



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

**Ενεργειακή μελέτη και πρόταση εξοικονόμησης  
ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου  
Θεοχάρη Ε.Μ.Π.**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Δονάτος Ο. Γκοτζαμάνης  
Παναγιώτης Θ. Δαμπάνης

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

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

Αθήνα, .....2013





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

**Ενεργειακή μελέτη και πρόταση εξοικονόμησης  
ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου  
Θεοχάρη Ε.Μ.Π.**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Δονάτος Ο. Γκοτζαμάνης  
Παναγιώτης Θ. Δαμπάνης

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

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

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

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

.....  
Σταύρος Αθ. Παπαθανασίου  
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Σταυρούλα Δ. Καβατζά  
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

.....  
Δονάτος Ο. Γκοτζαμάνης  
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός  
και Μηχανικός Υπολογιστών

.....  
Παναγιώτης Θ. Δαμπάνης  
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός  
και Μηχανικός Υπολογιστών

Copyright © Δονάτος Γκοτζαμάνης, Παναγιώτης Δαμπάνης, 2013  
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 τους συγγραφείς.

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



**«Το να δημιουργείς είναι σαν να ζεις δυο φορές».**

*Albert Camus*

**«Ν' αγαπάς την ευθύνη  
να λες εγώ, εγώ μονάχος μου  
θα σώσω τον κόσμο.  
Αν δεν σωθεί, εγώ φταίω».**

*Νίκος Καζαντζάκης*

**«Ίσως το φως νάναι μια νέα τυραννία.  
Ποιος ξέρει τι καινούργια πράγματα θα δείξει».**

*Κωνσταντίνος Καβάφης*



## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτηρίου Θεοχάρη που βρίσκεται στο κτηριακό σύμπλεγμα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και αποτελεί κτήριο της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αρχικά, παρουσιάζονται μέθοδοι βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, ενώ περιγράφονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και η δυνατότητα ενσωμάτωσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε αυτά. Αναλύονται, ακόμη, οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού αξιοποιώντας την τεχνολογική πρόοδο στο φωτισμό. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτηρίου, η καταγραφή των προβλημάτων του συστήματος φωτισμού και διατυπώνονται τρεις προτάσεις (σενάρια) αναβάθμισης του ως άνω συστήματος, οι οποίες εναρμονίζονται με τους διεθνείς και εγχώριους κανονισμούς.

Η πρώτη πρόταση αφορά την αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων με νέα, πιο αποδοτικά. Στη δεύτερη πρόταση καταγράφονται οι δυνατότητες αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και προτείνεται η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού στους χώρους όπου δύναται η αξιοποίησή του. Στην τρίτη πρόταση παρουσιάζονται τα οφέλη της εγκατάστασης ανιχνευτών κίνησης στους κατάλληλους χώρους. Υπολογίζονται, τέλος, τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από τις προτεινόμενες αναβαθμίσεις του συστήματος τεχνητού φωτισμού, όπως επίσης το συνολικό κόστος και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης.

**Λέξεις κλειδιά:** αισθητήρες φωτισμού, ανιχνευτές κίνησης, αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, ενεργειακή αναβάθμιση, εξοικονόμηση ενέργειας, τεχνητός φωτισμός, τεχνοοικονομική μελέτη φωτισμού.



## Abstract

The aim of this diploma thesis is the energy upgrade of the artificial lighting system at Theochari building, which is located at Zografou campus of National Technical University of Athens. It is one of the buildings of the School of Civil Engineering.

First of all, methods of improving energy efficiency of the buildings, are presented as well as characteristics of the bioclimatic architecture and integration possibilities of the renewable energy sources. Furthermore, the contribution of the upgrade of the artificial lighting system and the daylight harvesting in energy savings of a building are analyzed by exploiting the technological progress. The presentation of the energy audit results of the existing artificial lighting system at Theochari building and its problems are followed by the formulation of three proposals for upgrading the existing system. Those proposals comply with the international and domestic regulations.

The first proposal refers to the replacement of the existing luminaries with new, more efficient ones. The second proposal concerns furthermore the potential of daylight exploitation and the installation of photosensors in rooms where daylighting can be exploited together with the new proposed lighting system. The third proposal presents the extra benefits gained from the installation of presence detectors in rooms where their use is appropriate. Finally, the energy and environmental benefits from the upgrades of the proposed artificial lighting system, as well as total cost of the investment and payback period are calculated.

**Key words:** artificial lighting, daylight harvesting, energy saving, energy upgrading, lighting techno-economic study, movement detectors, photosensors.



## Ευχαριστίες

Θα θέλαμε, αρχικά, να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και την πολύτιμη βοήθειά του για την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Υπήρξε ο καθηγητής που μας έφερε σε επαφή και εξήψε το ενδιαφέρον μας για την επιστήμη του Φωτισμού και μας έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθούμε επισταμένως με ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον και εξέχουσας σημασίας για τη σύγχρονη πραγματικότητα θέμα.

Θα θέλαμε, επίσης, να εξάρουμε και τη συμβολή του Λάμπρου Θ. Δούλου, Φυσικού και Διδάκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, ο οποίος στάθηκε δίπλα μας καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι συμβουλές, οι επεξηγήσεις και η –σε βάθος– ανάλυση όλων των πτυχών του θέματος μας βοήθησαν ιδιαίτερα στην κατανόηση και σφαιρικότερη αντίληψη όσων κάναμε. Ήταν πρόθυμος να επιλύσει όλα τα προβλήματα που ανέκυπταν στην πορεία και μας παρείχε κάθε δυνατή τεχνική διευκόλυνση.

Σημαντική ήταν και η συμβολή του φίλου μας Παναγιώτη Σελτσιώτη, Αρχιτέκτονα Μηχανικού, ο οποίος μας βοήθησε σε συγκεκριμένα σημεία της εργασίας που άπτονταν του γνωστικού του αντικειμένου. Θα θέλαμε, ακόμη, να ευχαριστήσουμε τα μέλη της Πολυδύναμης Μονάδας του Ε.Μ.Π. για την παραχώρηση των σχεδίων, όπως επίσης και τα μέλη ΔΕΠ και ΕΤΕΠ που εργάζονται στο κτήριο.

Τέλος, θα θέλαμε να αφιερώσουμε τη διπλωματική εργασία στους ανθρώπους που ήταν δίπλα μας καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μας στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στις οικογένειές μας, στους φίλους και στις φίλες μας, οι οποίοι με την ψυχολογική και υλική υποστήριξη συνέβαλαν στην ολοκλήρωση των σπουδών μας. Σε όσους στενοχωρήθηκαν στις αποτυχίες μας, μα κυρίως σε όσους χάρηκαν στις επιτυχίες μας.





## Περιεχόμενα

<b>Περίληψη</b>	<b>7</b>
<b>Abstract</b>	<b>9</b>
<b>Ευχαριστίες</b>	<b>11</b>
<b>Εισαγωγή</b>	<b>19</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα</b>	<b>23</b>
<b>1.1 Περιβαλλοντικά προβλήματα</b>	<b>23</b>
<b>1.2 Δράσεις αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών</b>	<b>25</b>
<b>1.3 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια</b>	<b>26</b>
<b>1.4 Εσωτερικό περιβάλλον κτηρίων</b>	<b>28</b>
1.4.1 Θερμική άνεση	28
1.4.2 Οπτική άνεση	29
<b>1.5 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)</b>	<b>29</b>
<b>1.6 Μέθοδοι βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων</b>	<b>31</b>
1.6.1 Θερμική θωράκιση κτηριακού κελύφους	31
1.6.1.1 Θερμομόνωση κελύφους	32
1.6.1.2 Χρήση βελτιωμένων κουφωμάτων και υαλοπινάκων	33
1.6.1.3 Ηλιοπροστασία – Σκίαστρα	35
1.6.1.3.1 Ηλιοπροστατευτικές Διατάξεις	35
1.6.1.3.2 Φυσικός σκιασμός με τη χρήση βλάστησης	38
1.6.1.4 Ανακλαστικά επιχρίσματα – Ψυχρά υλικά	38
1.6.1.5 Φράγμα ακτινοβολίας	39
1.6.1.6 Φύτευση δώματος	39
1.6.1.7 Συστήματα φυσικού αερισμού	40
1.6.1.8 Άλλα συστήματα δροσισμού	41
1.6.1.9 Εγκατάσταση παθητικών ηλιακών συστημάτων	43
1.6.2 Ενεργειακή αναβάθμιση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων	43
1.6.2.1 Αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης	44
1.6.2.2 Αναβάθμιση συστημάτων ψύξης	45
1.6.2.3 Αναβάθμιση κυκλοφορητών – κινητήρων	46
1.6.2.4 Μηχανικός αερισμός (freecooling)	46
1.6.2.5 Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες	46
1.6.2.6 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	47
1.6.2.6.1 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού	48
1.6.2.6.2 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	48
1.6.2.7 Εγκατάσταση θερμού νερού χρήσης	49
1.6.2.8 Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης (BEMS)	50
1.6.3 Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στα κτήρια	51

## Περιεχόμενα

1.6.3.1 Ηλιακή ενέργεια	51
1.6.3.1.1 Φωτοβολταϊκά	51
1.6.3.1.2 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα	53
1.6.3.2 Αιολική ενέργεια – Μικρές Ανεμογεννήτριες	54
1.6.3.3 Γεωθερμία	56
1.6.3.4 Βιομάζα	57
1.6.3.5 Τηλεθέρμανση	58
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού</b>	<b>59</b>
<b>2.1 Φωτισμός</b>	<b>59</b>
<b>2.2 Σχεδιασμός συστήματος φωτισμού</b>	<b>60</b>
2.2.1 Ελάχιστες απαιτήσεις	61
<b>2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού</b>	<b>63</b>
2.3.1 Διατάξεις έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων εκκένωσης	63
2.3.1.1 Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων (electronic ballasts)	63
2.3.1.2 Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Electronic Dimmable Ballasts)	65
2.3.2 Επιλογή φωτιστικών σωμάτων	67
2.3.3 Χρήση λαμπτήρων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	68
2.3.4 Συντελεστής ισχύος	71
<b>2.4 Εξοικονόμηση ενέργειας με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού</b>	<b>72</b>
2.4.1 Αισθητήρες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού	72
2.4.1.1 Κατανομή φυσικού φωτισμού	73
2.4.1.2 Κρίσιμη ένταση φωτισμού εσωτερικού χώρου	74
2.4.1.3 Επιλογή ζωνών ελέγχου φυσικού φωτισμού	75
2.4.1.4 Θέση αισθητήρα φωτισμού και φωτιστικών σωμάτων	76
2.4.2 Αρχιτεκτονικές λύσεις για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού	76
<b>2.5 Στρατηγικές και αυτοματισμοί ελέγχου φωτισμού</b>	<b>79</b>
2.5.1 Κυκλώματα φωτισμού και διακόπτες on/off	79
2.5.2 Προγραμματισμός	80
2.5.3 Αισθητήρες – Ανιχνευτές – Τοπικοί αυτοματισμοί	81
2.5.3.1 Αισθητήρες φωτισμού – Ρύθμιση και εγκατάσταση	81
2.5.3.2 Αισθητήρες ή ανιχνευτές παρουσίας / κίνησης	83
2.5.3.3 Χρονοδιακόπτες	84
2.5.4 Εξισορρόπηση λαμπρότητας	85
2.5.5 Διατήρηση των επιπέδων φωτισμού	85
2.5.6 Εξομάλυνση φορτίου και μείωση της ζήτησης ισχύος	86
2.5.7 Συστήματα κεντρικής διαχείρισης κτηρίων και σύστημα φωτισμού	87
<b>2.6 Συντήρηση</b>	<b>87</b>
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού</b>	<b>89</b>
<b>3.1 Εισαγωγή</b>	<b>89</b>
<b>3.2 Κόστος εγκατάστασης φωτισμού</b>	<b>90</b>
3.2.1 Αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης	90

3.2.2 Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας	91
3.2.3 Κόστος συντήρησης	92
3.2.4 Συνολικό κόστος	93
<b>3.3 Χρόνος απόσβεσης</b>	<b>94</b>
<b>3.4 Μέθοδοι στατικού και δυναμικού υπολογισμού</b>	<b>95</b>
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων του</b>	<b>97</b>
<b>4.1. Περιγραφή κτηρίου</b>	<b>97</b>
4.1.1 Υπόγειο	100
4.1.2 Ισόγειο	101
4.1.3 1 <sup>ος</sup> όροφος	102
4.1.4 2 <sup>ος</sup> όροφος	104
4.1.5 3 <sup>ος</sup> όροφος	106
<b>4.2 Περιγραφή των προβλημάτων του συστήματος φωτισμού του κτηρίου</b>	<b>107</b>
4.2.1 Προβλήματα μελέτης ή εγκατάστασης	107
4.2.2 Προβλήματα συντήρησης	110
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού</b>	<b>113</b>
<b>5.1 Συνοπτική παρουσίαση των εγκατεστημένων φωτιστικών</b>	<b>113</b>
<b>5.2 Αναλυτική παρουσίαση του συστήματος τεχνητού φωτισμού</b>	<b>114</b>
5.2.1 Υπόγειο	114
5.2.2 Ισόγειο	116
5.2.3 1 <sup>ος</sup> όροφος	120
5.2.4 2 <sup>ος</sup> όροφος	121
5.2.5 3 <sup>ος</sup> όροφος	123
<b>5.3 Ένταση φωτισμού του συστήματος τεχνητού φωτισμού</b>	<b>124</b>
<b>5.4 Εγκατεστημένη ισχύς συστήματος τεχνητού φωτισμού</b>	<b>126</b>
<b>Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)</b>	<b>127</b>
<b>6.1 Εισαγωγή</b>	<b>127</b>
<b>6.2 Εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Α συστήματος τεχνητού φωτισμού</b>	<b>128</b>
6.2.1 Υπόγειο	129
6.2.2 Ισόγειο	130
6.2.3 1 <sup>ος</sup> όροφος	132
6.2.4 2 <sup>ος</sup> όροφος	133
6.2.5 3 <sup>ος</sup> όροφος	135
<b>6.3 Εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Α συστήματος τεχνητού φωτισμού</b>	<b>136</b>

<b>Κεφάλαιο 7ο: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)</b>	<b>139</b>
7.1 Εισαγωγή	139
7.2 Ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος τεχνητού φωτισμού	141
7.2.1 Ισόγειο	141
7.2.2 1 <sup>ος</sup> όροφος	143
7.2.3 2 <sup>ος</sup> όροφος	144
7.2.4 3 <sup>ος</sup> όροφος	146
7.3 Συνολική ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος τεχνητού φωτισμού	147
<b>Κεφάλαιο 8ο: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο Β1)</b>	<b>149</b>
8.1 Εισαγωγή	149
8.2 Ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Β1 συστήματος τεχνητού φωτισμού	152
8.2.1 Υπόγειο	152
8.2.2 Ισόγειο	153
8.2.3 1 <sup>ος</sup> όροφος	155
8.2.4 2 <sup>ος</sup> όροφος	156
8.2.5 3 <sup>ος</sup> όροφος	158
8.3 Συνολική ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Β1 συστήματος τεχνητού φωτισμού	159
8.3.1 Συνολική ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Β1 συστήματος τεχνητού φωτισμού – Σύγκριση με υφιστάμενη κατάσταση και Σενάριο Α	159
8.3.2 Συνολική ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Β1 συστήματος τεχνητού φωτισμού – Σύγκριση με Σενάριο Β	160
<b>Κεφάλαιο 9ο: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)</b>	<b>163</b>
9.1 Εισαγωγή	163
9.2 Οικονομικά στοιχεία για τον υπολογισμό του κόστους εγκατάστασης	164
9.3 Υπόγειο	166
9.3.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)	166
9.3.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)	167
9.3.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο Β1)	167
9.4 Ισόγειο	169
9.4.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)	169
9.4.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)	170

9.4.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)	170
<b>9.5 1<sup>ος</sup> όροφος</b>	<b>172</b>
9.5.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο A)	172
9.5.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο B)	173
9.5.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)	173
<b>9.6 2<sup>ος</sup> όροφος</b>	<b>175</b>
9.6.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο A)	175
9.6.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο B)	176
9.6.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)	176
<b>9.7 3<sup>ος</sup> όροφος</b>	<b>178</b>
9.7.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο A)	178
9.7.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο B)	179
9.7.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)	179
<b>9.8 Σύνολο κτηρίου</b>	<b>181</b>
9.8.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο A)	181
9.8.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο B)	182
9.8.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)	183
<b>Κεφάλαιο 10<sup>ο</sup>: Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα</b>	<b>185</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>189</b>
<b>Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο A)</b>	<b>193</b>
<b>Παράρτημα Β: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό (Σενάριο B)</b>	<b>213</b>
<b>Παράρτημα Γ: Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρων</b>	<b>229</b>



## Εισαγωγή

Η συνεχώς αυξανόμενη ενεργειακή κατανάλωση σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο είναι ένα αρνητικό φαινόμενο και είναι επιβεβλημένη η ανάληψη δράσεων για την αντιμετώπισή του. Καθώς η ηλεκτροπαραγωγή γίνεται από συμβατικά καύσιμα στο μεγαλύτερο ποσοστό της και οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας συμβάλλουν σ' αυτή ελάχιστα, είναι επακόλουθη η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τις εκπεμπόμενες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου. Επιπρόσθετα, οι τεράστιες εστίες μόλυνσης που προκαλούνται από κάποιο ατύχημα κατά την εξόρυξη, την παραγωγή ή τη μεταφορά έχουν πλήξει επανειλημμένα την ανθρωπότητα. Η απεξάρτηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας γίνεται ακόμη πιο επιβεβλημένη, λόγω της σταδιακής εξάντλησής τους και της απρόβλεπτης διακύμανσης της τιμής τους, όπως για παράδειγμα συνέβη στις πετρελαϊκές κρίσεις των αρχών τις δεκαετίας του '70.

Όσον αφορά ειδικότερα στον κτηριακό τομέα, υπολογίζεται ότι ευθύνεται για το 40% περίπου της ενεργειακής κατανάλωσης σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Γι' αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες για περιορισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας. Μεγάλο πρόβλημα, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, αποτελεί και η έλλειψη ενημέρωσης των χρηστών σε θέματα που αφορούν τόσο στην ενεργειακή τους συμπεριφορά όσο και τη γενικότερη εξοικείωση με τις νέες μεθόδους και τα σύγχρονα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια τείνει να καλυφθεί το «νομικό κενό» που υπήρχε στον τομέα της ενέργειας στον κτηριακό τομέα με τη θέσπιση νόμων και κανονισμών και την αυστηρότερη τήρηση των προδιαγραφών όσον αφορά στα νεόδμητα κτήρια.

Παράλληλα, πραγματοποιείται ενεργειακή αναβάθμιση σε υφιστάμενα κτήρια τόσο με τη θερμική θωράκιση του κτηριακού τους κελύφους όσο και με την αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών τους συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα, ο φωτισμός καταναλώνει το 25 – 35% της συνολικής ενέργειας ενός κτηρίου. Οπότε η ενεργειακή αναβάθμιση ενός πεπαλαιωμένου συστήματος φωτισμού μπορεί να εξοικονομήσει σημαντικά ποσά ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα η εφαρμογή των προδιαγραφών που ορίζουν οι ενεργειακοί κανονισμοί και οι οδηγίες μπορούν να αναβαθμίσουν αισθητά το επίπεδο της παρεχόμενης οπτικής άνεσης στους χρήστες.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό αποτελεί το κύριο θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, στο πλαίσιο της οποίας πραγματοποιείται καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού του κτηρίου Θεοχάρη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και εκπονείται ενεργειακή μελέτη και μελέτη φωτισμού, στην οποία προτείνονται τρόποι και μέσα αναβάθμισης του ως άνω συστήματος. Πιο αναλυτικά:

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο πραγματοποιείται παρουσίαση της ενεργειακής κατάστασης στον κτηριακό τομέα, καθώς και των πολιτικών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελλάδας για εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτόν. Παρουσιάζονται, ακόμη, διάφορες δράσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού, της ενεργειακής αναβάθμισης των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και της αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## Εισαγωγή

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφονται δράσεις για εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού. Αναλύεται, ακόμη, η εξοικονόμηση ενέργειας με στρατηγικές και αυτοματισμούς ελέγχου του τεχνητού φωτισμού και βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού. Περιγράφεται ο υπολογισμός του συνολικού κόστους μιας εγκατάστασης φωτισμού και εξετάζεται η οικονομική βιωσιμότητα μιας επένδυσης, μέσω του υπολογισμού του χρόνου απόσβεσής της.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται το κτήριο Θεοχάρη του Ε.Μ.Π. με κατόψεις των χώρων που μελετήθηκαν, φωτογραφίες του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού, και των προβλημάτων του.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού. Αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την καταγραφή του συστήματος φωτισμού ως μέρος μιας ενεργειακής επιθεώρησης και παρουσιάζονται τα σημαντικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με αυτό.

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η εξοικονόμηση ενέργειας με αντικατάσταση του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού από νέα, αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα και λαμπτήρες ως Σενάριο Α. Παρουσιάζεται το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού του υπό μελέτη κτηρίου και συγκρίνεται με την υπάρχουσα εγκατάσταση φωτισμού, για την ανάδειξη των συγκριτικών πλεονεκτημάτων του.

Το 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο της εργασίας αποτελεί μια ολοκληρωμένη περιγραφή της διαδικασίας αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με επιπλέον την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στους χώρους όπου αυτό είναι εφικτό και ενεργειακά αποδοτικό (Σενάριο Β). Παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία επιλογής των χώρων για τους οποίους προτείνεται η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, οι οποίοι θα ρυθμίζουν τη φωτεινή ένταση των φωτιστικών ανάλογα με τη διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτισμού που ανιχνεύουν. Επιπλέον, συγκρίνονται οι δύο προτεινόμενες καταστάσεις (Σενάρια Α και Β) μεταξύ τους για να αναδειχθούν τα οφέλη από την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο επιχειρείται μια περαιτέρω αξιοποίηση των αυτοματισμών ελέγχου ενός συστήματος φωτισμού και προτείνεται μια βελτιωμένη εκδοχή του Σεναρίου Β (Σενάριο Β1), με εγκατάσταση ανιχνευτών κίνησης σε χώρους, στους οποίους είναι ενεργειακά αποτελεσματική μια τέτοια δράση. Υπολογίζονται τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη και επιχειρείται σύγκριση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, το Σενάριο Α και το Σενάριο Β.

Το 9<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύει την οικονομική μελέτη των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων του συστήματος τεχνητού φωτισμού. Υπολογίζεται το κόστος εγκατάστασης του κάθε σεναρίου, καθώς και η ενέργεια που εξοικονομείται από τις τρεις προτάσεις αναβάθμισης σε σχέση τόσο με την υφιστάμενη κατάσταση όσο και μεταξύ τους. Για κάθε σενάριο υπολογίζεται, ακόμη, το ετήσιο χρηματικό όφελος, καθώς και η ηλεκτρική και η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού. Υπολογίζονται, τέλος, ο χρόνος απόσβεσης της κάθε επένδυσης, η ετήσια μείωση των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) καθώς και το



πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή.

Στο 10<sup>ο</sup> και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας επιχειρείται μια σύνοψη των αποτελεσμάτων των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων του συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάρια Α, Β και Β1). Τα αποτελέσματα συγκρίνονται τόσο μεταξύ τους όσο και με την υφιστάμενη κατάσταση φωτισμού και αφορούν στα κυριότερα τεχνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά στοιχεία των προτεινόμενων καταστάσεων και της υφιστάμενης εγκατάστασης φωτισμού. Με βάση αυτά εξάγονται και τα συμπεράσματα για κάθε προτεινόμενη ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού.



## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα

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

#### 1.1 Περιβαλλοντικά προβλήματα

Οι διαρκώς αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες των σύγχρονων ανθρώπων, σε συνδυασμό με τη ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, έχουν ως αποτέλεσμα αφενός τη σταδιακή εξάντληση των συμβατικών (μη ανανεώσιμων) πηγών ενέργειας και αφετέρου την πρόκληση σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με την ενέργεια είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, η συνεπακόλουθη κλιματική αλλαγή, η οποία προκαλείται –κατά κύριο λόγο– από την εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και τα ατυχήματα που συμβαίνουν είτε σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, είτε κατά τη θαλάσσια μεταφορά υδρογονανθράκων.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση, δηλαδή η προκαλούμενη από την ανθρώπινη δραστηριότητα αλλοίωση της ατμόσφαιρας με ουσίες, θόρυβο ή ακτινοβολία, είναι ιδιαίτερα έντονη σε περιοχές με μεγάλη βιομηχανική δραστηριότητα, με εργοστάσια παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές και σε μεγάλες αστικές περιοχές. Διαταράσσει την ισορροπία των οικοσυστημάτων και προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων, αλλά και των υπόλοιπων ζωντανών οργανισμών.

Κλιματική αλλαγή ονομάζεται η μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος και ειδικότερα των μετεωρολογικών συνθηκών που εκτείνονται σε μεγάλη χρονική κλίμακα. Στη Σύμβαση – Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC), η κλιματική αλλαγή ορίζεται ως η μεταβολή στο κλίμα, που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, σε αντιδιαστολή με την κλιματική μεταβλητότητα που έχει φυσικά αίτια. [1]

Η αλλαγή του κλίματος έχει ήδη εμφανή αποτελέσματα, που εκτείνονται από την αύξηση της θερμοκρασίας έως την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (ως αποτέλεσμα της τήξης των πολικών παγετών), καθώς και τη συχνότερη εμφάνιση καταιγίδων και πλημμυρών. Οι μεταβολές αυτές θα επιφέρουν με τη σειρά τους σοβαρές επιπτώσεις στην ακεραιότητα των οικοσυστημάτων, στους υδάτινους πόρους, στη δημόσια υγεία, στην προσφορά τροφής, στη βιομηχανία, στις

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα

γεωργικές καλλιέργειες, στις μεταφορές και στις υποδομές. Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής απαιτεί λήψη μέτρων περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και προσαρμογής σε παγκόσμιο και περιφερειακό επίπεδο.

Τέλος, τα ατυχήματα που σχετίζονται με την παραγωγή και τη διανομή της ενέργειας μπορεί να μη συμβαίνουν συχνά, αλλά, όποτε συμβαίνουν, έχουν ολέθριες επιπτώσεις στο οικοσύστημα και στους ανθρώπους, σε βάθος μάλιστα δεκαετιών. Το πυρηνικό ατύχημα του Τσερνομπίλ, το 1986, προκάλεσε ανυπολόγιστες καταστροφές σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, τόσο στο φυσικό περιβάλλον, όσο και στον πληθυσμό, που εκτέθηκε σε υψηλά επίπεδα ραδιενεργής ακτινοβολίας. Το ατύχημα σε εξέδρα εξόρυξης πετρελαίου στον κόλπο του Μεξικού, το 2010, οδήγησε στη μεγαλύτερη πετρελαϊκή ρύπανση που έχει καταγραφεί μέχρι σήμερα, ενώ συνεχίζουν να καταγράφονται ατυχήματα διαρροής πετρελαίου σε θάλασσες και ποτάμια παγκοσμίως.



**Σχήμα 1.1:** Αεροφωτογραφία του κατεστραμμένου πυρηνικού αντιδραστήρα Νο4 στο Τσερνομπίλ της Ουκρανίας  
[Πηγή: Associated Press]



**Σχήμα 1.2:** Αεροφωτογραφία της πετρελαιοκηλίδας στον κόλπο του Μεξικού  
[Πηγή: Associated Press]

Καθίσταται, λοιπόν, επιτακτική η ανάγκη για επίταση των προσπαθειών μείωσης των παραγόντων που υποβαθμίζουν ή και καταστρέφουν το περιβάλλον.

Πρέπει να συνεχιστούν οι δράσεις που έχουν ξεκινήσει και να αναληφθούν νέες τόσο σε ατομικό, όσο και σε συλλογικό επίπεδο, σε τοπική, εθνική και παγκόσμια κλίμακα.

## 1.2 Δράσεις αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών

Οι συνέπειες της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον είναι φανερές σε ολόκληρο τον κόσμο και έχουν γίνει σημαντικά βήματα τα τελευταία χρόνια για την προστασία του, σε παγκόσμιο επίπεδο. Η σημαντικότερη πρωτοβουλία είναι το πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Δεσμεύει 38 χώρες του ανεπτυγμένου κόσμου να μειώσουν τις εκπομπές των 6 αερίων του θερμοκηπίου (εκφρασμένες σε ισοδύναμες εκπομπές CO<sub>2</sub>) τουλάχιστον κατά 5% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 έως την περίοδο 2008-2012. [2]

Όσον αφορά την Ευρώπη, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει το περιβάλλον ως μία από τις προτεραιότητες της πολιτικής της. Γι' αυτό επενδύει τεράστια ποσά σε δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και ενημέρωσης των πολιτών, στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, στη αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας στον τομέα των κτηρίων και των μεταφορών και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα συμβατικά καύσιμα.

Τον Ιανουάριο του 2008 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε δεσμευτική νομοθεσία για την υλοποίηση των «στόχων 20-20-20», οι οποίοι συνίστανται στις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% κάτω από τα επίπεδα του 1990,
- αύξηση στο 20% της αναλογίας της ενεργειακής κατανάλωσης της ΕΕ που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές και
- μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω τη βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Για να σταθεροποιηθούν οι συγκεντρώσεις των αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδα τα οποία αποτρέπουν την επικίνδυνη ανθρωπογενή παρεμβολή στο κλιματικό σύστημα, η συνολική ετήσια μέση αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του πλανήτη δεν θα πρέπει να υπερβεί τους 2°C σε σύγκριση με τα προ-βιομηχανικής εποχής επίπεδα. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται να μειωθούν οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μέχρι το 2050 σε ποσοστό τουλάχιστον 50% έναντι των επιπέδων του 1990.

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση θα πρέπει να συνεχίσουν να μειώνονται και μετά το 2020 για να επιτευχθεί ο παγκόσμιος στόχος της μείωσης των εκπομπών. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου 2007 αποφάσισε ότι, έως ότου συναφθεί παγκόσμια και συνολική συμφωνία για τη μετά το 2012 περίοδο, η Κοινότητα αναλαμβάνει μονομερή δέσμευση να επιτύχει μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 20% έως το 2020, σε σχέση με το 1990. Επιπλέον, το Συμβούλιο, ενέκρινε για την Κοινότητα στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 30% μέχρι το 2020, σε σχέση με

το 1990, ώστε να συμβάλει στην επίτευξη παγκόσμιας και συνολικής συμφωνίας για τη μετά το 2012 εποχή, εφόσον και άλλες ανεπτυγμένες χώρες δεσμευθούν για ανάλογες μειώσεις εκπομπών και εφόσον οι οικονομικά πιο προηγμένες αναπτυσσόμενες χώρες συμβάλουν καταλλήλως ανάλογα με τις ευθύνες και τις δυνατότητές τους. [3]

Η Ελλάδα, παρότι τα τελευταία χρόνια έχει εναρμονιστεί σε μεγάλο βαθμό με τις Κοινοτικές Οδηγίες και διαρκώς εκδίδονται νέοι Νόμοι σχετικά με το περιβάλλον, το 2012 καταλάμβανε την 33<sup>η</sup> θέση παγκοσμίως όσον αφορά την εφαρμογή πολιτικών για την προστασία του περιβάλλοντος, σύμφωνα με έκθεση των αμερικανικών πανεπιστημίων Yale και Columbia για την «περιβαλλοντική απόδοση» 163 χωρών. Το γεγονός αυτό δείχνει πως πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην περιβαλλοντική πολιτική και να ληφθούν ακόμη πιο αυστηρά μέτρα στο εγγύς μέλλον. [4]

Προς την κατεύθυνση αυτή στρέφεται ο Νόμος 3851/2010 περί «Επιτάχυνσης της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής». Σύμφωνα με το Νόμο αυτό: «Η προστασία του κλίματος, μέσω της προώθησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., αποτελεί περιβαλλοντική και ενεργειακή προτεραιότητα υψίστης σημασίας για τη χώρα». Ακόμη, καθορίζονται οι εθνικοί στόχοι για τις Α.Π.Ε. μέχρι το 2020, με βάση την Οδηγία 2009/28/ΕΚ. Με βάση το Νόμο αυτό καθορίζεται η συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%. Αναλυτικότερα:

- τουλάχιστον το 40% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας,
- τουλάχιστον το 20% της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και
- τουλάχιστον το 10% της καταναλισκόμενης ενέργειας στις μεταφορές θα πρέπει να παράγεται από Α.Π.Ε. [5]

### 1.3 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια

Ο τομέας των κτηρίων και των μεταφορών αποτελούν τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας στην Ελλάδα, όπως και σε ολόκληρη την Ευρώπη. Η ενεργειακή κατανάλωση του κτηριακού τομέα αγγίζει το 40% σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Τα κτήρια στη χώρα μας ευθύνονται περίπου για το 36% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ενώ, κατά την περίοδο 2000 – 2005, η ενεργειακή τους κατανάλωση αυξήθηκε κατά περίπου 24%, μία από τις μεγαλύτερες αυξήσεις στην Ευρώπη.

Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους.

Ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους τα ελληνικά κτήρια είναι ιδιαίτερος ενεργοβόρα είναι η παλαιότητά τους και η μη ενσωμάτωση σύγχρονης τεχνολογίας σε αυτά. Τα περισσότερα κτήρια αντιμετωπίζουν προβλήματα, όπως:

- μερική ή παντελή έλλειψη θερμομόνωσης,
- παλαιάς τεχνολογίας κουφώματα,
- ελλιπή ηλιοπροστασία των νότιων και δυτικών όψεών τους,
- μη επαρκή αξιοποίηση του υψηλού ηλιακού δυναμικού της χώρας,
- ανεπαρκή συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης / κλιματισμού / φωτισμού με αποτέλεσμα χαμηλή απόδοση.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι σημαντικό ρόλο στην «ενεργειακή στροφή» στο σχεδιασμό των κτηρίων διαδραμάτισαν και οι ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του 1970 και κυρίως η πετρελαϊκή κρίση του 1973, κατά την οποία τετραπλασιάστηκε απότομα η τιμή του πετρελαίου. Οι κατασκευαστές μέχρι τότε εκπονούσαν τις μελέτες στο δομικό μέρος και στα ηλεκτρομηχανικά συστήματα των κτηρίων με στόχο την ελαχιστοποίηση του αρχικού κόστους κατασκευής, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη το κόστος λειτουργίας. Επίσης, όλα τα κτήρια που κατασκευάστηκαν από τη δεκαετία του 1980 και έπειτα έπρεπε να συμφωνούν με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979. [6]

Σημαντική παράμετρος, επίσης, που καθορίζει την ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου είναι η συμπεριφορά των ενοίκων. Η ελλιπής ενημέρωση σε θέματα ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης της ενέργειας, οδηγεί συχνά σε σπάταλες συμπεριφορές, όπως η εγκατάσταση μεμονωμένων κλιματιστικών συστημάτων χωρίς μελέτη, η χρήση συσκευών χαμηλής απόδοσης, η μη συντήρηση του συστήματος θέρμανσης.

Η ελλιπής, από ενεργειακής πλευράς, προστασία των υπαρχόντων κτηρίων από το εξωτερικό περιβάλλον, ο συνήθως μη ορθολογικός σχεδιασμός τους ως συνέπεια μιας περιβαλλοντικά αποκομμένης αρχιτεκτονικής αντίληψης που αγνοεί τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, καθώς και η μέχρι σήμερα έλλειψη νομοθεσίας που να αφορά στην ενεργειακή και περιβαλλοντική προστασία των κτηρίων συντελούν:

- στη διόγκωση του ενεργειακού ισοζυγίου,
- στην οικονομική συμπίεση των ασθενέστερων εισοδηματικών κοινωνικών ομάδων,
- στην αύξηση του ενεργειακού ελλείμματος,

ενώ παράλληλα τίθενται σε κίνδυνο οι δεσμεύσεις της χώρας σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο για την προστασία του περιβάλλοντος. [7, 8]

Στην Ελλάδα οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου.

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση, λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή.

Επιπλέον τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτηρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων, η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν. Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτηρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων. [9]

### 1.4 Εσωτερικό περιβάλλον κτηρίων

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια δεν πρέπει σε καμιά περίπτωση να είναι αποκομμένες από τη λειτουργικότητα των κτηρίων και από τον κύριο σκοπό τους, που είναι η εξασφάλιση ενός ποιοτικού εσωτερικού περιβάλλοντος στους χρήστες τους. Θα πρέπει, ακόμη, να εκτελούνται με τη χρήση τεχνικών οι οποίες δεν επιβαρύνουν –άμεσα ή έμμεσα– το περιβάλλον.

Οι εσωτερικοί χώροι ενός κτηρίου θα πρέπει να εξασφαλίζουν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού, φωτισμού, χρωμάτων, ακουστικής και ποιότητας αέρα. Η επίτευξη των επιθυμητών τιμών για όλες αυτές τις παραμέτρους επιτρέπει στο χρήστη του κτηρίου να ζει σε πλήρη θερμική, οπτική και ακουστική άνεση, μέσα σε ένα υγιεινό περιβάλλον.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το εσώκλιμα ενός χώρου είναι α) οι εξωτερικές συνθήκες, θέση και μορφή του κτηρίου), β) το κέλυφος του κτηρίου (δομικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία) και γ) το περιεχόμενο και η χρήση του κτηρίου (παρουσία ζώντων οργανισμών, φωτισμός, συσκευές, έπιπλα, χρώματα κ.τ.λ.).

Ακολουθούν σύντομες περιγραφές των δυο σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν τις συνθήκες ενός χώρου. [6]

#### 1.4.1 Θερμική άνεση

Οι συνθήκες στις οποίες βρίσκεται ένα άτομο και δεν επιθυμεί καμιά θερμική αλλαγή ορίζουν τη θερμική άνεση. Είναι ένα υποκειμενικό συναίσθημα, που καθορίζεται άμεσα από

- τέσσερις περιβαλλοντικούς παράγοντες (θερμοκρασία αέρα, μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία τοίχων, σχετική υγρασία, ταχύτητα αέρα),
- δύο προσωπικούς (ρυθμός μεταβολισμού, βαθμός ένδυσης)



- και επηρεάζεται έμμεσα από πολλές παραμέτρους (ηλικία, φύλο, βάρος σώματος, κατάσταση υγείας, ικανότητα προσαρμογής, επίπεδο φωτισμού κ.τ.λ.).

Οι εσωτερικοί χώροι ενός κτηρίου μπορούν να διαιρεθούν σε διακριτές θερμικές ζώνες, με συγκεκριμένες συνθήκες θερμικού περιβάλλοντος. Οι ζώνες προσδιορίζονται από τα όρια επιφανειών δομικών στοιχείων, τα οποία διαχωρίζουν κάθε ζώνη από το εξωτερικό περιβάλλον ή μια άλλη παρακείμενη ζώνη. [6]

### 1.4.2 Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση σε έναν εσωτερικό χώρο εξαρτάται από τις ποσοτικές και τις ποιοτικές ανάγκες του χώρου σε φωτισμό, σε συνδυασμό με τη χρήση και τις λειτουργικές απαιτήσεις του. Ανάλογα, λοιπόν, με το είδος των εργασιών ή των δραστηριοτήτων, που εκτελούνται στο εσωτερικό ενός κτηρίου, απαιτείται ο κατάλληλος σχεδιασμός του συστήματος φωτισμού, ώστε να εξασφαλίζονται τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Το πηλίκιο της έντασης φωτισμού στο εσωτερικό ενός κτηρίου, όπως μετράται σε ένα καθορισμένο ύψος εργασίας (συνήθως 0,80m πάνω από το έδαφος), προς την ένταση φωτισμού στο εξωτερικό του κτηρίου υπό συνθήκες πλήρως νεφοσκεπούς ουρανού, ονομάζεται παράγοντας φυσικού φωτισμού ή daylight factor (DF). Το μέγεθος αυτό χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό των συνθηκών οπτικής άνεσης στο εσωτερικό ενός κτηρίου και οι τιμές του δίνονται στον Πίνακα που ακολουθεί. [6]

ΕΙΔΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	DF (%)
Κτήρια κατοικιών με κατακόρυφα παράθυρα στον ένα τοίχο (τιμή στο μέσον του δωματίου)	> 0,75
Κτήρια γραφείων με κατακόρυφα παράθυρα στον ένα τοίχο (τιμή στο βάθος του δωματίου)	> 1
Κτήρια κατοικιών με κατακόρυφα παράθυρα σε δύο γειτονικούς τοίχους (τιμή στο μέσον του δωματίου)	> 1
Κτήρια γραφείων με κατακόρυφα παράθυρα σε δύο γειτονικούς τοίχους (τιμή στο βάθος του δωματίου)	> 1,75
Κτήρια με φεγγίτες οροφής και για αποφυγή υπερθέρμανσης	< 10

**Πίνακας 1.1:** Daylight Factor (DF) για την οπτική άνεση στο εσωτερικό των κτηρίων  
[Πηγή: Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας, Σταμάτης Δ. Πέρδικος]

Τα θέματα της οπτικής άνεσης, του φυσικού και του τεχνητού φωτισμού θα περιγραφούν αναλυτικότερα σε ακόλουθα κεφάλαια.

## 1.5 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)

Η ελληνική κυβέρνηση κάλυψε το νομοθετικό κενό που υπήρχε στον τομέα της κτηριακής ενεργειακής απόδοσης με το Νόμο 3661 του 2008. Με το Νόμο 3661-

«Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων» εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων».

Ο Νόμος 3661 ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Κοινοτικής Οδηγίας, προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των κτηρίων και διακρίνει πέντε βασικές θεματικές ενότητες, οι οποίες αφορούν στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης και στη **μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης** (άρθρο 3) **νέων και υφιστάμενων κτηρίων** (άρθρα 4 και 5), στην **έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης** (άρθρο 6), στις **επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού** (άρθρα 7 και 8) και στην **πρόβλεψη ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών** (άρθρο 9). Πιο συγκεκριμένα:

- Στο **άρθρο 3** καθορίζεται κατά κύριο λόγο η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, η οποία περιλαμβάνει:
  - α) τα θερμικά χαρακτηριστικά των στοιχείων του κτηρίου,
  - β) την εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσίας θερμού νερού,
  - γ) την εγκατάσταση κλιματισμού,
  - δ) τον εξαερισμό και το φυσικό αερισμό,
  - ε) την ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού κτηρίων άλλων χρήσεων,
  - στ) τη θέση και τον προσανατολισμό των κτηρίων, περιλαμβανομένων και των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών,
  - ζ) τα παθητικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία,
  - η) τις εσωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων συνεκτιμάται, κατά περίπτωση, η θετική επίδραση:

- α) των ενεργητικών ηλιακών και άλλων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ηλεκτροπαραγωγής, που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,
  - β) της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσω ΣΗΘ,
  - γ) των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης και
  - δ) του φυσικού φωτισμού.
- Το **Άρθρο 4** αναφέρεται στις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που πρέπει να πληρούν τα νέα κτήρια.
  - Το **Άρθρο 5** αναφέρεται σε υφιστάμενα κτήρια, για τα οποία η ενεργειακή απόδοσή τους πρέπει να αναβαθμιστεί, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό, ώστε να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης.
  - Στο **Άρθρο 6**, περιγράφεται η διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει ο ιδιοκτήτης μόλις ολοκληρωθεί η κατασκευή νέου κτηρίου ή ανακαινισθεί υφιστάμενο κτήριο. Υποχρεούται να ζητήσει την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, το οποίο οφείλει να διαθέτει κατά την πώληση ή τη μίσθωση στον αγοραστή ή το μισθωτή.
  - Η ενεργειακή επιθεώρηση λεβήτων που θερμαίνονται με συμβατικά ορυκτά καύσιμα περιγράφεται στο **Άρθρο 7** και πρέπει να εκτελείται σε

χρονικά διαστήματα ανάλογα με την ωφέλιμη ονομαστική ισχύ και το είδος καυσίμου του εκάστοτε λέβητα. Επίσης αξιολογείται η αποτελεσματικότητα του λέβητα και των διαστάσεων του σε σχέση με τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου και διατυπώνονται οδηγίες και συστάσεις για τυχόν επιβαλλόμενη αντικατάσταση του λέβητα, τροποποιήσεις του συστήματος θέρμανσης και εναλλακτικές λύσεις.

- Το **Άρθρο 8** περιγράφει αναλυτικά τη διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης εγκαταστάσεων κλιματισμού. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι παρόμοια με αυτή που περιγράφεται στο Άρθρο 7 για τους λέβητες και πρέπει να εκτελείται ανάλογα με την ισχύ και την παλαιότητα της εγκατάστασης κλιματισμού.
- Το **Άρθρο 9** αναφέρεται στους ενεργειακούς επιθεωρητές και προσδιορίζει ρητά τα προσόντα που απαιτούνται για τη διαπίστευση και τη χορήγηση της σχετικής άδειας στους επιθεωρητές κτηρίων και τους επιθεωρητές λεβήτων και εγκαταστάσεων κλιματισμού, ενώ καθορίζονται λεπτομερώς όλες οι παράμετροι που αφορούν το πλαίσιο εργασίας των ενεργειακών επιθεωρητών. [10]

## 1.6 Μέθοδοι βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων

Σύμφωνα με το άρθρο 4 του ΚΕΝΑΚ, τα νέα κτήρια πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες και αυστηρές προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης. Όσον αφορά τα υφιστάμενα κτήρια, μπορούν να γίνουν διάφορες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη πάντα το κόστος και το χρόνο απόσβεσης των επεμβάσεων αυτών. Οι κυριότερες από αυτές αφορούν:

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

### 1.6.1 Θερμική θωράκιση κτηριακού κελύφους

Από τους νόμους της θερμοδυναμικής είναι γνωστό ότι υπάρχει μια συνεχής ροή θερμότητας από τα θερμά προς τα ψυχρά σώματα. Επιδίωξη της θερμικής θωράκισης του κτηριακού κελύφους είναι η κατά το δυνατόν αποτροπή αυτού του φυσικού φαινομένου. Επιδιώκεται με άλλα λόγια η μεγαλύτερη δυνατή μείωση των ανταλλαγών θερμικής ενέργειας μεταξύ του κτηρίου και του περιβάλλοντος. Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χαμηλή, θα πρέπει οι απώλειες θερμότητας από

το κτήριο προς τον εξωτερικό χώρο να είναι μικρές. Στην αντίθετη περίπτωση, σκοπός της θερμικής προστασίας του κτηρίου είναι η αποτροπή της εισόδου της θερμότητας προς το κτήριο. [11]

Οι απώλειες θερμότητας ενός κτηρίου εξαρτώνται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- το κλίμα της περιοχής,
- τη θέση του κτηρίου,
- την αναλογία όγκου προς εξωτερική επιφάνεια,
- την επιθυμητή θερμοκρασία,
- τον αέρα των χαραμάδων,
- τα εξωτερικά τοιχώματα, τις στέγες και τα δάπεδα,
- τη σωστή ρύθμιση της εγκατάστασης θέρμανσης. [6]

Γίνεται σαφές ότι επιδιώκεται ο περιορισμός των θερμοαπωλειών που προκαλούνται από τους παράγοντες αυτούς, όπου φυσικά αυτό είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό.

