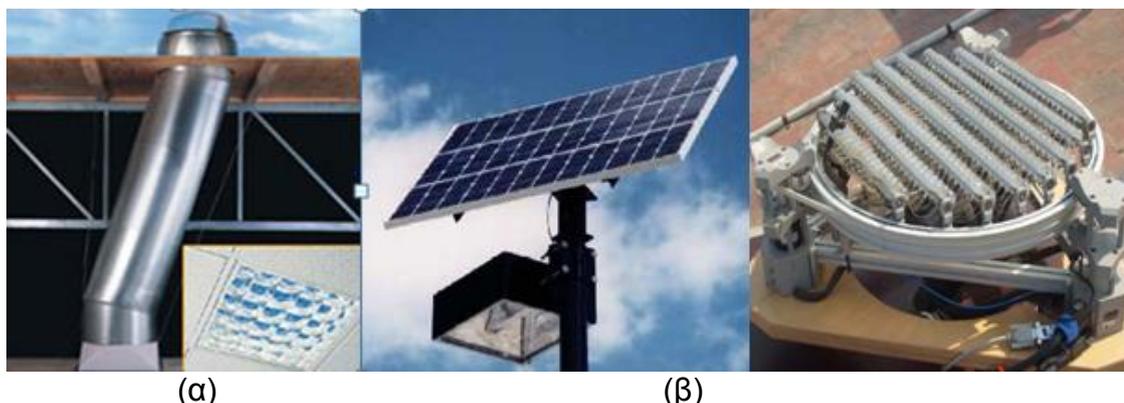
#### 1.4.4 Άλλες εφαρμογές

Στο εσωτερικό κτιρίων πολλών ορόφων ή μεγάλης επιφάνειας, το φυσικό φως συχνά δεν εισχωρεί, λόγω της μεγάλης απόστασης από τα περιμετρικά ανοίγματα. Η τεχνολογία των σωλήνων φωτισμού κάνει δυνατή τη μεταφορά του φυσικού φωτός σε αποστάσεις πολλών μέτρων, προσφέροντας έτσι ποιοτικό φωτισμό σε εσωτερικούς χώρους, όπως π.χ. σε διαδρόμους. Οι σωλήνες φωτισμού συλλέγουν το ηλιακό φως και το κατευθύνουν με τη βοήθεια κατόπτρων και φακών μέσα από σωλήνες προς το εσωτερικό των κτιριακών όγκων [12]. Οι σωλήνες μπορεί να είναι κενοί αγωγοί επενδυμένοι με ανακλαστικό υλικό ή να χρησιμοποιούν την τεχνολογία των οπτικών ινών για την μεταφορά του φωτός. Η κατάληξη του σωλήνα γίνεται σε ειδικό φωτιστικό σώμα. Ο μηχανισμός αποδίδει καλύτερα σε συνθήκες ηλιοφάνειας και δεν συνίσταται για χώρους κύριας χρήσης χωρίς επικουρικά την εγκατάσταση τεχνητού φωτισμού. Επίσης η εγκατάστασή τους μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα λόγω υπερθέρμανσης του σωλήνα, επιβάλλεται δηλαδή ο σωλήνας να έχει κατάλληλη θερμομόνωση.

Εκτός από τις παραπάνω πρακτικές για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και διάφορες σύγχρονες τεχνολογικές λύσεις που περιλαμβάνουν κυρίως φωτοβολταϊκά συστήματα και οπτικές ίνες.

Φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούμε κυρίως σε περιπτώσεις μη διασυνδεδεμένου στο δίκτυο συστήματος. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ, μπαταρία, ηλεκτρικά κυκλώματα, μια φωτεινή πηγή και το φωτιστικό. Η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική στο πάνελ και έπειτα αποθηκεύεται στις μπαταρίες ή χρησιμοποιείται άμεσα για να φωτίσει κάποιον χώρο [13].

Οι οπτικές ίνες, είναι πολύ λεπτά νήματα από πλαστικό ή γυαλί που επιτρέπουν την διάδοση του φωτός στο εσωτερικό τους μέσω διαδοχικών ολικών ανακλάσεων στα τοιχώματά τους. Τα στοιχεία που συνθέτουν ένα σύστημα φυσικού φωτισμού με οπτικές ίνες είναι ο ηλιακός δέκτης, οι οπτικές ίνες για την μεταφορά του φυσικού φωτός στον χώρο που θέλουμε να φωτίσουμε και το φωτιστικό στοιχεία [14]. Αν και τα συστήματα αυτά είναι πολύ αποδοτικά και παρέχουν φυσικό φως χωρίς θερμικά κέρδη για το κτήριο, το κόστος εγκατάστασής τους είναι πολύ υψηλό.



(γ)

**Εικόνα 1.15:** (α) Φωτοσωλήνας, (β) Φωτοβολταϊκό και (γ) Σύστημα με οπτικές ίνες (Sollector)

## 1.5 Τεχνολογία υαλοστασίων

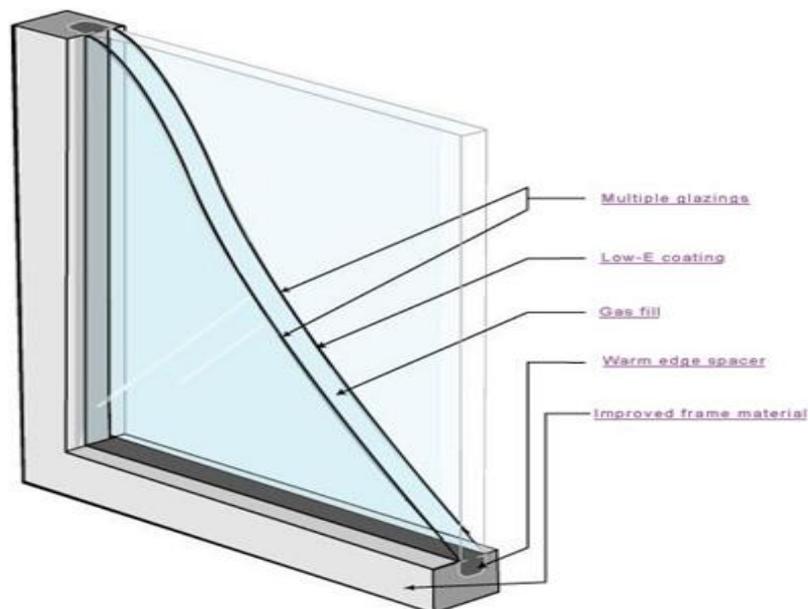
Η επιλογή των υαλοστασίων είναι πολύ σημαντική καθώς μας επιτρέπει να εκμεταλλευτούμε τις διάφορες διαθέσιμες ποιότητες προκειμένου να πετύχουμε οπτική, ακουστική και θερμική άνεση στον χώρο εργασίας αλλά και εξοικονόμηση ενέργειας, σε ώρες μέγιστης ζήτησης όπως τα μεσημέρια του καλοκαιριού [12].

Κάποιοι βασικοί συντελεστές που χαρακτηρίζουν κάθε τύπο γυαλιού και εξαρτώνται από τις αποχρώσεις και τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθοι [10], [15],[16]:

- Περατότητα ορατής ακτινοβολίας (Visible Transmittance- VT). Ο συντελεστής αυτός υποδηλώνει το ποσοστό της προσπίπτουσας ορατής ακτινοβολίας στην εξωτερική πλευρά του υαλοστασίου που μεταδίδεται

στην εσωτερική. Θεωρητικά λοιπόν οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι μεταξύ μηδέν και ένα. Ωστόσο τα περισσότερα διπλά και τριπλά τζάμια έχουν τιμές μεταξύ 0,30 και 0,70. Η επιλογή υαλοστασίου με υψηλό VT αυξάνει το φως που εισέρχεται στον χώρο και την θέα που έχουμε από το εσωτερικό, μπορεί όμως να προκαλεί και προβλήματα θάμβωσης.

- Συντελεστής θερμικού ηλιακού κέρδους (Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)) Μετράει το συνολικό θερμικό κέρδος. Είναι ο λόγος της απορροφόμενης θερμότητας προς την συνολική προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια. Οι τιμές που παίρνει είναι από 0 έως 1 και είναι αδιάστατες. Το θερμικό ηλιακό κέρδος μπορεί να είναι ωφέλιμο τον χειμώνα αλλά προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας και το καλοκαίρι. Πριν ληφθεί απόφαση για την τιμή του συντελεστή θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψη και το κλίμα, τον προσανατολισμό και τις συνθήκες σκίασης του παραθύρου.
- Συντελεστής θερμικής απώλειας του υαλοστασίου (U-Value )  
Ο βαθμός θερμικών απωλειών, δηλαδή η μεταφορά θερμότητας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας στο εσωτερικό και το εξωτερικό της κατασκευής, μετράται με τον συντελεστή αυτό. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του τόσο μεγαλύτερη είναι η μονωτική ικανότητα του παραθύρου (υαλοστασίου και κουφώματος). Η μείωση του συντελεστή λοιπόν είναι μεγάλης σημασίας καθώς μπορεί να μειώσει το φορτίο θέρμανσης σε περιοχές με ψυχρό κλίμα, και το φορτίο ψύξης σε θερμά συμβάλλοντας σε μεγάλη εξοικονόμηση ρεύματος.
- Επιλογή μόνο του ορατού φάσματος (Spectral Selectivity) αναφέρεται στην ιδιότητα ορισμένων υαλοστασίων να επιτρέπουν την διείσδυση συγκεκριμένου μήκους κύματος ακτίνων. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι απορρίπτουμε την μη ορατή ακτινοβολία. Τα σύγχρονα προϊόντα με αυτό το χαρακτηριστικό έχουν πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά από αντίστοιχα του παρελθόντος κυρίως όσον αφορά το χρώμα. Λόγω της απόχρωσης και των επιστρώσεων, τα γυαλιά αυτού του τύπου είναι συνήθως μπλε ή μπλε πράσινα.



**Εικόνα 1.16:** Διπλό υαλοστάσιο με επιστρώσεις low-e

Πηγή: bearglass.org

- Υαλοστάσια χαμηλής εκπομπής/low-e (Low Emissivity), είναι υαλοστάσια που προσφέρουν υψηλά ποσοστά μόνωσης περιορίζοντας τις θερμικές απώλειες από το εσωτερικό προς το εξωτερικό και αντίστροφα. Αυτό το επιτυγχάνουμε με την επάλειψη ενός λεπτού στρώματος μετάλλου σε κάποια πλευρά τους (φίλτρο). Το μέταλλο που χρησιμοποιείται συχνά είναι το ασήμι και για να αποφύγουμε την οξείδωση του, εφαρμόζουμε την επίστρωση σε μια από τις δύο εσωτερικές επιφάνειες ενός διπλού τζαμιού. Υπάρχουν εφαρμογές κατάλληλες τόσο για ψυχρά όσο και για θερμά κλίματα. Τα υαλοστάσια για κρύα κλίματα επιτρέπουν την διέλευση της θερμότητας και την εγκλωβίζουν. Τα υαλοστάσια για ζεστά κλίματα επιτρέπουν την είσοδο του ορατού φωτός αλλά απορρίπτουν τα θερμικά κέρδη.

**Table 7-2 – Representative Glazing Specifications**

*This table shows representative trends in glazing performance for a variety of glazing configurations. U-factors are shown for center of glass (COG); whole window values will be higher. Choose a glazing with high performance index to efficiently daylight air-conditioned buildings. Commercial products may vary from these values depending on tint and coating specifications; check manufacturer's literature for specific data.*

	Tint/Coating	Gas Fill	COG U-Factor	Visible Trans. (VLT)	SHGC	Performance Index Visible/SHGC
Single glazing	Clear	NA	1.1	0.88	0.82	1.1
Double glazing	Clear/clear	Air	0.48	0.78	0.7	1.1
	Std. low-e/clear	Air	0.33–0.35	0.75	0.6 - 0.7	1.3–1.1
	Std. low-e/clear	Argon	0.3	0.75	0.6 - 0.7	1.3–1.1
	Gray/clear	Air	0.48	0.39	0.45	0.87
	Gray reflective/clear	Air	0.48	0.17	0.33	0.51
	SS blue-green/clear	Air	0.48	0.63	0.4	1.58
	SS low-e/clear	Air	0.29	0.7	0.37	1.9
	SS green/SS low-e	Air	0.29	0.56	0.27	2.1
Triple glazing	Clear/clear/clear	Air	0.32	0.75	0.7	1.1
	Clear/low-e/low-e	Argon	0.17	0.64	0.56	1.14

Notes:

COG = Center of Glass SHGC = Solar Heat Gain Coefficient SS = Spectrally Selective VLT = Visible Light Transmittance

### Εικόνα 1.17: Ενδεικτικές τιμές συντελεστών υαλοστασίου [16]

Πλέον είναι διαθέσιμα στην αγορά πολύ εξελιγμένα είδη υαλοστασίων που μας δίνουν την δυνατότητα να εκμεταλλευτούμε και να διαχειριστούμε πολύ ευκολότερα τον φυσικό φωτισμό, μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας από την χρήση του τεχνητού φωτισμού. Παρακάτω αναφέρουμε κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα [17].

1. Πρισματικά υαλοστάσια. Τα υαλοστάσια αυτά λειτουργούν με βάση την αρχή της διάθλασης του εξωτερικού φωτός. Πρόκειται συνήθως για διπλά τζάμια στο κενό των οποίων τοποθετούμε μικροσκοπικά γυάλινα πρίσματα που διαθλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία και, αναλόγως της κατασκευαστικής τους δομής, μπορούν να αποκλείσουν πλήρως την

είσοδο ή να αλλάξουν την κατεύθυνση της. Ανάλογα με την χρήση που θέλουμε να έχουν, μπορούμε να τα τοποθετήσουμε σε οριζόντια ή και οριζόντια ανοίγματα. Τα πρίσματα μπορεί να έχουν τριγωνική ή κυλινδρική διατομή. Η οπτική επαφή με το εξωτερικό είναι μειωμένη αλλά το σύστημα έχει πλεονεκτήματα έναντι της χρήσης σταθερών περσίδων ανάκλασης, ενώ μειώνεται και η θάμβωση .

2. Υαλοστάσια με ολογραφικά οπτικά στοιχεία. Όπως και η προηγούμενη κατηγορία, η λειτουργία των υαλοστασίων αυτών βασίζεται στην διάθλαση του φωτός. Αποτελούν βελτίωση έναντι των πρισματικών γυαλιών καθώς τους προσδίδουμε συγκεκριμένες οπτικές ιδιότητες με χρήση ακτίνων λέιζερ [18], που παρέχουν μεγάλη ακρίβεια στην κατασκευή τους. Χρησιμοποιούνται τόσο σε διατάξεις ηλιοπροστασίας όσο και σε περιπτώσεις που επιθυμούμε ενίσχυση του φυσικού φωτισμού. Επειδή η χρήση των ολογραφικών στοιχείων επηρεάζει την θέα χρησιμοποιείται κυρίως σε οριζόντια παράθυρα ή στο πάνω μέρος των κάθετων ανοιγμάτων.
3. Ηλεκτροχρωμικά υαλοστάσια. Τα υαλοστάσια αυτά περιλαμβάνουν επάλληλα στρώματα λεπτών υμενίων κατάλληλων υλικών που εναποτίθενται σε γυαλί. Με εφαρμογή συνεχούς τάσης η οπτική διαπερατότητα αυτών των διατάξεων μπορεί να μεταβάλλεται αντιστρεπτά ανάμεσα σε δύο ακραίες καταστάσεις: την πλήρως διαφανή και την πλήρως χρωματισμένη [19]. Έτσι, μπορούμε να ελέγχουμε την ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο κτήριο. Με τον τρόπο αυτό προσαρμόζουμε τον εσωτερικό φωτισμό στις εξωτερικές συνθήκες, μειώνοντας το έντονο φως του ήλιου ή αυξάνοντας τη φωτεινότητα όταν σουρουπώνει ή έχει συννεφιά. Παράλληλα παρέχουμε μονωτική θωράκιση του κτηρίου κρατώντας μακριά τη θερμότητα ή παγιδεύοντάς την στους εσωτερικούς χώρους ανάλογα με τις ανάγκες. [20]
4. Θερμοχρωμικά υαλοστάσια. Τα υαλοστάσια αυτά ρυθμίζουν αυτόματα τον φυσικό φως που εισέρχεται σε κάποιον χώρο, προσαρμόζοντας δυναμικά το χρώμα τους ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν κάθε στιγμή. Με την χρήση τους μπορούμε να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου και να παρέχουμε οπτική και θερμική άνεση στους χρήστες του. Για την προσαρμογή του χρώματός τους δεν χρειάζεται κάποια εξωτερική πηγή τάσης ή άλλη ρύθμιση. Το πολυμερές φίλτρο που χρησιμοποιείται σε αυτά, μπορεί να μεταβάλλει το χρώμα του κάτω από την επίδραση του φυσικού φωτός και της εξωτερικής θερμότητας από ανοιχτό γκρι ή καφέ σε πολύ πιο σκούρα απόχρωση του ίδιου χρώματος [21].
5. Φωτοβολταϊκά υαλοστάσια. Τα φωτοβολταϊκά τζάμια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ παράλληλα παρέχουν και σκίαση στους εσωτερικούς χώρους. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα τοποθετούνται στο εσωτερικό διπλών τζαμιών και η ενέργεια που παράγουν, αν και μικρή σε ποσότητα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει ανάγκες του κτηρίου. Προφανώς τα τζάμια αυτά προσαρμόζονται στις όψεις όπου θα έχουμε την μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [22].

6. Μεταξοτυπία- Θερμική χάραξη υαλοπινάκων. Με την μέθοδο αυτή μπορούμε να δημιουργήσουμε σχέδια πάνω σε υαλοστάσια. Δεν υπάρχουν περιορισμοί ως προς τις δυνατότητες των σχεδίων και των χρωμάτων που αφορούν την μεταξοτυπία επάνω στον υαλοπίνακα. Έτσι είναι δυνατή η υλοποίηση των περισσότερων εφαρμογών που επιθυμούμε. Το γυαλί που υποβάλλεται στην διαδικασία της μεταξοτυπίας μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο διακοσμητικά, αλλά να έχει και πρακτική χρήση. Τα μερικώς διαφανή τμήματα του υαλοπίνακα επιτρέπουν μια ελεγχόμενη ροή του φωτός μεταξύ των διαστημάτων, που εξαλείφουν την ανάγκη για τεχνητό φωτισμό αλλά συγχρόνως εγγυώνται και ένα επίπεδο ιδιωτικότητας. Τα χρώματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του είναι κεραμικά και γι' αυτό το λόγο ο υαλοπίνακας πρέπει να υποστεί θερμική σκλήρυνση. Το μεγάλο πλεονέκτημά είναι η διάρκεια και σταθερότητα των χρωμάτων όσον αφορά την επαφή τους με το φυσικό περιβάλλον. Ωστόσο κατά την επιλογή του επιθυμητού σχεδίου θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την χρήση του κτηρίου και την θέση που θα τοποθετηθεί το υαλοστάσιο, καθώς τα τυπωμένα μοτίβα μπορεί να σκιάζουν και να αφήνουν ακάλυπτα κοντινές περιοχές του χώρου, προκαλώντας θάμβωση ιδιαίτερα σε χώρους γραφείων [23].

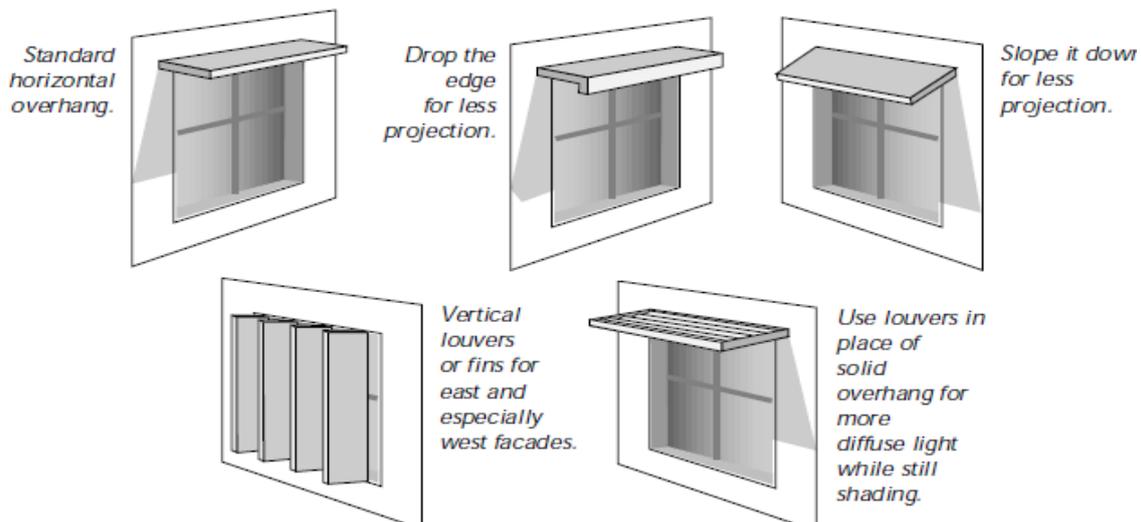


**Εικόνα 1.18:** Μεταξοτυπία στο σύστημα σκίασης του κτηρίου Άβαξ

Πηγή: [www.tombazis.com](http://www.tombazis.com)

## 1.6 Συστήματα σκίασης

Στόχος της εφαρμογής συστημάτων σκίασης σε χώρους γραφείων είναι να μειώσουμε το άμεσο φως που εισέρχεται στον χώρο και προκαλεί θάμβωση και την αύξηση του θερμικού του φορτίου. Υπάρχουν εξωτερικά και εσωτερικά συστήματα σκίασης.



**Εικόνα 1.19:** Ενδεικτικά εξωτερικά σκίαστρα [10]

Τα εξωτερικά συστήματα σκίασης υπερέχουν των εσωτερικών, καθώς η θερμότητα που δημιουργείται από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτά, αποβάλλεται στο εξωτερικό του κτηρίου και δεν συμβάλλει στην αύξηση του θερμικού του φορτίου. Μπορεί να αποτελούν μέρος του αρχιτεκτονικού σχεδίου ή να είναι συστήματα που τοποθετήθηκαν αργότερα στην κατασκευή (πχ πέργκολες). Πολλές φορές στην σύγχρονη βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι δυνατόν το ίδιο το κτήριο να έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να σκιάζει κάποιες όψεις του [24]. Σχεδιάζοντας τα συστήματα σκίασης, θα πρέπει να λάβουμε κυρίως υπόψη μας τον προσανατολισμό του ανοίγματος που θέλουμε να προστατέψουμε. Έτσι σε ανοίγματα που βλέπουν στον νότο, ενδείκνυται η χρήση οριζόντιων σκιάστρων. Τα σκίαστρα αυτά μπορούν να τοποθετηθούν και υπό γωνία προκειμένου να προσφέρουν περισσότερη σκίαση, ή να εφαρμόσουμε στο τέλος τους μια κάθετη επιφάνεια (εικόνα 1.13). Στα ανατολικά και δυτικά παράθυρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οριζόντια σκίαστρα. Τα σκίαστρα αυτά είναι κατάλληλα και για τα προστατέψουν από τον πρωινό και απογευματινό ήλιο τα βορινά ανοίγματα. Με δεδομένο ότι το πρωί ο ήλιος δεν είναι τόσο έντονος όσο το βράδυ, μέριμνα πρέπει να ληφθεί κυρίως για την σκίαση των νότιων και δυτικών ανοιγμάτων.

Στην αγορά κυκλοφορούν σταθερά και κινητά εξωτερικά συστήματα σκίασης. Αν και τα σταθερά είναι πολύ πιο οικονομικά τα κινητά είναι πιο αποτελεσματικά. Οι χρήστες ενός χώρου μπορούν να τα μετακινήσουν και να δημιουργήσουν πολύ ικανοποιητικές συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης. Πλέον διαδεδομένη είναι και η χρήση τέτοιων συστημάτων με ενσωματωμένους μηχανισμούς παρακολούθησης του ηλίου που προσαρμόζουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα την κλίση τους ώστε να παρέχουν μέγιστη δυνατή σκίαση [10].

Τα εσωτερικά συστήματα σκίασης, για παράδειγμα περσίδες, αν και χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω του χαμηλού κόστους εγκατάστασης και της μεγάλης ευκολίας χειρισμού τους, έχουν πολύ πιο μειωμένη ικανότητα ελέγχου του θερμικού κέρδους καθώς θερμαίνονται από την ηλιακή ακτινοβολία και αποβάλλουν την θερμότητα στο εσωτερικό του κτηρίου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυρίως για τον έλεγχο της θάμβωσης, αλλά προτιμότερο να συνδυάζονται με κάποιο εξωτερικό σύστημα σκίασης [10].



---

## Εξοικονόμηση ενέργειας και τεχνητός φωτισμός

---

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται οι σύγχρονες μέθοδοι σχεδιασμού του τεχνητού φωτισμού γραφείων και τα τεχνολογικά εργαλεία (λαμπτήρες, φωτιστικά σώματα και συστήματα ελέγχου) που συμβάλουν στη βελτίωση του φωτεινού περιβάλλοντος και στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

### 2.1 Εισαγωγή

Λόγω της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό και ψύξη, τα κτήρια γραφείων είναι το είδος κτιρίων που συγκεντρώνει μεγάλο ποσοστό μελετών για στρατηγικές φωτισμού που θα εξασφαλίσουν ικανοποιητικές συνθήκες φωτισμού και ελαχιστοποίηση της θάμβωσης, του άμεσου ηλιακού φωτός και της υπερθέρμανσης.

Εκτός από την εκμετάλλευση του διαθέσιμου φυσικού φωτισμού, μέτρα τα οποία μπορούν να συμβάλουν στην μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, χωρίς να μειώνουν την ποιότητα του παρεχόμενου φωτισμού, περιλαμβάνουν απλές τεχνικές:

- σωστή μελέτη του τεχνητού φωτισμού,
- σωστή χρήση και συντήρηση των συστημάτων φυσικού και τεχνητού φωτισμού

αλλά και σύγχρονα τεχνολογικά εργαλεία:

- χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης,
- επιλογή αποδοτικών φωτιστικών σωμάτων,
- χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων,
- εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου.

## 2.2 Μελέτη τεχνητού φωτισμού

Η μελέτη τεχνητού φωτισμού αφορά στην τοποθέτηση και τον έλεγχο των φωτιστικών μέσα σε έναν χώρο και αποσκοπεί στην βελτίωση της λειτουργίας του, στην αύξηση της ευκρίνειας στο περιβάλλον των χρηστών και στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Κατά τη μελέτη προσδιορίζεται ο αριθμός, ο τύπος και η θέση των φωτιστικών σωμάτων και των λαμπτήρων, ενώ μπορεί να υπολογιστεί και το κόστος αγοράς και συντήρησης της εγκατάστασης.

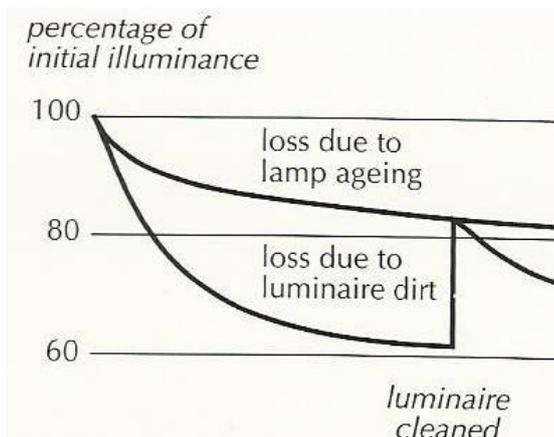
Μια μελέτη φωτισμού, ιδιαίτερα μεγάλων έργων, προκειμένου να είναι επιτυχής θα πρέπει να περιλαμβάνει πέντε βασικά στάδια [3].

- Προγραμματισμός. Το αρχικό στάδιο απαιτεί ο μελετητής φωτισμού να συγκεντρώσει καινοτόμες και λειτουργικές λύσεις λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις και τις ανάγκες των χρηστών του χώρου που θα φωτίσει, τον φυσικό φωτισμό, θέματα ασφαλείας και συντήρησης, τους περιορισμούς που θέτει ο προϋπολογισμός και τους κώδικες ενέργειας, κατασκευής και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που πρέπει να ικανοποιηθούν. Όλα αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να επανεξετάζονται σε περίπτωση τροποποίησης του προγραμματισμένου έργου ώστε να διασφαλιστεί η ικανοποίησή τους.
- Αρχικός σχεδιασμός. (Schematic Design Phase) Κατά τη διάρκεια του σταδίου αυτού ο μελετητής λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα σχεδιαστικά κριτήρια που εντοπίστηκαν στο στάδιο του προγραμματισμού, δημιουργεί τα προσχέδια του έργου. Έτσι αποκτάμε μια πρώτη εικόνα του μεγέθους του έργου και των τεχνικών χαρακτηριστικών των προϊόντων που θα χρειαστούν. Σε αυτό το σημείο, ο μελετητής μπορεί να κάνει μια πρώτη επιλογή φωτιστικών, λαμπτήρων και συστημάτων ελέγχου αλλά και να σχεδιάσει την βασική διάταξη του φωτισμού είτε με χειρόγραφους υπολογισμούς (μεθοδολογία διαδοχικών κοιλοτήτων, μελέτη κατά CIE) ή μέσω μοντέλων που δημιουργεί με την βοήθεια προγραμμάτων φωτισμού (LitePro, Visual). Επιπλέον μπορεί να πραγματοποιήσει έναν αρχικό υπολογισμό της αναμενόμενης κατανάλωσης ενέργειας αλλά και του κόστους του έργου. Έτσι, συνθέτει ένα σαφές πακέτο που βοηθάει τον ηλεκτρολόγο στη γρήγορη και κατάλληλη εγκατάσταση.
- Ανάπτυξη του σχεδιασμού. (Design Development Phase) Σε αυτό το στάδιο, κύριο μέλημα είναι η περαιτέρω ανάπτυξη και η βελτίωση του υπάρχοντος σχεδίου. Ο μελετητής λαμβάνει υπόψη τα αρχιτεκτονικά στοιχεία, τους περιορισμούς του κτηρίου (πχ σύστημα ψύξης θέρμανσης στην οροφή) και την τοποθέτηση των επίπλων στον χώρο. Έτσι παράγονται λεπτομερή σχέδια για την ολοκλήρωση της τοποθέτησης των φωτιστικών μέσα στο χώρο. Στο σημείο αυτό μπορεί να γίνει η ακριβής επιλογή και η παραγγελία των φωτιστικών και των λαμπτήρων ώστε να εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητά τους και η έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου. Καθώς η μελέτη βελτιώνεται τα επίπεδα φωτισμού ελέγχονται ώστε να ικανοποιούν τους κώδικες και ο προϋπολογισμός οριστικοποιείται. Ο μελετητής συνδυάζει όλα τα νέα δεδομένα και μπορεί να δώσει τα σχέδια και τις προδιαγραφές στον πελάτη για επανεξέταση.

- Σύνταξη της μελέτης. Κατά την οριστική σύνταξη της μελέτης ο σχεδιαστής πρέπει να έχει οριστικοποιήσει όλες τις παραμέτρους του έργου και να έχει λύσει κάθε τυχόν πρόβλημα, ώστε να αποφευχθούν πιθανά εμπόδια κατά την εκτέλεση του έργου. Αυτό σημαίνει λεπτομερή επανεξέταση των περισσότερων σχεδίων. Επίσης όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί (επίπεδα φωτισμού, κατανάλωσης ενέργειας) θα πρέπει να υποβληθούν στις αρμόδιες αρχές. Στο στάδιο αυτό πρέπει να οριστικοποιηθούν, εκτός από την ακριβή θέση και τον τύπο των φωτιστικών-λαμπτήρων, και τα συστήματα ελέγχου του φωτισμού. Αισθητήρες κίνησης, φυσικού φωτισμού και χρονοδιακόπτες πρέπει να καταγραφούν στα σχέδια της εγκατάστασης. Με άλλα λόγια οι προδιαγραφές (σχέδια και τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού) του έργου πρέπει να είναι λεπτομερώς διατυπωμένες στο συμβόλαιο για τον τελικό έλεγχο του πελάτη και την διενέργεια διαγωνισμού.
- Διαγωνισμός- Κατασκευή- Παρακολούθηση της λειτουργίας. Στα τρία αυτά τελικά στάδια ο σχεδιαστής δεν εστιάζει πλέον στον σχεδιασμό αλλά σε θέματα που αφορούν την κατασκευή του έργου. Κατά την διάρκεια του διαγωνισμού αναλαμβάνει την διευκρίνηση αποριών που μπορεί να έχουν οι ενδιαφερόμενοι ανάδοχοι του έργου. Κατά την κατασκευή παραμένει ο διαχειριστής του έργου ενώ μετά την ολοκλήρωσή του αξιολογεί το αποτέλεσμα. Οι αρμοδιότητές του κατά την διάρκεια την κατασκευής περιλαμβάνουν επιθεώρηση του έργου, επίλυση προβλημάτων που προκύπτουν και επίβλεψη της τελικής εγκατάστασης. Η βασικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσουν είναι η έγκαιρη παραλαβή του εξοπλισμού και η εγκατάσταση του στο χρονοδιάγραμμα που αναφέρεται στο συμβόλαιο. Όσον αφορά την παρακολούθηση της λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού είναι σημαντικό ο σχεδιαστής να αξιολογήσει το τελικό αποτέλεσμα, προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο επιτεθήκαν οι στόχοι του σχεδιασμού. Σε όλα αυτά τα στάδια πρέπει να διασφαλίσει ότι η υλοποίηση του έργου ακολουθεί πιστά τα όσα αναφέρονται στο συμβόλαιο.

## 2.3 Σωστή χρήση – συντήρηση

Ένα σύστημα φωτισμού, έννοια που περιλαμβάνει τα συστήματα φυσικού και τεχνητού φωτισμού, πρέπει να λειτουργεί με τον τρόπο που ορίζουν οι σχεδιαστές του. Οι χρήστες ενός χώρου πρέπει να είναι ενήμεροι για τον τρόπο λειτουργίας των μερών του συστήματος φωτισμού. Ιδιαίτερα στην περίπτωση του συστήματος ελέγχου του φωτισμού, θα πρέπει να λαμβάνουν οδηγίες για τον τρόπο χρήσης του και πώς μπορούν να αλληλεπιδράσουν με αυτό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις ανακαινίσεις εγκαταστάσεων, όπου μπορεί να παρουσιαστεί αντίδραση στην εγκατάσταση των συστημάτων ελέγχου φωτισμού εάν οι χρήστες του κτηρίου δεν ενημερωθούν πλήρως για την νέα εφαρμογή [2].



**Εικόνα 2.1:** Μείωση της φωτεινής ροής εξαιτίας γήρανσης του λαμπτήρα και λόγω επικαθίσεων στο φωτιστικό [3]

Επιπλέον τα συστήματα φωτισμού πρέπει να συντηρούνται προκειμένου να παρέχουν την ποιότητα και την ποσότητα του φωτός για την οποία σχεδιάστηκαν. Αν και αυτό αναφέρεται και στο σύστημα φυσικού φωτισμού, όπως για παράδειγμα ο καθαρισμός των υαλοστασίων για αποφυγή θάμβωσης [25], ισχύει ιδιαίτερα για τα στοιχεία των συστημάτων τεχνητού φωτισμού που έχουν μια καθορισμένη διάρκεια ζωής και θα πρέπει να αντικαθίστανται. Η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται σταδιακά αν και με διαφορετικό ρυθμό για κάθε τύπο λαμπτήρα. Στη μείωση της απόδοσης συμβάλλει και η εναπόθεση ρύπων και σκόνης στους λαμπτήρες, καθώς μειώνεται η ποσότητα του φωτός που εκπέμπουν, και στους ανακλαστήρες των φωτιστικών σωμάτων που μειώνουν την ανακλαστικότητα των επιφανειών τους. Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω παραγόντων μπορεί να μειώσει την ένταση του φωτός, ενώ η κατανάλωση ενέργειας θα παραμείνει σταθερή. Το ποσοστό της μείωσης μπορεί να φτάσει το 20% με 40% ανάλογα με την εφαρμογή και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούμε. [3]

Η αποδοτικότητα του συστήματος φωτισμού εξαρτάται και από την συντήρηση των επιφανειών ενός χώρου. Το φως που δέχεται η επιφάνεια εργασίας είναι το άθροισμα του άμεσου φωτός από τα φωτιστικά σώματα και του φωτός που ανακλάται από τις διάφορες επιφάνειες και στους τοίχους. Για τον λόγο αυτό πρέπει να καθαρίζονται ή και να βάφονται σε τακτά χρονικά διαστήματα [25].

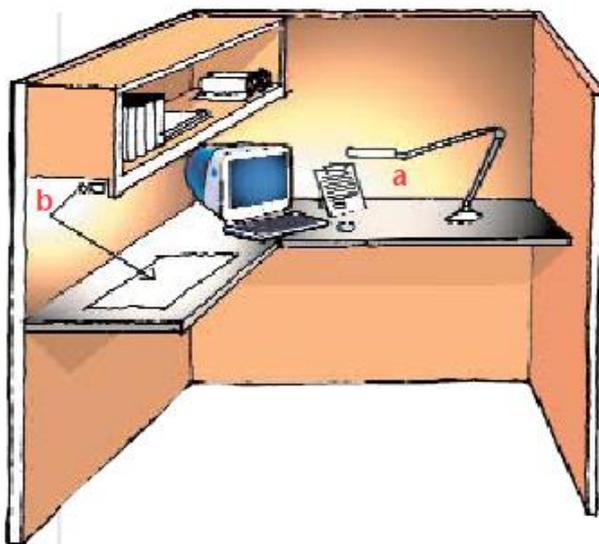
Για να λάβουμε υπόψη μας την παραπάνω μείωση, τα συστήματα φωτισμού σχεδιάζονται με βάση έναν συντελεστή απόδοσης και στην αρχή της λειτουργίας τους μπορεί να παρέχουν μεγαλύτερες εντάσεις φωτισμού στις επιφάνειες του χώρου, από αυτές που απαιτούνται.

Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν εφαρμόζοντας ένα σχέδιο συντήρησης να μειώσουμε τις απαιτούμενες λάμπες μιας εγκατάστασης μειώνοντας έτσι το κόστος της και την κατανάλωση ενέργειας. Ένα τέτοιο σχέδιο θα μπορούσε να περιλαμβάνει αρχικά ταυτόχρονη αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα και τακτικούς καθαρισμούς των φωτιστικών και των επιφανειών του χώρου. Προφανώς η συχνότητα των απαραίτητων καθαρισμών εξαρτάται από την ποιότητα του αέρα του χώρου [12]



Και στις δύο περιπτώσεις χώρων για τον γενικό φωτισμό μια αποδοτική λύση είναι οι λαμπτήρες φθορισμού. Οι πλέον διαδεδομένοι είναι οι λαμπτήρες T8 και T5 με διαφορετικές φωσφορικές επικαλύψεις [6]. Το πρώτο ψηφίο «T» αναφέρεται στο σχήμα των λαμπτήρων που είναι σωληνωτοί (tubular) ενώ το δεύτερο (5 και 8) αναφέρεται στη διάμετρο του λαμπτήρα. Ο λαμπτήρας T5 έχει διάμετρο 5/8 της ίντσας και ο T8, 8/8 δηλαδή μία ίντσα. Όμως διαφορετικό είναι και το μήκος τους με τον T5 να είναι περίπου 2 ίντσες κοντύτερος πράγμα που τον καθιστά λιγότερο ογκώδη άρα και πιο εύκολο στην εγκατάσταση. Οι λαμπτήρες T5 λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικό ballast σε συχνότητες μεγαλύτερες από 20KHz επομένως το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να αντιληφθεί μεταβολή στην φωτεινότητα και το φως που παρέχουν είναι πιο ξεκούραστο. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι σωληνωτοί λαμπτήρες δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε κατακόρυφη θέση καθώς αυτό προκαλεί ανομοιομορφία στα αέρια που περιέχουν και μειώνει τη διάρκεια ζωής τους [29].

Για τον τοπικό φωτισμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν κινητά ή σταθερά φωτιστικά γραφείου. Τα φωτιστικά αυτά παρέχουν ικανοποιητικά επίπεδα φωτισμού μόνο εκεί που χρειαζόμαστε και καταναλίσκουν ενέργεια με πολύ αποτελεσματικό τρόπο καθώς μπορούμε να τους εφαρμόσουμε μια σειρά από ενεργειακά αποδοτικούς λαμπτήρες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αναφέρουμε παρακάτω [30].



**Εικόνα 2.3:** Τοπικός φωτισμός σε γραφείο [6]

- Λαμπτήρες αλογόνου

Πρόκειται για εξέλιξη των συμβατικών λαμπτήρων πυράκτωσης. Όπως και οι λαμπτήρες πυράκτωσης, στηρίζουν την λειτουργία τους στο φαινόμενο Joule. Το μεταλλικό νήμα στο εσωτερικό του λαμπτήρα διαρρέεται από ρεύμα και παράγει θερμότητα και φως εντός του ορατού φάσματος. Το αέριο πλήρωσης όμως του λαμπτήρα αυτού περιέχει αλογόνο το οποίο απορροφά το βολφράμιο που εκπέμπεται κατά την θέρμανση του νήματος που μετά από χημική διάσπαση επικάθεται πάλι στο νήμα. Αυτή η διαδικασία καθιστά μεγαλύτερη την διάρκεια ζωής του λαμπτήρα. Διαθέσιμοι στην αγορά είναι δύο τύποι λαμπτήρων αλογόνου:

Ενεργειακής κατηγορίας C, λαμπτήρας αλογόνου με ξένο.

Αυτός ο λαμπτήρας καταναλώνει περίπου 20-25% λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με τους καλύτερους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Προσφέρει φως ισοδύναμης ποιότητας με τους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως, αλλά με κανονική χρήση έχει τη διπλάσια διάρκεια ζωής (2 χρόνια). Είναι πλήρως συμβατός σε μέγεθος με τις υπάρχουσες συσκευές φωτισμού και έχει δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης εάν χρησιμοποιηθεί με οποιοδήποτε ροοστάτη.

Ενεργειακής κατηγορίας B, λαμπτήρας αλογόνου με κάλυψη για υπέρυθρη ακτινοβολία.

Αυτός ο λαμπτήρας καταναλώνει περίπου 45% λιγότερη ενέργεια παράγοντας το ίδιο φως σε σύγκριση με τους καλύτερους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως και προσφέρει φως ισοδύναμης ποιότητας με αυτούς. Με κανονική χρήση έχει την τριπλάσια διάρκεια ζωής (3 χρόνια). Και αυτός έχει δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης εάν χρησιμοποιηθεί με οποιοδήποτε ροοστάτη.

- Συμπαγής λαμπτήρες φθορισμού

Οι λαμπτήρες φθορισμού μικρού μεγέθους κυκλοφόρησαν για πρώτη φορά στην αγορά το 1980 και είναι γνωστοί για τη μεγάλη διάρκεια ζωής και την υψηλή τους αποδοτικότητα. Ένας λαμπτήρας φθορισμού μικρού μεγέθους καταναλώνει περίπου 65 έως 80% λιγότερη ενέργεια, παράγοντας το ίδιο φως σε σχέση με τους καλύτερους συμβατικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Διατίθενται επίσης με εξωτερικό περίβλημα, το οποίο κρύβει τις λυχνίες αερίου κάνοντάς τους να μοιάζουν ακόμη περισσότερο με συνηθισμένους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού έχουν διάρκεια ζωής από 6.000 έως 15.000 ώρες, ανάλογα με τον τύπο και τη χρήση τους. Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι μόνο 1.000 ώρες περίπου. Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού είναι ευρέως γνωστοί και ως "οικονομικοί λαμπτήρες" ακριβώς λόγω της μεγάλης αποδοτικότητας και διάρκειας ζωής τους. Επειδή όμως περιέχουν υδράργυρο, σε περίπτωση που καούν πρέπει να ανακυκλώνονται.

- Δίοδοι φωτοεκπομπής (LED)

Το αρκτικόλεξο LED προέρχεται από τις αγγλικές λέξεις "light-emitting diode" (δίοδος εκπομπής φωτός) και πρόκειται για μια τεχνολογία που αναπτύσσεται ραγδαία. Η απόδοσή τους σε εφαρμογές φωτισμού είναι ισάξια των λαμπτήρων φθορισμού μικρού μεγέθους, ενώ η διάρκεια ζωής τους είναι ακόμη μεγαλύτερη. Οι λαμπτήρες LED για οικιακό φωτισμό είναι νέα προϊόντα, αλλά έχουν ήδη αποδείξει ότι μπορούν να αντικαταστήσουν αποτελεσματικά τόσο τους διαφανείς όσο και τους ημιδιαφανείς λαμπτήρες πυρακτώσεως ισχύος έως 60 Watt. Ο τύπος αυτός λαμπτήρα μπορεί να αντικαταστήσει στο εγγύς μέλλον όλο το φάσμα των λαμπτήρων. Οι λαμπτήρες LED καταναλώνουν έως και 80% λιγότερη ενέργεια από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως και δεν περιέχουν υδράργυρο. Όταν ένας λαμπτήρας LED πάψει

να λειτουργεί, πρέπει να αχρηστεύεται ακολουθώντας συγκεκριμένους κανόνες.

Οι λαμπτήρες LED έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα.

- Η διάρκεια ζωής τους είναι μεγαλύτερη από άλλους λαμπτήρες.
- Δεν έχουν χαρακτηριστικά περιορισμένων κύκλων ενεργοποίησης/ απενεργοποίησης όπως οι λαμπτήρες CFL. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα με αισθητήρες κίνησης.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα σε εξωτερικούς χώρους καθώς είναι ανθεκτικοί σε συνθήκες κρύου.
- Δεν επηρεάζονται από στιγμιαίες πτώσεις ή διακυμάνσεις τάσης.
- Προσφέρουν καλή ποιότητα χρώματος φωτός.
- Οι λαμπτήρες LED δεν θερμαίνονται, εφόσον υπάρχουν κατάλληλες ενσωματωμένες ψύκτρες, καθώς είναι ηλεκτρονικοί λαμπτήρες, επομένως δεν προκαλούν ζημιά σε υφάσματα ή άλλα διακοσμητικά υλικά.
- Προσφέρουν ευελιξία ενώ διατίθενται επίσης μικρά μεγέθη.
- Πλέον μπορούν να λειτουργήσουν και με ρυθμιστές των επιπέδων φωτισμού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι έρευνες των μεγάλων εταιριών παραγωγής λαμπτήρων εστιάζουν το ενδιαφέρον τους σε μια καινοτόμο τεχνολογία, τις οργανικές διόδους εκπομπής φωτός (Organic Light emitting Diode- OLED). Οι οργανικές διόδους εκπομπής φωτός είναι διόδους εκπομπής φωτός (LED) των οποίων το εκπέμπον ηλεκτροφωταυγές στρώμα αποτελείται από μία λεπτή μεμβράνη οργανικών ενώσεων. Ενώ τα LED αποτελούν σημειακές πηγές φωτός, οι οργανικές διόδους εκπομπής φωτός αποτελούν επίπεδους σχηματισμούς και παράγουν φως που είναι λαμπερό και διάχυτο. Η ομοιογένεια στον φωτισμό των επιφανειών, η χαμηλή εκπομπή θερμότητας, οι διαφορετικοί τρόποι ελέγχου τους και η εξαιρετικά επίπεδη μορφή τους τις καθιστούν ιδανικές για τον γενικό φωτισμό ενός χώρου. Η φωτεινή απόδοσή τους ποικίλει σημαντικά ανάλογα με το χρώμα του φωτός που εκπέμπουν. Ενώ για το πράσινο φως αναφέρονται αποδόσεις 110 lm/W οι OLED λευκού φωτός δεν ξεπερνούν τα 20 lm/W. Όμως το μεγάλο τεχνικό πρόβλημα που πρέπει να ξεπεραστεί είναι η περιορισμένη διάρκεια ζωής των οργανικών υλικών. Ειδικότερα η διάρκεια ζωής τους δεν μπορεί να ξεπεράσει τις 14.000 ώρες λειτουργίας [31]. Στην αγορά διατίθενται τεμάχια 12\*12 cm για που μπορούν να συνδυαστούν για να δημιουργήσουν μία μεγαλύτερη φωτεινή επιφάνεια [29].

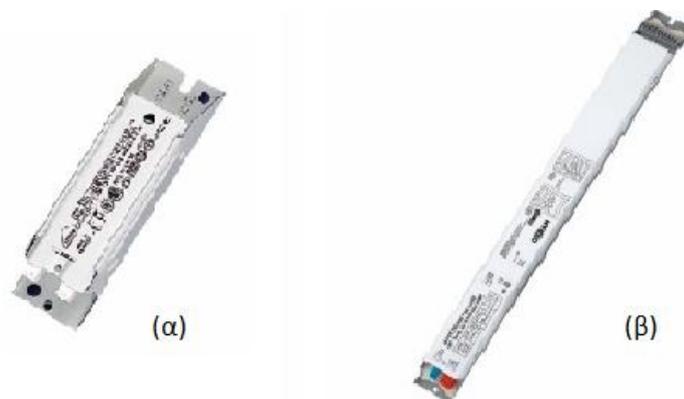


**Εικόνα 2.4:** (α) Φωτιστικό OLED (β) γενικός φωτισμός με χρήση OLED [29]

## 2.5 Ballast

Όπως αναφέραμε παραπάνω σε χώρους διδασκαλίας και γραφεία έχει επικρατήσει η χρήση λαμπτήρων εκκένωσης και ιδιαίτερα λαμπτήρων φθορισμού. Για την σύνδεση των λαμπτήρων αυτών με το δίκτυο είναι απαραίτητο το ηλεκτρικό κύκλωμα να περιλαμβάνει το ballast, εξοπλισμό απαραίτητο για την έναυση και τη λειτουργία αυτών των λαμπτήρων. [2].

Τα ballast που χρησιμοποιούνται σήμερα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τα ηλεκτρομαγνητικά και τα ηλεκτρονικά. Η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών έχει πολλά πλεονεκτήματα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι η χρήση τους μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας έως 25% στις εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων ενώ υπερέχουν και σε άλλα χαρακτηριστικά. Ως εκ τούτου με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/55/EC για την ενεργειακή αποδοτικότητα των ballast για λαμπτήρες φθορισμού, μερικοί τύποι μαγνητικών ballast τίθενται εκτός αγοράς [32].