### 1.6.1.1 Θερμομόνωση κελύφους

Η πιο αποδοτική τεχνική θερμικής προστασίας του κτηρίου είναι η θερμομόνωση του κελύφους. Αφορά τόσο στο αδιαφανές κτηριακό κέλυφος (εξωτερική τοιχοποιία, οροφές, δάπεδα, κουφώματα) όσο και στα διαφανή στοιχεία του (υαλοπίνακες). [11]

Θερμομόνωση ενός δομικού στοιχείου ονομάζεται το σύνολο των μεθόδων και των υλικών, που χρησιμοποιούνται για περιορισμό της ροής θερμότητας μεταξύ των χώρων εκατέρωθεν του στοιχείου. Η επιτυχής θερμομόνωση εξασφαλίζει τη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  του στοιχείου, δηλαδή περιορίζει τη ροή θερμότητας διαμέσου του στοιχείου. Οι μέσες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας, για τα κύρια δομικά στοιχεία ενός κτηρίου, δίνονται στον Πίνακα 1.2, που ακολουθεί:

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $U$ ( $W/m^2 \cdot K$ )		
	Παλιά κατασκευή	Νέα κατασκευή	Βέλτιστη τιμή
Εξωτερικός Τοίχος	1,4	0,2	0,15
Υαλοπίνακας	5,7	0,7	0,4
Δώμα	1	0,2	0,1
Δάπεδο υπογείου	0,8	0,25	0,2

**Πίνακας 1.2:** Μέσες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας για τα κύρια δομικά στοιχεία ενός κτηρίου  
[Πηγή: Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας, Σταμάτης Δ. Πέρδιος]

Η θερμική αντίσταση ή αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι χαρακτηριστική για κάθε υλικό και χαρακτηρίζει τη θερμομονωτική ικανότητά του, εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του. Επιδιώκεται, λοιπόν, η ενίσχυση του κτηριακού κελύφους με υλικά υψηλής αντίστασης θερμοδιαφυγής. Η αύξηση της θερμομονωτικής ικανότητας ενός χώρου μειώνει τις

ενεργειακές του απαιτήσεις για να διατηρήσει την εσωτερική θερμοκρασία του στα επιθυμητά επίπεδα, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι.

Τα θερμομονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν εσωτερικά, εξωτερικά ή ενδιάμεσα στα κύρια δομικά στοιχεία ενός κτηρίου (εξωτερικοί τοίχοι, οροφές, εσωτερικοί τοίχοι και δάπεδα που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους). Η επιλογή των υλικών γίνεται ανάλογα με το κόστος τους, από το αν προέρχονται από ανανεώσιμες ή μη πηγές ενέργειας, από την υπάρχουσα θερμομονωτική ικανότητα, καθώς και τη χρήση του κτηρίου. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν υλικά από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως διογκωμένη ή εξηλασμένη πολυστερίνη, ορυκτοβάμβακας, πετροβάμβακας ή υαλοβάμβακας, περλίτης. Πλέον, προτιμώνται ανανεώσιμα υλικά, όπως διογκωμένος φελλός, διογκωμένο άργιλο, ξύλο, καουτσούκ.

Κατά τη θερμομόνωση, επιδιώκεται ακόμη η μεγαλύτερη δυνατή αποφυγή των θερμογεφυρών, των τμημάτων, δηλαδή, ενός κατασκευαστικού στοιχείου, που παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερες θερμικές απώλειες από το σύνολο του στοιχείου. Στα τμήματα αυτά γίνεται μια γρήγορη γεφύρωση της θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος. [6, 12]

### **1.6.1.2 Χρήση βελτιωμένων κουφωμάτων και υαλοπινάκων**

Τα μεγάλα ανοίγματα στα κτήρια δεν είναι απλά μια εικαστική προσέγγιση της σύγχρονης αρχιτεκτονικής. Είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος –ίσως η σπουδαιότερη– θετικής επίδρασης στην ανθρώπινη ψυχολογία. Οι ανοιχτές επιφάνειες των κτηρίων φέρνουν τους χρήστες τους σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον και τη φύση, ενώ επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός στο εσωτερικό του. Για τη μόνωση του κτηρίου από το εξωτερικό περιβάλλον, οι επιφάνειες αυτές καλύπτονται με πλαίσια (κουφώματα) και υαλοπίνακες.

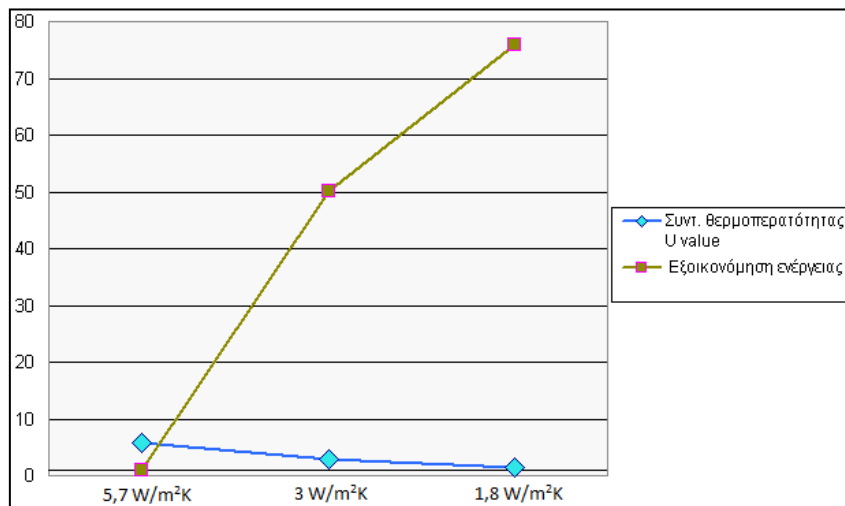
Σε πολλές περιπτώσεις τα ανοίγματα καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της εξωτερικής επιφάνειας των κτηρίων, ενώ σε πολλά σύγχρονα αστικά κέντρα παρατηρεί κανείς κτήρια, των οποίων ολόκληρη η εξωτερική τους επιφάνεια επικαλύπτεται από γυαλί. Τα χαρακτηριζόμενα και ως «γυάλινα κτήρια» είναι ιδιαίτερως ενεργοβόρα, καθώς απαιτούν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για ψύξη και θέρμανση, ενώ προκαλούν το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, επειδή διαχέουν τεράστια ποσά θερμότητας το καλοκαίρι στα διπλανά τους κτήρια.

Σε κάθε περίπτωση, είναι σαφώς πιο δύσκολη η μόνωση των εξωτερικών ανοιγμάτων των κτηρίων σε σύγκριση με την τοιχοποιία. Για το λόγο αυτό έχει υπάρξει σαφής βελτίωση των πλαισίων και των υαλοπινάκων που προσαρμόζονται σε αυτά με την πάροδο των χρόνων. Από τα ξύλινα κουφώματα του παρελθόντος, πλέον χρησιμοποιούνται συνθετικά ή αλουμινίου και οι μονοί υαλοπίνακες έχουν αντικατασταθεί από νέας τεχνολογίας διπλούς ή τριπλούς υαλοπίνακες.

Η επιλογή τόσο του πλαισίου, όσο και του υαλοπίνακα είναι πολυπαραμετρική και έχει σημαντικές επιπτώσεις στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια και στη δημιουργία άνετων συνθηκών εσωκλίματος. Κατά κύριο λόγο, πρέπει ο συνδυασμός

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα

πλαίσιου υαλοπίνακα να έχει μεγάλη θερμομονωτική αντίσταση και να μην επιτρέπει την είσοδο αέρα και ύδατος από τις χαραμάδες, να είναι δηλαδή αερο- και υδατοστεγανά. Η εξοικονόμηση ενέργειας αυξάνεται σχεδόν εκθετικά όσο μειώνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  των υαλοπινάκων, όπως σχηματοποιείται και στο επόμενο διάγραμμα:



Σχήμα 1.3: Διάγραμμα συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  υαλοπινάκων και ποσοστού εξοικονόμησης ενέργειας που αναλογεί στο συντελεστή  $U$   
[Πηγή: <http://www.varnakiotis.com>]

Η επιλογή γίνεται από ένα εύρος τύπων υαλοπινάκων με διαφορετικές ιδιότητες και –φυσικά– κόστος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανακλαστικοί, έγχρωμοι ή απορροφητικοί υαλοπίνακες, ενώ πιο ακριβοί είναι οι υαλοπίνακες μεταβλητών ιδιοτήτων, οι οποίοι μεταβάλλουν τις ιδιότητές τους ανάλογα με την επίδραση κάποιου συγκεκριμένου παράγοντα και διακρίνονται σε θερμοχρωμικούς, φωτοχρωμικούς, ηλεκτροχρωμικούς και ομογενούς διάχυσης. Τέλος, λιγότερο διαδεδομένοι είναι οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων, οι δίδυμοι υαλοπίνακες, οι οποίοι μεταξύ τους δεν έχουν κενό ξηρού αέρα, όπως οι απλοί διπλοί ή τριπλοί, αλλά άλλο αέριο και οι επιλεκτικοί υαλοπίνακες με ανακλαστικές επιστρώσεις χαμηλού συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (Low-e).

Οι επιλεκτικοί υαλοπίνακες έχουν ένα πολύ μεγάλο πλεονέκτημα. Σε ψυχρά κλίματα, οι στρώσεις χαμηλής εκπομπής τοποθετούνται σε κάποια από τις εσωτερικές όψεις των υαλοπινάκων και συνήθως στην εσωτερική όψη του εξωτερικού υαλοπίνακα, για να αποτρέπεται η έξοδος της θερμότητας από το κτήριο. Στην αντίθετη περίπτωση, οι στρώσεις χαμηλής εκπομπής τοποθετούνται στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού υαλοπίνακα, για να αποτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας. [13]

Γενικά, όμως, πρέπει οι υαλοπίνακες να πληρούν τις ακόλουθες απαιτήσεις, λαμβάνοντας πάντα υπόψη το κλίμα και το κόστος αγοράς και συντήρησής τους:

- Ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών το χειμώνα, δηλαδή μικρός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας.
- Είσοδος μέγιστης δυνατής ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα, δηλαδή μεγάλος συντελεστής ηλιακών κερδών.
- Μείωση στο ελάχιστο της ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι, δηλαδή μεγάλος συντελεστής ανακλαστικότητας. *Επειδή η απαίτηση αυτή έρχεται*

*σε αντίθεση με την προηγούμενη και έχει υψηλό κόστος, καθώς το κόστος των ανακλαστικών υαλοπινάκων είναι υψηλό, προτείνεται η χρήση διατάξεων σκιασμού.*

- Περιορισμός του υπερβολικού φωτισμού των χώρων. Για να ικανοποιείται ταυτόχρονα και η δεύτερη απαίτηση, προτείνεται η χρήση ανακλαστικών περσίδων, οι οποίες ανακλούν το ηλιακό φως στην οροφή και φωτίζουν έμμεσα το χώρο.
- Εξασφάλιση ηχομόνωσης.
- Αισθητική αρτιότητα.
- Μηχανική αντοχή.
- Χαμηλό κόστος.
- Εξασφάλιση πιστής οπτικής επαφής μεταξύ εσωτερικού χώρου και εξωτερικού περιβάλλοντος.
- Εύκολη συντήρηση και αντικατάσταση.

### **1.6.1.3 Ηλιοπροστασία – Σκίαστρα**

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο εσωτερικό των κτηρίων άλλοτε είναι επιθυμητή στο σύνολό της και άλλοτε επιδιώκεται η μείωσή της. Κι αυτό γιατί υπερβολική ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας προκαλεί εκτός από αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας -η οποία κατά τη θερινή περίοδο είναι απευκταία- και μείωση της οπτικής άνεσης των χρηστών του κτηρίου, καθώς η άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους χώρους προκαλεί το φαινόμενο της θάμβωσης. Η χρήση ειδικών υαλοπινάκων, όπως για παράδειγμα φωτοχρωμικών, αφενός απαιτεί ιδιαίτερα αυξημένο κόστος εγκατάστασης, κυρίως σε μεγάλα κτήρια με αυξημένο αριθμό ανοιγμάτων και αφετέρου δεν δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να ρυθμίσει μόνος του τη φωτοδιαπερατότητα των ανοιγμάτων. Γι' αυτό, προτείνεται ως λύση η χρήση φυσικής ή τεχνητής σκίασης. Η σκίαση μπορεί να επιτευχθεί είτε με τεχνητό τρόπο και τη χρήση ηλιοπροστατευτικών διατάξεων είτε με φυσικές μεθόδους και τη χρήση βλάστησης. [14]

#### **1.6.1.3.1 Ηλιοπροστατευτικές Διατάξεις**

Ο σωστός προσανατολισμός των ανοιγμάτων αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα, ούτως ώστε η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία και να θερμαίνει τα κτήρια το χειμώνα και να μην τα υπερθερμαίνει το καλοκαίρι. Όσον αφορά στο βόρειο ημισφαίριο, τα νότια ανοίγματα δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και το καλοκαίρι. Για τον περιορισμό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι και την αποφυγή φαινομένων θάμβωσης χρησιμοποιούνται κατάλληλα οριζόντια σκίαστρα (Σχήμα 1.4), μήκους περίπου 0,8 – 1m. Τα βόρεια ανοίγματα συμβάλλουν στον καλύτερο φωτισμό του χώρου, επειδή δέχονται μόνο διάχυτο και όχι άμεσο φως και γι' αυτό συνιστώνται για το καλοκαίρι. Πρέπει, όμως, να καταλαμβάνουν μικρή σχετικά επιφάνεια, γιατί

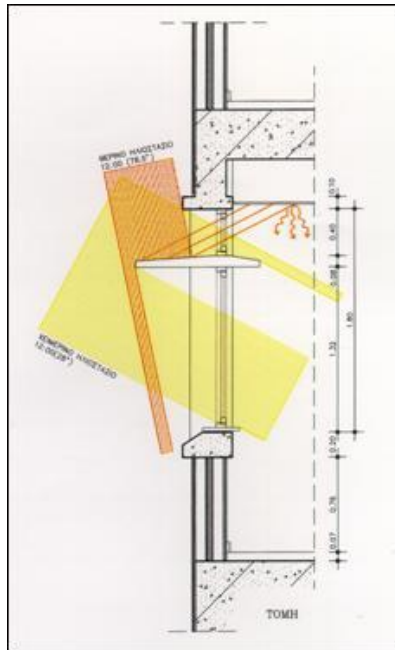
παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες και ελάχιστα κέρδη το χειμώνα. Ένα διαφορετικό προφίλ έχουν τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα Γι' αυτό συνιστώνται μόνο όπου είναι απαραίτητα για λόγους φωτισμού ή θέρμης και χρειάζονται απαραίτητως κατακόρυφα –εξωτερικά κατά προτίμηση– σκίαστρα / προβόλους. Ιδιαίτερα τα δυτικά ανοίγματα είναι πολύ δυσμενή το καλοκαίρι, καθώς δέχονται άμεσα ήλιο μετά το μεσημέρι. [14]

Ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων απαιτεί και την ανάλογη σκίαση και είναι η πρώτη παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη στην επιλογή των ηλιοπροστατευτικών διατάξεων. Προσμετρώνται, επίσης, το κλίμα καθώς και η ηλιακή γεωμετρία της περιοχής που βρίσκεται το κτήριο. Ηλιακή γεωμετρία είναι η πορεία που διαγράφει ο ήλιος κατά τη διάρκεια του έτους πάνω από μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων και η επιλογή τους εξαρτάται από τις προηγούμενες παραμέτρους, το κόστος εγκατάστασης και συντήρησής τους, καθώς και τα διαθέσιμα μέσα. Βασικότερη, όμως, μέθοδος είναι η σκίαση, δηλαδή η παρεμπόδιση των ηλιακών ακτινών να φθάνουν στα παράθυρα. Το ίδιο το σχήμα του κτηρίου αλλά και ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές μπορούν να σκιάσουν το κτήριο. Τα σκίαστρα μπορούν –ανάλογα με τη θέση τους– να είναι εσωτερικά, εξωτερικά ή ενδιάμεσα των υαλοπινάκων και ανάλογα με τη γεωμετρία τους χαρακτηρίζονται ως κατακόρυφα, οριζόντια ή σχαρωτά. Διακρίνονται, ακόμη, σε σταθερά ή κινητά, ανάλογα με τη δυνατότητα χειρισμού τους και χαρακτηρίζονται ανάλογα με το υλικό, τις θερμικές και οπτικές ιδιότητές τους καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Τα εξωτερικά σκίαστρα είναι προτιμότερα από ενεργειακής πλευράς σε σχέση με τα ενδιάμεσα και τα εσωτερικά. Κι αυτό γιατί δεν επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να περάσει το περίβλημα του κτηρίου. Τα υλικά κατασκευής των εξωτερικών σκιάστρων θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες, καθώς είναι εκτεθειμένα σε αυτές και συνιστάται να είναι σκούρου χρώματος για να μην ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτηρίου. Τα πιο διαδεδομένα εξωτερικά κινητά σκίαστρα είναι τα παντζούρια, οι τέντες και τα ρολά, ενώ τα πιο διαδεδομένα σταθερά σκίαστρα είναι οι πρόβολοι και οι οριζόντιες και κάθετες μεταλλικές περσίδες. [15]





Σχήμα 1.4: Οριζόντιος πρόβολος για χειμερινό ηλιασμό / θερινή ηλιοπροστασία  
[Πηγή: www.cres.gr]

Ένας οριζόντιος πρόβολος πάνω από ένα νότια προσανατολισμένο παράθυρο επιτρέπει στο χειμερινό ήλιο, που βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα να περάσει στο εσωτερικό του κτηρίου, ενώ το καλοκαίρι τον εμποδίζει. Το μέγεθος του προβόλου αυτού εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο βρίσκεται το κτήριο.

Ένα οριζόντιο σκίαστρο δεν μπορεί να ανακόψει τις ηλιακές ακτίνες που έρχονται χαμηλά από την κατεύθυνση της ανατολής ή της δύσης κατά τη διάρκεια το καλοκαιριού. Για το λόγο αυτό, στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα προτιμώνται τα μόνιμα κατακόρυφα σκίαστρα.

Τα ενδιάμεσα σκίαστρα δεν προτιμώνται, καθώς προκαλούν υπερθέρμανση των υαλοπινάκων, οι οποίοι πρέπει να έχουν μεγάλο συντελεστή θερμικής αντοχής. Τα πλαίσια με ενδιάμεσα σκίαστρα έχουν, επομένως, μεγάλο κόστος αγοράς και απαιτούν συντήρηση, η οποία είναι τεχνικά ιδιαίτερα δύσκολη.

Τα εσωτερικά σκίαστρα, όπως βενετικά στόρια, περσίδες, εσωτερικά παντζούρια, κουρτίνες, είναι τα πλέον διαδεδομένα τόσο για οικονομικούς όσο και τεχνικούς λόγους. Πολύ συχνά συνδυάζονται εξωτερική σταθερή σκίαση με εσωτερική κινητή. Κατά την επιλογή του σκίαστρου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα οπτικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία καθορίζουν και το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλούν, απορροφούν και, τελικά, αφήνουν να περάσει, καθώς και η συμβολή τους στα θέματα του φυσικού φωτισμού, θέας και αερισμού. Ένας γενικά οικονομικός συνδυασμός σκίαστρων που εξασφαλίζει την απαιτούμενη ηλιοπροστασία σε συνήθη κτήρια είναι σταθερά οριζόντια ή κατακόρυφα δομικά στοιχεία και εσωτερικά βενετικά στόρια, τα οποία μπορούν να συνεισφέρουν και στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, περιορίζοντας τη θάμβωση που προκαλείται από τα παράθυρα, μέσω της εκτροπής των ηλιακών ακτινών προς την οροφή. Μια άλλη τεχνική, η οποία είναι ιδανική για μεσογειακά κλίματα είναι η χρήση των παραδοσιακών παντζουριών με κινητά τμήματα και περιστρεφόμενες

περσίδες, που εξασφαλίζουν ελεγχόμενη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας και δυνατότητα αερισμού, αλλά και νυχτερινή θερμική προστασία για το χειμώνα. Τα κινητά σκίαστρα μπορεί να ελέγχονται χειροκίνητα, μηχανικά ή αυτόματα. [14, 15]

### **1.6.1.3.2 Φυσικός σκιασμός με τη χρήση βλάστησης**

Ενεργειακά αποτελεσματική, αλλά και ιδιαίτερα καλαίσθητη είναι και η χρήση βλάστησης για την ηλιοπροστασία του κτηρίου και των ανοιγμάτων του. Σε νότια προσανατολισμένα ανοίγματα προτιμώνται φυλλοβόλα δέντρα με πυκνή φυλλωσιά, επειδή το χειμώνα, όταν τα φύλλα τους έχουν πέσει, αφήνουν μεγάλη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας να εισέλθει, ενώ την εαρινή και θερινή περίοδο επιτρέπουν σταδιακά την είσοδο όλο και λιγότερης ηλιακής ακτινοβολίας. Μπορούν, ακόμη, αειθαλή δέντρα αλλά και πέργκολες με αναρριχητικά φυτά να επιτύχουν πολύ σημαντική σκίαση. Η φυσική σκίαση χρησιμοποιείται συχνά σε ανοίγματα με ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό.

Εκτός από τη σκίαση του κτηρίου, η βλάστηση έχει την ιδιότητα να παρέχει δροσισμό από την εξάτμιση μέσω των φυλλωμάτων και συχνά, να εμποδίζει ή να κατευθύνει τους ανέμους προς ή από το κτίριο, συντελώντας έτσι στο φυσικό δροσισμό και τη θερμική προστασία του. Τέλος, η βλάστηση συντελεί στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος με αποτέλεσμα να περιορίζεται η θερμική επιβάρυνση του κτηρίου κατά τις θερμές περιόδους, αλλά και να δημιουργείται ευχάριστη ατμόσφαιρα για την παραμονή των ενοίκων εκτός του κτηρίου για μεγάλες περιόδους του χρόνου. [14]

### **1.6.1.4 Ανακλαστικά επιχρίσματα – Ψυχρά υλικά**

Ιδιαίτερα σημαντική για την ηλιοπροστασία του κτηριακού κελύφους είναι και η αύξηση της ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών. Για να αυξηθεί ο συντελεστής ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών ενός κτηρίου, δηλαδή το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται, χρησιμοποιούνται ανακλαστικά ή ανοιχτόχρωμα επιχρίσματα, τα οποία μειώνουν την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το κτηριακό κέλυφος και συνεπώς, τη θερμική επιβάρυνσή του κατά τους θερμούς μήνες. [13, 16]

Δεν αρκεί όμως τα υλικά που χρησιμοποιούνται να είναι ανακλαστικά. Υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας έχουν και τα μέταλλα, η χρησιμοποίησή τους όμως στις εξωτερικές επιφάνειες δεν ενδείκνυται, γιατί θα αύξανε τη θερμοκρασία του κτηριακού κελύφους. Είναι, λοιπόν, απαραίτητο τα υλικά να είναι και «ψυχρά», ούτως ώστε όχι μόνο να αντανakλούν τη θερμότητα, αλλά και να αποβάλλουν σχετικά γρήγορα και αυτή που έχουν ήδη απορροφήσει. Πρόκειται δηλαδή για υλικά με υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας, τα οποία εκπέμπουν με ταχύ ρυθμό τα ποσά της θερμότητας που έχουν απορροφήσει, χωρίς να χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, οπότε και δεν προκαλούν έντονα προβλήματα θάμβωσης. Η χρήση

ψυχρών υλικών έχει δύο σημαντικά μειονεκτήματα. Αφενός μειώνεται η ανακλαστικότητα τους με την πάροδο του χρόνου, αφετέρου προκαλούν –σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό– οπτική και θερμική όχληση στον περιβάλλοντα χώρο. [17]

Η επικάλυψη, ιδιαίτερα των εξωτερικών επιφανειών που εκτίθενται περισσότερο στην ηλιακή ακτινοβολία, με ψυχρά υλικά μειώνει την εσωτερική θερμοκρασία κατά τους θερμούς μήνες και επομένως και τις ανάγκες του κτηρίου για ψύξη. Ενδεικτικά, αύξηση της ανακλαστικότητας κατά 40%, επιφέρει μείωση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κατά 0,5 – 1,5°C, ενώ αύξηση κατά 65%, μειώνει τη θερμοκρασία κατά 1 – 2°C. [18]

#### **1.6.1.5 Φράγμα ακτινοβολίας**

Είναι λεπτά φύλλα αλουμινίου, που τοποθετούνται κάτω από τη στέγη και ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία λειτουργώντας ως καθρέπτες. Τα φύλλα αυτά τοποθετούνται σε περιοχές όπου ο δροσισμός του κτηρίου είναι πιο σημαντικός από τη θέρμανσή του. Έτσι, ο συνδυασμός ενός φράγματος ακτινοβολίας και ενός στρώματος θερμομόνωσης μικρού πάχους στην οροφή ή στο δώμα, μπορεί να αντικαταστήσει ένα συμβατικό στρώμα μόνωσης μεγάλου πάχους.

Η απόδοση του συστήματος εξαρτάται από το διαμερή αερισμό της στέγης, καθώς απάγεται η πλεονάζουσα θερμότητα στο περιβάλλον. [6]

#### **1.6.1.6 Φύτευση δώματος**

Οι φυτεμένες οροφές ή δώματα είναι μια μέθοδος που κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος στην Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία. Η κατασκευή κήπου στο δώμα ενός κτηρίου λειτουργεί ως πνεύμονας πρασίνου στο αστικό περιβάλλον και καλλωπίζει αισθητικά ένα τσιμεντένιο κτηριακό κέλυφος. Αποτελούνται από ένα στρώμα βλάστησης, το οποίο αναπτύσσεται σε ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε μια επίπεδη οροφή (δώμα).

Το φυτεμένο δώμα αποτελεί μέσο θερμικής μόνωσης του κτηρίου, λόγω των υλικών από τα οποία αποτελείται (χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών).

Το καλοκαίρι το φυτεμένο δώμα εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στο κτηριακό κέλυφος, μέσω της σκιάς που δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνειά του. Ουσιαστικά μηδενίζει την επίδραση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην οροφή του κτηρίου. Έχει υπολογιστεί ότι τα φυτεμένα δώματα μειώνουν τα φορτία κλιματισμού έως 30% το καλοκαίρι και έως 10% τα φορτία θέρμανσης το χειμώνα. Παράλληλα, αποτελούν φυσικές μονάδες οξυγόνου, γιατί μειώνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση λόγω της φωτοσύνθεσης και δημιουργούν μια ασπίδα προστασίας με οξυγόνο για τους ενοίκους του κτηρίου, καθώς ο οξυγονωμένος αέρας γίνεται βαρύτερος και κατεβαίνει προς τα κάτω. Τέλος, συγκρατούν και

καθυστερούν την απορροή του βρόχινου ύδατος, μειώνοντας τα πλημμυρικά φαινόμενα.



**Σχήμα 1.5:** Φυτεμένα δώματα  
[Πηγή: <http://taratsokipos.blogspot.gr>]

Η εγκατάσταση φυτεμένου δώματος απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή τόσο κατά το σχεδιασμό όσο και κατά την κατασκευή του. Πριν την κατασκευή απαιτείται έλεγχος της φέρουσας κατασκευής που πρόκειται να δεχτεί τα πρόσθετα φορτία του κήπου. Στα περισσότερα νεόδμητα κτήρια δεν απαιτούνται προσαρμογές, καθώς το βάρος του τεχνητού κήπου είναι  $70\text{kg}/\text{m}^2$  και για πάχος χώματος  $30\text{cm}$ . Σε παλαιά δώματα τοποθετείται λεπτή στρώση χώματος πάχους  $3\text{cm}$  και φυτεύονται παχύφυτα, οπότε περιορίζεται το βάρος σε μόλις  $15\text{kg}/\text{m}^2$ . Πρέπει η οροφή να είναι ελεγχμένη για την υγρομόνωση και τη θερμομόνωσή της. [6, 19]

### 1.6.1.7 Συστήματα φυσικού αερισμού

Ο φυσικός αερισμός είναι η σημαντικότερη τεχνική παθητικού δροσισμού και διευκολύνει την απομάκρυνση της θερμότητας από τη κτήριο και το ανθρώπινο σώμα. Υπό την προϋπόθεση ότι οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, η χρήση του φυσικού αερισμού μπορεί να ελαττώσει το ψυκτικό φορτίο, να αυξήσει τη θερμική άνεση και να διατηρήσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στο κτήριο.

Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται με την είσοδο του εξωτερικού αέρα στο κτήριο, μέσα από τα ανοίγματα και τις ρωγμές, που υπάρχουν στο κέλυφος του κτηρίου. Στις νεότερες κατασκευές ο ενεργειακός σχεδιασμός απαιτεί κελύφη τελείως στεγανοποιημένα. Ειδικότερα, στα κτήρια γραφείων από γυαλί δεν επιτρέπεται ούτε το άνοιγμα των παραθύρων. Έτσι, στα κτήρια αυτά οι δυνατότητες εφαρμογής τεχνικών φυσικού αερισμού είναι πολύ περιορισμένες και η ψύξη βασίζεται στα ενεργοβόρα συστήματα κλιματισμού.

Ο επιτυχής σχεδιασμός ενός φυσικά αεριζόμενου κτηρίου απαιτεί καλή γνώση του μοντέλου ροής του αέρα γύρω του, καθώς και των επιδράσεων που δέχεται από τα γειτονικά κτήρια. Στόχος του σχεδιασμού είναι ο αερισμός σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα του εσωτερικού χώρου. Η επίτευξη του στόχου εξαρτάται από τη

θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα, από την ταχύτητα του ανέμου, καθώς, φυσικά, και από τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων. Ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνονται, τα συστήματα φυσικού αερισμού διακρίνονται σε πέντε είδη:

- **Διαμπερής αερισμός**, ο οποίος γίνεται από τα ανοίγματα των όψεων του κτηρίου και τις θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος των εσωτερικών τοίχων.
- **Υβριδικός αερισμός**, για τη δημιουργία του οποίου συμβάλλουν ανεμιστήρες οροφής, καθώς ενισχύουν το φυσικό αερισμό και συνεισφέρουν στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε πιο υψηλές θερμοκρασίες από τις συνηθισμένες, επειδή με την κίνηση του αέρα η μετάδοση της θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα γίνεται με μετάβαση.
- **Καμινάδα αερισμού**, η οποία λειτουργεί με το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και μπορεί να έχει ανεμιστήρα στο υψηλότερο σημείο της. Ο θερμός αέρας του χώρου, που είναι λιγότερο πυκνός και πιο ελαφρύς, μεταφέρεται προς τα πάνω και το κενό που δημιουργείται καλύπτεται από το βαρύτερο ψυχρό αέρα, ο οποίος εισέρχεται από τα ανοίγματα του κτηρίου.
- **Ηλιακή καμινάδα**, που είναι μια καμινάδα με υαλοπίνακες στη νότια ή νοτιοδυτική της επιφάνεια και περσίδες στο πάνω μέρος της ίδιας πλευράς. Ο αέρας μέσα στην καμινάδα θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και κινείται με μεγάλη ταχύτητα προς τα πάνω, ενισχύοντας σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Λόγω της συνεχούς ανανέωσης του αέρα, το σύστημα αυτό συνιστάται σε περιοχές με αρκετή υγρασία το καλοκαίρι.
- **Αεριζόμενο κέλυφος**, το οποίο είναι μια κατασκευή διπλού κελύφους στην οροφή ή στους εξωτερικούς τοίχους του κτηρίου. Μέσα στο διάκενο κυκλοφορεί ο αέρας του περιβάλλοντος και συνεισφέρει στη μεταφορά θερμότητας από το κέλυφος του κτηρίου στην ατμόσφαιρα, καθώς και στη σκίαση του περιβλήματος, κατά τους θερμούς μήνες. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή, ο αέρας που κυκλοφορεί στο εσωτερικό του κελύφους έχει χαμηλότερη ταχύτητα από τον εξωτερικό και έτσι περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον. Αυξάνεται, έτσι, η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. [6, 20]

#### 1.6.1.8 Άλλα συστήματα δροσισμού

Από την αρχαιότητα ακόμη είχαν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα που μειώνουν τα θερμικά φορτία των κτηρίων, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλή και συνεχώς εξελίσσονται.

Η αξιοποίηση του **εδάφους** για το δροσισμό των κτηρίων δεν είναι όψιμη, καθώς βασίζεται σε μια στοιχειώδη αρχή, σύμφωνα με την οποία το έδαφος έχει μικρότερη θερμοκρασία από τον ατμοσφαιρικό αέρα και επομένως λειτουργεί ως φυσική δεξαμενή θερμότητας. Γι' αυτό, επιδιώκεται η μεγαλύτερη δυνατή απαγωγή της θερμότητας από το κτήριο προς το έδαφος με αγωγιμότητα και

πραγματοποιείται με τα ημιυπόσκαφα κτήρια και με τον εναλλάκτη θερμότητας εδάφους – αέρα.

Τα ημιυπόσκαφα κτήρια συνιστώνται σε επικλινή εδάφη και είναι πιο δροσερά το καλοκαίρι και πιο ζεστά το χειμώνα. Κι αυτό γιατί το έδαφος το χειμώνα έχει ακριβώς την αντίθετη συμπεριφορά από ότι το καλοκαίρι και είναι πιο θερμό από το περιβάλλον, οπότε, ενώ το καλοκαίρι απομακρύνεται η θερμότητα από το κτήριο, το χειμώνα μεταδίδεται θερμότητα από το έδαφος στο κτήριο.

Ο εναλλάκτης θερμότητας εδάφους – αέρα είναι σύστημα μεταλλικών ή πλαστικών αγωγών τοποθετημένων σε βάθος 1 – 3m κάτω από το έδαφος. Ο αέρας εισάγεται στο δίκτυο από το εξωτερικό περιβάλλον με τη βοήθεια ανεμιστήρων και εξέρχεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία μέσα στο κτήριο. Το έδαφος, έχοντας χαμηλότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον, αποτελεί τον απαγωγέα θερμότητας του συστήματος. [6]

Ο δροσισμός με εξάτμιση χρησιμοποιείται χιλιάδες χρόνια και έχει αναφερθεί ήδη στην αρχαία Αίγυπτο και την Περσία. Η τεχνική αυτή βασίζεται στο φυσικό φαινόμενο της εξάτμισης του νερού, για την απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας από το εσωτερικό του κτηρίου στο περιβάλλον. Η αισθητή θερμότητα απορροφάται από τον αέρα και χρησιμοποιείται ως λανθάνουσα θερμότητα για την εξάτμιση του νερού. Έτσι, μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα και αυξάνεται η υγρασία του, γι' αυτό η τεχνική αυτή πρέπει να εφαρμόζεται μόνο σε περιοχές με ζεστό και ξηρό κλίμα.

Ο εξατμιστικός δροσισμός μπορεί να είναι είτε άμεσος με εσωτερικές δεξαμενές νερού, όπως για παράδειγμα τεχνητές λίμνες, δεξαμενές ή πισίνες, σε κατάλληλη θέση, έτσι ώστε ο εισερχόμενος αέρας να απορροφά υγρασία και στη συνέχεια να ψύχει το χώρο, είτε έμμεσος, είτε ακόμη και υβριδικός. Έμμεσος εξατμιστικός δροσισμός επιτυγχάνεται τόσο με τον ψεκασμό της οροφής με νερό, όσο και με οροφές νερού, έναν τοίχο θερμικής αποθήκευσης δηλαδή, που περιλαμβάνει πλαστικούς σάκους γεμάτους νερό ή δεξαμενή νερού στην οροφή του κτηρίου. [6, 21]

Τέλος, υπάρχουν και συστήματα δροσισμού με **ακτινοβολία**, τα οποία βασίζονται στις απώλειες θερμότητας λόγω εκπομπών μεγάλου μήκους ακτινοβολίας, από ένα σώμα προς ένα άλλο γειτονικό του, το οποίο έχει μικρότερη θερμοκρασία και αποτελεί τη δεξαμενή θερμότητας. Στην περίπτωση των κτηρίων το ψυχόμενο σώμα είναι το κέλυφος και η δεξαμενή θερμότητας το περιβάλλον. Υπάρχουν τρία είδη συστημάτων δροσισμού με ακτινοβολία: η λευκή οροφή, η κινητή μόνωση και ο μεταλλικός ακτινοβολητής.

Μια οροφή βαμμένη με λευκό χρώμα απορροφά μικρή ποσότητα θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας, οπότε η θερμοκρασία της παραμένει χαμηλή και έτσι ψύχεται εύκολα τη νύχτα.

Η κινητή μόνωση αποτελείται από ένα μονωτικό υλικό, που μετακινείται με το χέρι ή μηχανικά ώστε να καλύπτει την οροφή του κτηρίου, Τη θερινή περίοδο, η οροφή καλύπτεται την ημέρα, ενώ το βράδυ αφαιρείται το κάλυμμα για να διευκολύνεται η ψύξη της με ακτινοβολία. Η αντίθετη διαδικασία ακολουθείται κατά τη χειμερινή περίοδο.

Ο μεταλλικός ακτινοβολητής αποτελείται από διπλή μεταλλική πλάκα, που έχει ανακλαστική εξωτερική επιφάνεια και μόνωση στην κάτω πλευρά. Η ανακλαστικότητα εξασφαλίζεται με επικάλυψη της εξωτερικής επιφάνειας με μαύρο χρώμα ή με οξειδίο τιτανίου, αλουμινίου, ασβεστίου ή ψευδαργύρου. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η πάνω πλευρά εκπέμπει ακτινοβολία προς τον ουρανό, ενώ ο αέρας ψύχεται διερχόμενος μέσα από τις πλάκες και στη συνέχεια διοχετεύεται στο κτήριο. [6]

### 1.6.1.9 Εγκατάσταση παθητικών ηλιακών συστημάτων

Τα δομικά στοιχεία του κτηρίου, που αξιοποιούν τον ήλιο για τη θέρμανση χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων, ονομάζονται παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Τα συστήματα αυτά είναι απλές κατασκευές ενσωματωμένες στο κέλυφος του κτηρίου και συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τέλος, τη διανέμουν στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου. Έχουν νότιο προσανατολισμό, με δυνατότητα απόκλισης 30<sup>ο</sup> ανατολικά ή δυτικά, ενώ απαιτούν καλή θερμομόνωση των τοίχων και κινητή μόνωση με ρολά ή πατζούρια για τη νυχτερινή προστασία των ανοιγμάτων κατά τη χειμερινή περίοδο. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- **Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους**  
Αξιοποιούν άμεσα την ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται από νότια προσανατολισμένα γυάλινα ανοίγματα. Η αποτελεσματικότητά τους επηρεάζεται από την κλίση, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων, τον τύπο του υαλοπίνακα και τη θερμική μάζα των δομικών στοιχείων.
- **Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους**  
Αξιοποιούν με έμμεσο τρόπο την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτηρίων και μπορούν να είναι είτε τοίχοι θερμικής αποθήκευσης, είτε θερμοκήπιο προσαρτημένο στο κτήριο, είτε ηλιακό αίθριο.
- **Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους**  
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα θερμοσιφωνικά πανέλα και οι ηλιακοί συλλέκτες και χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι το γεγονός ότι η επιφάνεια συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται σε απόσταση από το χώρο που επιθυμείται να θερμανθεί. [6]

### 1.6.2 Ενεργειακή αναβάθμιση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων

Η ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο έργου βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός υφιστάμενου κτηρίου, εφόσον συντρέχει τουλάχιστον μία συνθήκη από τις ακόλουθες:

- η παρέμβαση συνοδεύει και συμπληρώνει μια παρέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης του κτηριακού κελύφους ή
- το κτηριακό κέλυφος πληροί τις προδιαγραφές της ισχύουσας νομοθεσίας για νέα κτήρια ή
- προκύπτει από την ενεργειακή μελέτη, ότι το κτήριο δεν παρουσιάζει σημαντικές δυνατότητες βελτίωσης από παρεμβάσεις στο κέλυφος ή
- τεκμηριώνεται ότι είναι αδύνατη η παρέμβαση για ενεργειακή αναβάθμιση του κτηριακού κελύφους.

Τα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της ισχύουσας νομοθεσίας για νέα κτήρια και οι συσκευές να είναι τουλάχιστον ενεργειακής κατηγορίας A.

Θα πρέπει, ακόμη, το κόστος των παρεμβάσεων στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις να είναι τέτοιο ώστε ο χρόνος απόσβεσης της κάθε δράσης να είναι μικρός. [22]

### 1.6.2.1 Αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης

Κεντρική θέρμανση είναι ένα κεντρικό σύστημα εγκατεστημένο σε ένα κτήριο, με σκοπό την παραγωγή θερμότητας για τη θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού. Αποτελείται από ένα σύνολο αλληλοσυνδεδεμένων συσκευών και οργάνων και η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στους διάφορους χώρους μέσω ενός θερμαντικού μέσου (νερό, ατμός, αέρας) μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων ή αεραγωγών ή με συνδυασμό και των δύο.

Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης περιλαμβάνει το λέβητα, τον καυστήρα, τον κυκλοφορητή, τη δεξαμενή καυσίμων, τις διατάξεις ασφαλείας, τις σωληνώσεις, την καπνοδόχο και τα θερμαντικά σώματα.

Με συγκεκριμένες επεμβάσεις μπορεί να επιτευχθεί έως και 15% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση. Οι σημαντικότερες επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν σε ένα εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης είναι οι εξής:

- Θερμομόνωση περιβλήματος λέβητα, σωληνώσεων και θερμαντήρα νερού,
- τακτική επιθεώρηση και συντήρηση εγκατάστασης,
- τοποθέτηση θερμοστατικών διακοπών στα θερμαντικά σώματα και ακριβείς θερμοστάτες χώρων,
- τοποθέτηση συστήματος αντιστάθμισης,
- αντικατάσταση υφιστάμενου λέβητα και καυστήρα με νέους υψηλής απόδοσης,
- αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης πετρελαίου με φυσικό αέριο, όπου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο,
- αποφυγή κυκλικής λειτουργίας λέβητα,
- τοποθέτηση διαφράγματος στον καπναγωγό.

Εκτός από τις συγκεκριμένες επεμβάσεις, προτείνεται η μείωση της προκαθορισμένης θερμοκρασίας χώρου, χωρίς όμως να επηρεάζεται η θερμική άνεση των χρηστών, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι μείωση της θερμοκρασίας του



χώρου κατά 1°C, εξοικονομεί περίπου 6% καύσιμο. Ο χωρισμός των χώρων ενός κτηρίου σε ζώνες, που χρειάζονται θέρμανση σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα και ο συνεπακόλουθος χωρισμός της εγκατάστασης σε ζώνες, μπορεί να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς η ρύθμιση της λειτουργίας γίνεται για κάθε ζώνη με χρονοδιακόπτες και χρονοθερμοστάτες. [22, 23]

### 1.6.2.2 Αναβάθμιση συστημάτων ψύξης

Τα συστήματα ψύξης έχουν την ιδιότητα να αφαιρούν θερμότητα από τον ψυχόμενο χώρο. Αποτελούνται, δε, από το συμπιεστή, το συμπυκνωτή, την εκτονωτική βαλβίδα, τον εξατμιστή και τον ηλεκτρικό κινητήρα, ενώ για τη λειτουργία τους απαιτείται μια κατάλληλη χημική ουσία, το ψυκτικό μέσο.

Τα συστήματα ψύξης, που χρησιμοποιούνται για τον κλιματισμό των χώρων, διακρίνονται στα αυτόνομα κλιματιστικά συστήματα και στα κεντρικά ψυκτικά συστήματα. Τα αυτόνομα κλιματιστικά είναι εργοστασιακά συναρμολογημένες μονάδες και χρησιμοποιούνται σε μικρά κτήρια, σε αντίθεση με τα κεντρικά ψυκτικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλα κτηριακά συγκροτήματα. Ακόμη, έχουν μικρότερη απόδοση και διάρκεια ζωής σε σχέση με τα κεντρικά συστήματα. Γι' αυτό, συνιστάται σε μεγάλα κτήρια να αντικαθίστανται τα αυτόνομα κλιματιστικά με κεντρικά συστήματα ψύξης, τα οποία μπορούν να λειτουργούν και σε free cooling mode.

Οι σημαντικότερες επεμβάσεις, με τις οποίες μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια σε ποσοστό έως και 40% είναι οι ακόλουθες:

- αντικατάσταση υφιστάμενου συστήματος με νέο, υψηλής απόδοσης,
- μετασκευή υφιστάμενου συστήματος με:
  - αντικατάσταση συμβατικών ψυκτικών μέσων από οικολογικά,
  - αύξηση της επιφάνειας του εξατμιστή και του συμπυκνωτή για καλύτερη μεταφορά θερμότητας,
  - απολύμανση του νερού του συμπυκνωτή για την αποφυγή των επικαθίσεων και της βιολογικής ρύπανσης,
  - αύξηση της διατομής των σωληνώσεων του ψυκτικού μέσου για τη μείωση των τριβών,
  - βελτίωση της απόδοσης του συμπυκνωτή,
- βελτιστοποίηση της μόνωσης των ψυκτικών θαλάμων και των δικτύων σωληνώσεων,
- περιοδική συντήρηση συμπιεστή,
- χρήση καλών συστημάτων ελέγχου,
- πρόψυξη του κτηρίου,
- χρήση εξοικονομητή για την ελεγχόμενη εισαγωγή και χρήση του εξωτερικού αέρα στο κτήριο,
- εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας
  - στα κανάλια απόρριψης και εισαγωγής αέρα εφόσον αυτά βρίσκονται το ένα κοντά στο άλλο,
  - στις αντλίες θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης,

- αποθήκευση ψυκτικής ενέργειας,
- χρήση ψυκτών φυσικού αερίου,
- ορθολογική διαχείριση της ροής του αέρα. [22, 23]

### 1.6.2.3 Αναβάθμιση κυκλοφορητών – κινητήρων

Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να γίνει με την αναβάθμιση των κυκλοφορητών και των κινητήρων των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των κτηρίων. Η πρόοδος της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην ύπαρξη κυκλοφορητών και κινητήρων υψηλής απόδοσης, οι οποίοι μπορούν να επιτύχουν εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από τους κυκλοφορητές έως και 60%. Εάν ο σύγχρονος κινητήρας συνδυαστεί με βελτιωμένη φτερωτή, πράγμα εφικτό από τις υψηλές ταχύτητες περιστροφής των κινητήρων υψηλής απόδοσης, η υδραυλική αποδοτικότητα μπορεί να αυξηθεί από 35% έως 60%.

Με το συνδυασμό αυτών των δύο μέτρων, οι κυκλοφορητές υψηλής απόδοσης επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 40%, σε σχέση με το 5-25% των ασύγχρονων κινητήρων. Επιπλέον, με την χρήση ρυθμιστών στροφών (inverter), σε συμβατικούς κινητήρες ισχύος μεγαλύτερης των 500W, όπως στους ανεμιστήρες των ΚΚΜ μπορεί να επιτευχθεί πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 25% ανάλογα με την περίπτωση και τις συνθήκες λειτουργίας. [22]

### 1.6.2.4 Μηχανικός αερισμός (freecooling)

Ως freecooling ορίζονται οι τεχνολογίες και τα συστήματα που εκμεταλλεύονται τις χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, όταν υπάρχουν, ούτως ώστε να παραληφθεί από τον εξωτερικό αέρα μέρος του ψυκτικού φορτίου του χώρου και να μειωθούν, έτσι, οι απαιτήσεις της μηχανικής ψύξης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εξοικονομούνται σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο μηχανικός αερισμός, μπορεί να γίνει είτε μέσω του κεντρικού συστήματος κλιματισμού σε freecooling mode είτε μέσω υφισταμένων αεραγωγών ή και απλών ανεμιστήρων εισαγωγής και απαγωγής αέρα στους χώρους. Θα πρέπει η επιπλέον κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία αυτών των συστημάτων, να είναι αρκετά χαμηλή. Κατ' αυτόν τον τόπο μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια για ψύξη σε ποσοστό έως και 15%. [22, 24]

### 1.6.2.5 Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες

Οι ανεμιστήρες και ιδιαίτερα οι ανεμιστήρες οροφής συμπληρώνουν το φυσικό και το μηχανικό αερισμό, αυξάνοντας ελάχιστα την ενεργειακή κατανάλωση. Ο υβριδικός αερισμός, όπως αποκαλείται, βοηθά στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες κατά 2 ή ακόμη και 3 °C από τις συνήθεις, καθώς με την

κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Η χρήση ανεμιστήρων μειώνει την αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων στα κτήρια για πολλές ώρες το χρόνο.