**Εικόνα 2.5:** (α) Ηλεκτρομαγνητικό και (β) ηλεκτρονικό ballast

Πηγή: [www.osram.com](http://www.osram.com)

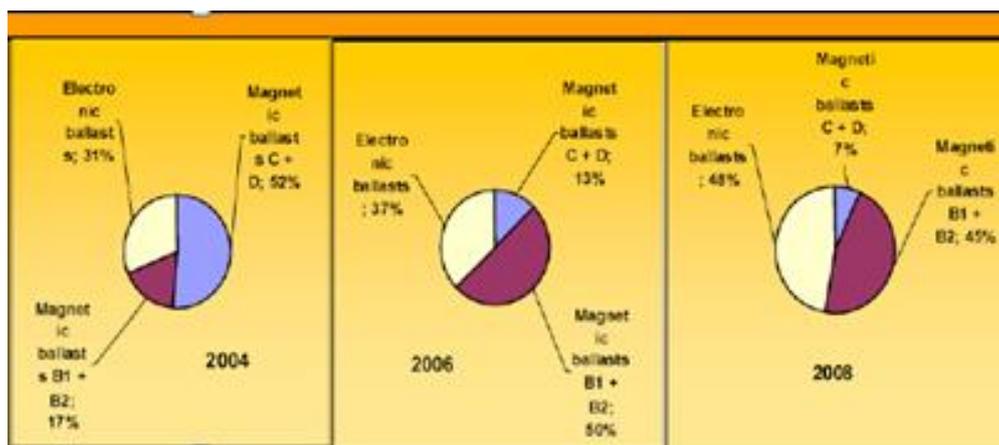
Συνήθως η κατανάλωση του λαμπτήρα είναι χαμηλότερη όταν αυτός λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast. Για παράδειγμα λαμπτήρας ονομαστικής ισχύος 36 W μπορεί να καταναλώνει 32 W όταν συνδεθεί με ηλεκτρονικό ballast ενώ με ηλεκτρομαγνητικό η κατανάλωσή του θα ήταν ίση με την ονομαστική, δηλαδή 36 W. Επιπροσθέτως, οι απώλειες του ηλεκτρονικού ballast είναι μικρότερες του συμβατικού π.χ. σε ένα τυπικό φωτιστικό 2Χ36 W απαιτείται 1 ηλεκτρονικό ballast με απώλειες 8 W ενώ στη συμβατική λειτουργία απαιτούνται 2 μαγνητικά ballast με απώλειες 16,2 W, άρα το φωτιστικό με ηλεκτρονική λειτουργία θα καταναλώνει 72 W ενώ με τη συμβατική 88,2 W. Η εξοικονόμηση ανέρχεται κατά μέσο όρο στο 15% και εξαρτάται από τον τύπο του συμβατικού φωτιστικού που χρησιμοποιείται ως αναφορά. Το πλεονέκτημα αυτό των ηλεκτρονικών ballast είναι αξιοποιήσιμο στις νέες αλλά και στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις αφού μπορεί να γίνει αντικατάσταση των μαγνητικών με ηλεκτρονικά ballast σε φωτιστικά που λειτουργούν με λαμπτήρες φθορισμού T8 με την προϋπόθεση ότι υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος για την τοποθέτησή τους και αφού γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές στην καλωδίωση. Σε αρκετές περιπτώσεις το εργατικό κόστος για τις επεμβάσεις σε υφιστάμενα φωτιστικά (μαζί με το κόστος των υλικών) είναι υψηλότερο του κόστους της εξ' ολοκλήρου αντικατάστασης των φωτιστικών με καινούργια που φέρουν ηλεκτρονικά ballast. Όμως ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης δεν υπερβαίνει τα 5 χρόνια. Ένας επιπλέον λόγος για μια τέτοια ριζική επέμβαση είναι ότι η απόδοση των υφισταμένων φωτιστικών μειώνεται με την πάροδο του χρόνου με αποτέλεσμα να απαιτούνται εργασίες συντήρησής τους για να φωτίζουν επαρκώς. Τα φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες T5 εξαιρούνται από μια τέτοια παρέμβαση διότι οι λαμπτήρες αυτοί λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικά ballast, συνεπώς φωτιστικά με λαμπτήρες T5 και μαγνητικό ballast δεν υφίστανται.

Επίσης η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast. Η πραγματική απόδοση των λαμπτήρων με μαγνητικό ballast κυμαίνεται συνήθως σε ποσοστά 80%-95% της ονομαστικής ενώ τα ηλεκτρονικά ballast μπορούν να ανυψώσουν την απόδοση κατά 12% περίπου. Αυτό σημαίνει ότι μια εγκατάσταση φωτισμού που λειτουργεί με ηλεκτρονικά ballast απαιτεί 18% περίπου λιγότερα φωτιστικά από την ίδια εγκατάσταση με μαγνητικά ballast καλής ποιότητας. Το πλεονέκτημα αυτό είναι αξιοποιήσιμο κυρίως στις νέες εγκαταστάσεις οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν με λιγότερα φωτιστικά χωρίς να μειώνεται η στάθμη φωτισμού και να υποβαθμίζεται η ποιότητά τους. Τότε μειώνεται το κόστος λειτουργίας (εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους συντήρησης) αλλά και το κόστος εγκατάστασης (λιγότερα φωτιστικά). Επισημαίνεται ότι η απόδοση των λαμπτήρων του εμπορίου έχει μετρηθεί από τις κατασκευάστριες εταιρείες με πολύ καλής ποιότητας ballast πρότυπα- ενώ τα μαγνητικά ballast του εμπορίου εμφανίζουν σημαντικά μικρότερη απόδοση. Άρα αν αντικατασταθούν τέτοια ballast από καλής ποιότητας ηλεκτρονικά, θα αυξήσουν ακόμη περισσότερο την εξοικονόμηση ενέργειας.

Επίσης παρέχουν καλύτερη ποιότητα φωτισμού. Ενώ τα μαγνητικά ballast λειτουργούν σε συχνότητες 50 Hz, τα ηλεκτρονικά ballast λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες μεγαλύτερες από 20kHz. Η υψίσυχη λειτουργία τους έχει ως αποτέλεσμα την εξάλειψη του στροβοσκοπικού φαινομένου και οι

συνδεδεμένοι σε αυτά λαμπτήρες αποδίδουν σταθερό φως χωρίς να τρεμοπαίζει.

Επιπλέον η χρήση ηλεκτρονικών ballast αυξάνει σημαντικά η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων, έως 50%, και βελτιώνει τον συντελεστή συντήρησης τους. Αυτό σημαίνει ότι η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται λιγότερο κατά τη διάρκεια ζωής τους απ' ό τι αν λειτουργούσαν με συμβατικά ballast. Συνεπώς η επιθυμητή στάθμη φωτισμού επιτυγχάνεται με λιγότερα φωτιστικά. Εκτιμάται ότι σ' ένα καθαρό εργασιακό χώρο, τα απαιτούμενα φωτιστικά μπορούν να μειωθούν κατά 6% περίπου.



**Εικόνα 2.6:** Χρήση ηλεκτρομαγνητικών και ηλεκτρονικών ballast για τα έτη 2004,2006 και 2008

Πηγή: [www.celma.org](http://www.celma.org)

Άλλο πλεονέκτημα του ηλεκτρονικού ballast είναι ότι διακόπτει τη λειτουργία του όταν ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί ενώ το συμβατικό συνεχίζει να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και να καταναλώνει ενέργεια. Επιπλέον ενώ το μαγνητικό ballast δεν μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους των 2 λαμπτήρων συνδεδεμένους σε αυτό, ένα ηλεκτρονικό ballast , μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταυτόχρονη έναυση μέχρι 4 λαμπτήρων. Δηλαδή για ένα τυπικό φωτιστικό 4X18W που καταναλώνει 86,8W όταν λειτουργεί με 2 συμβατικά ballast, η αντικατάστασή τους από 1 ηλεκτρονικό μειώνει την κατανάλωση στα 74 W.

Τέλος επισημαίνεται ότι η χρήση ηλεκτρονικών ballast μπορεί να συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας έμμεσα καθώς καθιστά δυνατή την αξιοποίηση τεχνολογιών αυτοματισμών που θα μελετήσουμε παρακάτω, όπως ρύθμιση της φωτεινότητας και εφαρμογή συστήματος κεντρικής διαχείρισης που δεν μπορούν να λειτουργήσουν με μαγνητικά ballast.

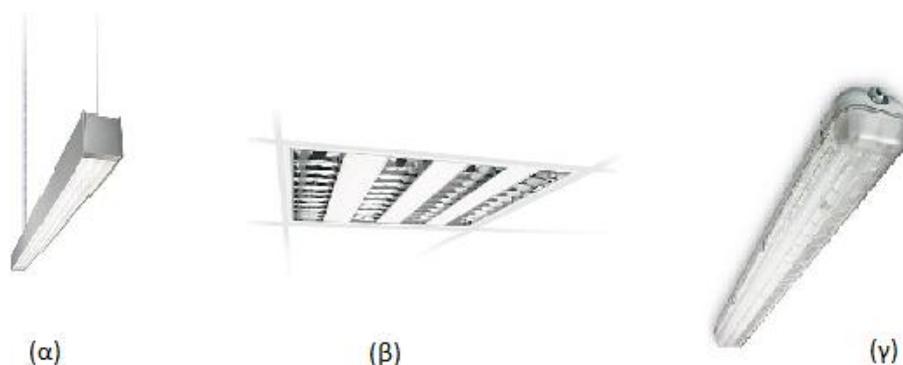
## 2.6 Φωτιστικά σώματα

Τα φωτιστικά σώματα είναι οι συσκευές όπου τοποθετείται ο λαμπτήρας και ο εξοπλισμός που απαιτείται για τη λειτουργία του (ballast, starter, μετασχηματιστές, καλωδίωση). Επίσης περιλαμβάνουν τα μέρη που τον

συγκρατούν, τον προστατεύουν και διαχέουν το φως στον χώρο ώστε να ικανοποιηθούν όλα τα αισθητικά και λειτουργικά κριτήρια που θέτουμε.

Τα φωτιστικά σώματα μπορούν να καταταχθούν ανάλογα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους σε κατηγορίες [33]. Έτσι υπάρχουν ομάδες φωτιστικών ανάλογα με:

- τον τύπο λαμπτήρα που δέχονται (αλογόνου, φθορίου, LED)
- τον τρόπο που διαχέουν το φως (άμεσου ή διάχυτου φωτισμού, wallwasher)
- τη λειτουργία της εφαρμογής (αρχιτεκτονικού ή τεχνικού φωτισμού, εφέ)
- τον τρόπο εγκατάστασης (φωτιστικά ανάρτησης, χωνευτά, τοίχου)
- την κατασκευή τους (ανοικτά ή κλειστά, με ή χωρίς ανακλαστήρες, στεγανά)



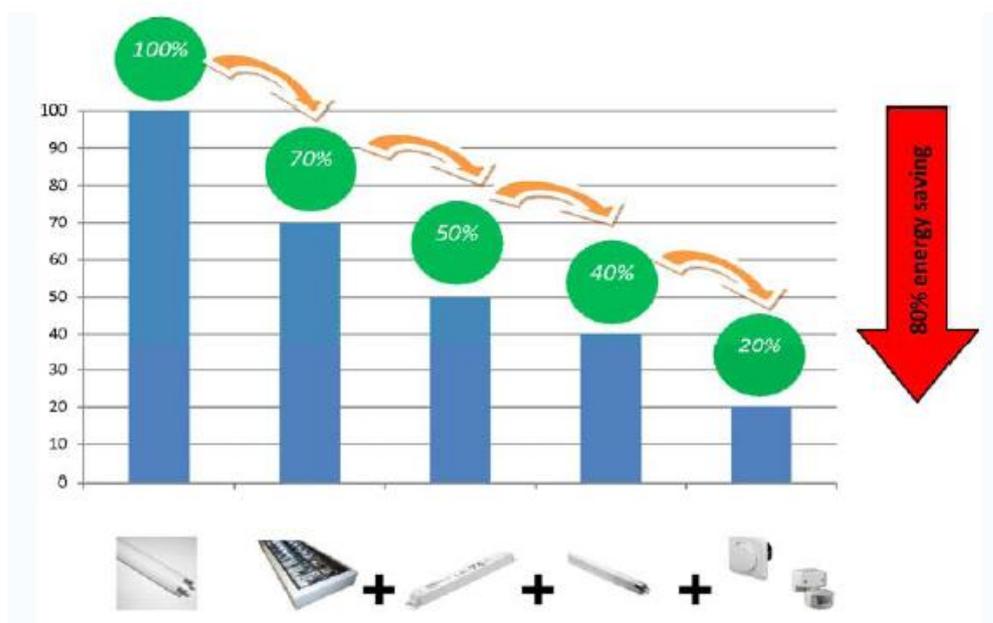
**Εικόνα 2.7:** Φωτιστικά σώματα (α) ανάρτησης, (β) χωνευτό με ανακλαστήρες και (γ) στεγανό

Πηγή: Philips Lighting

Στις περισσότερες εφαρμογές στόχος μας είναι η μεγαλύτερη αξιοποίηση της φωτεινής ροής του λαμπτήρα, δηλαδή ο αυξημένος δείκτης απόδοσης φωτιστικού LOR (Lighting Output Ratio). Ο δείκτης αυτός είναι ο λόγος της συνολικής φωτεινής ροής του λαμπτήρα ή των λαμπτήρων προς την φωτεινή ροή που παίρνουμε όταν την εγκαταστήσουμε στο φωτιστικό σώμα. Την αύξηση της φωτεινής ροής από το φωτιστικό επιτυγχάνουμε με την κατάλληλη τοποθέτηση ανακλαστικών επιφανειών γύρω από τον λαμπτήρα. Για να έχουμε ικανοποιητική εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντική η επιλογή λαμπτήρων που θα παρέχουν αποδοτικά τις επιθυμητές συνθήκες φωτισμού [34].

Το πλήθος των νέων αναπτυσσόμενων συνθετικών υλικών, σε συνδυασμό με την σύγχρονη τεχνολογία, αυξάνει την απόδοση των φωτιστικών. Ενώ ότι οι τυπικοί - βαμμένοι σε λευκό χρώμα - ανακλαστήρες έχουν συντελεστή ανακλαστικότητας της τάξης περίπου του 70%, ο συντελεστής ανακλαστικότητας των ανακλαστήρων αλουμινίου μπορεί να φτάσει έως και 95% [2]. Το 80% των υφιστάμενων εγκαταστάσεων φωτισμού είναι παλαιότερες από 20 χρόνων. Επομένως η ανακαίνιση τους χρησιμοποιώντας σύγχρονο εξοπλισμό μπορεί συχνά να οδηγήσει εκτός από τη βελτίωση της ποιότητας του παρεχόμενου φωτός και την εξασφάλιση οπτικής άνεσης και σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας [33]. Σε παλαιά φωτιστικά σώματα χαμηλής απόδοσης, είναι δυνατή η βελτίωση της απόδοσής τους με την αντικατάσταση των συστημάτων διάχυσης ή ανάκλασης με νέα συστήματα ανακλαστήρων, διατηρώντας τα υπάρχοντα εξαρτήματα ελέγχου του φωτός.

Σε μερικές περιπτώσεις αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του αριθμού λαμπτήρων, διατηρώντας την ίδια παραγόμενη ποσότητα φωτισμού και με την συνεπαγόμενη εξοικονόμηση (υπολογίζεται ότι μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας από 20 έως 50% μέσω βελτιώσεων στους ανακλαστήρες και στο προστατευτικό κάλυμμα των φωτιστικών). Εν τούτοις, απαιτείται προσοχή καθόσον η εμφάνιση του χώρου μπορεί να αλλάξει, οπότε είναι συνήθως χρήσιμο να προηγηθεί μελέτη για μία μικρή περιοχή του χώρου, ώστε να διερευνηθούν πιθανές αλλαγές [2].



**Εικόνα 2.8:** Μείωση ενεργειακής κατανάλωσης με χρήση ανακλαστικών περσίδων, ηλεκτρονικού ballast, λαμπτήρων T5 και αυτοματισμών. [33]

Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις γραφείων ο πλέον διαδεδομένος τύπος φωτιστικού είναι το τετράγωνο φωτιστικά 60x60 cm. Τα φωτιστικά αυτά αν και δεν είναι η πλέον αποδοτική λύση και δεν προσφέρουν τη βέλτιστη κατανομή του φωτός στον χώρο, προτιμώνται καθώς παρέχουν μεγάλη ευελιξία στην τοποθέτησή τους εφόσον τοποθετούνται σε κατάλληλη γυψοσανίδα. Στα περισσότερα γραφεία, προκειμένου να καλυφθεί το σύστημα ψύξης θέρμανσης τοποθετείται ψευδοροφή με πλακίδια 60x60 cm. Τα φωτιστικά που αναφέραμε μπορούν να τοποθετηθούν εύκολα σε μια τέτοια εγκατάσταση, αλλά και να μετακινηθούν σε περίπτωση που αλλάξουν οι απαιτήσεις φωτισμού, για παράδειγμα αν απαιτείται αναδιάταξη των γραφείων. Η επιλογή αυτών των φωτιστικών σωμάτων καθορίζει βέβαια και την επιλογή των λαμπτήρων που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε [6].

## 2.7 Συστήματα ελέγχου του φωτισμού

Τα συστήματα ελέγχου του φωτισμού μπορούν να συμβάλουν καθοριστικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι συσκευές που ρυθμίζουν τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού σε συνάρτηση με ένα εξωτερικό σήμα (πάτημα

διακόπτη, ανίχνευση παρουσίας, χρονοδιακόπτης, επίπεδα φωτισμού). Η εφαρμογή των συστημάτων αυτών αξιοποιεί το φυσικό φωτισμό και περικλύπτει την άσκοπη λειτουργία του τεχνητού φωτισμού όταν οι χρήστες απουσιάζουν. Έχει διαπιστωθεί με μετρήσεις εξειδικευμένων φορέων ότι με τη χρησιμοποίηση αυτόνομων αυτοματισμών αυτού του τύπου επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό 10% έως 20% ανάλογα με τη χρήση του χώρου [35].

Συστήματα ελέγχου που μπορούν να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι:

- Τοπικοί διακόπτες έναυσης.

Οι τοπικοί διακόπτες έναυσης ελέγχουν τη λειτουργία των φωτιστικών κατά ομάδες και από διάφορες θέσεις. Εκτός από την σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας αυτό το σύστημα ελέγχου παρέχει και μεγαλύτερη άνεση του χρήστη, σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα στα οποία το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων του χώρου ελέγχεται με ένα διακόπτη. Μελέτες σε γραφεία «ελεύθερης διάταξης» έχουν δείξει μεγάλες διαφορές στις προτιμήσεις των εργαζομένων ως προς το φωτισμό. Ο τοπικός έλεγχος κατά ομάδες φωτιστικών είναι σημαντικός στις περιπτώσεις κατά τις οποίες μόνο κάποια τμήματα του χώρου απαιτούν τεχνητό φωτισμό, είτε γιατί στα άλλα τμήματα δεν υπάρχουν εργαζόμενοι (π.χ. μετά τη λήξη του εργασιακού ωραρίου) είτε γιατί στα άλλα τμήματα υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει η ομαδοποίηση των φωτιστικών να σχετίζεται με τον τρόπο χρήσης του χώρου και οι ζώνες που ο φωτισμός τους ελέγχεται από τοπικούς διακόπτες θα πρέπει να έχουν παρόμοια στάθμη φυσικού φωτισμού σε όλη τους την επιφάνεια.

- Χρονοπρογραμματισμός

Με αυτό το σύστημα ελέγχου, τα φωτιστικά σώματα σβήνουν από ένα κεντρικό πίνακα, για καθορισμένα χρονικά διαστήματα εντός των οποίων δεν προβλέπεται η χρήση τους. Είναι σημαντικό να προβλέπεται στο σύστημα και τοπικός έλεγχος έτσι ώστε να είναι δυνατή η έναυση των φωτιστικών όταν τα χρειάζονται οι χρήστες. Τα σήματα έναυσης και σβέσης μπορούν να δίνονται από απλά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα έως πολύπλοκους ηλεκτρονικούς διακόπτες. Μπορούν επίσης να δίνονται από το κεντρικό σύστημα ελέγχου του κτηρίου. Τα σήματα αυτά πρέπει να μεταφερθούν μέχρι τα φωτιστικά. Αυτό γίνεται είτε μέσω του ίδιου του ηλεκτρικού δικτύου, ή μέσω bus χαμηλής τάσης, συνδεδεμένου με τις ομάδες φωτιστικών.

- Έλεγχος παρουσίας

Με την εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης σε κάποιον χώρο μπορούμε να επιτύχουμε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Αν και το ποσοστό ποικίλει αναλόγως του μεγέθους του χώρου και την λειτουργία του, συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 35% και 45%. Ο έλεγχος της έναυσης και της σβέσης εξαρτάται από το αν οι αισθητήρες ανιχνεύσουν κίνηση στο χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν ανιχνεύσουν κίνηση μπορεί να επαναφέρουν τα φώτα σε λειτουργία, αλλά υπάρχουν και μερικές εφαρμογές που τα φώτα παραμένουν σβηστά.

Οι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν σε κάποιον τοίχο ή στην οροφή. Αν και οι αισθητήρες είναι αρκετά οικονομικοί, η εγκατάστασή τους σε υφιστάμενες κατασκευές μπορεί να είναι αρκετά δαπανηρή καθώς απαιτείται η καλωδίωση τους με το σύστημα ηλεκτρικής παροχής. Πλέον, σε περιπτώσεις ανακαίνισης μικρών χώρων γραφείων είναι δυνατό να τοποθετηθούν όλα τα εξαρτήματα στον ίδιο κεντρικό πίνακα στο σημείο όπου βρισκόταν ο διακόπτης. Η εμβέλειά τους όμως περιορίζεται αφού η επιλογή της θέσης δεν γίνεται με βάση την χρήση και την διαρρύθμιση του χώρου.

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 και τουαλέτες. Ωστόσο χρησιμοποιούνται συχνά και σε χώρους γραφείων. Είναι σημαντικό να επιλεγούν αισθητήρες με κατάλληλο βαθμό ευαισθησίας και να έχει προβλεφθεί κάποια χρονική υστέρηση στο σύστημα, καθώς ο χρήστης μπορεί να παραμείνει ακίνητος για μικρά χρονικά διαστήματα ενώ συνεχίζει να βρίσκεται μέσα στο χώρο και προφανώς δεν επιθυμεί να σβήσουν τα φώτα.

Οι λαμπτήρες που θα χρησιμοποιήσουμε πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Για παράδειγμα να αντέχουν σε συνεχείς εναύσεις και σβέσεις. Επίσης δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες εκκένωσης μεγάλης έντασης, καθώς λαμπτήρες αυτοί απαιτούν κάποιο χρόνο έως την πλήρη έναυση τους και επομένως αρκετά λεπτά για να επανέλθουν σε πλήρη λειτουργία [2].

- Σύζευξη με το φυσικό φωτισμό και αξιοποίησή του

Προκειμένου να εκμεταλλευτούμε τον φυσικό φωτισμό κάποιου χώρου, χωρίς να απαιτείται οι παρέμβαση των χρηστών του για τη ρύθμιση του επιπέδου φωτισμού, μπορούμε να εγκαταστήσουμε συστήματα που λειτουργούν με αισθητήρα φωτισμού. Οι αισθητήρες αυτοί ρυθμίζουν τη στάθμη του τεχνητού φωτισμού ανάλογα με τα ποσά του φυσικού φωτισμού που ανιχνεύουν στο χώρο που είναι τοποθετημένοι. Ο αισθητήρας φωτισμού μπορεί να ελέγχει μια ομάδα φωτιστικών ή ανεξάρτητα φωτιστικά τα οποία βρίσκονται στη ζώνη φυσικού φωτισμού [3]. Ο χρήστης του χώρου μπορεί να καθορίσει το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού καθώς και το εύρος ρύθμισης ως ποσοστό της ονομαστικής απόδοσης του φωτιστικού [35]. Η πιο απλή λύση για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι η τοποθέτηση αισθητήρα φωτός σε κάθε διακριτό χώρο εργασίας ο οποίος ανιχνεύει την ένταση φωτισμού και ρυθμίζει την ένταση του τεχνητού φωτισμού στο επιθυμητό επίπεδο μέσω ρυθμιστή φωτός (dimmer). Το σύστημα αυτό είναι τοπικού χαρακτήρα και δεν συνδυάζεται ούτε επικοινωνεί με αντίστοιχα συστήματα εγκατεστημένα σε άλλους χώρους. Δεν προϋποθέτει δηλαδή την ύπαρξη συστήματος κεντρικής διαχείρισης κτηρίου (BMS). Αντιθέτως, απαραίτητη προϋπόθεση είναι τα υφιστάμενα φωτιστικά να λειτουργούν με ηλεκτρονικά ballast .

Το κριτήριο για την επιλογή συστήματος σύζευξης φυσικού/τεχνητού φωτισμού είναι η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού στο χώρο. Ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα σύζευξης είναι οι χώροι με άπλετο φυσικό φως. Το κόστος εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος είναι μικρό και η επένδυση για την εγκατάστασή του αποσβένεται σύντομα. Επιπροσθέτως δε, οι εργασίες εγκατάστασης μπορούν να διεξαχθούν χωρίς να υπάρχει σοβαρή διατάραξη της επαγγελματικής δραστηριότητας του κτηρίου.

Τα πιο κοινά συστήματα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού είναι:

- Συστήματα έναυσης / σβέσης: ένα τέτοιο σύστημα το οποίο προκαλεί ξαφνικές και έντονες αλλαγές της στάθμης φωτισμού μπορεί να προκαλεί δυσαρέσκεια στους χρήστες. Αυτός ο τύπος ενδείκνυται για χώρους που δέχονται άπλετο φυσικό φως και η συχνότητα έναυσης και σβέσης είναι περιορισμένη. Επίσης, είναι σημαντικό να προβλέπεται χρονική υστέρηση στο σύστημα ελέγχου ώστε να λαμβάνει υπόψη π.χ. την κινούμενη νέφωση.
- Βηματικά συστήματα: είναι ίδια με τα προηγούμενα αλλά με μία ή δύο ενδιάμεσες θέσεις έντασης φωτισμού μεταξύ των θέσεων έναυσης και σβέσης.
- Συστήματα ρύθμισης φωτεινής ροής: Αυτά εξασφαλίζουν ότι η συνολική ποσότητα φυσικού και τεχνητού φωτισμού φτάνει πάντοτε τη στάθμη στην οποία έχει ρυθμιστεί το σύστημα. Εάν η απαιτούμενη στάθμη εξασφαλίζεται μόνο με φυσικό φως τότε η ροή του τεχνητού συστήματος μηδενίζεται. Σε αντίθεση με το σύστημα έναυσης / σβέσης, το σύστημα ελέγχου φωτεινής ροής δεν είναι απότομη και δεν γίνεται έντονα αντιληπτή από τους χρήστες. Η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας που προσφέρει είναι μεγαλύτερη.

Η συχνότητα λειτουργίας των συμβατικών μαγνητικών ballast, 50Hz, τα καθιστά ακατάλληλα για ρύθμιση της έντασης φωτισμού (dimming) καθώς τα κυκλώματα που ρυθμίζουν τη φωτεινότητα των λαμπτήρων λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες οι οποίες εκτείνονται στην περιοχή συχνοτήτων των ηλεκτρονικών ballast, αλλά και πέραν αυτής. Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ballast επέτρεψε τη χρήση των συστημάτων αυτών και στο φωτισμό φθορισμού, ιδιαίτερα σε εμπορικούς χώρους. [35].

Γενικά, εάν ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις φωτισμού για μεγάλο διάστημα της ημέρας, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Έρευνες έχουν δείξει ότι η πιθανότητα έναυσης του τεχνητού συστήματος, από τους εργαζόμενους όταν εισέρχονται στο χώρο εργασίας, έχει άμεση σχέση με την παροχή φυσικού φωτισμού. Επίσης όταν οι χρήστες ανάψουν το τεχνητό σύστημα κατά την είσοδό τους στο χώρο, σπανίως το σβήνουν κατά τη διάρκεια της ημέρας. [36]

Η εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων ελέγχου του φωτισμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται. Σε κτήρια γραφείων η κατανάλωση ενέργειας, στατιστικά, μπορεί να μειωθεί κατά 30% έως 50%. Η απόσβεση του κόστους εφαρμογής μπορεί συχνά να επιτευχθεί σε 2-3 έτη.

Τόσο η αυτόματη, όσο και η χειροκίνητη έναυση και σβέση των λαμπτήρων έχει επιπτώσεις στο χρόνο ζωής των λαμπτήρων. Εντούτοις, αυτή η επίδραση είναι ελάχιστη, ενώ το ενεργειακό όφελος από το σβήσιμο των λαμπτήρων καλύπτει το κόστος μείωσης του χρόνου ζωής τους. Υπό την προϋπόθεση ότι οι λαμπτήρες πρόκειται να παραμένουν σβηστοί για χρονικό διάστημα περισσότερο των δύο ή τριών λεπτών, είναι πάντα οικονομικά αποδοτικότερο να σβήνουν.

Στα συστήματα ελέγχου φωτισμού μπορούν να συνδυαστούν διάφορες στρατηγικές. Για παράδειγμα, επιτυχείς εγκαταστάσεις για διαδρόμους γραφείων ή ξενοδοχείων μπορεί να συνδυάσουν α) κεντρικό χρονικό προγραμματισμό έναυσης/σβέσης των φωτιστικών, β) σβήσιμο των

φωτιστικών σωμάτων κατά την διάρκεια του μεσημεριανού γεύματος έτσι ώστε να μειωθεί η κατανάλωση, γ) σύζευξη με τον φυσικό φωτισμό στα φωτιστικά σώματα κοντά στα παράθυρα και δ) τοποθέτηση τοπικών διακοπών, έτσι ώστε μόνο οι χώροι που χρησιμοποιούνται εκείνη τη χρονική διάρκεια να είναι φωτισμένοι. Οι ανιχνευτές παρουσίας που εγκαθίστανται σε κάθε φωτιστικό μπορούν επίσης να περιλάβουν αισθητήρες φυσικού φωτισμού. Αυτός ο τύπος ολοκληρωμένου συστήματος ελέγχου μπορεί να λύσει το πρόβλημα που δημιουργείται σε χώρους ιδιόμορφου σχήματος ή όπου η σύνδεση με άλλο σύστημα ελέγχου είναι δύσκολη.

## 2.8 Συστήματα διαχείρισης του φωτισμού

Τα συστήματα κεντρικής διαχείρισης κτιρίων BMS (Building Management System) περιλαμβάνονται συστήματα ελέγχου πυρόσβεσης - πυροπροστασίας, ασφάλειας, φωτισμού, θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού όλων των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων μεγάλων κτιρίων (κτιρίων γραφείων, ξενοδοχείων, νοσοκομείων, βιομηχανιών) [37].

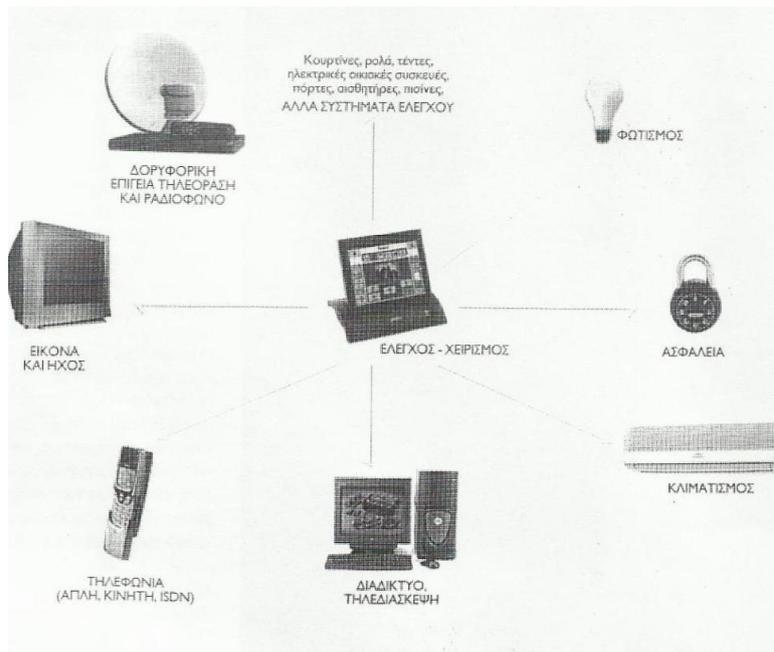
Τα αντικείμενα ελέγχου ενός συστήματος BMS είναι:

- Η ενεργειακή διαχείριση του κτηρίου
- Η εφαρμογή σεναρίων φωτισμού.
- Η δυνατότητα βελτίωσης της ασφάλειας του κτηρίου με παρακολούθηση των χώρων
- Η δυνατότητα τηλε-ελέγχου επιλεγμένων χώρων του κτηρίου καθώς και τηλε-διαχείρισης όλης της εγκατάστασης.
- Ο έλεγχος και η καταγραφή φυσικών μεγεθών (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, πίεση κ.α.)

Σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων BMS, απέναντι στους συμβατικούς αυτοματισμούς, είναι η ικανότητα διαχείρισης αναλογικών σημάτων (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, πίεση κ.α.), η ευκολία προσαρμογής σε νέα σενάρια, καθώς επίσης και η δυνατότητα καταγραφής όλων των μεγεθών και των σφαλμάτων.

Η ορθολογική χρήση ενέργειας είναι μια μόνο από τις παραμέτρους που επηρεάζεται από την ύπαρξη αυτών των συστημάτων και η συνεπαγόμενη εξοικονόμηση ενέργειας ένα μόνο από τα πλεονεκτήματα της λειτουργίας τους. Όλες οι λειτουργίες των αυτοματισμών της προηγούμενης παραγράφου μπορούν να εκτελεστούν από ένα στοιχειώδες BMS.

Τα BMS εξοικονομούν ενέργεια στη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων, στο φωτισμό αλλά και σε άλλες καταναλώσεις (ζεστό νερό χρήσης, αρδεύσεις, ανελκυστήρες κ.λπ.). Έχει διαπιστωθεί με μετρήσεις εξειδικευμένων φορέων ότι η εγκατάσταση συστήματος κεντρικής διαχείρισης επιτυγχάνει εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό από 10% έως 35% ανάλογα με το είδος της χρήσης του κτηρίου.



**Εικόνα 2.9:** Έλεγχος συστημάτων από BMS [37]

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός σύγχρονου συστήματος διαχείρισης φωτισμού διαφέρει από τη συμβατική, καθώς ενσωματώνει τις νέες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών ως εκ τούτου το κόστος εγκατάστασης συστήματος BMS 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. Οποιασδήποτε, για την εγκατάσταση BMS απαιτείται τεchnοοικονομική μελέτη η οποία θα εκτιμήσει το χρόνο απόσβεσης σύμφωνα με τις λειτουργίες του κτηρίου. Η συνεχιζόμενη διείσδυση των BMS στην κατασκευή κτιρίων και η συνεπαγόμενη αύξηση των πωλήσεων θα μειώσει περαιτέρω το κόστος τους και το χρόνο απόσβεσης.

## Διεθνή πρότυπα, οδηγίες και κανόνες που αφορούν στο φωτισμό

---

### 3.1 Εισαγωγή

Προκειμένου να ανταποκριθούν στις σύγχρονες απαιτήσεις τα διεθνή πρότυπα λαμβάνουν υπόψη την ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας. Με τον περιορισμό αυτό, καθορίζουν την απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού βάσει της χρήσης και των λειτουργικών απαιτήσεων κάθε χώρου αλλά και την ποιότητα 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 contrast κλπ. [2]

### 3.2 Πρότυπα

Τα πρότυπα είναι, πρακτικές και κατευθυντήριες γραμμές που σκοπό έχουν να προωθήσουν την εύρυθμη λειτουργία ορισμένων τομέων κάθε χώρας και δημιουργούνται από ευρέως διαδεδομένες και αναγνωρισμένες αρχές. Η υιοθέτηση και η εφαρμογή τους είναι προαιρετική και νομικά μη δεσμευτική [38].

Στον τομέα του φωτισμού, ο μεγαλύτερος οργανισμός που συντάσσει και διαχειρίζεται τα διεθνή πρότυπα είναι ο Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), διαπιστευμένο μέλος του οποίου είναι από το 2002 και η Ελληνική Επιτροπή Φωτισμού (ΕΦΕ) . Η CIE είναι διαρθρωμένη σε επτά τομείς, καθένας απ' τους οποίους ασχολείται με διαφορετικό επιστημονικό πεδίο και εκδίδει τα σχετικά διεθνή πρότυπα. Οι τομείς είναι:

- Όρασης και χρώματος
- Μέτρησης φωτός και ακτινοβολίας

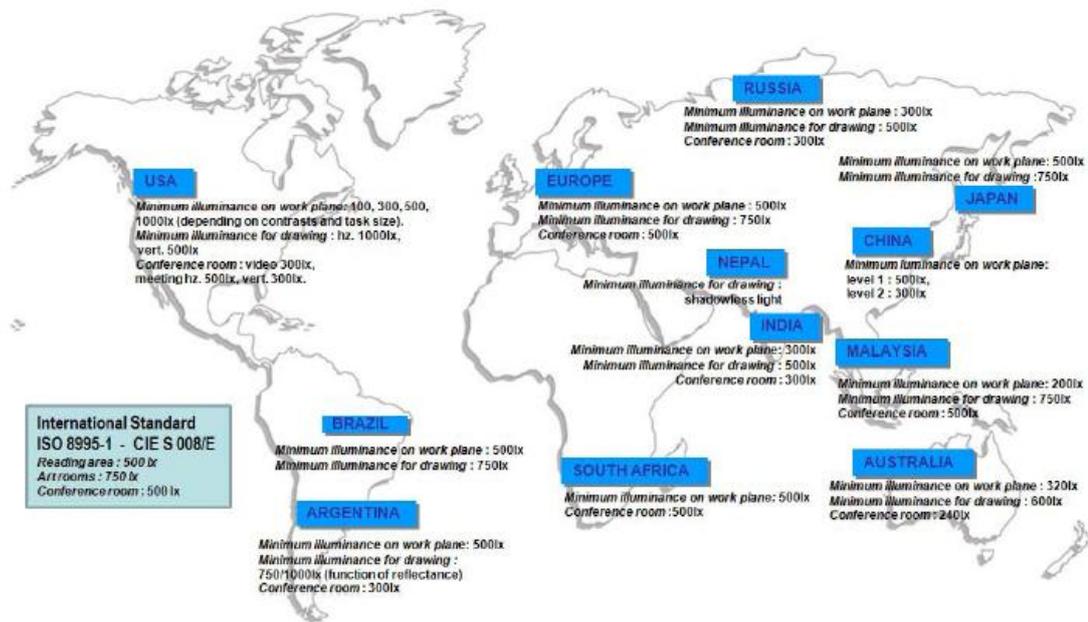
- Εσωτερικού φωτισμού
- Οδικού φωτισμού
- Εξωτερικού φωτισμού και άλλων ειδικών εφαρμογών
- Φωτοβιολογίας και φωτοχημείας
- Τεχνολογίας εικόνας

Ειδικότερα σχετικά με τον εσωτερικό φωτισμό η CIE έχει εκδώσει αρκετές προτάσεις και σε συνεργασία με την ISO συνέταξαν το ISO 8995-1 (CIE, 2001/ISO 2002) ένα διεθνές πρότυπο που δίνει τις κατευθυντήριες γραμμές του φωτισμού χώρων εργασίας [39].

Εκτός από την CIE και η IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) ασχολείται ενεργά με την έκδοση προτάσεων για τον φωτισμό. Ο οργανισμός αυτός εκδίδει ένα εκτενές εγχειρίδιο για τον φωτισμό, το IES Lighting Handbook.

Στην Ευρώπη, οργανισμοί που εντέλλονται να εκδώσουν πρότυπα είναι η CEN και η CENELEC. Οι φορείς μέλη της CEN και CENELEC, μεταξύ των οποίων και ο ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης), είναι υποχρεωμένοι να υιοθετήσουν ορισμένα πρότυπα ως εθνικά. Αν και η χρήση των προτύπων είναι προαιρετική, αποτελεί μονόδρομο, αφού σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να αναπτυχθεί τεχνολογία και δοκιμές που να καλύπτουν τις ουσιώδεις απαιτήσεις των νόμων που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση κατά ισοδύναμο με τα πρότυπα τρόπο.

Εφόσον η εφαρμογή των προτάσεων της CIE δεν είναι υποχρεωτικές, κάθε χώρα τις έχει εφαρμόσει διαφορετικά ή έχει επηρεαστεί περισσότερο από τις προτάσεις της IESNA. Αποτέλεσμα αυτού είναι τα στοιχεία που αφορούν τον φωτισμό να διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Για παράδειγμα η συνιστώμενη ένταση φωτισμού παρουσιάζει διαφορές. Αν και οι διαφορές αυτές δεν είναι σημαντικές καθώς οι περισσότερες χώρες τείνουν να εναρμονιστούν με το πρότυπο της CIE. Για παράδειγμα το πρότυπο ISO 8995-1:2002 (CIE 2001/ISO 2002) που αναφέραμε παραπάνω αναφέρει ότι η ένταση φωτισμού σε γραφεία δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 200 lx. Στην σύγκριση των προτάσεων φωτισμού που έγινε για 11 αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες εντοπίστηκε ότι ο περιορισμός αυτός ικανοποιείται σχεδόν σε όλες τις χώρες με τις περισσότερες να προτείνουν ένταση φωτισμού 500 lx. Ωστόσο χαμηλότερα όρια έχουν τεθεί στην Ινδία (300 lx), την Δανία (300 lx) και την Αυστραλία (320 lx). [33]



**Εικόνα 3.1:** Ελάχιστη ένταση φωτισμού σε γραφεία, σχεδιαστήρια και αίθουσες συνεδριάσεων σε διάφορες χώρες [33].

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης τα πρότυπα που καθορίζουν τις αρχές σχεδιασμού του συστήματος φωτισμού σε εσωτερικούς χώρους και τις συνιστώμενες τιμές καταναλώσεων είναι τα EN 12464-1: 2002 και EN 15193 : 2007 αντίστοιχα. Επιπρόσθετα στα πλαίσια των εθνικών κανονισμών για ενεργειακή αποδοτικότητα έχουν υιοθετηθεί διάφορες προσεγγίσεις από τα κράτη μέλη.

Ο φωτισμός πρέπει να διασφαλίζει ότι όσοι βρίσκονται στο χώρο εργασίας είναι ασφαλείς και σε θέση να εκτελούν τα καθήκοντά τους. Αυτό πραγματοποιείται, στις ενεργειακά αποδοτικές εγκαταστάσεις φωτισμού, στις οποίες εξασφαλίζεται η άνεση, η ασφάλεια και η απόδοση. Το πρότυπο EN 12464-1 καθορίζει απαιτήσεις που πρέπει του σύστημα φωτισμού να ικανοποιεί και σχετίζονται με τη δημιουργία συνθηκών οπτικής άνεσης με την επίτευξη συγκεκριμένων τιμών φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας ανάλογα με τη δραστηριότητα, τη διαβάθμιση αυτών των τιμών σε αυτή, τον περιορισμό της θάμβωσης με τον καθορισμό ανώτατης τιμής για τον δείκτη θάμβωσης καθώς επίσης και τον καθορισμό ελάχιστης τιμής για τον δείκτη χρωματικής απόδοσης των λαμπτήρων.

Το πρότυπο EN 15193 καθορίζει εύρη τιμών εγκατεστημένης ισχύος για διάφορους τύπους κτηρίων. Στη συνέχεια με τη χρήση των ωρών λειτουργίας εκτιμάται η ετήσια κατανάλωση στην οποία προστίθεται η παρασιτική κατανάλωση (π.χ. αναμονή dimmable ballast) και η κατανάλωση από το σύστημα ασφαλείας. Το σύνολο δια την επιφάνεια του χώρου ονομάζεται LENI (Lighting Energy Numeric Indicator, kWh/m<sup>2</sup>).

## 3.3 Ευρωπαϊκές οδηγίες

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θεσπίζει νομοθεσία, τις γνωστές Ευρωπαϊκές Οδηγίες. Οι Οδηγίες αυτές μεταφέρονται εντός καθορισμένου χρονικού διαστήματος στο εθνικό Δίκαιο των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής ένωσης. Για την εφαρμογή των Οδηγιών τα κράτη-μέλη στηρίζονται στα πρότυπα.

Πιο κάτω παρατίθενται οι πιο σημαντικές υφιστάμενες και προτεινόμενες ευρωπαϊκές οδηγίες που αφορούν ή σχετίζονται με τον φωτισμό.

### 3.3.1 Energy Performance of Buildings Directive EPBD (2002/91/EK)

Η οδηγία αυτή που τροποποιήθηκε από την 2010/31/ΕΕ θέτει ως στόχο να προωθήσει τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Ένωσης λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων καθώς και τη σχέση κόστους/οφέλους. Κάθε κτήριο κατατάσσεται με βάση την κατανάλωση ενέργειας. Ο ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός συντελεί σε υψηλό επίπεδο κατάταξης του κτηρίου, και κατά συνέπεια συμβάλει στην αναβάθμιση της αξίας αυτού χωρίς υψηλό κόστος.

Τα βασικά σημεία της οδηγίας είναι:

α) η δημιουργία μιας κοινής μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της συνολικής ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.

Κάθε κράτος μέλος πρέπει να λαμβάνει υπόψη ορισμένα στοιχεία, και συγκεκριμένα:

- τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτηρίου (θερμοχωρητικότητα, μόνωση, κλπ.)
- την εγκατάσταση θέρμανσης και παροχής ζεστού νερού, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των μονώσεων τους
- τις εγκαταστάσεις κλιματισμού
- τον φυσικό και μηχανικό αερισμό
- τον σχεδιασμό, την θέση και τον προσανατολισμό του κτηρίου, περιλαμβανομένων των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών
- τα παθητικά ηλιακά συστήματα και ηλιακή προστασία
- την ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού (κυρίως στον τομέα που δεν αφορά την κατοικία)
- τις εσωτερικές κλιματικές συνθήκες
- τα εσωτερικά θερμικά φορτία

Για την κατάταξη του κτηρίου λαμβάνεται υπόψη η θετική επίδραση παραγόντων όπως οι τοπικές συνθήκες έκθεσης στον ήλιο, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και άλλα συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρισμού βασιζόμενα σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ή ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη με συμπαραγωγή, συστήματα τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου και η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού.

β) Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για κτήρια καθορίζονται από τα κράτη μέλη με στόχο να επιτευχθούν τα βέλτιστα επίπεδα από πλευράς κόστους. Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενέργειας θα πρέπει να αναθεωρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα τα οποία δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα πέντε έτη.

Ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης θεσπίζονται και για τα δομικά στοιχεία που αποτελούν τμήμα του κελύφους του κτηρίου και έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση του κελύφους, όταν τοποθετούνται εκ των υστέρων ή αντικαθίστανται. Κατά τον καθορισμό των μέτρων, τα κράτη μέλη δύνανται να κάνουν διάκριση μεταξύ νέων και υφιστάμενων κτηρίων και μεταξύ διάφορων κατηγοριών κτηρίων ακόμα και να μην εφαρμόσουν τις απαιτήσεις της οδηγίας πχ σε χώρους λατρείας ή ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής αξίας καθώς και σε μεμονωμένα κτήρια με συνολική ωφέλιμη επιφάνεια μικρότερη από 50 m<sup>2</sup>.

γ) Κτήρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτήρια πρέπει να έχουν σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Νέα κτήρια που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες ή είναι ιδιοκτησίας τους πρέπει να συμμορφωθούν με το κριτήριο αυτό μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2018.

Για να ενθαρρύνει την αύξηση του αριθμού των κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προωθεί τη δημιουργία εθνικών σχεδίων, τα οποία περιλαμβάνουν ενδιάμεσους στόχους για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των νέων κτιρίων μέχρι το 2015 και παρέχει πληροφορίες για τις πολιτικές και τα χρηματοδοτικά μέτρα που λαμβάνονται για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

δ) Πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης. Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης περιλαμβάνει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου και τιμές αναφοράς, όπως ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, ώστε να επιτρέπει στους ιδιοκτήτες ή τους ενοικιαστές του κτηρίου ή της κτηριακής μονάδας να συγκρίνουν και να αξιολογούν την ενεργειακή απόδοσή του. Η έκδοσή του απαιτείται:

- για κτήρια που κατασκευάζονται, πωλούνται ή εκμισθώνονται σε νέο ενοικιαστή και
- για κτήρια στα οποία συνολική επιφάνεια άνω των 500 m<sup>2</sup> χρησιμοποιείται από δημόσια αρχή και τα οποία επισκέπτεται συχνά το κοινό.

Μετά την έκδοσή του ισχύει για 10 χρόνια.

ε) Ανεξάρτητοι εμπειρογνώμονες- ανεξάρτητο σύστημα ελέγχου. Η πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων να διεξάγεται με ανεξάρτητο τρόπο από εμπειρογνώμονες, είτε αυτοαπασχολούμενους είτε υπαλλήλους δημόσιων φορέων ή ιδιωτικών επιχειρήσεων στους οποίους παρέχεται διαπίστευση λαμβανομένων υπόψη των προσόντων τους. Επίσης τα κράτη μέλη πρέπει να μεριμνήσουν για την θέσπιση ανεξάρτητων συστημάτων ελέγχου των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης.

### 3.3.2 ErP Energy-related Products Directive (2009/125/EC)

Η Οδηγία 2009/125/EC που ψηφίστηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τέθηκε σε ισχύ στις 20 Νοεμβρίου 2009. Η οδηγία αυτή καθορίζει το νομικό πλαίσιο των απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα προϊόντα που συνδέονται με την ενέργεια, περιλαμβανομένων των προϊόντων φωτισμού. Προκειμένου να επιτραπεί η διάθεση αυτών των προϊόντων στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης, να επιτραπεί να φέρουν δηλαδή το σήμα CE, πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού. Η αρχική οδηγία EuP Energy-using Products Directive (2005/32/EC) κάλυπτε μόνο τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια. Με την τροποποίηση του 2009 το πεδίο εφαρμογής της διευρύνθηκε ώστε να περιλάβει και τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα.

Ως συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα ορίζονται τα προϊόντα αυτά που, κατά τη χρήση τους, έχουν επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται και τα εξαρτήματα που προορίζονται να ενσωματωθούν σε συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα και των οποίων οι περιβαλλοντικές επιδόσεις μπορούν να αξιολογούνται με ανεξάρτητο τρόπο.

Στόχος της οδηγίας είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των προϊόντων που σχετίζονται με την ενέργεια και ως εκ τούτου να συμβάλει στις προσπάθειες για την επίτευξη των ευρωπαϊκών στόχων για την προστασία του κλίματος. Ωστόσο, δεν καλύπτει μόνο τη χρήση ενεργειακών προϊόντων, αλλά αποσκοπεί στη μείωση των συνολικών αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που μπορούν να προκύψουν από τα προϊόντα αυτά.