Μελέτες σε κτήρια κατοικιών και σχολείων στην Ελλάδα έχουν δείξει ότι με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής σε κτήρια που εφαρμόζουν κατάλληλες τεχνικές φυσικού δροσισμού, έχουν δηλαδή επαρκή σκίαση και νυχτερινό αερισμό, εκμηδενίζονται οι ανάγκες για κλιματισμό. Αυτό συμβαίνει γιατί δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης σε υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι αν δεν υπήρχε υβριδικός αερισμός, οι οποίες, όμως, στα φυσικά δροσιζόμενα κτήρια είναι αρκετά χαμηλότερες από τις εξωτερικές.

Αντίστοιχα, σε κτήρια του τριτογενή τομέα η χρήση των ανεμιστήρων οροφής μειώνει σημαντικά τις ώρες λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού, αλλά και αυξάνει την απόδοσή τους την ώρα λειτουργία τους, καθώς ανεβάζει σημαντικά τη θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη. [25]

Η εξοικονομούμενη ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη μπορεί να φτάσει έως και 30%. [22]

#### **1.6.2.6 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού**

Με τον ορθό ενεργειακά σχεδιασμό του συστήματος τεχνητού φωτισμού και την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, μπορεί να επιτευχθεί πολύ σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού δεν εξαρτάται μόνο από το σχεδιασμό της εγκατάστασης και τις απαραίτητες διατάξεις που χρησιμοποιούνται σε αυτήν (π.χ. αισθητήρες φωτισμού), αλλά και από την αρχιτεκτονική δομή του κτηρίου (προσανατολισμός, ανοίγματα) και τα στοιχεία που τοποθετούνται σε αυτό (σκίαστρα, υαλοπίνακες). Από την άλλη πλευρά, η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση του συστήματος τεχνητού φωτισμού εξαρτάται από τη μελέτη φωτισμού, τα χρησιμοποιούμενα στοιχεία (φωτιστικά, λαμπτήρες, αισθητήρες) και το κατά πόσο μπορεί να υποκαταστήσει ο φυσικός φωτισμός τον τεχνητό.

Ο σχεδιασμός ενός νέου συστήματος φωτισμού ή η αναβάθμιση ενός υφιστάμενου, πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις για εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά ταυτόχρονα να γίνονται οι μικρότερες δυνατές παραχωρήσεις όσον αφορά στην οπτική άνεση και την αισθητική του συστήματος. Και αν το ζήτημα της αισθητικής είναι υποκειμενικό και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από τις προτιμήσεις των χρηστών / ιδιοκτητών ενός κτηρίου, το θέμα της οπτικής άνεσης καθορίζεται από διεθνή πρότυπα και κανονισμούς. Καθορίζεται, σαφώς, τόσο η απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού, ανάλογα με τη χρήση και τις λειτουργικές απαιτήσεις του εκάστοτε χώρου, όσο και η ποιότητα του φωτισμού. Η τελευταία εξασφαλίζεται με καλή κατανομή και αποφυγή φαινομένων θάμβωσης, κατάλληλη χρωματική απόδοση και θερμοκρασίας χρώματος φωτισμού, ανάδειξη στοιχείων χώρου, κατεύθυνση φωτισμού και δημιουργία κατάλληλων αντιθέσεων. [22]

Με τις κατάλληλες επεμβάσεις μπορεί να επιτευχθεί συνολικά έως και 30% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. [22]

#### **1.6.2.6.1 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού**

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, η έλλειψη συμμόρφωσης στους κανονισμούς και τα διεθνή πρότυπα των μελετών φωτισμού οδήγησε σε μια άναρχη κατάσταση και σε εγκαταστάσεις, οι οποίες ήταν και ενεργειακά μη αποδεκτές και ανεπαρκείς για να καλύψουν στοιχειώδεις συνθήκες οπτικής άνεσης. Πολλές φορές παρατηρείται σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης, ενώ η τεχνολογία τους είναι ξεπερασμένη. Με κατάλληλες, όμως, επεμβάσεις και με μια μελετημένη ενεργειακή αναβάθμιση μπορούν τα φαινόμενα αυτά να μειωθούν ή και να εξαλειφθούν και να επιτευχθεί πολύ σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει το κόστος των επεμβάσεων να μην είναι υπέρογκο και να αποσβεννύεται σε λογικό χρονικό διάστημα.

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

- επιλογή ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων,
- επιλογή ενεργειακά αποδοτικών συνδετικών διατάξεων (π.χ. ηλεκτρονικά ballast),
- βελτίωση των φωτιστικών σωμάτων,
- συστήματα ελέγχου φωτισμού για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης,
- ένταξη / βελτίωση διαδικασιών συντήρησης,
- παρεμβάσεις στο σχεδιασμό του συστήματος. [26]

#### **1.6.2.6.2 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού**

Η σωστή χρήση του φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα στα κτήρια που χρησιμοποιούνται κυρίως την ημέρα, μπορεί, με την αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού μέσω κατάλληλων διατάξεων (π.χ. χρήση αισθητήρων φωτισμού), να συμβάλει σημαντικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα, στην οπτική άνεση και στην ευεξία των ενοίκων. Επιπλέον, ο φυσικός φωτισμός έχει μεταβλητότητα και ευαισθησία που είναι πιο ευχάριστη από το σχετικά μονότονο περιβάλλον που παρέχεται από το τεχνητό φως. Βοηθά στη δημιουργία εξαιρετων συνθηκών εργασίας αποκαλύπτοντας τη φυσική διαφορά και το χρώμα των αντικειμένων. Τα παράθυρα και οι φεγγίτες παρέχουν τη δυνατότητα επαφής των χρηστών με τον έξω κόσμο, προσφέροντας μια εναλλακτική μακρινή θέα που ξεκουράζει τα μάτια ύστερα από πολλή εργασία σε κοντινή θέση. Παρέχει ένα αίσθημα ευδιαθεσίας και την αντίληψη του ευρέως περιβάλλοντος στο οποίο ζει ο άνθρωπος. Υποστηρίζεται ότι η έκθεση στο φυσικό φως μπορεί να έχει ευεργετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία.

Βέβαια, η ολική στάθμη του συνολικού φωτισμού και η διανομή του φωτός στο χώρο πρέπει να μελετώνται προσεκτικά, ούτως ώστε να αποφεύγονται υπερβολικές αντιθέσεις στις στάθμες φωτισμού και τη θάμβωση.

Ο φυσικός φωτισμός εξαρτάται από τα καιρικά φαινόμενα και το μικροκλίμα της κάθε περιοχής και ως εκ τούτου παρουσιάζει μια αβεβαιότητα και μια μεταβλητότητα. Γι' αυτό, πρέπει πάντα τα συστήματα τεχνητού φωτισμού να είναι διαθέσιμα ώστε να συμπληρώνουν το φυσικό φωτισμό, όταν αυτό είναι αναγκαίο. [27]

Ένα καλό σύστημα φυσικού φωτισμού έχει έναν αριθμό στοιχείων, τα πιο πολλά από τα οποία πρέπει να ενσωματωθούν στη μελέτη του κτηρίου κατά το αρχικό στάδιό της. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία σε σχέση με την επίπτωση του φυσικού φωτισμού στο κτήριο:

- ο προσανατολισμός, η οργάνωση και η γεωμετρία των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν,
- η εγκατάσταση, το σχήμα και οι διαστάσεις των ανοιγμάτων διαμέσου των οποίων θα περάσει το φως της ημέρας,
- η θέση και οι ιδιότητες της επιφάνειας των εσωτερικών χωρισμάτων που ανακλούν το φυσικό φως και παίζουν ρόλο στη διανομή του,
- η θέση, το σχήμα, οι διαστάσεις κτλ. των κινητών ή μόνιμων διατάξεων που παρέχουν προστασία από το υπερβολικό φως και τη θάμβωση,
- το φως και τα θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών των υαλοστασίων. [27]

Τα συστήματα για την παροχή φωτισμού στα κτήρια μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

- παράθυρα (ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία),
- ανοίγματα οροφής,
- αίθρια και
- φωταγωγοί. [28]

### 1.6.2.7 Εγκατάσταση θερμού νερού χρήσης

Για να παραχθεί θερμό νερό χρήσης χρησιμοποιούνται, ανάλογα με το σύστημα, ορυκτά καύσιμα (λέβητες πετρελαίου ή φυσικού αερίου), ηλεκτρισμός (θερμοσίφωνα ή αντλία θερμότητας), ηλιακή ενέργεια (ηλιακοί θερμοσίφωνα). Σε κάθε σύστημα, απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία των κυκλοφορητών.

Οι θερμικές απώλειες παρουσιάζονται σε όλα τα στάδια της ροής από την παραγωγή έως τη χρήση του θερμού νερού. Απώλειες υπάρχουν στο λέβητα, λόγω κακής ρύθμισής του και ανεπαρκούς θερμομόνωσης, αλλά και κατά τη διανομή, εξαιτίας ανεπαρκούς θερμομόνωσης στις σωληνώσεις και κακής λειτουργίας του κυκλοφορητή. Η εγκατάσταση παρουσιάζει, ακόμη, απώλειες αποθήκευσης, που οφείλονται σε κακή σύνδεση του θερμομαντήρα νερού με το δίκτυο, ανεπαρκή θερμομόνωση και κακή στρωμάτωση του νερού στο θερμομαντήρα. Τέλος, η άσκοπη κατανάλωση του νερού και η υπερβολική, πολλές φορές, θερμοκρασία του χαρακτηρίζονται ως απώλειες χρήσης.

Οι μεγαλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας έγκεινται στη θερμομόνωση της εγκατάστασης και –κατά κύριο λόγο– των σωληνώσεων. Πρέπει, ακόμη, να επιθεωρείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να συντηρείται επαρκώς. Τέλος, πρέπει οι καταναλωτές να περιορίσουν την άσκοπη κατανάλωση ζεστού νερού και να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία σε πιο χαμηλά επίπεδα, κάτι το οποίο μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση αυτοματισμών. [23]

### 1.6.2.8 Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης (BEMS)

Το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτηρίου ή Building Energy Management System (BEMS) έχει ως σκοπό τη διαρκή επιτήρηση και τον έλεγχο των ενεργειακών συστημάτων ενός κτηρίου ή συγκροτήματος κτηρίων. Έτσι, εξασφαλίζεται η δυνατότητα καταγραφής της καταναλισκόμενης ενέργειας και των παραμέτρων άνετης διαβίωσης, ενώ μπορούν να γίνουν έγκαιρα επεμβάσεις έκτακτης ανάγκης και να μειωθεί το λειτουργικό κόστος για τη συντήρηση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Το σύστημα αυτό ελέγχει και ρυθμίζει ταυτόχρονα ένα σύνολο παραμέτρων, όπως την εσωτερική θερμοκρασία, την υγρασία, την ταχύτητα του αέρα, τα επίπεδα φωτισμού και τη θάμβωση, των οποίων η ταυτόχρονη ρύθμιση είναι συχνά αντιφατική. Αποτελείται από αισθητήρες, ενεργοποιητές, ελεγκτές και υπολογιστικές διατάξεις, που ρυθμίζουν τη λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων με βάση τις επιθυμητές τιμές των παραμέτρων, οι οποίες διαμορφώνουν το εσωκλίμα των κτηρίων. Οι αισθητήρες μετρούν την τιμή των παραμέτρων ελέγχου, οι ενεργοποιητές μεταβάλλουν τον τρόπο λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων, που συνδέονται με το σύστημα και οι ελεγκτές αποτελούν τον εγκέφαλο του συστήματος, γιατί καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας και συντονισμού των ενεργειακών συστημάτων, ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων ελέγχου.

Η λειτουργία του συστήματος περιλαμβάνει τέσσερα στάδια. Στο πρώτο στάδιο ανιχνεύονται ή μετρώνται, μέσω των αισθητήρων, οι παράμετροι που καθορίζουν ή επηρεάζουν το εσωκλίμα των κτηρίων. Στο δεύτερο γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις και ρυθμίσεις, ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων και τη στρατηγική ελέγχου, που έχει επιλεγεί. Στη συνέχεια καταγράφονται οι στρατηγικές ελέγχου και οι αποδόσεις των ενεργειακών συστημάτων και στο τελευταίο στάδιο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρέμβει για να βελτιώσει τη στρατηγική ελέγχου.

Το σύστημα BEMS μπορεί να ελέγχει και να ρυθμίζει μια πλειάδα κτηριακών εγκαταστάσεων και συστημάτων, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι:

- η εγκατάσταση θέρμανσης,
- η εγκατάσταση κλιματισμού,
- η εγκατάσταση αερισμού,
- η εγκατάσταση φωτισμού,
- η ποιότητα αέρα,
- η υδραυλική εγκατάσταση,
- η ηλεκτρική εγκατάσταση,

- το σύστημα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης,
- η εγκατάσταση συναγερμού και το
- σύστημα σκιάστρων / ανοιγμάτων.

Το σύστημα BEMS έχει τη δυνατότητα της χρονικής καταγραφής των γεγονότων σε μια βάση δεδομένων, με σκοπό την ορθολογική λειτουργία και τη διενέργεια προληπτικής συντήρησης των εγκαταστάσεων. Επιτηρεί, ακόμη, την κατανάλωση καυσίμου και την απόδοση καύσης και ελέγχει τη συχνότητα εκκίνησης πολλών μονάδων παραγωγής θερμότητας και ψύξης. Τέλος, ο έλεγχος και η επιτήρηση του κτηρίου μπορεί να γίνουν μέσω υπολογιστών, smartphones ή palmtops, χρησιμοποιώντας ασύρματη σύνδεση προς το Διαδίκτυο και μια ή περισσότερες κάμερες μέσα στο κτήριο.

Η εγκατάσταση ενός συστήματος BEMS συντελεί στη συντονισμένη και ορθολογική λειτουργία των σύγχρονων εγκαταστάσεων σε μεσαία και μεγάλα κτηριακά συγκροτήματα και εξασφαλίζει σημαντική βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών των κτηρίων. Σε υπάρχοντα κτήρια ένα σύστημα BEMS αποτελεί συμπληρωματική παρέμβαση και πρέπει να εγκαθίσταται, εφόσον έχουν ληφθεί άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. [23]

### **1.6.3 Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στα κτήρια**

Η ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στα κτήρια αποτελεί πρωταρχικό στόχο της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής. Εκτός από τα οφέλη εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων, συμβάλλουν και στην απεξάρτηση από συμβατικές πηγές ενέργειας και επομένως στην προστασία του περιβάλλοντος. Ορισμένα κτήρια, δε, καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες τους με Α.Π.Ε. και χαρακτηρίζονται ως «πράσινα κτήρια».

#### **1.6.3.1 Ηλιακή ενέργεια**

##### **1.6.3.1.1 Φωτοβολταϊκά**

Τα ποσά ενέργειας που λαμβάνει καθημερινά ο πλανήτης από τον ήλιο είναι τεράστια. Κατά μέσο όρο η επιφάνεια της Γης δέχεται καθημερινά ηλιακή ακτινοβολία ισχύος περίπου  $1,2 \times 10^{17} \text{ W}$ . Ο ήλιος παρέχει, δηλαδή, σε λιγότερο από μια ώρα επαρκή ποσότητα ενέργειας για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του ανθρώπινου πληθυσμού για έναν ολόκληρο χρόνο. Επομένως, είναι αναγκαία η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αξιοποίηση αυτού του «δώρου» από τον ήλιο στη Γη. Βέβαια, η διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας από τόπο σε τόπο είναι μεγάλη και εξαρτάται τόσο από γεωμετρικούς παράγοντες, όσο και από την ατμόσφαιρα και το

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα

πόσο αυτή επιδρά στην απορρόφηση, την ανάκλαση και τη σκέδαση των ηλιακών ακτινών.

Αν και πολλές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εξαρτώνται και από την ηλιακή ακτινοβολία (υδροηλεκτρική, αιολική), η μέθοδος που σχετίζεται άμεσα με αυτήν είναι η φωτοβολταϊκή. Για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιούνται διατάξεις που εκμεταλλεύονται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, σύμφωνα με το οποίο ημιαγώγιμα στοιχεία εμφανίζουν στις δύο επιφάνειές τους διαφορά δυναμικού, όταν προσπέσει πάνω στη μία επιφάνεια ηλιακή ακτινοβολία. [29]

Επειδή η πυκνότητα του παραγόμενου ρεύματος από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μεμονωμένα είναι σχετικά μικρή, συνδυάζονται και συνδεόμενα σε σειρά αποτελούν τα κύρια συστατικά των φωτοβολταϊκών γεννητριών. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες ή συστήματα συνδυάζονται με διατάξεις ελέγχου ή προστασίας, διατάξεις αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (μπαταρίες) και μετατροπής του συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται από πυρίτιο, το οποίο βρίσκεται σε αφθονία στη φύση, σε διάφορες μορφές του: άμορφο, μονοκρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό. Η απόδοσή τους κυμαίνεται ανάλογα με τη μορφή του πυριτίου και συνεχώς αυξάνεται, χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας. Αρχικά το κόστος τους ήταν απαγορευτικό, αλλά κι αυτό μειώνεται σταθερά με την πάροδο των χρόνων και πλέον θεωρείται μια συμφέρουσα πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας για τον κτηριακό τομέα. [30]

Για μεγαλύτερο οικονομικό όφελος θα πρέπει σε νέα κτήρια να λαμβάνεται υπόψη η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών στοιχείων στο κτηριακό κέλυφος ως δομικών στοιχείων του. Σε υπάρχοντα κτήρια απαιτείται μια πρόσθετη κατασκευή για την εγκατάσταση των στοιχείων, η οποία θα πρέπει να μην προκαλεί ιδιαίτερη αισθητική υποβάθμισή τους. Σε κάθε περίπτωση συστήνεται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία να εγκαθίστανται στην οροφή των κτηρίων, σε γυάλινες προσόψεις τους – εφόσον υπάρχουν– ή σε επιφάνειες προστασίας από καιρικές συνθήκες, όπως σκιάστρα ή στέγαστρα, ούτως ώστε να μην επιφέρουν μεγάλες αλλοιώσεις στη φυσιογνωμία και την αισθητική των κτηρίων.

Το ιδανικό για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι να «ακολουθούν» την πορεία του ήλιου, αλλά αυτό δεν είναι δυνατό για τις εγκαταστάσεις σε κτήρια, οπότε προτείνεται να τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό και σταθερή κλίση σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα με την τοποθεσία. Πρέπει, τέλος, να αποφεύγεται και η παραμικρή σκιάσή τους. [31]



**Σχήμα 1.6:** Ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία στο κτηριακό κέλυφος  
[Πηγή: [www.indiamart.com](http://www.indiamart.com)]



Τα φωτοβολταϊκά συστήματα σε κτήρια μπορεί να είναι είτε αυτόνομα είτε συνδεδεμένα στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Συνήθως –και εφόσον είναι τεχνικά εφικτό και οικονομικά συμφέρον– συνδέονται στο δίκτυο, ούτως ώστε να διατίθεται η πλεονάζουσα ενέργεια έναντι ενός προσυμφωνημένου αντιτίμου, αλλά και να υπάρχει η δυνατότητα λήψης ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, όταν η ηλιοφάνεια δεν επαρκεί για την παραγωγή ικανής ποσότητας ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου.

### 1.6.3.1.2 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

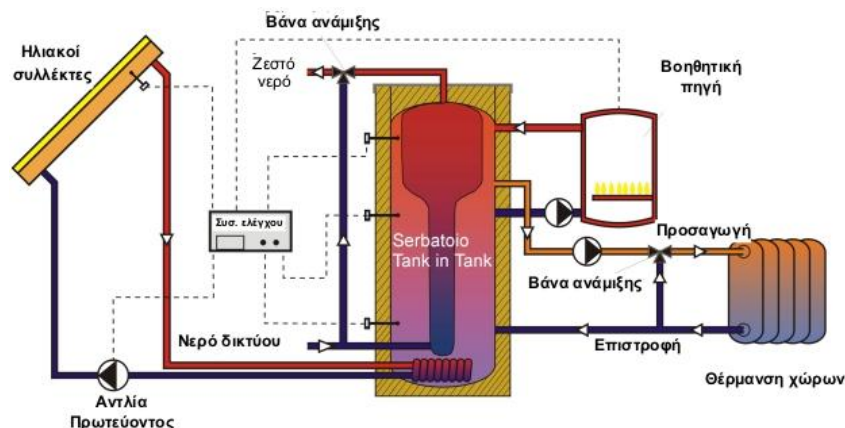
Τα συστήματα που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα και αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση, τον κλιματισμό ή την παραγωγή θερμού νερού χρήσης, ονομάζονται ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Διακρίνονται σε αυτόνομα, προθέρμανσης και υβριδικά συστήματα, ανάλογα με το αν συνδυάζονται ή όχι με συμβατικά συστήματα. Για τη συλλογή και αποθήκευση της ενέργειας χρησιμοποιούν είτε αέρα, οπότε πρόκειται για ηλιακά συστήματα αέρα, είτε υγρό (ηλιακά συστήματα υγρού), που είναι και η πιο διαδεδομένη κατηγορία.

Στην τελευταία κατηγορία περιλαμβάνονται οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι μπορούν να επιτύχουν ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας έως και 1400kWh σε μια τυπική οικιακή εγκατάσταση. Στην Ελλάδα, η αυξημένη ηλιοφάνεια καθιστά ιδιαίτερα αποδοτικούς τους ηλιακούς θερμοσίφωνες και ένα πολύ σημαντικό μέτρο ενεργειακής εξοικονόμησης είναι η παραγωγή –τουλάχιστον– του ζεστού νερού χρήσης να γίνεται από αυτές τις διατάξεις. [23]

Τα ενεργητικά ή θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ελλάδα, κυρίως για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Μπορούν, όμως, να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης και τον κλιματισμό των χώρων κερδίζει συνεχώς έδαφος, καθώς την εποχή που απαιτούνται τα ψυκτικά φορτία είναι αυξημένη η ηλιακή ακτινοβολία.

Ακόμη, εξαπλώνονται διαρκώς στην ευρωπαϊκή αγορά και ιδιαίτερα στη Γερμανία και την Αυστρία τα συνδυαστικά συστήματα (combi) τα οποία παράλληλα με την παραγωγή θερμού νερού χρήσης υποβοηθούν τη θέρμανση των χώρων. Σύμφωνα με τους Α. Αηδόνη, Β. Δρόσου και Μ. Καράγιωργα, οι προσομοιώσεις για τον Ελληνικό χώρο έδειξαν ότι τα συστήματα combi μπορούν να συνδυαστούν με συμβατικά συστήματα θέρμανσης, δίνοντας αξιόλογα ενεργειακά αποτελέσματα και καλύψεις του συνολικού θερμικού φορτίου που φτάνουν το 40 με 50%. [32, 33]

Τα γενικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος combi είναι τα ίδια με αυτά ενός κοινού κεντρικού ηλιακού συστήματος.



Σχήμα 1.7: Σχηματικό διάγραμμα συστήματος combi  
[Πηγή: ITW]

Όπως διακρίνεται και στο σχήμα, μια διάταξη combi αποτελείται κατά κύριο λόγο από τους ηλιακούς συλλέκτες και δύο δοχεία αποθήκευσης. Το δοχείο για το ζεστό νερό χρήσης είναι εμβαπτισμένο στο μεγαλύτερο δοχείο, στο οποίο κυκλοφορεί το ίδιο υγρό – νερό με αυτό του δικτύου θέρμανσης. Για τις περιόδους μειωμένης ηλιοφάνειας, οπότε και η ηλιακή ενέργεια δεν θα επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών, στο σύστημα εγκαθίσταται και μια βοηθητική θερμότητας, συχνότερα ένας λέβητας βιομάζας. [26]

Το σύστημα φροντίζει κατά προτεραιότητα για την πλήρη κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης και στη συνέχεια, εάν υπάρχει περίσσεια ενέργεια, ζεσταίνει το νερό θέρμανσης χώρου. Αν η περίσσεια ενέργεια δεν επαρκεί, το ηλιακό σύστημα παρακάμπτεται και η θέρμανση του χώρου γίνεται από τον καυστήρα, όπως στα συμβατικά συστήματα θέρμανσης.

Το κατά πόσο συνεισφέρουν τα συνδυαστικά ενεργητικά ηλιακά συστήματα εξαρτάται –κυρίως– από τις κλιματολογικές συνθήκες, το υψόμετρο, τη γεωγραφική θέση και το μέγεθος της εγκατάστασης. Ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης, μπορούν να καλύψουν από πολύ μικρό, έως και ποσοστό μεγαλύτερο από το 80% των ετήσιων αναγκών θέρμανσης. Βέβαια, πολύ υψηλές καλύψεις δεν αποτελούν οικονομικά βιώσιμες λύσεις. Η ιδανική σχέση κόστους - απόδοσης είναι η επίτευξη μιας κάλυψης της τάξης του 40-60% του συνολικού θερμικού φορτίου.

Καθοριστικοί παράγοντες για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης είναι ο προσανατολισμός και η γωνία κλίσης του συλλέκτη. Ο προσανατολισμός πρέπει να είναι νότιος με μέγιστη απόκλιση 20° και η γωνία κλίσης ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Τέλος, επειδή δεν είναι αποδοτική η θέρμανση του υγρού σε υψηλές θερμοκρασίες, τα combi συνδυάζονται ιδανικά με ενδοδαπέδια ή ενδοτοιχία θέρμανση. [23, 34]

### 1.6.3.2 Αιολική ενέργεια – Μικρές Ανεμογεννήτριες

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που αξιοποιεί τον άνεμο για την ηλεκτροπαραγωγή. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με τις

ανεμογεννήτριες. Η ισχύς τους ποικίλλει και διαχωρίζονται σε μικρές ή οικιακές και μεγάλες.

Οι μεγάλες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται κατά ομάδες, σε απομακρυσμένες εκτάσεις, μακριά από κατοικημένες περιοχές, συγκροτώντας κατ' αυτόν τον τρόπο αιολικά πάρκα μεγάλης συνολικής ισχύος. Παρότι έχουν κατασκευαστεί δεκάδες αιολικά πάρκα στην Ελλάδα την τελευταία εικοσαετία, υπάρχει σαφές περιθώριο μεγαλύτερης εκμετάλλευσης του αιολικού δυναμικού της χώρας. Σε πολλές περιπτώσεις μελέτες αιολικών πάρκων έμειναν απραγματοποίητες, εξαιτίας των αντιδράσεων τοπικών κοινωνιών, επειδή θεωρούσαν πως θα συνέτειναν στην υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος. Μπορεί τα αιολικά πάρκα να αλλοιώνουν τη μορφή του τοπίου, όπου εγκαθίστανται, όμως συμβάλλουν καθοριστικά στην προστασία του περιβάλλοντος, είναι σίγουρα προτιμότερα από εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με συμβατικά καύσιμα και μελέτες έχουν δείξει ότι δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις ούτε στον άνθρωπο ούτε στους υπόλοιπους οργανισμούς που ζουν κοντά σε αυτά.

Οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες στις βορειοευρωπαϊκές χώρες και τη Βόρεια Αμερική. Στη χώρα μας η απουσία συγκεκριμένου νομοθετικού πλαισίου, οικονομικών κινήτρων για την εγκατάστασή τους, αλλά και ενημέρωσης συνέβαλαν στην πολύ μικρή αξιοποίηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στον κτηριακό τομέα.

Τα μεγέθη των οικιακών ανεμογεννητριών διαφέρουν και η επιλογή τους εξαρτάται τόσο από τις ενεργειακές ανάγκες ενός κτηρίου όσο και από τις οικονομικές δυνατότητες. Οι μικρότερες έχουν διάμετρο μικρότερη από 1m και ισχύ μικρότερη από ένα kW, ενώ υπάρχουν ακόμη και ανεμογεννήτριες με διάμετρο 20m και ισχύ 50 kW. Το μέγεθος των μικρών ανεμογεννητριών εξαρτάται άμεσα από την ισχύ λειτουργίας τους.

Ενδεικτικά, μια ανεμογεννήτρια ισχύος 10kW έχει μέση διάμετρο πτερωτής 8m, μέσο ύψος πύργου 10m και η μέση ετήσια παραγωγή της για μέση ταχύτητα ανέμου 7m/sec ανέρχεται σε 30.000kWh. Αντίστοιχα, μια ανεμογεννήτρια 50kW έχει πτερωτή διαμέτρου 15m, ύψος πύργου 20m και παράγει για τις ίδιες συνθήκες περίπου 150.000kWh ηλεκτρικής ενέργειας το χρόνο.

Οι πιο συνηθισμένες παράμετροι για την κατηγοριοποίηση των μικρών ανεμογεννητριών είναι:

- η επιφάνεια σάρωσης του στροφείου (A),
- η διάμετρος του στροφείου (D) και
- η ονομαστική ισχύς λειτουργίας (P).

Όσον αφορά την τοποθέτησή τους, θα πρέπει να επιλέγονται σημεία που καθορίζονται από τους κανονισμούς, ούτως ώστε να μην προκαλούν οπτική ή ηχητική όχληση σε τρίτους, αλλά και να αξιοποιούν με το βέλτιστο δυνατό τρόπο το αιολικό δυναμικό της περιοχής. Γι' αυτό, πρέπει να τηρούνται αποστάσεις από γειτονικά κτήρια, αλλά ταυτόχρονα να μην απέχουν πολύ από το κτήριο που τροφοδοτούν, για να μην υπάρχουν απώλειες μεταφοράς, ενώ το ύψος του πύργου θα πρέπει να είναι τέτοιο, ούτως ώστε να μην υπάρχουν εμπόδια που θα μειώνουν την ένταση του ανέμου. [35]



**Σχήμα 1.8:** Μικρή ανεμογεννήτρια εγκατεστημένη σε στέγη  
[Πηγή: [www.windipedia.info](http://www.windipedia.info)]

Οι ανεμογεννήτριες είναι στοχαστικό σύστημα, καθώς εξαρτώνται άμεσα από τις ευμετάβλητες καιρικές συνθήκες. Οπότε δύσκολα μπορούν να λειτουργήσουν ως αυτόνομα συστήματα. Για να αυξηθεί η αυτονομία τους μπορούν να συνδυαστούν με φωτοβολταϊκά στοιχεία ή άλλες διατάξεις παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ.

### 1.6.3.3 Γεωθερμία

Η γεωθερμία είναι μια ανεξήγητα παραγκωνισμένη μορφή ενέργειας στην Ελλάδα. Το γεωθερμικό δυναμικό της χώρας αξιοποιείται σε πολύ μικρό ποσοστό, παρά το μεγάλο αριθμό γεωθερμικών πηγών και μάλιστα σε πολύ μικρά –και άρα οικονομικά προσιτά– βάθη. Σε ολόκληρο τον κόσμο γίνονται πολυδάπανες γεωτρήσεις σε πολύ μεγάλα βάθη για να βρεθούν γεωθερμικοί ταμειυτήρες ακόμη και χαμηλής ενθαλπίας, η θερμοκρασία των οποίων δεν υπερβαίνει τους 70 – 80°C. Οικισμοί, ακόμη και ολόκληρες πόλεις στη Σουηδία, την Κίνα, τη Γερμανία, τις Η.Π.Α. και αλλού αξιοποιούν τη γεωθερμία για να καλύψουν τις ανάγκες για θέρμανση, ενώ το 2008 παράγονταν ηλεκτρική ισχύς με γεωθερμική ενέργεια σε 24 χώρες. [36]

Οι χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλλουν και εκτείνονται από τα ιαματικά λουτρά, τις ιχθυοκαλλιέργειες, τις υδατοκαλλιέργειες, τα θερμοκήπια, την παραγωγή ανθρακικού για τα αναψυκτικά και την επεξεργασία του βιοαερίου, μέχρι την ηλεκτροπαραγωγή από γεωθερμικές μονάδες, την επεξεργασία χαρτοπολτού και χαρτιού, την επεξεργασία τροφίμων, την ξήρανση ξυλείας και το βάψιμο των υφασμάτων.

Όσον αφορά τα κτήρια, η γεωθερμία χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή και τη συμπαραγωγή θερμότητας, ενώ με τη βοήθεια γεωθερμικών αντλιών θερμότητας γίνεται ψύξη και θέρμανση όλο και περισσότερων κτηρίων. Τέλος, χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. [37]

### 1.6.3.4 Βιομάζα

Βιομάζα ονομάζεται καθετί που έχει οργανική προέλευση και κατ' επέκταση όποιο υλικό προέρχεται από το φυσικό περιβάλλον και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση του ενεργειακού περιεχομένου. Η ενέργεια της βιομάζας αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και προέρχεται από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Αποτελεί μια ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την παραγωγή υγρών καυσίμων (βιοντίζελ), ενεργειακές καλλιέργειες, καθώς και για την παραγωγή οργανοχουμικών λιπασμάτων από πτηνοτροφικά απόβλητα. [38]

Στον κτηριακό τομέα, η βιομάζα είναι η πιο αρχέγονη μορφή θέρμανσης. Από την εποχή των σπηλαίων ακόμη, η φωτιά, που ζέσταινε τους αρχέγονους, δεν ήταν παρά καύση βιομάζας. Εξάλλου, η καύση βιομάζας είναι η πιο εύκολα αξιοποιήσιμη μορφή ενέργειας για τη θέρμανση. Αλλά μέχρι και σχετικά πρόσφατα, τα κτήρια θερμαίνονταν κυρίως με διατάξεις που χρησιμοποιούσαν ως καύσιμο τη βιομάζα (τζάκι, ξυλόσομπες). Η βιομάζα χρησιμοποιείται διαχρονικά εκτός από τη θέρμανση των χώρων, στο μαγείρεμα και στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η συμμετοχή της βιομάζας στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, το 1960, ανέρχονταν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 40%, ενώ το 1980 περιορίστηκε, μόλις, στο 8% περίπου. [28, 39]

Η τεχνολογική εξέλιξη ανέπτυξε και αυτή τη μορφή ενέργειας και πλέον η ενεργειακή απόδοση της καύσης βιομάζας έχει αυξηθεί, ενώ με τις κατάλληλες διατάξεις μπορούν να θερμανθούν πολύ μεγαλύτεροι χώροι, ακόμη και κτήρια. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για θέρμανση χώρων είναι οι εξής:

- συμβατικά τζάκια,
- «ενεργειακά» τζάκια με υψηλούς βαθμούς απόδοσης και αεραγωγούς για να μεταφέρεται η θερμότητα σε πολλούς χώρους,
- συστήματα κεντρικής θέρμανσης με λέβητες ξύλου, πυρηνόξυλου ή πελλετών (pellets),
- σόμπες ξύλου, πελλετών, πυρηνόξυλου.

Την τελευταία δεκαετία έχει επιτευχθεί μεγάλη μείωση των εκπομπών των λεβήτων βιομάζας, ενώ οι αποδόσεις είναι αντίστοιχες των λεβήτων πετρελαίου και αερίου. Επίσης έχει ενισχυθεί και η αξιοπιστία της αυτόματης λειτουργίας του λέβητα. Οι σύγχρονοι λέβητες που χρησιμοποιούν τεμαχίδια ξύλου ή πελλέτες είναι συσκευές υψηλής τεχνολογίας με αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου, λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες και με ηλεκτρονικά ελεγχόμενη παροχή αέρα και έχουν απόδοση περισσότερο από 90% της ενέργειας που περιέχεται στο ξύλο για θέρμανση. Αν συγκριθούν με τα συμβατικά τζάκια που αποδίδουν το 10% της ενέργειας ή με τους συμβατικούς λέβητες ξύλου που αποδίδουν το 50% είναι σαφώς πιο αποδοτικοί.

Οι σύγχρονοι λέβητες ξύλου δεν παράγουν ορατό καπνό και οι εκπομπές τους είναι τόσο χαμηλές, όσο και αυτές των λεβήτων φυσικού αερίου. Τα πιο εξελιγμένα μοντέλα διαθέτουν αυτόματο σύστημα καθαρισμού των επιφανειών εναλλακτών

θερμότητας και αυτόματη απομάκρυνση της τέφρας. Ορισμένα μοντέλα συμπιέζουν την τέφρα, ώστε το καθάρισμα να είναι αναγκαίο μόνο δύο φορές το χρόνο. [39]

### 1.6.3.5 Τηλεθέρμανση

Τα δίκτυα τηλεθέρμανσης παρέχουν με ελάχιστο κόστος θερμό νερό, ατμό ή θερμό αέρα στους καταναλωτές για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, με αξιοποίηση της πρωτογενούς μορφής θερμικής ενέργειας που δεν μετατρέπεται σε άλλη μορφή ενέργειας (συνήθως ηλεκτρική), εφόσον υπάρχει τέτοιος σταθμός σε σχετικά κοντινή απόσταση. Μια εγκατάσταση τηλεθέρμανσης αποτελείται από το δίκτυο εκτός και το δίκτυο εντός του υπό εξυπηρέτηση κτηρίου. Στο δίκτυο που βρίσκεται έξω από το υπό εξυπηρέτηση κτήριο ανήκουν τα συγκροτήματα κτηρίων, τα οποία τροφοδοτούνται από κοινό λεβητοστάσιο. Το κάθε κτήριο του συγκροτήματος συνδέεται με την παραγωγική μονάδα με θερμομονωμένους αγωγούς διαφόρων τύπων ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης, το είδος του θερμοφορέα και το επιτρεπόμενο κόστος. Τα δίκτυα αυτά είναι –κατά κύριο λόγο– υπόγεια, σε επισκέψιμα ή μη κανάλια, με μεσολάβηση υποσταθμών, αν οι αποστάσεις είναι μεγάλες. Οι υποσταθμοί υπάρχουν τόσο για τη μετατροπή του θερμοφορέα όσο και για τη ρύθμιση της πίεσης του ατμού ή της θερμοκρασίας και της ποσότητας του διερχόμενου θερμού νερού, ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε κτηρίου.

Τα πλεονεκτήματα της τηλεθέρμανσης έναντι των συστημάτων ατομικής θέρμανσης, ειδικά σε οικισμούς και πόλεις, οι οποίες βρίσκονται κοντά σε ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι σαφή. Επειδή οι περιοχές αυτές έχουν ήδη επιβαρυσμένη ατμόσφαιρα από τους ρύπους των εργοστασίων, η τηλεθέρμανση περιορίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την περαιτέρω ατμοσφαιρική ρύπανση από τους –συνήθως κακοσυντηρημένους και με μειωμένη απόδοση καύσης– ατομικούς καυστήρες. Ακόμη, περιορίζεται ο κίνδυνος πυρκαγιών, λόγω μείωσης των εστιών, εξοικονομούνται τεράστιες ποσότητες καυσίμων και μειώνεται σημαντικά το κόστος θέρμανσης. Τέλος, η συνεχής λειτουργία εξασφαλίζει μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα της θέρμανσης στις ακραίες συνθήκες, εξοικονομεί υπόγειους χώρους στα κτήρια και εξασφαλίζει μεγαλύτερη καθαριότητα σ' αυτά.

Τα αστικά δίκτυα τηλεθέρμανσης, ανάλογα από τη θέση των κύριων καταναλωτών, την πυκνότητα ζήτησης και τη μορφή του οδικού δικτύου, μπορούν να είναι ανοικτά (ακτινωτά), κλειστά (δακτυλιοειδή) ή βρογχικά. [40]

Η πρώτη μικρού μεγέθους εγκατάσταση τηλεθέρμανσης στην Ελλάδα ξεκίνησε στην Πτολεμαΐδα το 1960. Συνέδεε τον οικισμό της ΔΕΗ στο Προάστιο Εορδαίας με τον ΑΗΣ Πτολεμαΐδας. Από τότε η τηλεθέρμανση αναπτύχθηκε και πλέον οι πόλεις της Κοζάνης, της Πτολεμαΐδας, του Αμυνταίου, του Φιλώτα και της Φλώρινας στη Δυτική Μακεδονία και της Μεγαλόπολης στην Πελοπόννησο απολαμβάνουν τα πλεονεκτήματά της, καθώς αξιοποιούν το θερμικό φορτίο των γειτονικών θερμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. [41]

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί την είσοδο στο κυρίως θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς πραγματεύεται τις ενέργειες και τις δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας με σκοπό την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού. Αναλύεται, ακόμη, πώς μπορεί να επιτευχθεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης με αυτοματισμούς ελέγχου του τεχνητού φωτισμού και με αισθητήρες φυσικού φωτισμού, αξιοποιώντας το φυσικό φωτισμό.

#### 2.1 Φωτισμός

Το φως αποτελεί πηγή ζωής. Η ύπαρξη φωτός καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας υπήρξε ανέκαθεν προτεραιότητα για τους ανθρώπους, τόσο για πρακτικούς, όσο και για ψυχολογικούς λόγους. Το σκοτάδι προκαλεί αίσθημα ανησυχίας στους ανθρώπους, ενώ αντίθετα όταν υπάρχει επαρκής φωτισμός δημιουργούνται αισθήματα ευφορίας. Ο ηλεκτρισμός συνέβαλλε καθοριστικά στην εξέλιξη του φωτισμού και από τους πυρσούς και τις λάμπες πετρελαίου έγινε η μετάβαση στους ηλεκτρικούς λαμπτήρες, οι οποίοι από τότε συνεχώς εξελίσσονται τεχνολογικά. Ταυτόχρονα, όμως, εξελίσσονται και άλλες μέθοδοι φυσικού ή τεχνητού φωτισμού, οι οποίοι θα αναλυθούν στη συνέχεια.

Στην Ελλάδα καταναλώνεται το 14% της ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των απαιτήσεων φωτισμού. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί στο 5% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης σε όλους τους τομείς. Στα κτήρια, ο φωτισμός καταναλώνει έως και 35% της συνολικής κατανάλωσής τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Σύμφωνα με στοιχεία του 2007, ο οικιακός τομέας καταναλώνει 90TWh και ο τριτογενής τομέας και οι βιομηχανίες περίπου 160TWh ανά έτος. Με τις κατάλληλες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να μειωθεί η κατανάλωση κατά 30 – 50%. [23, 42]

Τα κτήρια γραφείων χρησιμοποιούν από 30 έως και 50% της συνολικής ηλεκτρικής τους κατανάλωσης για φωτισμό, ενώ περίπου την ίδια κατανάλωση επί του συνόλου παρουσιάζουν και τα καταστήματα. Καθίστανται, έτσι, οι δύο πιο ενεργοβόρες, όσον αφορά στο φωτισμό, κατηγορίες κτηρίων. Ενδεικτικός είναι ο πίνακας που ακολουθεί, στον οποίο καταγράφεται το ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό επί της συνολικής κατανάλωσης, ανάλογα με το είδος του κτηρίου:

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Κατηγορίες κτηρίων	Ποσοστό φωτισμού επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας
Ξενοδοχεία	10 – 25%
Εμπορικά καταστήματα	25 – 50%
Βιομηχανίες	10 – 15%
Κτήρια Γραφείων	30 – 50%
Εκπαιδευτήρια	10 – 15%
Νοσοκομεία	15 – 25%

**Πίνακας 2.1:** Ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό ανάλογα με το είδος του κτηρίου [Πηγή: Συστήματα ελέγχου για εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό, Σιδέρης Νίκος]

Είναι, επομένως, επιτακτική η ανάγκη για μείωση του ποσοστού αυτού, καθώς με τις νέες τεχνολογίες στα συστήματα φωτισμού και την εφαρμογή των ενεργειακών κανονισμών, μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια και ταυτόχρονα να αναβαθμιστεί το αισθητικό αποτέλεσμα. Τέλος, είναι πολύ σημαντικό να βρεθεί η «χρυσή τομή» στο σχεδιασμό ενός νέου συστήματος φωτισμού μεταξύ της ενεργειακής αποδοτικότητας και της οπτικής άνεσης των χώρων.

### 2.2 Σχεδιασμός συστήματος φωτισμού

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος φωτισμού θα πρέπει να ξεκινά από τον αρχικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτηρίου. Για τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, που αποτελεί κυρίαρχη τάση τα τελευταία χρόνια, η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί βασική προτεραιότητα και η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού με συνεπακόλουθη μείωση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας συνιστά βασική παράμετρό της. Τα σύγχρονα υπολογιστικά εργαλεία, όπως τα προγράμματα προσομοίωσης φυσικού και τεχνητού φωτισμού και απόδοσης των ανοιγμάτων σε συνδυασμό με τα προϊόντα εξελιγμένης τεχνολογίας και υψηλής απόδοσης, τόσο στον τομέα της δόμησης όσο και στον τομέα του φωτισμού, αποτελούν σημαντικά βοηθήματα για την επίτευξη του βέλτιστου συνδυασμού ενεργειακής απόδοσης – οπτικής άνεσης. [42]

Σε περίπτωση που επιχειρείται ενεργειακή αναβάθμιση ενός συστήματος φωτισμού σε υφιστάμενο κτήριο, οι επεμβάσεις που απαιτούνται να γίνουν πρέπει να εξετάζονται συνολικότερα και να αξιολογούνται με βάση το κόστος τους. Γενικά, μπορούν να γίνουν αρκετές αλλαγές σε μια υπάρχουσα εγκατάσταση φωτισμού και να είναι οικονομικά αποδοτικές, αλλά οι μεγάλης κλίμακας επεμβάσεις στα κυκλώματα και τις διατάξεις ή στην εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού είναι πολύ δυσκολότερες και πιο δαπανηρές.

Παλαιότερα υπήρχε η τάση για την κατά το δυνατόν πιο ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού σε ολόκληρο το χώρο. Παρά τα πλεονεκτήματα της στρατηγικής αυτής, θεωρείται πλέον ξεπερασμένη και μη αποδοτική ενεργειακά, γιατί κατασπαταλά ενέργεια και οδηγεί συνήθως σε μονότονη εμφάνιση του χώρου. Με τους σύγχρονους κανόνες φωτισμού, η ένταση και η ομοιομορφία του φωτισμού καθορίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις, τη χρήση και τη διάταξη του εκάστοτε



χώρου. Δεν γίνεται, με άλλα λόγια, να φωτίζονται κατά τον ίδιο τρόπο και με την ίδια ένταση γραφεία, αίθουσες διδασκαλίας ή χειρουργεία, χώροι δηλαδή που απαιτούν υψηλότερα επίπεδα φωτισμού, με βοηθητικούς χώρους, όπως διάδρομοι, κλιμακοστάσια, αποθήκες και τουαλέτες. [43]

Σε κάθε περίπτωση, η διανομή του φωτός σε ένα χώρο θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποφεύγονται υπερβολικές διαφορές στο φως και στη σκιά, στοιχεία που θα μπορούσαν να ενοχλούν τους ενοίκους και να τους εμποδίζουν να βλέπουν επαρκώς. Ωστόσο θα πρέπει να διατηρηθεί αρκετή αντίθεση για να μπορεί να φανεί κάθε αντικείμενο. Τα ανοίγματα των παραθύρων και οι πηγές τεχνητού φωτός θα πρέπει να τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η θάμβωση. Πρέπει, ακόμη, να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα του φωτός που θα παρέχεται. Τόσο η σύνθεση του φάσματος όσο και η σταθερότητα του φωτός θα πρέπει να είναι οι κατάλληλες για την εργασία που πρόκειται να εκτελεστεί. [27]

Οι τεχνικές παρεμβάσεις που προτείνονται για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτηρίου στην εγκατάσταση φωτισμού αποφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση λειτουργικού κόστους. Ωστόσο, για την εφαρμογή τους απαιτείται η εκπόνηση μελέτης φωτισμού για το σωστό σχεδιασμό, ώστε εκτός από τη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, να επιτευχθούν συνθήκες οπτικής άνεσης. Τα επίπεδα φωτισμού για κάθε είδος χώρου και για την εκτέλεση διαφόρων τύπων εργασιών καθορίζονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464-1 και σε εθνικό επίπεδο από τον Κ.Εν.Α.Κ. και την ΤΟΤΕΕ (Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010).