Για την εφαρμογή της οδηγίας EuP αναφορικά με τον φωτισμό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε δύο κανονισμούς (EN.244/2009 και EN.245/2009) οικολογικού σχεδιασμού για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των οικιακών λαμπτήρων. Οι κανονισμοί αποτελούν δεσμευτικό νόμο για όλα τα κράτη μέλη, εφαρμόζονται άμεσα με την δημοσίευσή τους στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και δεν προϋποθέτουν την δημιουργία εθνικών μέτρων εφαρμογής. Οι δύο κανονισμοί καθορίζουν απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που θα εξοικονομήσουν περίπου 80 TWh και θα οδηγήσουν σε μείωση κατά περίπου 32 εκατ. τόνων εκπομπών CO<sub>2</sub> ετησίως. Ως αποτέλεσμα αυτών των κανονισμών, 11 δισ. ευρώ



**Εικόνα 3.2:** Χρονοδιάγραμμα απόσυρσης μη αποδοτικών λαμπτήρων  
Πηγή: ec.europa.eu

αναμένεται να εξοικονομηθούν και να διοχετευθούν στην ευρωπαϊκή οικονομία. Ο κανονισμός 244/2009 καθορίζει απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού για τη διάθεση, στην αγορά, μη διευθυντικών οικιακών λαμπτήρων συμπεριλαμβανομένων εκείνων που πωλούνται για μη οικιακή χρήση ή ενσωματώνονται σε άλλα προϊόντα. Στον παρόντα κανονισμό καθορίζονται, επίσης, απαιτήσεις για την παροχή πληροφοριών σχετικά με τους λαμπτήρες ειδικού σκοπού. Με τον κανονισμό 245/2009, που τροποποιήθηκε από τον κανονισμό 347/2010, καθορίζονται οι απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού για τους λαμπτήρες φθορισμού χωρίς ενσωματωμένα στραγγαλιστικά πηνία, για τους λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής έντασης καθώς και για τα στραγγαλιστικά πηνία και φωτιστικά σώματα που είναι ικανά να λειτουργούν με τους εν λόγω λαμπτήρες [40].

### 3.3.3 Οδηγία 2002/96/EK WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment)

Η Ευρωπαϊκή Νομοθεσία περί Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού απαιτεί τη συλλογή και την ανακύκλωση όλων των τύπων λαμπτήρων, των σχετικών φωτιστικών & οργάνων λειτουργίας (εκτός από τους λαμπτήρες πυράκτωσης & αλογόνων). Οι κατασκευαστές και οι εισαγωγείς είναι υπεύθυνοι για αυτή τη διαδικασία, ενώ το κόστος συλλογής και ανακύκλωσης καλύπτεται από μια μικρή επιβάρυνση επί της τιμής του κάθε λαμπτήρα (συμπεριελήφθησαν και οι λαμπτήρες LED).

Ο κύριος στόχος της οδηγίας WEEE είναι να μην καταλήγουν τα ηλεκτρονικά προϊόντα σε χώρους απόρριψης αποβλήτων ή σε αποτεφρωτήρες. Επιδιώκεται δηλαδή να προστατευθεί η ποιότητα του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας με τη συνετή χρήση των φυσικών πόρων και την υιοθέτηση στρατηγικών διαχείρισης των αποβλήτων που στηρίζονται στην ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση.

Επίσης, ο κύκλος ζωής του προϊόντος ολοκληρώνεται με την ανακύκλωση, προάγοντας περαιτέρω την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση για όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Οι διατάξεις της οδηγίας WEEE τέθηκαν σε ισχύ από τις 13 Αυγούστου του 2005. Μετά την παρέλευση αυτής της ημερομηνίας, όλοι σχεδόν οι κατασκευαστές ηλεκτρικού εξοπλισμού φέρουν ευθύνη για τα προϊόντα τους στο τέλος της ωφέλιμης διάρκειας ζωής τους. Η ευθύνη των κατασκευαστών περιλαμβάνει την ικανοποίηση των απαιτήσεων ως προς τη



Εικόνα 3.3: Λογότυπο οδηγίας WEEE

σήμανση, την παροχή πληροφοριών στους τελικούς χρήστες, τις εγκαταστάσεις προώθησης και επεξεργασίας, τη διαθεσιμότητα μιας υποδομής περισυλλογής, την υποβολή δεδομένων πωλήσεων και ανάκτησης και τη χρηματοδότηση του κόστους που ανακύπτει με την εφαρμογή της οδηγίας WEEE μόνο σε χώρες όπου τα προϊόντα μας εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της οδηγίας WEEE.

### 3.3.4 Οδηγία 2002/95/EC RoHS (Restriction of Hazardous Substances)

Ο σκοπός της οδηγίας RoHS (για τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό) της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) είναι να μειώσει τη χρήση ουσιών που δημιουργούν ενδεχόμενους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον. Η οδηγία RoHS 2, 2011/65/EU αποτελεί αναδιατύπωσή της και θέτει κάποιους νέους περιορισμούς.



Εικόνα 3.4: Λογότυπο οδηγίας RoHS

Οι διατάξεις της οδηγίας RoHS επέβαλλαν την απαγόρευση πώλησης, μετά την 1η Ιουλίου του 2006, ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στην ΕΕ, ο οποίος περιέχει τις παρακάτω έξι ουσίες σε συγκέντρωση πάνω από τα προβλεπόμενα μέγιστα όρια (κατά βάρος) σε ομοιογενή υλικό:

- Κάδμιο (0,01 %)
- Μόλυβδος (0,1 %)
- Υδράργυρος (0,1 %)
- Εξασθενές χρώμιο (0,1 %)
- Πολυβρωμοδιφαινύλια (PBB) (0,1 %)
- Πολυβρωμοδιφαιθυλαίθρες (PBDE) (0,1 %)

Οι κατηγορίες συσκευών που καλύπτονται από τη νομοθεσία είναι περίπου οι ίδιες με αυτές που καλύπτονται από την Οδηγία WEEE και περιλαμβάνουν:

- Μεγάλες και μικρές οικιακές συσκευές
- Εξοπλισμό IT & τηλεπικοινωνιών
- Καταναλωτικό εξοπλισμό (TV, βίντεο, hi-fi, κ.τ.λ.)
- Παιγνίδια
- Φωτισμό
- Ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά εργαλεία (εξαιρούνται τα βιομηχανικά εργαλεία)

- Εξοπλισμό ψυχαγωγίας και σπορ.

Στον φωτισμό η οδηγία RoHS περιορίζει τη χρήση ορισμένων επικίνδυνων ουσιών π.χ. υδράργυρος σε λαμπτήρες φθορισμού, συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού, λαμπτήρες εκκένωσης κ.λπ.

Από τις 22 Ιουλίου 2011 τέθηκε σε ισχύ η οδηγία RoHS2 με την οποία τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να συμμορφωθούν μέχρι τις 2 Ιανουαρίου 2013. Η οδηγία αυτή θέτει επιπλέον περιορισμούς και διευρύνει τον όρο ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά προϊόντα ώστε να συμπεριλάβει επιπλέον συσκευές (πχ ιατρικά μηχανήματα)

### 3.3.5 Οδηγία 98/11/EK για την ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών λαμπτήρων

Η Ετικέτα Ενεργειακής Απόδοσης έχει σχεδιαστεί προκειμένου να διευκολύνει την επιλογή προϊόντων με υψηλότερη ενεργειακή απόδοση. Με την οδηγία αυτή τα πακέτα των λαμπτήρων φωτισμού πρέπει υποχρεωτικά να φέρουν συγκεκριμένη σήμανση ενεργειακής απόδοσης που υποδεικνύει την κατηγορία που κατατάσσεται ο λαμπτήρας. Η υψηλότερη κατηγορία (π.χ. A) σημαίνει υψηλότερα πρότυπα ποιότητας, όπως την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές, την συμβολή σε μικρότερα πόσα CO<sub>2</sub>, κ.λπ.



**Εικόνα 3.5:** Λογότυπο οδηγίας 98/11/EK  
Πηγή: ec.europa.eu

Εξακολουθούν να υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάλογα με τον τύπο του λαμπτήρα. Για την ίδια φωτεινότητα, ένας λαμπτήρας φθορισμού μικρού μεγέθους (κατηγορία A) χρειάζεται μόλις το ένα τρίτο της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει ένας βελτιωμένος λαμπτήρας πυράκτωσης (κατηγορία C).

## 3.4 Νόμος 3661/08 και Κ.Εν.Α.Κ.

Για την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2002/91/EK τον Μάιο του 2008 ψηφίστηκε ο Νόμος 3661 που στοχεύει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε νέα και υφιστάμενα κτήρια. Ο νόμος 3661 ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας και προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων.

Σύμφωνα με το νέο νόμο εγκρίνεται κανονισμός που καθορίζει τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ), λαμβάνοντας υπ' όψιν μια σειρά από χαρακτηριστικά όπως

θέρμανση/κλιματισμός, φωτισμός, εξαερισμός, παθητικά/ενεργητικά ηλιακά συστήματα, χρήση ΑΠΕ κλπ.

Τα κτήρια κατηγοριοποιούνται σε πολυκατοικίες, γραφεία, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κλπ και καθορίζονται αντίστοιχα οι ελάχιστες ενεργειακές προδιαγραφές τους που αναθεωρούνται κάθε πενταετία.

Σημειώνεται ότι οι απαιτήσεις για ελάχιστη ενεργειακή απόδοση αφορούν τα κτήρια (νέα ή όσα υφίστανται ριζική ανακαίνιση) άνω των 1000 τ.μ.

Επιπλέον, με το νέο νόμο, καθιερώνονται, μεταξύ άλλων, η έκδοση Πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, το οποίο είναι απαραίτητο για την ενοικίαση ή την πώληση τους, καθώς και οι Επιθεωρήσεις λεβήτων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού, από ειδικευμένους και διαπιστευμένους ενεργειακούς επιθεωρητές. [41]

Για τον ορθό σχεδιασμό και τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση των συστημάτων τεχνητού φωτισμού, δίνεται πίνακας ελαχίστων απαιτήσεων, για κτήρια εκτός κατοικιών, που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατασκευή ή την ανακαίνιση ενός κτηρίου. Στον πίνακα δίνονται απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς( $W/m^2$ ) γενικού φωτισμού και η στάθμη φωτισμού (lux) για διάφορους χώρους του κτηρίου αναλόγως της λειτουργίας τους. Η τιμή της στάθμης φωτισμού, που δίνεται για κάθε χώρο, είναι η μέση απαιτούμενη εργονομική στάθμη. Τα κριτήρια φωτισμού περιγράφονται αναλυτικά στο EN 12464-1:2002. Επιλεγμένες τιμές του EN 12464-1:2002 παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 8.1 :** Στάθμη γενικού φωτισμού ανά χρήση κτηρίου.

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

Η ενεργειακή επιθεώρηση του συστήματος φωτισμού πραγματοποιείται στο πλαίσιο της επιθεώρησης και της ενεργειακής πιστοποίησης του κτηρίου. Ο επιθεωρητής κατά την διάρκεια της επιθεώρησης του συστήματος φωτισμού καταγράφει:

A. Γενικά στοιχεία του κτηρίου και συγκεκριμένα, τη χρήση του κτηρίου, τα χαρακτηριστικά γεωμετρικά μεγέθη (εμβαδόν, όγκος), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας (ώρες), την παλαιότητα του συστήματος φωτισμού (χρόνο εγκατάστασης) κλπ.

B. Αναλυτικά στοιχεία του συστήματος φωτισμού και συγκεκριμένα, τον τύπο και αριθμό φωτιστικών σωμάτων και των στραγγαλιστικών διατάξεων, τον τύπο και τον αριθμό των λαμπτήρων, τις διατάξεις και τα συστήματα ελέγχου κλπ.

Όσον αφορά στην ηλεκτρική κατανάλωση, συνήθως, δεν είναι δυνατό να μετρηθεί αναλυτικά. Τα δεδομένα για την ενεργειακή κατανάλωση των λαμπτήρων και των στραγγαλιστικών διατάξεων θα πρέπει να λαμβάνονται από καταλόγους κατασκευαστών. Τα δεδομένα που συλλέγονται θα πρέπει να δίνουν την δυνατότητα να υπολογισθεί η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό (σε kW) και η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση για φωτισμό (σε kWh/yr) στο κτήριο.

Η καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων πραγματοποιείται ανά ενότητα χώρων ενιαίας χρήσης και λειτουργικού ωραρίου.

Μετά την επιτόπια επιθεώρηση, ο Επιθεωρητής προσδιορίζει τα πεδία που μπορούν να βελτιωθούν, συντάσσει έκθεση Ενεργειακής Επιθεώρησης με τα αποτελέσματα της επιθεώρησης και προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Η έκθεση αποτελείται από το συμπληρωμένο έντυπο καταγραφής στοιχείων, περιλαμβανομένων των συστάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος. [41]

## 3.5 Προγράμματα

### 3.5.1 Energy star

Το πρόγραμμα "Energy star" ξεκίνησε το 1992 από την Αμερική και πλέον έχει διαδοθεί σε πολλές χώρες ανάμεσα στις οποίες η Κίνα, η Αυστραλία και ο Καναδάς ενώ το 2001 εφαρμόστηκε και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το πρόγραμμα αυτό αποσκοπεί στην κατασκευή και στην προώθηση ενεργειακά αποδοτικών προϊόντων, τα οποία φέρουν το λογότυπο "Energy star". Τα κριτήρια του προγράμματος που πρέπει να πληρούν τα προϊόντα ορίζονται από την ανεξάρτητη επιτροπή Energy Saving Trust και αναθεωρούνται σε ετήσια βάση. Η επιτροπή ελέγχει επίσης ένα ποσοστό αυτών των προϊόντων, ώστε να διασφαλισθεί ότι είναι ενεργειακά αποδοτικά.

Υπάρχουν πολλές ομάδες προϊόντων που μπορούν να φέρουν το λογότυπο "Energy star", μεταξύ των οποίων λευκές συσκευές, θερμοσίφωνες, λαμπτήρες και φωτιστικά. Ειδικότερα για τους λαμπτήρες στην ιστοσελίδα του προγράμματος υπάρχει πλήρης κατάλογος των προϊόντων και αναφέρει την ισχύ τους, την φωτεινή ροή, την διάρκεια ζωής και την θερμοκρασία χρώματος. Για να πλήρη το κριτήριο της φωτεινής απόδοσης ένας συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού έως 10W θα πρέπει να παρέχει 50 lm/W, 55lm/W για ισχύ 10 έως 15W και 65 lm/W όταν ο λαμπτήρας έχει ισχύ μεγαλύτερη από 15 W.



**Εικόνα 3.6:** Λογότυπο προγράμματος Energy Star  
Πηγή: [ec.europa.eu](http://ec.europa.eu)

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση χρησιμοποιείται προς το παρόν μόνο για γραφειακό εξοπλισμό (οθόνες, υπολογιστές και εκτυπωτικά μηχανήματα). [15]

### 3.5.2 Top Runner

Το πρόγραμμα Top Runner τέθηκε σε εφαρμογή στην Ιαπωνία το 1999 με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό και εμπορικό τομέα και στις μεταφορές. Σήμερα έχει ενταχθεί στην Ιαπωνική νομοθεσία και απαιτεί από τους κατασκευαστές να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση των προϊόντων τους.

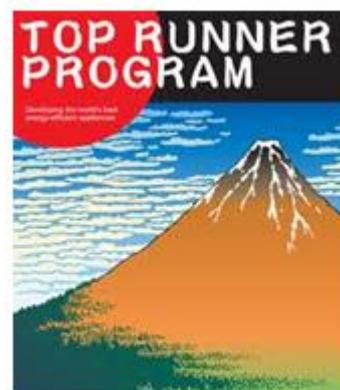
Ανάμεσα στα 21 προϊόντα που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα είναι τα αυτοκίνητα, οι λαμπτήρες φθορισμού, υπολογιστές, λευκές συσκευές και οι τηλεοράσεις. Τα προϊόντα αυτά καταναλώνουν το 70% της ενέργειας στον οικιακό τομέα και το 20% στον εμπορικό. Η ενέργεια που καταναλώνει κάθε προϊόν συγκρίνεται με μια τιμή αναφοράς που είναι συνάρτηση της κατανάλωσης ενέργειας του πιο αποδοτικού προϊόντος της κατηγορίας και των αναμενόμενων τεχνολογικών εξελίξεων που πιστεύεται ότι θα βοηθήσουν στην μείωση της κατανάλωσης. Προφανώς οι τιμές αναφοράς είναι πολύ υψηλές. Οι κατασκευαστές προκειμένου να διαθέσουν τα προϊόντα τους στην αγορά πρέπει βεβαιωθούν ότι η απόδοσή τους είναι καλύτερη από τις τιμές αναφοράς.

Η φωτεινή απόδοση (lm/W) των λαμπτήρων φθορισμού ανάμεσα στις χρονιές 1997 και 2005 βελτιώθηκε περίπου κατά 35,7%, ενώ αρχικά είχε υπολογιστεί ότι η βελτίωση δεν θα ξεπεράσει το 16,6%. [42]

### 3.5.3 GreenLight

Το Εθελοντικό Πρόγραμμα GreenLight θεσπίστηκε το Φεβρουάριο του 2000 από τη Γενική Διεύθυνση Ενέργειας & Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και επιδιώκει την ευαισθητοποίηση του κοινού και των επιχειρήσεων για τις δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού. Στο πλαίσιο του προγράμματος, ιδιωτικοί και δημόσιοι οργανισμοί (725 συμμετοχές έως το 2012) δεσμεύονται απέναντι στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τη μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό. Σημαντικοί ευρωπαϊκοί και ελληνικοί φορείς, αεροπορικές εταιρείες, καθώς και αεροδρόμια της Ισπανίας και της Ιταλίας, συμμετέχουν στο πρόγραμμα GreenLight.

Στην Ελλάδα, το GreenLight προωθείται και



Εικόνα 3.7: Λογότυπο προγράμματος Top Runner



Εικόνα 3.8: Λογότυπο του προγράμματος GreenLight

συντονίζεται από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέσω της εφαρμογής του GreenLight, είναι:

1. Να περιορίσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης
2. Να συμβάλει στη μείωση του ύψους εισαγωγών ενέργειας που παρουσιάζουν τα κράτη-μέλη
3. Να βελτιώσει το περιβάλλον εργασίας

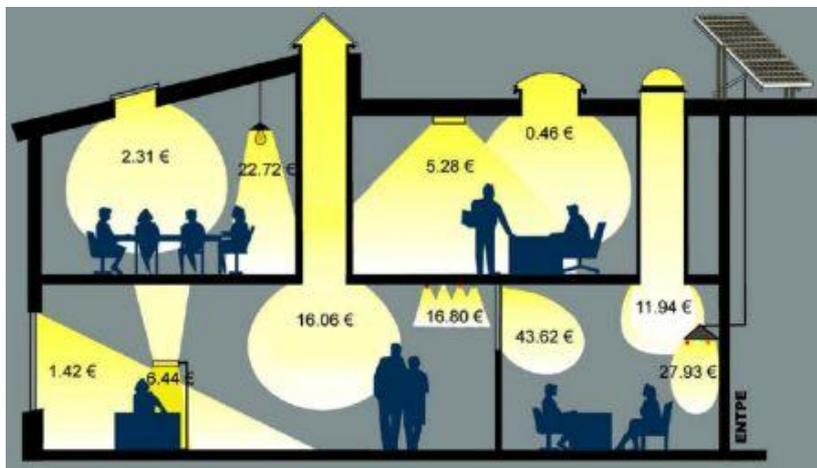
Το GreenLight λειτουργεί σύμφωνα με εθελοντικές συμφωνίες. Οι ενδιαφερόμενοι οργανισμοί του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα προχωρούν σε αντικατάσταση των συστημάτων φωτισμού στις εγκαταστάσεις τους αξιοποιώντας τη γενική τεχνογνωσία που τους παρέχει το πρόγραμμα. Επιπλέον οι συμμετέχουσες εταιρίες έχουν στη διάθεσή τους και τεχνική υποστήριξη, η οποία προσφέρεται από αρμόδιους φορείς για την προώθηση του προγράμματος. Οι εταιρίες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα GreenLight επιτυγχάνουν την αναβάθμιση της υποδομής φωτισμού που διαθέτουν οι εγκαταστάσεις τους, τη δημιουργία υποδομών που αξιοποιούν την τεχνολογία και συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση του λειτουργικού κόστους, τη βελτίωση της ποιότητας του φωτισμού στους χώρους εργασίας και εξασφάλιση καλύτερων συνθηκών εργασίας, τον περιορισμό της εκπομπής ρύπων που ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.



## Οικονομική ανάλυση ενός συστήματος τεχνητού φωτισμού

### 4.1 Εισαγωγή

Ο ποιοτικός φωτισμός είναι επένδυση και μάλιστα με υψηλή προστιθέμενη αξία στο σύγχρονο δομημένο περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό η επιλογή του καταλληλότερου μεταξύ των διαφόρων συστημάτων φωτισμού πρέπει να γίνεται και με βάση οικονομικών κριτηρίων.



**Εικόνα 4.1:** Ετήσιο κόστος διαφόρων μεθόδων τεχνητού και φυσικού φωτισμού. Στις τιμές περιλαμβάνεται το αρχικό κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης. [43]

Σε επίπεδο κόστους, η δαπάνη για την αγορά, εγκατάσταση και λειτουργία συστήματος φωτισμού σε γραφεία αντιπροσωπεύει ελάχιστο ποσοστό, 0,3% κατά μέσω όρο, σε σχέση με την δαπάνη για μισθοδοσία [43]. Επηρεάζει όμως την παραγωγικότητα σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό άρα οι λανθασμένες επιλογές σχεδιασμού που πιθανόν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση στο

σύστημα φωτισμού εξανεμίζονται από απώλειες λόγω παραγωγικότητας. Σε γενικές γραμμές η σύνδεση μεταξύ φωτισμού και παραγωγικότητας δεν μπορεί καθορισθεί με ευκολία λόγω ενός μεγάλου αριθμού παραγόντων (πέραν του φωτισμού) που επηρεάζουν την απόδοση των εργαζομένων (πχ θέα από τα παράθυρα).

Για την αποφυγή της δημιουργίας εγκαταστάσεων που δεν ικανοποιούν τις ανάγκες των χρηστών, η επιλογή του βέλτιστου συστήματος πρέπει να γίνει και βάση αισθητικών και λειτουργικών κριτηρίων και όχι μόνο βάση της οικονομικής ανάλυσης των διαφόρων συστημάτων φωτισμού. [3]

## 4.2 Υπολογισμός κόστους του συστήματος φωτισμού.

Ο υπολογισμός του κόστους ενός συστήματος φωτισμού είναι ουσιώδης, καθώς μπορεί να κρίνει την αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος ή να βοηθήσει στην επιλογή μεταξύ διαφορετικών προτεινόμενων συστημάτων. Στις μεθόδους υπολογισμού που ακολουθούν, δεν λαμβάνουμε υπόψη την χρονική αξία του χρήματος, δηλαδή την επίδραση του χρόνου και του επιτοκίου. Οι μέθοδοι αυτοί μπορούν να δώσουν πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα για επενδύσεις που θα αποσβεσθούν σε μικρό χρονικό διάστημα, γύρω στα τρία έτη. [3]

### 4.2.1 Απλή μέθοδος υπολογισμού

Μια πολύ απλή μέθοδος υπολογισμού του κόστους του συστήματος φωτισμού, που υπολογίζει το κόστος που απαιτείται για παροχή φωτισμού για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια, €/ lumen-hours, είναι η ακόλουθη:

$$\text{Κόστος ανά lumh} = \frac{\text{Συνολικό αρχικό κόστος}}{\text{Συνολικά lum} \times \text{Ώρες λειτουργίας}}$$

Στο αρχικό κόστος μπορούμε να συνυπολογίσουμε το κόστος αγοράς και εγκατάστασης.

Επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις το κόστος ανά lumen είναι πολύ μικρό χρησιμοποιούμε το κόστος ανά εκατομμύρια lumen-hours:

$$\text{Κόστος ανά εκατομμύρια lumh} = \frac{10^6 \times \text{Συνολικό αρχικό κόστος}}{\text{Συνολικά lum} \times \text{Ώρες λειτουργίας}}$$

Προφανώς αυτή είναι μια αρκετά ανακριβής μέθοδος υπολογισμού, καθώς δεν λαμβάνει υπόψη το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος.

## 4.2.2 Αναλυτική μέθοδος

Μια πιο σύνθετη μέθοδος υπολογισμού του κόστους της εγκατάστασης φωτισμού είναι η ανάλυση του κύκλου ζωής του συστήματος και λαμβάνει υπόψη όλα τα κόστη που προκύπτουν καθ' όλη την διάρκεια ζωής του συστήματος. Έτσι το συνολικό κόστος της εγκατάστασης φωτισμού προκύπτει με την άθροιση:

- του αρχικού κόστους (αγοράς και τοποθέτησης του εξοπλισμού),
- του κόστους λειτουργίας και
- του κόστους συντήρησης

Επειδή το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης γίνεται μια φορά στην αρχή της επένδυσης και δεν είναι ετήσιο, όπως το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το κόστος συντήρησης προκειμένου να το αθροίσουμε με τα άλλα δύο το διαιρούμε με τη διάρκεια ζωής του συστήματος, ώστε να εκφραστεί σε € ανά έτος. Εναλλακτικά πολλαπλασιάζουμε το ετήσιο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το ετήσιο κόστος συντήρησης με τη διάρκεια ζωής του συστήματος, ώστε να προκύψουν τα αντίστοιχα συνολικά κόστη και κατόπιν προστίθενται στο αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης. Παρακάτω παρουσιάζουμε αναλυτικά τον τρόπο που προκύπτουν τα κόστη αυτά.

### 4.2.2.1 Αρχικό κόστος

Το αρχικό κόστος  $K_a$ , περιλαμβάνει την αγορά καθώς και την εγκατάσταση του εξοπλισμού. Προκύπτει ως εξής:

$$K_a = \text{Κόστος εξοπλισμού} + [(\text{κόστος εργατεργατοώρας}) \times (\text{h εγκατάστασης})]$$

Το αρχικό κόστος και το κόστος εξοπλισμού μετρώνται σε € και το κόστος εργατοώρας σε €/h.

Το κόστος του εξοπλισμού μπορεί να κυμαίνεται σημαντικά για διαφορετικά προτεινόμενα σενάρια αφού εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως το κόστος των φωτιστικών, των λαμπτήρων και των ballast. Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι και η τοποθέτηση αισθητήρων που μπορεί να ανεβάζει το αρχικό κόστος, παρέχει όμως μεγάλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας.

Ανάλογα με το κόστος της εργατοώρας, μεγάλη επίπτωση στο αρχικό κόστος μπορεί να έχει και η απαιτούμενη ώρα για την ολοκλήρωση της εγκατάστασης. Λαμβάνοντας αυτή την παράμετρο υπόψη, διατίθεται πλέον στην αγορά εξοπλισμός που είναι πολύ εύκολος στην εγκατάσταση.

Σε πολλές εγκαταστάσεις το σύστημα φωτισμού κρίνεται ανεπαρκές ή ενεργοβόρο και κρίνεται ότι πρέπει να αντικατασταθεί. Στις περιπτώσεις αυτές το αρχικό κόστος είναι αρκετά χαμηλότερο καθώς τμήμα του παλαιού

εξοπλισμού μπορεί να αξιοποιηθεί όπως πχ η αντικατάσταση μόνο των λαμπτήρων ή η χρήση της υφιστάμενης καλωδίωσης.

#### 4.2.2.2 Κόστος λειτουργίας

Το κόστος λειτουργίας Κλ, αναφέρεται στο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά την λειτουργία του συστήματος και προκύπτει ως εξής:

$$Κλ = \text{αριθμός φωτιστικών} \times \left( \frac{\text{kW}}{\text{φωτιστικό}} \right) \times \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \times \frac{\text{ώρες λειτουργίας}}{\text{έτος}}$$

Κατά τον υπολογισμό του κόστους λειτουργίας πρέπει να λάβουμε υπόψη τα παρακάτω:

- Στον δεύτερο παράγοντα της εξίσωσης  $\frac{\text{kW}}{\text{φωτιστικό}}$  συμπεριλαμβάνεται η ενέργεια που καταναλώνεται συνολικά σε κάθε φωτιστικό, μαζί με την κατανάλωση δηλαδή του ballast.
- Σε πολλές περιπτώσεις η τιμή της kWh μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της ημέρας. Στην περίπτωση που κάτι τέτοιο ισχύει θα πρέπει να μετρήσουμε τις ώρες λειτουργίας που αντιστοιχούν σε κάθε τιμή της kWh, να υπολογίσουμε δύο κόστη λειτουργίας και στην συνέχεια να τα προσθέσουμε.

Από τα παραπάνω γίνεται εμφανές πως η μόνη μεταβλητή στην οποία μπορούμε να επεμβούμε προκειμένου να μειώσουμε το κόστος της ενέργειας είναι οι ώρες λειτουργίας. Για να τις μειώσουμε μπορούμε να εφαρμόσουμε τεχνικές εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού ή να εφαρμόσουμε αυτοματισμούς στην εγκατάσταση.

#### 4.2.2.3 Κόστος συντήρησης

Το κόστος συντήρησης περιλαμβάνει τον καθαρισμό των φωτιστικών σωμάτων, την αντικατάσταση παλιών λαμπτήρων, ballast, φθαρμένων καλυμμάτων και άλλες μικρότερες επιδιορθώσεις. Προκύπτει ως εξής:

$$Κσ = \text{Κόστος εξοπ. συντήρησης} + [(\text{κόστος εργατεργατοώρας}) \times (\text{h συντήρησης})]$$

Για κάθε εργασία που απαιτείται υπολογίζεται ένα διαφορετικό κόστος συντήρησης και στην συνέχεια αθροίζουμε όλα τα κόστη.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του κόστους συντήρησης συνήθως αντιπροσωπεύει την αντικατάσταση των φωτιστικών, και δίνεται από το

γινόμενο του αριθμού των προς αντικατάσταση λαμπτήρων επί το κόστος του καθένα. Ο αριθμός των λαμπτήρων που πρέπει να αντικατασταθούν κάθε χρόνο δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Αριθμός λαμπτήρων ανά χρόνο} = \frac{\text{λαμπτήρες} \times \text{ώρες λειτουργίας}}{\text{διάρκεια ζωής λαμπτήρα}}$$

Στην πραγματικότητα ο αριθμός των λαμπτήρων που απαιτούν αντικατάσταση, δεν είναι σταθερός. Τα πρώτα χρόνια λειτουργίας της εγκατάστασης λίγοι λαμπτήρες θα χαλάσουν ενώ ο αριθμός αυτός θα αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Ο παραπάνω τύπος ωστόσο μας δίνει ένα αρκετά ακριβές νούμερο που μας βοηθάει στον υπολογισμό του κόστους.

Οι πρακτικές που χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση των λαμπτήρων είναι είτε η αντικατάσταση κάθε λαμπτήρα μόλις χαλάει ή η προγραμματισμένη αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων ταυτόχρονα ανάλογα με την διάρκεια ζωής τους για παράδειγμα κάθε 2 ή 3 χρόνια. Στην τελευταία περίπτωση η ποιότητα του παρεχόμενου φωτισμού είναι πολύ υψηλότερη ενώ το κόστος αντικατάστασης ανά λαμπτήρα μπορεί να μειωθεί σημαντικά λόγω της παραγγελίας πολύ μεγαλύτερου αριθμού.

## 4.3 Χρόνος απόσβεσης

Ο χρόνος απόσβεσης εκφράζει:

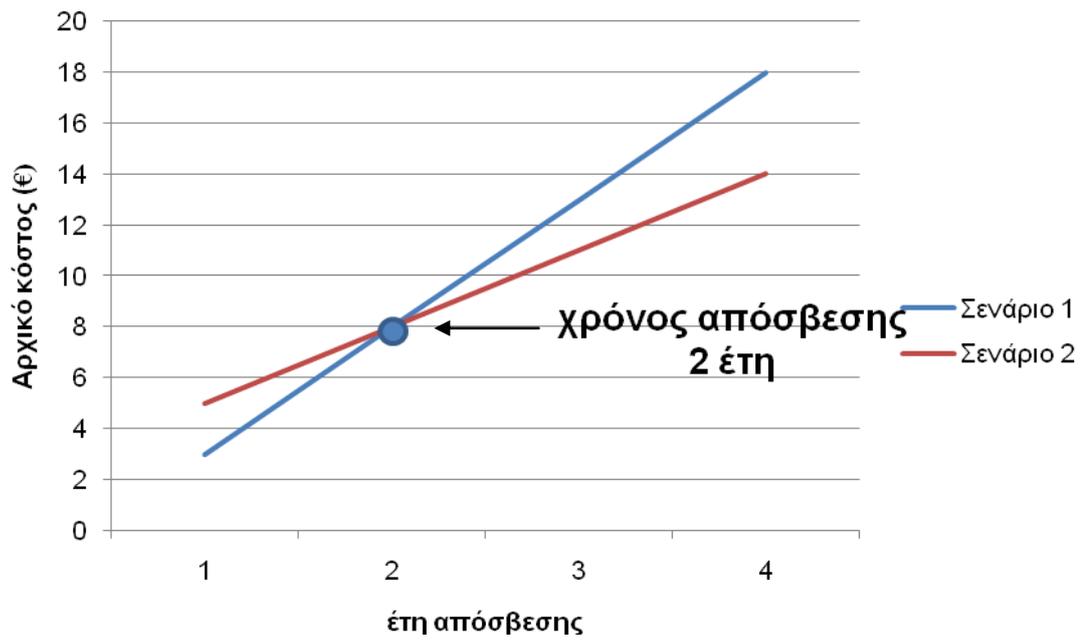
- για υφιστάμενες εγκαταστάσεις, το χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου η εξοικονόμηση από το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του νέου ενεργειακά αποδοτικότερου συστήματος να αντισταθμίσει το κόστος της επένδυσης. Δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{\text{Αρχικό κόστος εγκατάστασης}}{\text{Ετήσια εξοικονόμηση}}$$

- για νέες εγκαταστάσεις, αποτελεί σύγκριση μεταξύ δύο προτεινόμενων συστημάτων.

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

Ο χρόνος απόσβεσης μεταξύ δύο σεναρίων μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα με γραφικό τρόπο. Το σημείο τομής των δύο γραφικών παραστάσεων δηλώνει τον χρόνο απόσβεσης, στο παράδειγμά μας είναι 2 χρόνια.



**Σχήμα 4.1:** Γραφικός προσδιορισμός χρόνου απόσβεσης.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

---

## Έρευνες σχετικά με τις προτιμήσεις των χρηστών

---

### 5.1. Εισαγωγή

Αν και μέχρι το 1940 ο φυσικός φωτισμός αποτελούσε την κύρια πηγή φωτισμού για τα κτήρια μέσα σε δύο δεκαετίες, αντικαταστάθηκε σχεδόν αποκλειστικά από τον τεχνητό. Όμως η ανάγκη μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας έφερε και πάλι στο προσκήνιο την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός με χρήση των παλιών κατασκευαστικών τεχνικών αλλά και με την ενσωμάτωση σύγχρονων μεθόδων, όπως αισθητήρων. Βάση πρόσφατων ερευνών η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού δεν μειώνει μόνο το κόστος λειτουργίας και το τελικό ενεργειακό ισοζύγιο ενός κτηρίου. Προσφέρει και σημαντικά ψυχολογικά και άλλα οφέλη στους χρήστες του.

Ο τεχνητός φωτισμός αντιπροσωπεύει το 18% της ενέργειας που καταναλώνει ένα κτήριο του εμπορικού κλάδου στην Αμερική και έρχεται δεύτερος μετά τα συστήματα ψύξης, θέρμανσης και εξαερισμού. [44] Ωστόσο η χρήση συστημάτων ελέγχου του τεχνητού φωτισμού που λαμβάνουν υπόψη τις συνθήκες φυσικού φωτισμού αλλά και κατάλληλων συστημάτων σκίασης μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση μεγάλων ποσοστών ενέργειας. Η προσπάθεια όμως μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας θα πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη και τις προτιμήσεις των χρηστών του κτηρίου. Για τον λόγο αυτό, παρουσιάζεται η ανάγκη κατανόησης των αναγκών τους. Η έρευνα που έχει γίνει πάνω στο συγκεκριμένο θέμα, εστιάζει κυρίως στις προτιμήσεις των χρηστών αναφορικά με τον φυσικό φωτισμό και στην ικανοποίηση που τους παρέχουν τα συστήματα σκίασης και ελέγχου του τεχνητού φωτισμού.

## 5.2. Οφέλη από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού στην υγεία των χρηστών.

Διάφορες έρευνες επισημαίνουν της θετικές επιπτώσεις του φυσικού φωτισμού στην ανθρώπινη υγεία όπως η μείωση της οπτικής κόπωσης η οποία προκαλεί πονοκέφαλο, ερεθισμό των οφθαλμών, διπλωπία, υπνηλία, μειωμένη ικανότητα προσαρμογής και εστίασης. Η οπτική κόπωση σχετίζεται με το φάσμα του φωτός στο οποίο εκτίθεται το ανθρώπινο μάτι και στην ικανότητά του να εστιάσει. Με την χρήση φυσικού φωτισμού εξασφαλίζεται το καταλληλότερο φάσμα για την λειτουργία του ματιού.

Όταν τα μάτια εστιάζουν για πολύ ώρα σε μια συγκεκριμένη, κοντινή απόσταση, οι μύες ατονούν. Με την προσθήκη παραθύρων στον εργασιακό χώρο, η οπτική κόπωση μπορεί να μειωθεί καθώς το μάτι μπορεί να εστιάσει τόσο σε κοντινές όσο και σε μακρινές αποστάσεις.

Επίσης σε χώρους με διαθέσιμο φυσικό φωτισμό παρατηρείται μείωση του συνδρόμου SAD. Το σύνδρομο SAD (Seasonal affective disorder) είναι ένα είδος κατάθλιψης με εποχιακή περιοδικότητα. Έρευνες έδειξαν ότι προκαλείται από τη μείωση της έκθεσής των ατόμων στο φως του ήλιου που περιορίζει την έκκριση ορισμένων νευροδιαβιβαστών, όπως η σεροτονίνη, υπεύθυνων για την βελτίωση της διάθεσής μας. [45]

Σημαντική είναι και η σχέση ανάμεσα στον φωτισμό και την παραγωγικότητα. Έχουμε σχετικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν το 1920 και εξέταζαν την παραγωγικότητα εργατών σε βιομηχανίες μεταξιού. Έρευνα που αφορούσε την συγκέντρωση των εργαζομένων έδειξε ότι όσοι είχαν οπτική επαφή με την φυσική βλάστηση στον εξωτερικό χώρο του κτηρίου, εμφάνιζαν υψηλότερο ποσοστό συγκέντρωσης. Επίσης το φυσικό φως επιτείνει την εγρήγορση σε μονότονες εργασίες. [46] Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αύξησης της παραγωγικότητας είναι η εταιρία Reno Post Office με έδρα την Νεβάδα των Ηνωμένων Πολιτειών. Με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας του φωτισμού, έκανε ανακαίνιση το 1996. Εκτός από την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού, τροποποίησε τα ανοίγματα του κτηρίου για να ενισχύσει το διάχυτο φως που εισερχόταν στις εγκαταστάσεις. Η ποιότητα του φωτισμού βοήθησε τους εργαζόμενους να γίνουν πιο παραγωγικοί. Χαρακτηριστικά, η παραγωγή αυξήθηκε περισσότερο από 6% τις επόμενες 20 εβδομάδες, αύξηση που έφτασε στο 8% μέχρι το τέλος του χρόνου. [47] Με την αύξηση αυτή της παραγωγής η απόσβεση της επένδυσης για ανακαίνιση έγινε σε έναν χρόνο.

Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι σε χώρους εργασίας με διαθέσιμο φυσικό φως σημειώνεται μείωση απουσιών από την εργασία. Το φαινόμενο αυτό που έχει παρατηρηθεί και σε εταιρίες όταν μετέβαλλαν ή άλλαξαν τις εγκαταστάσεις τους και εκμεταλλεύτηκαν τον φυσικό φωτισμό.

## 5.3. Προτιμώμενες συνθήκες φωτισμού από τους χρήστες

### 5.3.1. Πεπιοθήσεις σχετικές με το φως

Διάφορες έρευνες υποδεικνύουν ότι οι άνθρωποι πιστεύουν πως ο φυσικός φωτισμός υπερέρχει του τεχνητού λόγω της θετικής του επίδρασης στον οργανισμό μας. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1983 από τον Kit Cuttle στην Αγγλία και την Νέα Ζηλανδία [48] εξέτασε την άποψη 471 υπαλλήλων γραφείων σχετικά την άποψη που έχουν για τον χώρο εργασίας τους. Κομμάτι της έρευνας αφορούσε με την ανάγκη ύπαρξης παραθύρων στον εργασιακό τους χώρο, αλλά και πόσο σημαντικά θεωρούν τα παράθυρα και γιατί. Το 99% των ερωτηθέντων υποστήριξαν ότι στα γραφεία πρέπει να υπάρχουν παράθυρα ενώ οι 4 στους 5 δήλωσε ότι σαν πηγή φωτισμού, προτιμούν τον φυσικό φωτισμό καθώς θεωρούν ότι μειώνεται η κόπωση σε σχέση με τον τεχνητό φωτισμό. Η άποψη τους όμως δεν βασιζόταν τόσο στο ότι ο φυσικός φωτισμός οφέλη τον οργανισμό, όσο το ότι ο τεχνητός φωτισμός είναι επιβλαβής για την υγεία.

Τρία χρόνια αργότερα οι Heerwagen και Heerwagen [49] εξέτασαν τις απόψεις εργαζομένων σε κτήριο γραφείων στο Seattle κατά την διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού. Περισσότεροι από τους μισούς χρήστες του κτηρίου υποστήριξαν πως ο φυσικός φωτισμός είναι πιο ξεκούραστος, ευχάριστος, δεν αλλοιώνει τα χρώματα του περιβάλλοντος χώρου και ότι γενικά είναι ευεργετικός για την υγεία. Τις απόψεις αυτές υποστήριξαν κυρίως υπάλληλοι των οποίων τα γραφεία δεν είχαν παράθυρα. Όσων αφορά την επίδοση στην εργασία αλλά και την περίπτωση εργασίας που απαιτεί λεπτομέρειες, οι άποψης και των δύο κατηγοριών σύγκλιναν στο ότι ο φυσικός φωτισμός παίζει σημαντικό ρόλο. Ωστόσο παρ' όλες τις πεπιοθήσεις τους σχετικά με τον φυσικό φωτισμό οι συμμετέχοντες στην έρευνα, κατέταξαν την ανάγκη ύπαρξης του ως το δέκατο ένατο στα είκοσι απαραίτητα στοιχεία για την δημιουργία ενός άνετου εργασιακού χώρου.

Παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά τις γνώσεις, τις πεπιοθήσεις και τις προτιμήσεις σχετικά με τον φυσικό φωτισμό παρείχε και έρευνα σε Καναδούς φοιτητές. Το 65 με 78% του δείγματος υποστήριξαν ότι το φυσικό φως έχει θετική επίδραση στην υγεία, και πίστευαν και στην υπεροχή του σε σχέση με το φως που παρέχεται από άλλες πηγές. [50]

Τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι καναδοί φοιτητές, μαζί με κάποια που είχαν συμπληρωθεί από υπαλλήλους, χρησιμοποιήθηκαν πάλι το 1996 σε μελέτη των Veitch και Gifford. Το συμπέρασμα ήταν και πάλι το ίδιο όσον αφορά την πεπιοθήση για υπεροχή του φυσικού φωτισμού. Σε κλίμακα 0-4, με το 4 να δηλώνει την βεβαιότητα για την υπεροχή του φυσικού φωτισμού, η μέση βαθμολογία ήτα 2,94. Το 52% του δείγματος δήλωσε ότι πιστεύει πως εργάζεται καλύτερα υπό συνθήκες φυσικού φωτισμού. [50]

### 5.3.2. Εκτίμηση του διαθέσιμου φυσικού φωτός

Προκειμένου να εντοπίσει πώς οι πεπειθήσεις μας σχετικά με τα παράθυρα, τον φυσικό και τον τεχνητό φωτισμό επηρεάζουν την αντίληψή μας ως προς τις πραγματικές συνθήκες φωτισμού, ο Wells εξέτασε υπαλλήλους γραφείων που εργάζονταν σε δύο ορόφους του ίδιου κτηρίου στην Αγγλία. Κάθε όροφος ήταν ενιαίος και περιμετρικά υπήρχε υαλοστάσιο. Σε προηγούμενη έρευνά του, στην οποία συμμετείχαν 2.500 εργαζόμενοι, το 89% υποστήριξε ότι η δυνατότητα να βλέπουν έξω από το κτήριο ήταν πολύ σημαντική και το 69% ότι ήταν καλύτερο για την όρασή τους να εργάζονται υπό φυσικό φωτισμό. Η δεύτερη όμως έρευνα έδειξε ότι η υποθέσεις των χρηστών του κτηρίου για τα επίπεδα φωτισμού που δέχονταν στο γραφείο τους και που οφείλονταν στο εξωτερικό φως δεν ήταν καθόλου ακριβείς. Αρχικά μετρήθηκαν τα επίπεδα φωτισμού σε κάθε γραφείο και ζητήθηκε από τους εργαζόμενους να πουν τι ποσοστό του φωτεινότητας πιστεύουν ότι προέρχεται από φυσικό φωτισμό. Το βράδυ, με ανοιχτά πάλι τα φωτιστικά, μετρήθηκαν τα επίπεδα φωτισμού και αφαιρώντας τα από τα αποτελέσματα που έλαβαν το πρωί διαπιστώθηκε ότι οι εργαζόμενοι είχαν υπερεκτιμήσει πολύ την συνεισφορά του φυσικού φωτός. Το συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι εκτίμηση των χρηστών για τα επίπεδα φυσικού φωτισμού ήταν περισσότερο υποκειμενική και εξαρτιόταν από παράγοντες όπως η προτίμηση για εξωτερική θέα και όχι από την πραγματική απόσταση από το κοντινότερο παράθυρο. [51]

### 5.3.3. Προτιμώμενος τύπος παραθύρων

Η ύπαρξη παραθύρων στα κτήρια πλέον θεωρείται ως παράγοντας που επηρεάζει την υγεία και συμβάλει στις καλές συνθήκες εργασίας. Τα παράθυρα επιτρέπουν στο φως του ήλιου να εισέλθει στον χώρο, αυξάνουν τα επίπεδα φωτισμού και παρέχουν εξωτερική θέα. Οι κάτοικοι-χρήστες του κτηρίου ανά πάσα στιγμή έχουν γνώση των καιρικών συνθηκών και της ώρας της ημέρας. Η συνεχής αλλαγή του εξωτερικού φωτισμού συμβάλει στην μείωση του αισθήματος μονοτονίας και στην αύξηση την ικανοποίησης των εργαζομένων [52]

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1988 στην Ιαπωνία σε δείγμα 800 εργαζομένων, το 50% των συμμετεχόντων δήλωσε ότι προτιμά να δουλεύει κοντά σε κάποιο παράθυρο ενώ μόνο το 8% δήλωσε ότι επιλέγει θέσεις εργασίας μακριά από αυτά. [53]

Διάφορες έρευνες έχουν εξετάσει κατά καιρούς τις προτιμήσεις των ανθρώπων σχετικά με το μέγεθος των παραθύρων, τον αριθμό τους, την θέση στους τοίχους αλλά και την διαφάνεια των υαλοστασίων.

Οι Ne'eman και Hopkinson [54] πραγματοποίησαν ένα πείραμα στο οποίο συμμετείχαν 318 εργαζόμενοι. Χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο γραφείου σε κλίμακα 1:12 που με την χρήση καθρεπτών μπορούσαν να μεταβάλουν τις διαστάσεις του, όπως την αντιλαμβάνονταν οι ερωτηθέντες, καθώς και τις διαστάσεις και τον αριθμό των παραθύρων. Ενώ αυτές οι μεταβλητές

άλλαζαν, οι εργαζόμενοι έπρεπε κοιτάζοντας την μακέτα από διαφορετικές θέσεις να επιλέξουν το ελάχιστο μήκος παραθύρου μετά από το οποίο θεωρούσαν ότι έπαιαν να έχουν ικανοποιητική θέα. Το συμπέρασμα του πειράματος ήταν ότι το ανεκτό μήκος του παραθύρου δεν εξαρτάται μόνο από την θέση του ήλιου και τα ποσοστά εσωτερικού και εξωτερικού φωτισμού. Καθοριστικός παράγοντας αποδείχτηκε ότι είναι και η απόσταση και η γωνία που βρίσκεται κάποιος από το παράθυρο καθώς και το ύψος του ανοίγματος.

Επίσης το είδος της θέας επηρέαζε το επιθυμητό μέγεθος του παραθύρου. Στο πείραμα αυτό το άνοιγμα του παραθύρου δεν ήταν καλυμμένο και οι συμμετέχοντες δήλωναν ότι προτιμούν να έχουν πλήρη θέα των αντικειμένων που βρίσκονταν έξω από το κτήριο. Έτσι αν τα αντικείμενα αυτά ήταν πολύ κοντινά επέλεγαν πιο φαρδιά παράθυρα σε σχέση με το παράθυρα που επέλεγαν όταν τα εξωτερικά αντικείμενα τοποθετούνταν σε μεγαλύτερη απόσταση. Το τζάμι το οποίο επιλέχτηκε σε όλες τις περιπτώσεις ήταν αυτό το οποίο επέτρεπε την πιο καθαρή θέαση των μακρινών αντικειμένων.

Παρόμοια μακέτα χρησιμοποιήθηκε και από τον Keighley ο οποίος όμως εστίασε την έρευνά του στην σημασία της γεωμετρίας του παραθύρου και χρησιμοποίησε φωτογραφίες με τις οποίες κάλυψε τα παράθυρα. Ο Keighley ανέπτυξε μια υπολογιστική μέθοδο που λάμβανε υπόψη τον αριθμό των ανοιγμάτων, το ύψος και την επιφάνεια τους, την απόσταση μεταξύ διαδοχικών παραθύρων και το είδος της θέας, για να μετρήσει την ικανοποίηση των χρηστών. Παρότι τα παράθυρα καλύφθηκαν με φωτογραφίες τοπίων αλλά και κτιρίων σε διαφορετικές αποστάσεις παρατηρήθηκε η ίδια σχέση μεταξύ της απόστασης των εξωτερικών αντικειμένων του μήκους των παραθύρων με το πείραμα των Ne'eman και Horkinson. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η ικανοποίηση των συμμετεχόντων ήταν ανάλογη με την επιφάνεια του παραθύρου και αντιστρόφως ανάλογη με τον αριθμό και το μήκος των χωρισμάτων ανάμεσα στα παράθυρα. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες δήλωσαν ότι προτιμούν τα φαρδιά παράθυρα εκτιμώντας θετικά όσα είχαν μήκος μεγαλύτερο του 25% του μήκους του τοίχου και εκφράζοντας την δυσαρέσκεια τους για όσα το μήκος του μειωνόταν κάτω από το 10%. [55]

Αντίθετα η έρευνα των Wotton και Barkow [56] σε δείγμα 235 εργαζομένων έδειξε ότι αν και η ύπαρξη παραθύρων θεωρούνταν σημαντική για το 56% των ερωτηθέντων, το 86% δεν πίστευε ότι τα μεγάλα παράθυρα και η θέα τους επηρεάζει. Τα γραφεία των εργαζομένων βρίσκονταν στους τελευταίους ορόφους ψηλών κτιρίων και το ποσοστό των ανοιγμάτων κυμαινόταν ανάμεσα στο 11 και 68% της επιφάνειας των τοίχων. Περίπου 4 στους 5 εργαζόμενους, εργάζονταν σε ενιαίους χώρους και οι υπόλοιποι σε γραφεία. Μόνο οι μισοί βρίσκονταν σε απόσταση μικρότερη από 10 μέτρα από τα παράθυρα. Η έρευνα έδειξε πως ο φωτισμός δεν συνδεόταν με την ικανοποίηση που αισθάνονταν οι εργαζόμενοι από την εργασία τους και ο χρόνος που σπαταλούσαν χωρίς να δουλεύουν ήταν ανεξάρτητος από την απόσταση τους από τα παράθυρα. Μόνο το 20% υποστήριξε ότι ο σωστός φωτισμός είναι σημαντικός παράγοντας στους εργασιακούς χώρους. Επίσης από τις απαντήσεις που έδωσαν σχετικά με την εμφάνιση πονοκεφάλων και την κούραση οι ερευνητές συμπέραναν ότι τόσο η έκθεση σε πολύ φως όσο και η έκθεση σε λίγο μπορεί να τους επηρεάζει αρνητικά.