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

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

### **2.2.1 Ελάχιστες απαιτήσεις**

Για τον ορθό σχεδιασμό και τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση των συστημάτων τεχνητού φωτισμού, δίνεται πίνακας ελαχίστων απαιτήσεων, για κτήρια εκτός

Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

κατοικιών, που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατασκευή ή την ανακαίνιση ενός κτηρίου. Στον πίνακα δίνονται η απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς ( $W/m^2$ ) γενικού φωτισμού και η στάθμη φωτισμού (lux) για διάφορους χώρους του κτηρίου ανάλογα με της λειτουργία τους. Η τιμή της στάθμης φωτισμού, που δίνεται για κάθε χώρο, είναι η μέση απαιτούμενη εργονομική στάθμη. Τα κριτήρια φωτισμού περιγράφονται αναλυτικά στην Τεχνική Οδηγία 20701-1/2012 και στις διευκρινίσεις – προσθήκες της. Ενδεικτικά παρατίθενται οι ακόλουθοι χώροι:

Χρήση Κτηρίου	Χρήση Χώρου	Στάθμη Φωτισμού (lux)	Εγκατεστημένη Ισχύς για κτήριο αναφοράς ( $W/m^2$ )	Επίπεδο Μέτρησης
Κτήριο Γραφείων	Γραφείο	500	16	0,80
	Βιβλιοθήκη	500		
	Αίθουσες Συνεδριάσεων	500		
Σχολεία – Εκπαιδευτικό Ίδρυμα	Αίθουσες Διδασκαλίας	300	9,6	0,80
	Αίθουσα διδασκαλίας ενηλίκων	500	16	
	Αίθουσες διαλέξεων	500	16	
Νοσοκομείο	Θάλαμος	100	3,2	0,80
	Αίθ. Αναμονής	300	9,6	
	Χειρουργείο	1000	32	
Ξενοδοχείο	Χειμερινή / Θερινή Λειτ/γία	300	9,6	
Αθλητική Εγκατάσταση	Αίθουσα Άθλησης	300	9,6	0,10
Καταστήματα	Εμπορικό κέντρο, αγορά, υπεραγορά	300	9,6	0,80
	Καταστήματα, Φαρμακείο	500	16	
Χώροι Κυκλοφορίας Κοινού	Διάδρομοι	200	6,4	0,50
	Σκάλες	200		

**Πίνακας 2.2:** Στάθμη γενικού φωτισμού και εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου και επιμέρους χώρων

[Πηγή: Διευκρινίσεις – Προσθήκες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010]

Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ πρέπει η ελάχιστη φωτεινή αποδοτικότητα των φωτιστικών σωμάτων να είναι 55lm/W. Η φωτεινή αποδοτικότητα είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας επιλογής των φωτιστικών σωμάτων και σε μελέτες φωτισμού θα πρέπει η συνολική φωτεινή αποδοτικότητα των να υπολογίζεται μεγαλύτερη από το κατώτερο όριο των 55lm/W.

## 2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού

Οι σημαντικότερες μέθοδοι εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις τεχνητού φωτισμού εσωτερικών χώρων είναι οι εξής:

- επιλογή φωτιστικών σωμάτων που παρέχουν το βέλτιστο συνδυασμό αισθητικής προσαρμογής στο χώρο, ανάδειξης των χαρακτηριστικών του, ποιότητας του φωτισμού και υψηλής ενεργειακής απόδοσης,
- χρησιμοποίηση λαμπτήρων αυξημένης φωτεινής απόδοσης (lm/W) και με τον κατάλληλο συνδυασμό χρωματικής και φωτεινής απόδοσης,
- χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων (ηλεκτρονικών ballast) αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών,
- εγκατάσταση συστήματος κεντρικής διαχείρισης (BMS) ή αυτοματισμών τοπικής εμβέλειας, όπως αισθητήρες παρουσίας, αισθητήρες φωτισμού, ρυθμιστές φωτισμού ή χρονοδιακόπτες,
- διόρθωση συντελεστή ισχύος είτε τοπικά στο φωτιστικό είτε κεντρικά στον πίνακα διανομής,
- τακτική συντήρηση της εγκατάστασης φωτισμού. [44]

Στις επόμενες ενότητες θα αναλυθούν διεξοδικότερα οι μέθοδοι αυτές.

### 2.3.1 Διατάξεις έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων εκκένωσης

Για να λειτουργήσουν οι λαμπτήρες εκκένωσης είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα σύστημα έναυσης και λειτουργίας τους (ballast). Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast (στραγγαλιστικά πηνία), αλλά με την πάροδο των χρόνων αντικαταστάθηκαν από ηλεκτρονικά. Κι αυτό γιατί τα συμβατικά ballast χαρακτηρίζονταν από χαμηλή απόδοση και υψηλές απώλειες.

#### 2.3.1.1 Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων (electronic ballasts)

Υπολογίζεται ότι με τα ηλεκτρονικά ballast εξοικονομείται ενέργεια έως και 25% σε σχέση με τα παρωχημένα ηλεκτρομαγνητικά παλαιάς τεχνολογίας. Αυτός είναι ο κύριος λόγος που –όσον αφορά τουλάχιστον στην ΕΕ– έχουν σχεδόν εξαλειφθεί από την αγορά τα συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast και η συντριπτική πλειοψηφία των καινούργιων φωτιστικών φέρουν σύγχρονα ηλεκτρονικά ballast. Σταδιακά τα ηλεκτρομαγνητικά ballast αναμένεται να εκλείψουν από την παγκόσμια αγορά και να αντικατασταθούν ολοκληρωτικά.

Η εξοικονόμηση ενέργειας και ταυτόχρονα τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών ballast έγκειται:

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

- στην καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα,
- στη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα και
- στις μικρότερες απώλειες ενέργειας στο στραγγαλιστικό πηνίο. [44]



(α)



(β)

**Σχήμα 2.1:** Οι 2 πιο διαδεδομένοι τύποι ballast: (α) ηλεκτρομαγνητικό, (β) ηλεκτρονικό  
[Πηγή: [www.globalmarket.com](http://www.globalmarket.com)]

Πιο συγκεκριμένα, τα ηλεκτρονικά ballast ανυψώνουν την απόδοση των λαμπτήρων σε ποσοστό ανώτερο του 10% και έχει υπολογιστεί ότι μια εγκατάσταση φωτισμού που λειτουργεί με σύγχρονα EBs απαιτεί περίπου 18% λιγότερα φωτιστικά από την ίδια εγκατάσταση με συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast καλής ποιότητας. [44]

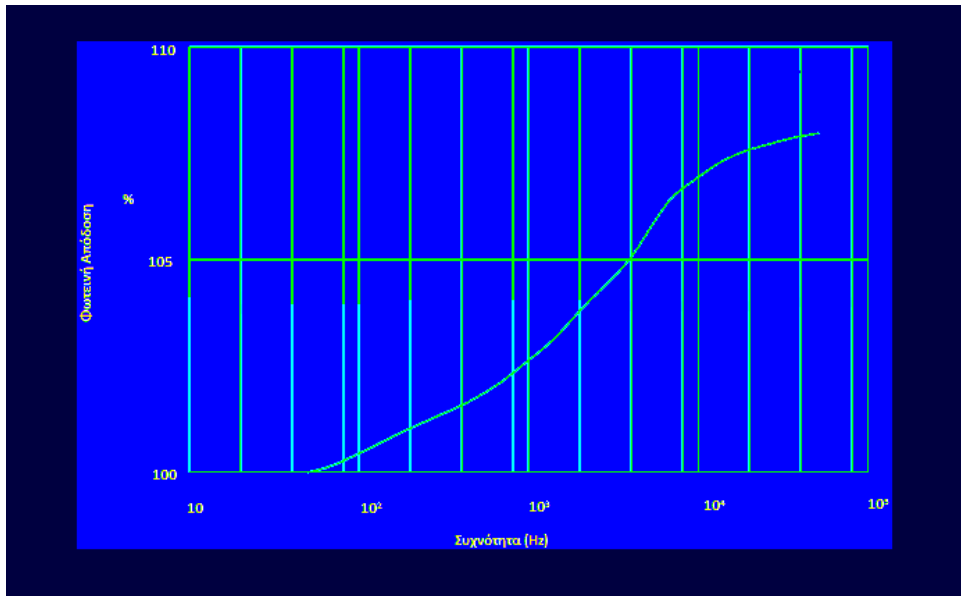
Ακόμη, τα ηλεκτρονικά ballast έχει υπολογιστεί ότι προσαξάνουν την εγκατεστημένη ισχύ του φωτιστικού κατά περίπου 5% της ονομαστικής ισχύς των λαμπτήρων, σε αντίθεση με τα ηλεκτρομαγνητικά που την αυξάνουν κατά 25% περίπου σύμφωνα με τη διεθνή εμπειρία. Για παράδειγμα, ένα φωτιστικό με 2 λαμπτήρες φθορισμού T8 ονομαστικής ισχύος 36W ο καθένας, καταναλώνει ενέργεια

$$E_{EB} = 2 \cdot 36W \cdot (1 + 5/100) = 72W \cdot 1,05 = 75,6W,$$

αν χρησιμοποιεί ηλεκτρικό ballast, ενώ αν χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικό η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται σε:

$$E_{EB} = 2 \cdot 36W \cdot (1 + 25/100) = 72W \cdot 1,25 = 90W.$$

Τα EBs δεν προκαλούν φωτεινή μαρμαρυγή και χαρακτηρίζονται από αθόρυβη λειτουργία σε αντίθεση με τα συμβατικά τα οποία προκαλούν πρόβλημα στους χρήστες με τη φωτεινή μαρμαρυγή και το θόρυβο, λόγω ατελειών στο πηνίο. Η αιτία της διαφοροποίησης αυτής είναι το γεγονός ότι τα EBs λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες, μεγαλύτερες των 24kHz, σε σχέση με τα 50 Hz των συμβατικών. Πιο συγκεκριμένα, το ηλεκτρονικό ballast, που είναι ουσιαστικά ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, τροφοδοτείται από εναλλασσόμενη τάση δικτύου 230V, την ανορθώνει σε συνεχή και την αντιστρέφει σε συχνότητα 24 – 40 kHz. Αυτός είναι και ο λόγος που τα EBs μπορούν να ρυθμίσουν την ένταση φωτισμού (dimming), σε αντίθεση με τα ηλεκτρομαγνητικά. Η αύξηση της απόδοσης των ballast ανάλογα με τη συχνότητα λειτουργίας τους είναι εμφανής στο ακόλουθο διάγραμμα:



Σχήμα 2.2: Επιρροή συχνότητας λειτουργίας στη φωτεινή απόδοση

[Πηγή: Χρυσόστομος Χρηστίδης, Εξοικονόμηση Ενέργειας στο φωτισμό με αυτοχρηματοδότηση]

Υπάρχουν και άλλοι λόγοι για τους οποίους εξοικονομείται ενέργεια και κόστος λόγω της χρησιμοποίησης ηλεκτρονικών ballast:

- Δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως 4) με 1 μόνο ηλεκτρονικό ballast.
- Το ηλεκτρονικό ballast μπορεί να διακόπτει τη λειτουργία του όταν ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί, σε αντίθεση με το συμβατικό που συνεχίζει να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και να καταναλώνει ενέργεια.
- Μεγαλώνει σημαντικά η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων, έως 50%, και συνεπακόλουθα μειώνεται αντίστοιχα το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων.
- Βελτιώνεται ο συντελεστής συντήρησης των λαμπτήρων, δηλαδή η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται λιγότερο κατά τη διάρκεια ζωής τους απ' ό,τι αν λειτουργούσαν με συμβατικά ballast επηρεάζοντας έτσι την εγκατεστημένη ισχύ. Επομένως, λιγότερα φωτιστικά μπορούν να επιτύχουν την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού, εφόσον χρησιμοποιηθούν ηλεκτρονικά ballasts αντί για συμβατικά. [44]

### 2.3.1.2 Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Electronic Dimmable Ballasts)

Μια πιο εξελιγμένη τεχνολογικά εκδοχή των ηλεκτρονικών συστημάτων έναυσης και λειτουργίας είναι αυτή των Electronic Dimmable Ballasts (EDB), τα οποία έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού. Συμβάλλουν, έτσι, στην εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αξιοποιούνται από τεχνολογίες αυτοματισμών που δεν μπορούν να λειτουργήσουν με ηλεκτρομαγνητικά ή απλά ηλεκτρονικά ballast. Ρυθμίζουν την ένταση φωτισμού του λαμπτήρα μέσω αισθητήρων και

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

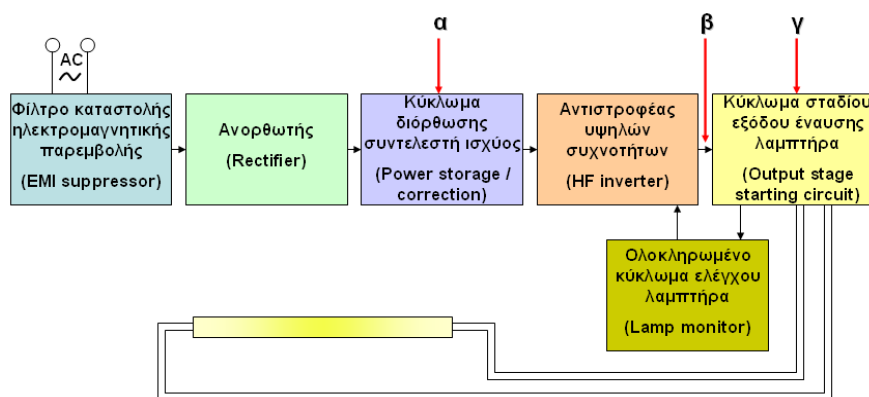
ρυθμιστών φωτισμού. Η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί με τοπικά συστήματα dimming κυμαίνεται από 10% έως 60% ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

Επίσης μια εγκατάσταση φωτισμού που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο τύπο ballast μπορεί να ενταχθεί σε σύστημα κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης (BEMS ή απλά BMS). Συσκευές ελέγχου των EDBs είναι συνήθως:

- αυτόματες και χειροκίνητες συσκευές σχεδιασμένες για ηλεκτρονικό έλεγχο της ρύθμισης της έντασης φωτισμού ενός λαμπτήρα φθορισμού ή μιας οποιαδήποτε πηγής φωτισμού (automatic and manual dimmers),
- αισθητήρες φωτισμού (photosensors) οι οποίοι μειώνουν την ένταση φωτισμού όταν ανιχνεύουν ανάλογη ποσότητα φυσικού φωτισμού,
- ολοκληρωμένα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης (energy management systems) σε κτήρια, τα οποία μειώνουν την ένταση φωτισμού κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής των φορτίων και τις βραδινές ώρες.

Γενικά τα EDBs διακρίνονται σε EDBs με αναλογικό σήμα ελέγχου (0 – 10V DC σήμα) και σε EDBs με ψηφιακό σήμα ελέγχου (πλατφόρμες και πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως τα LonWorks, DALI, DMX-512 και DSI). Ο έλεγχος της ισχύος στο λαμπτήρα πραγματοποιείται κυρίως με τρεις μεθοδολογίες:

- Με ρύθμιση της DC τροφοδοσίας του εσωτερικού κυκλώματος διόρθωσης του συντελεστή ισχύος του EDB (Σχήμα 2.3α). Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ευρύτατη κλίμακα ελέγχου.
- Με διαμόρφωση εύρους παλμών (Pulse Width Modulation) μετά την αντιστροφή των υψηλών συχνοτήτων (Σχήμα 2.3β). Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής απαιτείται ένα επιπλέον κύκλωμα για να διατηρείται η θερμοκρασία στα ηλεκτρόδια του λαμπτήρα.
- Με μεταβολή της συχνότητας λειτουργίας του εσωτερικού κυκλώματος σταδίου εξόδου έναυσης του λαμπτήρα (Σχήμα 2.3γ). Είναι η πιο διαδεδομένη μεθοδολογία και η εφαρμογή της εξαρτάται από την τοπολογία του κυκλώματος του κάθε EDB. [45]



**Σχήμα 2.3:** Σχεδιάγραμμα λειτουργίας ενός EDB με αναφορές στον έλεγχο της ισχύος του λαμπτήρα [Πηγή: Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών - εκπαιδευτικό υλικό “Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Θεματική ενότητα: ΔΕ5, Τεχνολογίες εξοικονόμησης & διαχείρισης ενέργειας Η/Μ συστημάτων, Παράγραφος 1.4 “Τεχνολογίες φωτισμού” (Συμβατικά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα), Λάμπρος Θ. Δούλος, Άρης Τσαγκρασούλης, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής]

### 2.3.2 Επιλογή φωτιστικών σωμάτων

Φωτιστικό σώμα ονομάζεται η διάταξη εκείνη που έχει τη δυνατότητα να στερεώνει και να τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα τους λαμπτήρες που περιλαμβάνει. Τα αποδοτικότερα φωτιστικά αξιοποιούν το μεγαλύτερο μέρος της φωτεινής ροής του λαμπτήρα που περιλαμβάνουν με κατάλληλους ανακλαστήρες έτσι ώστε να αξιοποιείται το μεγαλύτερο ποσοστό της, έχουν, δηλαδή, έχουν αυξημένο δείκτη απόδοσης φωτιστικού (LOR).

Η επιλογή των φωτιστικών δε θα πρέπει να έχει ως βασικό γνώμονα μόνο την αισθητική, παρότι βέβαια δεν θα πρέπει και να παραβλέπεται. Θα πρέπει όμως να τίθενται ως προτεραιότητα τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και το κατά πόσο συμβαδίζουν τόσο με το χώρο, στον οποίο πρόκειται να τοποθετηθούν, όσο και με τις αρχές της ενεργειακής εξοικονόμησης. Ο πιο καθοριστικός παράγοντας επιλογής φωτιστικών είναι ο συντελεστής απόδοσής τους. Για να είναι ενεργειακά αποδεκτό, ένα φωτιστικό θα πρέπει να ξεπερνά το όριο των 55lm/W που προσδιορίζεται από τον ΚΕΝΑΚ. Ο συντελεστής μειώνεται όσο αυξάνεται η ονομαστική ισχύς των χρησιμοποιούμενων λαμπτήρων ενώ η φωτεινή ροή τους μειώνεται. Γι' αυτό και προτιμώνται, για παράδειγμα, ως πιο αποδοτικά τα φωτιστικά 2·36W αντί των 4·18W, παρότι καταναλώνουν την ίδια ισχύ αφού η συνολική φωτεινή ροή των λαμπτήρων είναι μεγαλύτερη στο 2·36W (3.350lm·2) από ότι στο 4·18W (1.350lm·4). Θεωρείτε βέβαια, ότι η απόδοση φωτισμού των δυο φωτιστικών είναι ίδια.

Κάθε τύπος λαμπτήρα απαιτεί συγκεκριμένο τύπο φωτιστικού για να λειτουργήσει σωστά. Οι λαμπτήρες εκκένωσης δεν γίνεται να λειτουργήσουν χωρίς ballast, όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα (2.3.1). Το ballast είναι τοποθετημένο βάσει κατάλληλων προδιαγραφών στο εσωτερικό των φωτιστικών σωμάτων έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή απόδοση και η οριακή προς τις προδιαγραφές διάρκεια ζωής του λαμπτήρα ή των λαμπτήρων. Στο εμπόριο κυκλοφορεί πλήθος φωτιστικών σωμάτων ανάλογα με τη χρήση τους (εξωτερικά, οροφής, χωνευτά, κρεμαστά, ράγας).

Για τη χρήση φωτιστικών σωμάτων απαιτούνται συγκεκριμένες φωτομετρικές και τεχνικές προδιαγραφές βάσει προτύπων, τις οποίες ο κατασκευαστής του φωτιστικού είναι υποχρεωμένος να διαθέτει. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που αυξάνουν την απόδοση των φωτιστικών και πρέπει να λαμβάνονται αυστηρά υπόψη είναι:

- Χρησιμοποίηση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης (>65 lumen/W) αντί των απλών και όσο μεγαλύτερης ονομαστικής ισχύος.
- Χρησιμοποίηση EBS ή EDBs αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών.
- Η αποδοτική διαμόρφωση της κατανομής της φωτεινής ροής των λαμπτήρων από τη σχεδίαση του οπτικού συστήματος. Τα πιο αποδοτικά φωτιστικά είναι με ανακλαστήρα από ανοδιωμένο αλουμίνιο αυξημένης καθαρότητας σχεδιασμένο από εξειδικευμένα προγράμματα και προσωπικό (85% έναντι 55 – 60% των συνθετικών πολυκαρβονικών διαχυτών).

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

- Χρησιμοποίηση γραμμικών λαμπτήρων φθορισμού αντί για συμπαγείς και –ει δυνατόν– T5 αντί για T8 ή T12.
- Επιλογή της απόχρωσης Warmwhite αντί της Daylight όπου είναι αποδεκτή ψυχολογικά και αισθητικά.
- Αποτροπή θάμβωσης χωρίς, όμως, να αποκόπτονται σημαντικά ποσά φωτισμού με χρήση περσίδων.

Τα φωτιστικά σώματα ανάλογα με το χώρο που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν διακρίνονται σε εσωτερικού γενικού φωτισμού γραφείου, οικιακής και βιομηχανικής χρήσης, εσωτερικού ή εξωτερικού φωτισμού αισθητικής χρήσης διακοσμήσεων και τοπικού φωτισμού και εξωτερικού φωτισμού για γενική χρήση, όπως για παράδειγμα για φωτισμό κήπων ή οδών.

Επίσης μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης, τη δυνατότητα στρέψης και τον τρόπο φωτισμού τους, ενώ τα φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων γενικής χρήσης μπορούν να διαχωριστούν, ανάλογα με το λαμπτήρα που περιλαμβάνουν (πυρακτώσεως, φθορισμού, μεταλλικών αλογονιδίων, ατμών υδραργύρου ή νατρίου, LED, ειδικών εφαρμογών). [44]



Σχήμα 2.4: Σύγχρονο φωτιστικό σώμα με λαμπτήρες φθορισμού T5  
[Πηγή: healthiershop.gr]

### 2.3.3 Χρήση λαμπτήρων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

Η επιλογή του λαμπτήρα σε μια εγκατάσταση φωτισμού είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ορθολογική χρήση της και είναι άμεσα συνυφασμένη με την επιλογή του φωτιστικού. Υπάρχει ένα τεράστιο πλήθος ειδών λαμπτήρων για όλες τις δραστηριότητες και τις χρήσεις με διαφορετικές αρχές λειτουργίας, διαστάσεις, τιμές ισχύος και τάσεις λειτουργίας. Οι λαμπτήρες κατηγοριοποιούνται, με βάση την αρχή λειτουργίας τους, σε τρεις βασικές ομάδες: σε πυρακτώσεως, εκκενώσεως και φωτοεκπέμπουσες διόδους (LED). Η κατηγορία με τη μεγαλύτερη ποικιλία σε είδη λαμπτήρων είναι αυτή των εκκενώσεως, καθώς σε αυτήν ανήκουν οι λαμπτήρες αλογόνου, υδραργύρου, ατμών νατρίου υψηλής και χαμηλής πίεσης, μεταλλικών αλογονιδίων και φθορισμού (συμπαγείς ή γραμμικοί).

Ακολουθεί συγκριτικός πίνακας του κάθε τύπου λαμπτήρων για διάφορα κριτήρια.



Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Τύπος λαμπτήρα	Πυρακτώσεως	Αλογόνου	Υδραργύρου	Ατμών νατρίου υψηλής πίεσης	Ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης	Μετ. αλογονιδίων	Φθορισμού	LED
Απόδοση	-	-	-	+	+	+	+	*
Θερμοκρ. Χρώματος	+	+	-	+	-	+	+	+
Χρωματική απόδοση	+	+	-	-	-	+	+	+
Διάρκεια ζωής	-	-	+	+	+	+	+	+
Χρόνος έναυσης	+	+	-	-	-	+	+	+
Χρόνος επανέναυσης	+	+	-	+	+	+	+	+
Ύπαρξη υδραργύρου	X	X	√	√	√	√	√	X
Dimming	√	√	X	√	√	√	√	√
Ballast	X	X	√	√	√	√	√	X

**Πίνακας 2.3:** Σύγκριση λαμπτήρων με βάση συγκεκριμένα κριτήρια

[Πηγή: Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών - εκπαιδευτικό υλικό “Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Θεματική ενότητα: ΔΕ5, Τεχνολογίες εξοικονόμησης & διαχείρισης ενέργειας Η/Μ συστημάτων, Παράγραφος 1.4 “Τεχνολογίες φωτισμού” (Συμβατικά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα), Λάμπρος Θ. Δούλος, Άρης Τσαγκρασούλης, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής.]

\*: ανάλογα με την ποιότητα η απόδοση μεταβάλλεται,

+: πλεονέκτημα,

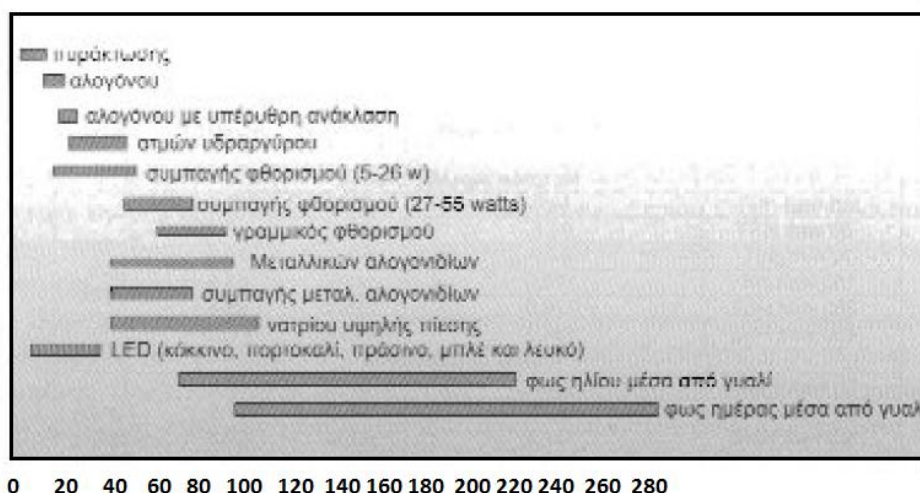
- : μειονέκτημα,

X: δεν υπάρχει ή δεν είναι αναγκαίο και

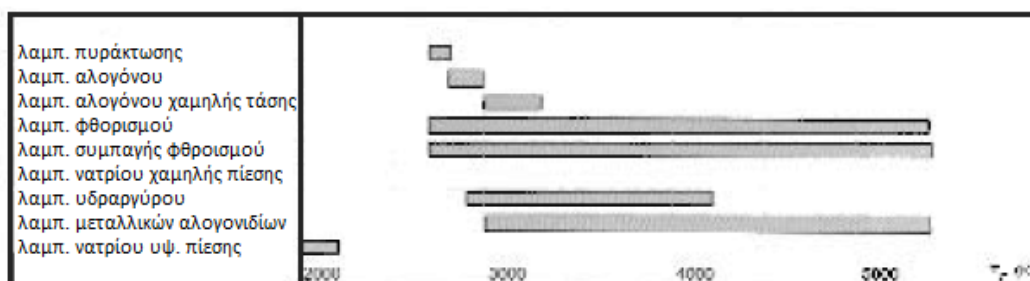
√: υπάρχει ή είναι απαραίτητο.

Το στοιχείο του λαμπτήρα που καθορίζει την ενεργειακή του κατανάλωση είναι η ονομαστική ισχύς του. Δεν είναι –ή μάλλον δε θα πρέπει να αποτελεί– το βασικό κριτήριο επιλογής, καθώς λαμπτήρες με την ίδια ονομαστική ισχύ μπορεί να έχουν τεράστιες διαφορές στα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους, όπως τη χρωματική απόδοση ή την απόδοση lm/W. Ενδεικτικοί είναι οι πίνακες που ακολουθούν:

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού



**Σχήμα 2.5:** Απόδοση λαμπτήρων (σε lm/W) συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου  
[Πηγή: Φωτοτεχνία, Φ.Β. Τοπαλής, Λ. Οικονόμου, Σ. Κουρτέση]



**Σχήμα 2.6:** Θερμοκρασία χρώματος (σε K) ανάλογα με τον τύπο λαμπτήρα  
[Πηγή: Φωτοτεχνία, Φ.Β. Τοπαλής, Λ. Οικονόμου, Σ. Κουρτέση]

Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα υπάρχει μεγάλο εύρος τόσο απόδοσης σε lm/W όσο και θερμοκρασίας χρώματος των λαμπτήρων. Ειδικά όσον αφορά τους λαμπτήρες φθορισμού, η χρωματική απόδοση παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή κατανάλωση. Όσο πιο «ζεστό» είναι το χρώμα του φωτός που εκπέμπει ο λαμπτήρας, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοσή του σε lm/W. Γι' αυτό και είναι πιο οικονομικοί οι λαμπτήρες Warmwhite, για παράδειγμα, σε σχέση με τους λαμπτήρες Daylight. Η επιλογή πιο ζεστής χρωματικής απόδοσης μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια και προτιμάται, με την απαραίτητη προϋπόθεση να μη δημιουργεί προβλήματα στους χρήστες των χώρων μειώνοντας την οπτική άνεσή τους. [44]

Ίσως η πιο σημαντική παράμετρος στην επιλογή του λαμπτήρα είναι η απόδοση lumen για κάθε καταναλισκόμενο Watt ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρησιμοποίηση πιο αποδοτικών λαμπτήρων και μόνο μπορεί να εξοικονομήσει σημαντικά ποσά ενέργειας. Ενδεικτικά, αν ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως ονομαστικής ισχύος 60W αντικατασταθεί από ένα συμπαγή λαμπτήρα φθορισμού (CFL) των 11W, επιτυγχάνονται παρεμφερή οπτικά αποτελέσματα με εμφανώς μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, χωρίς αλλαγή του φωτιστικού (λαμπτηροϋποδοχέα) και με σαφώς μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του λαμπτήρα.

Αντίστοιχα, ένας απλός λαμπτήρας φθορισμού T8, 58W, Daylight αποδίδει 4000lm, ενώ ο αντίστοιχος τριφωσφορικός λαμπτήρας αποδίδει 25% περισσότερη φωτεινή ροή (5000lm), ενώ έχει παράλληλα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. [44]

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Οι τριφασφορικοί είναι μια εξελιγμένη μορφή των λαμπτήρων T5, οι οποίοι αποτελούν τη νέα γενιά λαμπτήρων φθορισμού. Έχουν διάμετρο 16mm και έλκουν την ονομασία τους από το αγγλικό σύστημα μέτρησης, καθώς τα 16mm της διαμέτρου τους αντιστοιχούν στα 5/8 της μιας ίντσας. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους γραμμικούς λαμπτήρες φθορισμού, οι T5 λειτουργούν μόνο με ηλεκτρομαγνητικό ballast. Σε νέες εγκαταστάσεις είναι επιβεβλημένη η εγκατάσταση λαμπτήρων T5, λόγω των συγκριτικών πλεονεκτημάτων που έχουν σε σχέση με τους παλαιότερους τύπους.

Σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις συστήνεται (και μπορεί να αποσβεσθεί σχετικά γρήγορα το κόστος) η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με λαμπτήρες T8, μόνο εφόσον χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά ballast. Έχει υπολογιστεί ότι η απόδοση του συστήματος λαμπτήρων T5 με ηλεκτρονικό ballast μπορεί να είναι έως και 21% υψηλότερη της απόδοσης ενός συστήματος λαμπτήρων T8 με μαγνητικό ballast. [44]

### 2.3.4 Συντελεστής ισχύος

Οι συσκευές που έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την ένταση φωτισμού μπορούν πολλές φορές να επηρεάσουν την ποιότητα ισχύος, η οποία προσδιορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το συντελεστή ισχύος ή power factor (PF).

Ο συντελεστής ισχύος ισούται με το λόγο της ενεργούς ισχύος (W) προς την άεργη (VA), είναι καθαρός αριθμός και κυμαίνεται από 0 έως 1. Όσο ο συντελεστής ισχύος προσεγγίζει τη μονάδα, τόσο οι κυματομορφές της έντασης και της τάσης του ρεύματος τείνουν να έχουν την ίδια φάση και δεν υπάρχει παραμόρφωση σε καμιά κυματομορφή. Οποιαδήποτε μεταβολή στο σχήμα της κυματομορφής του ρεύματος επηρεάζει το ρεύμα στο σύστημα τροφοδοσίας και έτσι μειώνεται ο συντελεστής ισχύος.

Από τις υπολογιζόμενες τυπικές αποκλίσεις του συντελεστή ισχύος για την ίδια τάση ελέγχου προέκυψε ότι είναι στατιστικά μη σημαντικές για το επίπεδο εμπιστοσύνης των 0,05. [46]

Τα σύγχρονα συστήματα φωτισμού εμφανίζουν σπάνια προβλήματα με χαμηλό συντελεστή ισχύος, λόγω του ότι τα περισσότερα σύγχρονα φωτιστικά σώματα –ή λαμπτήρες αν πρόκειται για συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL)– έχουν ενσωματωμένα εξαρτήματα βελτίωσης του συντελεστή ισχύος. Πιο συγκεκριμένα, τα φωτιστικά με ηλεκτρονικά ballast και ρυθμιστές διορθώνουν μόνο το συντελεστή διαφοράς φάσης (cosφ). Οι ηλεκτρονικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται για τη διαδικασία αυτή παράγουν αρκετά ισχυρά αρμονικά ρεύματα τα οποία πολύ δύσκολα μειώνονται. Γι' αυτό εμφανίζουν χαμηλό συντελεστή ισχύος, πολύ μικρότερο της μονάδας ( $PF \ll 1$ ), παρότι ο συντελεστής διαφοράς φάσης προσεγγίζει τη μονάδα ( $\cos\phi \gg 0,9$ ).

Αν οι αρμονικές δεν δημιουργούν άλλα λειτουργικά προβλήματα, η επένδυση για την εξάλειψή τους είναι συνήθως οικονομικά ασύμφορη, καθώς είναι ένα περίπλοκο πρόβλημα που απαιτείται υψηλό κόστος, το οποίο δύσκολα αποσβένεται. [44]

## 2.4 Εξοικονόμηση ενέργειας με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Η χρήση φυσικού φωτισμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά πλεονεκτήματα εξοικονόμησης ενέργειας, με τον περιορισμό του ψυκτικού φορτίου που δημιουργείται από τον τεχνητό φωτισμό, καθώς και την επακόλουθη ατμοσφαιρική ρύπανση και έτσι συμβάλλει σε ένα πιο υγιεινό περιβάλλον διαβίωσης και εργασίας. Ο φυσικός φωτισμός στα κτήρια είναι αναμφίβολα ευπρόσδεκτος, αλλά σαφώς δεν είναι «δωρεάν».

Υπάρχουν δαπάνες που επιβάλλονται για την εξασφάλιση του φυσικού φωτός στο κτήριο και αυτές εξαρτώνται από τους τύπους των συστημάτων κουφωμάτων, το μέγεθος και τη διαμόρφωση του κτηρίου και κάθε εμποδίου στο φωτισμό του κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί το κατάλληλο περιβάλλον φωτισμού και θέρμανσης απαλλαγμένο από προβλήματα θάμβωσης, υπερθέρμανσης ή υπερβολικής ψύξης που μπορούν να παρατηρηθούν εξαιτίας της λανθασμένης διαστασιολόγησης των παραθύρων. [47]

Στόχος κάθε σχεδιαστή θα πρέπει να είναι η όσο το δυνατό καλύτερη σύνδεση του συστήματος ηλεκτροφωτισμού με το φυσικό φωτισμό. [48]

Σύμφωνα με τον κανονισμό EN 15193, ως μέτρο επάρκειας φυσικού φωτισμού χρησιμοποιείται ο Παράγοντας Φυσικού Φωτισμού (Daylight Factor, DF) ο οποίος ορίζεται, όπως έχει περιγραφεί και στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, ως ο λόγος του φωτισμού στο εσωτερικό του κτηρίου προς το φωτισμό στο εξωτερικό σε τυπικές (κατά CIE) συνθήκες πλήρως νεφοσκεπούς ουρανού. Η επίδραση του φυσικού φωτισμού στην πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας θεωρείται:

- ισχυρή, αν η μέση τιμή του DF σε κάποιο χώρο είναι  $\geq 3\%$
- μέτρια αν  $3\% > DF > 2\%$ ,
- ασθενής, αν  $2\% > DF \geq 1\%$ , ενώ αν
- $DF < 1\%$ , δεν λαμβάνεται υπόψη. [49]

### 2.4.1 Αισθητήρες εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού

Οι αισθητήρες φωτισμού είναι ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου φωτισμού, που ρυθμίζουν αυτόματα το επίπεδο φωτισμού που παράγεται από συστήματα τεχνητού φωτισμού με βάση την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που ανιχνεύεται στο χώρο. Ο αισθητήρας φωτισμού είναι μια πλήρης μονάδα ελέγχου που περιέχει κατάλληλο φακό για την είσοδο της ακτινοβολίας, φωτοκύτταρο και το απαραίτητο ηλεκτρικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου. Δεν αποτελεί απλώς άλλη ονομασία του ευρύτερα γνωστού «φωτοκυττάρου». Ένας αισθητήρας φωτισμού είναι μια πλήρης συσκευή ελέγχου και μέσα σ' αυτόν βρίσκεται το φωτοκύτταρο, το οποίο είναι ένα φωτοευαίσθητο εξάρτημα.

Οι αισθητήρες φωτισμού ανήκουν στην κατηγορία του αυτόματου ελέγχου που αντικαθιστά ή συμπληρώνει το χειροκίνητο έλεγχο στα κτήρια. Ο κύριος σκοπός των

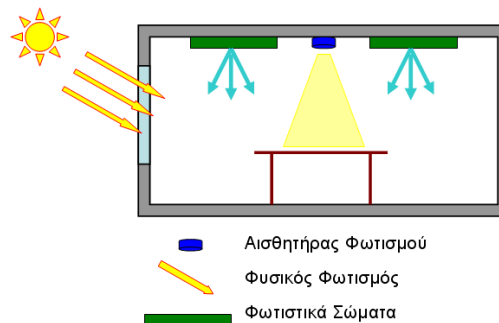
## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

αισθητήρων φωτισμού είναι η εξοικονόμηση ενέργειας με την απενεργοποίηση ή την προσαρμογή της στάθμης του τεχνητού φωτισμού, όταν δεν απαιτείται η πλήρης λειτουργία του τεχνητού φωτισμού δεδομένου ότι υπάρχει η απαιτούμενη ποσότητα φυσικού φωτισμού. Το όφελος του αυτόματου ελέγχου είναι η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας χωρίς επέμβαση ανθρώπινου παράγοντα. Εκτός από την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα φωτισμού, η μείωση των επιπέδων του τεχνητού φωτισμού μειώνει επίσης τα θερμικά φορτία που προέρχονται από τα φωτιστικά σώματα. Έτσι μειώνεται και η κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα ψύξης - θέρμανσης του κτηρίου κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.

Συνήθως τα φωτιστικά σώματα στα κτήρια γραφείων χρησιμοποιούν λαμπτήρες φθορισμού. Οπότε οι αισθητήρες φωτισμού συνδέονται με τα ηλεκτρονικά συστήματα έντασης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού EDBs (Electronic Dimming Ballasts), τα οποία μπορούν να προσαρμόζουν την ένταση φωτισμού που παράγεται από αυτούς τους λαμπτήρες. Με αυτόν τον τρόπο η ένταση του τεχνητού φωτισμού μπορεί να αυξομειώνεται με βάση την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που εισέρχεται σε ένα χώρο.

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται μια βασική και απλουστευμένη περίπτωση ελέγχου φωτισμού με αισθητήρα φωτισμού σε ένα γραφείο με παράπλευρα εξωτερικά ανοίγματα. Τα βασικά στοιχεία ενός συστήματος εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού είναι:

- η κατανομή του φυσικού φωτισμού,
- τα φωτιστικά σώματα,
- ο αισθητήρας φωτισμού και
- η ζώνη ελέγχου του αισθητήρα.



**Σχήμα 2.7:** Βασικά μέρη συστήματος ελέγχου φωτισμού με αισθητήρα φωτισμού

[Πηγή: Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών - εκπαιδευτικό υλικό“ Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Θεματική ενότητα: ΔΕ5, Τεχνολογίες εξοικονόμησης & διαχείρισης ενέργειας Η/Μ συστημάτων, Παράγραφος 1.10 “Εξοικονόμηση στο φωτισμό” (Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας), Λάμπρος Θ. Δούλος, Άρης Τσαγκρασούλης, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής.]

### 2.4.1.1 Κατανομή φυσικού φωτισμού

Η διείσδυση και η κατανομή του φυσικού φωτισμού σε ένα χώρο εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος και την τοποθέτηση των ανοιγμάτων, τον τύπο του υαλοστασίου που χρησιμοποιείται, τη διαμόρφωση του χώρου και τις ανακλάσεις

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

που προκαλούνται από τους τοίχους, την οροφή και άλλες επιφάνειες. Η ένταση του εσωτερικού φυσικού φωτισμού και ο παράγοντας του φυσικού φωτισμού μειώνονται με την απόσταση από τα ανοίγματα και επίσης επηρεάζονται από τα ύψη του ανωφλίου και του πάνω μέρους του παραθύρου. [47]

Η κατανομή του φυσικού φωτισμού σε ένα χώρο, όπως είναι γνωστό και από την πρακτική εμπειρία, δεν είναι ομοιόμορφη. Είναι σαφώς πιο έντονο το ηλιακό φως κοντά στα ανοίγματα σε αντίθεση με τις περιοχές στο βάθος του χώρου, οι οποίες υποφωτίζονται. Αυτή η μη κανονικότητα στην κατανομή του φυσικού φωτισμού είναι το πιο σημαντικό του μειονέκτημα και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε κάθε μελέτη φωτισμού. Ακόμη, η μείωση των επιπέδων του φυσικού φωτισμού δεν είναι ανάλογη της απόστασης από το άνοιγμα, αλλά φθίνουσα εκθετική, όπως καταγράφεται στο ακόλουθο σχήμα: [49]



**Σχήμα 2.8:** Κατανομή των Παραγόντων Φυσικού Φωτισμού (DF) σε σχέση με την απόσταση από τα ανοίγματα. [Πηγή: “Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών - εκπαιδευτικό υλικό”, Θεματική ενότητα: ΔΕ5, Τεχνολογίες εξοικονόμησης & διαχείρισης ενέργειας Η/Μ συστημάτων, Παράγραφος 1.10 “Εξοικονόμηση στο φωτισμό” (Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας), Λάμπρος Θ. Δούλος, Άρης Τσαγκρασούλης, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής]

Η κατανομή του φυσικού φωτισμού σε ένα χώρο παρουσιάζεται συχνά στο σχέδιο του χώρου με τις καμπύλες isolux και παράγοντα φυσικού φωτισμού με σύνδεση σημείων της ίδιας στάθμης έντασης φωτισμού ή παράγοντα φυσικού φωτισμού. [47]

Η μείωση του βάθους των χώρων συμβάλλει στην ομογενοποίηση των επιπέδων φωτισμού ή στην υιοθέτηση αμφίπλευρου φωτισμού. Η μεγιστοποίηση των περιμετρικών ζωνών, δηλαδή των περιοχών που είναι δυνατή η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, καθορίζεται από την κάτοψη του κτηρίου. Θεωρώντας ένα τυπικό βάθος περιμετρικής ζώνης (4,5m) και κτήριο τετράγωνης κάτοψης (30m x 30m), η περιμετρική ζώνη αντιστοιχεί στο 51% της κάτοψης. Αν η κάτοψη τροποποιηθεί, για παράδειγμα, σε 60m x 15m το ποσοστό της περιμετρικής ζώνης αυξάνεται στο 66%.

### 2.4.1.2 Κρίσιμη ένταση φωτισμού εσωτερικού χώρου

Παρότι τα περισσότερα άτομα προτιμούν περισσότερο φωτισμό στα σημεία απασχόλησής τους, η στάση τους σχετικά με τον τεχνητό και το φυσικό φωτισμό είναι διαφορετική. Έχουν την τάση να αποδέχονται τις συνθήκες φωτισμού όσο η φωτεινή πηγή είναι φυσική. Η ποσότητα του φωτισμού που χρειάζονται εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διάθεση της στιγμής και το είδος της δραστηριότητας που

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

πραγματοποιούν, ενώ είναι πολύ σημαντικός ο τρόπος με τον οποίο το φυσικό φως διεισδύει στο χώρο.

Η απόφαση κάθε ατόμου να ανάψει το φως βασίζεται στην αντίληψη ότι ο χώρος έγινε σκοτεινότερος. Αυτό συμβαίνει συχνά, όταν η στάθμη έντασης του φωτισμού είναι κάτω από την τιμή που απαιτείται για τον τεχνητό φωτισμό. Αντίθετα, όταν το φως είναι άπλετο ο ένοικος μπορεί να μην προσέξει ότι είναι αναμμένα τα φώτα και συχνά ξεχνά να τα σβήσει.

Για το λόγο αυτό κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού επιβάλλεται να καθοριστεί για ένα συγκεκριμένο σημείο η στάθμη της έντασης φωτισμού που θα είναι αναγκαία αν δεν εξασφαλίζεται από το φυσικό φωτισμό. Αυτή είναι γνωστή ως η κρίσιμη στάθμη έντασης φωτισμού. Έχει διαπιστωθεί ότι κοντά σε παράθυρα οι άνθρωποι δεν ανάβουν τα φώτα μέχρις ότου η ένταση φωτισμού πέσει στα 200 lux, παρότι τα επίπεδα τεχνητού φωτισμού που ορίζονται από τους κανονισμούς είναι σαφώς υψηλότερα.

Ο καθορισμός της τιμής της στάθμης της κρίσιμης έντασης φωτισμού είναι ιδιαίτερα δύσκολος, εξαιτίας των ποικίλων περιστάσεων και των υποκειμενικών παραγόντων. Δεν υπάρχουν απόλυτοι κανόνες για τον καθορισμό της διαφοράς ανάμεσα στην κρίσιμη στάθμη έντασης φωτισμού και τις απαιτήσεις για τεχνητό φωτισμό, γιατί εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανθρώπινη συμπεριφορά. Γι' αυτό θα πρέπει ο μελετητής να θέσει ως βασικό στόχο μελέτης την παροχή λογικής ποσότητας φωτισμού, όπως για παράδειγμα 3 – 5% για τη Βόρεια και 1 – 3 % για τη Νότια Ευρώπη στη θέση εργασίας, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα και ευχάριστη ποιότητα φωτός. [47]

### 2.4.1.3 Επιλογή ζωνών ελέγχου φυσικού φωτισμού

Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού είναι περιοχές στους εσωτερικούς χώρους ενός κτηρίου που εκμεταλλεύονται το φυσικό φωτισμό. Παράλληλα με το φυσικό φωτισμό χρησιμοποιούν και τεχνητό φωτισμό, ώστε να διασφαλίζονται τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας ή στο ευρύτερο εσωτερικό περιβάλλον. Το μέγεθος μιας ζώνης ελέγχου εξαρτάται από τη διαμόρφωση και τη γεωμετρία των εξωτερικών ανοιγμάτων, την κατάσταση του ουρανού και φυσικά τη θέση του ήλιου. Για να ορισθεί το μέγεθος των ζωνών ελέγχου απαιτούνται μετρήσεις ή υπολογισμοί από προσομοιώσεις σε ετήσια βάση ή τουλάχιστον σε επιλεγμένους μήνες που αντιπροσωπεύουν διαφορετικές εποχές.

Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού συνδέουν περιοχές οι οποίες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά κατανομής φυσικού φωτισμού. Γενικά στη ζώνη ελέγχου η μέγιστη ένταση φωτισμού δεν πρέπει να υπερβαίνει περίπου την τριπλάσια τιμή της ελάχιστης έντασης φωτισμού. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μια ικανοποιητική αντίθεση φωτισμού μέσα σε μια ζώνη ελέγχου. Από τη διεθνή βιβλιογραφία η αναλογία μέγιστης προς ελάχιστη ένταση φωτισμού είναι περίπου 9:1. Για μεγαλύτερες τιμές η περιοχή αυτή πρέπει να διαιρεθεί σε περισσότερες ζώνες ελέγχου. [46]

#### **2.4.1.4 Θέση αισθητήρα φωτισμού και φωτιστικών σωμάτων**

Τα φωτιστικά σώματα μπορούν είτε να τοποθετηθούν χωνευτά ή στην επιφάνεια της οροφής ή της ψευδοροφής ενός χώρου είτε να κρεμαστούν από αυτή. Η επιλογή εξαρτάται κυρίως από το είδος του χώρου, τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού, το ύψος της οροφής (ή ψευδοροφής) και την αισθητική. Τα φωτιστικά που τοποθετούνται χωνευτά ή στην επιφάνεια της οροφής είναι άμεσου φωτισμού, καθώς κατευθύνουν την κύρια δέσμη της φωτεινής ροής προς την επιφάνεια εργασίας. Τα φωτιστικά σώματα που τοποθετούνται με ανάρτηση είναι έμμεσου ή ημι-έμμεσου φωτισμού, καθώς μέρος του τεχνητού φωτισμού που φωτίζει την οροφή προέρχεται και άμεσα από το ίδιο το φωτιστικό και από τις ανακλάσεις του φωτισμού στις επιφάνειες του χώρου. Συνήθως, η οροφή και το ανώτερο τμήμα των τοίχων είναι λιγότερο φωτισμένα από την επιφάνεια εργασίας.

Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος του επιπέδου των φωτιστικών, τόσο λιγότερο «στοχευμένη» προς την επιφάνεια εργασίας είναι η φωτεινή ροή τους. Είναι λογικό η φωτεινή ροή των φωτιστικών να διαχέεται στο χώρο και να μην αξιοποιείται μεγάλο μέρος της στην επιφάνεια εργασίας.

Η ιδανική θέση για τον αισθητήρα φωτισμού θα ήταν το επίπεδο εργασίας, εφόσον επιδιώκεται ο ακριβής έλεγχος της έντασης φωτισμού στο επίπεδο αυτό. Η απόκριση του αισθητήρα ως προς την ένταση φωτισμού στο επίπεδο εργασίας θα ήταν ευθέως ανάλογη, αφού θα βρίσκονταν στο ίδιο σημείο. Όμως, τοποθετείται συνήθως στην οροφή, όπου προσλαμβάνει ορατή ακτινοβολία τόσο από το επίπεδο εργασίας όσο και από άλλες εσωτερικές επιφάνειες του χώρου, επειδή το επίπεδο εργασίας δεν είναι πρακτική θέση για την τοποθέτηση του αισθητήρα φωτισμού, λόγω της σκιάσής του από τις διάφορες δραστηριότητες στο χώρο της εγκατάστασής του με αποτέλεσμα να υπάρχει ενόχληση στην ομαλή λειτουργία του.

Έτσι, για πρακτικούς λόγους και για να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβάσεις από τις δραστηριότητες που υπάρχουν στο χώρο, οι αισθητήρες φωτισμού τοποθετούνται κυρίως στην οροφή. Όμως, ο έλεγχος της έντασης φωτισμού του επιπέδου εργασίας με έναν αισθητήρα που βρίσκεται στην οροφή κάνει πιο πολύπλοκη τη λειτουργία του συνολικού συστήματος ελέγχου φωτισμού. Αυτό οφείλεται κυρίως στις πολλαπλές μεταβολές της κατανομής του φωτισμού στο χώρο, που προκαλούνται πρώτιστα από τις αλλαγές των επιπέδων του φυσικού φωτισμού και δευτερευόντως από τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται μέσα στο χώρο. [46]

#### **2.4.2 Αρχιτεκτονικές λύσεις για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού**

Η μελέτη του καλού φυσικού φωτισμού δε διαχωρίζεται από την καλή αρχιτεκτονική μελέτη και πρέπει να εξασφαλίζεται από τα πρώτα στάδια της διαδικασίας μελέτης. Η προσέγγιση αυτή σε μεγάλο βαθμό είναι πιο



## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

αποτελεσματική από την εφαρμογή τεχνικών μεθόδων φυσικού φωτισμού όταν έχει ολοκληρωθεί η μελέτη. [47]

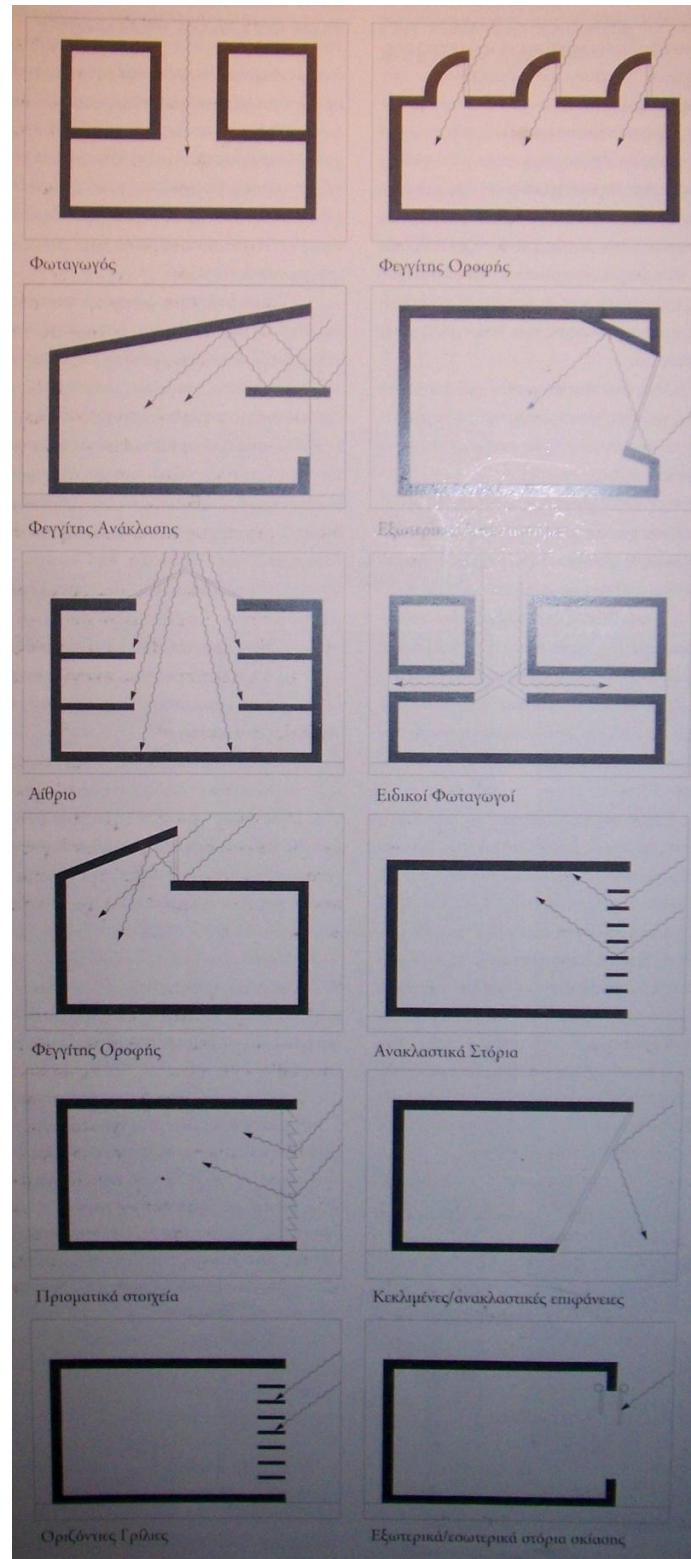
Ειδικά σε χώρες με αυξημένη ηλιοφάνεια, όπως η Ελλάδα, είναι επιβεβλημένη η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας στον τομέα του φωτισμού. Είναι επιτακτική η στροφή της αρχιτεκτονικής σκέψης προς τη μέγιστη δυνατή ενσωμάτωση τεχνικών εκμετάλλευσης του φυσικού φωτός.

Ο έλεγχος του ηλιακού φωτός μπορεί να γίνει με τη χρήση μόνιμων ή κινητών αρχιτεκτονικών στοιχείων. Αυτά είτε διαχέουν το άμεσο ηλιακό φως είτε το οδηγούν με τη χρήση στοιχείων κατεύθυνσης όπως οι ανακλαστήρες. Μερικά παραδείγματα μεθόδων ή στοιχείων που επιτρέπουν στο ηλιακό φως να συμβάλει χωρίς τον κίνδυνο θάμβωσης στις απαιτήσεις φωτισμού του κτηρίου είναι τα εξής:

- φωταγωγός,
- φεγγίτης,
- φεγγίτης ανάκλασης,
- εξωτερικοί ανακλαστήρες,
- αίθριο,
- ειδικοί φωταγωγοί,
- φεγγίτης οροφής,
- ανακλαστικά στόρια,
- πρισματικά στοιχεία,
- κεκλιμένες / ανακλαστικές επιφάνειες,
- οριζόντιες γρίλιες,
- εξωτερικά / εσωτερικά στόρια σκίασης. [47]

Οι μέθοδοι και τα στοιχεία που επιτρέπουν την ελεγχόμενη είσοδο του ηλιακού φωτός εντός του κτηρίου παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα:

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού



**Σχήμα 2.9:** Συστήματα ελέγχου του ηλιακού φωτός

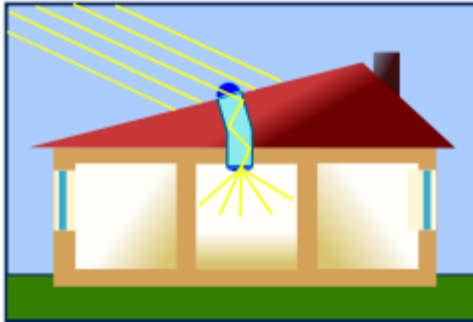
[Πηγή: Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική, Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτήρια, Ερωτόκριτος Π. Τσίγκας]

Ιδιαίτερως βοηθητικά μπορούν να αποδειχθούν και τα εξής στοιχεία:

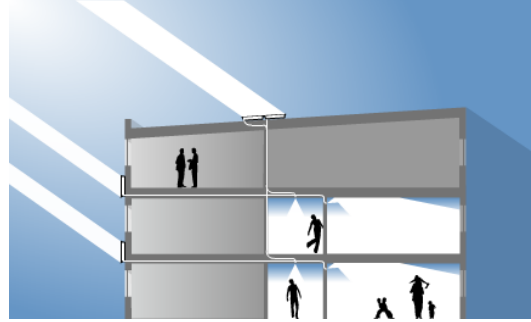
- ενδεδειγμένος προσανατολισμός του κτηρίου,
- ράφια φωτισμού στα ανοίγματα για την εκτροπή του άμεσου φωτός στο εσωτερικό με ταυτόχρονη αποφυγή της θάμβωσης,

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

- ειδικοί υαλοπίνακες (Zenithal Light-Guiding Glass with Holographic Optical Elements, Light-Guiding Glass, Laser-Cut Panels),
- φωτοσωλήνες για τη μεταφορά του φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους,
- ηλιοστάτες,
- οπτικές ίνες.



**Σχήμα 2.10:** Φωτοσωλήνας και τρόπος λειτουργίας  
[Πηγή: www.wikipedia.org]



**Σχήμα 2.11:** Φωτισμός κτηρίου με συστήματα και φωτιστικά οπτικών ινών  
[Πηγή: www.parans.com]

### 2.5 Στρατηγικές και αυτοματισμοί ελέγχου φωτισμού

Πολύ σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να προκύψει από το σωστό έλεγχο μιας εγκατάστασης φωτισμού με την επιλογή κατάλληλων στρατηγικών ανάλογα με τη χρήση ενός χώρου και την εφαρμογή συγκεκριμένων διατάξεων αυτοματισμού.

Για να είναι λειτουργικό και να εξοικονομεί τη βέλτιστη ποσότητα ενέργειας θα πρέπει οι χρήστες ενός χώρου να είναι ενήμεροι για την ύπαρξη του συστήματος ελέγχου του φωτισμού, για το πώς λειτουργεί και πώς μπορούν να αλληλεπιδράσουν μ' αυτό. [42]

#### 2.5.1 Κυκλώματα φωτισμού και διακόπτες on/off

Η εξοικονόμηση ενέργειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από την προθυμία των χρηστών να χρησιμοποιήσουν το σύστημα διακοπών. Γι' αυτό η ευκολία και η ευελιξία του ανοίγματος και κλεισίματος των διακοπών παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο σωστός σχεδιασμός ενός συστήματος φωτισμού με κυκλώματα φωτισμού και διακόπτες, θα πρέπει βασίζεται στις ακόλουθες οδηγίες:

- Κάθε ανεξάρτητο γραφείο πρέπει να έχει το δικό του διακόπτη ελέγχου, με δυνατότητα επιλογής δύο επιπέδων φωτισμού.
- Σε γραφεία που βρίσκονται σε μεγάλους και ανοιχτούς χώρους, οι χώροι εργασίας με κοινή χρήση και ίδια επίπεδα φωτισμού πρέπει να ομαδοποιούνται σε ένα κύκλωμα φωτισμού.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

- Όταν υπάρχουν φωτιστικά σώματα με τρεις ή τέσσερις λαμπτήρες φωτισμού, τότε οι μεσαίοι λαμπτήρες πρέπει να συνδεθούν σε ένα ξεχωριστό κύκλωμα ανεξάρτητα από τους εξωτερικούς λαμπτήρες. Αυτή η συνδεσμολογία παράγει διαφορετικά επίπεδα φωτισμού ανάλογα με τον αριθμό των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται.
- Όταν υπάρχουν αρκετά φωτιστικά σώματα σε έναν ενιαίο χώρο, τότε τα γειτονικά φωτιστικά σώματα πρέπει να τοποθετούνται σε κυκλώματα φωτισμού εναλλάξ έτσι ώστε να υπάρχει επιλογή επιπέδου φωτισμού με τη μισή ένταση
- Τα φωτιστικά σώματα περιμετρικά των χώρων με εξωτερικά ανοίγματα πρέπει να ελέγχονται ανεξάρτητα από τα φωτιστικά σώματα του υπόλοιπου χώρου
- Χώροι με υψηλές απαιτήσεις φωτισμού πρέπει να διαθέτουν χωριστούς διακόπτες από άλλους χώρους με χαμηλότερες απαιτήσεις φωτισμού.
- Αυτοκόλλητες ετικέτες που θα τοποθετηθούν στους διακόπτες φωτισμού μπορούν να υπενθυμίζουν στους χρήστες να χρησιμοποιούν σωστά τους διακόπτες. [49]

### 2.5.2 Προγραμματισμός

Ο προγραμματισμός των κυκλωμάτων φωτισμού μπορεί να βασίζεται στην επαναληπτικότητα κάποιων συγκεκριμένων δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια της ημέρας και χαρακτηρίζεται ως προβλεπόμενος. Υπάρχει, όμως, και το ενδεχόμενο πολλά γεγονότα να είναι απρόβλεπτα και απρογραμματίσιμα, όπως για παράδειγμα οι απουσίες του προσωπικού από τα γραφεία τους. Στη δεύτερη περίπτωση ο προγραμματισμός χαρακτηρίζεται ως μη προβλεπόμενος.

Με τη στρατηγική του προβλεπόμενου προγραμματισμού τα φωτιστικά σώματα μπορούν να λειτουργήσουν βάσει σταθερού προγράμματος με τη βοήθεια χρονοδιακοπών, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορεί να υπάρξει ανθρώπινη παρέμβαση, σε περίπτωση που το πρόγραμμα ανατραπεί. Σε μια εταιρεία, για παράδειγμα, ο χρόνος άφιξης και αναχώρησης του προσωπικού ή οι ώρες καθαρισμού είναι γνωστές και αυστηρά καθορισμένες. Οι τακτικές αυτές μπορούν να επιφέρουν έως και 40% μείωση στην καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια, καθώς δεν δαπανάται άσκοπα ενέργεια από τα φωτιστικά σώματα που λειτουργούν σε περιοχές χωρίς προσωπικό. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο σωστός καθορισμός του προγράμματος του κύκλου εργασιών για ολόκληρο το χώρο.

Με τη στρατηγική του μη προβλεπόμενου προγραμματισμού που χρησιμοποιεί –κατά κύριο λόγο– αισθητήρες παρουσίας – κίνησης μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια σε ποσοστό έως και 60%. Ο μη προβλεπόμενος προγραμματισμός ενδείκνυται για χώρους ανάπαυσης, βοηθητικούς χώρους με φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, δωμάτια με αρχεία, χώρους συσκέψεων, δωμάτια για διαλείμματα εργασίας, δοκιμαστήρια καταστημάτων, WC και χώρους κίνησης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται λιγότερο και ο προγραμματισμός τους δεν είναι εύκολος. Ορισμένες φορές και για λόγους αισθητικής, ασφάλειας και ικανοποίησης των

χρηστών ο φωτισμός χώρων, που βρίσκονται δίπλα σε χώρους εργασίας που υπάρχει ανθρώπινη παρουσία, είναι καλύτερο να βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα παρά να είναι πλήρως απενεργοποιημένος. [46]

### 2.5.3 Αισθητήρες – Ανιχνευτές – Τοπικοί αυτοματισμοί

Η εξέλιξη της τεχνολογίας δεν θα μπορούσε παρά να μην επηρεάσει καθοριστικά στην ανάπτυξη του τομέα του φωτισμού. Τα συστήματα φωτισμού αυτοματοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση ειδικών αισθητήρων και διακοπών, οι οποίοι εκτός από το ότι διευκόλυναν το χειρισμό των συστημάτων αυτών, συνέβαλαν σημαντικά στην ενεργειακή εξοικονόμηση. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες διατάξεις αυτοματισμού είναι τρεις:

- αισθητήρες φωτισμού,
- αισθητήρες παρουσίας ή κίνησης και
- χρονοδιακόπτες.

#### 2.5.3.1 Αισθητήρες φωτισμού – Ρύθμιση και εγκατάσταση

Η βασική λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού είναι η παραγωγή μιας τάσης ελέγχου η οποία σχετίζεται με την ένταση και την κατανομή του φωτισμού μέσα στο χώρο. Η λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού είναι σύνθετη επειδή εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- η κατανομή του φωτισμού στο χώρο που βρίσκεται ο αισθητήρας,
- η φασματική κατανομή του φυσικού και τεχνητού φωτισμού,
- οι ρυθμίσεις της θέσης σε λειτουργία του αισθητήρα (commissioning) και
- τα εξωτερικά επίπεδα φωτισμού.

Ο αισθητήρας φωτισμού αποτελεί μια πλήρη μονάδα ελέγχου που εμπεριέχει ειδικούς φακούς για την είσοδο του φωτισμού, φωτοκύτταρο και το απαραίτητο ηλεκτρικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου. Ο αισθητήρας μετατρέπει τα δεδομένα εισόδου σε ένα σήμα εξόδου, το οποίο ελέγχει τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού (EDB) ή το κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας ενός κτηρίου. Το σήμα εξόδου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 0 – 10V, εκτός και αν ο αισθητήρας φωτισμού και το EDB είναι ενσωματωμένα σε ένα ενιαίο σύστημα, οπότε το EDB σχεδιάζεται για να λειτουργεί συγκεκριμένα με έναν ιδιαίτερο αισθητήρα φωτισμού. [45]

Η πιο περίπλοκη και ταυτόχρονα χρονοβόρα διαδικασία είναι η τοποθέτηση και η θέση σε λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού. Είναι η συστηματική διαδικασία που εξασφαλίζει συνεχώς την αλληλεπίδραση όλων των στοιχείων του συστήματος εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού σύμφωνα με τον προκαθορισμένο στόχο του αρχικού σχεδιασμού και τις ανάγκες του χώρου. Η σωστή θέση σε λειτουργία του συστήματος είναι σημαντική αφού σε ένα προβληματικό σύστημα, το οποίο έχει

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

τοποθετηθεί εμπειρικά, οι αντιδράσεις των χρηστών είναι δυνατόν να οδηγήσουν στην αποσύνδεσή του εκμηδενίζοντας τη δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας και απόσβεση της επένδυσης. Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία των αισθητήρων είναι αρκετοί και γι' αυτό πρέπει να τηρούνται τα παρακάτω στάδια για τη θέση σε λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού.

Αρχικά, πρέπει να χρησιμοποιηθούν πληροφορίες σχετικά με τις τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις από τον κατασκευαστή του αισθητήρα καθώς επίσης και πληροφορίες σχετικά με τη χρήση του χώρου και το πρόγραμμα των χρηστών του. Πολύ σημαντική παράμετρος για την τοποθέτησή του στη ζώνη εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού είναι το οπτικό πεδίο του αισθητήρα. Στη συνέχεια και αφού καθορισθούν οι ζώνες ελέγχου του κάθε αισθητήρα φωτισμού προτείνονται η θέση τοποθέτησης ανά ομάδα φωτιστικών, εάν χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας ή τα φωτιστικά σώματα στα οποία θα τοποθετηθεί κάθε αισθητήρας ξεχωριστά.

Η ρύθμιση και η βαθμονόμηση των παραμέτρων του αισθητήρα, διαδικασία που περιλαμβάνει δύο στάδια, την ημερήσια και τη νυχτερινή ρύθμιση, πραγματοποιείται μετά την τοποθέτηση του αισθητήρα στο χώρο, ενώ για τη σωστή ρύθμιση του συστήματος με τους αισθητήρες φωτισμού απαιτεί ένα διακριβωμένο φωτόμετρο.

Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιείται η νυχτερινή ρύθμιση, κατά την οποία ρυθμίζεται η τιμή στην οποία το επίπεδο έντασης φωτισμού πρέπει να διατηρείται σταθερό. Πραγματοποιείται με την προσαρμογή του τεχνητού φωτισμού χωρίς την παρουσία φυσικού φωτισμού. Αυτή η ρύθμιση πραγματοποιείται σε όλους τους τύπους αισθητήρων φωτισμού.

Σε δεύτερο στάδιο λαμβάνει χώρα η ημερήσια ρύθμιση και ρυθμίζεται η αναλογία μεταξύ του σήματος του αισθητήρα φωτισμού και του επιθυμητού επιπέδου φωτισμού με την παρουσία φυσικού φωτισμού και τεχνητού φωτισμού. Αυτό πραγματοποιείται με τη μείωση της έντασης του τεχνητού φωτισμού μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο συνολικού φωτισμού με την παρουσία φυσικού φωτισμού. Η ημερήσια ρύθμιση της θέσης σε λειτουργία του αισθητήρα ολοκληρώνεται επιλέγοντας να πραγματοποιηθεί η ρύθμιση μια χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της ημέρας, κατά την οποία οι τιμές του φυσικού φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας δεν υπερβαίνουν το επίπεδο αναφοράς φωτισμού και έτσι επιλέγονται συνήθως πρωινές ώρες.

Η ημερήσια ρύθμιση για τη θέση σε λειτουργία του αισθητήρα φωτισμού εξαρτάται από την κατανομή του φυσικού φωτισμού τη χρονική στιγμή της θέσης σε λειτουργία του αισθητήρα. Αν αυτές οι συνθήκες δεν επιλεγούν κατάλληλα τότε τα αποτελέσματα και η απόδοση του συστήματος ελέγχου δεν θα είναι η επιθυμητή. Η ρύθμιση πρέπει να γίνει σε μία χρονική στιγμή όπου η κατανομή του φυσικού φωτισμού είναι αντιπροσωπευτική αυτής κατά τη διάρκεια λειτουργίας των αισθητήρων φωτισμού και να αποφεύγονται κάποιες συγκεκριμένες κατανομές φυσικού φωτισμού. Η θέση σε λειτουργία του αισθητήρα πρέπει να αποφεύγεται τόσο όταν υπάρχει είσοδος άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από χαμηλό ηλιακό ύψος (λίγο πριν τη δύση) όσο και όταν υπάρχει έντονη άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Εάν στο χώρο εγκατάστασης υπάρχουν ρυθμιζόμενα σκίαστρα τότε η διαδικασία πρέπει να πραγματοποιείται όταν τα σκίαστρα είναι στη θέση που τα προτιμούν οι χρήστες, με την προϋπόθεση να μην παρεμποδίζουν τη βέλτιστη λειτουργία του αισθητήρα φωτισμού.

Η χρονική απόκριση του αισθητήρα φωτισμού, προς τις μεταβολές της έντασης του φυσικού φωτισμού, πρέπει να ρυθμίζεται ώστε να υπάρχει κάποια χρονική υστέρηση, συνήθως μεγαλύτερη του λεπτού της ώρας, για να μεταβεί το σύστημα φωτισμού στη μέγιστη παραγωγή φωτισμού.

Τέλος, δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση ο αισθητήρας να σημαδεύει το εξωτερικό άνοιγμα εκτός και αν το επιτρέπουν οι προδιαγραφές του κατασκευαστή. [49]

### 2.5.3.2 Αισθητήρες ή ανιχνευτές παρουσίας / κίνησης

Οι αισθητήρες παρουσίας διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία των κυκλωμάτων φωτισμού που ελέγχουν, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να διακόψουν και τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού, όταν δεν ανιχνεύουν ανθρώπινη παρουσία στους χώρους στους οποίους είναι τοποθετημένοι. Αυτή είναι και η βασική τους διαφορά με τους αισθητήρες ή ανιχνευτές κίνησης, οι οποίοι συνδέονται μόνο με την εγκατάσταση φωτισμού. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου, καθώς αποτρέπεται το φαινόμενο να λειτουργούν τα συστήματα, με το οποία είναι συνδεδεμένοι οι αισθητήρες, σε χώρους που δεν χρησιμοποιούνται.

Οι περισσότεροι αισθητήρες διαθέτουν χειροκίνητες και αυτόματες επιλογές για τη ρύθμιση της ευαισθησίας στην ανίχνευση της κίνησης και τη ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης για την απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού από τη στιγμή που ο αισθητήρας δεν αντιλαμβάνεται παρουσία ατόμου στο χώρο που ελέγχει. Ο ανιχνευτής κίνησης συλλέγει τα δεδομένα εισόδου χρησιμοποιώντας συνήθως υπερήχους, υπέρυθρη ακτινοβολία ή μικροκύματα. Υπάρχουν και αισθητήρες διπλής λειτουργίας οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιούν και υπέρυθρη ακτινοβολία αλλά και υπέρηχους, για μεγαλύτερη ακρίβεια. [46]

Οι αισθητήρες παρουσίας και οι ανιχνευτές κίνησης έχουν τις εξής τρεις παραμέτρους ρύθμισης:

- αυτόματης ή χειροκίνητης έναυσης,
- αυτόματης ή χειροκίνητης σβέσης και
- χρόνου αναμονής.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού



**Σχήμα 2.12:** Αισθητήρας παρουσίας  
[Πηγή: <http://www.networktechinc.com>]

Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με το συνδυασμό χειροκίνητης έναυσης και αυτόματης σβέσης. Ενδεικτικά, σύμφωνα με το U.S. Environmental Protection Agency και το πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης Intelligent Energy Europe, η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας με τη χρήση αισθητήρων παρουσίας είναι ιδιαίτερα σημαντική και εξαρτάται από τη χρήση των χώρων, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα [50]:

Είδος χώρου	Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)
Χώροι Γραφείων	13-50%
Σχολικές Αίθουσες	40-46%
Αίθουσες Συνεδρίων	22-65%
WC	30-90%
Διάδρομοι	30-80%
Αποθηκευτικοί Χώροι	45-80%

**Πίνακας 2.4:** Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας ανάλογα με τη χρήση του χώρου με τη χρήση αισθητήρων παρουσίας  
[Πηγή: <http://www.enistec.com>]

Σε μελέτες φωτισμού θεωρείται ότι η εξοικονόμηση ενέργειας σε χώρους όπου έχουν εγκατασταθεί αισθητήρες παρουσίας ή ανιχνευτές κίνησης ισούται περίπου με 30%.

### 2.5.3.3 Χρονοδιακόπτες

Οι χρονοδιακόπτες είναι ηλεκτρονικά ή μηχανικά συστήματα, τα οποία ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν τα κυκλώματα φωτισμού για προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα. Τα χρονικά διαστήματα ποικίλλουν ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών του χώρου. Πολύ σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι μπορούν να αντικαταστήσουν τους συμβατικούς διακόπτες χωρίς επιπλέον καλωδίωση, ενώ εξίσου σημαντική είναι η πληθώρα των επιλογών που παρέχουν στους χρήστες, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης των παραμέτρων τους. Επιπλέον αύξηση της λειτουργικότητας του συστήματος φωτισμού επιτυγχάνεται λόγω της συμβατότητας των χρονοδιακοπών με κεντρικά συστήματα ελέγχου και διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας των κτηρίων.

Ανάλογα με την πολυπλοκότητά τους κατηγοριοποιούνται από απλούς μηχανικούς με ελατήριο έως σύνθετους με μικροεπεξεργαστές που μπορούν να



προγραμματίσουν μια ακολουθία γεγονότων για μια ολόκληρη χρονιά. Πρέπει, όμως, να δίνεται η δυνατότητα παράκαμψής τους στους χρήστες, για το ενδεχόμενο μη προβλεπόμενων αποκλίσεων από το προκαθορισμένο πρόγραμμα των χρονοδιακοπών. [46]

#### 2.5.4 Εξισορρόπηση λαμπρότητας

Τα επίπεδα της έντασης φωτισμού και της λαμπρότητας στο εσωτερικό και μεταξύ των χώρων ενός κτηρίου πρέπει να καθορίζονται κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος φωτισμού, σύμφωνα με τους κανονισμούς και τις απαιτήσεις του κάθε χώρου και του κτηρίου συνολικότερα. Δεν αρκεί, όμως, μόνο ο καθορισμός, πρέπει και να εξισορροπούνται τα διαφορετικά επίπεδα έντασης φωτισμού για να ελαχιστοποιούνται οι συνθήκες θάμβωσης (glare). Για να μειωθεί, για παράδειγμα, η πολύ υψηλή ένταση φωτισμού που εισέρχεται από τα εξωτερικά ανοίγματα στο εσωτερικό των κτηρίων, συνίσταται η χρήση σκιάστρων ή περσίδων ή άλλες τεχνικές ελέγχου του φωτισμού.

Αντίθετα, μπορεί, για παράδειγμα, να επιδιώκεται η αύξηση της έντασης του φωτισμού που παράγεται από τον τεχνητό φωτισμό για εσωτερικούς χώρους. Συχνά ο έλεγχος φωτισμού χρησιμοποιείται για την εξισορρόπηση των επιπέδων φωτισμού μεταξύ δύο χώρων οι οποίοι χαρακτηρίζονται από διαφορετικά επίπεδα έντασης φωτισμού ή τιμές λαμπρότητας. [46]

#### 2.5.5 Διατήρηση των επιπέδων φωτισμού

Κατά το σχεδιασμό ενός νέου συστήματος φωτισμού πρέπει να διασφαλίζεται μια ελάχιστη τιμή κάτω από την οποία η ένταση φωτισμού του συστήματος δεν πρέπει να μειωθεί. Γι' αυτό, υπερδιαστασιολογείται κατά 20% έως και 35% σε σχέση με τα επιδιωκόμενα επίπεδα φωτισμού, για να μπορέσει το σύστημα να αντισταθμίσει τη μείωση των επιπέδων φωτισμού με το χρόνο, αφενός λόγω της γήρανσης του λαμπτήρα και άρα της μειωμένης εκπεμπόμενης φωτεινής ροής και αφετέρου λόγω της επικάθισης σωματιδίων με την πάροδο του χρόνου τόσο στην επιφάνεια των φωτιστικών, κάτι που μειώνει τη φωτεινή τους απόδοση, όσο και στην επιφάνεια των εσωτερικών χώρων, παράγοντας που μειώνει την ανακλαστικότητά τους.

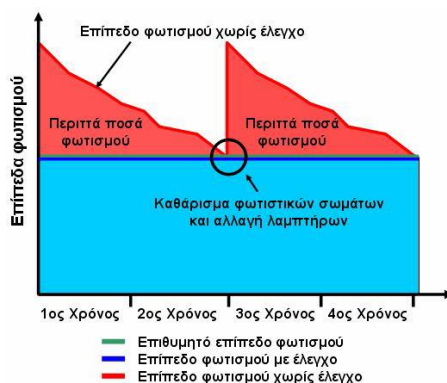
Με τη στρατηγική ελέγχου διατήρησης των επιπέδων φωτισμού εξοικονομείται ενέργεια στην αρχή λειτουργίας του συστήματος και μειώνεται με το χρόνο, καθώς διατηρεί σταθερή τη στάθμη φωτισμού, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα. Τα επίπεδα φωτισμού του αρχικού συστήματος μειώνονται κατά 20%-35% και με την πάροδο του χρόνου θα αυξάνεται η ισχύς προκειμένου να διατηρείται σταθερός ο φωτισμός και επακόλουθα να παραμένει σταθερό το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού. Επομένως, η πλήρης ισχύς θα καταναλώνεται κατά το τέλος της περιόδου

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων, μειώνοντας σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος φωτισμού. [46]

Θεωρούμε ότι η ποσότητα φως που λαμβάνεται, είναι μικρότερη κατά ένα συγκεκριμένο ποσοστό από ότι αν τα φωτιστικά ήταν καινούργια ή είχαν μόλις καθαριστεί. Στις περιπτώσεις αυτές όμως πρέπει να μειώνεται η ένταση των φωτιστικών, με τη χρήση αυξομειωτή, για να επιτυγχάνονται τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού των χώρων, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας. Πρέπει ακόμη να λαμβάνονται υπόψη οι παρεκκλίσεις στην ανακλαστικότητα των επιφανειών και των στοιχείων ενός χώρου.

Για να εξοικονομηθεί ενέργεια και ταυτόχρονα να μην επηρεάζεται η ποιότητα και η ποσότητα φωτισμού ενός χώρου, είναι απαραίτητη προϋπόθεση η χρήση ballast που μπορούν να ρυθμίζουν την ένταση φωτισμού με τη χρήση αυξομειωτή. Η ποσότητα φωτισμού, που πρέπει να εκπέμπει το φωτιστικό, μπορεί να καθορισθεί με χρονοδιακόπτη, ο οποίος θα την αυξάνει σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. [51]



**Σχήμα 2.13:** Επίπεδα φωτισμού με ή χωρίς στρατηγική ελέγχου διατήρησης των επιπέδων φωτισμού [Πηγή: Διδακτορική Διατριβή «Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού», Λάμπρος Θ. Δούλος,]

Γίνεται αντιληπτό ότι αν εφαρμόζεται στρατηγική ελέγχου διατήρησης των επιπέδων φωτισμού, τα επίπεδα φωτισμού παραμένουν σταθερά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ενός συστήματος φωτισμού και επομένως εξοικονομείται ενέργεια, λόγω της σταδιακής αύξησης της ισχύος μέχρι τη μέγιστη τιμή της που έχει συνεχώς ένα σύστημα χωρίς ρύθμιση των επιπέδων φωτισμού στην αρχή της λειτουργίας του.

Η στρατηγική ελέγχου διατήρησης των επιπέδων φωτισμού μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια ενός συστήματος που ρυθμίζει την στάθμη του φωτισμού (dimming system) και τους αισθητήρες φωτισμού. Είναι, δε, οικονομικά αποδοτικότερο όταν ελέγχονται από κοινού μεγάλες συστοιχίες φωτιστικών σωμάτων. [46]

### 2.5.6 Εξομάλυνση φορτίου και μείωση της ζήτησης ισχύος

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όσον αφορά στο φωτισμό σε ένα κτήριο μπορεί να μειωθεί σημαντικά με τον έλεγχο της μείωσης της ζήτησης ισχύος για

μικρές χρονικές περιόδους. Η επιλεκτική μείωση της έντασης φωτισμού στους λιγότερο σημαντικούς χώρους του κτηρίου μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε περιοχές, όπου η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζεται το καλοκαίρι. Μια σχετική μείωση στην ισχύ για φωτισμό μπορεί να μειώσει έμμεσα την ισχύ για κλιματισμό. Η υιοθέτηση της συγκεκριμένης στρατηγικής δεν θα πρέπει να είναι ενοχλητική στους χρήστες του χώρου. Οι έλεγχοι με μείωση της ζήτησης ισχύος είναι αρκετά αποδοτικοί όσον αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας στις ώρες αιχμής. [46]

### **2.5.7 Συστήματα κεντρικής διαχείρισης κτηρίων και σύστημα φωτισμού**

Τα συστήματα κεντρικής διαχείρισης κτηρίων (BMS) αποτελούν ολοκληρωμένη λύση για την εποπτεία της λειτουργίας των κτηρίων, τον έλεγχο και τη διαχείριση των ενεργειακών τους συστημάτων. Τα BMS συμβάλλουν στην ορθολογική χρήση της ενέργειας και επομένως στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ένα απλό BMS μπορεί να εκτελέσει και να συνδυάσει όλες τις λειτουργίες των αυτοματισμών ελέγχου φωτισμού, οι οποίες δεν αντιμετωπίζονται αυτόνομα και τοπικά σε κάθε διακριτό χώρο αλλά ενσωματώνονται στο ολοκληρωμένο σύστημα του κτηρίου.

Είναι συμφέρουσα η εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου συστήματος κεντρικής διαχείρισης, επειδή το κόστος εγκατάστασης αυτόνομων αυτοματισμών σε περισσότερους διακριτούς χώρους είναι σχεδόν ακέραιο πολλαπλάσιο της εγκατάστασης του ενός. Αντίθετα, στο ολοκληρωμένο BMS οι επιμέρους μονάδες έχουν πολλαπλές λειτουργίες και επιμερίζεται το κόστος. Τα BMS εξοικονομούν ενέργεια στη θέρμανση, την ψύξη, το φωτισμό και σε άλλες καταναλώσεις των κτηρίων. Σύμφωνα με μετρήσεις εξειδικευμένων φορέων με την εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου BMS επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό από 10% έως 35% ανάλογα με το είδος της χρήσης του κτηρίου.

Παρά το υψηλότερο κόστος μιας εγκατάστασης με BMS σε σχέση με μια συμβατική, η επένδυση είναι συμφέρουσα, καθώς η εφαρμογή του έχει σχετικά μικρό χρόνο απόσβεσης του αρχικού κόστους. Ωστόσο η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος δεν επιλύει όλα τα προβλήματα του λειτουργικού κόστους των κτηρίων ούτε είναι περιττή πολυτέλεια. Τα ενεργειακά και λειτουργικά οφέλη από την εφαρμογή των BMS είναι δεδομένα. [44]

## **2.6 Συντήρηση**

Η απόδοση της εγκατάστασης φωτισμού μειώνεται συν τω χρόνω λόγω της ρύπανσης των φωτιστικών και των λαμπτήρων και της γήρανσης των λαμπτήρων, των στραγγαλιστικών πηνίων και των υλικών των φωτιστικών που συμμετέχουν στην εκπομπή φωτός. Αυτοί οι παράγοντες συνιστούν το συντελεστή συντήρησης

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

της εγκατάστασης φωτισμού, ο οποίος εκφράζει τη μείωση της απόδοσής της σε σχέση με την αρχική.

Επειδή η σταδιακή πτώση της φωτεινής αποδοτικότητας μιας εγκατάστασης φωτισμού είναι δεδομένη, τα αρχικά επίπεδα φωτισμού υπολογίζονται στον αρχικό σχεδιασμό κατά τι υψηλότερα από τα απαιτούμενα επίπεδα, εκτός εάν προβλέπονται συστήματα ελέγχου μεταβαλλόμενης ή σταθερής ροής. Τα συστήματα αυτά παρατείνουν τη ζωή των λαμπτήρων και αντιμετωπίζουν προβλήματα υπερδιαστασιολόγησης.

Σύμφωνα με μετρήσεις εξειδικευμένων φορέων σε εγκαταστάσεις φωτισμού κτηρίου γραφείων διαπιστώθηκε ότι η πλημμελής συντήρησή τους (ανά 3 χρόνια) είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του φωτισμού σε ποσοστό μεγαλύτερο από 40%, σε αντίθεση με την τακτική συντήρηση που η μείωση δεν ξεπερνούσε το 25%. Αντίστοιχα, ο καθαρισμός των φωτιστικών και η αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων σε ετήσια βάση εξοικονομεί ενέργεια σε ποσοστό έως και 15%.

Ο καθαρισμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών από τη σκόνη με τα απαιτούμενα υλικά βελτιώνει το φωτισμό του χώρου και περιορίζει την κατανάλωση ενέργειας. Συνιστάται η αντικατάσταση πλαστικών ή πρισματικών ανακλαστήρων, επειδή μετά από εύλογο χρονικό διάστημα αποχρωματίζονται και μειώνεται η ανακλαστική ιδιότητά τους. Ακόμη, επιβάλλεται προγραμματισμένος καθαρισμός και αντικατάσταση των λαμπτήρων, λόγω της γήρανσής τους, για να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες και να λειτουργεί πιο αποδοτικά η εγκατάσταση φωτισμού. Ο καθαρισμός των φωτιστικών εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο στον οποίο βρίσκονται.

Σημειώνεται ότι πρέπει να συνυπολογίζονται στο πρόγραμμα συντήρησης τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λαμπτήρων μιας εγκατάστασης φωτισμού για να αντικαθίστανται έγκαιρα και πριν το τέλος της ζωής τους. Χαρακτηριστικά, πολλοί λαμπτήρες χαρακτηρίζονται, εκτός από τη μέση διάρκεια ζωής και από την οικονομική διάρκεια ζωής που αφορά στο χρόνο λειτουργίας, πέραν του οποίου η λειτουργία τους δεν είναι συμφέρουσα.

Η συντήρηση συνεπώς είναι αναγκαία για να αποδίδει μια εγκατάσταση φωτισμού το μέγιστο της δυνατότητάς της και να μην γίνεται σπατάλη ενέργειας και χρημάτων. Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων και των φωτιστικών σωμάτων θα πρέπει να μειώνει όσο γίνεται περισσότερο τις απαιτήσεις συντήρησης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το αυτο-αεριζόμενο φωτιστικό σώμα που συσσωρεύει λιγότερους ρύπους στις επιφάνειές του. [44]

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού. Περιγράφεται ο υπολογισμός του συνολικού κόστους μιας εγκατάστασης φωτισμού ως άθροισμα των επιμέρους κοστών αγοράς, λειτουργίας και συντήρησης και εξετάζεται η οικονομική βιωσιμότητα μιας επένδυσης, μέσω του υπολογισμού του χρόνου απόσβεσής της.

#### 3.1 Εισαγωγή

Η εγκατάσταση φωτισμού πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλες τις ανάγκες των χρηστών, συμπεριλαμβανομένων και των οικονομικών. Το κόστος είναι αυτό που ουσιαστικά καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη μελέτη φωτισμού, αλλά και το σχεδιασμό των συστημάτων φωτισμού. Δυστυχώς, σε πολλές περιπτώσεις ο οικονομικός παράγοντας έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα και την αισθητική. Επαφίεται, λοιπόν, στο σχεδιαστή τόσο των συστημάτων όσο και των εγκαταστάσεων φωτισμού η ιεράρχηση των προτεραιοτήτων, ο καθορισμός αναγκών που θεωρούνται βασικές και η προσαρμογή τους στα οικονομικά δεδομένα. Οφείλει, με άλλα λόγια, να προχωρήσει στο σχεδιασμό με τα διαθέσιμα χρήματα, «θυσιάζοντας» τις λιγότερες δυνατές βασικές ανάγκες.

Μια ολοκληρωμένη οικονομική ανάλυση ενός νέου ή υφιστάμενου συστήματος φωτισμού θα πρέπει να:

- συγκρίνει εναλλακτικά συστήματα,
- αξιολογεί διαδικασίες και τεχνικές ελέγχου,
- αξιολογεί στρατηγικές και τεχνολογίες ενεργειακής διαχείρισης,
- καθορίζει την επίδραση του φωτισμού σε άλλα συστήματα του κτηρίου,
- σχεδιάζει τον προϋπολογισμό και τις ταμειακές ροές,
- υπολογίζει το όφελος της εγκατάστασης σε συνάρτηση με το κόστος της (ανάλυση κόστους – οφέλους). [52]

Τέλος, θα πρέπει να συνυπολογίζονται και τα έμμεσα οφέλη που προκύπτουν από ένα σωστά μελετημένο και άρτια εγκατεστημένο και συντηρημένο σύστημα φωτισμού. Η θετική επίδραση στην ψυχολογία των χρηστών είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος, ενώ απόρροιά της είναι και η αύξηση της παραγωγικότητάς τους. Η αυξημένη παραγωγικότητα, η οποία μακροπρόθεσμα εξασφαλίζει πολύπλευρα οικονομικά οφέλη, αποδεικνύει γιατί η οικονομική ανάλυση δεν πρέπει να έρχεται σε αντίθεση με τον τεχνικό και τον αισθητικό σχεδιασμό ενός συστήματος. Πρέπει να αποτελεί το πλαίσιο εντός του οποίου το σύνολο των αναγκών θα λαμβάνονται υπόψη και θα αξιολογούνται κατάλληλα. [52]

## 3.2 Κόστος εγκατάστασης φωτισμού

Για να είναι πλήρης ο υπολογισμός του κόστους μιας εγκατάστασης φωτισμού κτηρίου πρέπει να συνυπολογιστούν, εκτός από το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των συστημάτων φωτισμού, τόσο το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης, ανάλογα με τις απαιτήσεις και το ωράριο λειτουργίας του κάθε χώρου, όσο και το κόστος συντήρησής της. [52]

### 3.2.1 Αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης

Το αρχικό κόστος του συστήματος φωτισμού  $K_{\alpha}$  (που δεν εξαρτάται από τη λειτουργία του) περιλαμβάνει την αγορά και την εγκατάσταση του εξοπλισμού. Οπότε, προκύπτει πως:

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

*Το κόστος του εξοπλισμού υπολογίζεται σε € και η τιμή εργασίας σε €/ώρα.*

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

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

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει υφιστάμενο σύστημα φωτισμού, μελετάται το ενδεχόμενο της αναβάθμισής του ώστε να μειωθεί το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Το αρχικό κόστος αγοράς και τοποθέτησης του εξοπλισμού ονομάζεται κόστος αναβάθμισης. Γενικά, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η υφιστάμενη καλωδίωση για το νέο σύστημα φωτισμού, γιατί έτσι μειώνεται το κόστος αντικατάστασης του υφιστάμενου συστήματος και η αναβάθμισή του γίνεται μια οικονομικά ελκυστική επιλογή. [52]

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Επίσης, το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης του εξοπλισμού μπορεί να υπολογιστεί, αθροίζοντας τα μεμονωμένα κόστη αγοράς και εγκατάστασης κάθε στοιχείου του εξοπλισμού. Ενδεικτικά, αναφέρεται ο τρόπος υπολογισμού του κόστους αγοράς και εγκατάστασης των φωτιστικών και των λαμπτήρων μεμονωμένα. Ομοίως, υπολογίζεται και το αντίστοιχο μεμονωμένο κόστος των άλλων στοιχείων του εξοπλισμού.

Για να υπολογιστεί το κόστος των φωτιστικών, αρχικά ομαδοποιούνται και στη συνέχεια αθροίζονται τα κόστη:

$$K_{\phi} = \sum_{k=1}^n i \cdot (\text{κόστος ενός φωτιστικού}),$$

όπου:

*n*: το πλήθος των ομάδων φωτιστικών σωμάτων,

*i*: το πλήθος των φωτιστικών που ανήκουν σε μια συγκεκριμένη ομάδα.

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

Το κόστος των λαμπτήρων υπολογίζεται κι αυτό σε € και ισούται με:

$$K_{\lambda} = \sum_{k=1}^N \lambda \cdot (\text{κόστος κάθε λαμπτήρα}),$$

όπου:

*λ*: ο αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό

*N*: ο αριθμός των φωτιστικών

Το κόστος του κάθε λαμπτήρα υπολογίζεται σε € και περιλαμβάνει το κόστος αγοράς και τοποθέτησής του. [53]

### 3.2.2 Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας

Το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας εξαρτάται από τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού. Το ετήσιο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας,  $K_{εν}$  (€/έτος), δίνεται από τη σχέση:

$$K_{εν} = P \cdot (\text{τιμή kWh}) \cdot \left( \frac{\text{ώρες λειτουργίας}}{\text{έτος}} \right),$$

όπου:

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

Η τιμή της κιλοβατώρας (€/kWh) καθορίζεται από τη Δ.Ε.Η., με βάση διάφορους παράγοντες, όπως η απόσταση της εγκατάστασης από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η ζήτηση ηλεκτρισμού.