Η έρευνα του Boubekri εξέτασε πως αποκρίνονται οι εργαζόμενοι στις λαμπρές επιφάνειες που δημιουργούνται στο δάπεδο, όταν φυσικό φως εισέρχεται άμεσα στο χώρο εργασίας. Ως δείκτης της μέτρησης χρησιμοποιήθηκε το εμβαδό των επιφανειών αυτόν ως προς το συνολικό εμβαδό του γραφείου. Για τους σκοπούς της έρευνας 40 εργαζόμενοι σε γραφεία χωρίς παράθυρα μεταφέρθηκαν και εργάστηκαν για έναν μήνα σε γραφεία που τα παράθυρα καταλάμβαναν το 10,20,30 και 40% του συνολικού εξωτερικού τοίχου. Εξετάστηκαν δύο εναλλακτικές θέσεις εργασίας. Μια με τοποθέτηση του γραφείου ώστε το φως να έρχεται από μπροστά και μια από το πλάι. Αν και οι εργαζόμενοι δήλωσαν ότι η θέση στην οποία κάθονταν, το μέγεθος των παραθύρων και το απευθείας φως που εισερχόταν από αυτά δεν επηρέαζε την ικανοποίησή τους, νιώθουν πιο ξεκούραστα όταν το γραφείο τους είναι τοποθετημένο πλάγια στο παράθυρο και το εμβαδόν της φωτεινής επιφάνειας δεν ξεπερνά το ένα τέταρτο του εμβαδού του δωματίου. [57]

#### 5.3.4. Εκμετάλλευση των συστημάτων σκίασης

Με την χρήση κατάλληλων συστημάτων σκίασμού, γίνεται εφικτός ο έλεγχος της θάμβωσης και των θερμικών φορτίων που προέρχονται από τον άμεσο ηλιασμό. Πολλές έρευνες έχουν γίνει προκειμένου να διαπιστωθεί πως οι εργαζόμενοι γραφείων χρησιμοποιούν τα εσωτερικά και εξωτερικά σκίαστρα. Η πληροφορία αυτή είναι ουσιώδης καθώς καθορίζει τον τρόπο που πρέπει να λειτουργούν οι αυτοματισμοί που ελέγχουν τα συστήματα αυτά. Σημαντικό είναι κυρίως στο κατά πόσο οι υπάλληλοι ακολουθούν συγκεκριμένες συμπεριφορές ως προς την χρήση τους καθώς και ο βαθμός που αυτές οι συμπεριφορές συνδέονται με παράγοντες όπως ο προσανατολισμός του παραθύρου, η ώρα της ημέρας, η εποχή, το γεωγραφικό πλάτος του βρίσκεται το κτήριο και η απόσταση της θέσης εργασίας από το παράθυρο.

Σε έρευνα των Rubin, Collins και Tibbott εξετάστηκαν γραφεία με ανοίγματα προς τον Βορρά ή τον Νότο. Το συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι οι υπάλληλοι δεν χειρίζονταν τις περσίδες ανάλογα με την θέση του ήλιου, την εποχή και τον καιρό. Αιτία της χρήσης τους ήταν η αποφυγή της άμεσης ακτινοβολίας, γι' αυτό και ήταν κατεβασμένες κατά 80% στα γραφεία με νότιο προσανατολισμό, και μόνο κατά 50% σε αυτά με βόρειο προσανατολισμό. Ανεξάρτητα από το που έβλεπαν τα παράθυρα, οι περσίδες ήταν γυρισμένες οριζόντια ώστε οι εργαζόμενοι να μπορούν να βλέπουν έξω ακόμα και όταν είναι τελείως κατεβασμένες, γεγονός που δηλώνει ότι έδιναν μεγάλη σημασία στην οπτική επαφή με τον περιβάλλοντα χώρο. Σημαντικό εύρημα της έρευνας ήταν και ότι οι εργαζόμενοι στα 650 από τα 700 γραφεία που εξετάστηκαν δεν χειρίζονταν τις περσίδες περισσότερες από μια φορά την μέρα. [58]

Ανάλογα συμπεράσματα είχε και η έρευνα του Rea που εξέτασε 3,300 παράθυρα γραφείων με δυτικό, ανατολικό και νότιο προσανατολισμό. Οι καιρικές συνθήκες και ο προσανατολισμός των παραθύρων δεν έπαιζαν καθοριστικό ρόλο στον χειρισμό των περσίδων, που κατά την διάρκεια της μέρας ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό του γραφείου ήταν κατεβασμένες

και κάλυπταν το 60% της επιφάνειας του παραθύρου όταν επικρατούσε ηλιοφάνεια. Τις συννεφιασμένες μέρες η μόνη διαφοροποίηση που παρατηρήθηκε ήταν στην ανατολική πλευρά όπου οι περσίδες σηκώνονταν κατά 20%. Το συμπέρασμα όπως και σε προηγούμενη έρευνα [58] ήταν πως οι εργαζόμενοι δεν αλλάζουν συνεχώς την θέση των περσίδων παρά μόνο όταν από την εμπειρία τους στον χώρο, ξέρουν ότι δεν μπορούν να αποφύγουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο γραφείο. [59]

Το 1988 μια ομάδα Ιαπώνων [53], που η έρευνά της αποσκοπούσε στην ανάπτυξη ενός βέλτιστου συστήματος ελέγχου των συστημάτων σκίαση, ήταν η πρώτη που συσχέτισε την χρήση των περσίδων και της τιμής της ηλιακής ακτινοβολίας που μετράται στο παράθυρο. Συμπέραναν ότι όταν η ηλιακή ακτινοβολία υπερβεί τα 58 W/m<sup>2</sup> το ποσοστό της επιφάνειας του παραθύρου που καλύπτουν τα στόρια αύξανε αναλογικά με το βάθος που εισέρχεται η άμεση ηλιακή ακτινοβολία στο γραφείο. Ο ρυθμός που οι εργαζόμενοι χειρίζονταν τις περσίδες εξαρτιόταν σε μεγάλο βαθμό από τον προσανατολισμό του γραφείου και τις καιρικές συνθήκες. Οι περσίδες στην ανατολική πλευρά του κτηρίου που εξετάσθηκε, κατέβαιναν κάθε πρωί με την είσοδο των εργαζομένων στο χώρο και ανέβαιναν σταδιακά κατά την διάρκεια της ημέρας, όταν ο ήλιος έπαυε να μπαίνει από το παράθυρο. Ακριβώς η αντίθετη διαδικασία ακολουθούταν στα δυτικά παράθυρα. Κάθε πρωί οι περσίδες σηκώνονταν τελείως και κατέβαιναν το απόγευμα καθώς η ηλιακή ακτινοβολία αυξανόταν. Όταν ο καιρός ήταν συννεφιασμένος η θέση των περσίδων δεν άλλαζε.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω τα εσωτερικά συστήματα σκίασης παρέχουν έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται σε έναν χώρο, άρα και της θερμοκρασίας του. Σε έρευνα που πραγματοποίησαν οι Raja Nicol, McCartney, και Humphreys [60] διαπίστωσαν ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου οι χρήστες εκμεταλλεύονταν περισσότερο τις περσίδες προκειμένου να μειώσουν την ποσότητα της ακτινοβολίας που έμπαινε μέσα στον χώρο τους. Ωστόσο οι αλλαγές που έκαναν ήταν πολύ λιγότερες από αυτές που αποσκοπούσαν στην μείωση της θάμβωσης.

Βέβαια υπάρχουν και άλλοι σημαντικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο που οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τα συστήματα σκίασης. Το 2001 Foster και Oreszczun [61] κατέγραψαν με την χρήση κάμερας τις θέσεις που είχαν οι περσίδες τριών κτηρίων κατά τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Τα αποτελέσματα που έλαβαν συμφωνούσαν σε μεγάλο βαθμό με αυτά των άλλων ερευνών ως προς την σχέση προσανατολισμού και εμβαδού κάλυψης του παραθύρου. Στο νότιο τμήμα οι περσίδες ήταν σχεδόν πάντα κατεβασμένες. Στο βόρειο όμως ήταν κατεβασμένες περισσότερο απ' ότι στο ανατολικό. Αυτή η τακτική, αποδείχθηκε ότι οφειλόταν στην προσπάθεια των υπαλλήλων να διατηρήσουν την ιδιωτικότητά τους καθώς στην βόρεια πλευρά υπήρχε κάποιο κτήριο σε πολύ μικρή απόσταση.

### 5.3.5 Προτιμώμενη ένταση φωτισμού και θερμοκρασία χρώματος

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε γραφεία στην Ολλανδία, υπολογίστηκε ότι οι εργαζόμενοι, καθόλη την διάρκεια του έτους, χρησιμοποιούσαν τον τεχνητό φωτισμό και προσέθεταν ένταση φωτισμού μεταξύ 300 και 1200 lx. Η ηλικία και το φύλο δεν επηρέασαν τις προτιμήσεις των συμμετεχόντων, που έδειξαν να καθορίζονται κυρίως από τον διαθέσιμο φυσικό φωτισμό και τον καιρό. Τα επίπεδα φωτισμού που επιλέχτηκαν από τους εργαζόμενους, δηλώνουν την ανάγκη για δημιουργία συνθηκών φωτισμού που προσομοιώνουν το πρωί, το απόγευμα και το βράδυ βάση των οποίων οι άνθρωποι ενεργοποιούν τον κερκαδικό τους ρυθμό. Οι επιστήμονες επίσης συμπέραναν ότι όσο χαμηλότερο είναι το διαθέσιμο επίπεδο φωτισμού στην θέση εργασίας τόσο πιο μικρή είναι και η επιθυμητή θερμοκρασία χρώματος. [62]

Στην έρευνα των Escuyer και Fortoyont [63] το 45% των ερωτηθέντων απάντησε ότι προτιμά να εργάζεται κάτω από άπλετο φως. Εργαζόμενοι σε υπολογιστές επέλεξαν ως κατάλληλο επίπεδο φωτισμού τα 100-300 lx ενώ όσοι δεν εργάζονταν αρκετή ώρα στον υπολογιστή προτιμούσαν υψηλότερες τιμές, παρίππου 300-600 lx. Οι τιμές αυτές παρατηρούμε ότι είναι σημαντικά πιο χαμηλές από την προηγούμενη έρευνα [62] Σε περίπτωση που υπήρχε διαθέσιμος φυσικός φωτισμός, ακόμα και αν ήταν πολύ περιορισμένος, πχ 100 lx, οι εργαζόμενοι ρύθμιζαν τα φωτιστικά τους έτσι ώστε να παίρνουν από αυτά το πολύ 280 lx. Όσον αφορά τα ποσοστά γενικού και τοπικού φωτισμού στην θέση εργασίας το 60% των συμμετεχόντων δήλωσαν ικανοποιημένοι με 270 lx γενικού και 230-730 lx τοπικού φωτισμού. Οι μισοί δήλωσαν ότι με ύπαρξη γενικού και τοπικού φωτισμού έχουν μερικό έλεγχο του επιπέδου φωτισμού πράγμα που τους παρέχει αρκετή ικανοποίηση. Αντίθετα το 33% υποστήριξε ότι προτιμούν μόνο τον γενικό φωτισμό.

Σημαντικός παράγοντας που καθορίζει το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού είναι και το διαθέσιμο φυσικό φως [64]. Σε πείραμα που έγινε στην Γαλλία, 30 συμμετέχοντες κλήθηκαν να εργαστούν για μισή ώρα σε τρεις διαφορετικές θέσεις εργασίας τοποθετημένες στον ίδιο χώρο αλλά σε διαφορετική απόσταση από το παράθυρο. Αν και υπήρχε φυσικός φωτισμός στον χώρο, είχαν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν και τεχνητό φωτισμό. Το συμπέρασμα ήταν ότι ανάλογα με την θέση τους, επέλεξαν να εργαστούν κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Χαρακτηριστικά ως πιο ικανοποιητική θέση εργασίας επιλέχτηκε αυτή που ήταν κοντά στο παράθυρο, όπου η ένταση φωτισμού έφτανε τα 1200 lx μόνο από τον φυσικό φωτισμό, ενώ στις θέσεις που βρίσκονταν σε μεγαλύτερη απόσταση και που ο φυσικός φωτισμός παρείχε 100 lx οι εργαζόμενοι πρόσθεταν το πολύ 500 lx.

Ο τύπος της φωτεινής πηγής, φαίνεται ότι επηρεάζει τις προτιμήσεις μας όσον αφορά τον φωτισμό. Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε είκοσι εργαζόμενοι αξιολόγησαν την ποιότητα φωτισμού που παρέχει ο φυσικός φωτισμός, ο τεχνητός και ο συνδυασμός των δύο. Για την ίδια ένταση φωτισμού (300 lx) οι εργαζόμενοι δήλωσαν ότι πιο ευχάριστος ήταν ο φυσικός φωτισμός ενώ ο τεχνητός κρίθηκε ανεπαρκής. Όταν τους δόθηκε η δυνατότητα επιλογής του επιπέδου φωτισμού, κατά μέσω όρο διάλεξαν 300 lx

στον φυσικό φωτισμό, 500 lx στον τεχνητό και 560 lx στον συνδυασμό τους. [65]

Καθοριστικό ρόλο φαίνεται να έχει και ο παράγων φυσικού φωτισμού (Average Daylight Factor, DFav). Αποτελέσματα έρευνας έδειξαν ότι οι εργαζόμενοι αντιμετώπιζαν προβλήματα θάμβωσης όταν ο DFav% είχε τιμή μεγαλύτερη του 5%, ενώ ήταν ικανοποιημένοι για τιμές μεταξύ 2% και 5%. Συμπέρασμα της ίδιας έρευνας ήταν και ότι ο συνδυασμός φυσικού και τεχνητού φωτισμού είναι πιο έντονα προτιμώμενος τον χειμώνα απ' ότι το καλοκαίρι και μειώνεται καθώς οι θέσεις εργασίας απομακρύνονται από το παράθυρο.

### 5.3.6 Οπτική άνεση και θάμβωση.

Υποκειμενικοί παράγοντες που καθορίζουν τις προτιμήσεις ως προς τον φυσικό φωτισμό, περιορίζουν την δυνατότητα πρόβλεψης των συνθηκών που προκαλούν θάμβωση. [66]

Οι άνθρωποι μπορούν να ανεχτούν υψηλότερα επίπεδα θάμβωσης όταν η πηγή που την προκαλεί είναι το φυσικό φως. Η ανοχή σε αυτό το είδος θάμβωσης οφείλεται στην συχνότερη έκθεση στο φυσικό φως αλλά και στην προτίμηση για την εξωτερική θέα. [67] Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε εννιά κτήρια στην Αμερική και την Γερμανία. [68] Στα γραφεία με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, που διέθεταν ευχάριστη θέα, δεν καταγράφηκαν παράπονα για θάμβωση από τα παράθυρα.

## 5.4 Αυτοματισμοί για τον έλεγχο του φωτισμού και της σκίασης και ανθρώπινος παράγοντας.

Οι τεχνικές λύσεις για τον έλεγχο του φωτισμού και της σκίασης γίνονται αποδεκτές μόνο όταν ικανοποιούν τις απαιτήσεις των χρηστών ενός κτηρίου. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί προκειμένου να διαπιστωθεί η αποδοτικότητα των λύσεων αυτών. Μερικές από αυτές παραθέτονται παρακάτω.

### 5.4.1 Συστήματα ελέγχου του φωτισμού

Έχει παρατηρηθεί ότι σε χώρους γραφείων που στεγάζουν πολλούς υπαλλήλους δεν γίνονται πολλοί χειρισμοί των φωτιστικών κατά την διάρκεια της ημέρας. Ενώ κάποιοι υπάλληλοι άναβαν τα φώτα όταν ο φυσικός φωτισμός δεν είναι επαρκής, κάποιοι άλλοι τα άναβαν με την είσοδό τους στο χώρο και δεν τα έσβηναν μέχρι να βγουν από το γραφείο, πολλές φορές

φεύγοντας από την δουλειά. Δηλαδή εάν τα φωτιστικά άνοιγαν με την είσοδο των εργαζομένων στο γραφείο, το πιθανότερο είναι ότι θα παρέμεναν ανοιχτά για όλη την διάρκεια της ημέρας. Διαφορετικά οι πιθανότητες να ανοίξουν είναι πολύ μικρότερες. [36] [69]

Σε έρευνα των Reinhart και Voss [70] διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι άναβαν το φως με την είσοδό τους στον χώρο και δεν το έσβηναν ακόμα και όταν τα επίπεδα φυσικού φωτισμού ήταν πολύ υψηλά, διότι δεν αντιλαμβάνονταν ότι ήταν αναμμένα.

## 5.4.2 Συστήματα ελέγχου των σκιάστρων

Λίγες έρευνες που να αφορούν την ικανοποίηση των χρηστών από τα αυτόματα συστήματα ελέγχου σκίασης έχουν πραγματοποιηθεί. Οι περισσότερες έρευνες, μέρος των οποίων αναφέρθηκαν παραπάνω, εστιάζουν στον τρόπο που οι χρήστες εκμεταλλεύονται τα χειροκίνητα συστήματα.

Η έρευνα του Inoue, συμμετείχαν 800 εργαζόμενοι σε δύο κτήρια του Τόκυο. Τα παράθυρα των γραφείων τους ήταν εξοπλισμένα με αυτοματισμούς που λειτουργούσαν με βάση τον προσανατολισμό του παραθύρου και την εποχή. Οι εργαζόμενοι όμως μπορούσαν να παρέμβουν και να κάνουν διορθωτικές αλλαγές. Το 60% των ερωτηθέντων δήλωσε πως οι αυτοματισμοί βελτίωναν το εργασιακό περιβάλλον, και μόνο το 10% θα προτιμούσε να μην χρησιμοποιούνταν. Το βασικό πλεονέκτημα που παρουσίαζαν ήταν ότι δεν χρειαζόταν πλέον ο χειρισμός από τους εργαζόμενους και τα μειονεκτήματα ότι λειτουργούσαν ακόμα και σε περιπτώσεις που δεν ήταν απαραίτητο, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις δεν λειτουργούσαν όταν χρειαζόταν. Η δυνατότητα ρύθμισης της λειτουργίας των σκιάστρων και από τους εργαζόμενους θεωρήθηκε απαραίτητη. [53],

Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και οι έρευνες των Bordass [71] και Reinhart και Voss [70]. Στην πρώτη, που πραγματοποιήθηκε σε χώρους γραφείων στην Αγγλία, διαπιστώθηκε ότι κύρια αιτία δυσαρέσκειας ήταν η λειτουργία των αυτοματισμών σε συνθήκες που δεν απαιτούσαν κάποια μεταβολή. Λίγα ήταν τα γραφεία που η χρήση των αυτοματισμών θα μπορούσε να θεωρηθεί πετυχημένη τόσο από πλευράς εξοικονόμησης ενέργειας όσο και από πλευράς ικανοποίησης των εργαζομένων. Στα γραφεία αυτά η εγκατάσταση των συστημάτων είχε γίνει λαμβάνοντας υπόψη τον διαθέσιμο φυσικό φωτισμό στην θέση εργασίας. Οι εργαζόμενοι είχαν εύκολη πρόσβαση στο σύστημα σκίασης και γνώριζαν πώς να χρησιμοποιούν σωστά τους διακόπτες ελέγχου των σκιάστρων.

Στην έρευνα των Reinhart και Voss [70] συμμετείχαν 14 εργαζόμενοι γραφείων στην Γερμανία. Στο εξωτερικό των παραθύρων κάθε γραφείου είχαν τοποθετηθεί περσίδες που λειτουργούσαν αυτόματα, αλλά ο χειρισμός τους ήταν δυνατός και από τους εργαζόμενους. Σε διάστημα 10 μηνών το σύστημα αυτοματισμού των περσίδων έκανε 3005 διορθωτικές αλλαγές. Το 45% αυτών των αλλαγών ακολουθήθηκαν από αλλαγές των εργαζομένων που έκριναν άτοπες τις διορθωτικές αλλαγές που έκανε το σύστημα. Προς αποφυγή υπερθέρμανσης οι περσίδες ήταν προγραμματισμένες να «κλείνουν» όταν η

ένταση του φωτισμού πάνω στο παράθυρο ξεπερνούσε τα 28klx. Στις περισσότερες περιπτώσεις η επιπλέον σκίαση δεν ήταν επιθυμητή παρά μόνο για τιμές έντασης φωτισμού που ξεπερνούσαν τα 50klx.

#### 5.4.2 Ενοποιημένα συστήματα ελέγχου φωτισμού και σκιάστρων

Το 1998 ο Vein [72] εξέτασε την ικανοποίηση των εργαζομένων σε ένα ομοσπονδιακό κτήριο του Oakland, που τους προσέφερε ένα αυτόματο ενοποιημένο συστήματα για τον έλεγχο του φωτισμού και της σκίασης. Το σύστημα αυτό είχε προγραμματιστεί ώστε τα επίπεδα φωτισμού να είναι 540-700 lx. Οι εργαζόμενοι είχαν τρεις επιλογές: χειροκίνητη ρύθμιση των περσίδων και των φωτιστικών, πλήρως αυτόματη και ημιαυτόματη. Στην τελευταία μπορούσαν να διαλέξουν μια σειρά από συγκεκριμένες θέσεις λειτουργίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι και οι τρεις τρόποι λειτουργίας ήταν αποδεκτοί. Η χειροκίνητη λειτουργία όμως θεωρήθηκε ότι παρέχει τα πιο επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στους εργαζόμενους, ακολουθούμενη από την ημιαυτόματη, ενώ η αυτόματη κρίθηκε κατάλληλη από τους λιγότερους εργαζόμενους. Παράλληλα όμως η χειροκίνητη προκαλούσε και τα μεγαλύτερα προβλήματα. Αρκετοί εργαζόμενοι παραπονέθηκαν για προβλήματα θάμβωσης από το φως που παρήγαν οι λάμπες αλλά και από τον φυσικό φωτισμό. Όσον αφορά την ευκολία χειρισμού του φωτισμού και των περσίδων το 90% των υπαλλήλων θεώρησαν ότι δεν τους προκάλεσε ιδιαίτερες δυσκολίες. Στην ικανοποίηση από το επίπεδο φωτισμού, οι διακυμάνσεις είναι αξιοσημείωτες. Στην χειροκίνητη λειτουργία οι εργαζόμενοι ρύθμιζαν τον φωτισμό ώστε στην επιφάνεια εργασίας να έχουν πάνω από 800 lx που κατά την διάρκεια της ημέρας μπορεί να ξεπερνούσε και το 2000 lx. Αντίθετα όταν χρησιμοποιούσαν την αυτόματη λειτουργία πάνω από τους μισούς δήλωναν ικανοποιημένοι με 570-700 lx. Τέλος στην ημιαυτόματη το 71% θεώρησε επαρκή την ρύθμιση των 680lx. Αξιοσημείωτο είναι ότι από το 29% που δήλωσε δυσαρεστημένο με τα 680 lx στην ημιαυτόματη λειτουργία το 60% δεν έκανε καμία διορθωτική κίνηση για να αυξήσει το επίπεδο φωτισμού.

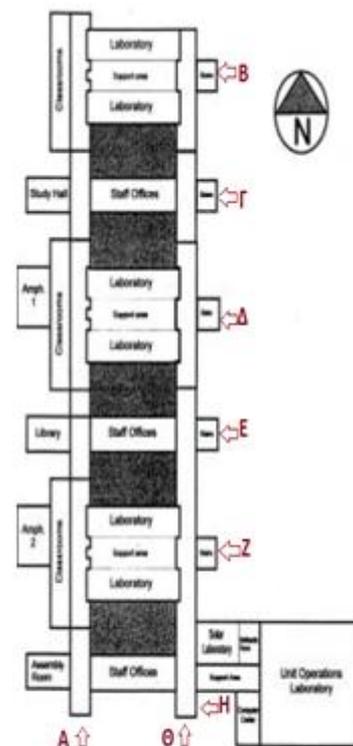


# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

## Περιγραφή του κτηρίου Χημικών μηχανικών

### 6.1 Περιγραφή του κτηρίου

Το κτήριο των Χημικών Μηχανικών βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της Πολυτεχνιούπολης Ζωγράφου στην Αθήνα. Στην δυτική του πλευρά βρίσκεται το κτήριο της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών και στην ανατολική του ο Υμητός. Ο άξονας του κτηρίου είναι Βοράς- Νότος. Παράλληλα στον άξονα αυτό και για όλο το μήκος του κτηρίου υπάρχουν δύο διάδρομοι πλάτους έξι μέτρων ο καθένας που εξυπηρετούν την κυκλοφορία ανάμεσα στο κτήριο και στα γειτονικά του. Κάθετα με τους διαδρόμους έχουν αναπτύχθει έξι πτέρυγες (Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η) όπου στεγάζονται εργαστήρια και γραφεία. Οι πτέρυγες αυτές χωρίζονται από μικρές εσωτερικές αυλές. Δυο επιπλέον πτέρυγες αναπτύσσονται παράλληλα με τους διαδρόμους, στην δυτική και ανατολική του πλευρά του κτηρίου (Α και Θ αντίστοιχα). Υπάρχουν έξι επίπεδα, όμως επειδή το κτήριο είναι χτισμένο σε πλαγιά με την βόρεια πλευρά του στο πιο χαμηλό και την νότια στο πιο ψηλό σημείο, όλες οι πτέρυγες δεν έχουν τον ίδιο αριθμό επιπέδων. [74] Στην παρούσα διπλωματική εξετάζονται οι πτέρυγες είναι η Α, Ζ και η Θ.



Εικόνα 6.1: Κάτοψη κτηρίου Χημικών Μηχανικών

Η πτέρυγα Α έχει δύο επίπεδα το 2<sup>ο</sup> και το 3<sup>ο</sup>. Το δεύτερο επίπεδο αποτελείται από αίθουσες διδασκαλείας (Α201-Α205, Α207-Α209), γραφεία καθηγητών (Α215-Α222), γραφεία υπηρεσιών της σχολής (Α212-Α214) ένα αμφιθέατρο (Α211) και κοινόχρηστους χώρους (διαδρόμους και WC). Ομοίως το 3<sup>ο</sup> επίπεδο αποτελείται από αίθουσες διδασκαλείας (Α303-Α306), γραφεία καθηγητών (Α301-Α302 και Α308) και ένα αμφιθέατρο εκδηλώσεων (Α307).

Η πτέρυγα Ζ έχει τέσσερα επίπεδα από το 2<sup>ο</sup> έως και 5<sup>ο</sup>. Στο δεύτερο επίπεδο, στεγάζονται γραφεία καθηγητών (Ζ201, Ζ204 και Ζ207-Ζ212), εργαστήρια (Ζ202-Ζ203) και κοινόχρηστοι χώροι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια και wc). Στο τρίτο επίπεδο, στεγάζονται δύο εργαστήρια (Ζ301-Ζ304 και Ζ307-Ζ310), δύο γραφεία (ΖΓ31 και ΖΓ32) και κοινόχρηστοι χώροι (διάδρομοι, αποθήκες, κλιμακοστάσια και wc). Ομοίως στο τέταρτο επίπεδο στεγάζονται δύο εργαστήρια (Ζ401-Ζ404 και Ζ407-Ζ410), δύο γραφεία (ΖΓ41 και ΖΓ42) και κοινόχρηστοι χώροι (διάδρομοι, αποθήκες, κλιμακοστάσια και wc). Στο τρίτο επίπεδο στεγάζονται δύο εργαστήρια (Ζ301-Ζ304 και Ζ307-Ζ310), δύο γραφεία (ΖΓ31 και ΖΓ32) και κοινόχρηστοι χώροι (διάδρομοι, αποθήκες, κλιμακοστάσια και wc). Τέλος και στο πέμπτο επίπεδο, στεγάζονται δύο εργαστήρια (Ζ501-Ζ503, Ζ504 και Ζ507-Ζ510), δύο γραφεία (ΖΓ51 και ΖΓ52) και κοινόχρηστοι χώροι (διάδρομοι, αποθήκες, κλιμακοστάσια και wc).

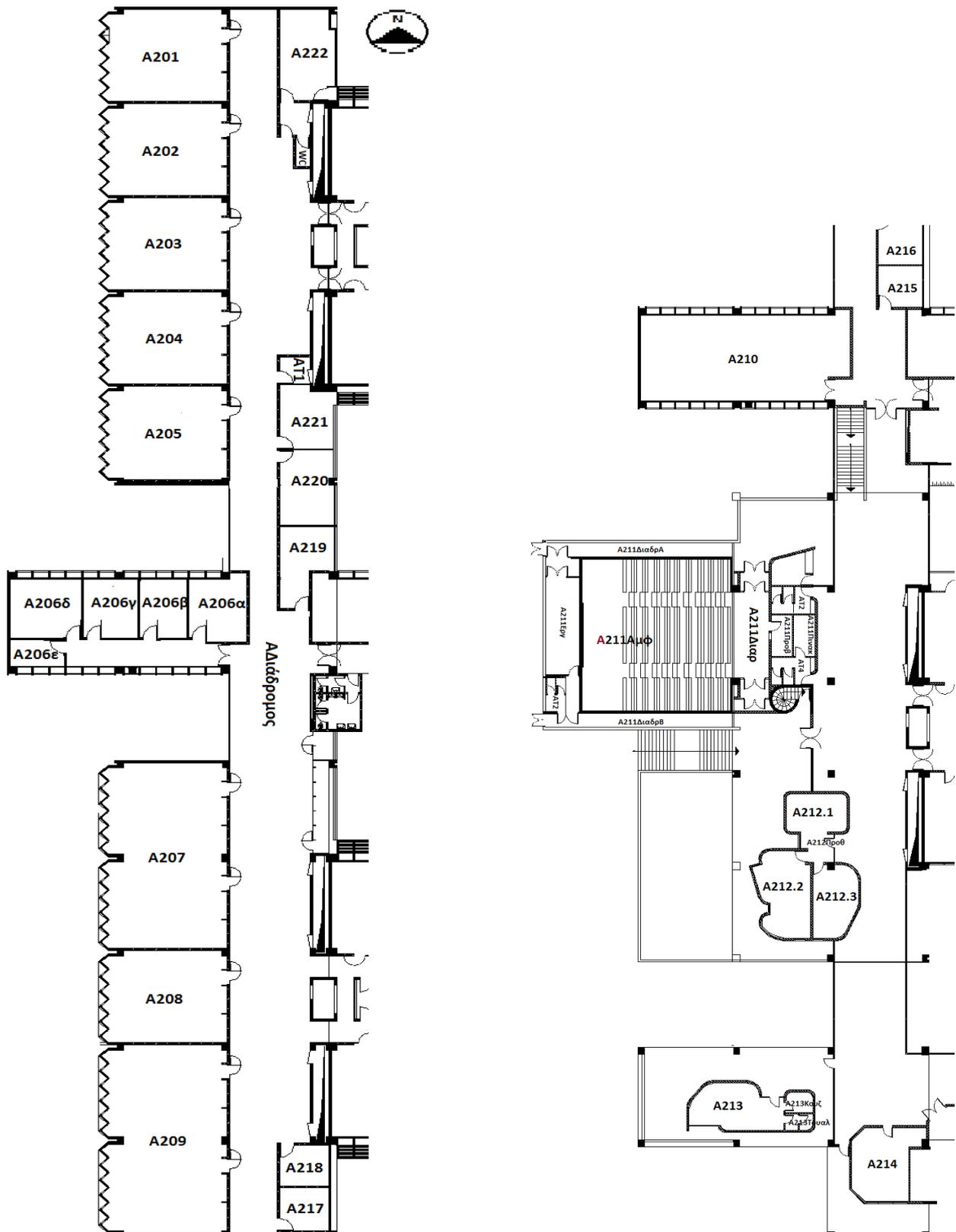
Η πτέρυγα Θ έχει τέσσερα επίπεδα από το 1<sup>ο</sup> έως και το 4<sup>ο</sup>. Στο πρώτο στεγάζονται δύο γραφεία με αποθηκευτικό χώρο και wc. Στο δεύτερο επίπεδο βρίσκονται εργαστήρια (Θ204) και γραφεία καθηγητών (Θ201-Θ202 και Θ205-Θ211) όπως επίσης και αποθηκευτικοί χώροι. Ομοίως και στο τρίτο επίπεδο στεγάζονται εργαστήρια (Θ303-Θ304) και γραφεία καθηγητών με αποθηκευτικό χώρο και wc. Τέλος στον τέταρτο όροφο στεγάζονται τέσσερα γραφεία καθηγητών (Θ401-Θ404).

Το εμβαδό των χώρων κάθε πτέρυγας και επιπέδου φαίνεται στο ακόλουθο πίνακα.

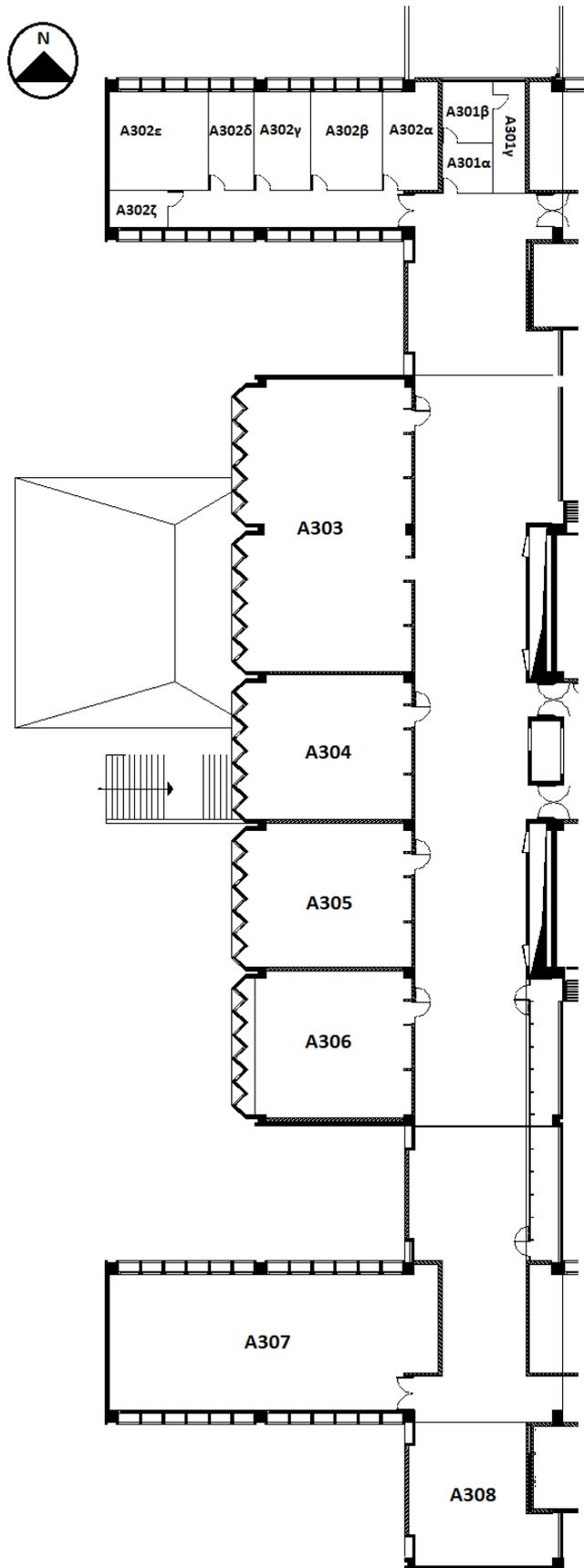
**Πίνακας 6.1:** Εμβαδό σε m<sup>2</sup> ανά πτέρυγα και επίπεδο

ΠΤΕΡΥΓΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ				
	1 <sup>ο</sup>	2 <sup>ο</sup>	3 <sup>ο</sup>	4 <sup>ο</sup>	5 <sup>ο</sup>
Α	-	1467	581	-	-
Ζ	-	781	790	790	671
Θ	50	368	359	100	-

Στις ακόλουθες σελίδες παρουσιάζονται οι καατόψεις κάθε πτέρυγας ανά επίπεδο, με την αρίθμηση που τους έχει δοθεί και τον προσανατολισμό της πτέρυγας.

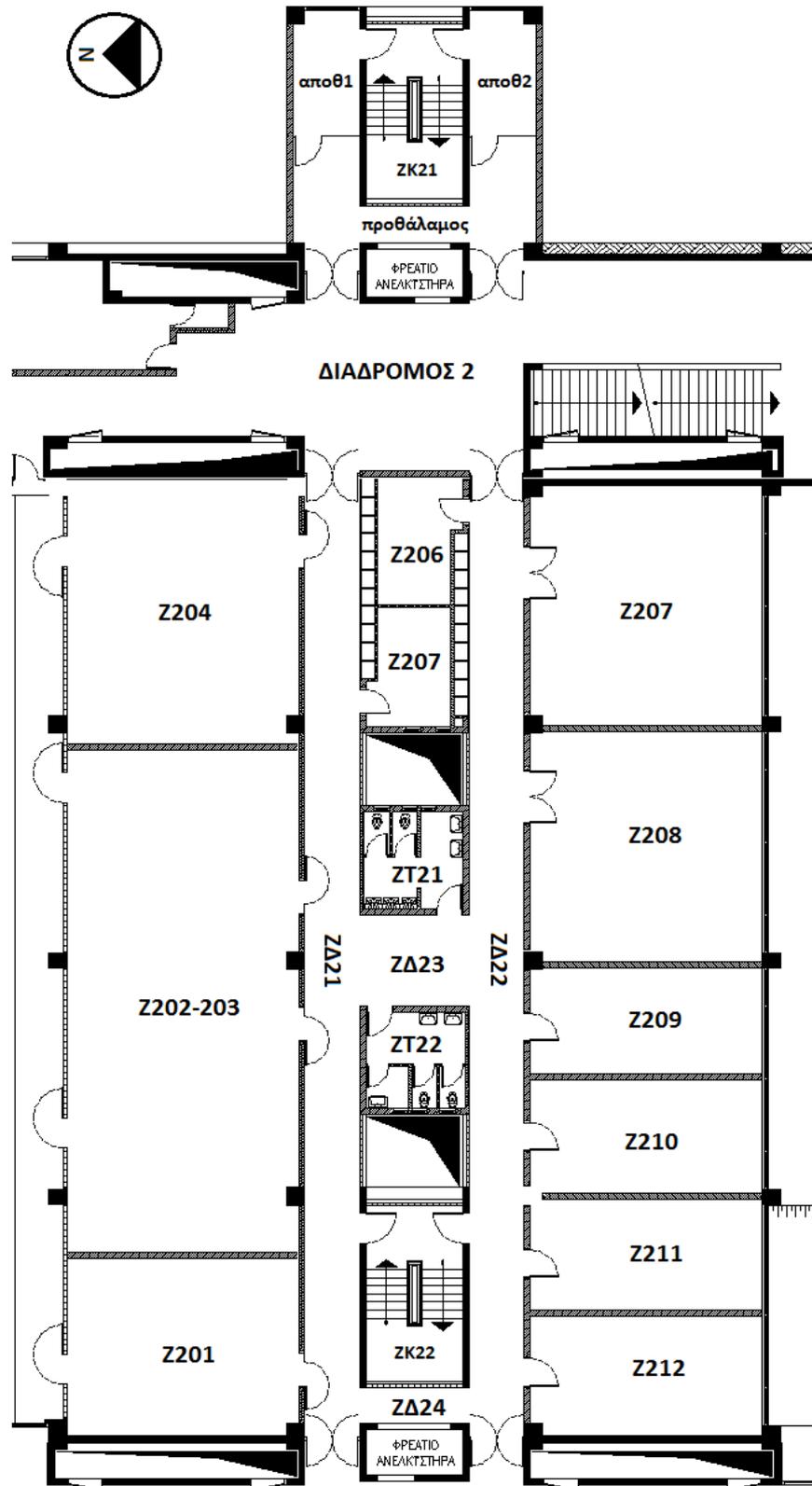


Εικόνα 6.2: Κάτοψη, αριθμηση και προσανατολισμός 2<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας  
Α

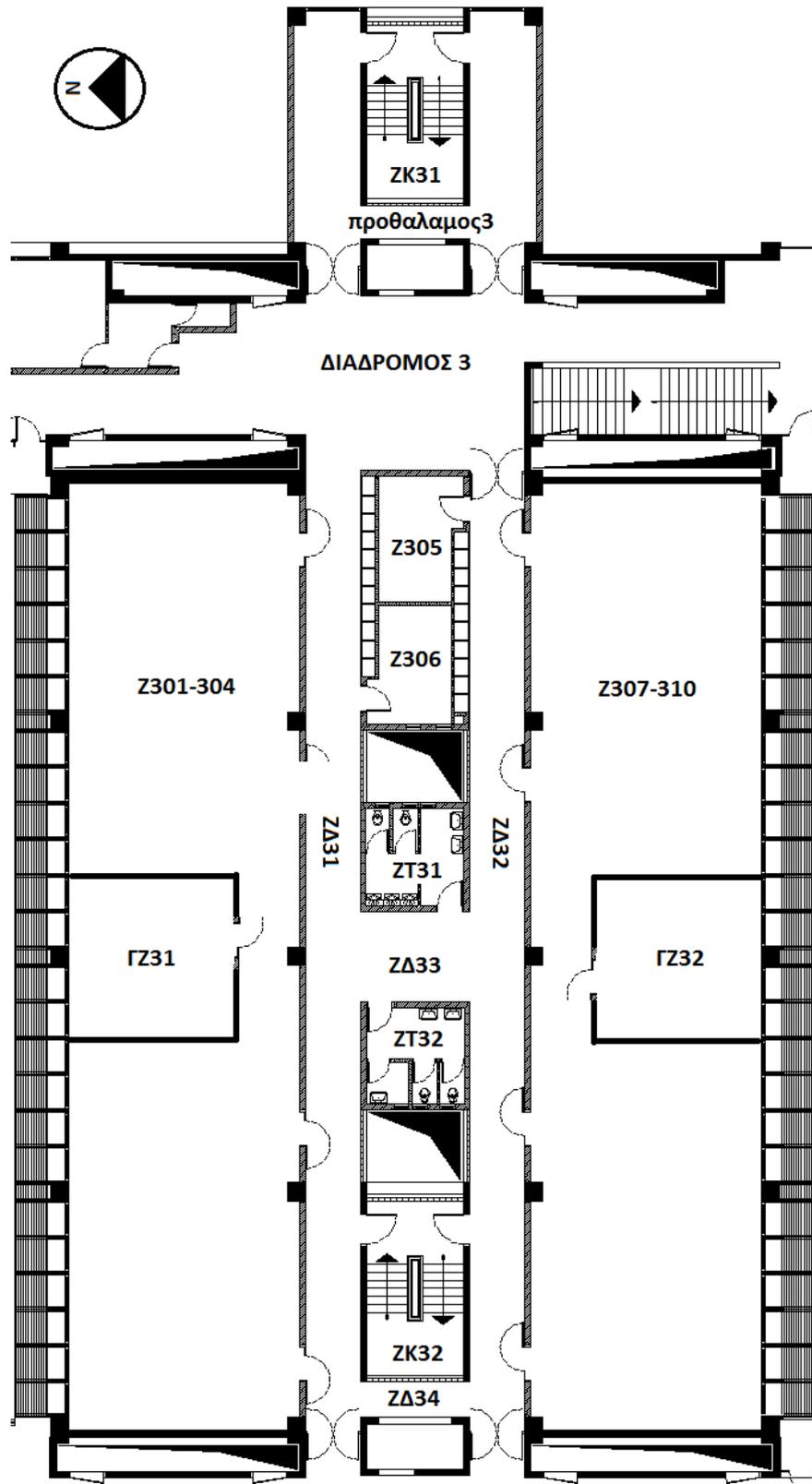


**Εικόνα 6.3:** Κάτοψη, αρίθμηση και προσανατολισμός 3<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας Α

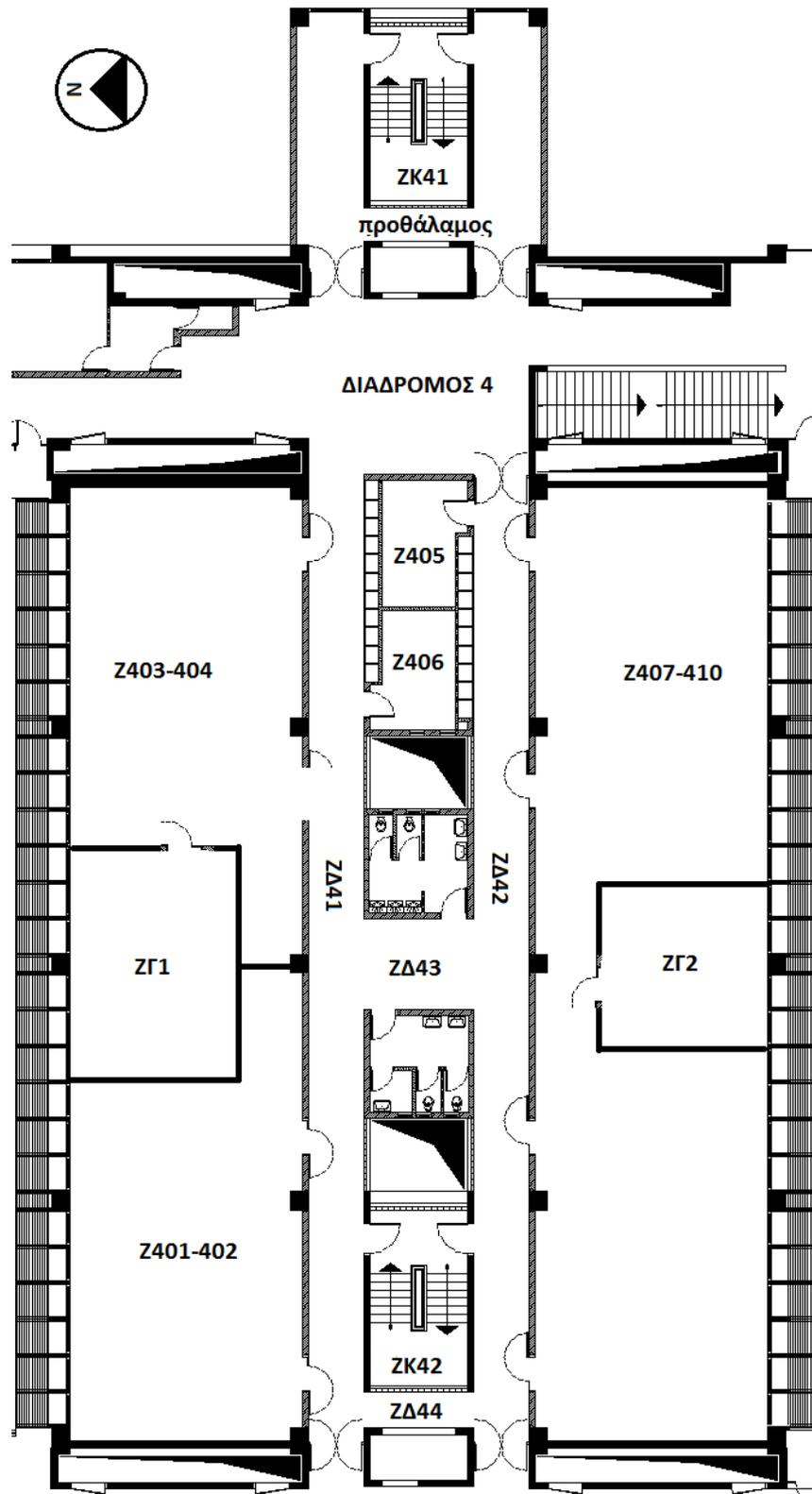
### 6.1.1 Πτέρυγα Z



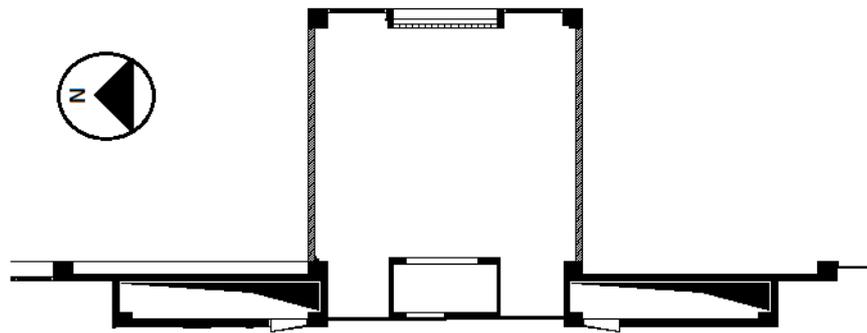
Εικόνα 6.4: Κάτοψη, αρίθμηση και προσανατολισμός 2<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας Z



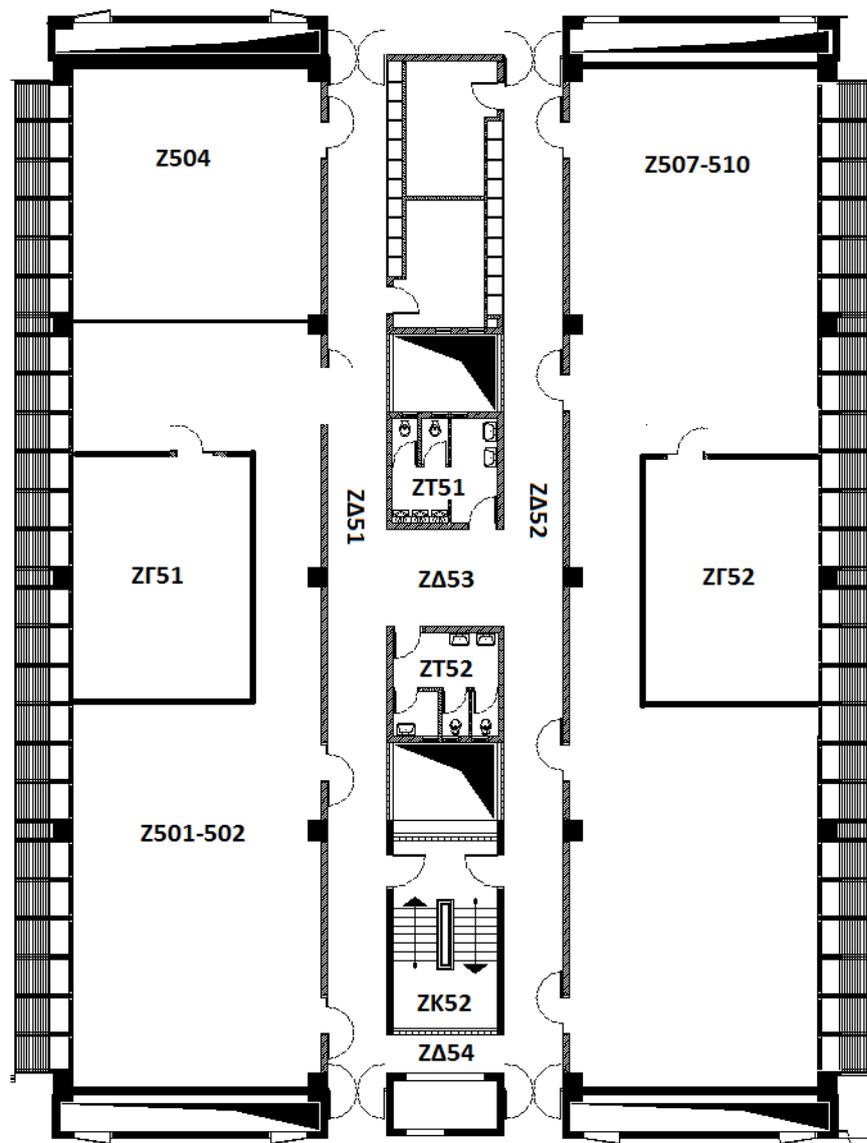
Εικόνα 6.5: Κάτοψη, αρίθμηση και προσανατολισμός 3<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας Z



Εικόνα 6.6: Κάτοψη, αρίθμηση και προσανατολισμός 4<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας Ζ

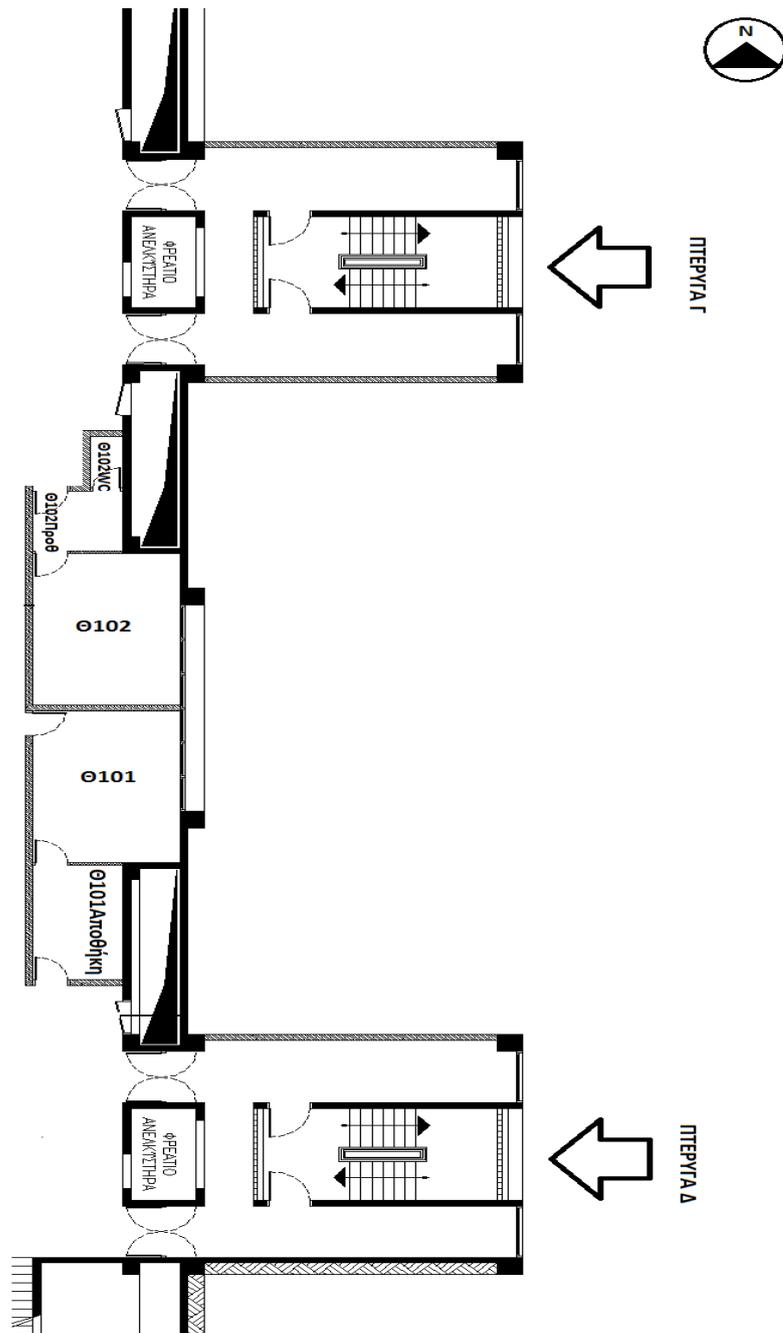


ΒΕΡΑΝΤΑ

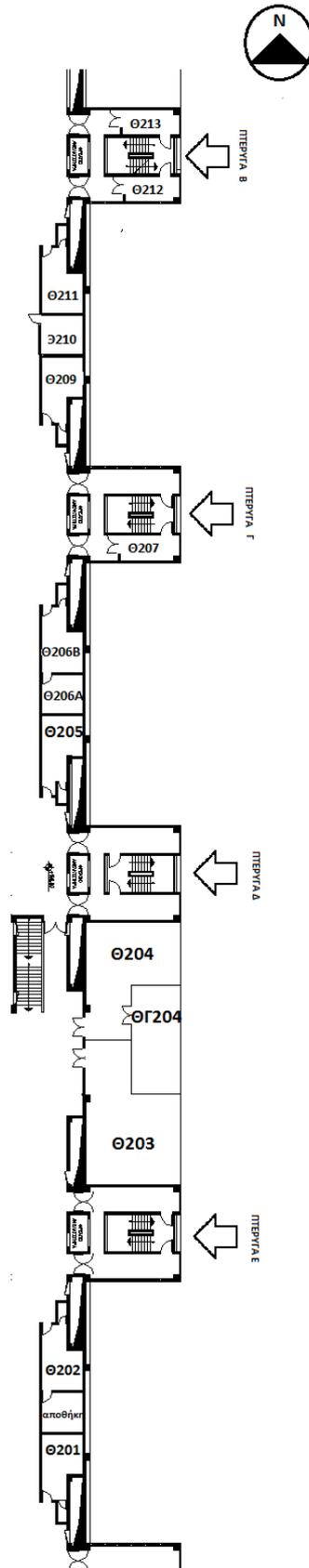


Εικόνα 6.7: Κάτοψη, αρίθμηση και προσανατολισμός 5<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας Z

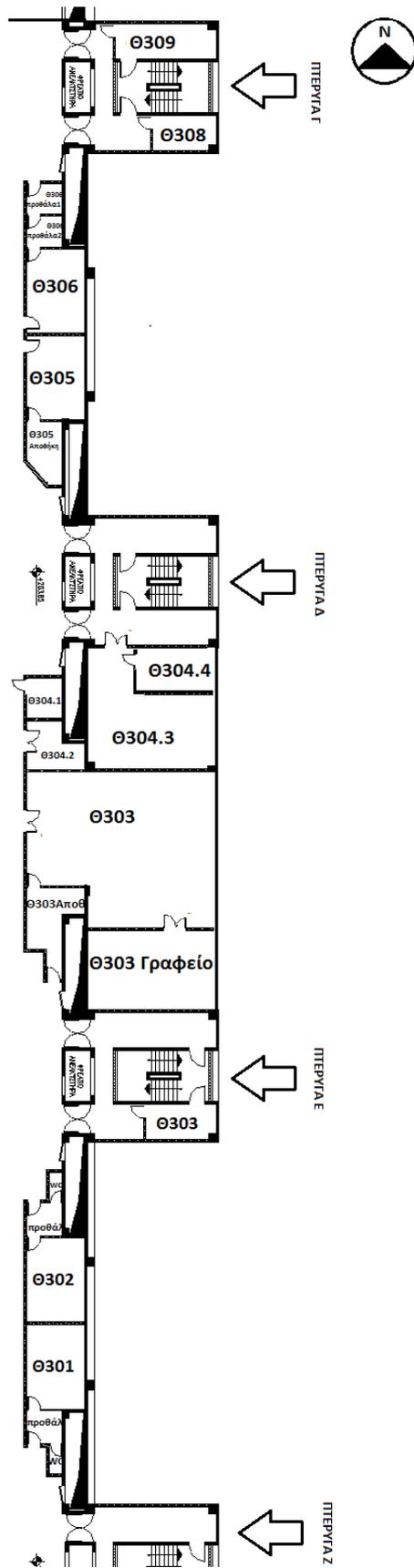
## 6.1.2 Πτέρυγα Θ



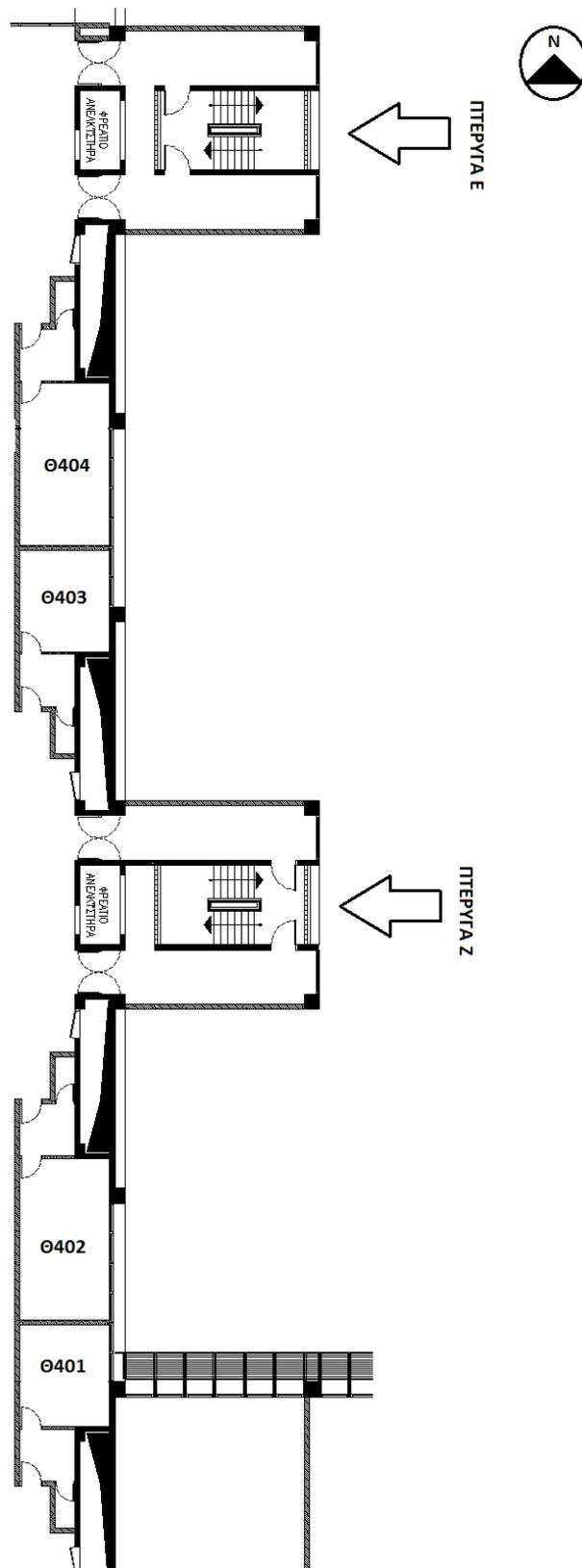
Εικόνα 6.8: Κάτοψη, αρίθμηση και προσανατολισμός 1<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας Θ



Εικόνα 6.9: Κάτοψη, αρίθμηση και προσανατολισμός 2<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας Θ



Εικόνα 6.10: Κάτοψη, αρίθμηση και προσανατολισμός 3<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας Θ



Εικόνα 6.11: Κάτοψη, αρίθμηση και προσανατολισμός 4<sup>ου</sup> επιπέδου πτέρυγας Θ

## 6.2 Βασικά προβλήματα

Το κτήριο σχεδιάστηκε το 1960, αλλά κατασκευάστηκε πολύ αργότερα στις αρχές της δεκαετίας το '80. Η μεταφορά και εγκατάσταση της σχολής χημικών μηχανικών σε αυτό έγινε το 1985. Σύντομα έγινε εμφανές ότι το αρχικό αρχιτεκτονικό σχέδιο δεν μπορούσε να εξυπηρετήσει τις λειτουργίες μιας πανεπιστημιακής σχολής, εξαιτίας της έλλειψης χώρων γραφείων και αιθουσών διδασκαλίας. Αντίθετα υπήρχαν μεγάλες επιφάνειες που καταλάμβαναν οι κοινόχρηστοι χώροι (σχεδόν το 70%). Κατά διαστήματα έγιναν επεμβάσεις κατασκευής καινούριων γραφείων σε αχρησιμοποίητους χώρους, χωρίς όμως να ακολουθείται κάποιος συγκεκριμένος στρατηγικός σχεδιασμός. Το κτήριο παρουσιάζει σοβαρό πρόβλημα θέρμανσης και δεν εκμεταλλεύεται σχεδόν καθόλου τον φυσικό φωτισμό. Τα χαμηλότερα επίπεδα των διαδρόμων είναι ανοιχτά και σχηματίζουν πιλοτές, μια κοινή πρακτική της αρχιτεκτονικής του '60 που αποδείχτηκε μη λειτουργική και στις μέρες μας έχει εγκαταλειφθεί [74].

Το 2002 έγινε μια προσπάθεια ανακαίνισης το με κύριο σκοπό την δημιουργία καταλληλότερων συνθηκών για τους χρήστες και την βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του κτηρίου από τους χρήστες του φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 6.2:** Αξιολόγηση του κτηρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. από τους χρήστες του

Ποιότητα εσωτερικού αέρα:	Χαμηλή
Υγρασία, Οσμές κ.λπ.	Βαριά ατμόσφαιρα σε ορισμένα εργαστήρια, κρύο και υγρασία σε εργαστήρια και γραφεία με βόρειο προσανατολισμό.
Ενοχλήσεις (δέρμα, μύτη, λαιμός)	Άσχημη οσμή λόγω της επεξεργασίας χημικών στα εργαστήρια και του μη επαρκούς αερισμού
Ποιότητα φυσικού/τεχνητού φωτισμού:	Ανεπαρκής φυσικός φωτισμός στα περισσότερα γραφεία.
Εμφάνιση πονοκεφάλων, έλλειψη συγκέντρωσης:	Σπάνια

Κατά την επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, διαπιστώθηκαν αρκετά προβλήματα αναφορικά με το σύστημα εσωτερικού φωτισμού του κτηρίου. Τα κυριότερα παρατίθενται παρακάτω.

- Καταρχάς η αρχιτεκτονική του κτηρίου δεν εκμεταλλεύεται το φυσικό φως και δεν έχουν γίνει οργανωμένες επεμβάσεις προς αυτή την κατεύθυνση. Για το λόγο αυτό οι χρήστες των χώρων έχουν εφαρμόσει πρόχειρες λύσεις χωρίς ιδιαίτερο σχεδιασμό (πχ εσωτερικές περσίδες, κουρτίνες ακόμα και τοποθέτηση εξωτερικού σκιάστρου σε κάποιο ανατολικό γραφείο) που δεν αποφέρουν κατάλληλα επίπεδα φωτισμού και πρακτικά

αναγκάζονται να χρησιμοποιούν τον τεχνητό φωτισμό καθ' όλη την διάρκεια της μέρας. Επίσης σε ορισμένα εργαστήρια έχουν τοποθετηθεί βιβλιοθήκες μπροστά στα ανοίγματα που εμποδίζουν το φυσικό φως να εισέρθει στον χώρο. Επιπλέον υπάρχουν κοινόχρηστοι χώροι (κλιμακοστάσια και wc) στα οποία το φως δεν μπορεί να εισέλθει λόγω πολύ έντονης εξωτερικής βλάστησης.



(α)

(β)

**Εικόνα 6.1:** (α) Τοποθέτηση σκίαστρου σε ανατολικό γραφείο (β) έντονη εξωτερική βλάστηση σε κλιμακοστάσιο που εμποδίζει το φυσικό φως

- Η εγκατάσταση φωτισμού είναι παλιά και ενεργοβόρα. Οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως φθορισμού τύπου T8 με ηλεκτρομαγνητικό ballast και πυράκτωσης των 40 ή 60W. Τα φωτιστικά σώματα είναι μειωμένης απόδοσης αφού δεν διαθέτουν ανακλαστές αλλά διαχυτικό κάλυμμα που μειώνουν αρκετά τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων.
- Οι χρήστες ανέφεραν ότι δεν γίνεται τακτική συντήρηση στο σύστημα φωτισμού με αποτέλεσμα να αφαιρούν οι ίδιοι τους λαμπτήρες όταν χαλάνε και αναβοσβήνουν χωρίς να τους αντικαθιστούν. Σε αυτήν την περίπτωση όμως το μαγνητικό ballast των λαμπτήρων φθορισμού συνεχίζει να καταναλώνει ενέργεια. Επιπλέον πολλές φορές για λόγους ευκολίας δεν τοποθετούν το διαχυτικό κάλυμμα πάνω στο φωτιστικό.
- Όπως αναφέρθηκε και στην περιγραφή του κτηρίου η έλλειψη χώρων γραφείων οδήγησε στην κατασκευή τους σε κοινόχρηστους χώρους. Ιδιαίτερα σε γραφεία που δημιουργήθηκαν δίπλα σε κλιμακοστάσια τα φωτιστικά τοποθετήθηκαν πολύ ψηλά (σε ύψος που φτάνει τα 4 m) ή χωρίς να ληφθούν υπόψη οι ανάγκες των χρηστών και η διαρρύθμιση του χώρου. Το ίδιο πρόβλημα παρουσιάζεται και σε χώρους που έγινε αναδιάρθρωση της διαρρύθμισης (πχ τοποθέτηση γραφείων).
- Στην πλειονότητα των εργαστηρίων και των αιθουσών διδασκαλίας, τα φωτιστικά δεν ελέγχονται κατά ζώνες αλλά υπάρχει μόνο ένας διακόπτης που ελέγχει όλα τα φωτιστικά του χώρου. Επομένως καταναλώνεται άσκοπα μεγάλη ποσότητα ενέργειας για να φωτιστούν περιοχές του εργαστηρίου που δεν χρησιμοποιούνται.

- Δεν έχει ληφθεί μέριμνα για τοπικό φωτισμό στους χώρους γραφείων με αποτέλεσμα να εξαρτάται από τον χρήστη το αν θα εφαρμόσει αυτή την αποδοτική μέθοδο φωτισμού.



## Καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

---

### 7.1 Εισαγωγή

Το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων που έχουν εγκατασταθεί στις πτέρυγες Α, Ζ και Θ του κτηρίου των Χημικών Μηχανικών καθώς και ο τύπος, ο αριθμός και η ισχύς των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται καταγράφηκαν κατά την επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού και υπολογίζεται η εγκατεστημένη ισχύς του.

Κατά την επιθεώρηση προέκυψε ότι χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού:

- 1x18W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με διαχυτικό κάλυμμα κυρίως για τον φωτισμό κλιμακοστασίων,
- 4x18W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με ανακλαστική περσίδα ή διαχυτικό κάλυμμα σε γραφεία
- 1x36W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast με ανακλαστική περσίδα σε διαδρόμους
- 2x36W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με διαχυτικό κάλυμμα ή με ανακλαστική περσίδα για τον φωτισμό εργαστηρίων
- 3x36W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με ανακλαστική περσίδα,
- 1x58W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και ανακλαστική περσίδα σε διαδρόμους
- 2x58W, με λαμπτήρες τύπου T8, με ηλεκτρομαγνητικό ballast και με διαχυτικό κάλυμμα,
- 2x58, με γραμμικούς λαμπτήρες φθορισμού με διαχυτικό κάλυμμα,

- λαμπτήρες πυράκτωσης ισχύος 40W και 60W σε κλιμακοστάσια και σχεδόν σε όλα τα WC

## 7.2. Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Για τον υπολογισμό της εγκατεστημένης ισχύος του υφιστάμενου συστήματος, πραγματοποιήθηκε επιθεώρηση της εγκατάστασης και καταγράφηκε ο αριθμός των φωτιστικών σε κάθε χώρο, οι λαμπτήρες ανά φωτιστικό, η ισχύς κάθε λαμπτήρα και ο τύπος του λαμπτήρα και του ballast. Για τον υπολογισμό της ισχύος του συστήματος φωτισμού κάθε χώρου, πολλαπλασιάζουμε τον αριθμό των φωτιστικών με τον αριθμό των λαμπτήρων που έχουν και την ισχύ του κάθε λαμπτήρα. Στην περίπτωση λαμπτήρων φθορισμού T8 η ισχύς προσαυξάνεται κατά 25%, ώστε να συνυπολογισθούν οι απώλειες του μαγνητικού ballast. Η κατανομή ισχύος κάθε επιπέδου προκύπτει διαιρώντας την συνολική εγκατεστημένη ισχύ προς την επιφάνεια του. Η επιφάνεια κάθε πτέρυγας μετρήθηκε από τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτηρίου.

Όπως αναφέραμε στο υποκεφάλαιο 6.1 το κτήριο των Χημικών μηχανικών είναι χτισμένο με τον άξονά του πάνω σε πλαγιά. Για τον λόγο αυτό όλες οι πτέρυγες του δεν έχουν τον ίδιο αριθμό επιπέδων. Η πτέρυγα Α έχει 2 επίπεδα (το 2<sup>ο</sup> και το 3<sup>ο</sup>) ενώ η Ζ και η Θ από τέσσερα.

### 7.2.1 Πτέρυγα Α

**Πίνακας 7.1:** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 2		Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες/Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)		
A201	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
A202	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
A203	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
A204	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
A205	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
A206	9	2	36	Φθορισμού T8	810
A206α	5	2	36	Φθορισμού T8	450
A206β	5	2	36	Φθορισμού T8	450
A206γ	5	2	36	Φθορισμού T8	450
A206δ	7	2	36	Φθορισμού T8	630
A206ε	3	2	36	Φθορισμού T8	270
A207	24	2	36	Φθορισμού T8	2.160

**Πίνακας 7.1 (συνέχεια):** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες / Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
A208	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
A209	24	2	36	Φθορισμού T8	2.160
A210	22	2	36	Φθορισμού T8	2.520
A210	4	3	36	Φθορισμού T8	
A211Αμφ	31	2	36	Φθορισμού T8	288
	6	1	18	Φθορισμού T8	135
A211Διαδρ	12	1	36	Φθορισμού T8	620
	2	1	40	Πυράκτωσης E27	
A211Πινακ	1	1	36	Φθορισμού T8	45
A211Προβ	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
AT2	3	1	40	Πυράκτωσης E27	120
A211Εργ	4	1	58	Φθορισμού T8	313
	1	1	18	Φθορισμού T8	
A211ΠροθΕργΑ	1	1	58	Φθορισμού T8	73
A211ΠροθΕργΒ	1	1	58	Φθορισμού T8	73
A211ΔιαδΑ	5	1	40	Πυράκτωσης E27	200
A211ΔιαδΒ	5	1	40	Πυράκτωσης E27	200
AT3	3	1	40	Πυράκτωσης E27	120
A212Προθ	2	4	36	Φθορισμού T8	360
A212.1	4	4	18	Φθορισμού T8	360
A212.2	4	3	36	Φθορισμού T8	540
A212.3	4	3	36	Φθορισμού T8	540
A213	6	4	18	Φθορισμού T8	540
A213Κουζ	3	2	58	Φθορισμού T8	435
A213Τουαλ	2	1	60	Πυράκτωσης E27	150
A214	2	2	58	Φθορισμού T8	290
A215	2	2	58	Φθορισμού T8	290
A216	2	2	58	Φθορισμού T8	290
A217	2	2	58	Φθορισμού T8	522
A218	2	2	58	Φθορισμού T9	650
A219	5	2	36	Φθορισμού T8	738
A220	4	2	36	Φθορισμού T9	648
A221	4	2	36	Φθορισμού T8	360
AT1	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
A222	1	2	58	Φθορισμού T8	505
	4	2	36	Φθορισμού T8	

**Πίνακας 7.1 (συνέχεια):** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες / Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
A222WC	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>28.386</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 2 της Πτέρυγας Α προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 1467 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 19,36 W/m<sup>2</sup>, τιμή που υπερβαίνει το όριο των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

**Πίνακας 7.2:** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

<b>Επίπεδο 3</b>					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες /Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
A301.α	1	4	18	Φθορισμού T8	90
A301.β	1	4	18	Φθορισμού T8	90
A301.γ	1	4	18	Φθορισμού T8	90
A302.α	4	4	18	Φθορισμού T8	360
A302.β	6	4	36	Φθορισμού T8	1.080
A302.γ	4	2	36	Φθορισμού T8	360
A302.δ	4	2	36	Φθορισμού T8	360
A302.ε	6	4	18	Φθορισμού T8	540
A302.ζ	4	2	36	Φθορισμού T8	360
A303	24	2	36	Φθορισμού T8	2.160
A304	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
A305	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
A306	12	2	36	Φθορισμού T8	1.080
A307	37	2	26	Συμπαγής Φθορισμού	2.405
A308	9	4	18	Φθορισμού T8	810
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>11.945</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 3 της Πτέρυγας Α προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 581 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο

των χώρων του επιπέδου είναι 20,56 W/m<sup>2</sup>, τιμή που υπερβαίνει το όριο των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

Βάση των ανωτέρω υπολογισμών, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Α είναι 42.869 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 2048 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος είναι 20,93W/m<sup>2</sup>, τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m<sup>2</sup>.

## 7.2.2 Πτέρυγα Ζ

**Πίνακας 7.3** : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Ζ

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 2		Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες /Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα( W)		
Z.201	15	2	36	Φθορισμού T8	1.350
Z.202-203	40	2	36	Φθορισμού T8	3.600
Z.204	20	2	36	Φθορισμού T8	1.800
Z.205	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Z.206	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Z.207	12	4	18	Φθορισμού T8	1.080
Z.208	6	2	58	Φθορισμού T8	870
Z.209	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Z.210	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Z.211	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Z.212	4	4	18	Φθορισμού T8	476
	1	2	58	Φθορισμού T8	
Z.Δ.2.1	16	1	58	Φθορισμού T8	1.160
Z.Δ.2.2	16	1	58	Φθορισμού T8	1.160
Z.Δ.2.3	2	1	58	Φθορισμού T8	145
Z.Δ.2.4	1	1	58	Φθορισμού T8	73
Z.T.2.1	1	1	18	Φθορισμού T8	183
	4	1	40	Πυράκτωσης E27	
Z.T.2.2	1	1	18	Φθορισμού T8	143
	3	1	40	Πυράκτωσης E27	
Z.K.2.1	3	2	18	Φθορισμού T8	135
προθάλαμος	2	1	60	Πυράκτωσης E27	120
αποθ1	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60

**Πίνακας 7.3 (συνέχεια) :** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Z

αποθ2	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Z.K.2.2	3	2	18	Φθορισμού T8	135
Διάδρομος3	16	2	58	Φθορισμού T8	2.320
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>15.984</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 2 της Πτέρυγας Z προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 781 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 20,47 W/m<sup>2</sup>, τιμή που υπερβαίνει το όριο των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

**Πίνακας 7.4 :** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Z

Επίπεδο 3					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Z.301-304	72	2	36	Φθορισμού T8	6.480
ΓZ31	6	2	36	Φθορισμού T8	540
Z.305	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Z.306	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Z.307-310	72	2	36	Φθορισμού T8	6.480
ΓZ32	6	2	36	Φθορισμού T8	540
Z.Δ.3.1	15	1	58	Φθορισμού T8	1.088
Z.Δ.3.2	15	1	58	Φθορισμού T8	1.088
Z.Δ.3.3	2	1	58	Φθορισμού T8	145
Z.Δ.3.4	1	1	58	Φθορισμού T8	73
Z.T.3.1	1	1	18	Φθορισμού T8	183
	4	1	40	Πυράκτωσης E27	
Z.T.3.2	1	1	18	Φθορισμού T8	183
	4	1	40	Πυράκτωσης E27	
Z.K.3.1	3	2	18	Φθορισμού T8	495
προθάλαμ ος	6	1	60	Πυράκτωσης E27	360
Z.K.3.2	3	2	18	Φθορισμού T8	135
Διάδρομος 3	16	2	58	Φθορισμού T8	2.320
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>20.288</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 3 της Πτέρυγας Z προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι  $790 \text{ m}^2$ , άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι  $25,70 \text{ W/m}^2$ , τιμή που υπερβαίνει το όριο των  $15 \text{ W/m}^2$  που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

**Πίνακας 7.5 :** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 4<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Z

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 4		Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες/Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα(W)		
Z.401-402	31	2	36	Φθορισμού T8	2.790
Z.403-404	31	2	36	Φθορισμού T8	2.790
ΓΖ41	4	4	18	Φθορισμού T8	360
Z.405	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Z.406	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Z.407-410	72	2	36	Φθορισμού T8	6.480
ΓΖ42	6	2	36	Φθορισμού T9	540
Z.Δ.4.1	15	1	58	Φθορισμού T8	1.088
Z.Δ.4.2	15	1	58	Φθορισμού T8	1.088
Z.Δ.4.3	2	1	58	Φθορισμού T8	145
Z.Δ.4.4	1	1	58	Φθορισμού T8	73
Z.T.4.1	5	1	40	Πυράκτωσης E27	200
Z.T.4.2	5	1	40	Πυράκτωσης E27	200
Z.K.4.1	2	2	18	Φθορισμού T8	90
	2	1	60	Πυράκτωσης E27	120
προθάλαμος	6	1	60	Πυράκτωσης E27	360
Z.K.4.2	3	2	18	Φθορισμού T8	135
Διάδρομος 4	16	2	58	Φθορισμού T8	2.320
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>18.953</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 4 της Πτέρυγας Z προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι  $790 \text{ m}^2$ , άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι  $24 \text{ W/m}^2$ , τιμή που υπερβαίνει το όριο των  $15 \text{ W/m}^2$  που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

**Πίνακας 7.6** : Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 5<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Ζ

<b>Επίπεδο 5</b>					
<b>Χώρος</b>	<b>Φωτιστικά</b>	<b>Λαμπτήρες/ Φωτιστικό</b>	<b>Ισχύς Λαμπτήρα (W)</b>	<b>Τύπος Λαμπτήρα</b>	<b>Σύνολο χώρου (W)</b>
Z.501-503	45	2	36	Φθορισμού T8	4.050
ΓΖ51	4	4	18	Φθορισμού T8	360
Z.504	20	2	36	Φθορισμού T8	1.800
Z.505	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Z.506	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Z.507-510	72	2	36	Φθορισμού T8	6.480
ΓΖ52	3	4	18	Φθορισμού T8	270
Z.Δ.5.1	15	1	58	Φθορισμού T8	1.088
Z.Δ.5.2	15	1	58	Φθορισμού T8	1.088
Z.Δ.5.3	2	1	58	Φθορισμού T8	145
Z.Δ.5.4	1	1	58	Φθορισμού T8	73
Z.T.5.1	5	1	60	Πυράκτωσης E27	300
Z.T.5.2	5	1	60	Πυράκτωσης E27	300
Z.K.5.2	2	2	18	Φθορισμού T8	210
	2	1	60	Πυράκτωσης E27	
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>16.343</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 5 της Πτέρυγας Ζ προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 671 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 24,36 W/m<sup>2</sup>, τιμή που υπερβαίνει το όριο των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

Βάση των ανωτέρω υπολογισμών, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Ζ είναι 71.571 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 3.032 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος είναι 23,06 W/m<sup>2</sup>, τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m<sup>2</sup>.

## 7.2.3 Πτέρυγα Θ

**Πίνακας 7.7:** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 1		Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες / Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)		
Θ.101	4	4	18	Φθορισμού T8	360
Θ.101Αποθ	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Θ.102	4	4	18	Φθορισμού T8	360
Θ.102Προθ	1	4	18	Φθορισμού T8	90
Θ.102WC	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>1.050</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 1 της Πτέρυγας Θ προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 50 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 20,82 W/m<sup>2</sup>, τιμή που υπερβαίνει το όριο των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

**Πίνακας 7.8:** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 2		Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)		
Θ.201	5	2	36	Φθορισμού T8	450
Θ.201WC	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
Θ.202	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Θ.202Αποθήκη	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Θ.202WC	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Θ.203	18	4	18	Φθορισμού T8	1.620
Θ.203Αποθήκη	9	4	18	Φθορισμού T8	810
Θ.204	12	4	18	Φθορισμού T8	1.080
ΘΓ204.1	2	4	18	Φθορισμού T8	180
ΘΓ204.2	6	4	18	Φθορισμού T8	540
Θ.205	5	2	36	Φθορισμού T8	

**Πίνακας 7.8 (συνέχεια):** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Θ.205WC	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Θ.206A	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Θ.206B	1	4	18	Φθορισμού T8	90
Θ.206WC	2	1	40	Πυράκτωσης E27	80
Θ.207	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Θ.209	1	2	54	Φθορισμού T8	225
	1	2	36	Φθορισμού T8	
Θ.209WC	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Θ.210	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Θ.211	1	2	54	Φθορισμού T8	135
	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Θ.211WC	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
Θ.212	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Θ.213	2	1	60	Πυράκτωσης E27	120
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>7.510</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 2 της Πτέρυγας Θ προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 368 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 20,43 W/m<sup>2</sup>, τιμή που υπερβαίνει το όριο των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

**Πίνακας 7.9:** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Επίπεδο 3					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Θ.301	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Θ.301Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Θ.301WC	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
Θ.302	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Θ.302Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Θ.302WC	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
Θ.303	30	4	18	Φθορισμού T8	2700
Θ.303Γραφείο	8	4	18	Φθορισμού T8	720

**Πίνακας 7.9 (συνέχεια):** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Θ.303Αποθ	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Θ.304.1	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Θ.304.2	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Θ.304.3	12	4	18	Φθορισμού T8	1080
Θ.304.4	4	4	18	Φθορισμού T8	360
Θ.305	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Θ.305Αποθ	1	2	36	Φθορισμού T8	
Θ.306	3	2	36	Φθορισμού T8	270
Θ.306Προθ1	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Θ.306Προθ2	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Θ.308	2	4	18	Φθορισμού T8	180
Θ.309	3	4	18	Φθορισμού T9	270
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>7.370</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 3 της Πτέρυγας Θ προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 359 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 20,54 W/m<sup>2</sup>, τιμή που υπερβαίνει το όριο των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

**Πίνακας 7.10:** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 4<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Επίπεδο 4					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Θ.401	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Θ.401Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Θ.401WC	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Θ.402	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Θ.402Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Θ.402WC	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Θ.403	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Θ.403Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Θ.403WC	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
Θ.404	3	2	36	Φθορισμού T8	270

**Πίνακας 7.10 (συνέχεια):** Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 4<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα( W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Θ.404Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Θ.404WC	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>1.930</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 4 της Πτέρυγας Θ προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 100 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 19,3 W/m<sup>2</sup>, τιμή που υπερβαίνει το όριο των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

Βάση των ανωτέρω υπολογισμών, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Θ είναι 17.860 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 877 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος είναι 20,36 W/m<sup>2</sup>, τιμή πολύ μεγαλύτερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m<sup>2</sup>.

### 7.3 Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

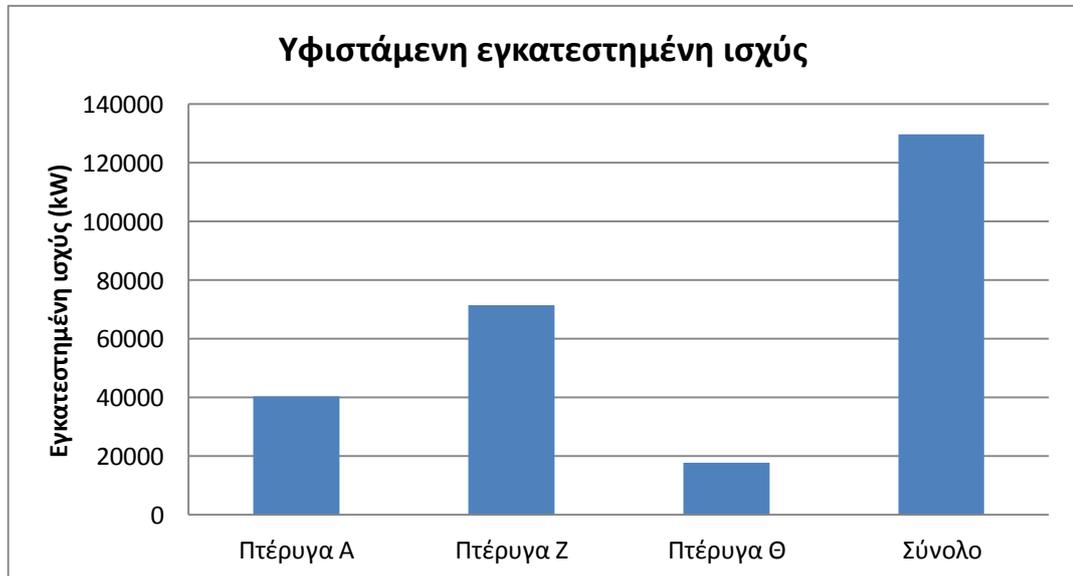
Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζετε η υφιστάμενη εγκατεστημένη ισχύς κάθε πτέρυγας αλλά και συνολικά καθώς και η κατανομή ισχύος που προέκυψε από τους υπολογισμούς.

**Πίνακας 7.11:** Υφιστάμενη εγκατεστημένη ισχύς στο σύστημα φωτισμού για τις πτέρυγες Α,Θ,Ζ

ΠΤΕΡΥΓΑ	Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ποσοστό υπέρβασης των ορίων Κ.Εν.Α.Κ.
A	40.331	19,69	31,27%
Z	71.571	23,60	57,33%
Θ	17.860	20,36	35,73%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>129.762</b>	<b>21,79</b>	<b>45,22%</b>

Παρατηρούμε ότι η κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος υπερβαίνει τα όρια που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. κατά 45,22%

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται γραφικά η υφιστάμενη εγκατεστημένη ισχύς για το σύστημα φωτισμού κάθε πτέρυγας, αλλά και για το σύνολο των τριών υπό εξέταση πτερυγών.



**Σχήμα 7.1:** Υφιστάμενη εγκατεστημένη ισχύς για το σύστημα φωτισμού ανά πτέρυγα.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>

---

## Σενάριο 1<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων

---

### 8.1. Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο υπολογίστηκε ότι η κατανομή ισχύος σε όλες τις υπό μελέτη πτέρυγες υπερβαίνει κατά πολύ τα όρια που θέτει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.). Επομένως η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού είναι απαραίτητη.

Στην Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) 20701-1/2010 , αναφέρεται ότι, 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. Επιπλέον το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464.1:2002 καθορίζει τιμές για τη μέση ελάχιστη στάθμη γενικού φωτισμού (lx) ανά χρήση χώρου. Το κατώτερο όριο της φωτιστικής απόδοσης, καθορίστηκε στα 55 lm/W και το ανώτερο όριο της κατανομής ισχύος του κάθε χώρου στα 15 W/m<sup>2</sup>. Το επίπεδο αναφοράς για τους χώρους που εξετάζουμε ορίζεται σε 0,8m [75].

Για την αναβάθμιση του φωτισμού στις υπό μελέτη πτέρυγες, έγινε χρήση του προγράμματος υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών, RELUX. Όλοι οι χώροι αναπαραστάθηκαν με τρισδιάστατα μοντέλα στα οποία καθορίστηκαν σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν τον φωτισμό, όπως η γεωμετρία και η θέση των ανοιγμάτων, οι ανακλαστικότητες των εσωτερικών επιφανειών και ο συντελεστής συντήρησης.

Οι λαμπτήρες που επιλέχθηκαν να αντικαταστήσουν τους παλιούς είναι γραμμικοί, τύπου T5 που λειτουργούν με ηλεκτρονικό ballast. Τα ballast αυτά

υπολογίζεται ότι καταναλώνουν επιπρόσθετα 10% της ισχύος των λαμπτήρων. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά σώματα της ελληνικής εταιρίας Γαλλής Α.Ε.Β.Ε. υψηλής απόδοσης, που διαθέτουν παραβολική περσίδα. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 8.1, όπου:

- τα lumen των λαμπτήρων κάθε φωτιστικού υπολογίζονται από τον τύπο:

$\text{lumen λαμπτήρων φωτιστικού} = \text{αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό} \times \text{lumen λαμπτήρα}$

- τα lumen για το κάθε φωτιστικό προκύπτουν από τον τύπο:

$\text{lumen φωτιστικού} = \text{lumen φωτιστικού} \times \text{απόδοση φωτιστικού (LOR)}$  και

- η ισχύς κάθε φωτιστικού:
- 

$\text{Ισχύς Φωτιστικού} = \text{αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό} \times \text{ισχύ λαμπτήρα} \times 1,1$

**Πίνακας 8.1 :** Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων

Τύπος φωτιστικού	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	lumen λαμπτήρα (lumen)	lumen λαμπτήρων φωτιστικού (lumen)	Απόδοση φωτιστικού (LOR)	lumen φωτιστικού (lumen)	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς φωτιστικού (W)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	2	1.200	2.400	0,6712	1.611	14	31
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	2	1.900	3.800	0,6712	2.551	21	46
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310	2	2.600	5.200	0,7534	3.918	28	62
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	2	5.000	10.000	0,7534	7.534	54	119
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	2	3.650	7.300	0,7534	5.500	35	77

**Πίνακας 8.1 (συνέχεια):** Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων

Τύπος φωτιστικού	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	lumen λαμπτήρα (lumen)	lumen λαμπτήρων φωτιστικού (lumen)	Απόδοση φωτιστικού (LOR)	lumen φωτιστικού (lumen)	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς φωτιστικού (W)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313	2	7.000	14.000	0,7534	10.548	80	176
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21w, μήκους: 1220mm, 4032	1	1.900	1.900	0,6017	1.143	21	23
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W. μήκους: 1820mm 4036	1	3.650	3.650	0,6929	2.529	35	38,5
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x54W. μήκους: 1820mm 4035	1	5.000	5.000	0,6017	3.008	54	59,4
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	1	850	850	0,566	481	15	15

Στο Παράρτημα Α παρατίθενται τα αποτελέσματα αντιπροσωπευτικών προσομοιώσεων του τεχνητού φωτισμού που έγιναν στο πρόγραμμα RELUX και στο παράρτημα Γ οι αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές των φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν και τα πολικά διαγράμματα κατανομής της φωτεινής έντασης.

## 8.2. Σενάριο 1ο : Εγκατεστημένη ισχύς συστήματος τεχνητού φωτισμού με αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα.

Με τις προσομοιώσεις των χώρων στο RELUX, έγινε δυνατή η δημιουργία ενός βέλτιστου σεναρίου φωτισμού που καλύπτει τις προδιαγραφές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Έτσι για κάθε χώρο του κτηρίου επιλέχθηκε ο αριθμός και ο τύπος των προτεινόμενων φωτιστικών, ο αριθμός των λαμπτήρων ανά φωτιστικό, η ισχύς και ο τύπος του κάθε λαμπτήρα, καθώς και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του χώρου, αυξημένη κατά 10% λόγω της

κατανάλωσης των ηλεκτρονικών ballast. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

## 8.2.1 Πτέρυγα Α

**Πίνακας 8.2:** Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 2		Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)		
A201	6	2	54	Φθορισμού T5	713
A202	6	2	54	Φθορισμού T5	713
A203	6	2	54	Φθορισμού T5	713
A204	6	2	54	Φθορισμού T5	713
A205	6	2	54	Φθορισμού T5	713
A206	4	2	14	Φθορισμού T5	123
A206α	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A206β	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A206γ	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A206δ	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A206ε	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A207	12	2	54	Φθορισμού T5	1.426
A208	6	2	54	Φθορισμού T5	713
A209	12	2	54	Φθορισμού T5	1.426
A210	11	2	54	Φθορισμού T5	1.307
A211Αμφ	20	2	35	Φθορισμού T5	1.540
A211Διαδρ	2	2	54	Φθορισμού T5	238
A211Πινακ	1	2	14	Φθορισμού T5	31
A211Προβ	1	1	14	Φθορισμού T5	15
AT2	3	1	15	Συμπ. Φθορισμού	45
A211Εργ	2	2	54	Φθορισμού T5	216
A211ΠροθΕργΑ	1	1	14	Φθορισμού T5	15
A211ΠροθΕργΒ	1	1	14	Φθορισμού T5	15
A211ΔιαδΑ	4	2	14	Φθορισμού T5	123
A211ΔιαδΒ	4	2	14	Φθορισμού T5	123
AT3	3	1	15	Φθορισμού T5	45
A212Προθ	1	2	14	Φθορισμού T5	31
A212.1	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A212.2	2	2	54	Φθορισμού T5	238
A212.3	2	2	54	Φθορισμού T5	238
A213	2	2	54	Φθορισμού T5	238
A213Κουζ	1	2	35	Φθορισμού T5	77

**Πίνακας 8.2 (συνέχεια)** : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες / Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
A213Τουαλ	2	1	15	Συμπ.Φθορισμού	33
A214	3	2	54	Φθορισμού T5	356
A215	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A216	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A217	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A218	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A219	2	2	54	Φθορισμού T5	238
A220	2	2	54	Φθορισμού T5	238
A221	2	2	54	Φθορισμού T5	238
AT1	1	1	15	Συμπ.Φθορισμού	15
A222	2	2	54	Φθορισμού T5	238
A222WC	1	1	15	Συμπ.Φθορισμού	15
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>14.343</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 2 της Πτέρυγας Α προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 1467 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,78 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 62,24 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

**Πίνακας 8.3** : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Επίπεδο 3					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
A301.α	1	2	14	Φθορισμού T5	31
A301.β	1	2	35	Φθορισμού T5	77
A301.γ	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A302.α	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A302.β	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A302.γ	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A302.δ	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A302.ε	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A302.ζ	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A303	12	2	54	Φθορισμού T5	1.426

**Πίνακας 8.3 (συνέχεια) :** Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
A304	6	2	54	Φθορισμού T5	713
A305	6	2	54	Φθορισμού T5	713
A306	6	2	54	Φθορισμού T5	713
A307	11	2	54	Φθορισμού T5	1307
A308	4	2	54	Φθορισμού T5	475
<b>Σύνολο</b>					<b>6.321</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 3 της Πτέρυγας Α προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 581 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 10,88 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 63,41 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

Βάση των ανωτέρω υπολογισμών, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Α είναι 20.664 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 2048 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος είναι 10,09 W/m<sup>2</sup>, τιμή πολύ μικρότερη του ανώτερου ορίου των 15 W/m<sup>2</sup>. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 62,59 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

## 8.2.2 Πτέρυγα Ζ

**Πίνακας 8.4 :** Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Ζ

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 2		Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)		
Z.201	3	2	80	Φθορισμού T5	528
Z.202-203	8	2	80	Φθορισμού T5	1.408
Z.204	9	2	35	Φθορισμού T5	693
Z.205	1	1	35	Φθορισμού T5	39
Z.206	1	1	35	Φθορισμού T5	39
Z.207	4	2	80	Φθορισμού T5	704
Z.208	4	2	80	Φθορισμού T5	704
Z.209	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Z.210	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Z.211	2	2	54	Φθορισμού T5	238

**Πίνακας 8.4 (συνέχεια) :** Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Z.212	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Z.Δ.2.1	9	1	21	Φθορισμού T5	208
Z.Δ.2.2	9	1	21	Φθορισμού T5	208
Z.Δ.2.3	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Z.Δ.2.4	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Z.T.2.1	4	1	15	Συμπ.Φθορισμού	60
Z.T.2.2	4	1	15	Συμπ.Φθορισμού	60
Z.K.2.1	3	2	14	Φθορισμού T5	92
προθάλαμος	2	2	14	Φθορισμού T5	62
αποθ1	1	2	14	Φθορισμού T5	31
αποθ2	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Z.K.2.2	3	2	14	Φθορισμού T5	92
Διάδρομος2	4	2	80	Φθορισμού T5	704
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>6.658</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 2 της Πτέρυγας Z προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 781 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 8,53 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 60,11 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

**Πίνακας 8.5 :** Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Z

Χώρος	Επίπεδο 3		Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό			
Z.301-304	1	2	28	Φθορισμού T5	2.878
	16	2	80	Φθορισμού T5	
ΓZ31	1	2	54	Φθορισμού T5	119
Z.305	1	1	35	Φθορισμού T5	39
Z.306	1	1	35	Φθορισμού T5	39
Z.307-310	1	2	28	Φθορισμού T5	2.878
	16	2	80	Φθορισμού T5	
ΓZ32	1	2	80	Φθορισμού T5	176
Z.Δ.3.1	9	1	21	Φθορισμού T5	208

**Πίνακας 8.5 (συνέχεια)** : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Z.Δ.3.2	9	1	21	Φθορισμού T5	208
Z.Δ.3.3	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Z.Δ.3.4	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Z.Τ.3.1	4	1	15	Συμπ.Φθορισμού	60
Z.Τ.3.2	4	1	15	Συμπ.Φθορισμού	60
Z.Κ.3.1	3	2	14	Φθορισμού T5	92
προθάλαμος	5	2	14	Φθορισμού T5	154
Z.Κ.3.2	3	2	14	Φθορισμού T5	92
Διάδρομος3	4	2	80	Φθορισμού T5	704
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>7.752</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 3 της Πτέρυγας Z προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 790 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,81W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 58,77 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

**Πίνακας 8.6** : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 4<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Z

Επίπεδο 4					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Z.401-402	7	2	80	Φθορισμού T5	1.120
Z.403-404	7	2	80	Φθορισμού T5	1.120
ΓΖ41	2	2	54	Φθορισμού T5	216
Z.405	1	1	35	Φθορισμού T5	39
Z.406	1	1	35	Φθορισμού T5	39
Z.407-410	16	2	80	Φθορισμού T5	2.816
ΓΖ42	2	2	35	Φθορισμού T5	154
Z.Δ.4.1	9	1	21	Φθορισμού T5	208
Z.Δ.4.2	9	1	21	Φθορισμού T5	208
Z.Δ.4.3	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Z.Δ.4.4	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Z.Τ.4.1	4	1	15	Συμπ.Φθορισμού	60

**Πίνακας 8.6 (συνέχεια) :** Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 4<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Z.T.4.2	4	1	15	Συμπ.Φθορισμού	60
Z.K.4.1	3	2	14	Φθορισμού T5	92
προθάλαμος	5	2	14	Φθορισμού T5	154
Z.K.4.2	3	2	14	Φθορισμού T5	92
Διάδρομος4	4	2	80	Φθορισμού T5	704
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>7.128</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 4 της Πτέρυγας Z προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 790 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,02 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 60,98 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

**Πίνακας 8.7 :** Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 5<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Z

Επίπεδο 5					
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Z.501-503	9	2	80	Φθορισμού T5	1.584
ΓZ51	2	2	80	Φθορισμού T5	352
Z.504	4	2	80	Φθορισμού T5	704
Z.505	1	1	35	Φθορισμού T5	39
Z.506	1	1	35	Φθορισμού T5	39
Z.507-510	16	2	80	Φθορισμού T5	2.816
ΓZ52	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Z.Δ.5.1	9	1	21	Φθορισμού T5	208
Z.Δ.5.2	9	1	21	Φθορισμού T5	208
Z.Δ.5.3	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Z.Δ.5.4	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Z.T.5.1	4	1	15	Συμπ.Φθορισμού	60
Z.T.5.2	4	1	15	Συμπ.Φθορισμού	60
Z.K.5.2	3	2	14	Φθορισμού T5	92
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>6.445</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 5 της Πτέρυγας Z προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 671 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,61 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 58,82 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

Βάση των ανωτέρω υπολογισμών, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Z είναι 27.983 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 3.032 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος είναι 9,23 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup>. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 59,66 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

### 8.2.3 Πτέρυγα Θ

**Πίνακας 8.8** : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 1		Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα(W)	
Θ.101	1	2	80	176
Θ.101Αποθ	1	2	14	31
Θ.102	2	2	54	238
Θ.102Προθ	1	2	14	31
Θ.102WC	1	1	15	15
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>490</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 1 της Πτέρυγας Θ προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 50 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,72 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 59,82 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

**Πίνακας 8.9:** Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

		Επίπεδο 2			
Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες / Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Θ.201	1	2	54	Φθορισμού T5	196
	1	2	35	Φθορισμού T5	
Θ.201WC	1	1	15	Συμπ.Φθορισμού	15
Θ.202	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Θ.202Αποθήκη	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Θ.202WC	1	1	15	Συμπ.Φθορισμού	15
Θ.203	3	2	80	Φθορισμού T5	528
Θ.203Αποθήκη	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Θ.204	5	2	80	Φθορισμού T5	880
ΘΓ204.1	1	2	80	Φθορισμού T5	176
ΘΓ204.2	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Θ.205	3	2	35	Φθορισμού T5	231
Θ.205WC	1	1	15	Συμπ.Φθορισμού	15
Θ.206A	3	2	35	Φθορισμού T5	231
Θ.206B	2	2	35	Συμπ.Φθορισμού	154
Θ.206WC	1	1	15	Συμπ.Φθορισμού	15
Θ.207	1	2	28	Φθορισμού T5	62
Θ.209	2	2	54	Συμπ.Φθορισμού	238
Θ.209WC	1	1	15	Συμπ.Φθορισμού	15
Θ.210	1	2	80	Φθορισμού T5	176
Θ.211	1	2	35	Συμπ.Φθορισμού	77
	1	2	54	Φθορισμού T5	119
Θ.211WC	1	1	15	Συμπ.Φθορισμού	15
Θ.212	1	2	28	Φθορισμού T5	62
Θ.213	1	2	28	Φθορισμού T5	62
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>3.863</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 2 της Πτέρυγας Θ προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 368 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 10,51 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή

αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 60,82 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

**Πίνακας 8.10** : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 3		Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)		
Θ.301	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Θ.301Προθ	1	1	14	Φθορισμού T5	15
Θ.301WC	1	1	15	Φθορισμού T5	17
Θ.302	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Θ.302Προθ	1	1	15	Φθορισμού T5	17
Θ.302WC	1	1	15	Φθορισμού T5	17
Θ.303	7	2	80	Φθορισμού T5	1.232
Θ.303Γραφείο	2	2	80	Φθορισμού T5	352
Θ.303Αποθ	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Θ.304.1	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Θ.304.2	1	2	80	Φθορισμού T5	176
Θ.304.3	2	2	80	Φθορισμού T5	352
Θ.304.4	1	2	54	Φθορισμού T5	119
Θ.305	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Θ.305Αποθ	1	1	21	Φθορισμού T5	23
Θ.306	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Θ.306Προθ1	1	1	15	Φθορισμού T5	17
Θ.306Προθ2	1	1	15	Φθορισμού T5	17
Θ.308	1	2	80	Φθορισμού T5	176
Θ.309	1	2	80	Φθορισμού T5	176
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>3.754</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 3 της Πτέρυγας Θ προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 359 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 10,46 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 59,97 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

**Πίνακας 8.11** : Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού του 4<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ

Χώρος	Φωτιστικά	Επίπεδο 4		Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
		Λαμπτήρες/ Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα (W)		
Θ.401	1	2	80	Φθορισμού T5	176
Θ.401Προθ	1	1	15	Φθορισμού T5	15
Θ.401WC	1	1	15	Φθορισμού T5	15
Θ.402	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Θ.402Προθ	1	1	15	Φθορισμού T5	15
Θ.402WC	1	1	15	Φθορισμού T5	15
Θ.403	1	2	80	Φθορισμού T5	176
Θ.403Προθ	1	1	15	Φθορισμού T5	15
Θ.403WC	1	1	15	Φθορισμού T5	15
Θ.404	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Θ.404Προθ	1	1	15	Φθορισμού T5	15
Θ.404WC	1	1	15	Φθορισμού T5	15
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>947</b>

Το εμβαδόν του επιπέδου 4 της Πτέρυγας Θ προκύπτει από τα αρχιτεκτονικά σχέδια ότι είναι 100 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του επιπέδου είναι 9,49 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup> που καθορίζεται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 58,15 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

Βάση των ανωτέρω υπολογισμών, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού της Πτέρυγας Θ είναι 8.976 W. Το συνολικό εμβαδόν της Πτέρυγας είναι 877 m<sup>2</sup>, άρα η κατανομή ισχύος είναι 10,23 W/m<sup>2</sup>, τιμή κατά πολύ μικρότερη το ορίου των 15 W/m<sup>2</sup>. Η φωτεινή αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος υπολογίστηκε στα 61,58 lm/W, τιμή που υπερβαίνει το κατώτερο όριο των 55 lm/W.