Οι ώρες λειτουργίας ανά έτος προκύπτουν με εκτίμηση κάποιων παραγόντων της χρήσης του κτηρίου. Η χρήση συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης και αυτοματισμών, όπως αισθητήρων παρουσίας/κίνησης και αισθητήρων φωτός μειώνουν τις ώρες λειτουργίας. Η μείωση των ωρών λειτουργίας είναι μία συνηθισμένη μέθοδος μείωσης του ετήσιου κόστους της καταναλισκόμενης ενέργειας. [52]

### 3.2.3 Κόστος συντήρησης

Το κόστος συντήρησης προκύπτει μετά από κάποιο χρονικό διάστημα λειτουργίας του συστήματος φωτισμού, οπότε απαιτούνται ορισμένες παρεμβάσεις. Τέτοιου είδους παρεμβάσεις είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων και των ballast, ο καθαρισμός των φωτιστικών σωμάτων, ο καθαρισμός των χώρων, η αντικατάσταση σπασμένων διαχυτικών καλυμμάτων ή ανακλαστικών περσίδων.

Το κόστος συντήρησης  $K_{\sigma}$  υπολογίζεται ως εξής:

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

όπου το κόστος των υλικών συντήρησης είναι σε €/έτος και η τιμή εργασίας σε €/ώρα, οπότε το κόστος συντήρησης  $K_{\sigma}$  υπολογίζεται κι αυτό σε €/έτος.

Το πιο σημαντικό μέρος του κόστους συντήρησης είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων. Το κόστος των υλικών για αντικατάσταση των λαμπτήρων υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό του αριθμού των λαμπτήρων που αντικαθίστανται με την τιμή του κάθε λαμπτήρα. Ο αριθμός των λαμπτήρων,  $n_1$ , που αντικαθίστανται ανά έτος εκφράζεται ως εξής:

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

όπου

$n_{\lambda}$ : ο συνολικός αριθμός λαμπτήρων της εγκατάστασης και

διάρκεια ζωής του λαμπτήρα: υπολογίζεται σε ώρες.

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

Το κόστος συντήρησης υπολογίζεται και με δεύτερο τρόπο: αν αθροιστούν τα επιμέρους κόστη κάθε επέμβασης συντήρησης, όπως για παράδειγμα το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων, το κόστος καθαρισμού των φωτιστικών ή το κόστος καθαρισμού του χώρου.

Το συνολικό κόστος για κάθε επιμέρους επέμβαση συντήρησης ισούται με:



Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Εξοικονόμηση ενέργειας με αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

$$K_{\text{επ}} = \frac{(\text{διάρκεια ζωής συστήματος}) \cdot (\text{κόστος επέμβασης})}{(\text{διάστημα επέμβασης})},$$

όπου:

το κόστος επέμβασης πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα κόστη που απαιτούνται για την πραγματοποίησή της, ενώ

το διάστημα επέμβασης ορίζεται ως το διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών ίδιων επεμβάσεων.

Χαρακτηριστικά, αν η επέμβαση που πρόκειται να γίνει στο σύστημα είναι η αντικατάσταση λαμπτήρων, τότε το κόστος της θα ισούται με:

$$K_{\text{αντ}} = \frac{(\text{διάρκεια ζωής συστήματος}) \cdot (\text{κόστος αντικατάστασης λαμπτήρων})}{(\text{διάστημα αντικατάστασης λαμπτήρων})},$$

Όπου:

το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων περιλαμβάνει το κόστος των λαμπτήρων και το αντίστοιχο εργατικό κόστος,

το διάστημα αντικατάστασης λαμπτήρων είναι η διάρκεια ζωής ή μέσος χρόνος ζωής των λαμπτήρων.

Αντίστοιχα, το συνολικό κόστος καθαρισμού των φωτιστικών θα ισούται με:

$$K_{\text{καθ}} = \frac{(\text{διάρκεια ζωής συστήματος}) \cdot (\text{κόστος καθαρισμού φωτιστικών})}{(\text{διάστημα καθαρισμού φωτιστικών})},$$

όπου:

το κόστος καθαρισμού των φωτιστικών περιλαμβάνει πέρα από το κόστος καθαρισμού και το κόστος για την αντικατάσταση ελαττωματικών εξαρτημάτων στο σύστημα φωτισμού, συμπεριλαμβανομένου του κόστους των εξαρτημάτων,

το διάστημα καθαρισμού των φωτιστικών είναι το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο καθαρισμούς.

Γίνεται αντιληπτό ότι το κόστος της εκάστοτε επιμέρους επέμβασης υπολογίζεται σε € και για να υπολογιστούν τα αντίστοιχα ετήσια κόστη (€/έτος) αρκεί να διαιρεθούν τα κόστη με τη διάρκεια ζωής του συστήματος. [53]

### 3.2.4 Συνολικό κόστος

Το συνολικό κόστος είναι το άθροισμα του αρχικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης  $K_{\alpha}$ , του κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας  $K_{\text{εν}}$  και του κόστους συντήρησης  $K_{\sigma}$ :

$$K = K_{\alpha} + K_{\text{εν}} + K_{\sigma}$$

Όμως, επειδή το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης υπολογίζεται σε € και καταβάλλεται άπαξ, σε αντίθεση με το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το κόστος συντήρησης, που καταβάλλονται ανά περιοδικά / τακτά διαστήματα, είτε

διαίρειται το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης με τη διάρκεια ζωής του συστήματος, ώστε να εκφραστεί σε € ανά έτος και κατόπιν προστίθεται με τα άλλα δύο κόστη, είτε πολλαπλασιάζονται 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.

Είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, γιατί αλλιώς υπάρχει ο κίνδυνος ένα σχετικά μικρό αρχικό κόστος εγκατάστασης, να διογκωθεί με την πάροδο των χρόνων. Αν για παράδειγμα επιλεγούν φθινοί λαμπτήρες και φωτιστικά με μικρό χρόνο ζωής, τότε μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ορισμένων ετών θα έχουν δοθεί πολύ περισσότερα χρήματα απ' ό,τι αν επιλέγονταν αρχικά λαμπτήρες και φωτιστικά με υψηλότερο κόστος και μεγαλύτερο χρόνο ζωής. [52]

### 3.3 Χρόνος απόσβεσης

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

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

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

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

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

Το κόστος της επένδυσης ισούται με το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης, που υπολογίστηκε στην παράγραφο 3.2.1. Το ετήσιο κόστος λειτουργίας ισούται με το άθροισμα του ετήσιου κόστους της καταναλισκόμενης ενέργειας και του ετήσιου κόστους συντήρησης, που υπολογίστηκαν στις παραγράφους 3.2.2. και 3.2.3. αντίστοιχα. [53]

Ο χρόνος απόσβεσης μπορεί επίσης να προσδιοριστεί και γραφικά.



Σχήμα 3.1: Γραφικός υπολογισμός χρόνου απόσβεσης

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

### 3.4 Μέθοδοι στατικού και δυναμικού υπολογισμού

Η προηγούμενη μέθοδος οικονομικής ανάλυσης βασίζεται στη μέθοδο του στατικού υπολογισμού, είναι εύκολη και γρήγορη στην υλοποίησή της, αλλά παρουσιάζει βασικές ελλείψεις, καθώς δεν υπολογίζονται οι μεταβολές στη μελλοντική αξία του χρήματος και γενικά η δυναμικότητα της οικονομικής επιστήμης. Γι' αυτό προτείνεται, ειδικά για σύνθετες μελέτες, όπου τα μεγέθη δεν επιτρέπουν περιθώρια λάθους, να ακολουθείται η δυναμική μέθοδος υπολογισμού. Ο υπολογισμός του κόστους συντήρησης και του κόστους της καταναλισκόμενης ενέργειας περιλαμβάνει στη μέθοδο αυτή και την επίδραση του χρόνου και του επιτοκίου στην αξία του χρήματος. [52]



## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων του

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται μια εκτενής περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη του Ε.Μ.Π. Παρατίθενται οι κατόψεις των χώρων που μελετήθηκαν, παρουσιάζεται το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού και τα προβλήματά του. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες από τη βάση δεδομένων της Google και της Bing, τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτηρίου και φωτογραφίες από τις επισκέψεις που πραγματοποιήθηκαν στο κτήριο κατά τα έτη 2011 – 2012, για τις ανάγκες της ενεργειακής επιθεώρησης και καταγραφής.

#### 4.1. Περιγραφή κτηρίου

Η κατασκευή του κτηρίου Αντοχής Υλικών ξεκίνησε το 1954 και ολοκληρώθηκε το 1960 και αποτέλεσε το πρώτο κτίσμα του συγκροτήματος της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Αργότερα, το κύριο τμήμα του κτηρίου ονομάστηκε «Κτήριο Θεοχάρη» προς τιμήν του διακεκριμένου Ακαδημαϊκού του Ε.Μ.Π. Περικλή Σ. Θεοχάρη, του οποίου προτομή υπάρχει στην κύρια είσοδο του κτηρίου. Το κτήριο Αντοχής Υλικών εντάσσεται στα κτήρια που απαρτίζουν το συγκρότημα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., αν και σ' αυτό πραγματοποιούνται διαλέξεις, εργαστηριακές ασκήσεις και ερευνητικές δραστηριότητες και από καθηγητές και φοιτητές άλλων σχολών του Ε.Μ.Π. [54]

Αργότερα προστέθηκαν νέα τμήματα, για να καλύψουν τις αυξημένες απαιτήσεις σε εργαστήρια και γραφεία. Πιο συγκεκριμένα, υπήρξε επέκταση του κτηριακού συγκροτήματος προς τη βόρεια πλευρά του, στην οποία στεγάζονται τα Εργαστήρια Εφαρμοσμένης Υδραυλικής, Υγειονομικής Τεχνολογίας και Υδρολογίας & Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων του Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Τα κτίσματα αυτά δεν υπήρξαν αντικείμενο μελέτης της παρούσας Εργασίας, όπως και τα όμορα κτήρια. Πιο συγκεκριμένα, στα δυτικά του κτηρίου Θεοχάρη στεγάζονται το Εργαστήριο Οπλισμένου σκυροδέματος του Τομέα Δομοστατικής. Στα ανατολικά στεγάζονται τα εργαστήρια Σιδηροδρομικής και Μεταφορών και Οδοποιίας του Τομέα Μεταφορών Συγκοινωνιακής Υποδομής καθώς και το Εργαστήριο Δομικών Μηχανών και Διαχείρισης Έργων του Τομέα Προγραμματισμού και Διαχείρισης Τεχνικών Έργων.

Ο προσανατολισμός του υπό μελέτη κτηρίου Θεοχάρη είναι βόρειος, βορειοανατολικός (12<sup>ο</sup> Ε) και οι ακριβείς γεωγραφικές του συντεταγμένες είναι:

- γεωγραφικό μήκος 23,77<sup>ο</sup> Ανατολικά και
- γεωγραφικό πλάτος 37,98<sup>ο</sup> Βόρεια.

#### Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων του



Σχήμα 4.1: Φωτογραφία του κτηρίου Αντοχής Υλικών από δορυφόρο [Πηγή: Google Earth]

Η συνολική επιφάνεια των φωτιζόμενων χώρων του υπό μελέτη κτηρίου, όπως μετρήθηκε από τα αρχιτεκτονικά σχέδιά του, είναι  $6695\text{m}^2$ . Το κτήριο αποτελείται συνολικά από 5 επίπεδα (Υπόγειο, Ισόγειο, 1<sup>ος</sup>, 2<sup>ος</sup>, 3<sup>ος</sup> όροφος), καθένα από τα οποία καταλαμβάνει την παρακάτω έκταση:

Επίπεδο	Επιφάνεια ( $\text{m}^2$ )	Αριθμός Χώρων
Υπόγειο	482	9
Ισόγειο	2711	48
1 <sup>ος</sup> όροφος	903	22
2 <sup>ος</sup> όροφος	1293	47
3 <sup>ος</sup> όροφος	1306	33
<b>Σύνολο</b>	<b>6695</b>	<b>159</b>

Πίνακας 4.1: Επιφάνεια και αριθμός χώρων ανά όροφο

Στο κτήριο στεγάζονται γραφεία καθηγητών, υποψήφιων διδασκόντων, μεταπτυχιακών φοιτητών και διοικητικού και βοηθητικού προσωπικού, εργαστήρια, χώροι διεξαγωγής πειραμάτων, αίθουσες και αμφιθέατρα διδασκαλίας, βοηθητικοί και κοινόχρηστοι χώροι.

Στις αεροφωτογραφίες που ακολουθούν, διακρίνεται ολόκληρο το συγκρότημα του κτηρίου Αντοχής Υλικών από νότια (Εικόνα 4.2), ανατολικά (Εικόνα 4.3) και βόρεια (Εικόνα 4.4). Στο κέντρο, δεσπόζει το κτήριο Θεοχάρη, ενώ στο τμήμα με την τριγωνική οροφή στεγάζονται τα 3 μεγαλύτερα εργαστήρια του συγκροτήματος, τα Εργαστήρια Αντοχής των Υλικών.





**Σχήμα 4.2:** Αεροφωτογραφία της Νότιας πλευράς του συγκροτήματος  
[Πηγή: Bing maps]



**Σχήμα 4.3:** Αεροφωτογραφία της Δυτικής πλευράς του συγκροτήματος  
[Πηγή: Bing Maps]



**Σχήμα 4.4:** Αεροφωτογραφία της Βόρειας πλευράς του συγκροτήματος  
[Πηγή: Bing Maps]

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων του

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κατόψεις του κάθε ορόφου και αναλυτικά οι χώροι, με την αρίθμησή τους και τη λειτουργία τους. Έγινε προσπάθεια να διατηρηθεί η αρχική αρίθμηση των χώρων, αλλά – σε μερικές περιπτώσεις – μεταγενέστερες μετατροπές και επιπρόσθετα χωρίσματα, κατέστησαν αναγκαία την περαιτέρω διάκριση και ξεχωριστή αρίθμηση ορισμένων εξ' αυτών.

### 4.1.1 Υπόγειο

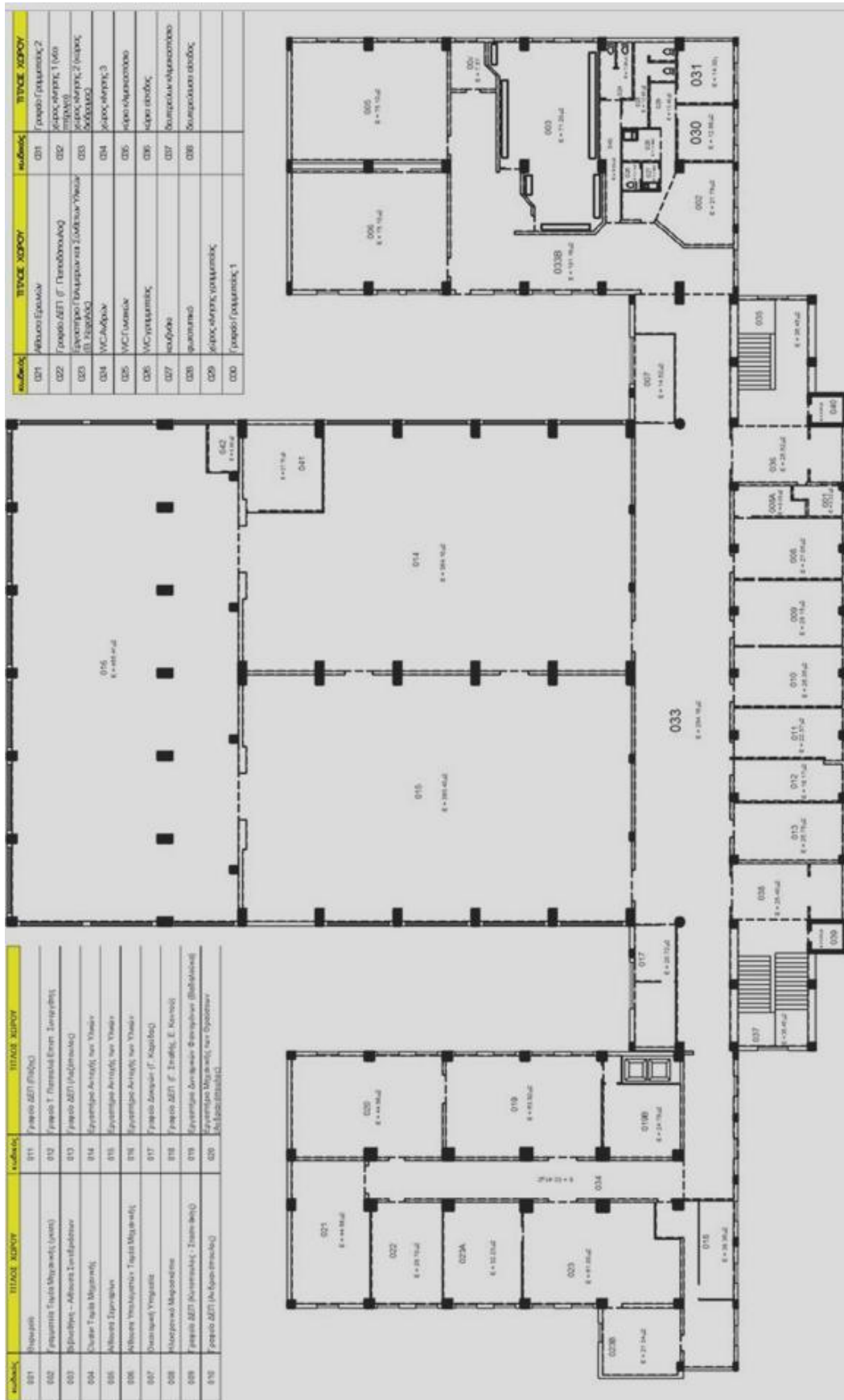


Σχήμα 4.5: Κάτοψη υπογείου και αρίθμηση χώρων

Το υπόγειο είναι το επίπεδο του κτηρίου με το μικρότερο εμβαδόν, καθώς έχει έκταση 482m<sup>2</sup>. Εκεί βρίσκεται το λεβητοστάσιο του κτηρίου (χώρος Y04), το οποίο καταλαμβάνει σχεδόν το ήμισυ της επιφάνειας του ορόφου, το μηχανουργείο (Y01), τα δύο εργαστήρια Συνθέτων Υλικών (Y02A και Y02B), μια αποθήκη (Y03), καθώς και ο υποσταθμός της ΔΕΗ (Y08). Οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι. Πιο συγκεκριμένα ο χώρος Y05 είναι το WC του ορόφου, ο Y06 είναι χώρος κίνησης και ο Y07 το κλιμακοστάσιο.



4.1.2 Ισόγειο



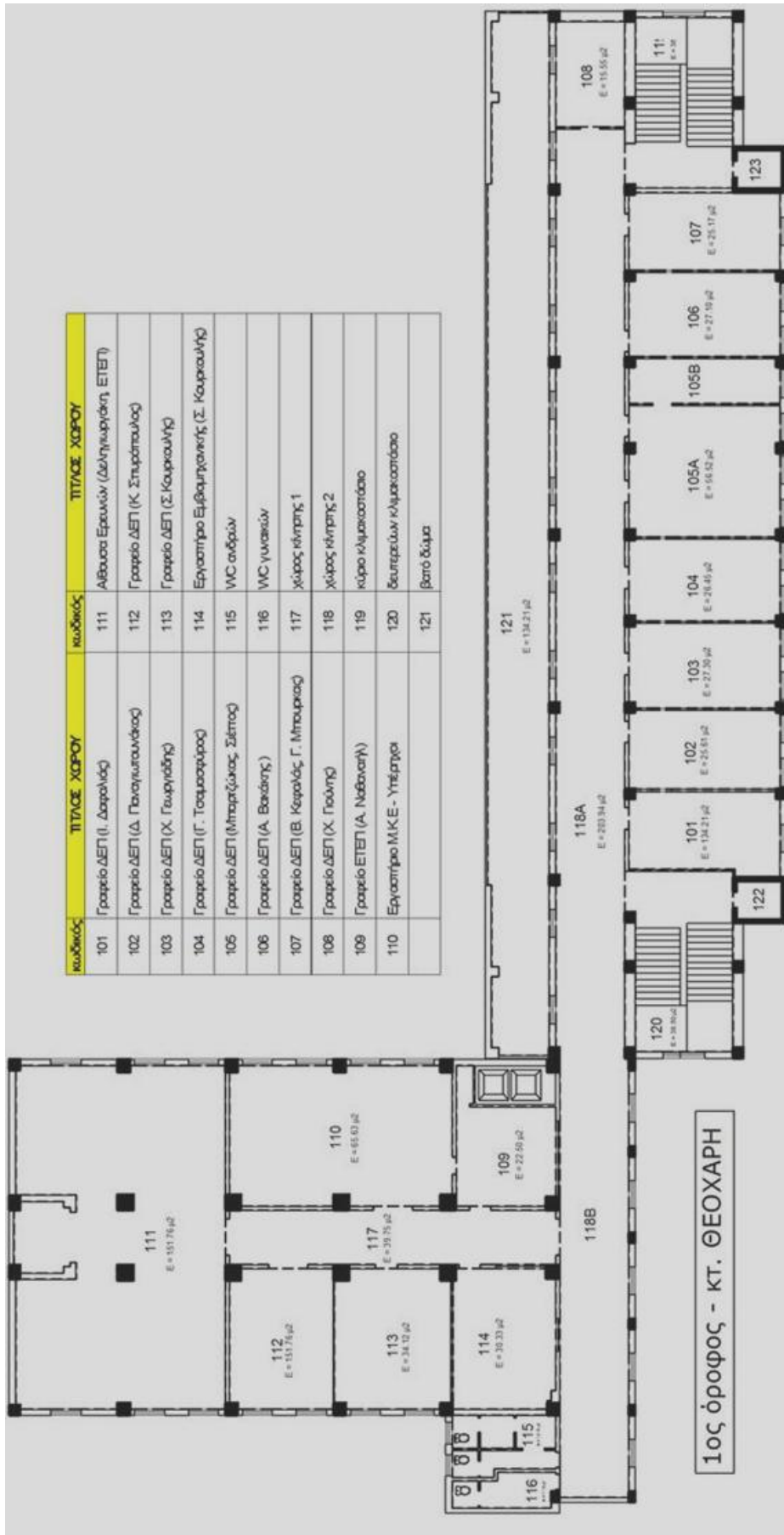
Σχήμα 4.6: Κάτοψη ισόγειου και αρίθμηση χώρων

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων του

Στο ισόγειο βρίσκονται τα τρία μεγαλύτερα εργαστήρια του κτηρίου, τα Εργαστήρια Αντοχής Υλικών, με συνολική έκταση 1.247 m<sup>2</sup> (χώροι 014, 015 και 016) συμπεριλαμβανομένων και των βοηθητικών τους χώρων (041, 042), ενώ όλος ο όροφος έχει εμβαδόν 2.711m<sup>2</sup>. Οι χώροι 009 – 013, 018 και 022 χρησιμοποιούνται ως γραφεία του Διδακτικού Ερευνητικού Προσωπικού. Η αίθουσα 003 είναι βιβλιοθήκη, αλλά χρησιμοποιείται και για συνεδριάσεις, ενώ η αίθουσα 005 για διαλέξεις και σεμινάρια. Ο χώρος 004 χρησιμοποιείται ως cluster και ο χώρος 006 ως αίθουσα υπολογιστών. Οι χώροι 008, 019 – 021, 023 είναι εργαστήρια και χώροι διεξαγωγής πειραμάτων, ενώ οι χώροι 002, 007, 017, 030, 031 είναι γραφεία του διοικητικού και βοηθητικού προσωπικού (γραμματεία, οικονομική υπηρεσία, γραφείο δοκιμών). Οι υπόλοιποι χώροι είναι είτε βοηθητικοί (027, 028), είτε τουαλέτες (024 – 026), είτε χώροι κίνησης (029, 032 – 034) και κλιμακοστάσια (035, 037).

### 4.1.3 1<sup>ος</sup> όροφος

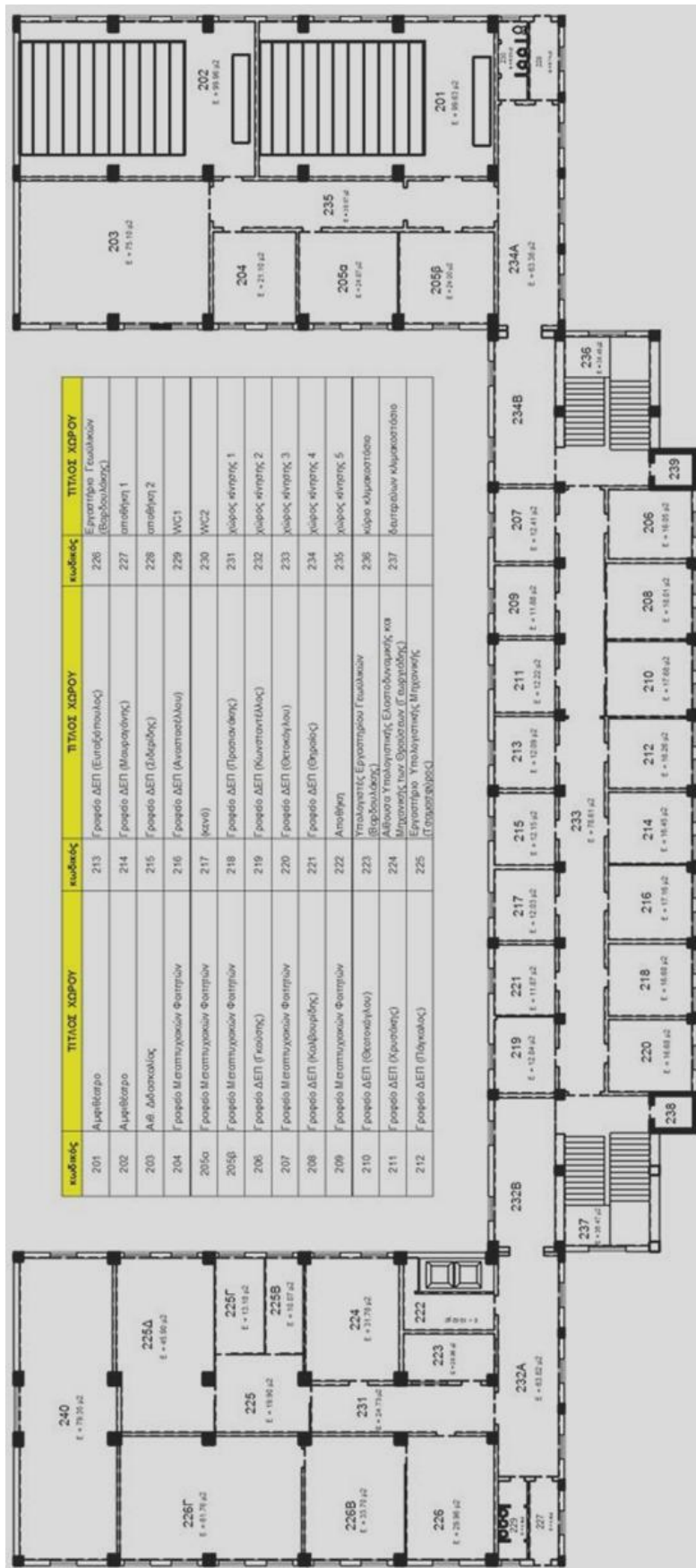
Ο 1<sup>ος</sup> όροφος έχει έκταση 903m<sup>2</sup> και είναι μικρότερος κατά 400m<sup>2</sup> περίπου από το 2<sup>ο</sup> και τον 3<sup>ο</sup>. Αυτό συμβαίνει επειδή το δυτικό τμήμα του ορόφου ανήκει στον Τομέα Σιδηροδρομικής και Μεταφορών και δεν υπάρχει πρόσβαση από το κτήριο Θεοχάρη. Στον όροφο αυτό βρίσκονται πολλά γραφεία του Διδακτικού Προσωπικού (χώροι 101 – 109, 112, 113), δύο εργαστήρια (χώροι 110 και 114) και μια μεγάλη αίθουσα ερευνών (χώρος 111). Οι χώροι 115 και 116 χρησιμοποιούνται ως WC, οι χώροι 117 και 118 είναι διάδρομοι και οι χώροι 119 και 120 κλιμακοστάσια. Λόγω του μεγάλου μήκους του κεντρικού διαδρόμου του ορόφου (χώρος 118), έγινε διαχωρισμός του σε 118Α και 118Β, με βάση τον προσανατολισμό των παραθύρων (βόρειος και νότιος αντίστοιχα).



Σχήμα 4.7: Κάτοψη 1<sup>ου</sup> ορόφου και αρίθμηση χώρων

Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων  
του

4.1.4 2<sup>ος</sup> όροφος



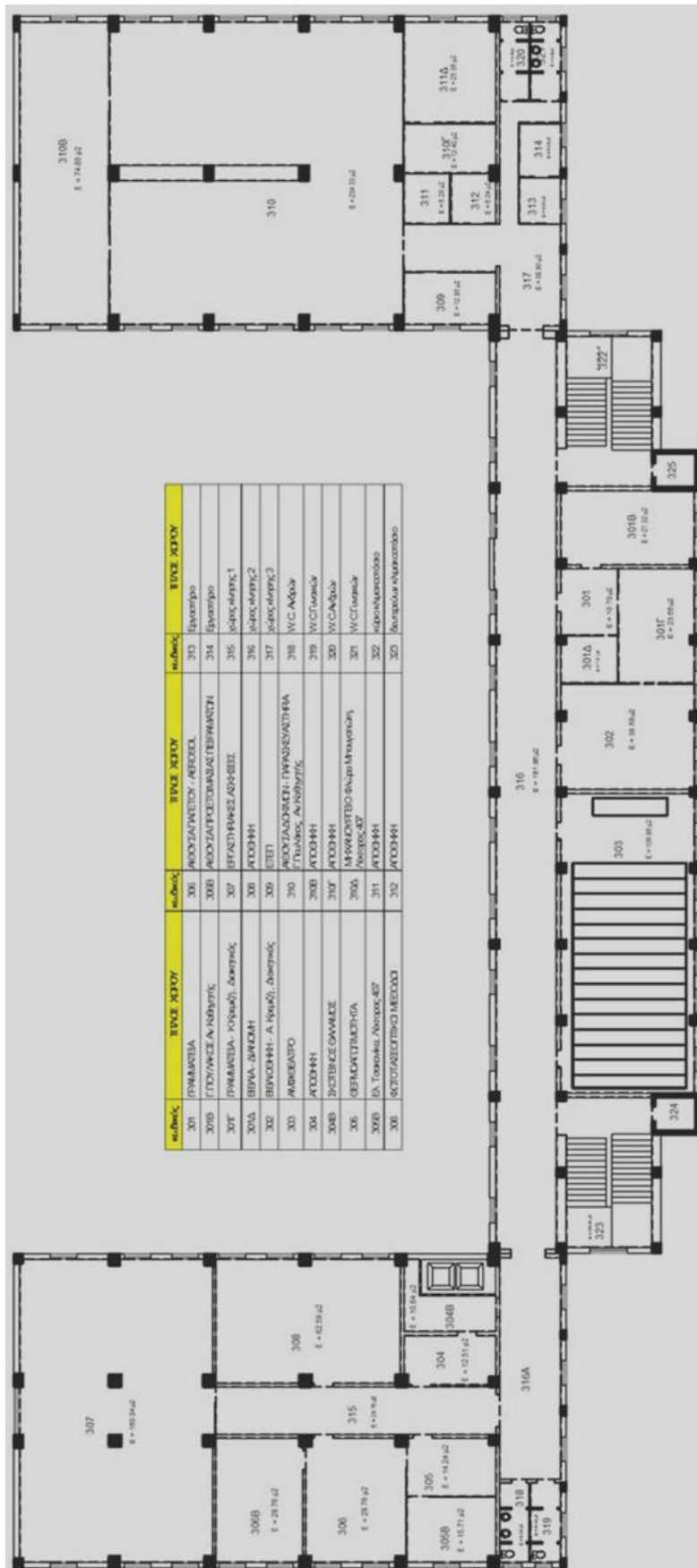
Σχήμα 4.8: Κάτοψη 2<sup>ου</sup> ορόφου και αρίθμηση χώρων

#### Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων του

Ο 2<sup>ος</sup> όροφος καλύπτει έκταση 1.293m<sup>2</sup>. Σ' αυτόν στεγάζονται δύο αμφιθέατρα (χώροι 201 και 202), μια αίθουσα διδασκαλίας (χώρος 203), ενώ οι χώροι 204 – 221 είναι γραφεία καθηγητών και μεταπτυχιακών φοιτητών ή υποψήφιων διδασκόντων. Οι χώροι 223 – 226 είναι εργαστηριακοί ή ερευνητικοί, οι χώροι 222, 227, 228 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, οι χώροι 229 και 230 ως τουαλέτες, ενώ οι υπόλοιποι είναι διάδρομοι (231 – 235) ή κλιμακοστάσια (236, 237). Οι χώροι κίνησης 232 και 234 χωρίστηκαν σε δύο τμήματα, σύμφωνα με τα κριτήρια που τέθηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο για το χώρο 118. Τέλος, ο χώρος 240 έχει παραχωρηθεί στο Εργαστήριο Υδραυλικής χρησιμοποιείται ως αίθουσα διδασκαλίας μεταπτυχιακών φοιτητών.

Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων του

4.1.5 3<sup>ος</sup> όροφος



Σχήμα 4.9: Κάτοψη 3<sup>ου</sup> ορόφου και αρίθμηση χώρων

Στον 3<sup>ο</sup> όροφο, ο οποίος καλύπτει έκταση 1.306m<sup>2</sup>, στεγάζεται το Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών. Οι χώροι 301, 305B, 309 και 310Δ είναι γραφεία μελών Δ.Ε.Π. και Ε.Τ.Ε.Π., στο χώρο 302 στεγάζεται μικρή βιβλιοθήκη και ο χώρος 303 είναι αμφιθέατρο. Οι χώροι 304B, 305, 306, 306B, 307 και 308, καθώς και οι χώροι 310, 313 και 314 είναι εργαστηριακοί ή ερευνητικοί, ως αποθήκες χρησιμοποιούνται οι χώροι 304, 310B, 310Γ, 311 και 312, ενώ οι 315 – 317 είναι χώροι κίνησης. Τέλος, οι χώροι 318 – 320 είναι τουαλέτες και οι 321, 322 κλιμακοστάσια.

## 4.2 Περιγραφή των προβλημάτων του συστήματος φωτισμού του κτηρίου

Το κτήριο Θεοχάρη είναι το παλαιότερο κτίσμα του συγκροτήματος της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Παραδόθηκε προς χρήση περισσότερα από 50 χρόνια πριν τη διενέργεια της συγκεκριμένης ενεργειακής επιθεώρησης. Παρά τις διορθωτικές επεμβάσεις και τις επί μέρους ανακαινίσεις τμημάτων του κτηρίου, η παλαιότητά του έχει εμφανή αντίκτυπο στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του. Πιο συγκεκριμένα, το εγκατεστημένο σύστημα φωτισμού παρουσιάζει σημαντικές ανεπάρκειες, οι περισσότερες εκ των οποίων οφείλονται είτε σε ελλιπή συντήρησή είτε σε τεχνικά παρωχημένη μελέτη ή πλημμελή εγκατάσταση.

### 4.2.1 Προβλήματα μελέτης ή εγκατάστασης

Όταν εκπονήθηκε η αρχική μελέτη φωτισμού του κτηρίου, οι μελέτες γινόταν περισσότερο εμπειρικά και λιγότερο επιστημονικά, ενώ δεν είχαν επ' ουδενί θεσπιστεί οι σημερινές αυστηρές προδιαγραφές και κανόνες για το φωτισμό. Ακόμη, δεν είχε τεθεί ως πρώτη προτεραιότητα το ενεργειακό ζήτημα και η ενεργειακή κατανάλωση δεν ήταν τόσο σημαντική όσο σήμερα. Σημαντική είναι επίσης και η συμβολή της τεχνολογίας στην εξέλιξη των συστημάτων φωτισμού, η οποία υπήρξε αλματώδης τα τελευταία χρόνια και – όπως είναι λογικό – δεν μπορούσε να προβλεφθεί ούτε στις αρχικές μελέτες ούτε στις κατά καιρούς ανακαινίσεις. Αναλυτικότερα:

- Τα περισσότερα εγκατεστημένα φωτιστικά σώματα του κτηρίου είναι τεχνολογικά παρωχημένα. Με εξαίρεση κάποιους συμπαγείς ή γραμμικούς λαμπτήρες φθορισμού, που χρησιμοποιούνται σε ορισμένα γραφεία, εργαστήρια και WC, τα υπόλοιπα φωτιστικά σώματα ήταν είτε γραμμικά με μονούς, διπλούς ή τριπλούς λαμπτήρες φθορισμού τύπου T8 είτε E27 με λαμπτήρες πυράκτωσης. Οι λαμπτήρες πυράκτωσης είναι ιδιαίτερα ενεργοβόροι, ενώ και τα γραμμικά φωτιστικά φθορισμού που χρησιμοποιούνται στο κτήριο είναι ενεργειακά υποδεέστερα των σύγχρονων, με λαμπτήρες τύπου T5, για δύο λόγους: αφενός επειδή οι λαμπτήρες τύπου T5 αποδίδουν μεγαλύτερη φωτεινή ροή για την ίδια καταναλισκόμενη ηλεκτρική ισχύ και αφετέρου επειδή πλέον



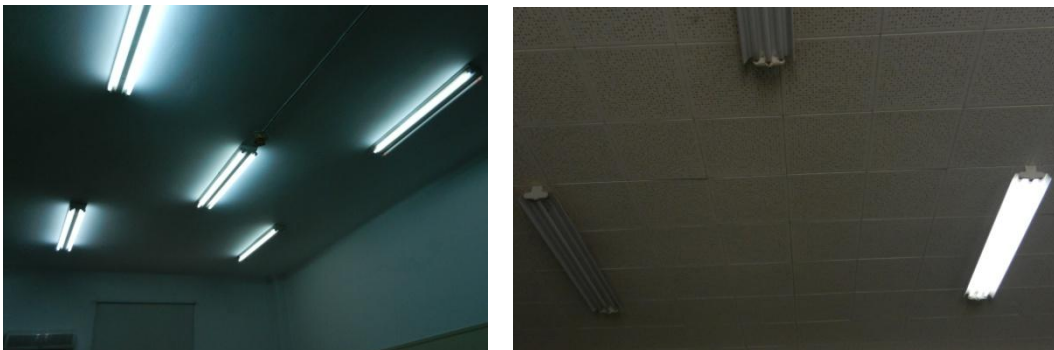
## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων του

χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά ballasts για την έναυση των λαμπτήρων, τα οποία καταναλώνουν 20% λιγότερη ηλεκτρική ισχύ από τα ηλεκτρομαγνητικά, τα οποία – συν τοις άλλοις – παράγουν ένα χαρακτηριστικό και ενοχλητικό βόμβο κατά τη λειτουργία τους.



**Σχήμα 4.10:** Τεχνολογικά παρωχημένα φωτιστικά με λαμπτήρες πυρακτώσεως (αριστερά) ή ηλεκτρομαγνητικά ballast και λαμπτήρες φθορισμού τύπου T8 (δεξιά)

- Στο κτήριο έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι τύποι γραμμικών φωτιστικών φθορισμού. Τα παλαιότερα φωτιστικά σώματα φθορισμού δεν διαθέτουν παραβολικές περσίδες, με αποτέλεσμα μεγάλο μέρος της φωτεινής τους ακτινοβολίας να μην κατευθύνεται στην επιφάνεια εργασίας. Ακόμη, τα περισσότερα φωτιστικά σώματα με λυχνιολαβή E27 έχουν γαλακτερό κάλυμμα για τη μείωση του φαινομένου της θάμβωσης, πλην όμως με αυτή την απαρχαιωμένη μέθοδο, μειώνεται αισθητά η φωτεινή ροή.



**Σχήμα 4.11:** Φωτιστικά φθορισμού χωρίς παραβολικές περσίδες



**Σχήμα 4.12:** Φωτιστικά με λυχνιολαβή E27 και γαλακτερό κάλυμμα



- Επιβεβαιώθηκε η αρχική εκτίμηση πως θα υπήρχε είτε υποδιαστασιολόγηση είτε υπερδιαστασιολόγηση των φωτιστικών. Σε πολλά γραφεία τα φωτιστικά σώματα είναι παλιά, με μικρό συντελεστή απόδοσης και ανεπαρκή για να φωτίσουν ικανοποιητικά το χώρο. Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση εκφράσθηκαν παράπονα για μειωμένο φωτισμό από αρκετούς χρήστες των χώρων αυτών. Στις περισσότερες περιπτώσεις, όμως, καταγράφηκαν χώροι με πολύ μεγαλύτερο αριθμό φωτιστικών από τον απαιτούμενο, επομένως και αχρειαστα υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Στην υπερδιαστασιολόγηση συνέβαλε επίσης και η αλλαγή χρήσης ορισμένων χώρων με το πέρασμα του χρόνου, όπως επίσης και η αλλαγή στη διαρρύθμιση ή η διαίρεση με χωρίσματα των αρχικών χώρων σε μικρότερους, χωρίς όμως να μελετηθεί εκ νέου η εγκατάσταση φωτισμού. Αυτές οι μετατροπές οδήγησαν στο φωτισμό μικρών χώρων από μεγάλο αριθμό φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούν λαμπτήρες υψηλής ισχύος.



Σχήμα 4.13: Υπερδιαστασιολόγηση φωτιστικών



Σχήμα 4.14: Υποδιαστασιολόγηση φωτιστικών και ανεπαρκής φωτισμός

- Η κατανάλωση θα μπορούσε να περιοριστεί εάν οι χρήστες είχαν τη δυνατότητα να ελέγξουν ξεχωριστά μικρότερες «ομάδες» φωτιστικών σωμάτων. Στους περισσότερους χώρους του κτηρίου, οι διακόπτες που χειρίζονται τα φωτιστικά είναι λιγότεροι από τον αριθμό που ορίζουν οι σύγχρονοι ενεργειακοί κανόνες. Υπάρχουν δε εργαστήρια, εμβαδού μεγαλύτερου των 60m<sup>2</sup>, στα οποία ο χειρισμός γίνεται από ένα μόνο διακόπτη. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στην Τεχνική Οδηγία του Τ.Ε.Ε. του 2011: «Για επιφάνεια κτηρίου ή θερμικής ζώνης μεγαλύτερη από

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Γενική περιγραφή του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και των προβλημάτων του

15m<sup>2</sup>, ο φωτισμός του ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες, λαμβάνοντας υπόψη το διαχωρισμό των ζωνών που καλύπτονται από φυσικό φωτισμό ή όχι». [55]

- Ένα κρίσιμο σφάλμα της αρχικής μελέτης ήταν η τοποθέτηση φωτιστικών στην οροφή του κτηρίου, χωρίς κρέμαση. Το κτήριο Θεοχάρη, όπως και τα περισσότερα της εποχής που κατασκευάστηκε, είναι ψηλοτάβανο, με ύψος ορόφου περί τα 4 μέτρα. Οι απώλειες φωτεινής ροής σε επιφάνειες που δεν απαιτούν φωτισμό είναι μεγάλες. Γι' αυτό – στο πλαίσιο της παρούσας Εργασίας – προτείνεται η κρέμαση των φωτιστικών σωμάτων.



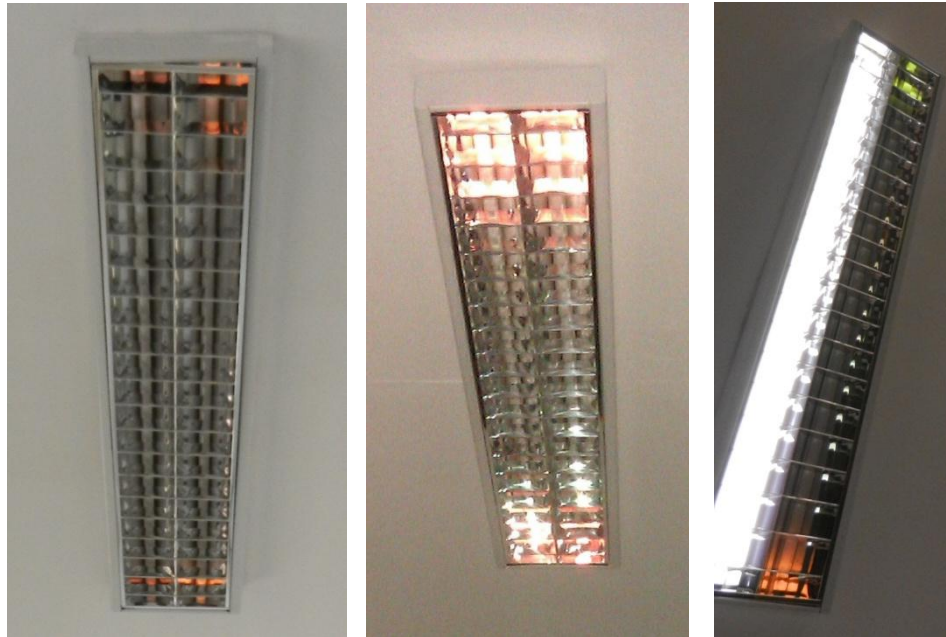
Σχήμα 4.15: Μεγάλο ύψος τοποθέτησης φωτιστικών – απουσία κρέμασης

### 4.2.2 Προβλήματα συντήρησης

Η συντήρηση ενός τόσο μεγάλου συστήματος φωτισμού απαιτεί εκτός από χρόνο και σημαντικά χρηματικά ποσά και εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό. Λόγω της περιστολής των δαπανών του Ε.Μ.Π., έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια το προσωπικό συντήρησης των κτηρίων, ενώ καθυστερούν ή αναβάλλονται εργασίες απαραίτητες για την βελτίωση της λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Επιπρόσθετα, παρότι πολλοί χρήστες του κτηρίου συμβάλλουν – ακόμη και με ίδια έξοδα – στην εύρυθμη λειτουργία της εγκατάστασης, δεν είναι λίγοι εκείνοι που αδιαφορούν και άμεσα ή έμμεσα προκαλούν φθορές – μεταξύ άλλων – και στο σύστημα φωτισμού.

Στις ακόλουθες υποενότητες καταγράφονται τα σημαντικότερα προβλήματα που οφείλονται στην κακή χρήση και την ελλιπή συντήρηση.

- Μεγάλος αριθμός λαμπτήρων φθορισμού και πυρακτώσεως είναι καμένοι ή κατεστραμμένοι, χωρίς να έχει γίνει αντικατάστασή τους. Σε φωτιστικά σώματα χωρίς ηλεκτρομαγνητικό ballast μπορεί να μην υπάρχει επιπλέον κατανάλωση ενέργειας, στα υπόλοιπα, όμως, το ballast διαρρέεται από ρεύμα και δε διακόπτει τη λειτουργία του, όπως το ηλεκτρικό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια, παρότι δεν υπάρχει φωτισμός.

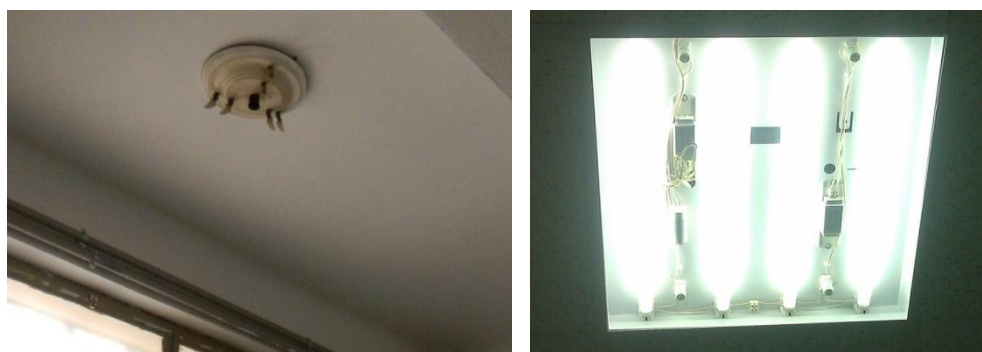


**Σχήμα 4.16:** Τα ηλεκτρομαγνητικά ballast εξακολουθούν να καταναλώνουν ενέργεια, παρότι οι λαμπτήρες δεν λειτουργούν

- Πολλά γραμμικά φωτιστικά φθορισμού είναι ξηλωμένα, σπασμένα ή είχαν αφαιρεθεί οι παραβολικές περισίδες τους. Ακόμη, πολλά φωτιστικά ή τμήματά τους έχουν αφαιρεθεί εντελώς, χωρίς να ληφθούν υπόψη προδιαγραφές ασφαλείας σε ορισμένες περιπτώσεις, κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο. Ακόμη, η γήρανση ορισμένων λαμπτήρων είναι εμφανής και η απόδοση τους πολύ μειωμένη. Παρόλα αυτά δεν αντικαθίστανται, αν δεν σταματήσουν να λειτουργούν.