### 8.3. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα 1<sup>ου</sup> Σεναρίου ανά πτέρυγα

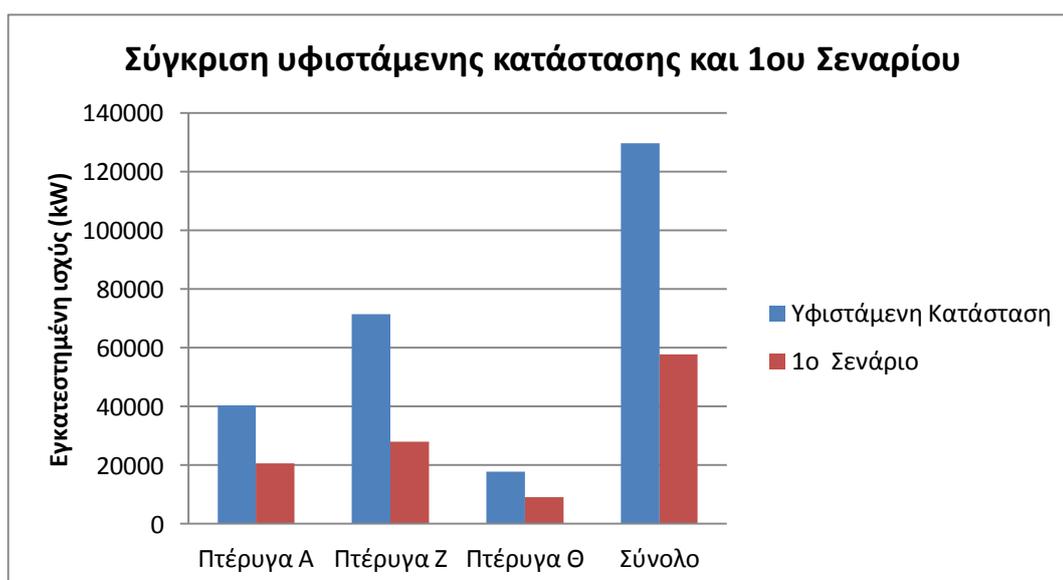
Με βάση τους υπολογισμούς που κάναμε μπορούμε να παρουσιάσουμε τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των υπολογισμών της εγκατεστημένης ισχύος για κάθε πτέρυγα του σεναρίου που προτείνουμε. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω.

**Πίνακας 8.12:** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υφιστάμενης κατάστασης και 1<sup>ου</sup> σεναρίου

ΠΤΕΡΥ ΓΑ	Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο 1 <sup>ο</sup> )	
	Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ισχύς (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
A	40.331	19,96	20.664	10,09
Z	71.571	23,61	27.983	9,23
Θ	17.860	20,36	9.055	10,32
<b>ΣΥΝΟΛ Ο</b>	<b>129.762</b>	<b>21,79</b>	<b>57.702</b>	<b>9,68</b>

Παρατηρούμε ότι η ισχύς στην προτεινόμενη εγκατάσταση μειώθηκε κατά 55.53%, ποσοστό που αντιστοιχεί σε 72.060 W.

Στο παρακάτω διάγραμμα εικονίζονται ανά πτέρυγα οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος για το σύστημα φωτισμού της υφιστάμενης κατάστασης και της προτεινόμενης κατάστασης με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων Σενάριο 1<sup>ο</sup>.



**Εικόνα 8.1:** Υφιστάμενη και εγκατεστημένη ισχύς του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου για το σύστημα φωτισμού ανά πτέρυγα.

---

## Σενάριο 2<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

---

### 9.1 Εισαγωγή

Η μέγιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 2.5 μια αποτελεσματική μέθοδος για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός είναι η εγκατάσταση συστήματος σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού με αισθητήρες φωτισμού. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, επιλέχθηκε η μελέτη της εγκατάστασης συστήματος ελέγχου της φωτεινής ροής σε χώρους με διαθέσιμο φυσικό φωτισμό. Ο έλεγχος της φωτεινής ροής γίνεται με αισθητήρες φωτισμού που τοποθετούνται σε κάθε φωτιστικό σώμα και υπολογίζουν την ένταση φωτισμού (από τον τεχνητό και το φυσικό φωτισμό) στην επιφάνεια εργασίας. Ανάλογα με τις τιμές έντασης φωτισμού που ανιχνεύει ο αισθητήρας, ο τεχνητός φωτισμός μπορεί να μειώνεται με τη χρήση ηλεκτρονικού ballast ανάλογα με τα ποσά του φυσικού φωτισμού που εισέρχονται στο εσωτερικό με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπερβαίνονται κάποια καθορισμένα όρια. Τα ηλεκτρονικά ballast με δυνατότητα ρύθμισης της έντασης φωτισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τα φωτιστικά σώματα και τους λαμπτήρες που χρησιμοποιήσαμε στο Σενάριο 1<sup>ο</sup> της παρούσας εργασίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι το σύστημα φωτισμού, με τη χρήση του συγκεκριμένου αισθητήρα δεν σβήνει το σύστημα φωτισμού ακόμα και στην περίπτωση υψηλών εντάσεων φυσικού φωτισμού αλλά ρυθμίζει τη στάθμη φωτισμού σε μια ελάχιστη ένταση. Η κατανάλωση για αυτήν την περίπτωση, έχει υπολογιστεί με μετρήσεις του Εργαστηρίου Φωτοτεχνίας του Ε.Μ.Π. και είναι περίπου ίση με την ενέργεια που καταναλώνεται από το 15% της ονομαστικής ισχύος των λαμπτήρων. Αυτή η κατανάλωση έχει υπολογιστεί στη συνολική κατανάλωση του συστήματος φωτισμού.

Ο προσδιορισμός των χώρων στους οποίους η εγκατάσταση αισθητήρων θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, γίνεται με

βάση το μέσο παράγοντα φυσικού φωτισμού (DFav%) κάθε χώρου (υποκεφάλαιο 1.3). Ο υπολογισμός του DFav% έγινε με το πρόγραμμα RELUX. Οι αίθουσες, τα γραφεία και ο εξωτερικός χώρος τους προσομοιώθηκαν στο πρόγραμμα και ορίστηκε ο προσανατολισμός κάθε αίθουσας και γραφείου και των συντεταγμένων της Αθήνας (γεωγραφικό πλάτος= 37° 58', γεωγραφικό μήκος= 23° 47'). Έτσι για κάθε χώρο υπολογίστηκε ο μέσος συντελεστής DFav%. Θεωρούμε ότι εξοικονόμηση ενέργειας μπορούμε να έχουμε μόνο σε χώρους όπου ο DFav% ξεπερνά το 1%.

Για τους υπολογισμούς θεωρήθηκε ότι οι χώροι γραφείων λειτουργούν 12 μήνες το χρόνο, 5 ημέρες την εβδομάδα και 10 ώρες την ημέρα, 08:00 με 18:00, ενώ οι αίθουσες διδασκαλίας χρησιμοποιούνται 10 μήνες τον χρόνο, Σεπτέμβρη με Ιούλιο, 5 ημέρες την εβδομάδα και 13 ώρες την ημέρα, 08:00-21:00 όπως καθορίζεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010.

Το ποσοστό του χρόνου κάθε ημέρας που το φυσικό φως επαρκεί να καλύψει τις ανάγκες φωτισμού, υπολογίστηκε με μια εφαρμογή του προγράμματος RELUX, για κάθε τιμή του DFav% και με βάση την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού, του ωραρίου λειτουργίας και της πιθανότητα ηλιοφάνειας (sun probability) για την περιοχή της Αθήνας. Επομένως εύκολα μπορέσαμε να υπολογίσουμε και το ποσοστό του χρόνου που θα λειτουργεί ο τεχνητός φωτισμός και θα καταναλώνει ενέργεια.

Η πιθανότητα ηλιοφάνειας για την περιοχή της Αθήνας είναι:

**Πίνακας 9.1** : Sun probability. Μηνιαία πιθανότητα ηλιοφάνειας για την 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

Για τα γραφεία και τις αίθουσες που είχαν DFav% μεγαλύτερο του 1% και κρίθηκε αποτελεσματική η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού υπολογίστηκαν οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος της υφιστάμενης και της προτεινόμενης κατάστασης του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου και της ισοδύναμης ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου.

Επίσης, για όλες τις πτέρυγες, υπολογίστηκε 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.

Στο Παράρτημα Β παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά αποτελέσματα του προγράμματος RELUX για τους χώρους που εξετάστηκαν.

## 9.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup> : Ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Με την εγκατάσταση των αισθητήρων το σύστημα φωτισμού δεν καταναλώνει σταθερή ισχύ κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Για το λόγο αυτό για το 2<sup>ο</sup> Σενάριο χρησιμοποιούμε την έννοια της ισοδύναμης ισχύος, που αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο σύστημα.

### 9.2.1 Πτέρυγα Α

Από τις προσομοιώσεις που έγιναν στο RELUX προέκυψε ότι οι χώροι της πτέρυγας Α ανά επίπεδο που πληρούν το κριτήριο του  $DFav% > 1\%$  είναι οι ακόλουθοι:

**Πίνακας 9.2:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α με  $DFav% > 1\%$  κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

Χώρος	Επίπεδο 2			
	Daylight Factor DFav%	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς προτεινόμενης εγκατάστασης-1 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)	Ισχύς προτεινόμενης εγκατάστασης-2 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)
A206α	1,47	450	119	87
A206β	4,39	450	119	39
A206γ	4,30	450	119	39
A206δ	4,90	630	119	36
A206ε	3,21	270	119	49
A210	4,98	2.520	1.307	397
A215	3,56	290	119	45
A216	3,84	290	119	42
A217	3,80	522	119	42
A218	3,57	650	119	44
A219	3,80	738	238	85
A220	3,55	648	238	89
A221	3,53	360	238	89
A222	3,80	505	238	85
<b>Σύνολο</b>		<b>8.773</b>	<b>3.327</b>	<b>1.168</b>

**Πίνακας 9.3:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Α με DFav%>1% κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

<b>Επίπεδο 3</b>				
<b>Χώρος</b>	<b>Daylight Factor DFav%</b>	<b>Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)</b>	<b>Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1<sup>ο</sup> Σενάριο (W)</b>	<b>Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2<sup>ο</sup> Σενάριο (W)</b>
A301.β	6,10	90	77	22
A301.γ	2,80	90	154	75
A302.α	1,83	360	119	82
A302.β	4,00	1.080	119	41
A302.γ	3,90	360	119	41
A302.δ	3,40	360	119	46
A302.ε	4,10	540	119	41
A302.ζ	5,90	360	119	34
A307	1,23	2.405	1.307	1.027
A308	1,25	810	475	370
<b>Σύνολο</b>		<b>6.455</b>	<b>2.726</b>	<b>1.778</b>

Για όλους τους υπόλοιπους χώρους, θεωρούμε ότι η εξοικονόμηση από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού δεν είναι σημαντική επομένως επιλέγουμε να μην εγκαταστήσουμε αισθητήρες. Στο 2<sup>ο</sup> σενάριο θεωρούμε ότι στους χώρους αυτούς θα εγκαταστήσουμε το ίδιο σύστημα φωτισμού που επιλέξαμε στο 1<sup>ο</sup> σενάριο. Συνολικά η εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς κάθε επιπέδου της πτέρυγας Α όπως προκύπτει από τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 9.4:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων της Πτέρυγας Α

<b>Πτέρυγα Α</b>			
<b>Επίπεδο</b>	<b>Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)</b>	<b>Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1<sup>ο</sup> Σενάριο (W)</b>	<b>Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2<sup>ο</sup> Σενάριο (W)</b>
2	28.386	14.343	12.181
3	11.945	6.321	5.372
<b>Σύνολο</b>	<b>40.331</b>	<b>20.664</b>	<b>17.554</b>

Παρατηρούμε ότι με την τοποθέτηση των αισθητήρων για σύζευξη του συστήματος με τον φυσικό φωτισμό επιτύχαμε μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 22.777W σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 3.110W σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του

συστήματος τεχνητού φωτισμού του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου. Το ποσοστό της αρχικής ισχύος και της ισχύος του 2<sup>ου</sup> σεναρίου στο οποίο αντιστοιχεί αυτή η μείωση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 9.5:** Μείωση ισχύος μεταξύ 2<sup>ου</sup> Σεναρίου, υφιστάμενης κατάστασης και 1<sup>ου</sup> Σεναρίου

Πτέρυγα Α		
Επίπεδο	Μείωση % υφιστάμενης και 2ου Σεναρίου	Μείωση % 1ου και 2ου Σεναρίου
2	57,09	15,07
3	55,02	15,00
<b>Σύνολο</b>	<b>56,48</b>	<b>15,05</b>

## 9.2.2 Πτέρυγα Z

Από τις προσομοιώσεις που έγιναν στο RELUX προέκυψε ότι οι χώροι της πτέρυγας Z ανά επίπεδο που πληρούν το κριτήριο του  $DF_{av}\% > 1\%$  είναι οι ακόλουθοι:

**Πίνακας 9.6:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Z με  $DF_{av}\% > 1\%$  κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

Επίπεδο 3				
Χώρος	Daylight Factor $DF_{av}\%$	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)
Z.301-304	1,97	6.480	2.878	1.952
ΓΖ31	1,59	540	119	85
Z.307-310	1,68	6.480	2.878	2.026
ΓΖ32	1,72	540	176	123
<b>Σύνολο</b>		<b>14.040</b>	<b>6.050</b>	<b>4.186</b>

**Πίνακας 9.7:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 4<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Z με DFav%>1% κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

Επίπεδο 4				
Χώρος	Daylight Factor DFav%	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)
Z.401-402	2,30	2.790	1.120	689
Z.403-404	2,30	2.790	1.120	689
ΓΖ41	2,73	360	216	109
Z.405	0,00	90	38,5	39
Z.406	0,00	90	38,5	39
Z.407-410	2,07	6.480	2.816	1.879
ΓΖ42	1,92	540	154	105
<b>Σύνολο</b>		<b>13.140</b>	<b>5.503</b>	<b>3.548</b>

**Πίνακας 9.8:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 5<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Z με DFav%>1% κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

Επίπεδο 5				
Χώρος	Daylight Factor DFav%	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)
Z.501-503	2,40	4.050	1.584	922
ΓΖ51	3,10	360	352	146
Z.504	1,87	1.800	704	482
Z.507-510	2,45	6.480	2.816	1.597
ΓΖ52	2,17	270	238	153
<b>Σύνολο</b>		<b>12.960</b>	<b>5.694</b>	<b>3.300</b>

Για όλους τους υπόλοιπους χώρους, θεωρούμε ότι η εξοικονόμηση από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού δεν είναι σημαντική επομένως επιλέγουμε να μην εγκαταστήσουμε αισθητήρες. Στο 2<sup>ο</sup> σενάριο θεωρούμε ότι στους χώρους αυτούς θα εγκαταστήσουμε το ίδιο σύστημα που επιλέξαμε στο 1<sup>ο</sup> σενάριο. Συνολικά η εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς κάθε επιπέδου της πτέρυγας Z όπως προκύπτει από τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 9.9:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων της Πτέρυγας Z

Πτέρυγα Z			
Επίπεδο	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)
2	15.984	6.658	6.658
3	20.288	7.752	5.184
4	18.958	7.128	4.468
5	16.343	6.445	4.051
<b>Σύνολο</b>	<b>71.571</b>	<b>27.983</b>	<b>20.361</b>

Παρατηρούμε ότι με την τοποθέτηση των αισθητήρων για σύζευξη του συστήματος με τον φυσικό φωτισμό επιτύχαμε μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 51.210 W σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 7622 W σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου. Το ποσοστό της αρχικής ισχύος και της ισχύος του 2<sup>ου</sup> σεναρίου στο οποίο αντιστοιχεί αυτή η μείωση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 9.10:** Μείωση ισχύος μεταξύ 2<sup>ου</sup> σεναρίου και υφιστάμενης κατάστασης και 1<sup>ου</sup> σεναρίου

Πτέρυγα Z		
Επίπεδο	Μείωση % υφιστάμενης και 2ου Σεναρίου	Μείωση % 1ου και 2ου Σεναρίου
2	58,34	0,00
3	74,45	33,13
4	76,43	37,31
5	75,21	37,15
<b>Σύνολο</b>	<b>71,55</b>	<b>27,24</b>

### 9.2.3 Πτέρυγα Θ

Από τις προσομοιώσεις που έγιναν στο RELUX προέκυψε ότι οι χώροι της πτέρυγας Θ ανά επίπεδο που πληρούν το κριτήριο του DFav%>1% είναι οι ακόλουθοι:

**Πίνακας 9.11:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ με DFav%>1% κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

Χώρος	Επίπεδο 1			
	Daylight Factor DFav%	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)
Θ.101	1,95	360	176	119
Θ.102	1,85	360	238	195
<b>Σύνολο</b>		<b>720</b>	<b>414</b>	<b>314</b>

**Πίνακας 9.12:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ με DFav%>1% κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

Χώρος	Επίπεδο 2			
	Daylight Factor DFav%	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)
Θ.201	1,20	450	196	155
Θ.202	1,08	360	238	195
Θ.202Αποθήκη	2,82	180	31	8
Θ.203	2,1	1.620	528	347
Θ.204	2,1	1.080	880	570
ΘΓ204.1	5,20	180	176	52
ΘΓ204.2	5,90	540	238	67
Θ.205	1,41	540	231	172
Θ.206Α	1,56	360	231	160
Θ.206Β	4,15	90	154	52
Θ.207	5,20	60	62	14

**Πίνακας 9.12 (συνέχεια):** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ με DFav%>1% κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

Χώρος	Daylight Factor DFav%	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)
Θ.209	1,67	225	238	168
Θ.210	4,50	180	176	56
Θ.211	1,63	135	77	55
Θ.212	5,20	60	62	14
Θ.213	5,20	120	62	14
<b>Σύνολο</b>		<b>6.180</b>	<b>3.580</b>	<b>2.099</b>

**Πίνακας 9.13:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 3<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ με DFav%>1% κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

Επίπεδο 3				
Χώρος	Daylight Factor DFav%	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)	Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2 <sup>ο</sup> Σενάριο (W)
Θ.301	3,10	180	238	103
Θ.302	3,20	180	238	98
Θ.303	2,60	2.700	1.232	655
Θ.303Γραφείο	1,51	720	352	256
Θ.304.3	1,20	1.080	352	279
Θ.304.4	4,30	360	119	39
Θ.305	3,6	180	238	88
Θ.306	3,8	270	238	85
Θ.308	5,70	180	176	50
Θ.309	5,20	270	176	52
<b>Σύνολο</b>		<b>6.120</b>	<b>3.359</b>	<b>1.705</b>

**Πίνακας 9.14:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων του 4<sup>ου</sup> επιπέδου της Πτέρυγας Θ με DFav%>1% κατά την υφιστάμενη και τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις.

<b>Επίπεδο 4</b>				
<b>Χώρος</b>	<b>Daylight Factor DFav%</b>	<b>Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)</b>	<b>Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1<sup>ο</sup> Σενάριο (W)</b>	<b>Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2<sup>ο</sup> Σενάριο (W)</b>
Θ.401	2,18	360	176	113
Θ.402	3,00	360	238	107
Θ.403	2,40	360	176	102
Θ.404	3,40	270	238	92
<b>Σύνολο</b>		<b>1.350</b>	<b>827</b>	<b>416</b>

Για όλους τους υπόλοιπους χώρους, θεωρήθηκε ότι η εξοικονόμηση από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού δεν είναι σημαντική επομένως επιλέχθηκε να μην εγκατασταθούν αισθητήρες. Στο 2<sup>ο</sup> σενάριο θεωρούμε ότι στους χώρους αυτούς θα εγκαταστήσουμε το ίδιο σύστημα που επιλέξαμε στο 1<sup>ο</sup> σενάριο. Συνολικά η εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς κάθε επιπέδου της πτέρυγας Θ όπως προκύπτει από τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 9.15:** Εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς των χώρων της Πτέρυγας Θ

<b>Πτέρυγα Θ</b>			
<b>Επίπεδο</b>	<b>Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)</b>	<b>Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 1<sup>ο</sup> Σενάριο (W)</b>	<b>Ισχύς Προτεινόμενης εγκατάστασης- 2<sup>ο</sup> Σενάριο (W)</b>
1	1050	536	359
2	7510	3777	2274
3	7.370	3.715	2.102
4	1.930	947	536
<b>Σύνολο</b>	<b>17.860</b>	<b>8.975</b>	<b>5.271</b>

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι με την τοποθέτηση των αισθητήρων για σύζευξη του συστήματος με το φυσικό φωτισμό επιτυγχάνεται μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 12.589 W σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 3.704 W σε σχέση με την

πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου. Το ποσοστό της αρχικής ισχύος και της ισχύος του 2<sup>ου</sup> σεναρίου στο οποίο αντιστοιχεί αυτή η μείωση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 9.16:** Μείωση ισχύος μεταξύ 2<sup>ου</sup> σεναρίου, υφιστάμενης κατάστασης και 1<sup>ου</sup> Σεναρίου

Πτέρυγα Θ		
Επίπεδο	Μείωση % υφιστάμενης και 2ου Σεναρίου	Μείωση % 1ου και 2ου Σεναρίου
2	65,81	33,02
3	69,72	39,79
4	71,48	43,42
5	72,23	43,40
<b>Σύνολο</b>	<b>70,49</b>	<b>41,70</b>

### 9.3. Σενάριο 2<sup>ο</sup> : Συνολική ισοδύναμη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Από τη μελέτη της εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού με το πρόγραμμα RELUX συμπεραίνεται ότι σε πολλούς από τους εξεταζόμενους χώρους μπορεί να προκύψει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στο σύστημα φωτισμού με τη χρήση αισθητήρων. Στους ακόλουθους πίνακες φαίνεται συγκεντρωτικά η μείωση της ισχύος και τα αντίστοιχα ποσοστά για κάθε πτέρυγα και επίπεδο.

**Πίνακας 9.17:** Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων του υφιστάμενου και των δύο προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού (Σενάρια 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup>) ανά πτέρυγα

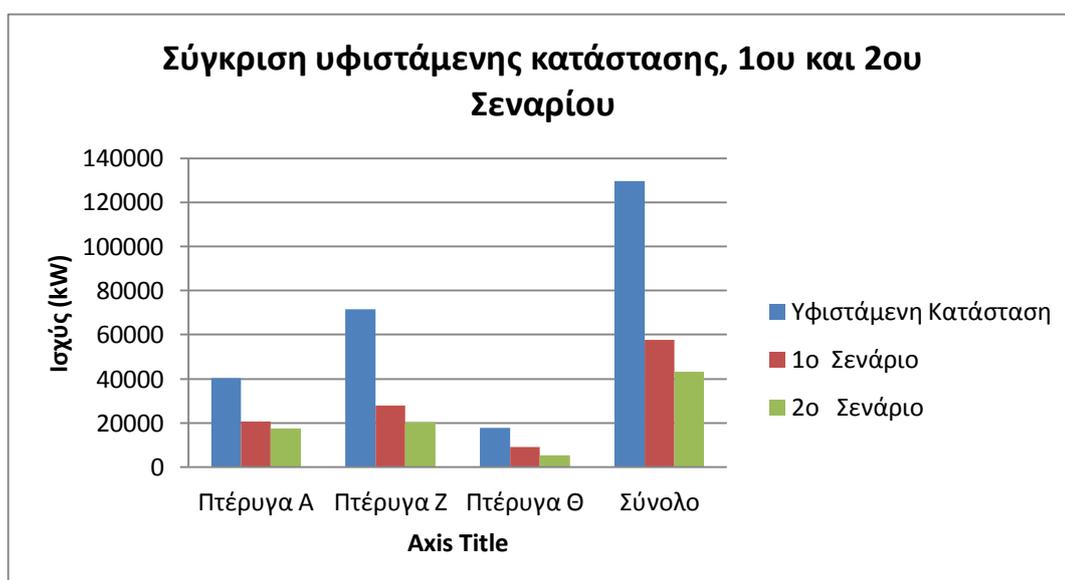
Πτέρυγα	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς προτεινόμενης εγκατάστασης-1ο Σενάριο (W)	Ισχύς προτεινόμενης εγκατάστασης-2ο Σενάριο (W)	Μείωση ισχύος % μεταξύ υφιστάμενης και 2ου Σεναρίου	Μείωση ισχύος % μεταξύ 1ου και 2ου Σεναρίου
A	40331	20664	17554	56,48	15,05
Z	71571	27983	20361	71,55	27,24
Θ	17860	9055	5270	70,49	41,79
<b>Σύνολο</b>	<b>129762</b>	<b>57702</b>	<b>43186</b>	<b>66,72</b>	<b>25,16</b>

**Πίνακας 9.18:** Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων του υφιστάμενου και των δύο προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού (Σενάρια 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup>) ανά επίπεδο

Επίπεδο	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης (W)	Ισχύς προτεινόμενης εγκατάστασης-1ο Σενάριο (W)	Ισχύς προτεινόμενης εγκατάστασης-2ο Σενάριο (W)	Μείωση ισχύος μεταξύ υφιστάμενης και 2ου Σεναρίου	Μείωση ισχύος μεταξύ 1ου και 2ου Σεναρίου
1	1050	490	359	65,79%	26,73%
2	51879	24865	21114	59,30%	15,09%
3	39603	17827	12658	68,04%	28,99%
4	20888	8075	5004	76,04%	38,04%
5	16343	6445	4051	75,21%	37,15%
<b>Σύνολο</b>	<b>129762</b>	<b>57702</b>	<b>43186</b>	<b>66,72%</b>	<b>25,16%</b>

Συμπεραίνεται ότι για τις εξεταζόμενες πτέρυγες Α,Ζ και Θ, με τη σύζευξη φυσικού και τεχνητού φωτισμού επιτεύχθηκε μείωση της ισοδύναμης ισχύος κατά 66,72% ποσοστό που αντιστοιχεί σε 86.576 W σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η αντίστοιχη μείωση σε σχέση με την πρόταση αναβάθμισης του 1<sup>ο</sup> Σεναρίου είναι 25,16% δηλαδή 14.516 W.

Το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζει τις τιμές της εγκατεστημένης ισχύος για το σύστημα φωτισμού της υφιστάμενης κατάστασης και της προτεινόμενης κατάστασης του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου, όπως και της ισοδύναμης ισχύος που προέκυψε από την προτεινόμενη κατάσταση του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου.



**Εικόνα 8.1:** Εγκατεστημένη ισχύς της υφιστάμενης κατάστασης και του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου και ισοδύναμη ισχύς του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου για το σύστημα φωτισμού ανά πτέρυγα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10<sup>ο</sup>

## Υπολογισμός κόστους, εξοικονόμησης ενέργειας και χρόνου απόσβεσης για τα προτεινόμενα σενάρια

### 10.1. Εισαγωγή

Το κόστος κάθε εγκατάστασης είναι άθροισμα του αρχικού της κόστους (αγοράς και τοποθέτησης), του κόστους λειτουργίας και συντήρησης.

Για τον υπολογισμό του αρχικού κόστους των δύο σεναρίων που εξετάζονται χρησιμοποιούμε τις τιμές του εξοπλισμού που φαίνονται στο ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 10.1:** Κόστος εξοπλισμού εγκατάστασης

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 €

**Πίνακας 10.1 (συνέχεια): Κόστος εξοπλισμού εγκατάστασης**

Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21W. μήκους: 960mm. 4308. dimmable	69,75 €	85,79 €
Παραβολική περσίδα 880mm 4342	16,65 €	20,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 21W/840. 849mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W. μήκους: 1260mm. 4310	56,25 €	69,19 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W. μήκους: 1260mm. 4310. dimmable	78,75 €	96,86 €
Παραβολική περσίδα 1180mm 4343	19,90 €	24,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 28W/840. 1149mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W. μήκους: 1260mm. 4311	56,25 €	69,19 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W. μήκους: 1260mm. 4311. dimmable	78,75 €	96,86 €
Παραβολική περσίδα 1180mm 4343	19,90 €	24,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 54W/840. 1149mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W. μήκους: 1560mm. 4312	64,15 €	78,90 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W. μήκους: 1560mm. 4312. dimmable	86,65 €	106,58 €
Παραβολική περσίδα 1480mm 4344	23,40 €	28,78 €
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	16,26€	20,00€
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W. μήκους: 1220mm. 4032	47,30 €	58,18 €

**Πίνακας 10.1 (συνέχεια): Κόστος εξοπλισμού εγκατάστασης**

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 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x14W. μήκους: 920mm. 4030	47,25 €	58,12 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x14W. μήκους: 920mm. 4030. dimmable	69,75 €	85,79 €
Παραβολική περσίδα 880mm 4069	15,20 €	18,70 €
Λαμπτήρας φθορισμού 14W/840. 549mm	2,50 €	3,08 €
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	3,25 €	4 €

Το αρχικό κόστος προκύπτει ως άθροισμα κάθε φωτιστικού σώματος με την παραβολική περσίδα που απαιτεί, ανάλογα με το μήκος του, και το κόστος των λαμπτήρων που τοποθετούμε σε αυτό. Στην περίπτωση σύζευξης με τον φυσικό φωτισμό, πρέπει να συνυπολογίσουμε και το κόστος του αισθητήρα. Οι τιμές των φωτιστικών που χρησιμοποιήσαμε φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 10.2:** Τιμές φωτιστικών σωμάτων με τους αντίστοιχους ανακλαστήρες και λαμπτήρες

Τύπος φωτιστικού	Τιμή (με Φ.Π.Α. 23%)	Τύπος φωτιστικού	Τιμή (με Φ.Π.Α. 23%)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,32 €	Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €

**Πίνακας 10.2:** Τιμές φωτιστικών σωμάτων με τους αντίστοιχους ανακλαστήρες και λαμπτήρες

Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W. μήκους: 1260mm. 4310. dimmable	147,50 €	Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W. μήκους: 1560mm. 4313. dimmable	161,52 €
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x14W. μήκους: 920mm. 4030	79,90 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W. μήκους: 1560mm. 4312. dimmable	161,52 €	Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,83 €	Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W, μήκους: 1820mm, 4036	81,92 €
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311, dimmable	147,50 €	Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4 €

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας στο φωτισμό χρησιμοποιούμε το τυπικό ωράριο λειτουργίας για γραφεία και αίθουσες διδασκαλίας τριτοβάθμιας εκπαίδευσης όπως καθορίζεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Οι τιμές φαίνονται παρακάτω. [75]

**Πίνακας 10.3 :** Ώρες, ημέρες και μήνες λειτουργίας για γραφεία και αίθουσες διδασκαλίας [75]

ΧΡΗΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΗΜΕΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΜΗΝΕΣ
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	13	5	10
Γραφεία	10	5	12

Ο μέγιστος αριθμός ωρών λειτουργίας του κτηρίου όταν υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός  $T_D$  (h) (κατά την διάρκεια της μέρας) και ο αριθμός ωρών λειτουργίας του όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός  $T_N$  (h) (κατά την διάρκεια της νύχτας) φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα. [75]

**Πίνακας 10.4:** Τιμές ωρών λειτουργίας κατά την διάρκεια της μέρας και της νύχτας. [75]

ΧΡΗΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ	T <sub>D</sub> (h)	T <sub>N</sub> (h)	Συνολικές ώρες λειτουργίας (h)
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	1950	867	2817
Γραφεία	2080	520	2600

Για την εγκατάσταση του εξοπλισμού, θεωρήθηκε ότι το ημερομίσθιο ενός ηλεκτρολόγου και του βοηθού του είναι συνολικά 140 ευρώ και ότι κάθε ώρα μπορούν να ολοκληρώνουν την τοποθέτηση 4 φωτιστικών, δηλαδή 32 φωτιστικά την ημέρα.

Για τον υπολογισμό του κόστους λειτουργίας η τιμή αγοράς της κιλοβατώρας λήφθηκε 0,09412 €/kWh προσαυξημένη με Φ.Π.Α. 13%, άρα 0,1063556 €/kWh όπως προκύπτει από το εμπορικό τιμολόγιο B2 της Δ.Ε.Η για πολυκαταστήματα, κτήρια γραφείων, νοσοκομεία κλπ.

Προκειμένου να υπολογίσουμε την πρωτογενή ενέργεια που αντιστοιχεί στην ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει το σύστημα φωτισμού, χρησιμοποιήσαμε τον βαθμός απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής,  $\eta_{ηλ}$ , που για περιοχές διασυνδεδεμένες σε ηπειρωτικό δίκτυο ισούται με 0,37. Η πρωτογενής ενέργεια προκύπτει από τον τύπο:

$$\text{Πρωτογενής ενέργεια} = \frac{\text{ενέργεια που καταναλώθηκε}}{0,37}$$

Η παραγωγή ρύπων CO<sub>2</sub> από τους σταθμούς παραγωγής υπολογίζεται με βάση τον συντελεστή εκπομπής CO<sub>2</sub>, F<sub>σταθμού</sub>. Για σταθμούς συνδεδεμένους με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο ισούται με 0,85 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Επομένως ο υπολογισμός των ρύπων γίνεται από τον τύπο:

$$\text{Ρύποι CO}_2 = \text{πρωτογενής ενέργεια} \times 0,85$$

Ο αριθμός των δέντρων που απαιτούνται για να απορροφήσουν το διοξείδιο του άνθρακα που θα παραχθεί από την παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του συστήματος φωτισμού σε περίπτωση με εφαρμογής κάποιου αποδοτικότερου σεναρίου από το υφιστάμενο μπορεί να υπολογιστεί εύκολα, αν λάβουμε υπόψη ότι κάθε δέντρο μπορεί να απορροφήσει 12 kg CO<sub>2</sub>. Διαιρούμε δηλαδή την ποσότητα του παραγόμενου CO<sub>2</sub> με 12.

Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι στην παρούσα οικονομική μελέτη δεν συνυπολογίζουμε το κόστος συντήρησης που θα προέκυπτε από την αντικατάσταση των λαμπτήρων. Επιγραμματικά αναφέρουμε ότι ο λαμπτήρας φωτισμού Lumilux T5 της OSRAM έχει διάρκεια ζωής 24.000 ώρες ενώ ο αντίστοιχος T8 12.000 ώρες όταν χρησιμοποιείται με ηλεκτρομαγνητικό ballast. Επομένως οι λαμπτήρες T5 θα χρειαστούν αντικατάσταση στον διπλάσιο χρόνο από τους T8, γεγονός που μειώνει τα έξοδα συντήρησής τους στο μισό.

Στις ενότητες που ακολουθούν υπολογίζονται για κάθε πτέρυγα ξεχωριστά και για τα δύο σενάρια αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, το κόστος της αναβάθμισης συμπεριλαμβανομένης της εγκατάστασης, η κατανάλωση και η εξοικονόμηση ενέργειας, το ετήσιο όφελος, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, η αντίστοιχη πρωτογενής ενέργεια, η αντίστοιχη μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> που επιτυγχάνεται και ο αριθμός δέντρων που αντιστοιχεί στην μείωση αυτή.

## 10.2 Πτέρυγα Α

### 10.2.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων

**Πίνακας 10.5:** Σενάριο 1<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Α

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού € (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών ανά επίπεδο		Κόστος ανά τύπο φωτιστικού
		2	3	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,32	14	1	1.100
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84	21	3	2.732
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,83	102	51	15.274
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x14W. μήκους: 920mm. 4030	79,90 €	3	0	240
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4	10	0	40
<b>Σύνολο</b>		<b>150</b>	<b>55</b>	<b>19.386</b>
<b>Κόστος εργασίας</b>	<b>(150+55)/32*140</b>			<b>897</b>
<b>Σύνολο με κόστος εργασίας</b>				<b>20.283</b>

Το σύνολο των φωτιστικών είναι 205. Επομένως θα χρειαστούν 6,4 ημέρες εργασίας και το κόστος εγκατάστασης θα ανέλθει στα 897 ευρώ. Τελικά η εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> σεναρίου θα κοστίσει συνολικά 20.283 ευρώ.

Το ετήσιο όφελος και τα χρόνια που θα χρειαστούν για να αποσβέσει η επένδυση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 10.6:** Ετήσιο όφελος και έτη απόσβεσης της επένδυσης.

Επίπεδο	P <sub>εγκ.</sub> Υπάρχοντα (W)	P <sub>εγκ.</sub> Προτεινόμενα (W)	E <sub>πριν</sub> (kWh)	E <sub>μετά</sub> (kWh)	ΔΕ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης με κόστος εγκατάστασης
2, γραφεία	14.661	5.675	38.117	1.4756	37.607			
2, αίθουσες	13.725	8.668	38.663	2.4418				
3, γραφεία	6.545	2.757	17.017	7.167	15.022			
3, αίθουσες	5.400	3.564	15.212	1.0040				
<b>Σύνολο</b>	<b>40.331</b>	<b>20.664</b>	<b>109.009</b>	<b>56.381</b>	<b>52.629</b>	<b>5.597</b>	<b>3,46</b>	<b>3,62</b>

**Πίνακας 10.7 :** Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, αντίστοιχη μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> και δέντρα από την εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου για την Πτέρυγα Α

Q <sub>πρωτ</sub> υφιστάμενης (kWh)	Q <sub>πρωτ</sub> προτεινόμενης (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	CO <sub>2</sub> υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO <sub>2</sub> προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Αριθμός δέντρων
<b>294.620</b>	<b>152.380</b>	<b>142.240</b>	<b>92.658</b>	<b>47.924</b>	<b>44.734</b>	<b>3.728</b>

### 10.2.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

**Πίνακας 10.8:** Σενάριο 2<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Α

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού € με ΦΠΑ 23%	Αριθμός φωτιστικών ανά επίπεδο		Κόστος ανά τύπο φωτιστικού
		2	3	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,32	14	1	1.100

Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84	21	0	2.391
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,83	73	43	11.580
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311, dimmable	147,5	29	8	5.236
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x14W. μήκους: 920mm. 4030	79,90 €	3	0	240
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W. μήκους: 1560mm. 4312. dimmable	161,52 €	0	2	323
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4	10	0	40
<b>Σύνολο</b>		<b>150</b>	<b>54</b>	<b>21.292</b>
<b>Κόστος εργασίας</b>	<b>(150+54)/32*140</b>			<b>897</b>
<b>Σύνολο με κόστος εργασίας</b>				<b>22.189</b>

Το σύνολο των φωτιστικών δεν αλλάζει, επομένως θα χρειαστούν και πάλι 6,4 ημέρες για να τελειώσει η εγκατάσταση των φωτιστικών, με το ίδιο κόστος όπως στο 1<sup>ο</sup> Σενάριο.

Το ετήσιο όφελος και τα χρόνια που θα χρειαστούν για να αποσβέσει η επένδυση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 10.9:** Ετήσιο όφελος και έτη απόσβεσης της επένδυσης

Επίπεδο	P <sub>εγκ.</sub> Υπάρχουσα (W)	P <sub>εγκ.</sub> Προτεινόμενη (W)	E <sub>πριν</sub> (kWh)	E <sub>μετά</sub> (kWh)	ΔΕ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης με κόστος εγκατάστασης
2, γραφεία	14.661	3.513	38.117	9.135	43.228			
2, αίθουσες	13.725	8.668	38.663	24.418				
3, γραφεία	6.545	1.808	17.017	4.702	17.487			
3, αίθουσες	5.400	3.564	15.212	10.040				
<b>Σύνολο</b>	<b>40.331</b>	<b>17.554</b>	<b>109.009</b>	<b>48.294</b>	<b>60.715</b>	<b>6.457</b>	<b>3,30</b>	<b>3,44</b>

**Πίνακας 10.10:** Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, αντίστοιχη μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> και δέντρα από την εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου για την Πτέρυγα Α

Q <sub>πρωτ</sub> υφιστάμενης (kWh)	Q <sub>πρωτ</sub> προτεινόμενης (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	CO <sub>2</sub> υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO <sub>2</sub> προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Αριθμός δέντρων
294.620	130.525	164.095	92.658	41.050	51.608	4.301

## 10.3 Πτέρυγα Z

10.3.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων

**Πίνακας 10.11:** Σενάριο 1<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Z

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού € (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών ανά επίπεδο				Κόστος ανά τύπο φωτιστικού
		2	3	4	5	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,32	10	11	11	3	2.566
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,83	8	1	2	2	1.298
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84	11	2	2	0	1.708
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84	23	37	34	31	14.230
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W, μήκους: 1820mm, 4036	81,92	0	2	2	2	492

**Πίνακας 10.11 (συνέχεια):** Σενάριο 1<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Z

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού € (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών ανά επίπεδο				Κόστος ανά τύπο φωτιστικού
		2	3	4	5	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92	20	20	20	20	6.554
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4	8	8	8	8	128
<b>Σύνολο</b>		80	81	79	66	26975
<b>Κόστος εργασίας</b>	(80+81+79+66)/32*140					1.339
<b>Σύνολο με κόστος εργασίας</b>						<b>28.313</b>

Το σύνολο των φωτιστικών είναι 306. Επομένως θα χρειαστούν 9,56 ημέρες εργασίας και το κόστος εγκατάστασης θα ανέλθει στα 1.339 ευρώ. Τελικά η εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> σεναρίου θα κοστίσει 28.313 ευρώ.

Το ετήσιο όφελος και τα χρόνια που θα χρειαστούν για να αποσβέσει η επένδυση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 10.12:** Ετήσιο όφελος και έτη απόσβεσης της επένδυσης.

Επίπεδο	Ρυφιστάμενη (W)	Πρωτεινόμενη (W)	Ευφιστάμενη (kWh)	Επρωτεινόμενη (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης
2	15.984	6.658	41.557	17.312	24.245			
3	20.288	7.752	52.748	20.155	32.593			
4	18.958	7.128	49.290	18.532	30.757			
5	16.343	6.445	42.491	16.757	25.734			
<b>Σύνολο</b>	<b>71.571</b>	<b>27.983</b>	<b>18.608</b>	<b>72.756</b>	<b>113.329</b>	<b>12.053</b>	<b>2,24</b>	<b>2,35</b>

**Πίνακας 10.13:** Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, αντίστοιχη μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> και δέντρα από την εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου για την Πτέρυγα Z.

Q <sub>πρωτ</sub> υφιστάμενης (kWh)	Q <sub>πρωτ</sub> προτεινόμενης (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	CO <sub>2</sub> υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO <sub>2</sub> προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Αριθμός δέντρων
502.931	196.637	306.294	158.172	61.842	96.329	8.027

### 10.3.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

**Πίνακας 10.14:** Σενάριο 2<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Ζ

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών ανά επίπεδο				Κόστος φωτιστικών (€)
		2	3	4	5	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,32 €	10	11	11	3	2.566
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W. μήκους: 1260mm. 4310. dimmable	147,50 €	0	2	0	0	295
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	11	2	2	2	1.935
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W. μήκους: 1560mm. 4312. dimmable	161,52 €	0	0	2	0	323
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,83 €	8	0	0	0	799
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311, dimmable	147,50 €	0	1	2	2	738
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	23	36	4	0	7.172
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W. μήκους: 1560mm. 4313. dimmable	161,52 €	0	1	30	31	10.014

**Πίνακας 10.14 (συνέχεια):** Σενάριο 2<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Ζ

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών ανά επίπεδο				Κόστος φωτιστικών (€)
		2	3	4	5	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €	20	20	20	20	6554
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4 €	8	8	8	8	128
<b>Σύνολο</b>		80	81	79	66	30523
<b>Κόστος εργασίας</b>	(80+81+79+66)/32*140					1.339
<b>Σύνολο με κόστος</b>						<b>31.862</b>

Το σύνολο των φωτιστικών δεν αλλάζει, επομένως θα χρειαστούν και πάλι 9,76 ημέρες για να τελειώσει η εγκατάσταση των φωτιστικών.

Το ετήσιο όφελος και τα χρόνια που θα χρειαστούν για να αποσβέσει η επένδυση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 10.15:** Ετήσιο όφελος και έτη απόσβεσης της επένδυσης

Επίπεδο	P <sub>υφιστάμενη</sub> (W)	P <sub>προτεινόμενη</sub> (W)	Ευφιστάμενη (kWh)	Επροτεινόμενη (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης με κόστος εγκατάστασης
2	1.598	6.658	41.557	17.312	24.245			
3	2.028	5.184	52.748	13.478	39.269			
4	1.895	4.468	49.290	11.617	37.672			
5	1.634	4.051	42.491	10.532	31.958			
<b>Σύνολο</b>	<b>7.157</b>	<b>20.361</b>	<b>18.608</b>	<b>52.940</b>	<b>133.145</b>	<b>14.161</b>	<b>2,16</b>	<b>2,25</b>

**Πίνακας 10.16:** Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, αντίστοιχη μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> και δέντρα από την εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου για την Πτέρυγα Ζ.