**Σχήμα 4.17:** Ξηλωμένα ή αφαιρεμένα γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού



**Σχήμα 4.18:** Κατεστραμμένα φωτιστικά και φωτιστικά φθορισμού με αφαιρεμένες τις παραβολικές περισίδες



## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται περιγραφή του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού. Αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επιθεώρηση και καταγραφή του συστήματος φωτισμού.

#### 5.1 Συνοπτική παρουσίαση των εγκατεστημένων φωτιστικών

Για την επιθεώρηση και καταγραφή του συστήματος φωτισμού του κτηρίου πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις σε όλους τους προσβάσιμους χώρους και ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία σε καθέναν από αυτούς:

- Κατηγοριοποίηση φωτιστικών σωμάτων ανάλογα με τον τύπο τους
- Καταμέτρηση φωτιστικών ανάλογα με τον τύπο τους
- Καταγραφή ισχύος λαμπτήρων
- Καταγραφή προβλημάτων του συστήματος φωτισμού

Σε ενδεικτικούς χώρους πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της έντασης φωτισμού με τη χρήση εξειδικευμένου οργάνου. Πλειοψηφία των φωτιστικών σωμάτων είναι ξεπερασμένα τεχνολογικά, με μικρή σχετικά απόδοση. Στο κτήριο χρησιμοποιούνται οι εξής τύποι φωτιστικών:

**1) Γραμμικά φωτιστικά φθορισμού με λαμπτήρες τύπου T8 και ηλεκτρομαγνητικό ballast.**

Η κατηγορία αυτή είναι η συχνότερα χρησιμοποιούμενη και ανάλογα με την ισχύ και τον αριθμό των λαμπτήρων, καθώς και από τον τύπο των ανακλαστήρων, την ύπαρξη ή όχι διαχυτικού καλύμματος και ανακλαστικών περσίδων, κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- α) 1x18W, με ανακλαστήρα παλαιού τύπου (λευκό), χωρίς διαχυτικό κάλυμμα,
- β) 4x18W, με ανακλαστήρα αλουμινίου και ανακλαστικές περσίδες,
- γ) 2x36W, με ανακλαστήρα παλαιού τύπου, χωρίς διαχυτικό κάλυμμα,
- δ) 2x36W, με ανακλαστήρα αλουμινίου και ανακλαστικές περσίδες,
- ε) 3x36W, με ανακλαστήρα παλαιού τύπου, χωρίς διαχυτικό κάλυμμα,
- στ) 4x36W, με ανακλαστήρα παλαιού τύπου, χωρίς διαχυτικό κάλυμμα,
- ζ) 2x58W, με ανακλαστήρα αλουμινίου και ανακλαστικές περσίδες.

**2) Φωτιστικά τύπου «καμπάνας» με λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης 250W (στα εργαστήρια Αντοχής Υλικών).**

**3) Φωτιστικά τοίχου ή οροφής με λυχνιολαβή E27 και λαμπτήρες πυράκτωσης των 60 ή 100W ή συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού 18 ή 21W.**

4) Φωτιστικά τύπου spot με 2 συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού 18W.

5) Προβολείς με λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης 250W.

Οι λαμπτήρες έναυσης χρησιμοποιούν συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast, οπότε η ισχύς που καταναλώνουν αυξάνεται κατά 25% σε σχέση με την ονομαστική. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως καταναλώνουν ισχύ ίση με την ονομαστική τους, ενώ στους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού το ballast που χρησιμοποιούν είναι ενσωματωμένο και η κατανάλωση ισχύος του συνυπολογίζεται στην ονομαστική ισχύ του λαμπτήρα.

## 5.2 Αναλυτική παρουσίαση του συστήματος τεχνητού φωτισμού

Το πλήθος των φωτιστικών του υπάρχοντος συστήματος φωτισμού, ο αριθμός και ο τύπος των χρησιμοποιούμενων λαμπτήρων, η εγκατεστημένη ισχύς, η φωτεινή ροή των λαμπτήρων καταγράφεται στους πίνακες που ακολουθούν. Η παρουσίαση γίνεται ανά όροφο. Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού αναφέρονται ως CFL.

### 5.2.1 Υπόγειο

Χώρος	Όριο στάθμης φωτισμού (lux)	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση κατανάλωσης λόγω ballast	Σύνολο εγκατεστημένης ισχύος (W)	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
ΘΕΟ-Υ01	500	29	2	36	Φθορισμού T8	25	2610	80,06	32,60
ΘΕΟ-Υ02Α	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	18,72	9,62
ΘΕΟ-Υ02Β	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	13,07	13,77
ΘΕΟ-Υ04	200	9	2	36	Φθορισμού T8	25	810	179,40	8,53
	200	12	1	60	Πυρακτώσεως	0	720		
ΘΕΟ-Υ05	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	19,07	14,16
	200	1	2	36	Φθορισμού T8	25	90		
ΘΕΟ-Υ06Α	200	2	1	150	Ατμών Υδρ/ρου	25	375	43,00	8,72
ΘΕΟ-Υ06Β	200	5	1	60	Πυρακτώσεως	0	300	76,77	3,91
ΘΕΟ-Υ08	200	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	35,15	10,24
ΣΥΝΟΛΟ		68					5.805	465,24	32,60*
			8,29**						
			12,48***						

Πίνακας 5.1: Υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού (υπόγειο) \*για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

Η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του υπογείου είναι 12,48W/m<sup>2</sup>. Πιο συγκεκριμένα, για τους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού τα 200lux η κατανομή ισχύος είναι 8,29W/m<sup>2</sup>, ενώ για του χώρο με όριο στάθμης φωτισμού τα 500lux, η κατανομή ισχύος είναι 32,60W/m<sup>2</sup>. Οι τιμές αυτές είναι υψηλές και εκτός ορίων, αφού από τους κανονισμούς ορίων το όριο κατανομής ισχύος για χώρους με 200lux είναι 6,4W/m<sup>2</sup> και για χώρους με 500lux 16W/m<sup>2</sup>.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Ο χώρος ΘΕΟ-Υ04 χρησιμοποιείται ως λεβητοστάσιο και η πρόσβαση σε αυτόν είναι ιδιαίτερος περιορισμένη και το σύστημα φωτισμού ενεργοποιείται ελάχιστες ώρες το χρόνο, οπότε μια ενδεχόμενη ενεργειακή αναβάθμιση με αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων θα είχε πολύ μεγάλο χρόνο απόσβεσης και θεωρείται σκόπιμο να παραλειφθεί. Οπότε τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας συμπεριλαμβάνουν όλους τους υπόλοιπους χώρους του Υπογείου και επομένως ο Πίνακας 5.1 τροποποιείται ως εξής:

Χώρος	Όριο στάθμης φωτισμού (lux)	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση κατανάλωσης λόγω ballast	Σύνολο εγκατεστημένης ισχύος (W)	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
ΘΕΟ-Υ01	500	29	2	36	Φθορισμού T8	25	2610	80,06	32,60
ΘΕΟ-Υ02Α	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	18,72	9,62
ΘΕΟ-Υ02Β	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	13,07	13,77
ΘΕΟ-Υ05	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	19,07	14,16
	200	1	2	36	Φθορισμού T8	25	90		
ΘΕΟ-Υ06Α	200	2	1	150	Ατμών Υδρ/ρου	25	375	43,00	8,72
ΘΕΟ-Υ06Β	200	5	1	60	Πυρακτώσεως	0	300	76,77	3,91
ΘΕΟ-Υ08	200	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	35,15	10,24
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>47</b>					<b>4.275</b>	<b>285,84</b>	<b>32,60*</b>
			<b>8,09**</b>						
			<b>14,96***</b>						

**Πίνακας 5.2:** Υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού υπογείου εξαιρουμένου του λεβητοστασίου (χώρος ΘΕΟ-Υ04) \*για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

Η κατανομή ισχύος για το σύνολο των χώρων του υπογείου είναι 14,96W/m<sup>2</sup>. Πιο συγκεκριμένα, για τους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού τα 200lux η κατανομή ισχύος είναι 8,48W/m<sup>2</sup>, ενώ για του χώρο με όριο στάθμης φωτισμού τα 500lux, η κατανομή ισχύος είναι 32,60W/m<sup>2</sup>. Και αυτές οι τιμές είναι εκτός ορίων, αφού από τους κανονισμούς το όριο κατανομής ισχύος για χώρους με 200lux είναι 6,4W/m<sup>2</sup> και για χώρους με 500lux 16W/m<sup>2</sup>.



## 5.2.2 Ισόγειο

Χώρος	Όριο στάθμης φωτισμού (lux)	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση κατανάλωσης λόγω ballast	Σύνολο εγκατεστημένης ισχύος (W)	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
ΘΕΟ-001	500	1	2	36	Φθορισμού T8	25	90	5,22	17,24
ΘΕΟ-002	500	4	2	18	CFL	0	144	21,79	6,61
ΘΕΟ-003	500	12	2	18	CFL	0	432	71,20	6,07
ΘΕΟ-004	200	3	2	18	Φθορισμού T8	25	135	7,57	17,83
ΘΕΟ-005	500	16	2	18	CFL	0	576	75,10	7,67
ΘΕΟ-006	500	16	2	18	CFL	0	576	75,10	7,67
ΘΕΟ-007	500	2	2	58	Φθορισμού T8	25	290	14,52	19,97
ΘΕΟ-008	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	27,05	6,65
ΘΕΟ-008Α	200	1	2	36	Φθορισμού T8	25	90	8,38	10,74
ΘΕΟ-009	500	2	1	100	Πυρακτώσεως	0	200	29,15	6,86
ΘΕΟ-010	500	2	1	21	CFL	0	42	26,35	1,59
ΘΕΟ-011	500	2	1	21	CFL	0	42	22,37	1,88
ΘΕΟ-012	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	18,17	9,91
ΘΕΟ-013	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	25,75	6,99
ΘΕΟ-017	500	4	2	58	Φθορισμού T8	25	580	20,72	27,99
ΘΕΟ-018Α	500	12	2	18	CFL	0	432	38,36	14,39
ΘΕΟ-018Γ	200	2	1	60	Πυρακτώσεως	0	120		
ΘΕΟ-019	500	4	3	18	Φθορισμού T8	25	270	63,92	4,22
ΘΕΟ-019Β	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	24,79	9,68
		1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60		
ΘΕΟ-020	500	10	1	40	Πυρακτώσεως	0	400	62,68	6,38
ΘΕΟ-021	500	7	2	36	Φθορισμού T8	25	630	44,98	14,01
ΘΕΟ-023	500	9	2	36	Φθορισμού T8	25	810	61,00	13,28
ΘΕΟ-023Α	500	6	2	36	Φθορισμού T8	25	540	32,23	16,75
ΘΕΟ-023Β	500	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	21,34	16,87
ΘΕΟ-024	200	1	1	18	Φθορισμού T8	25	22,5	7,26	27,89
		3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180		
ΘΕΟ-025	200	1	1	18	Φθορισμού T8	25	22,5	10,65	19,01
		3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180		
ΘΕΟ-026	200	1	1	15	CFL	0	15	2,14	7,01
ΘΕΟ-027	200	1	1	18	Φθορισμού T8	25	22,5	2,05	10,98
ΘΕΟ-028	200	1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60	4,90	12,24
ΘΕΟ-029	200	-	-	-	-	-	0	13,48	0,00
ΘΕΟ-030	500	4	2	18	CFL	0	144	12,98	11,09
ΘΕΟ-031	500	4	2	18	CFL	0	144	12,98	11,09
ΘΕΟ-033	200	10	2	58	Φθορισμού T8	25	1450	261,19	5,55
ΘΕΟ-033Α	200	1	2	58	Φθορισμού T8	25	145	29,76	4,87
ΘΕΟ-033Β	200	6	2	36	Φθορισμού T8	25	540	101,19	5,34
ΘΕΟ-034	200	4	2	58	Φθορισμού T8	25	580	52,41	14,50
		2	4	18	Φθορισμού T8	25	180		

Πίνακας 5.3: Υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού ισόγειου



Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Χώρος	Όριο στάθμης φωτισμού (lux)	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση κατανάλωσης λόγω ballast	Σύνολο εγκατεστημένης ισχύος (W)	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
ΘΕΟ-035	200	1	2	36	Φθορισμού T8	25	90	36,45	2,47
ΘΕΟ-036	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	25,52	7,05
ΘΕΟ-037	200	1	2	36	Φθορισμού T8	25	90	36,45	2,47
ΘΕΟ-038	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	25,40	7,09
ΘΕΟ-041	500	4	4	18	Φθορισμού T8	25	360	27,75	12,97
ΘΕΟ-042	200	1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60	5,86	10,24
ΘΕΟ-043	500	2	1	36	Φθορισμού T8	25	90	9,02	16,63
		1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60		
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>266</b>					<b>12.375</b>	<b>1.475,18</b>	<b>9,46*</b>
									<b>6,99**</b>
									<b>8,36***</b>

**Πίνακας 5.3 (Συνέχεια):** Υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού ισογείου \*για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

Παρατηρήθηκε το φαινόμενο να μην έχουν εγκατασταθεί φωτιστικά σώματα στο χώρο κίνησης της Γραμματείας (ΘΕΟ-029), ενώ δεν κατέστη δυνατή η καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων και των λαμπτήρων του χώρου ΘΕΟ-022. Γι' αυτό ο συγκεκριμένος χώρος εξαιρέθηκε τόσο από την υφιστάμενη κατάσταση όσο και από τις προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που ακολουθούν.

Το πιο σημαντικό πρόβλημα, όμως, του Ισογείου ήταν αυτό της υποδιαστασιολόγησης και του ανεπαρκούς φωτισμού σχεδόν σε όλους τους χώρους του. Δεν αποτελεί σύμπτωση το γεγονός ότι οι περισσότερες αιτιάσεις για κακής ποιότητας και ελλιπούς ποσότητας φωτισμό έγιναν για το Ισόγειο. Με τις μετρήσεις έντασης φωτισμού που καταγράφονται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα διαπιστώθηκε πως οι χώροι του Ισογείου είναι υποφωτισμένοι ακόμη και σε ποσοστό της τάξης του 80%.

Η μέση τιμή των διαφορών μεταξύ μετρούμενης και θεσπισμένης από τους κανονισμούς έντασης φωτισμού είναι περίπου 45%, το οποίο στοιχειοθετείται από τα αποτελέσματα που καταγράφονται στον Πίνακα 5.9 της ενότητας 5.3, παρατίθεται ξανά ο συγκεντρωτικός πίνακας του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού για το Ισόγειο. Στον πίνακα που ακολουθεί έχουν αφαιρεθεί τα Εργαστήρια Αντοχής Υλικών και έχει γίνει μια προσαύξηση 45% στην εγκατεστημένη ισχύ των υπόλοιπων χώρων. Θεωρείται πως, για να επιτυγχάνονταν τα θεσπισμένα επίπεδα όσον αφορά την ένταση φωτισμού, θα έπρεπε η εγκατεστημένη ισχύς να είναι μεγαλύτερη κατά το ποσοστό που οι χώροι αυτοί είναι υποφωτισμένοι.

Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Χώρος	Εγκατεστημένη Ισχύς χώρου (W)	Διορθωμένη Ισχύς χώρου με προσαύξηση 45% (W)	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανομή Ισχύος χώρου (W/m <sup>2</sup> )
ΘΕΟ-001	90	130,5	5,22	25,00
ΘΕΟ-002	144	208,8	21,79	9,58
ΘΕΟ-003	432	626,4	71,20	8,80
ΘΕΟ-004	135	195,75	7,57	25,86
ΘΕΟ-005	576	835,2	75,10	11,12
ΘΕΟ-006	576	835,2	75,10	11,12
ΘΕΟ-007	290	420,5	14,52	28,96
ΘΕΟ-008	180	261	27,05	9,65
ΘΕΟ-008Α	90	130,5	8,38	15,57
ΘΕΟ-009	200	290	29,15	9,95
ΘΕΟ-010	42	60,9	26,35	2,31
ΘΕΟ-011	42	60,9	22,37	2,72
ΘΕΟ-012	180	261	18,17	14,36
ΘΕΟ-013	180	261	25,75	10,14
ΘΕΟ-017	580	841	20,72	40,59
ΘΕΟ-018Α	432	626,4	38,36	16,33
ΘΕΟ-018Β	0	0		0,00
ΘΕΟ-018Γ	120	174		4,54
ΘΕΟ-019	270	391,5	63,92	6,12
ΘΕΟ-019Β	240	348	24,79	14,04
ΘΕΟ-020	400	580	62,68	9,25
ΘΕΟ-021	630	913,5	44,98	20,31
ΘΕΟ-023	810	1174,5	61,00	19,25
ΘΕΟ-023Α	540	783	32,23	24,29
ΘΕΟ-023Β	360	522	21,34	24,46
ΘΕΟ-024	202,5	293,625	7,26	40,44
ΘΕΟ-025	202,5	293,625	10,65	27,57
ΘΕΟ-026	15	21,75	2,14	10,16
ΘΕΟ-027	22,5	32,625	2,05	15,91
ΘΕΟ-028	60	87	4,90	17,76
ΘΕΟ-029	0	0	13,48	0,00
ΘΕΟ-030	144	208,8	12,98	16,09
ΘΕΟ-031	144	208,8	12,98	16,09
ΘΕΟ-033	1450	2102,5	261,19	8,05
ΘΕΟ-033Α	145	210,25	29,76	7,06
ΘΕΟ-033Β	540	783	101,19	7,74
ΘΕΟ-034	760	1102	52,41	21,03
ΘΕΟ-035	90	130,5	36,45	3,58
ΘΕΟ-036	180	261	25,52	10,23
ΘΕΟ-037	90	130,5	36,45	3,58
ΘΕΟ-038	180	261	25,40	10,28
ΘΕΟ-041	360	522	27,75	18,81
ΘΕΟ-042	60	87	5,86	14,85
ΘΕΟ-043	150	217,5	9,02	24,11
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>12.335</b>	<b>17.885</b>	<b>1475,18</b>	<b>13,71*</b>
				<b>10,14**</b>
				<b>12,12***</b>

Πίνακας 5.4: Διορθωμένη εγκατάσταση φωτισμού ισογείου με προσαύξηση εγκατεστημένης ισχύος κατά 45%  
\*για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Η κατανομή ισχύος για τη διορθωμένη κατάσταση φωτισμού του ισογείου είναι:

- 13,71W/m<sup>2</sup>, για χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 500lux, τιμή υψηλή αλλά εντός ορίων κανονισμών,
- 10,14W/m<sup>2</sup>, για χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 200lux, τιμή αρκετά υψηλή και σαφώς μεγαλύτερη από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των 6,4W/m<sup>2</sup>,
- 12,12W/m<sup>2</sup>, για το σύνολο των χώρων του κτηρίου.

Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία 20701-1/2010 του Τ.Ε.Ε., σε περίπτωση που το υπό επιθεώρηση κτήριο διαθέτει φωτιστικά και λαμπτήρες που αποδίδουν χαμηλότερη στάθμη (lx) γενικού φωτισμού από την καθορισμένη, τότε για τους υπολογισμούς ως εγκατεστημένη ισχύς γενικού φωτισμού, λαμβάνεται υπόψη η υπολογιζόμενη ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών που θα πληροί την ελάχιστη στάθμη (lx) γενικού φωτισμού. Η ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς (W/m<sup>2</sup>) γενικού φωτισμού υπολογίζεται ανάλογα με τον τύπο των λαμπτήρων που καταγράφονται στο υπό επιθεώρηση κτήριο, την ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φωτισμού (lx) ανάλογα με τη χρήση του χώρου και τις τυπικές τιμές του συντελεστή μετατροπής (πυκνότητα ισχύος ανά 100lux) για διάφορες τεχνολογίες λαμπτήρων που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτήρια και δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Οι τυπικές τιμές του συντελεστή μετατροπής που αναφέρονται στον επόμενο πίνακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αντίστροφα για τον έλεγχο της ελάχιστης απαιτούμενης στάθμης φωτισμού σε έναν χώρο ανάλογα με την τεχνολογία λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται. [55]

Φωτιστικά με λαμπτήρες	Πυκνότητα ισχύος ανά 100lx (W/m <sup>2</sup> )
Πυράκτωσης	27,0
Αλογόνου	16,6
Υδραργύρου	7,0
Υψηλής πίεσης νατρίου	4,2
Συμπαγής φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου)	4,5
Γραμμικός φθορισμού T8 (halophosphate συμπεριλαμβανομένου του μαγνητικού στραγγαλιστικού πηνίου)	4,2
Γραμμικός φθορισμού T8 (triphosphor συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρονικού στραγγαλιστικού πηνίου)	3,4
Γραμμικός φθορισμού T5 (συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου)	3,2
Αλογονιδίων μετάλλων (συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου)	5,2

**Πίνακας 5.5:** Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100lx  
[Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Προσθήκες και Διευκρινήσεις]

Η πλειοψηφία των χώρων του Ισογείου έχουν όριο στάθμης φωτισμού τα 500lux, ενώ στο υφιστάμενο σύστημα φωτισμού τα περισσότερα εγκατεστημένα

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

φωτιστικά είναι γραμμικά φθορισμού με λαμπτήρες T8 και μαγνητικό ballast. Για να υπολογιστεί, επομένως, η ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών που θα πληροί την ελάχιστη στάθμη γενικού φωτισμού θα πρέπει, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, να γίνει αναγωγή της πυκνότητας ισχύος που αντιστοιχεί σε γραμμικά φωτιστικά φθορισμού με λαμπτήρες T8 στα 500lux. Προκύπτει, δηλαδή, ότι η ελάχιστη απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς του Ισογείου θα ισούται με  $5 \cdot 4,2 \text{W/m}^2 = 21 \text{W/m}^2$ . Η τιμή αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη από τη διορθωμένη κατανομή ισχύος του Ισογείου που υπολογίστηκε στον Πίνακα 5.4 και είναι διπλάσια της εγκατεστημένης ισχύος του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού. Για το λόγο αυτό, θεωρήθηκε πιο ρεαλιστική η προηγούμενη προσέγγιση και θα χρησιμοποιείται εφεξής στην παρούσα εργασία.

### 5.2.3 1<sup>ος</sup> όροφος

Χώρος	Όριο στάθμης φωτισμού (lux)	Αριθμός Φωτιστικών	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση κατανάλωσης λόγω ballast	Σύνολο εγκατεστημένης ισχύος (W)	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
ΘΕΟ-101	500	4	1	60	Πυρακτώσεως	0	240	25,76	9,32
ΘΕΟ-102	500	3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180	25,61	7,03
ΘΕΟ-103	500	3	2	36	Φθορισμού T8	25	270	27,30	9,89
ΘΕΟ-104	500	3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180	26,45	6,81
ΘΕΟ-105A	500	5	2	58	Φθορισμού T8	25	725	42,53	18,46
		1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60		
ΘΕΟ-105B	200	3	4	18	Φθορισμού T8	25	270	13,99	19,30
ΘΕΟ-106	500	3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180	27,10	6,64
ΘΕΟ-107	500	3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180	25,17	7,15
ΘΕΟ-108	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	15,55	11,58
ΘΕΟ-109	500	3	2	36	Φθορισμού T8	25	270	22,50	12,00
ΘΕΟ-110	500	12	2	36	Φθορισμού T8	25	1080	65,63	16,46
ΘΕΟ-111	500	28	2	36	Φθορισμού T8	25	2520	151,76	16,61
ΘΕΟ-112	500	4	3	18	Φθορισμού T8	25	270	30,78	8,77
ΘΕΟ-113	500	6	4	18	Φθορισμού T8	25	540	34,12	15,83
ΘΕΟ-114	500	6	2	36	Φθορισμού T8	25	540	30,33*	17,80
ΘΕΟ-115	200	5	1	60	Πυρακτώσεως	0	300	12,18	26,48
		1	1	18	Φθορισμού T8	25	23		
ΘΕΟ-116	200	2	1	18	Φθορισμού T8	25	45	7,15	6,29
ΘΕΟ-117	200	3	2	58	Φθορισμού T8	25	435	39,75	10,94
ΘΕΟ-118A	200	2	2	58	Φθορισμού T8	25	290	65,04	4,46
ΘΕΟ-118B	200	4	2	58	Φθορισμού T8	25	580	138,90	4,18
ΘΕΟ-119	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	36,47	4,94
ΘΕΟ-120	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	38,50	4,68
ΣΥΝΟΛΟ		110					9.718	902,57	13,36*
									6,71**
									10,77***

Πίνακας 5.6: Υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού 1<sup>ου</sup> ορόφου \*για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στο χώρο ΘΕΟ–114 υπάρχει έχει προστεθεί μια μεταγενέστερη μεταλλική κατασκευή 16,5m<sup>2</sup> περίπου, η οποία σχηματίζει έναν υπερυψωμένο χώρο εργασίας. Φωτίζεται και έμμεσα από τα υπόλοιπα φωτιστικά του χώρου και άμεσα από ένα επιτοίχιο γραμμικό φωτιστικό φθορισμού 2x36W, το οποίο όμως προκαλεί έντονη θάμβωση εξαιτίας του προσανατολισμού του. Στο εμβαδόν που αναγράφεται στον πίνακα 5.3 δεν συνυπολογίστηκε το εμβαδόν του υπερυψωμένου χώρου.

Η κατανομή ισχύος του 1<sup>ου</sup> ορόφου προσεγγίζει τα 13,36W/m<sup>2</sup> για όριο στάθμης φωτισμού 500lux και 6,71W/m<sup>2</sup> για όριο στάθμης φωτισμού 200lux, ενώ στο σύνολο ισούται με 10,77W/m<sup>2</sup>. Η κατανομή ισχύος για όριο στάθμης φωτισμού 200lux είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από την ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή.

### 5.2.4 2<sup>ος</sup> όροφος

Χώρος	Όριο στάθμης φωτισμού (lux)	Αριθμός Φωτιστικών	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση κατανάλωσης λόγω ballast	Σύνολο Είδους Φωτιστικών (W)	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
ΘΕΟ-201	500	15	2	58	Φθορισμού T8	25	2175	99,63	21,83
ΘΕΟ-202	500	15	2	58	Φθορισμού T8	25	2175	99,96	21,76
ΘΕΟ-203	500	12	2	58	Φθορισμού T8	25	1740	75,10	23,17
ΘΕΟ-204	500	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	21,10	17,06
ΘΕΟ-205A	500	4	2	58	Φθορισμού T8	25	580	24,87	23,32
ΘΕΟ-205B	500	4	2	58	Φθορισμού T8	25	580	24,00	24,17
ΘΕΟ-206	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	16,05	11,21
ΘΕΟ-207	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	12,41	14,50
ΘΕΟ-208	500	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	18,01	19,99
ΘΕΟ-209	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	11,88	15,15
ΘΕΟ-210	500	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	17,68	20,36
ΘΕΟ-211	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	12,22	14,73
ΘΕΟ-212	500	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	16,26	22,14
ΘΕΟ-213	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	12,09	14,89
ΘΕΟ-214	500	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	16,45	21,88
ΘΕΟ-215	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	12,15	14,81
ΘΕΟ-216	500	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	17,16	20,98
ΘΕΟ-217	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	12,03	14,96
ΘΕΟ-218	500	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	16,66	21,61
ΘΕΟ-219	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	12,84	14,02
ΘΕΟ-220	500	4	2	36	Φθορισμού T8	25	360	16,68	21,58
ΘΕΟ-221	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	11,87	15,16
ΘΕΟ-222	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	10,62	16,95
ΘΕΟ-223	200	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	11,79	15,27
ΘΕΟ-224	500	3	2	36	Φθορισμού T8	25	270	31,78	8,50
ΘΕΟ-225	200	3	2	36	Φθορισμού T8	25	270	19,90	13,57
ΘΕΟ-225B	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	10,07	17,87
ΘΕΟ-225Γ	500	2	2	36	Φθορισμού T8	25	180	13,18	13,66

Πίνακας 5.7: Υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού 2<sup>ου</sup> ορόφου

Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Χώρος	Όριο στάθμης φωτισμού (lux)	Αριθμός Φωτιστικών	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση κατανάλωσης λόγω ballast	Σύνολο Είδους Φωτιστικών (W)	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
ΘΕΟ-225Δ	500	10	2	36	Φθορισμού Τ8	25	900	45,90	19,61
ΘΕΟ-226Β	500	12	2	36	Φθορισμού Τ8	25	1080	63,66	16,97
ΘΕΟ-226Γ	500	12	2	36	Φθορισμού Τ8	25	1080	61,76	17,49
ΘΕΟ-227	200	1	2	36	Φθορισμού Τ8	25	90	6,92	13,01
ΘΕΟ-228	200	1	2	36	Φθορισμού Τ8	25	90	6,74	13,35
ΘΕΟ-229	200	2	1	100	Πυρακτώσεως	0	200	6,38	45,45
	200	1	2	36	Φθορισμού Τ8	25	90		
ΘΕΟ-230	200	3	1	100	Πυρακτώσεως	0	300	6,20	48,39
ΘΕΟ-231	200	1	2	58	Φθορισμού Τ8	25	145	24,73	5,86
ΘΕΟ-232Α	200	2	2	58	Φθορισμού Τ8	25	290	37,28	7,78
ΘΕΟ-232Β	200	1	2	58	Φθορισμού Τ8	25	145	24,96	5,81
ΘΕΟ-233	200	8	2	36	Φθορισμού Τ8	25	720	78,61	9,16
ΘΕΟ-234Α	200	2	2	58	Φθορισμού Τ8	25	290	37,28	8,85
	200	1	1	40	Πυρακτώσεως	0	40		
ΘΕΟ-234Β	200	1	2	58	Φθορισμού Τ8	25	145	24,32	5,96
ΘΕΟ-235	200	3	2	58	Φθορισμού Τ8	25	435	38,57	11,28
ΘΕΟ-236	200	2	2	36	Φθορισμού Τ8	25	180	36,48	4,93
ΘΕΟ-237	200	2	2	36	Φθορισμού Τ8	25	180	36,47	4,94
ΘΕΟ-240	500	6	2	36	Φθορισμού Τ8	25	540	79,35	17,01
		6	3	36	Φθορισμού Τ8	25	810		
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>191</b>					<b>20.760</b>	<b>1290,05</b>	<b>18,10*</b>
						<b>11,74**</b>			
						<b>16,09***</b>			

Πίνακας 5.7 (Συνέχεια): Υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού 2<sup>ου</sup> ορόφου\* για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

Η κατανομή ισχύος του συνόλου των χώρων του 2<sup>ου</sup> ορόφου είναι ήδη αρκετά υψηλή, 16,09W/m<sup>2</sup>. Αλλά και οι επιμέρους τιμές κατανομής ισχύος για τους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 200 και 500lux είναι πολύ υψηλές και ξεπερνούν τα ανώτατα θεσπισμένα όρια. Πιο συγκεκριμένα:

- η κατανομή ισχύος για χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 500lux είναι 18,10W/m<sup>2</sup> και
- 11,74W/m<sup>2</sup>, για χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 200lux.

Είναι το πιο υπερδιαστασιολογημένο επίπεδο του κτηρίου, καθώς πολλοί χώροι του, όπως τα αμφιθέατρα και οι αίθουσες διδασκαλίας (ΘΕΟ-201 – ΘΕΟ-203), εμφανίζουν υπερβολικά υψηλή κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό. Η κατανομή ισχύος 14 χώρων του 2<sup>ου</sup> ορόφου υπερβαίνει τα 20W/m<sup>2</sup>, ενώ 2 εξ αυτών, στους οποίους χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυράκτωσης 100W, εμφανίζουν κατανομή ισχύος μεγαλύτερη των 40W/m<sup>2</sup>.

5.2.5 3<sup>ο</sup> όροφος

Χώρος	Όριο στάθμης φωτισμού (lux)	Αριθμός Φωτιστικών	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση κατανάλωσης λόγω ballast	Σύνολο Είδους Φωτιστικών (W)	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
ΘΕΟ-301	500	2	2	36	Φθορισμού Τ8	25	180	10,70	16,82
ΘΕΟ-301Β	500	6	1	150	Πυρακτώσεως	0	900	27,32	35,14
	500	1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60		
ΘΕΟ-301Γ	500	4	2	36	Φθορισμού Τ8	25	360	23,65	15,22
ΘΕΟ-301Δ	500	1	2	36	Φθορισμού Τ8	25	90	7,21	12,48
ΘΕΟ-302	500	7	2	36	Φθορισμού Τ8	25	630	38,59	18,92
	500	1	1	100	Πυρακτώσεως	0	100		
ΘΕΟ-303	500	24	2	36	Φθορισμού Τ8	25	2160	109,86	19,66
ΘΕΟ-304	200	1	2	36	Φθορισμού Τ8	25	90	12,51	11,99
		1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60		
ΘΕΟ-304Β	200	1	2	36	Φθορισμού Τ8	25	90	10,64	8,46
ΘΕΟ-305	200	1	2	36	Φθορισμού Τ8	25	90	14,24	6,32
ΘΕΟ-305Β	500	2	2	36	Φθορισμού Τ8	25	180	15,71	11,46
ΘΕΟ-306	500	6	2	36	Φθορισμού Τ8	25	540	33,90	15,93
ΘΕΟ-306Β	500	6	2	36	Φθορισμού Τ8	25	540	29,76	18,15
ΘΕΟ-307	500	28	2	36	Φθορισμού Τ8	25	2520	160,04	15,75
ΘΕΟ-308	200	12	2	36	Φθορισμού Τ8	25	1080	62,59	18,21
		1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60		
ΘΕΟ-309	500	2	2	36	Φθορισμού Τ8	25	180	12,85	14,01
ΘΕΟ-310	500	30	2	36	Φθορισμού Τ8	25	2700	234,33	11,78
		1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60		
ΘΕΟ-310Β	200	10	2	36	Φθορισμού Τ8	25	900	74,85	12,02
ΘΕΟ-310Γ	200	1	2	36	Φθορισμού Τ8	25	90	12,40	7,26
ΘΕΟ-311	200	1	2	36	Φθορισμού Τ8	25	90	6,28	14,33
ΘΕΟ-311Δ	200	4	2	36	Φθορισμού Τ8	25	360	25,36	14,20
ΘΕΟ-312	200	5	1	100	Πυρακτώσεως	0	500	6,04	82,78
ΘΕΟ-313	500	1	2	58	Φθορισμού Τ8	25	145	5,20	27,88
ΘΕΟ-314	500	1	1	100	Πυρακτώσεως	0	100	6,09	16,42
ΘΕΟ-315	500	5	2	36	Φθορισμού Τ8	25	450	37,09	13,75
		1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60		
ΘΕΟ-316	200	6	2	36	Φθορισμού Τ8	25	540	153,28	3,52
ΘΕΟ-316Α	200	2	2	36	Φθορισμού Τ8	25	180	37,28	6,44
		1	1	60	Πυρακτώσεως	0	60		
ΘΕΟ-317	200	2	2	58	Φθορισμού Τ8	25	290	38,90	7,46
ΘΕΟ-318	200	3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180	6,38	
ΘΕΟ-319	200	3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180	6,49	28,21
ΘΕΟ-320	200	3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180	6,23	27,73
ΘΕΟ-321	200	3	1	60	Πυρακτώσεως	0	180	6,32	28,89
ΘΕΟ-322	200	2	2	36	Φθορισμού Τ8	25	180	36,45	28,48
ΘΕΟ-323	200	2	2	36	Φθορισμού Τ8	25	180	36,45	4,94
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>194</b>					<b>17.515</b>	<b>1304,99</b>	<b>15,81*</b>
			<b>10,17**</b>						
			<b>13,42***</b>						

Πίνακας 5.8: Υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού 3<sup>ου</sup> ορόφου \* για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Η κατανομή ισχύος του 3<sup>ου</sup> ορόφου είναι αρκετά υψηλή (13,42W/m<sup>2</sup>). Αναλυτικότερα, όσον αφορά στις επιμέρους τιμές, υπολογίστηκε ότι:

- η κατανομή ισχύος στους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 500lux είναι 15,81W/m<sup>2</sup>, τιμή η οποία είναι οριακά αποδεκτή από τους κανονισμούς και
- 10,17W/m<sup>2</sup>, στους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 200lux, τιμή η οποία υπερβαίνει κατά πολύ το ανώτατο θεσπισμένο όριο των 6,4W/m<sup>2</sup>.

Η κατανομή ισχύος στους περισσότερους χώρους του κτηρίου είναι μεν υψηλή, αλλά όχι στα απαγορευτικά επίπεδα άλλων κτηρίων που έχουν κτιστεί την ίδια περίοδο, κάτι το οποίο οφείλεται στη μερική αναβάθμιση που έχει υποστεί το σύστημα τεχνητού φωτισμού του κτηρίου με την πάροδο των χρόνων. Η αναβάθμιση συνίσταντο μόνο στην αντικατάσταση παλαιών φωτιστικών με νεότερα και έγινε περισσότερο «εμπειρικά», γι' αυτό και συνεχίζουν να υφίστανται τα προβλήματα μελέτης και εγκατάστασης που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

### 5.3 Ένταση φωτισμού του συστήματος τεχνητού φωτισμού

Για να τεκμηριωθούν οι παρατηρήσεις που έγιναν κατά την καταγραφή του συστήματος φωτισμού, πραγματοποιήθηκαν νυχτερινές μετρήσεις με τη χρήση ενός οργάνου μέτρησης της έντασης φωτισμού. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για κάθε ενδεικτικό χώρο, σε τυπικό κάρναβο μετρήσεων. Οι καταγεγραμμένες τιμές φωτεινής έντασης αποτελούν τη μέση τιμή των μετρήσεων για κάθε χώρο του κτηρίου.

Οι μετρήσεις λήφθηκαν στο επίπεδο της επιφάνειας εργασίας (0,8m) και χρησιμοποιήθηκε το όργανο μέτρησης έντασης φωτισμού EXTECH INSTRUMENTS, 401036, Datalogging Light Meter.

Ακολουθεί ο πίνακας, στον οποίο καταγράφεται για κάθε χώρο, στον οποίο έγιναν μετρήσεις, η χρήση του, η μέση ένταση φωτισμού (μέση τιμή των μετρήσεων) και το όριο που καθορίζεται από τον ΚΕΝΑΚ και τις Τεχνικές Οδηγίες του Τ.Ε.Ε.:



Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Χώρος	Χρήση χώρου	Μέση μετρούμενη ένταση Φωτισμού (lux)	Όριο στάθμης Φωτισμού (lux)	Διαφορά (lux)	Διαφορά (%)
ΘΕΟ-005	Αίθουσα σεμιναρίων	340	500	-160	-32
ΘΕΟ-006	Αίθουσα υπολογιστών	350	500	-150	-30
ΘΕΟ-007	Γραφείο	280	500	-220	-44
ΘΕΟ-009	Γραφείο	160	500	-340	-68
ΘΕΟ-012	Γραφείο	280	500	-220	-44
ΘΕΟ-019	Εργαστήριο	100	500	-400	-80
ΘΕΟ-019B	Βοηθητικός Χώρος	120	200	-80	-40
ΘΕΟ-020	Εργαστήριο	120	500	-380	-76
ΘΕΟ-033	Χώρος κίνησης	70	200	-130	-65
ΘΕΟ-034A	Χώρος κίνησης	260	200	60	30
ΘΕΟ-037	Κλιμακοστάσιο	120	200	-80	-40
ΘΕΟ-038	Κλιμακοστάσιο	110	200	-90	-45
ΘΕΟ-102	Γραφείο	130	500	-370	-74
ΘΕΟ-104	Γραφείο	180	500	-320	-64
ΘΕΟ-110	Εργαστήριο	160	500	-340	-68
ΘΕΟ-118A	Χώρος κίνησης	140	200	-60	-30
ΘΕΟ-201	Αμφιθέατρο	640	500	140	28
ΘΕΟ-202	Αμφιθέατρο	620	500	120	24
ΘΕΟ-203	Αίθουσα Διδασκαλίας	760	500	260	52
ΘΕΟ-233	Χώρος κίνησης	150	200	-50	-25
ΘΕΟ-307	Εργαστήριο	450	500	-50	-10
ΘΕΟ-303	Αμφιθέατρο	610	500	110	22
<b>Μέση τιμή διαφοράς</b>					<b>-31</b>

Πίνακας 5.9: Μέση μετρούμενη ένταση φωτισμού ενδεικτικών χώρων του κτηρίου

Οι μετρήσεις επιβεβαίωσαν τόσο τις αρχικές εκτιμήσεις για υπερδιαστασιολογήσεις και –κυρίως– υποδιαστασιολογήσεις χώρων, όσο και τα παράπονα που εκφράστηκαν από αρκετούς χρήστες του κτηρίου για κακής ποιότητας και ποσότητας φωτισμό. Οι περισσότεροι χώροι είναι υποφωτισμένοι, ενώ οι αίθουσες διδασκαλίας και τα αμφιθέατρα φωτίζονται υπέρμετρα, κάτι το οποίο είναι μονότονο και εξίσου κουραστικό για τα μάτια.

Το θέμα της ποιότητας του φωτισμού, αν και είναι υποκειμενικό, αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για μια εγκατάσταση, ο οποίος δεν μπορεί να καταδειχθεί και να αποτυπωθεί με τις συγκεκριμένες μετρήσεις. Η χρωματική απόδοση των περισσότερων φωτιστικών του κτηρίου δεν είναι αυτή που πρέπει για την εξασφάλιση οπτικής άνεσης στους χρήστες. Είτε λόγω παλαιότητας είτε λόγω λανθασμένης επιλογής είτε λόγω συνδυασμού των δύο προηγούμενων παραμέτρων αποδίδουν «άρρωστο» φως, με πολύ χαμηλή («ζεστό» φως) ή πολύ υψηλή («κρύο» φως) θερμοκρασία χρώματος.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα υποδιαστασιολόγησης παρατηρήθηκε στο Ισόγειο και έγιναν οι περισσότερες μετρήσεις έντασης φωτισμού στον όροφο αυτό προς επιβεβαίωση και επίρρωση του προβλήματος αυτού. Η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ της μετρούμενης έντασης φωτισμού και του θεσπισμένου ορίου για τους χώρους του Ισογείου προσεγγίζει το 45%, ενώ στο σύνολο το ποσοστό αγγίζει το 31%.

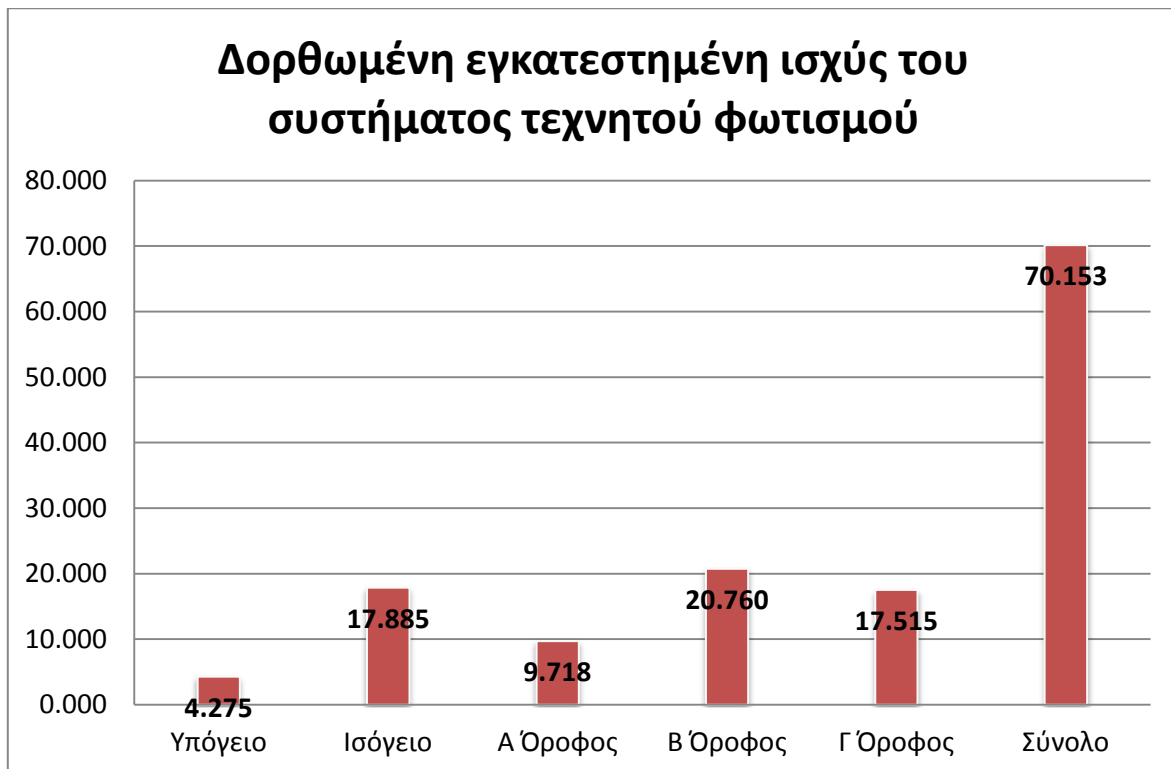
### 5.4 Εγκατεστημένη ισχύς συστήματος τεχνητού φωτισμού

Η εγκατεστημένη ισχύς ανά όροφο και συνολικά, σύμφωνα με τις διορθώσεις που έγιναν και περιγράφηκαν αναλυτικά στις αντίστοιχες ενότητες, παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Όροφος	Εγκατεστημένη ισχύς (W)	Κατανομή ισχύος για χώρους με όριο 200 lux (W/m <sup>2</sup> )	Κατανομή ισχύος για χώρους με όριο 500 lux (W/m <sup>2</sup> )	Συνολική κατανομή ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
Υπόγειο	4.275	8,09	32,60	14,96
Ισόγειο	17.885	10,14	13,71	12,12
Α Όροφος	9.718	6,71	13,36	10,77
Β Όροφος	20.760	11,74	18,10	16,09
Γ Όροφος	17.515	10,17	15,81	13,42
<b>Σύνολο</b>	<b>70.153</b>	<b>10,92</b>	<b>15,07</b>	<b>13,36</b>

Πίνακας 5.10: Διορθωμένη εγκατεστημένη ισχύς και κατανομή ισχύος για το σύνολο και τους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 200 και 500lux

Η αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού δεν είναι απαραίτητη μόνο για ενεργειακούς και οικονομικούς λόγους. Επιτείνεται και από την εξαιρετικά μειωμένη – σε πολλές περιπτώσεις – οπτική άνεση των χρηστών του κτηρίου (ποιότητα και ποσότητα φωτός) και την έλλειψη ασφάλειας του γηρασμένου υφιστάμενου συστήματος. Ακολουθούν οι διαγραμματικές απεικονίσεις της εγκατεστημένης ισχύος και της διορθωμένης εγκατεστημένης ισχύος για κάθε όροφο και στο σύνολο του κτηρίου:



Σχήμα 5.2: Γραφική απεικόνιση διορθωμένης εγκατεστημένης ισχύος ανά όροφο και συνολικά

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

### **Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βήματα για τη δημιουργία ενός πλάνου εξοικονόμησης ενέργειας με αναβάθμιση του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα και λαμπτήρες. Παρουσιάζεται το τελικά προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. και επιχειρείται σύγκριση με την υπάρχουσα εγκατάσταση φωτισμού, σύμφωνα με τα ενεργειακά όρια και τα όρια φωτισμού, για την ανάδειξη των συγκριτικών πλεονεκτημάτων του.