Q <sub>πρωτ υφιστάμενης</sub> (kWh)	Q <sub>πρωτ προτεινόμενης</sub> (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	CO <sub>2</sub> υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO <sub>2</sub> προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Αριθμός δέντρων
193.435	55.031	138.404	60.835	17.307	43.528	3.627

## 10.4 Πτέρυγα Θ

### 10.4.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων

**Πίνακας 10.17:** Σενάριο 1<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Θ

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών ανά επίπεδο				Κόστος φωτιστικών (€)
		1	2	3	4	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,32 €	2	1	0	0	220
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W. μήκους: 1260mm. 4310.	147,50 €	0	3	0	0	443
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	0	11	0	0	1.252
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,83 €	2	8	9	4	1.897
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	1	10	14	2	2.846
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x14W. μήκους: 920mm. 4030	79,90 €	0	0	1	0	80
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €	0	0	2	0	164
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4 €	1	6	6	8	52

**Πίνακας 10.17 (συνέχεια):** Σενάριο 1<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Θ

<b>Σύνολο</b>		<b>6</b>	<b>39</b>	<b>32</b>	<b>14</b>	<b>7.612</b>
<b>Κόστος εργασίας</b>	$(6+39+32+14)/32*140$					398
<b>Σύνολο με κόστος εργασίας</b>						8.010

Το σύνολο των φωτιστικών είναι 91. Επομένως θα χρειαστούν 2,84 ημέρες εργασίας και το κόστος εγκατάστασης θα ανέλθει στα 398 ευρώ. Τελικά η εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> σεναρίου θα κοστίσει 8.010 ευρώ.

Το ετήσιο όφελος και τα χρόνια που θα χρειαστούν για να αποσβέσει η επένδυση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 10.18:** Ετήσιο όφελος και έτη απόσβεσης της επένδυσης

Επίπεδο	P <sub>εγκ.</sub> Υπάρχουσα (W)	P <sub>εγκ.</sub> Προτεινόμενη (W)	E <sub>πριν</sub> (kWh)	E <sub>μετά</sub> (kWh)	ΔE (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης με κόστος εργασίας
1	1.050	490	2.730	1.275	1.455			
2	7.510	3.863	19.526	10.044	9.482			
3	7.370	3.754	19.162	9.761	9.401			
4	1.930	947	5.018	2.463	2.555			
<b>Σύνολο</b>	<b>17.860</b>	<b>9.055</b>	<b>46.436</b>	<b>23.542</b>	<b>22.894</b>	<b>2.435</b>	<b>3,13</b>	<b>3,29</b>

**Πίνακας 10.19:** Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, αντίστοιχη μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> και δέντρα από την εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου για την Πτέρυγα Z.

Q <sub>πρωτ</sub> υφιστάμενης (kWh)	Q <sub>πρωτ</sub> προτεινόμενης (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	CO <sub>2</sub> υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO <sub>2</sub> προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Αριθμός δέντρων
125.503	63.628	61.875	39.471	20.011	19.460	1.622

## 10.4.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

**Πίνακας 10.20:** Σενάριο 2<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Θ

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών ανά επίπεδο				Κόστος φωτιστικών (€)
		1	2	3	4	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,32 €	2	1	1	0	293
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W, μήκους: 1260mm, 4310, dimmable	147,50 €	0	3	0	0	443
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	0	1	1	0	228
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312, dimmable	161,52 €	0	10	0	0	1.615
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,83 €	0	1	0	0	100
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311, dimmable	147,50 €	2	7	9	4	3.245
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313, dimmable	161,52 €	1	10	13	2	4.200
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x14W, μήκους: 920mm, 4030	79,90 €	0	0	1	0	80

**Πίνακας 10.20 (συνέχεια):** Σενάριο 2<sup>ο</sup>- Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για την Πτέρυγα Θ

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών ανά επίπεδο				Κόστος φωτιστικών (€)
		1	2	3	4	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €	0	0	2	0	164
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4 €	1	6	5	8	80
<b>Σύνολο</b>		<b>6</b>	<b>39</b>	<b>32</b>	<b>14</b>	<b>10.447</b>
<b>Κόστος εργασίας</b>	<b>(6+39+32+14)/32*140</b>					<b>398</b>
<b>Σύνολο με κόστος εργασίας</b>						<b>10.854</b>

Το σύνολο των φωτιστικών δεν αλλάζει, επομένως θα χρειαστούν 2,84 ημέρες εργασίας. Τελικά η εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> σεναρίου θα κοστίσει 10.845 ευρώ.

Το ετήσιο όφελος και τα χρόνια που θα χρειαστούν για να αποσβέσει η επένδυση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 10.21:** Ετήσιο όφελος και έτη απόσβεσης της επένδυσης.

Επίπεδο	P <sub>εγκ.</sub> Υπάρχουσα (W)	P <sub>εγκ.</sub> Προτεινόμενη (W)	E <sub>πριν</sub> (kWh)	E <sub>μετά</sub> (kWh)	ΔΕ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης με κόστος εργασίας
1	1.050	359	2.730	934	1.796			
2	7.510	2.274	19.526	5.912	13.614			
3	7.370	2.102	19.162	5.465	13.697			
4	1.930	536	5.018	1.392	3.626			
<b>Σύνολο</b>	<b>17.860</b>	<b>5.270</b>	<b>46.436</b>	<b>13.703</b>	<b>32.733</b>	<b>3.481</b>	<b>3</b>	<b>3,12</b>

**Πίνακας 10.22:** Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, αντίστοιχη μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> και δέντρα από την εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου για την Πτέρυγα Θ.

Qπρωτ υφιστάμενης (kWh)	Qπρωτ προτεινόμενης (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	CO <sub>2</sub> υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO <sub>2</sub> προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Αριθμός δέντρων
6.608	1.950	4.658	15.181	4.480	10.701	892

## 10.5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

10.5.1. Σενάριο 1<sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με τοποθέτηση αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων

**Πίνακας 10.23:** Σενάριο 1<sup>ο</sup>- Αριθμός, είδος και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το σύνολο των χώρων

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών	Κόστος φωτιστικών (€)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,32 €	53	3.886
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W. μήκους: 1260mm. 4310.	147,50 €	3	443
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm. 4312	113,84	50	5.692
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm. 4311	99,83	189	18.868
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	152	17.304

**Πίνακας 10.23 (συνέχεια):** Σενάριο 1<sup>ο</sup>- Αριθμός, είδος και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το σύνολο των χώρων

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών	Κόστος φωτιστικών (€)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x14W. μήκους: 920mm. 4030	79,9	4	320
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €	82	6.717
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x35W, μήκους: 1820mm, 4036	81,92	6	492
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4 €	63	252
<b>Σύνολο</b>		<b>602</b>	<b>53.973</b>
<b>Κόστος εργασίας</b>		<b>602/32*140</b>	<b>2.634</b>
<b>Σύνολο με κόστος εργασίας</b>			<b>56.606</b>

**Πίνακας 10.24:** Σενάριο 1<sup>ο</sup>- Συνολική ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε Πτέρυγας

Πτέρυγα	Ρεγκ. Υπάρχουσα (W)	Ρεγκ. Προτεινόμενη (W)	Επριν (kWh)	Εμετά (kWh)	ΔΕ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης με κόστος εργασίας
<b>A</b>	40.331	20.664	109.00	56.381	52.629	5.597	3,46	3,62
<b>Z</b>	71.571	27.983	18.608	72.756	113.32	12.053	2,24	2,35
<b>Θ</b>	17.860	9.055	46.436	23.542	22.894	2.435	3,13	3,29
<b>Σύνολο</b>	<b>129.762</b>	<b>57.702</b>	<b>341.53</b>	<b>152.679</b>	<b>188.851</b>	<b>20.085</b>	<b>2,69</b>	<b>2,82</b>

**Πίνακας 10.25:** Σενάριο 1<sup>ο</sup>- Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το σύνολο των χώρων

Qπρωτ υφιστάμεν ης (kWh)	Qπρωτ προτεινόμεν ης (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	CO <sub>2</sub> υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO <sub>2</sub> προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Αριθμός δέντρων
923.054	412.645	510.409	290.301	129.777	160.524	13.377

### 10.5.2. Σενάριο 2<sup>ο</sup> - Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

**Πίνακας 10.26:** Σενάριο 2<sup>ο</sup>- Αριθμός, είδος και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το σύνολο των χώρων

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών	Κόστος φωτιστικών (€)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W, μήκους: 660mm, 4306	73,32 €	54	3.959
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W. μήκους: 1260mm. 4310. dimnable	147,50 €	5	738
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	40	4.554
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W. μήκους: 1560mm. 4312. dimnable	161,52 €	15	2.423
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311	99,83 €	125	12.479
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W, μήκους: 1260mm, 4311, dimnable	147,50 €	64	9.440

**Πίνακας 10.26 (συνέχεια):** Σενάριο 2<sup>ο</sup>- Αριθμός, είδος και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το σύνολο των χώρων

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (€) (με ΦΠΑ 23%)	Αριθμός φωτιστικών	Κόστος φωτιστικών (€)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	63	7172
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W. μήκους: 1560mm. 4313. dimmable	161,52 €	88	14214
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x14W. μήκους: 920mm. 4030	79,90 €	4	320
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21W, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €	82	6717
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού 15W	4 €	62	248
<b>Σύνολο</b>		<b>602</b>	<b>62.263</b>
<b>Κόστος εργασίας</b>		<b>602/32*140</b>	<b>2.634</b>
<b>Σύνολο με κόστος εργασίας</b>			<b>64.896</b>

**Πίνακας 10.27:** Σενάριο 2<sup>ο</sup>- Συνολική ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε Πτέρυγας

Πτέρυγα	Ρεγκ. Υπάρχουσα (W)	Ρεγκ. Προτεινόμενη (W)	Επριν (kWh)	Εμετά (kWh)	ΔΕ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης με κόστος εργασίας
<b>A</b>	40.331	17.554	109.009	48.294	60.715	6.457	3,30	3,44
<b>Z</b>	71.571	20.361	186.085	52.940	133.145	14.161	2,16	2,25
<b>Θ</b>	17.860	5.270	46.436	13.703	32.733	3.481	3,00	3,12
<b>Σύνολο</b>	<b>129.762</b>	<b>43.186</b>	<b>341.530</b>	<b>114.937</b>	<b>226.593</b>	<b>24.099</b>	<b>2,58</b>	<b>2,69</b>

**Πίνακας 10.28:** Σενάριο 2<sup>ο</sup>- Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το σύνολο των χώρων

Πτέρυγα	Qπρωτ υφιστάμενης (kWh)	Qπρωτ προτεινόμενης (kWh)	Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	CO <sub>2</sub> υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO <sub>2</sub> προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Αριθμός δέντρων
A	294.620	130.525	164.095	92.658	41.050	51.608	4.301
Z	502.931	143.081	138.404	158.172	44.999	113.173	9.431
Θ	125.503	37.035	4.658	39.471	11.648	27.823	2.319
<b>Σύνολο</b>	<b>923.054</b>	<b>310.640</b>	<b>612.414</b>	<b>290.301</b>	<b>97.696</b>	<b>192.604</b>	<b>16.050</b>

**Πίνακας 10.29:** Σενάριο 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup>- Έτη απόσβεσης

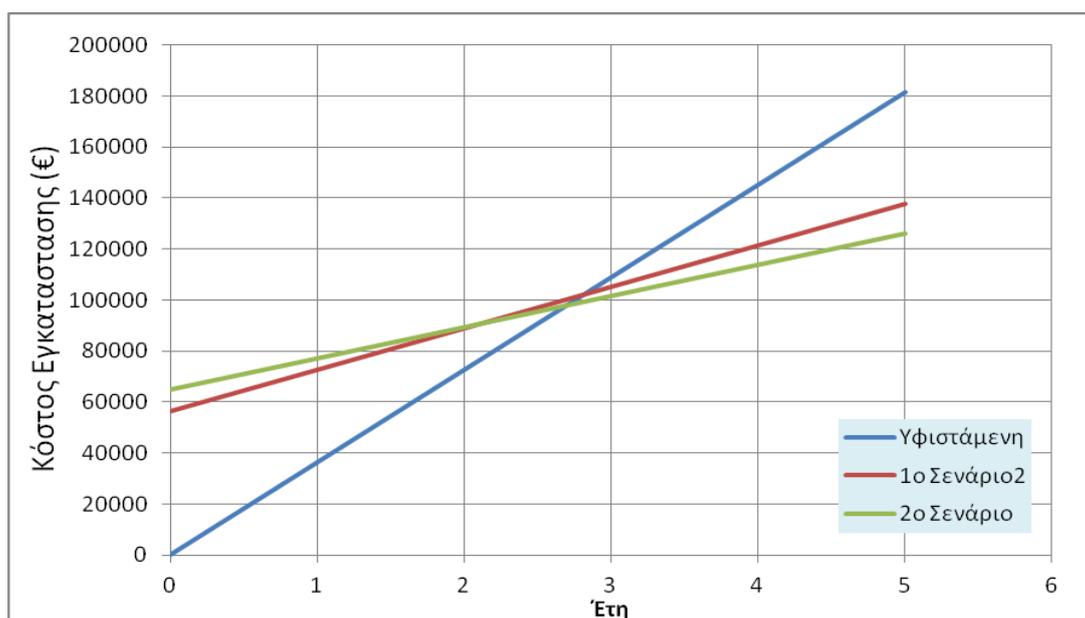
Πτέρυγα	Έτη απόσβεσης 1 <sup>ου</sup> Σεναρίου	Έτη απόσβεσης 2 <sup>ου</sup> Σεναρίου	Έτη απόσβεσης με κόστος εργασίας 1 <sup>ου</sup> Σεναρίου	Έτη απόσβεσης με κόστος εργασίας 2 <sup>ου</sup> Σεναρίου
<b>A</b>	3,46	3,30	3,62	3,44
<b>Z</b>	2,24	2,16	2,35	2,25
<b>Θ</b>	3,13	3,00	3,29	3,12
<b>Συνολικά</b>	<b>2,69</b>	<b>2,58</b>	<b>2,82</b>	<b>2,69</b>

Το αρχικό κόστος και το κόστος ανά έτος για κάθε περίπτωση φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

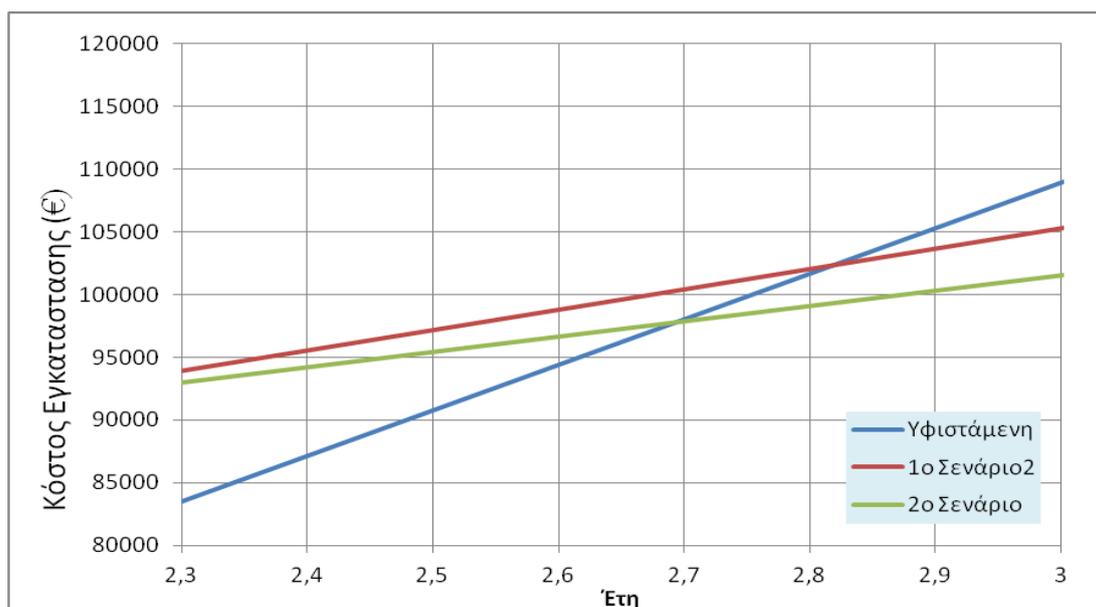
**Πίνακας 10.30:** Συνολικό κόστος υφιστάμενης κατάστασης και 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> Σεναρίου

Καταστάσεις	Αρχικό Κόστος (€)	Κόστος ενέργειας ανά έτος (€)
Υφιστάμενη	0	36.324
1ο Σενάριο	56.606	16.238
2ο Σενάριο	64.896	12.224

Με δεδομένο το κόστος ανά μπορούμε να σχεδιάσουμε την γραφική παράσταση του κόστους κάθε σεναρίου ανά έτος. Τα σημεία τομής των καμπύλων του κόστους των δύο σεναρίων και της υφιστάμενης κατάστασης αντιστοιχούν στους χρόνους απόσβεσης κάθε σεναρίου.



**Σχήμα 10.1 :** Γραφική απεικόνιση του κόστους της κάθε εγκατάστασης



**Σχήμα 10.2 :** Γραφική απεικόνιση του χρόνου απόσβεσης για κάθε σενάριο

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11<sup>ο</sup>

## Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά κάποια βασικά αποτελέσματα της μελέτης που πραγματοποιήθηκε.

**Πίνακας 11.1:** Αποτελέσματα για τις πτέρυγες A, Z και Θ

Υφιστάμενη κατάσταση για τις πτέρυγες A, Z και Θ						
Συνολική ισχύς (W)	Κατανομή ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO <sub>2</sub> (kg)		
<b>129.762</b>	<b>21,79</b>	<b>341.530</b>	<b>923.054</b>	<b>290.301</b>		
1 <sup>ο</sup> Σενάριο για τις πτέρυγες A, Z και Θ						
Συνολική ισχύς (W)	Κατανομή ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO <sub>2</sub> (kg)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης με κόστος εγκατάστασης
<b>57.702</b>	<b>9,68</b>	<b>152.679</b>	<b>412.645</b>	<b>129.777</b>	<b>2,69</b>	<b>2,82</b>
2 <sup>ο</sup> Σενάριο για τις πτέρυγες A, Z και Θ						
Συνολική ισχύς (W)	Κατανομή ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO <sub>2</sub> (kg)	Έτη απόσβεσης	Έτη απόσβεσης με κόστος εγκατάστασης
<b>43.186</b>	<b>7,66</b>	<b>114.937</b>	<b>310.640</b>	<b>97.696</b>	<b>2,58</b>	<b>2,69</b>

- **Ισχύς**

Με την εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου, με αντικατάσταση δηλαδή των φωτιστικών σωμάτων με αποδοτικότερα, επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 55.53% σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα, δηλαδή κατά 72.060 W.

Με την εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου, με εγκατάσταση δηλαδή αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό, επιτυγχάνεται επιπλέον μείωση ισοδύναμης ισχύος κατά 25,16% σε σχέση με το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου, δηλαδή κατά 14.516 W.

Συνολικά το 2<sup>ο</sup> Σενάριο φωτισμού μπορεί να παρέχει εξοικονόμηση 66,72% σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα, δηλαδή κατά 86.576W.

- **Κατανομή ισχύος**

Η παλιά τιμή κατανομής ισχύος 21,79 W/m<sup>2</sup> καθιστά το υφιστάμενο σύστημα μη αποδεκτό από τον Κ.Εν.Α.Κ. Με την εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου που προτείνει αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων, η κατανομή ισχύος μειώνεται σε 9,68 W/m<sup>2</sup>. Με το 2<sup>ο</sup> Σενάριο, η κατανομή ισχύος μειώνεται ακόμα περισσότερο και φτάνει τα 7,66 W/m<sup>2</sup>. Και οι δύο νέες τιμές ικανοποιούν το όριο των 15 W/m<sup>2</sup> που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ.

- **Ενεργειακή κατανάλωση**

Με την εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου, με αντικατάσταση δηλαδή των φωτιστικών σωμάτων με αποδοτικότερα, επιτυγχάνεται κάθε χρόνο μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 188,851MWh σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μείωση 510,408 MWh πρωτογενούς ενέργειας ετησίως.

Με την εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου, με εγκατάσταση δηλαδή αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό, επιτυγχάνεται επιπλέον μείωση κατά 37,742 MWh σε σχέση με την εγκατάσταση του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου. Τελικά η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί μέχρι και τις 114,937 MWh που αντιστοιχούν σε 310,64 MWh πρωτογενούς ενέργειας.

- **Ρύποι CO<sub>2</sub> και πλήθος δέντρων**

Με την εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου, με αντικατάσταση δηλαδή των φωτιστικών σωμάτων με αποδοτικότερα, επιτυγχάνεται μείωση των ρύπων CO<sub>2</sub> από 110,297 tn στην υφιστάμενη κατάσταση σε 49,046 tn το έτος. Προκειμένου να απορροφηθεί από την ατμόσφαιρα το CO<sub>2</sub> που αντιστοιχεί σε αυτή την διαφορά 61,251 tn χρειάζονται 5. 104 δέντρα.

Με την εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου, με εγκατάσταση δηλαδή αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό, παράγονται μόλις 32,141 tn CO<sub>2</sub> επιτυγχάνεται δηλαδή μείωση του παραγόμενου CO<sub>2</sub> κατά 78,156 tn σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η μείωση αυτή αντιστοιχεί σε 6.513 δέντρα, 1.409 δέντα περισσότερα από το προηγούμενο Σενάριο.

- **Χρόνος απόσβεσης**

Από τον πίνακα 11.1 είναι εμφανές ότι ο χρόνος απόσβεσης του 1<sup>ου</sup> Σεναρίου που προτείνει την εγκατάσταση συστήματος τεχνητού φωτισμού με αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο χρόνο του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου, 2,69 και 2,58 έτη αντίστοιχα. Επειδή το κόστος

εγκατάστασης των φωτιστικών είναι σταθερό και για τα δύο σενάρια (εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των προς εγκατάσταση φωτιστικών που δεν μεταβάλλεται) το ίδιο ισχύει και για τα έτη απόσβεσης που λαμβάνουν υπόψη και την εργασία. Έτσι η επένδυση για την εγκατάσταση του συστήματος φωτισμού συμπεριλαμβανομένου του κόστους τοποθέτησης, του 1<sup>ο</sup> Σεναρίου αποσβένει σε 2,82 έτη και του 2<sup>ο</sup> Σεναρίου σε 2,69. Παρατηρούμε λοιπόν ότι παρότι για το 2<sup>ο</sup> Σενάριο το αρχικό κόστος αγοράς είναι μεγαλύτερο (πίνακας 10.30) το ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι πολύ μεγάλο γεγονός που προκαλεί την γρηγορότερη απόσβεση της επένδυσης του 2<sup>ου</sup> Σεναρίου.



## Βιβλιογραφία

- [1] Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης, Αθήνα: ΥΠΑΝ, Ιούνιος 2008.
- [2] [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- [3] IESNA, Lighting Handbook, 1995, 8th Edition.
- [4] Θ. Στασινόπουλος, ΗΛΙΑΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ, 2001.
- [5] [solardat.uoregon.edu](http://solardat.uoregon.edu)
- [6] Office Lighting Knowhow, Northeast Energy Efficiency Partnerships Inc, 2002.
- [7] N. Baker και K. Steemers, Daylighting design of buildings, James&James, 2002.
- [8] [wiki.naturalfrequency.com](http://wiki.naturalfrequency.com)
- [9] Α. Ακριβού, Το Φυσικό φως στο μουσείο.
- [10] J.O'Connor, Tips for daylighting with windows: The Integrated Approach, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- [11] A.Tsangrassoulis, W.Pohl, A. Zimmermann, M. Fonto, J.Solomon, A. Synnefa, A.Jacobs και M.Wilson, «Synthlight Handbook,» 2001.
- [12] G.Steffy, Architectural lighting design, John Wiley & Sons, 2008.
- [13] [www.lrc.rpi.edu](http://www.lrc.rpi.edu)
- [14] [www.pofac.de](http://www.pofac.de)
- [15] [www.energystar.gov](http://www.energystar.gov)
- [16] J. Benya και L. Heshong, Advanced Lighting Guidelines, New Buildings Institute Inc, 2003.
- [17] Daylight in buildings: A source book on daylighting systems and components, International Energy Agency, 2000.
- [18] [library.tee.gr](http://library.tee.gr).
- [19] Σ. Παπαευθυμίου, Γ. Λευθεριώτης και Π. Γιαννούλης, Δυνατότητες

εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια με ενσωμάτωση ηλεκτροχρωμικών παραθύρων, Εργαστήριο Ενέργειας και Περιβάλλοντος Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών.

- [20] S. Selkowitz και S. Rubin, A review of electrochromic window performance factors, Lawrence Berkeley National Laboratory, 1994.
- [21] R.E.Arutjunjan, T.S.Markova, I.Y.Halopenen, I.K.Maksimov, A.I.Tutunnikov και O.V.Yanush, Thermochromic Glazing for “Zero Net Energy”, Glass processing days, 2003.
- [22] [www.ecw.org](http://www.ecw.org).
- [23] [www.yalodomi.gr](http://www.yalodomi.gr).
- [24] S. a. S. Behling, Solar power The evolution of sustainable architecture, Munich: Prestel, 2000.
- [25] P.Tregenza και D.Loe, The design of lighting, E & FN Spon, 1998.
- [26] Φ.Τοπαλής, Λ.Οικονόμου και Σ.Κουρτέση, Φωτοτεχνία, Εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
- [27] Περιοδικό ΚΤΙΠΙΟ, Τεύχος 181.
- [28] Classroom Lighting Knowhow, Northeast Energy Efficiency Partnerships, 2002.
- [29] [www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com)
- [30] [ec.europa.eu](http://ec.europa.eu).
- [31] Μ.Σπετζά, Οργανικές Δίοδοι Εκπομπής Φωτός, ΚΤΙΠΙΟ, 2010.
- [32] [eur-lex.europa.eu](http://eur-lex.europa.eu).
- [33] L.Halonen, E.Tetri και P.Bhusal, Guidbook on energy efficient electric lighting for buildings, Aalto University School of Science and technology Lighting Unit, 2010.
- [34] Α.Γερασίμου, Φωτιστικά Σώματα: Σύγχρονες Τάσεις, ΚΤΙΠΙΟ
- [35] . Φ.Τοπαλής, Εξοικονόμηση ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων, Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση.
- [36] D. Hunt, The use of artificial lighting in relation to daylight levels and occupancy, Building and Environment 14 , 1979.

- [37] Θ.Κοντορήγας, Συστήματα διαχείρισης φωτισμού, ΚΤΙΠΙΟ, 2007
- [38] standards.ieee.org.
- [39] www.cie.co.at.
- [40] www.europa.eu.
- [41] Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων
- [42] Top Runner Program, 2010.
- [43] M.Fontoynt, Long term assessment of costs associated with lighting and daylighting techniques, 2009.
- [44] Buildings Energy Data Book, U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2010.
- [45] G. Franta και K. Anstead, “Daylighting Offers Great Opportunities.” Window & Door Specifier-Design Lab, 1994.
- [46] J. Heerwagen, “The Role of Nature in the View from the Window.”, International Daylighting Conference Proceedings II., 1986.
- [47] J. Romm και W. Browning, “Greening the Building and the Bottom Line: Increasing Productivity Through Energy-Efficient Design,”, Snowmass, 1994.
- [48] C. Cuttle, People and windows in workplaces, Wellington, New Zealand: Proceedings of the People and Physical Environment Research Conference, 1983.
- [49] J.H. Heerwagen, D.R. Heerwagen, Lighting and psychological comfort, Lighting Design and Application 16, 1986.
- [50] J.A. Veitch, R. Gifford, Assessing beliefs about lighting effects on health, performance, mood, and social behavior, Environment and Behavior 28, 1996.
- [51] B. Wells, Subjective responses to the lighting installations in a modern office building and their design implications, Building and Environment 1, modern office building and their design implications, 1965.
- [52] P. Leather, M. Pyrgas, D. Beale, & C. Lawrence, Windows in the workplace: Sunlight, view, and occupational stress., Environment and Behavior, (1998).
- [53] T. Inoue, T. Kawase, T. Ibamoto, S. Takakusa, Y. Matsuo, The

development of an optimal control system for window shading devices based on investigations in office buildings, ASHRAE Transactions 94, 1988.

- [54] E. Ne'eman, R.G. Hopkinson, Critical minimum acceptable window size: a study of window design and provision of view,, Lighting Research and Technology 2, 1970.
- [55] E. Keighley, Visual requirements and reduced fenestration in offices: a study of window shape,, Building Science 8 , 1973.
- [56] E. Wotton, B. Barkow, An investigation of the effects of windows and lighting in offices,, Phoenix, Washington, DC: Proceedings of the International Daylighting Conference, 1983.
- [57] M. Boubekri, R. Hull, L. Boye, Impact of windows size and sunlight penetration on office workers' mood and satisfaction: A novel way of assessing sunlight, Environment and Behavior 23 (4) , 1991.
- [58] A.I. Rubin, B.L. Collins, R.L. Tibbott, Window blinds as potential energy saver – a case study, Gaithersburg, MA, USA: NBS Building Science Series, vol. 112, National Institute for Standards and Technology, 1978.
- [59] M. Rea, Window blind occlusion: a pilot study, Building and Environment 19, 1984.
- [60] Raja, I. A., Nicol, F., McCartney, K.J., & Humphreys, Thermal comfort: Use of controls in naturally ventilated buildings., Energy and Buildings, 33, 2001.
- [61] M. Foster, T. Oreszczyn, Occupant control of passive systems: the use of venetian blinds, Building and Environment 36 , 2001.
- [62] S.H.A. Begemann, G. van den Beld, J.A.D. Tenner, Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses,, Industrial Ergonomics 2, 1997.
- [63] S. Escuyer, M. Fontoynt, « Testing in situ of automatic ambient lighting plus manually controlled task lighting: office occupants reactions,» σε Proceedings of the 9th European Lighting Conference (Lux Europa), Reykjavik, Iceland, 2001
- [64] C. Laurentin, V. Berrutto, M. Fontoynt, P. Girault,, Manual control of artificial lighting in a daylit space, in: 3rd International Conference on Indoor Air Quality, Lyon, France: Ventilation and Energy Conservation in Buildings, 1998.
- [65] C. Laurentin, V. Berrutto, M. Fontoynt, Effect of thermal conditions and light source type on visual comfort appraisal, Lighting Research and

Technology 32 (4), 2000.

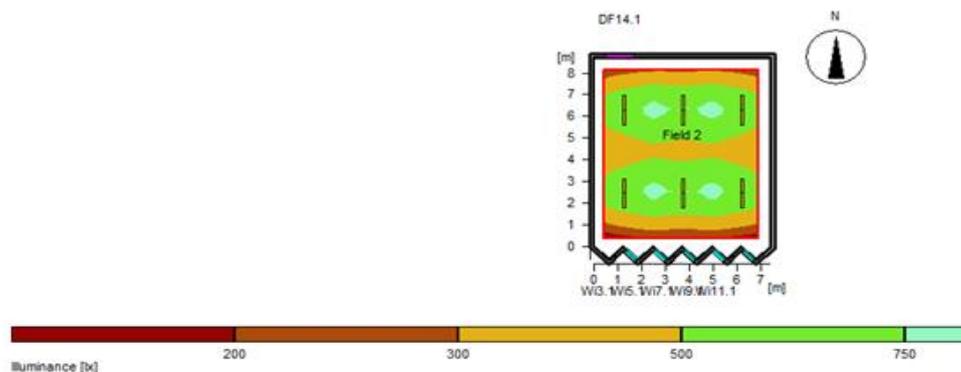
- [66] W.K. Osterhaus, I.L. Bailey, Large area glare sources and their effect on discomfort and visual performance at computer workstation, Proceedings of the IEEE Industry Applications Society – Annual Meeting, vol. 2.
- [67] R. Hopkinson, Glare from daylight in buildings, Applied Ergonomics 3, 1972.
- [68] W. Osterhaus, Discomfort glare from daylight in computer offices: What do we really know?, Reykjavik, Iceland: Proceedings of the 9th European Lighting Conference (Lux Europa), 2001.
- [69] J. Love, Manual switching patterns in private offices, Lighting Research and Technology 30, 1998.
- [70] C.F. Reinhart, K. Voss, Monitoring manual control of electric lighting and blinds, Lighting Research and Technology 35 (3), 2003.
- [71] W. Bordass, T. Heasman, A. Leaman, M.J. Perry, Daylight use in open plan offices: the opportunities and the fantasies, Cambridge, Robison College, London, UK:CIBSE,,: Proceedings of National Lighting Conference and Daylighting Colloquium, 1994.
- [72] E.L. Vine, E. Lee, R. Clear, S. DiBartolomeo, S. Selkowitz, Office worker response to an automated venetian blind and electric lighting system: a pilot study, 1998: Energy and Buildings 28.
- [73] E. Triantis, Retrofitting of Chemical Engineering Building N.T.U.A Greece.
- [74] T.O.T.E.E. 20701-1/2010.



# Παράρτημα Α

## 1<sup>ο</sup> Σενάριο- Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό

### Αίθουσα A201



#### 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	53400 lm
Total power	648 W
Total power per area (67.03 m <sup>2</sup> )	9.67 W/m <sup>2</sup>

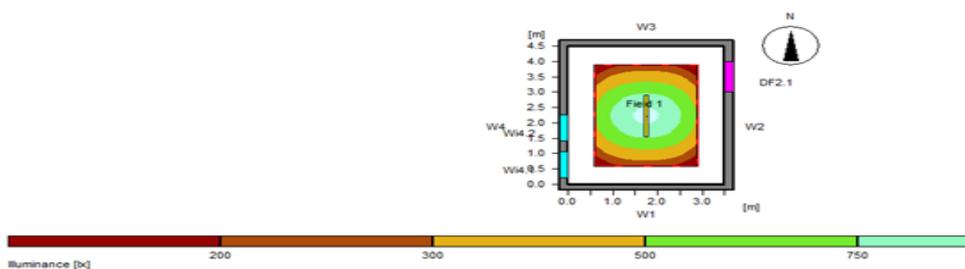
#### Illuminance

Average illuminance	E <sub>av</sub>	523 lx
Minimum illuminance	E <sub>min</sub>	142 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub>	792 lx
Uniformity g1	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:3.68 (0.27)
Uniformity g2	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:5.58 (0.18)

#### Type No./Make

2	6	<b>Gallis Lighting S.A.</b>
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

### Γραφεία A206α



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.40 m
Maintenance factor	0.80

Total luminous flux of all lamps	8900 lm
Total power	108 W
Total power per area (15.75 m <sup>2</sup> )	6.86 W/m <sup>2</sup> (1.33 W/m <sup>2</sup> /100lx)

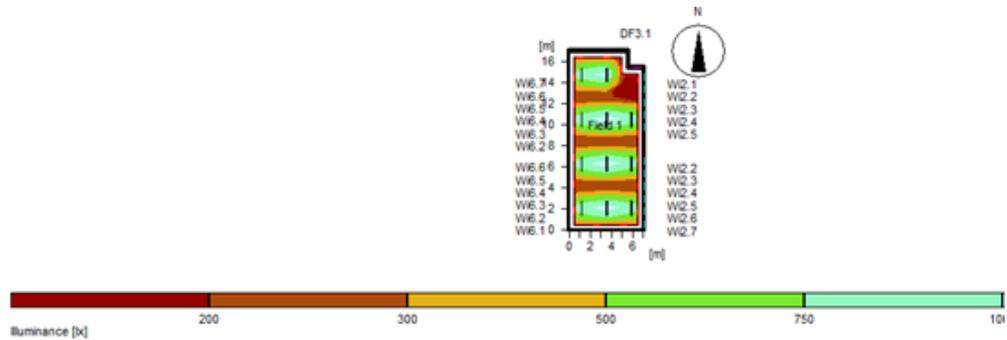
#### Illuminance

Average illuminance	E <sub>av</sub>	515 lx
Minimum illuminance	E <sub>min</sub>	112 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub>	1040 lx
Uniformity g1	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:4.59 (0.22)
Uniformity g2	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:9.26 (0.11)

#### Type No./Make

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

## Αίθουσα A210



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.40 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	97900 lm
Total power	1188 W
Total power per area (116.60 m <sup>2</sup> )	10.19 W/m <sup>2</sup> (1.99 W/m <sup>2</sup> /100lx)

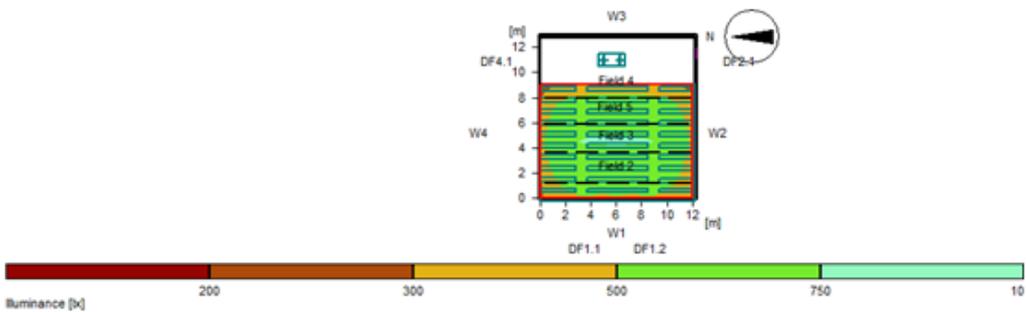
### Illuminance

Average illuminance	Eav	512 lx
Minimum illuminance	Emin	27 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub>	1130 lx
Uniformity g1	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:19.3 (0.05)
Uniformity g2	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:42.7 (0.02)

### Type No./Make

		<b>Gallis Lighting S.A.</b>	
2	11	Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

## Αμφιθέατρο 211



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	132000 lm
Total power	1520 W
Total power per area (156.16 m <sup>2</sup> )	9.73 W/m <sup>2</sup>

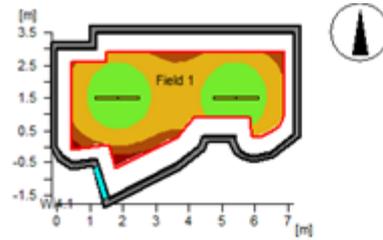
### Illuminance

Average illuminance	Eav	599 lx
Minimum illuminance	Emin	368 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub>	771 lx
Uniformity g1	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:1.63 (0.62)
Uniformity g2	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:2.09 (0.48)

### Type No./Make

		<b>Gallis Lighting S.A.</b>	
1	20	Order No.	: 4312-4344
		Luminaire name	: Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

## Γραφείο A212



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 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 (27.59 m <sup>2</sup> )	7.83 W/m <sup>2</sup>

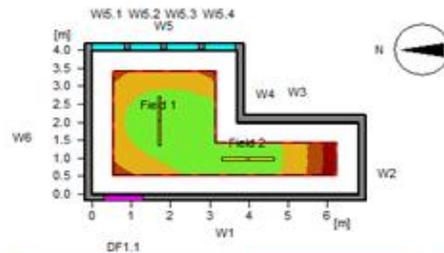
### Illuminance

Average illuminance	E <sub>av</sub>	477 lx
Minimum illuminance	E <sub>min</sub>	188 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub>	704 lx
Uniformity g1	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:2.55 (0.39)
Uniformity g2	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:3.75 (0.27)

### Type No./Make

		<b>Gallis Lighting S.A.</b>
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

## Γραφείο A219



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.95 m
Maintenance factor	0.80

Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (21.00 m <sup>2</sup> )	10.29 W/m <sup>2</sup> (2.06 W/m <sup>2</sup> /100lx)

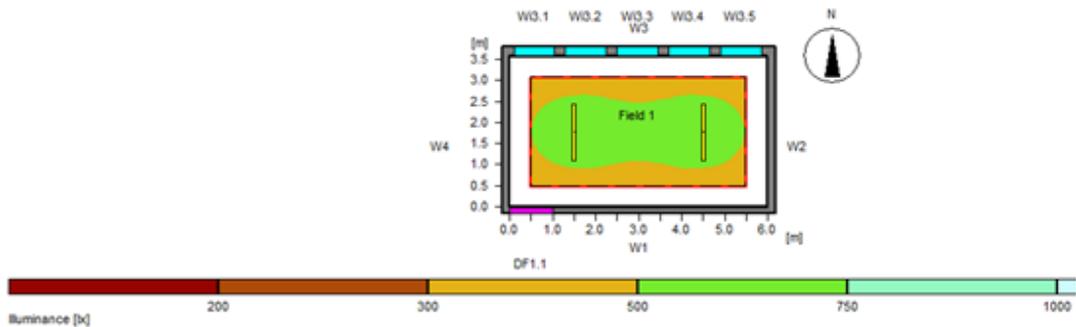
### Illuminance

Average illuminance	E <sub>av</sub>	500 lx
Minimum illuminance	E <sub>min</sub>	127 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub>	744 lx
Uniformity g1	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:3.93 (0.25)
Uniformity g2	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub>	1:5.85 (0.17)

### Type No./Make

		<b>Gallis Lighting S.A.</b>
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

## Γραφείο A220



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (21.60 m <sup>2</sup> )	10.00 W/m <sup>2</sup> (2.00 W/m <sup>2</sup> /100lx)

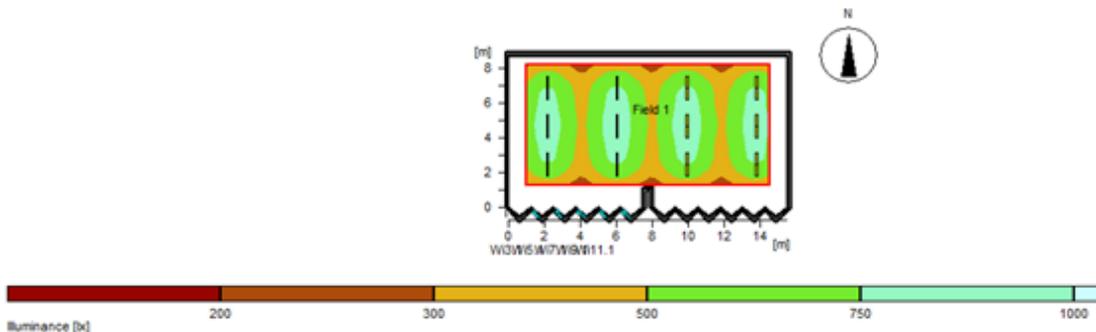
### Illuminance

Average illuminance	Eav	500 lx
Minimum illuminance	Emin	286 lx
Maximum illuminance	Emax	662 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.75 (0.57)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.31 (0.43)

### Type No./Make

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

## Αίθουσα A303



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	106800 lm
Total power	1296 W
Total power per area (138.63 m <sup>2</sup> )	9.35 W/m <sup>2</sup>

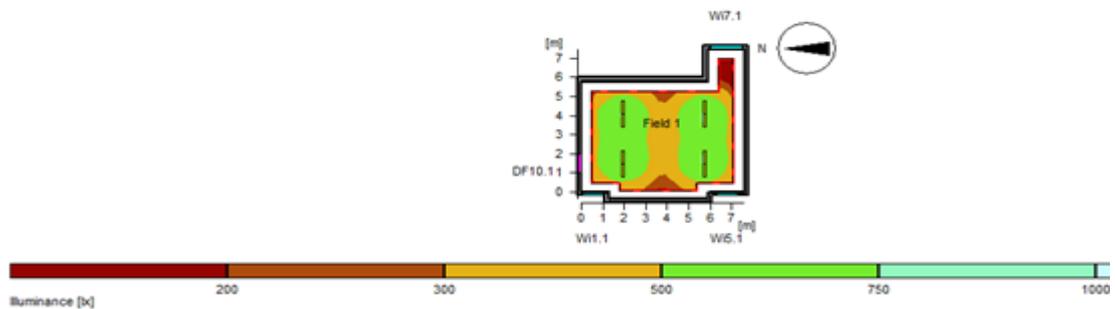
### Illuminance

Average illuminance	Eav	583 lx
Minimum illuminance	Emin	209 lx
Maximum illuminance	Emax	868 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.79 (0.36)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:4.15 (0.24)

### Type No./Make

2	12	<b>Gallis Lighting S.A.</b>
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

## Γραφείο A308



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (48.81 m <sup>2</sup> )	8.85 W/m <sup>2</sup> (1.78 W/m <sup>2</sup> /100lx)

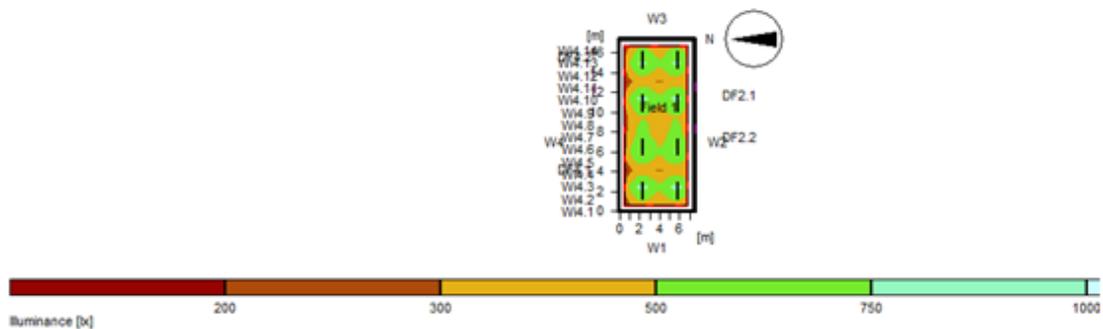
### Illuminance

Average illuminance	Eav	496 lx
Minimum illuminance	Emin	31 lx
Maximum illuminance	Emax	757 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:16 (0.06)
Uniformity g1	Emin/Em	1:16 (0.06)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:24.5 (0.04)

### Type No./Make

2	4	<b>Gallis Lighting S.A.</b>
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus ZX54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

## Εργαστήριο Z202-203



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.95 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	98400 lm
Total power	1328 W
Total power per area (128.02 m <sup>2</sup> )	10.37 W/m <sup>2</sup> (2.08 W/m <sup>2</sup> /100lx)

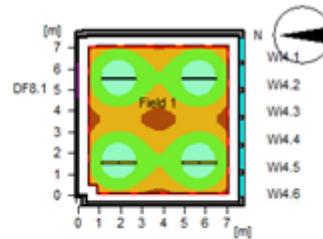
### Illuminance

Average illuminance	Eav	498 lx
Minimum illuminance	Emin	169 lx
Maximum illuminance	Emax	817 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.94 (0.34)
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.94 (0.34)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:4.82 (0.21)

### Type No./Make

2	8	<b>Gallis Lighting S.A.</b>
		Order No. : 4313-4344
		Luminaire name : Ikarus ZX80W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 6150 lm

## Γραφείο Z208



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	49200 lm
Total power	664 W
Total power per area (60.62 m <sup>2</sup> )	10.95 W/m <sup>2</sup> (2.02 W/m <sup>2</sup> /100lx)

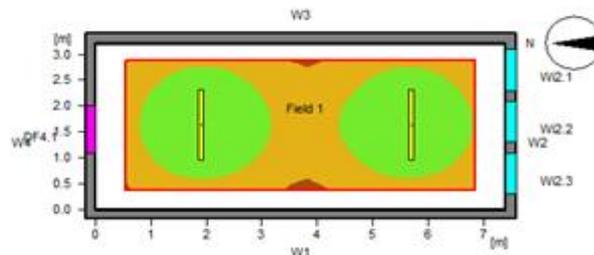
### Illuminance

Average illuminance	Eav	543 lx
Minimum illuminance	Emin	216 lx
Maximum illuminance	Emax	945 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1.252 (0.4)
Uniformity g2	Emin/Emax	1.437 (0.23)

### Type No./Make

5	4	<b>Gallis Lighting S.A.</b>
		Order No. : 4313-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X80W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 6150 lm

## Γραφείο Z209



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (23.68 m <sup>2</sup> )	9.12 W/m <sup>2</sup>

### Illuminance

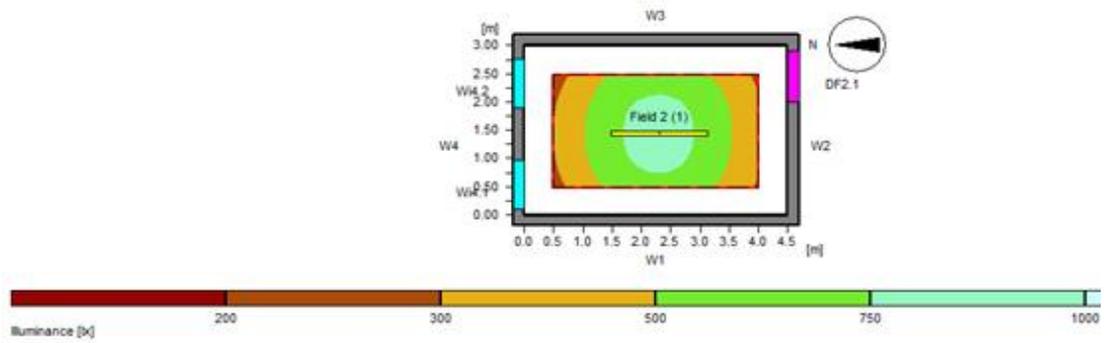
Average illuminance	Eav	508 lx
Minimum illuminance	Emin	288 lx
Maximum illuminance	Emax	702 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1.176 (0.57)
Uniformity g2	Emin/Emax	1.243 (0.41)

### Type No./Make

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



## Γραφείο ΖΓ1



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	12300 lm
Total power	166 W
Total power per area (13.50 m <sup>2</sup> )	12.30 W/m <sup>2</sup> (2.10 W/m <sup>2</sup> /100lx)

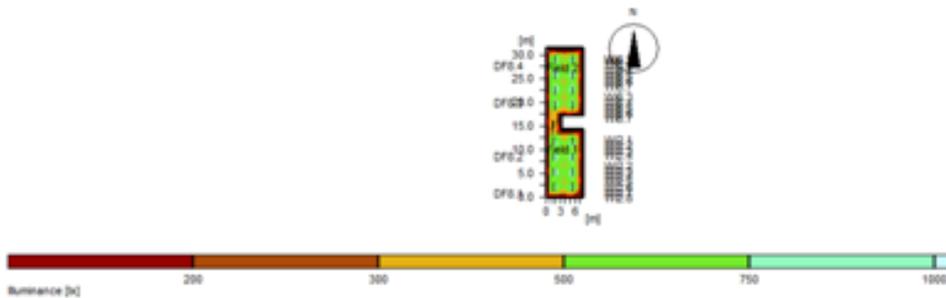
### Illuminance

Average illuminance	Eav	584 lx
Minimum illuminance	Emin	266 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub>	857 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1.2.19 (0.46)
Uniformity g2	Emin/E <sub>max</sub>	1.3.22 (0.31)

### Type No./Make

		<b>Gallis Lighting S.A.</b>	
5	1	Order No.	: 4313-4344
		Luminaire name	: Ikarus ZX80W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 6150 lm

## Εργαστήριο Ζ407-410



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	202000 lm
Total power	2709 W
Total power per area (223.16 m <sup>2</sup> )	12.14 W/m <sup>2</sup> (2.39 W/m <sup>2</sup> /100lx)

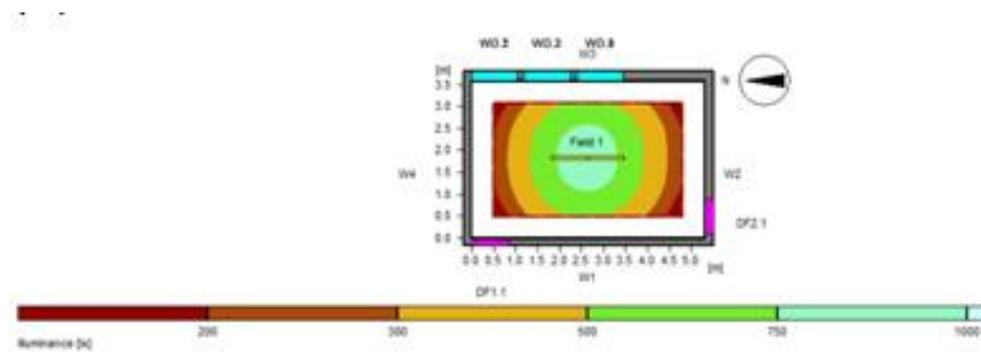
### Illuminance

Average illuminance	Eav	528 lx
Minimum illuminance	Emin	127 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub>	918 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1.4.17 (0.24)
Uniformity g2	Emin/E <sub>max</sub>	1.7.26 (0.14)

### Type No./Make

		<b>Gallis Lighting S.A.</b>	
4	16	Order No.	: 4313-4344
		Luminaire name	: Ikarus ZX80W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 6150 lm
5	1	Order No.	: 4310-4343
		Luminaire name	: Ikarus ZX20W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 20W/840 0 W / 2600 lm

## Γραφείο Θ101

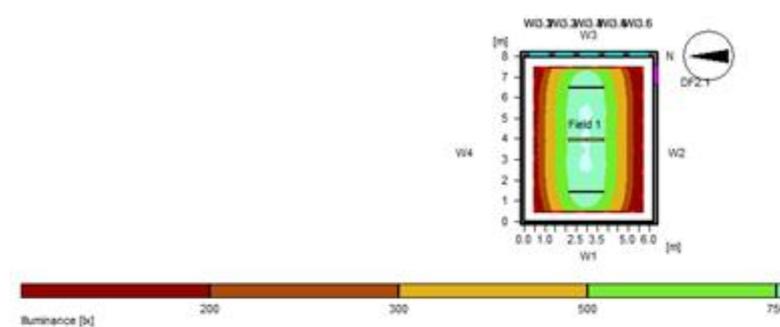


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.85 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	12300 lm
Total power	166 W
Total power per area (19.88 m <sup>2</sup> )	6.78 W/m <sup>2</sup> (1.84 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 473 lx
Minimum illuminance	Emin 128 lx
Maximum illuminance	Emax 894 lx
Uniformity g1	Emin/Eav 1.37 (0.27)
Uniformity g2	Emin/Emax 1.7 (0.14)

<b>Type No./Make</b>	
5	3
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	4313-4344
Luminaire name	Ikarus 2X80W with Parabolic Louver
Equipment	2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 6150 lm

## Γραφείο Θ203

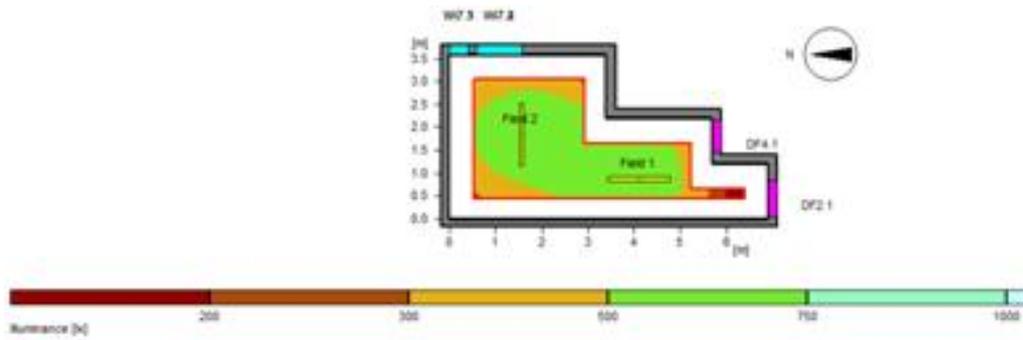


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.85 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	36900 lm
Total power	498 W
Total power per area (49.60 m <sup>2</sup> )	10.04 W/m <sup>2</sup> (1.95 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 514 lx
Minimum illuminance	Emin 70 lx
Maximum illuminance	Emax 1050 lx
Uniformity g1	Emin/Eav 1.73 (0.14)
Uniformity g2	Emin/Emax 1.148 (0.07)

<b>Type No./Make</b>	
5	3
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	4313-4344
Luminaire name	Ikarus 2X80W with Parabolic Louver
Equipment	2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 6150 lm

## Γραφείο Θ205



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.90 m
Maintenance factor	0.90
Total luminous flux of all lamps	17900 lm
Total power	216 W
Total power per area (18.74 m <sup>2</sup> )	11.53 W/m <sup>2</sup>

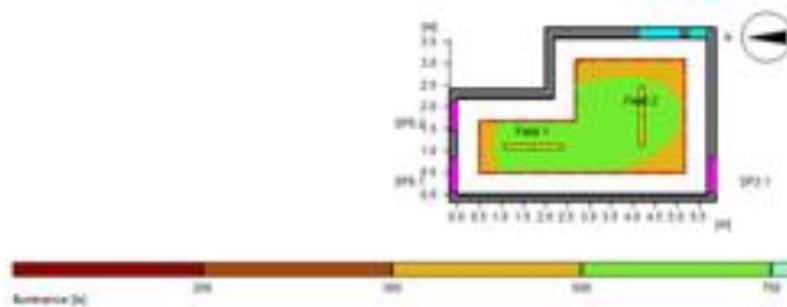
### Illuminance

Average illuminance	Eav	556 lx
Minimum illuminance	Emin	115 lx
Maximum illuminance	Emax	735 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1.485 (0.21)
Uniformity g2	Emin/Emax	1.641 (0.16)

### Type No./Make

2	2	Gallix 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

## Γραφείο Θ202



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.90 m
Height of luminaires plane	2.95 m
Maintenance factor	0.90
Total luminous flux of all lamps	17900 lm
Total power	216 W
Total power per area (17.44 m <sup>2</sup> )	12.56 W/m <sup>2</sup> (0.26 W/m <sup>2</sup> /100lx)

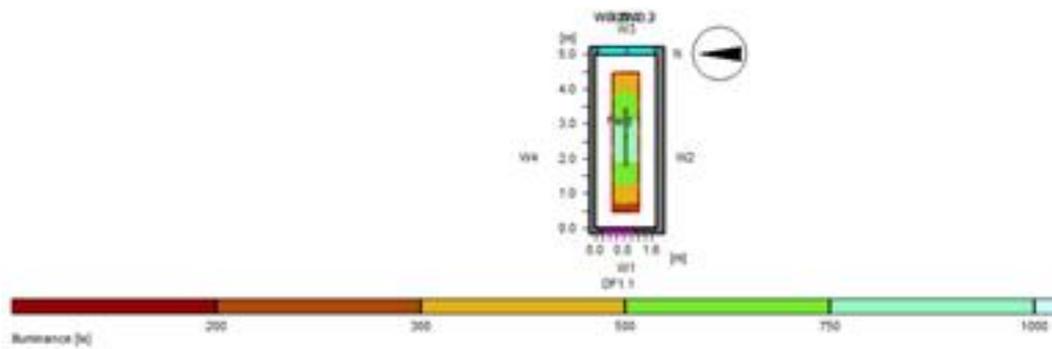
### Illuminance

Average illuminance	Eav	540 lx
Minimum illuminance	Emin	264 lx
Maximum illuminance	Emax	715 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1.288 (0.46)
Uniformity g2	Emin/Emax	1.271 (0.37)

### Type No./Make

2	2	Gallix 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

## Γραφείο 0308



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.85 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	12300 lm
Total power	166 W
Total power per area (8.75 m <sup>2</sup> )	18.97 W/m <sup>2</sup> (3.84 W/m <sup>2</sup> /100lx)

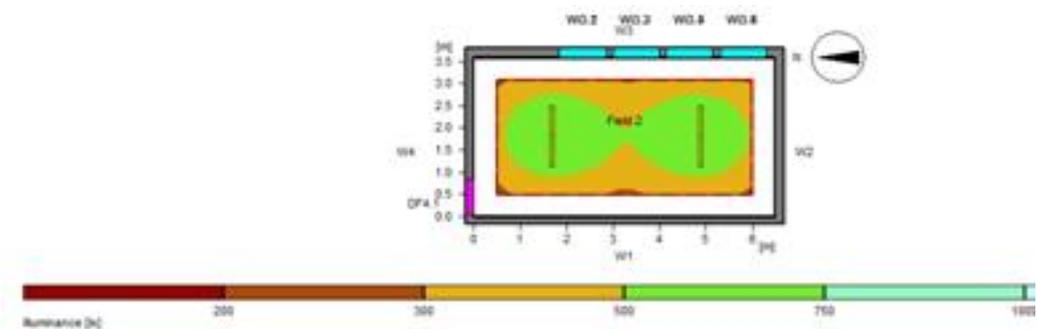
### Illuminance

Average illuminance	Eav	454 lx
Minimum illuminance	Emin	207 lx
Maximum illuminance	Emax	576 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1.2.36 (0.42)
Uniformity g2	Emin/Emax	1.4.71 (0.21)

### Type No./Make

Gallis Lighting S.A.	
6	1
Order No.	4313-4344
Luminaire name	Itarus 2X30W with Parabolic Lower
Equipment	2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 6150 lm

## Γραφείο 0403



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 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 (23.40 m <sup>2</sup> )	9.23 W/m <sup>2</sup> (1.90 W/m <sup>2</sup> /100lx)

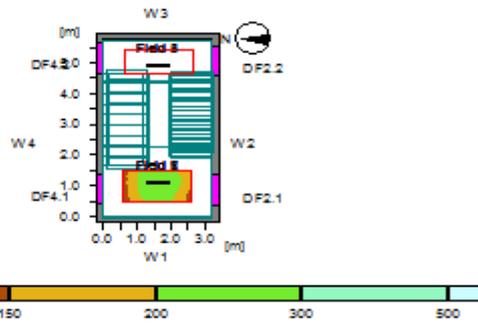
### Illuminance

Average illuminance	Eav	486 lx
Minimum illuminance	Emin	233 lx
Maximum illuminance	Emax	707 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1.2.09 (0.48)
Uniformity g2	Emin/Emax	1.3.83 (0.33)

### Type No./Make

Gallis Lighting S.A.	
3	2
Order No.	4311-4343
Luminaire name	Itarus 2X34W with Parabolic Lower
Equipment	2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

## Κλιμακοστάσιο ZK52



### General

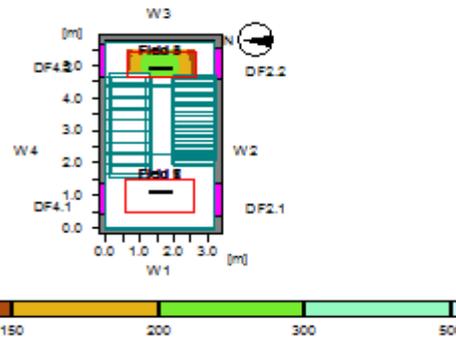
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	16800 lm
Total power	329 W
Total power per area (18.40 m <sup>2</sup> )	17.88 W/m <sup>2</sup>

### Illuminance

Average illuminance	Eav	197 lx
Minimum illuminance	Emin	118 lx
Maximum illuminance	Emax	276 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.88 (0.6)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.33 (0.43)

### Type No./Make

3	7	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



### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	4.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	16800 lm
Total power	329 W
Total power per area (18.40 m <sup>2</sup> )	17.88 W/m <sup>2</sup>

### Illuminance

Average illuminance	Eav	187 lx
Minimum illuminance	Emin	123 lx
Maximum illuminance	Emax	239 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.53 (0.66)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.95 (0.51)

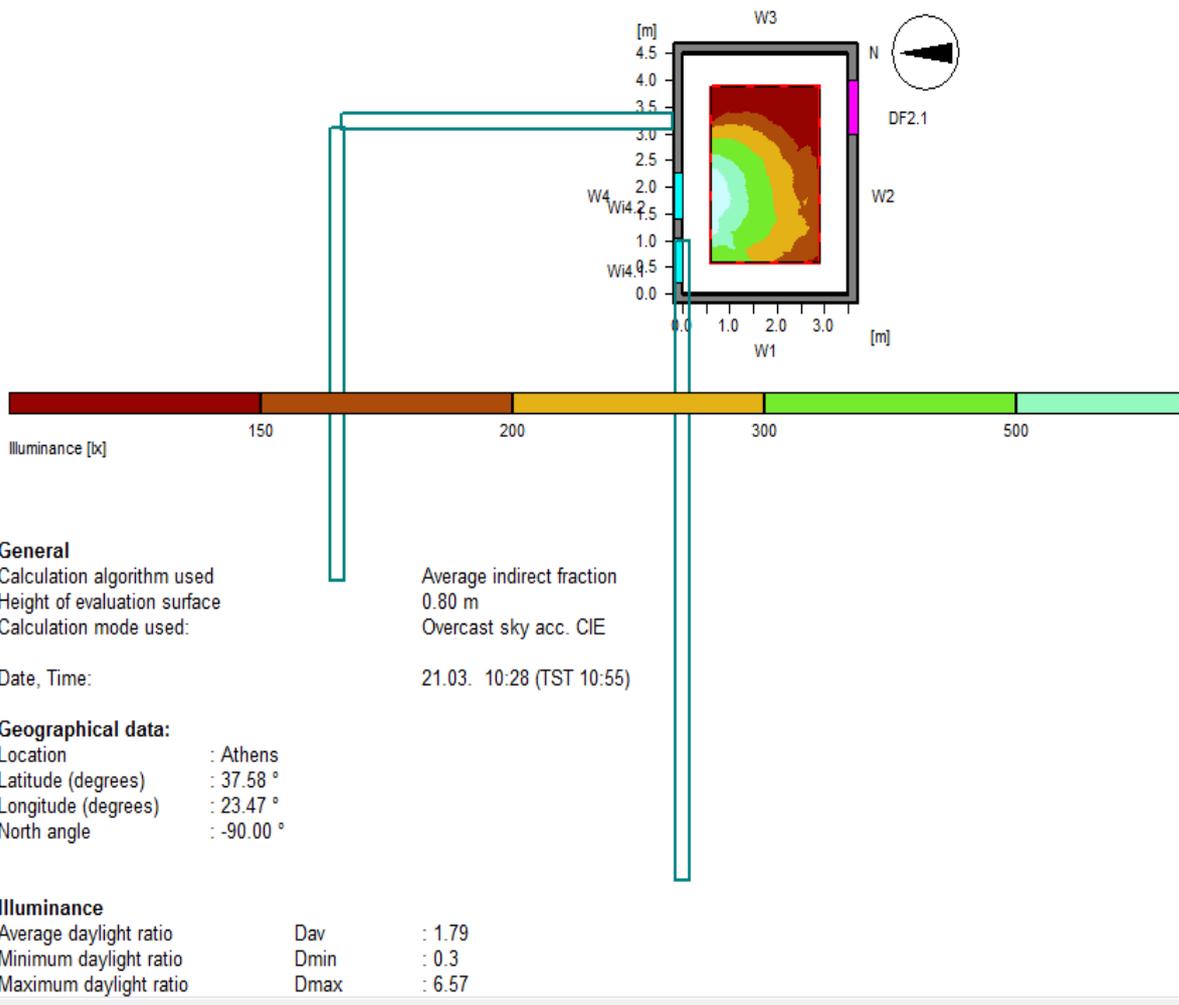
### Type No./Make

3	7	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

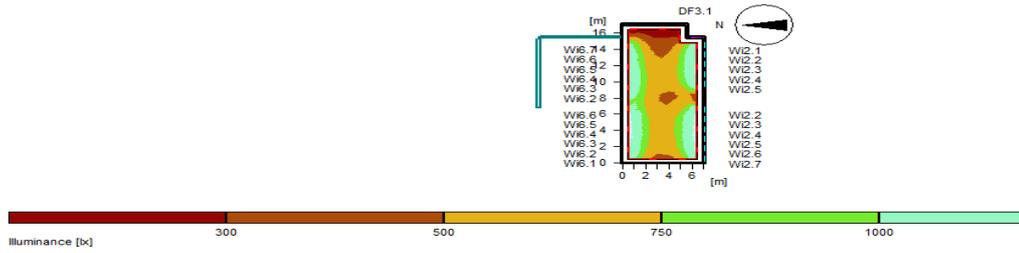
# Παράρτημα Β

## 2<sup>ο</sup> Σενάριο- Προσομοιώσεις στο RELUX για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Γραφείο Α206α



## Γραφείο A210



### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE  
 Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:55)

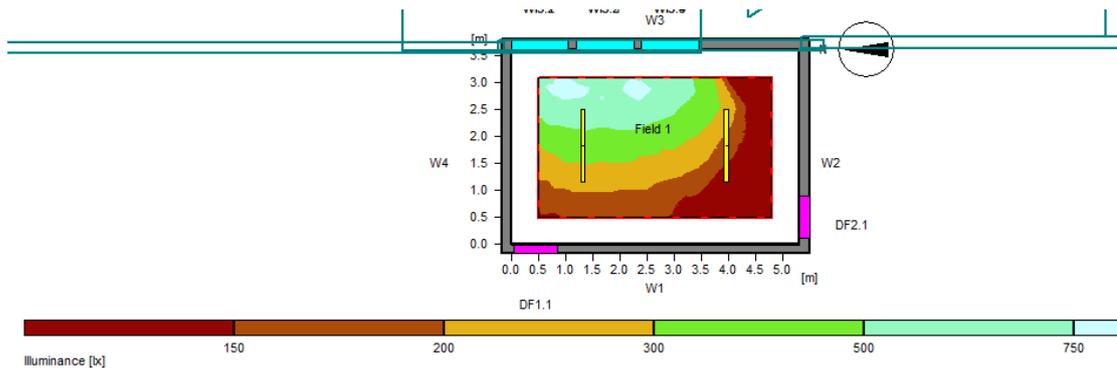
### Geographical data:

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

### Illuminance

Average daylight ratio Dav : 4.98  
 Minimum daylight ratio Dmin : 1.1  
 Maximum daylight ratio Dmax : 8.52

## Γραφείο Θ101



### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Height of luminaire plane: 2.85 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE  
 Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:55)

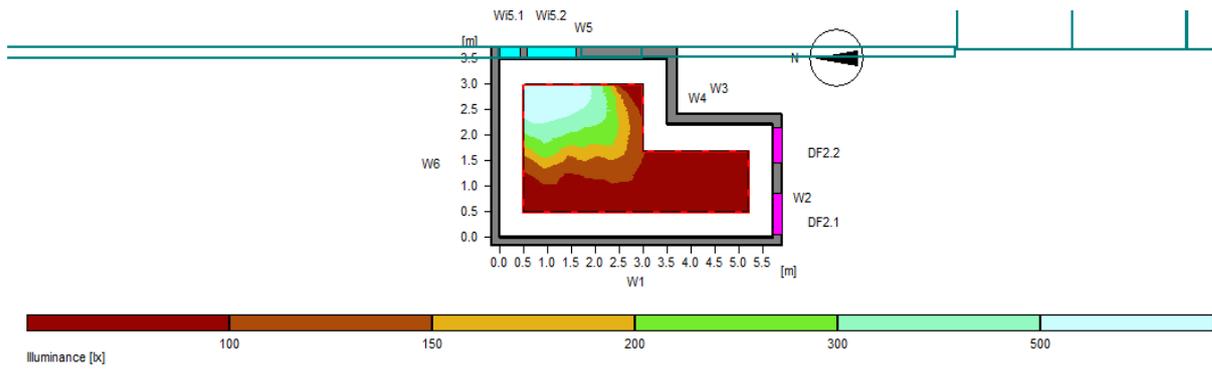
### Geographical data:

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

### Illuminance

Average daylight ratio Dav : 1.95  
 Minimum daylight ratio Dmin : 0.12  
 Maximum daylight ratio Dmax : 4.9

## Γραφείο Θ201



### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

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

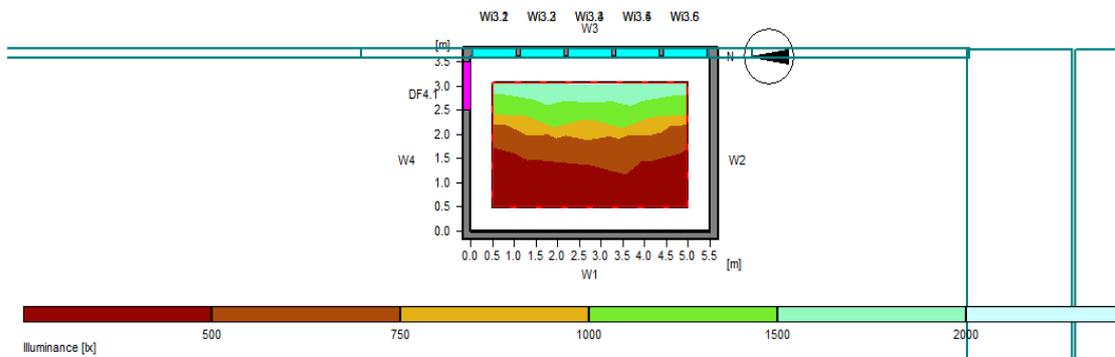
### Geographical data:

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

### Illuminance

Average daylight ratio: Dav : 1.2  
 Minimum daylight ratio: Dmin : 0.02  
 Maximum daylight ratio: Dmax : 7.15

## Γραφείο ΘΓ204.2



### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

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

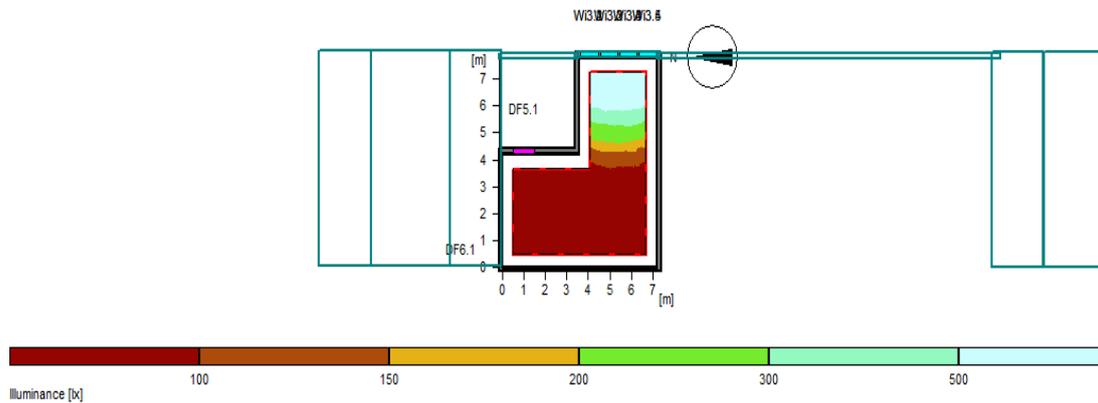
### Geographical data:

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

### Illuminance

Average daylight ratio: Dav : 5.9  
 Minimum daylight ratio: Dmin : 1.6  
 Maximum daylight ratio: Dmax : 12.9

## Γραφείο Θ304.3



### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

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

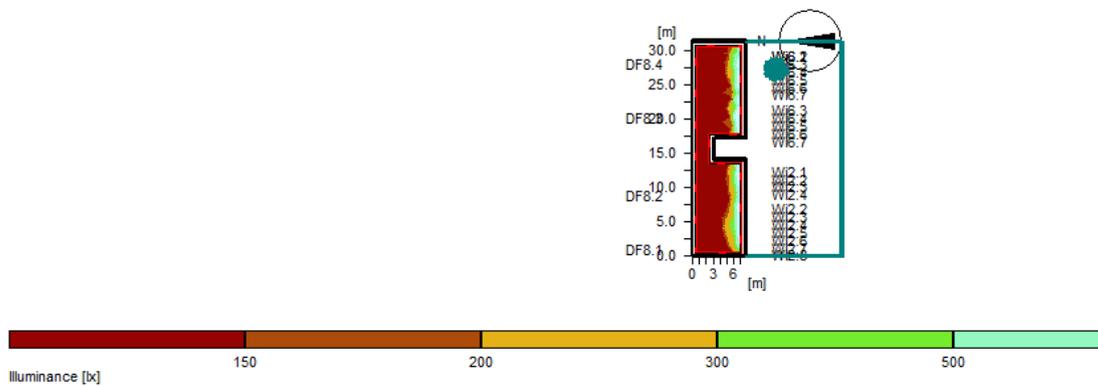
### Geographical data:

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

### Illuminance

Average daylight ratio Dav : 1.2  
 Minimum daylight ratio Dmin : 0  
 Maximum daylight ratio Dmax : 11

## Εργαστήριο Z307-310



### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

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

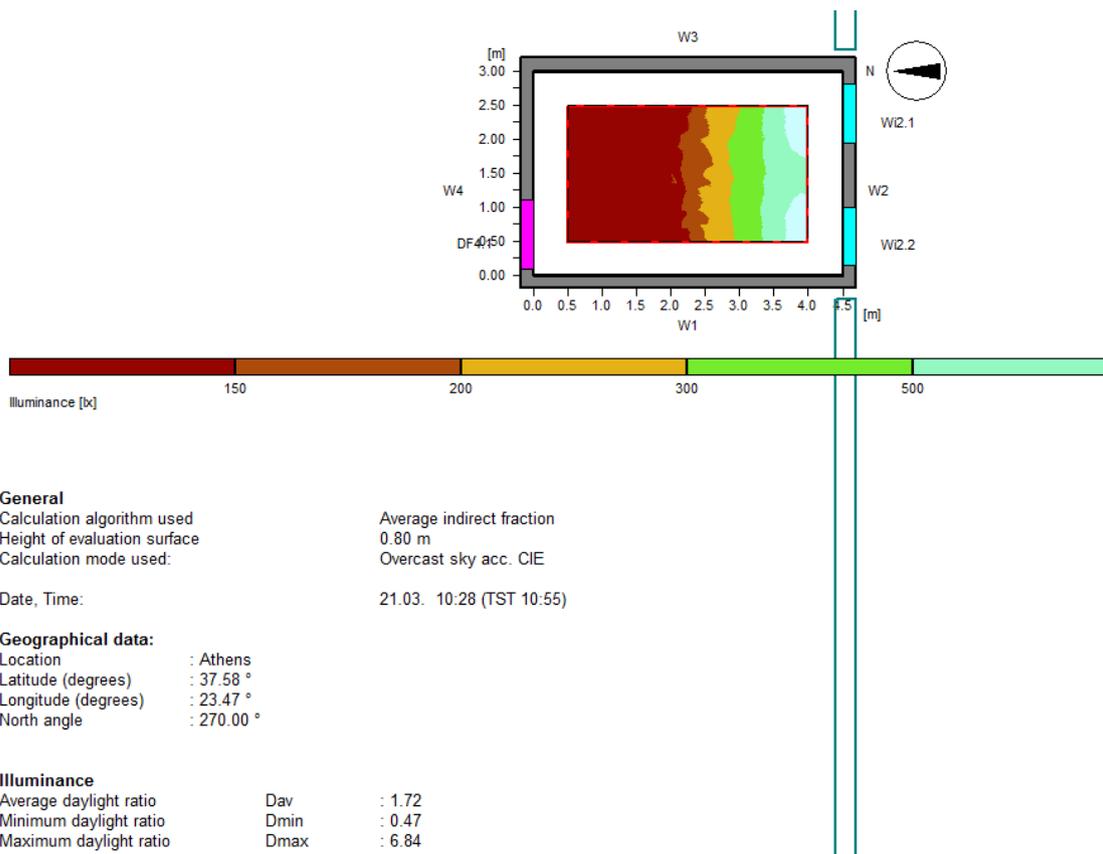
### Geographical data:

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

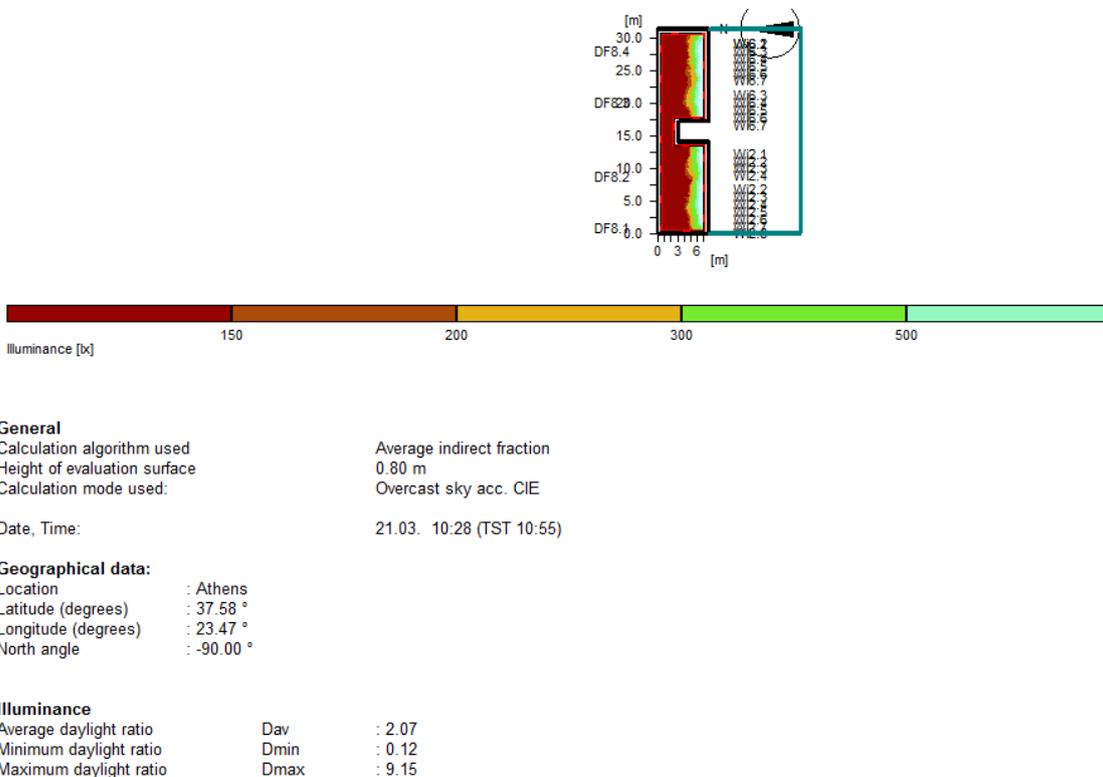
### Illuminance

Average daylight ratio Dav : 1.68  
 Minimum daylight ratio Dmin : 0.11  
 Maximum daylight ratio Dmax : 8.02

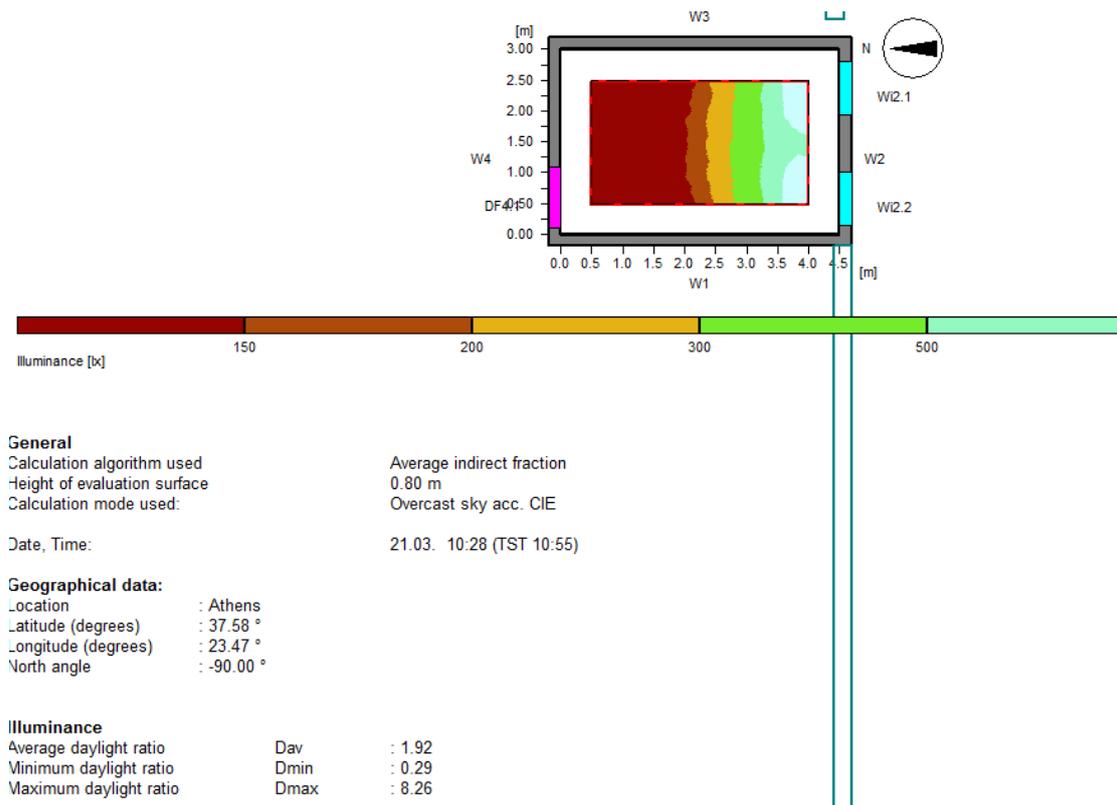
## Γραφείο ΖΓ32



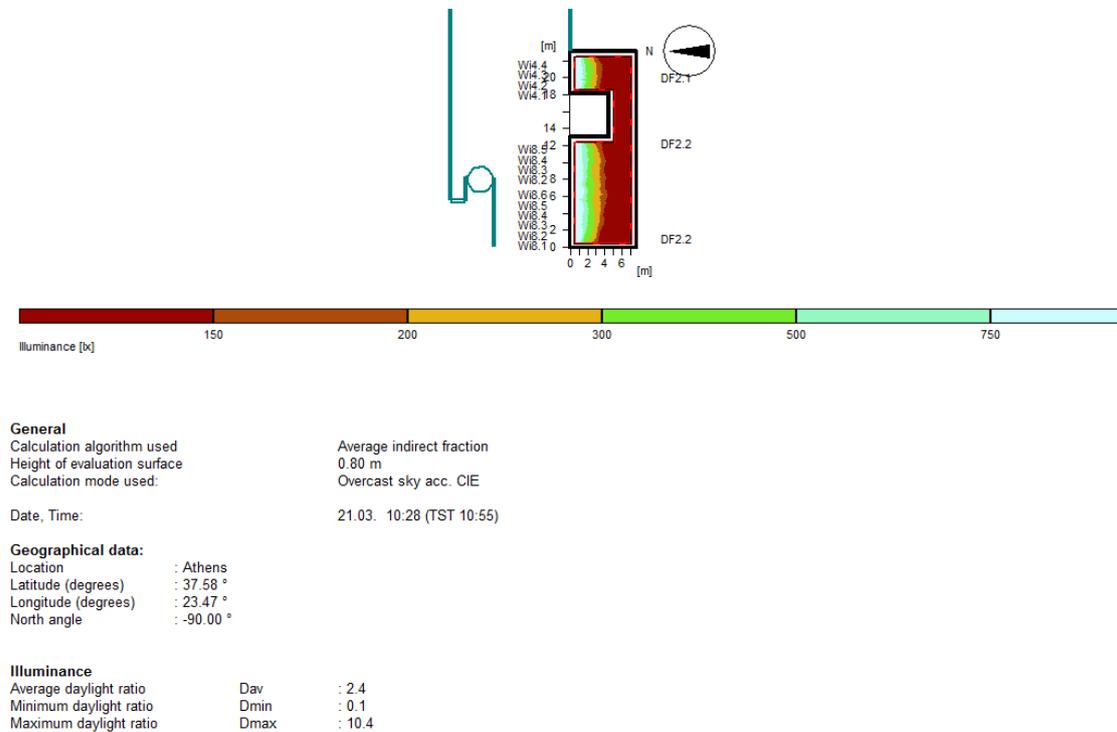
## Εργαστήριο Ζ407-410



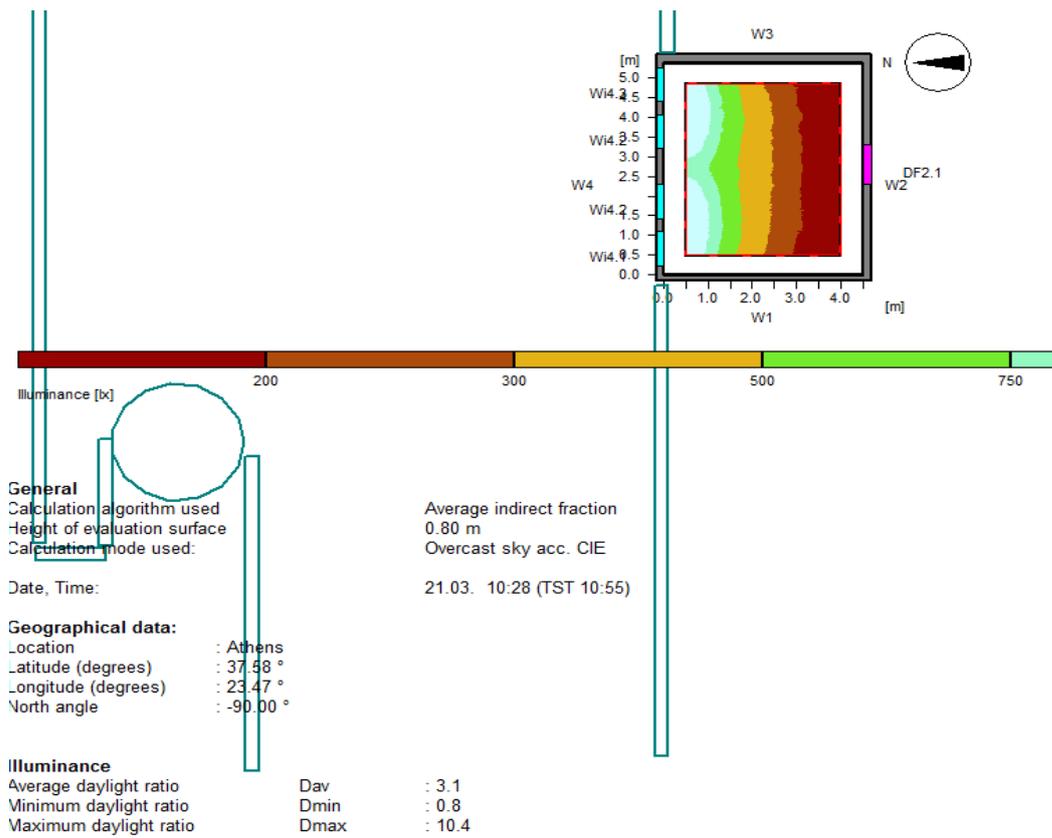
## Γραφείο ΖΓ42



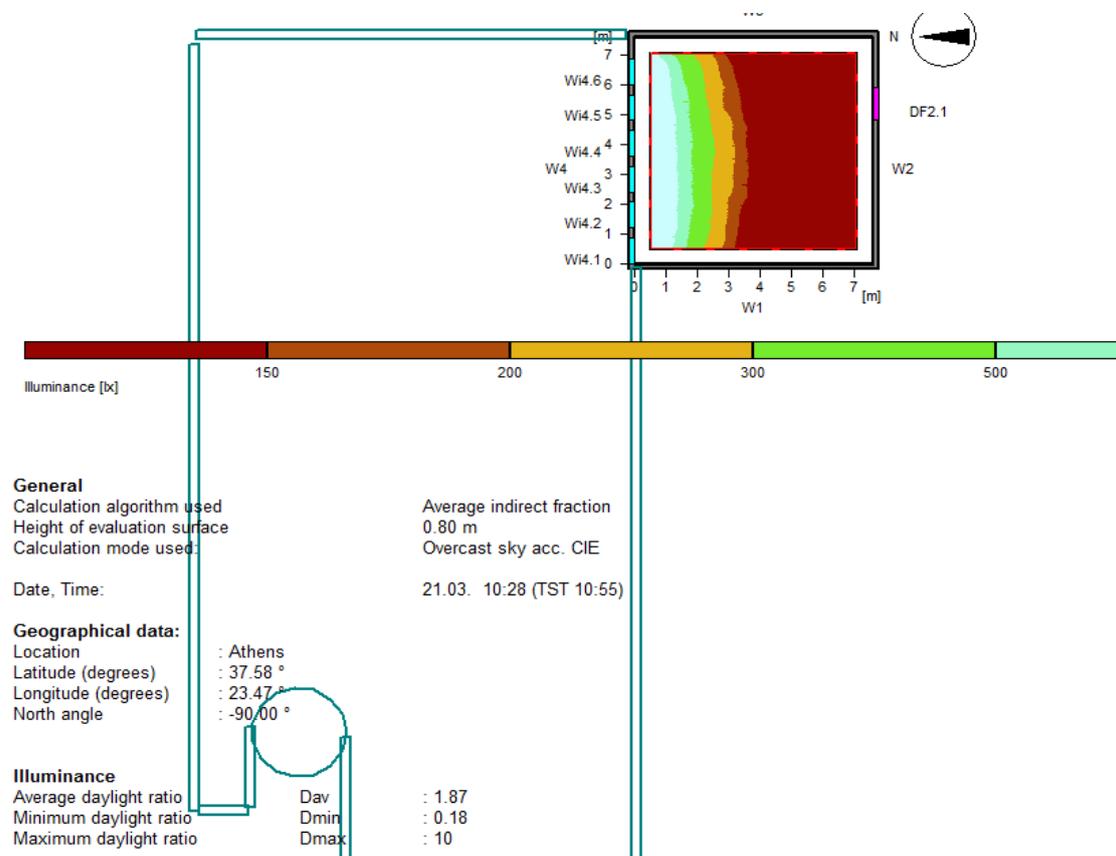
## Εργαστήριο Ζ501-503



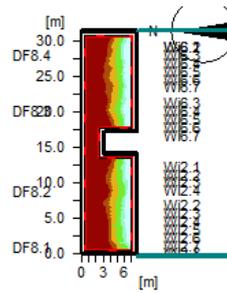
## Γραφείο ΖΓ51



## Εργαστήριο Ζ504



## Εργαστήριο Z507-510



### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

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

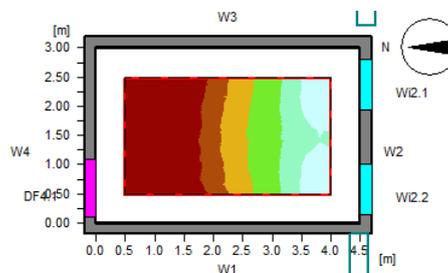
### Geographical data:

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

### Illuminance

Average daylight ratio: Dav : 2.45  
 Minimum daylight ratio: Dmin : 0.17  
 Maximum daylight ratio: Dmax : 9.97

## Γραφείο ΖΓ52



### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

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

### Geographical data:

Location: Athens  
 Latitude (degrees): 37.58 °  
 Longitude (degrees): 23.47 °  
 North angle: 270.00 °

### Illuminance

Average daylight ratio: Dav : 2.17  
 Minimum daylight ratio: Dmin : 0.35  
 Maximum daylight ratio: Dmax : 8.88

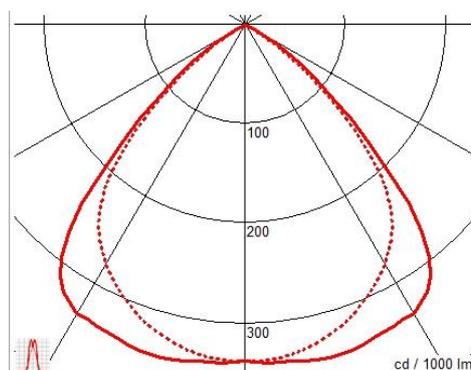
# Παράρτημα Γ

## 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

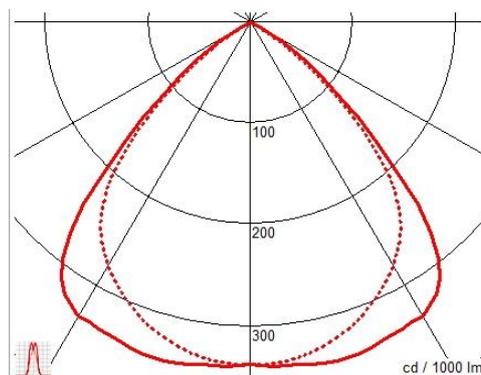


**Εικόνα Γ.2 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4306

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



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

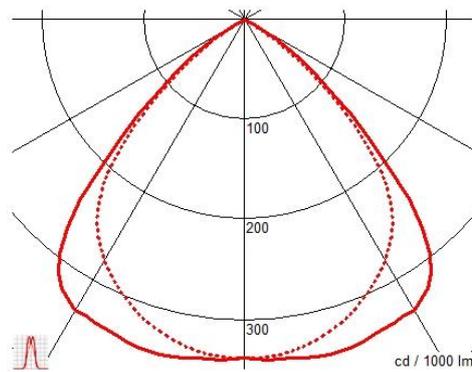


**Εικόνα Γ.4 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4307

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



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

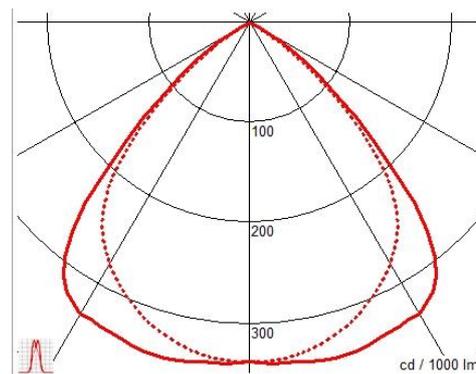


**Εικόνα Γ.6 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4308

Εταιρεία	Γαλλής
Μοντέλο	Ikarus T16 G5, 4309
Τύπος φωτιστικού	Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4342 από ανοδευμένο 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

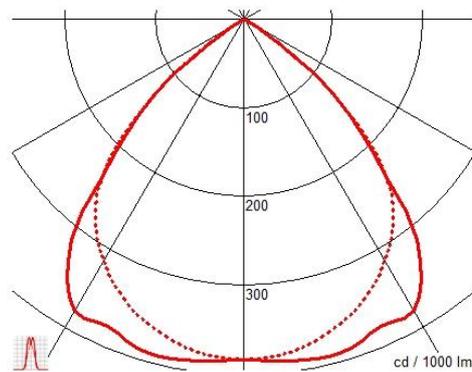


**Εικόνα Γ.8 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4309

Εταιρεία	Γαλλής
Μοντέλο	Ikarus T16 G5, 4310
Τύπος φωτιστικού	Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4343 από ανοδευμένο 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

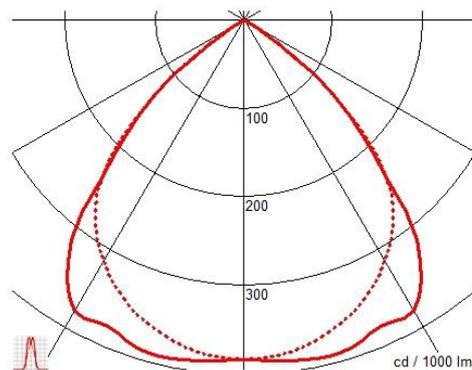


**Εικόνα Γ.10 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4310

Εταιρεία	Γαλλής
Μοντέλο	Ikarus T16 G5, 4311
Τύπος φωτιστικού	Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4343 από ανοδευμένο 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

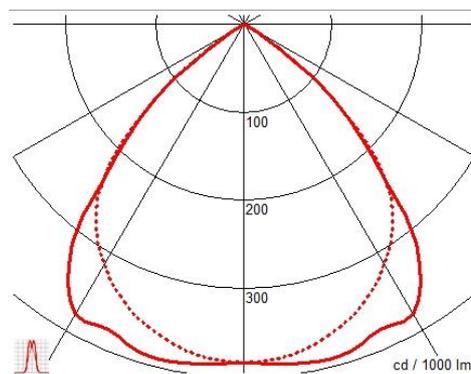


**Εικόνα Γ.12 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4311

Εταιρεία	Γαλλής
Μοντέλο	Ikarus T16 G5, 4312
Τύπος φωτιστικού	Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδευμένο 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

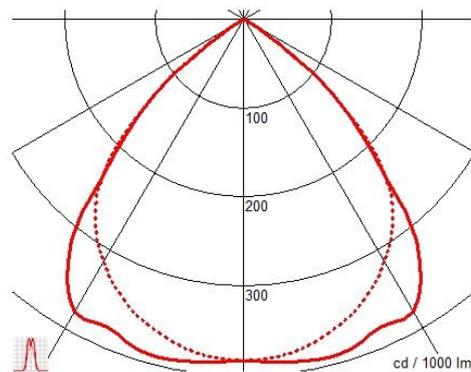


**Εικόνα Γ.14 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4312

Εταιρεία	Γαλλής
Μοντέλο	Ikarus T16 G5, 4313
Τύπος φωτιστικού	Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδευμένο 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

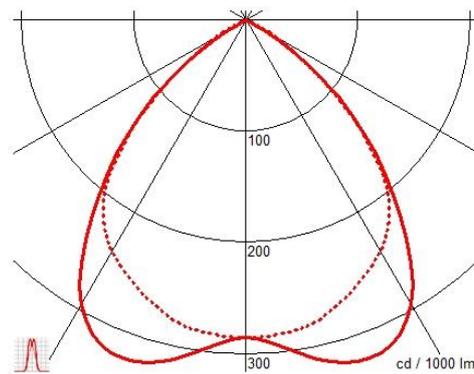


**Εικόνα Γ.16 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4313

Εταιρεία	Γαλλής
Μοντέλο	Hermes Mono , 4032
Τύπος φωτιστικού	Μονόφωτο σώμα οροφής από διελασμένο αλουμίνιο βαμμένο ηλεκτροστατικά με επιλογή παραβολικής περσίδας 4065 από ανοδωμένο 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

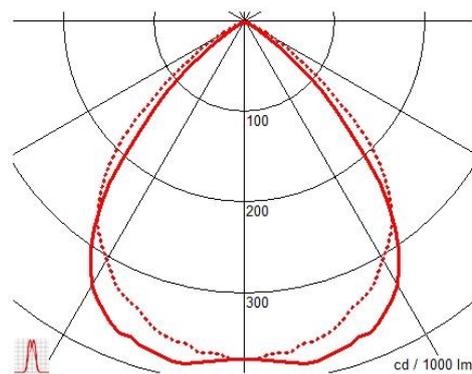


**Εικόνα Γ.18 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Hermes Mono, 4032

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



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

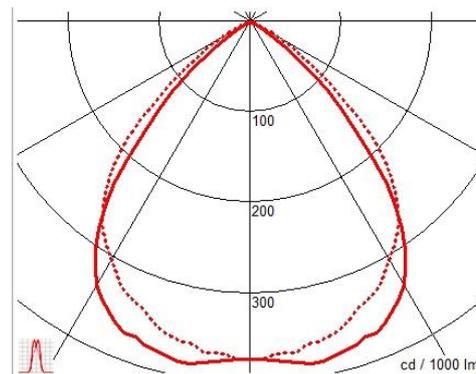


**Εικόνα Γ.20 :** Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Hermes Mono, 4035

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



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



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

Εταιρεία		Tridonic
Μοντέλο		Αισθητήρας φωτισμού

SMART LS II / SMART LS II Ip