#### **6.1 Εισαγωγή**

Όπως περιγράφηκε στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, επιτυγχάνεται αξιοσημείωτη εξοικονόμηση ενέργειας αν ένα παρωχημένο σύστημα φωτισμού επανασχεδιαστεί με βάση τους νέους ενεργειακούς κανονισμούς και με μια πιο «ενεργειοκεντρική» θεώρηση. Προσπαθώντας να επιτυγχάνονται τα προκαθορισμένα από τον ΚΕΝΑΚ και τις Διευκρινίσεις του 2011 της Τεχνικής Οδηγίας 20701-1/2010 του Τ.Ε.Ε., επιχειρήθηκε επανασχεδιασμός της εγκατάστασης φωτισμού σε όλους σχεδόν τους χώρους του κτηρίου, με εξαίρεση τα 3 Εργαστήρια Αντοχής Υλικών και ορισμένα WC. Στα WC απλώς αντικαταστάθηκαν λαμπτήρες πυρακτώσεως με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού παρόμοιας φωτεινής έντασης ή διατηρήθηκαν οι γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού ισχύος 18W, καθώς ένας εκ νέου σχεδιασμός των συστημάτων φωτισμού των χώρων αυτών θα ήταν οικονομικά ασύμφορος.

Επιπλέον, όπου γίνεται αναφορά στην εγκατεστημένη ισχύ του Ισογείου και του συνόλου του κτηρίου, θα χρησιμοποιούνται οι διορθωμένες τιμές που προέκυψαν μετά την προσαύξηση της εγκατεστημένης ισχύος των χώρων του Ισογείου κατά 45%.

Στο νέο σύστημα φωτισμού χρησιμοποιούνται νέες τεχνολογίας, υψηλής απόδοσης γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού με παραβολική περισίδα, ηλεκτρονικό ballast ρυθμιζόμενης έντασης (EDB) και λαμπτήρες τύπου T5. Προτιμήθηκαν, όπου αυτό ήταν δυνατό, φωτιστικά σώματα με μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ και αυξημένο συντελεστή απόδοσης. Τα φωτιστικά αυτά είναι ελληνικής κατασκευής, της εταιρείας «Γαλλής Α.Ε.Β.Ε.» και οι αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές τους, καθώς και τα πολικά διαγράμματα κατανομής της φωτεινής έντασης παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ. Η αύξηση της ενεργειακής τους

Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

κατανάλωσης, λόγω του ballast, υπολογίστηκε ίση με 5%, ενώ κατηγοριοποιήθηκαν σε δυο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με το συντελεστή απόδοσής τους (LOR):

- Φωτιστικά με συντελεστή απόδοσης LOR=75,34%. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα φωτιστικά 2x28W, 2x35W, 2x54W και 2x80W.
- Φωτιστικά με συντελεστή απόδοσης LOR=67,12%. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα φωτιστικά 2x14W, 2x21W.

Για τον υπολογισμό της φωτεινής ροής του κάθε φωτιστικού πολλαπλασιάστηκε ο αριθμός των λαμπτήρων του με τη φωτεινή ροή (σε lumen) του κάθε λαμπτήρα και το συντελεστή απόδοσης του φωτιστικού. Οι λαμπτήρες που χρησιμοποιήθηκαν παρουσίαζαν τις εξής τιμές φωτεινής ροής:

Ισχύς λαμπτήρα (W)	lumen λαμπτήρα
14	1200
21	1900
28	2900
35	3650
54	5000
80	7000
CFL 15W	900
CFL 20W	1230

Πίνακας 6.1: φωτεινή ροή λαμπτήρων ανάλογα με την ηλεκτρική ισχύ τους

Για τον επανασχεδιασμό του συστήματος φωτισμού που επιχειρήθηκε στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών RELUX, το οποίο χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE. Κάθε χώρος σχεδιάστηκε ξεχωριστά με τις ακριβείς του διαστάσεις. Το μήκος και το πλάτος τους υπολογίστηκαν από τις κατόψεις των χώρων και με τη βοήθεια του προγράμματος αρχιτεκτονικού σχεδιασμού AUTOCAD. Το ύψος μετρήθηκε επιτόπου, κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης του συστήματος φωτισμού.

Εισήχθησαν, ακόμη, τα ανοίγματα κάθε χώρου με τις ακριβείς τους διαστάσεις, και –προσεγγιστικά– οι συντελεστές ανακλαστικότητας τοίχων, οροφής, δαπέδου και θυρών, αλλά και διαπερατότητας των υαλοπινάκων. Ακόμη, υπολογίστηκε η πτώση της απόδοσης των φωτιστικών με την πάροδο των χρόνων, λόγω ρύπανσης, γήρανσης και άλλων παραγόντων. Γι' αυτό η φωτεινή ένταση των φωτιστικών πολλαπλασιάστηκε για τους υπολογισμούς με έναν συντελεστή συντήρησης ή maintenance factor, ο οποίος τέθηκε ίσος με 0,8, ενώ το επίπεδο αναφοράς μέτρησης της φωτεινής έντασης (reference plane) ορίστηκε στα 0,8m. Ενδεικτικοί χώροι με τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν και τη διάταξή τους, καθώς επίσης και τα εκάστοτε φωτομετρικά αποτελέσματα, παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α.

## 6.2 Εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Α συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται ανά όροφο οι προτεινόμενες αλλαγές σε φωτιστικά σώματα και λαμπτήρες, καθώς και η φωτεινή ροή του λαμπτήρα και του χώρου. Η φωτεινή ροή του χώρου παρουσιάζεται και διορθωμένη

Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

με το συντελεστή απόδοσης των εκάστοτε φωτιστικών. Τέλος, καταγράφεται για κάθε χώρο η προτεινόμενη εγκατεστημένη ισχύς, η κατανομή ισχύος του και η διαφορά σε σχέση με την υφιστάμενη εγκατεστημένη ισχύ.

### 6.2.1 Υπόγειο

Χώρος	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση (ballast)	Σύνολο χώρου (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Φωτεινή ροή λαμπτήρα (lumen)	Συνολική φωτεινή ροή (lumen)	Διορθωμένη φωτεινή ροή (lumen)	Διαφορά Με υφιστάμενη κατάσταση (W)
ΘΕΟ-Y01	6	2	54	Φθορισμού T5	5	680	8,50	5000	60000	45204	-1930
ΘΕΟ-Y02A	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	6,06	5000	10000	7534	-67
ΘΕΟ-Y02B	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	8,68	5000	10000	7534	-67
ΘΕΟ-Y05	4	1	15	CFL	0	287	15,04	900	3600	2416	137
	2	2	54	Φθορισμού T5	5			5000	20000	15068	
ΘΕΟ-Y06A	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	1,91	3650	14600	11000	-228
ΘΕΟ-Y06B	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	6,45	5000	20000	15068	-73
ΘΕΟ-Y08	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	4,18	3650	14600	11000	-213
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>20</b>					<b>1.715</b>	<b>8,50*</b>			<b>114.830</b>	<b>Μείωση: 2.560 W</b>
							<b>5,23**</b>				
							<b>6,17***</b>				

Πίνακας 6.2: Προτεινόμενο σύστημα φωτισμού υπογείου \* για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

Το εμβαδόν του υπογείου, αν δε ληφθεί υπόψη το λεβητοστάσιο, ισούται με 278m<sup>2</sup>, οπότε η φωτεινή αποδοτικότητα υπολογίστηκε ίση με 66,96lm/W, ενώ η κατανομή ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης φωτισμού ίση με 6,17W/m<sup>2</sup>. Η τιμή της φωτεινής αποδοτικότητας είναι ιδιαίτερα καλή, καθώς απέχει πολύ από το κατώτερο θεσπισμένο όριο των 55lm/W. Οι επιμέρους τιμές της κατανομής ισχύος όσον αφορά τους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 200lux και 500lux είναι ιδιαίτερως μειωμένες, καθώς ανέρχονται σε 5,23W/m<sup>2</sup> και 8,50W/m<sup>2</sup> αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

6.2.2 Ισόγειο

Χώρος	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση (ballast)	Σύνολο χώρου (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Φωτεινή ροή λαμπτήρα (lumen)	Συνολική φωτεινή ροή (lumen)	Διορθωμένη φωτεινή ροή (lumen)	Διαφορά (W)
ΘΕΟ-001	1	2	28	Φθορισμού T5	5	59	11,26	2900	5800	4370	-71,7
ΘΕΟ-002	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	10,41	5000	20000	15068	18,0
ΘΕΟ-003	5	2	54	Φθορισμού T5	5	567	7,96	5000	50000	37670	-59,4
ΘΕΟ-004	1	2	21	Φθορισμού T5	5	44	5,83	1900	3800	2551	-151,7
ΘΕΟ-005	6	2	54	Φθορισμού T5	5	680	9,06	5000	60000	45204	-154,8
ΘΕΟ-006	6	2	54	Φθορισμού T5	5	680	9,06	5000	60000	45204	-154,8
ΘΕΟ-007	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	10,12	3650	14600	11000	-273,5
ΘΕΟ-008	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	8,38	5000	20000	15068	-34,2
ΘΕΟ-008A	1	2	21	Φθορισμού T5	5	44	5,26	1900	3800	2551	-86,4
ΘΕΟ-009	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	7,78	5000	20000	15068	-63,2
ΘΕΟ-010	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	8,61	5000	20000	15068	165,9
ΘΕΟ-011	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	10,14	5000	20000	15068	165,9
ΘΕΟ-012	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	12,48	5000	20000	15068	-34,2
ΘΕΟ-013	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	8,81	5000	20000	15068	-34,2
ΘΕΟ-017	1	2	35	Φθορισμού T5	5	187	5,47	3650	7300	5500	-654,1
	1	2	54	Φθορισμού T5	5			5000	10000	7534	
ΘΕΟ-018A	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	8,32	5000	10000	7534	-513,0
ΘΕΟ-018B	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147		3650	14600	11000	147,0
ΘΕΟ-018C	1	2	28	Φθορισμού T5	5	59		2900	5800	4370	-115,2
ΘΕΟ-019	5	2	54	Φθορισμού T5	5	567	8,87	5000	50000	37670	175,5
ΘΕΟ-019B	1	2	28	Φθορισμού T5	5	74	2,98	2900	5800	4370	-274,2
	1	1	15	CFL	0			900	900	604	
ΘΕΟ-020	5	2	54	Φθορισμού T5	5	567	9,05	5000	50000	37670	-13,0
ΘΕΟ-021	3	2	54	Φθορισμού T5	5	340	7,56	5000	30000	22602	-573,3
ΘΕΟ-023	5	2	54	Φθορισμού T5	5	567	9,30	5000	50000	37670	-607,5
ΘΕΟ-023A	3	2	54	Φθορισμού T5	5	340	10,56	5000	30000	22602	-442,8
ΘΕΟ-023B	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	6,89	3650	14600	11000	-375,0
ΘΕΟ-024	1	1	18	Φθορισμού T8	25	68	9,30	1350	1350	810	-226,1
	3	1	15	CFL	0			900	2700	1812	
ΘΕΟ-025	1	1	18	Φθορισμού T8	25	68	6,34	1350	1350	810	-226,1
	3	1	15	CFL	0			900	2700	1812	
ΘΕΟ-026	1	1	15	CFL	0	15	7,01	900	900	604	-6,8
ΘΕΟ-027	1	1	18	Φθορισμού T8	25	23	10,98	1350	1350	810	-10,1
ΘΕΟ-028	1	1	20	CFL	0	20	4,08	1230	1230	615	-67,0
ΘΕΟ-029	1	2	28	Φθορισμού T5	5	59	4,36	2900	5800	4370	58,8
ΘΕΟ-030	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	8,74	5000	10000	7534	-95,4
ΘΕΟ-031	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	8,74	5000	10000	7534	-95,4

Πίνακας 6.3: Προτεινόμενο σύστημα φωτισμού ισογείου

Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Χώρος	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση (ballast)	Σύνολο χώρου (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Φωτεινή ροή λαμπτήρα (lumen)	Συνολική φωτεινή ροή (lumen)	Διορθωμένη φωτεινή ροή (lumen)	Διαφορά (W)	
ΘΕΟ-033	10	2	54	Φθορισμού T5	5	1134	4,34	5000	100000	75340	-968,5	
ΘΕΟ-033Α	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	3,81	5000	10000	7534	-96,9	
ΘΕΟ-033Β	4	2	54	Φθορισμού T5	5	454	4,48	5000	40000	30136	-329,4	
ΘΕΟ-034	3	2	35	Φθορισμού T5	5	221	4,21	3650	21900	16499	-881,5	
ΘΕΟ-035	1	2	35	Φθορισμού T5	5	74	2,02	3650	7300	5500	-57,0	
ΘΕΟ-036	1	2	35	Φθορισμού T5	5	74	2,88	3650	7300	5500	-187,5	
ΘΕΟ-037	1	2	35	Φθορισμού T5	5	74	2,02	3650	7300	5500	-57,0	
ΘΕΟ-038	1	2	35	Φθορισμού T5	5	74	2,89	3650	7300	5500	-187,5	
ΘΕΟ-041	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	5,30	3650	14600	11000	-375,0	
ΘΕΟ-042	1	1	15	CFL	0	15	2,56	900	900	604	-72,0	
ΘΕΟ-043	1	2	35	Φθορισμού T5	5	74	8,15	3650	7300	5500	-144	
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>107</b>					<b>9.847</b>	<b>8,72*</b>			<b>659.473</b>		<b>Μείωση: 8.038W</b>
		<b>4,12**</b>										
		<b>6,68***</b>										

Πίνακας 6.3 (Συνέχεια): Προτεινόμενο σύστημα φωτισμού ισογείου\* για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

Το ισόγειο, χωρίς τα Εργαστήρια Αντοχής Υλικών, καταλαμβάνει έκταση 1.475m<sup>2</sup>. Η φωτεινή αποδοτικότητα υπολογίστηκε ίση με 66,97lm/W, σχεδόν πανομοιότυπη με εκείνη του υπογείου και είναι πολύ πιο πάνω από το θεσπισμένο κατώτερο όριο φωτεινής αποδοτικότητας των 55lm/W. Η κατανομή ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης φωτισμού για το σύνολο των χώρων βρέθηκε ίση με 6,68W/m<sup>2</sup>. Όσον αφορά στις επιμέρους τιμές της κατανομής ισχύος των χώρων με όριο στάθμης φωτισμού 200lux και 500lux η μείωση είναι αξιοσημείωτη, καθώς μειώνονται σε 4,12W/m<sup>2</sup> και 8,72W/m<sup>2</sup> αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

### 6.2.3 1<sup>ος</sup> όροφος

Χώρος	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση (ballast)	Σύνολο χώρου (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Φωτεινή ροή λαμπτήρα (lumen)	Συνολική φωτεινή ροή (lumen)	Διορθωμένη φωτεινή ροή (lumen)	Διαφορά (W)
ΘΕΟ-101	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	8,80	5000	20000	15068	-13
ΘΕΟ-102	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	8,86	5000	20000	15068	47
ΘΕΟ-103	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	8,31	5000	20000	15068	-43
ΘΕΟ-104	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	8,57	5000	20000	15068	47
ΘΕΟ-105A	3	2	54	Φθορισμού T5	5	355	8,35	5000	30000	22602	-430
	1	1	15	CFL	0			900			
ΘΕΟ-105B	1	2	28	Φθορισμού T5	5	59	4,20	2900	5800	4370	-211
ΘΕΟ-106	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	8,37	5000	20000	15068	2
ΘΕΟ-107	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	9,01	5000	20000	15068	2
ΘΕΟ-108	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	7,29	5000	10000	7534	-67
ΘΕΟ-109	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	6,53	3650	14600	11000	-123
ΘΕΟ-110	8	2	28	Φθορισμού T5	5	470	7,17	2900	46400	34958	-610
ΘΕΟ-111	12	2	54	Φθορισμού T5	5	1361	8,97	5000	120000	90408	-1159
ΘΕΟ-112	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	7,37	5000	20000	15068	-43
ΘΕΟ-113	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	6,65	5000	20000	15068	-313
ΘΕΟ-114	4	2	28	Φθορισμού T5	5	235	7,75	2900	23200	17479	-305
ΘΕΟ-115	5	1	15	CFL	0	98	8,00	900	4500	3020	-225
	1	1	18	Φθορισμού T8	25			1350			
ΘΕΟ-116	2	1	18	Φθορισμού T8	25	45	6,29	1350	2700	1620	0
ΘΕΟ-117	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	3,70	3650	14600	11000	-288
ΘΕΟ-118A	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	3,49	5000	20000	15068	-63
ΘΕΟ-118B	4	2	54	Φθορισμού T5	5	454	3,27	5000	40000	30136	-126
ΘΕΟ-119	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	4,03	3650	14600	11000	-33
ΘΕΟ-120	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	3,82	3650	14600	11000	-33
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>68</b>					<b>5.819</b>	<b>8,14*</b>			<b>393.151</b>	<b>Μείωση: 4.063W</b>
							<b>3,80**</b>				
							<b>6,45***</b>				

Πίνακας 6.4: Προτεινόμενο σύστημα φωτισμού 1<sup>ου</sup> ορόφου\* για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

Μιας και το εμβαδόν του 1<sup>ου</sup> ορόφου ισούται με 903m<sup>2</sup>, η φωτεινή αποδοτικότητα υπολογίστηκε ίση με 67,56lm/W και είναι εμφανώς μεγαλύτερη από το θεσπισμένο κατώτερο όριο φωτεινής αποδοτικότητας των 55lm/W. Η κατανομή ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης φωτισμού βρέθηκε ίση με 6,45W/m<sup>2</sup>. Όσον αφορά στην επιμέρους τιμή της κατανομής ισχύος των χώρων με όριο στάθμης φωτισμού 200lux η κατανομή ισχύος μειώνεται σε 3,80W/m<sup>2</sup>, ενώ στους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 500lux η κατανομή ισχύος μειώνεται σε 8,14W/m<sup>2</sup>.



Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

6.2.4 2<sup>ος</sup> όροφος

Χώρος	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση (ballast)	Σύνολο χώρου (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Φωτεινή ροή λαμπτήρα (lumen)	Συνολική φωτεινή ροή (lumen)	Διορθωμένη φωτεινή ροή (lumen)	Διαφορά (W)
ΘΕΟ-201	8	2	54	Φθορισμού T5	5	907	9,1	5000	80000	60272	-1267,8
ΘΕΟ-202	8	2	54	Φθορισμού T5	5	907	9,1	5000	80000	60272	-1267,8
ΘΕΟ-203	4	2	80	Φθορισμού T5	5	672	8,9	7000	56000	42190	-1068,0
ΘΕΟ-204	1	2	80	Φθορισμού T5	5	168	8,0	7000	14000	10548	-192,0
ΘΕΟ-205Α	1	2	80	Φθορισμού T5	5	168	6,8	7000	14000	10548	-412,0
ΘΕΟ-205Β	1	2	80	Φθορισμού T5	5	168	7,0	7000	14000	10548	-412,0
ΘΕΟ-206	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	7,1	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-207	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	9,1	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-208	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	6,3	5000	10000	7534	-246,6
ΘΕΟ-209	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	9,5	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-210	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	6,4	5000	10000	7534	-246,6
ΘΕΟ-211	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	9,3	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-212	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	7,0	5000	10000	7534	-246,6
ΘΕΟ-213	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	9,4	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-214	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	6,9	5000	10000	7534	-246,6
ΘΕΟ-215	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	9,3	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-216	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	6,6	5000	10000	7534	-246,6
ΘΕΟ-217	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	9,4	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-218	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	6,8	5000	10000	7534	-246,6
ΘΕΟ-219	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	8,8	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-220	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	6,8	5000	10000	7534	-246,6
ΘΕΟ-221	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	9,6	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-222	1	2	28	Φθορισμού T5	5	59	5,5	2900	5800	4370	-121,2
ΘΕΟ-223	1	2	21	Φθορισμού T5	5	44	3,7	1900	3800	2551	-135,9
ΘΕΟ-224	3	2	35	Φθορισμού T5	5	221	6,9	3650	21900	16499	-49,5
ΘΕΟ-225	1	2	28	Φθορισμού T5	5	59	3,0	2900	5800	4370	-211,2
ΘΕΟ-225Β	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	11,3	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-225Γ	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	8,6	5000	10000	7534	-66,6
ΘΕΟ-225Δ	3	2	54	Φθορισμού T5	5	340	7,4	5000	30000	22602	-559,8
ΘΕΟ-226, 226Β	5	2	54	Φθορισμού T5	5	567	8,9	5000	50000	37670	-513,0
ΘΕΟ-226Γ	5	2	54	Φθορισμού T5	5	567	9,2	5000	50000	37670	-513,0
ΘΕΟ-227	1	2	21	Φθορισμού T5	5	44	6,4	1900	3800	2551	-45,9
ΘΕΟ-228	1	2	21	Φθορισμού T5	5	44	6,5	1900	3800	2551	-45,9
ΘΕΟ-229	2	1	15	CFL	0	74	11,6	900	1800	1208	-215,9
	1	2	21	Φθορισμού T5	5			1900	3800	2551	
ΘΕΟ-230	3	1	15	CFL	5	47	7,6	900	2700	1812	-252,8

Πίνακας 6.5: Προτεινόμενο σύστημα φωτισμού 2<sup>ου</sup> ορόφου

Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Χώρος	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση (ballast)	Σύνολο χώρου (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Φωτεινή ροή λαμπτήρα (lumen)	Συνολική φωτεινή ροή (lumen)	Διορθωμένη φωτεινή ροή (lumen)	Διαφορά (W)
ΘΕΟ-231	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	4,6	5000	10000	7534	-31,6
ΘΕΟ-232Α	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	3,0	5000	10000	7534	-176,6
ΘΕΟ-232Β	1	2	35	Φθορισμού T5	5	74	2,9	3650	7300	5500	-71,5
ΘΕΟ-233	4	2	35	Φθορισμού T5	5	294	3,7	3650	29200	21999	-426,0
ΘΕΟ-234Α	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113,4	3,0	5000	10000	7534	-216,6
ΘΕΟ-234Β	1	2	35	Φθορισμού T5	4	73	3,0	3650	7300	5500	-72,2
ΘΕΟ-235	2	2	28	Φθορισμού T5	5	118	3,0	2900	11600	8739	-317,4
ΘΕΟ-236	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	4,0	3650	14600	11000	-33,0
ΘΕΟ-237	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	4,0	3650	14600	11000	-33,0
ΘΕΟ-240	9	2	35	Φθορισμού T5	5	662	8,3	3650	65700	49498	-148,5
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>92</b>					<b>8.951</b>	<b>7,62*</b>			<b>602.231</b>	<b>Μείωση: 11.269W</b>
							<b>5,46**</b>				
							<b>6,94***</b>				

Πίνακας 6.5 (Συνέχεια): Προτεινόμενο σύστημα φωτισμού 2<sup>ου</sup> ορόφου\* για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

Ο 2<sup>ος</sup> όροφος έχει εμβαδόν ίσο με 1290m<sup>2</sup>. Η φωτεινή αποδοτικότητα υπολογίστηκε ίση με 67,28lm/W και είναι μεγαλύτερη από το κατώτερο όριο φωτεινής αποδοτικότητας (55lm/W), ενώ η κατανομή ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης φωτισμού υπολογίστηκε ίση με 6,94W/m<sup>2</sup>.

Όσον αφορά στις επιμέρους τιμές της κατανομής ισχύος των χώρων με όριο στάθμης φωτισμού 200lux και 500lux η μείωση είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς μειώνονται σε 5,46W/m<sup>2</sup> και 7,62W/m<sup>2</sup> αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

6.2.5 3<sup>ος</sup> όροφος

Χώρος	Αριθμός Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	% αύξηση (ballast)	Σύνολο χώρου (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Φωτεινή ροή λαμπτήρα (lumen)	Συνολική φωτεινή ροή (lumen)	Διορθωμένη φωτεινή ροή (lumen)	Διαφορά (W)	
ΘΕΟ-301	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	10,60	5000	10000	7534	-67	
ΘΕΟ-301B	2	2	54	Φθορισμού T5	5	242	8,85	5000	20000	15068	-718	
	1	1	15	CFL	0			900	900	604		
ΘΕΟ-301Γ	1	2	80	Φθορισμού T5	5	168	7,10	7000	14000	10548	-192	
ΘΕΟ-301Δ	1	2	35	Φθορισμού T5	5	74	10,19	3650	7300	5500	-17	
ΘΕΟ-302	4	2	35	Φθορισμού T5	5	309	8,01	3650	29200	21999	-421	
	1	1	15	CFL	0			900	900	604		
ΘΕΟ-303	8	2	54	Φθορισμού T5	5	907	8,26	5000	80000	60272	-1.253	
ΘΕΟ-304	1	2	21	Φθορισμού T5	5	59	4,72	1900	3800	2551	-91	
	1	1	15	CFL	0			900	900	604		
ΘΕΟ-304B	1	2	21	Φθορισμού T5	5	44	4,14	1900	3800	2551	-46	
ΘΕΟ-305	1	2	21	Φθορισμού T5	5	44	3,10	1900	3800	2551	-46	
ΘΕΟ-305B	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	7,22	5000	10000	7534	-67	
ΘΕΟ-306	2	2	80	Φθορισμού T5	5	336	9,91	7000	28000	21095	-204	
ΘΕΟ-306B	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	7,62	5000	20000	15068	-313	
ΘΕΟ-307	8	2	80	Φθορισμού T5	5	1344	8,40	7000	112000	84381	-1.176	
ΘΕΟ-308	2	2	35	Φθορισμού T5	5	162	2,59	3650	14600	11000	-978	
	1	1	15	CFL	0			900	900	604		
ΘΕΟ-309	1	2	54	Φθορισμού T5	5	113	8,82	5000	10000	7534	-67	
ΘΕΟ-310	12	2	80	Φθορισμού T5	5	2031	8,67	7000	168000	126571	-729	
	1	1	15	CFL	0			900	900	604		
ΘΕΟ-310B	2	2	54	Φθορισμού T5	5	227	3,03	5000	20000	15068	-673	
ΘΕΟ-310Γ	1	2	21	Φθορισμού T5	5	44	3,56	1900	3800	2551	-46	
ΘΕΟ-311	1	2	14	Φθορισμού T5	5	29	4,68	1200	2400	1611	-61	
ΘΕΟ-311Δ	1	2	28	Φθορισμού T5	5	59	2,32	2900	5800	4370	-301	
ΘΕΟ-312	1	2	14	Φθορισμού T5	5	29	4,87	1200	2400	1611	-471	
ΘΕΟ-313	1	2	28	Φθορισμού T5	5	59	11,31	2900	5800	4370	-86	
ΘΕΟ-314	1	2	28	Φθορισμού T5	5	59	9,66	2900	5800	4370	-41	
ΘΕΟ-315	2	2	28	Φθορισμού T5	5	118	3,17	2900	11600	8739	-392	
ΘΕΟ-316	6	2	35	Φθορισμού T5	5	441	2,88	3650	43800	32999	-99	
ΘΕΟ-316A	2	2	28	Φθορισμού T5	5	118	3,15	2900	11600	8739	-122	
ΘΕΟ-317	1	2	14	Φθορισμού T5	5	147	3,78	1200	2400	1611	-143	
	2	2	28	Φθορισμού T5	5			2900	11600	8739		
ΘΕΟ-318	3	1	15	CFL	0	45	7,05	900	2700	1812	-135	
ΘΕΟ-319	3	1	15	CFL	0	45	6,93	900	2700	1812	-135	
ΘΕΟ-320	3	1	15	CFL	0	45	7,22	900	2700	1812	-135	
ΘΕΟ-321	3	1	15	CFL	0	45	7,12	900	2700	1812	-135	
ΘΕΟ-322	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	4,03	3650	14600	11000	-33	
ΘΕΟ-323	2	2	35	Φθορισμού T5	5	147	4,03	3650	14600	11000	-33	
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>90</b>					<b>8.090</b>		<b>8,24*</b>			<b>528.801</b>	<b>Μείωση: 9.454W</b>
		<b>3,42**</b>										
		<b>6,20***</b>										

Πίνακας 6.6: Προτεινόμενο σύστημα φωτισμού 3<sup>ου</sup> ορόφου\* για όριο στάθμης φωτισμού 500lux, \*\*για 200lux και \*\*\* συνολικά

Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Το εμβαδόν του 3<sup>ου</sup> ορόφου ισούται με 1305m<sup>2</sup>. Η φωτεινή αποδοτικότητα ισούται με 65,36lm/W και απέχει αρκετά από το κατώτερο όριο φωτεινής αποδοτικότητας (55lm/W), ενώ η κατανομή ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης φωτισμού υπολογίστηκε ίση με 6,20W/m<sup>2</sup>. Οι επιμέρους τιμές της κατανομής ισχύος των χώρων με όριο στάθμης φωτισμού 200lux και 500lux είναι αισθητά μειωμένες, καθώς ανέρχονται σε 3,42W/m<sup>2</sup> και 8,24W/m<sup>2</sup> αντίστοιχα.

### 6.3 Εγκατεστημένη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Α συστήματος τεχνητού φωτισμού

Προκειμένου να είναι πιο εύκολα συγκρίσιμες οι δύο καταστάσεις (υφιστάμενη – Σενάριο Α), σχεδιάστηκε ο ακόλουθος πίνακας, στον οποίο καταγράφονται ανά όροφο οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος και της κατανομής ισχύος και για τις δύο καταστάσεις

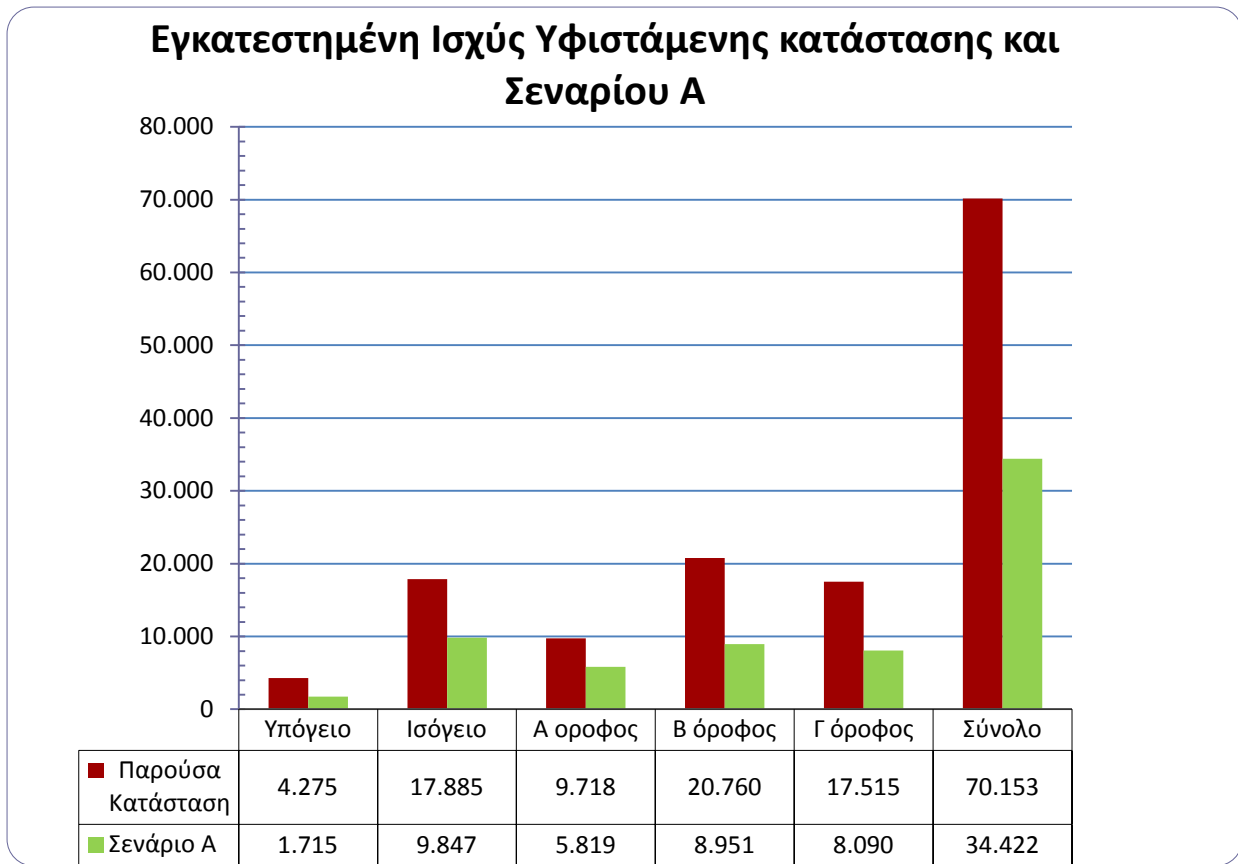
Τμήμα	Εμβαδόν χώρου (m <sup>2</sup> )	Υπάρχουσα κατάσταση				Προτεινόμενη κατάσταση			
		P <sub>εγκ,υπ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )			P <sub>εγκ,πρ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )		
			200lux	500lux	Σύνολο		200lux	500lux	Σύνολο
Υπόγειο	278	4.275	8,09	32,60	14,96	1.715	5,23	8,50	6,17
Ισόγειο	1475	17.885	10,14	13,71	12,12	9.847	4,12	8,72	6,67
Α Όροφος	903	9.718	6,71	13,36	10,77	5.819	3,80	8,14	6,45
Β Όροφος	1290	20.760	11,74	18,10	16,09	8.951	5,46	7,62	6,94
Γ Όροφος	1305	17.515	10,17	15,81	13,42	8.090	3,42	8,24	6,20
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5251</b>	<b>70.153</b>	<b>10,92</b>	<b>15,07</b>	<b>13,36</b>	<b>34.422</b>	<b>4,25</b>	<b>8,18</b>	<b>6,56</b>

Πίνακας 6.7: Σύγκριση Εγκατεστημένης Ισχύος και Κατανομής Ισχύος μεταξύ υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης

Συνολικά επιτυγχάνεται μια αξιοσημείωτη μείωση εγκατεστημένης ισχύος σε ποσοστό 50,93% ή σε απόλυτους αριθμούς κατά 35,73kW και αντίστοιχα η συνολική κατανομή ισχύος για όλους τους χώρους υποδιπλασιάστηκε από 13,36W/m<sup>2</sup> σε 6,56 W/m<sup>2</sup>. Με την προτεινόμενη επέμβαση στο σύστημα τεχνητού φωτισμού επιτυγχάνονται τα θεσπισμένα όρια και για τους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 200lux και για τους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 500lux, καθώς η συνολική κατανομή ισχύος ανέρχεται σε 4,25W/m<sup>2</sup> στην πρώτη περίπτωση και 8,18W/m<sup>2</sup> στη δεύτερη. Οι τιμές αυτές είναι κατά πολύ μικρότερες των ανώτερων ορίων (6,4W/m<sup>2</sup> και 16W/m<sup>2</sup> αντίστοιχα).

Για καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων σχεδιάστηκε το ακόλουθο διάγραμμα:

Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των υφιστάμενων με νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)



**Σχήμα 6.1:** Συγκριτικό διάγραμμα εγκατεστημένης ισχύος της παρούσας κατάστασης και της προτεινόμενης στο Σενάριο Α εγκατάστασης φωτισμού, ανά όροφο και στο σύνολο



## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>

### Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Το 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο της εργασίας αποτελεί μια ολοκληρωμένη περιγραφή της διαδικασίας αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) στους χώρους που αυτό είναι εφικτό και –κυρίως– ενεργειακά αποδοτικό. Παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία επιλογής των χώρων για τους οποίους προτείνεται η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, οι οποίοι θα ρυθμίζουν τη φωτεινή ένταση των φωτιστικών ανάλογα με τη διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτισμού. Στο τέλος επιχειρείται μια σύγκριση ανά όροφο και συνολικά του Σεναρίου Β τόσο με το Σενάριο Α (για να τονιστούν τα οφέλη από την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού) όσο και με την υφιστάμενη κατάσταση φωτισμού του κτηρίου.

#### 7.1 Εισαγωγή

Η επιλογή των χώρων έγινε με κριτήριο τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού, λαμβάνοντας υπόψη τη μηνιαία πιθανότητα ηλιοφάνειας (sun probability) για την ευρύτερη περιοχή των Αθηνών, τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων κάθε χώρου, την επίδραση κάθε εξωτερικού –δομικού ή μη– στοιχείου στη σκίαση των ανοιγμάτων, καθώς επίσης και τους συντελεστές ανακλαστικότητας και διαπερατότητας των δομικών στοιχείων του εκάστοτε χώρου. Όλα τα στοιχεία αυτά εισήχθησαν στο πρόγραμμα RELUX και υπολογίστηκε ο παράγοντας φυσικού φωτισμού. Οι γεωμετρικές διαστάσεις των χώρων, ο προσανατολισμός και οι συντελεστές ανακλαστικότητας και διαπερατότητας ήταν ίδιοι με το Σενάριο Α. Οι υπολογισμοί έγιναν για όλους τους χώρους, όλων των ορόφων, πλην του Υπογείου, όπως είναι φυσιολογικό. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται η μηνιαία πιθανότητα ηλιοφάνειας για την Αθήνα:

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

Πίνακας 7.1: Πιθανότητα ηλιοφάνειας (sun probability) ανά μήνα για την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας

Για τις τιμές αυτές, για προσανατολισμό κτηρίου 12<sup>ο</sup> Ε και συντεταγμένες τις εξής:

- γεωγραφικό μήκος 23,77<sup>ο</sup> Ανατολικά και
- γεωγραφικό πλάτος 37,98<sup>ο</sup> Βόρεια,

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

πραγματοποιήθηκαν οι προσομοιώσεις φυσικού φωτισμού από το πρόγραμμα RELUX και υπολογίστηκε η μέση τιμή των παραγόντων φυσικού φωτισμού,  $DF_{av}$ , για κάθε χώρο του κτηρίου. Όπως περιγράφηκε αναλυτικά στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, χώροι με παράγοντα φυσικού φωτισμού μεγαλύτερο της μονάδας ( $DF > 1$ ) έχουν δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού. Έτσι, για όσους χώρους είχαν  $DF_{av}$  μεγαλύτερο της μονάδας ( $DF_{av} \geq 1$ ) υπολογίστηκαν αναλυτικά το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας για κάθε μήνα, αλλά και στο σύνολο.

Η θέση των αισθητήρων φωτισμού παρουσιάστηκε και αυτή στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσας εργασίας. Προτιμήθηκε για λόγους μεγαλύτερης ακρίβειας και –ως εκ τούτου– καλύτερης εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού η τοποθέτηση αισθητήρων σε κάθε φωτιστικό σώμα των χώρων με δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού. Συνδέονται με τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού (EDBs), τα οποία μπορούν να προσαρμόζουν την ένταση φωτισμού που παράγεται από τους λαμπτήρες αυτούς. Έτσι, η ένταση του τεχνητού φωτισμού ρυθμίζεται ανάλογα με την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που εισέρχεται στο χώρο.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με το Σενάριο Α έγκειται στη μείωση της έντασης φωτισμού των φωτιστικών, όταν οι συνθήκες εξωτερικού φωτισμού το επιτρέπουν, καθώς τα φωτιστικά που χρησιμοποιούνται σε όλους τους χώρους είναι τα ίδια με το Σενάριο Α. Για ψυχολογικούς –κυρίως– λόγους, τα φωτιστικά δεν σβήνουν ποτέ, ακόμη κι όταν ο εξωτερικός φωτισμός αρκεί για να καλύψει τα θεσπισμένα όρια φωτισμού. Οι αισθητήρες μειώνουν την ένταση φωτισμού των λαμπτήρων έως και 90% και πάντοτε υπάρχει μια ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος ίση με το 15% της ισχύος των λαμπτήρων, όπως μετρήθηκε στο Εργαστήριο Φωτοτεχνίας του Ε.Μ.Π.

Επειδή η πλειοψηφία των χώρων του κτηρίου είναι γραφεία, θεωρήθηκε ως κτήριο γραφείων, παρότι ανήκει σε σύμπλεγμα κτηρίων εκπαιδευτικού ιδρύματος. Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του Τ.Ε.Ε. ένα κτήριο γραφείων λειτουργεί 12 μήνες το χρόνο (52 εβδομάδες), 5 ημέρες την εβδομάδα και 10 ώρες την ημέρα, από τις 08:00 έως τις 18:00, ήτοι 2.600 ώρες το χρόνο. Από αυτές, οι 2080 είναι ημερήσιες ώρες λειτουργίας και οι υπόλοιπες 520 είναι νυχτερινές.

Συνολικά σε 81 χώρους του κτηρίου μπορεί να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός. Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται αναλυτικότερα ο αριθμός των χώρων ανά όροφο, αλλά και ο αριθμός των φωτιστικών στους οποίους πρέπει να τοποθετηθούν αισθητήρες φωτισμού, προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Τμήμα	Αριθμός χώρων	Αριθμός φωτιστικών
Ισόγειο	22	45
1ος όροφος	15	45
2ος όροφος	31	56
3ος όροφος	13	42
Σύνολο	81	188

**Πίνακας 7.2:** Αριθμός χώρων με δυνατότητα αξιοποίησης φυσικού φωτισμού και φωτιστικών με αισθητήρα φωτισμού



## 7.2 Ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος τεχνητού φωτισμού

Με την εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού στους λαμπτήρες δεν μειώνεται η εγκατεστημένη ισχύς των συστημάτων φωτισμού. Επομένως, στο Σενάριο αυτό το περιγραφόμενο σύστημα φωτισμού έχει ακριβώς την ίδια εγκατεστημένη ισχύ με αυτό που προτάθηκε στο Σενάριο Α. Οι αισθητήρες έχουν, όμως, τη δυνατότητα να μειώνουν την ένταση φωτισμού των λαμπτήρων και να τη ρυθμίζουν σε χαμηλότερα επίπεδα, όταν στο χώρο υπάρχουν υψηλά επίπεδα φυσικού φωτισμού, με αποτέλεσμα να μειώνεται αντίστοιχα και η ενεργειακή κατανάλωση των λαμπτήρων αυτών. Γι' αυτό εισάγεται η έννοια της ισοδύναμης ισχύος, η οποία θα χρησιμοποιείται εφεξής τόσο για το Σενάριο Β όσο και για το σενάριο Β1, το οποίο ακολουθεί. Η ισοδύναμη ισχύς αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο, με τα ίδια αποτελέσματα, με το προτεινόμενο σύστημα.

Στους πίνακες που ακολουθούν καταγράφονται ανά όροφο οι μέσες τιμές των daylight factors ( $DF_{av}$ ) για τους χώρους που το ηλιακό φως κρίθηκε αξιοποιήσιμο ( $DF_{av} \geq 1$ ), η ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας για κάθε μήνα, ανάλογα με την πιθανότητα ηλιοφάνειας του καθενός, καθώς και ο Μέσος Όρος τους. Το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας είναι κατά 15% μικρότερο από το Μέσο Όρο εξοικονόμησης των 12 μηνών, εξαιτίας της ελάχιστης κατανάλωσης που υπάρχει πάντα στο σύστημα φωτισμού. Το ποσοστό της κατανάλωσης ενέργειας, επομένως, προκύπτει ως η διαφορά του ποσοστού εξοικονόμησης ενέργειας από το 100%. Στη συνέχεια, το ποσοστό αυτό πολλαπλασιάζεται με την εγκατεστημένη ισχύ του κάθε χώρου και προκύπτει η ισοδύναμη ισχύς.

Για τους χώρους στους οποίους υπολογίστηκε ότι  $DF_{av} < 1$ , δεν θεωρήθηκε σκόπιμο να συμπληρωθούν τα πεδία του πίνακα και η ισοδύναμη ισχύς τους είναι ίση με την εγκατεστημένη που υπολογίστηκε στο Σενάριο Α, καθώς δεν προτείνεται εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού σε αυτούς. Προστέθηκαν, όμως, στους πίνακες προκειμένου να υπολογιστεί η ισοδύναμη συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κάθε ορόφου.

### 7.2.1 Ισόγειο

Χώρος	$DF_{av}$	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο. 12 Μηνών (%)	Εξοικονόμηση εν/γείας (%)	Κατανάλωση εν/γείας (%)	Ισοδ. Ισχύς (W)	Διαφορά artificial – daylight (W)
ΘΕΟ-001	13,50	87,8	94,7	99,5	100	100	100	100	100	100	97,2	90,5	85,1	96,23	81,23	18,77	11	48
ΘΕΟ-002															0,00	100,00	227	0
ΘΕΟ-003	1,80	18,0	29,6	31,0	49,1	75,1	85,6	88,1	80,1	58,6	34,7	24,2	17,2	49,28	34,28	65,73	373	194
ΘΕΟ-004	5,60	87,9	94,8	99,6	100	100	100	100	100	100	97,3	90,9	85,3	96,32	81,32	18,68	8	36
ΘΕΟ-005	2,00	20,9	31,8	32,4	51,1	76,4	87,0	89,6	81,5	60,8	36,7	26,7	20,3	51,27	36,27	63,73	434	247

Πίνακας 7.3: Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος φωτισμού του ισόγειου

Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Χώρος	DF <sub>av</sub>	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο. 12 Μηνών (%)	Εξοικονό- μηση εν/γείας (%)	Κατανά- λωση εν/γείας (%)	Ισοδ. ισχύς (W)	Διαφορά artificial – daylight (W)
ΘΕΟ-006															0,00	100,00	680	0
ΘΕΟ-007	1,60	14,3	26,7	29,1	47,0	73,8	84,1	86,6	78,4	56,2	32,1	20,6	11,8	46,73	31,73	68,28	100	47
ΘΕΟ-008															0,00	100,00	227	0
ΘΕΟ-008Α															0,00	100,00	44	0
ΘΕΟ-009	2,80	28,0	54,0	70,5	85,7	94,4	96,9	97,4	94,6	83,6	63,4	38,4	27,2	69,51	54,51	45,49	103	124
ΘΕΟ-010	2,90	31,2	57,3	72,6	87,3	95,4	97,6	98,0	95,6	85,0	66,3	43,0	28,2	71,46	56,46	43,54	99	128
ΘΕΟ-011	3,00	35,7	60,3	74,9	88,8	96,3	98,1	98,4	96,4	86,3	68,5	47,8	28,7	73,35	58,35	41,65	94	132
ΘΕΟ-012	2,00	20,9	31,8	32,4	51,1	76,4	87,0	89,6	81,5	60,8	36,7	26,7	20,3	51,27	36,27	63,73	145	82
ΘΕΟ-013	2,90	31,2	57,3	72,6	87,3	95,4	97,6	98,0	95,6	85,0	66,3	43,0	28,2	71,46	56,46	43,54	99	128
ΘΕΟ-017	1,55	14,6	28,8	31,6	51,4	78,0	87,0	90,0	84,6	61,3	34,9	21,5	11,0	49,56	34,56	65,44	48	25
	1,21	0,6	19,0	26,2	45,0	75,2	87,0	89,5	78,6	53,3	26,5	6,2	0,0	42,26	27,26	72,74	82	31
ΘΕΟ-018Α	3,12	47,2	70,4	84,9	95,7	99,3	100	99,9	98,7	93,8	79,6	57,7	39,3	80,54	65,54	34,46	39	74
ΘΕΟ-018Β	4,60	74,6	88,8	98,3	100	100	100	100	100	99,9	94,6	80,6	71,3	92,34	77,34	22,66	33	114
ΘΕΟ-018Γ															0,00	100,00	59	0
ΘΕΟ-019	0,96	0,0	3,4	18,6	37,2	65,8	78,9	80,2	68,2	43,5	12,0	0,0	0,0	33,98	18,98	81,02	459	108
ΘΕΟ-019Α															0,00	100,00	74	0
ΘΕΟ-020															0,00	100,00	567	0
ΘΕΟ-021															0,00	100,00	340	0
ΘΕΟ-023															0,00	100,00	567	0
ΘΕΟ-023Α	2,14	24,8	36,6	43,2	69,3	78,0	87,0	90,0	85,0	68,5	42,1	31,3	24,4	56,68	41,68	58,32	198	142
ΘΕΟ-023Β	0,94	0,0	2,2	17,7	36,7	65,0	78,4	79,1	67,0	42,0	10,7	0,0	0,0	33,23	18,23	81,77	120	27
ΘΕΟ-024															0,00	100,00	68	0
ΘΕΟ-025															0,00	100,00	68	0
ΘΕΟ-026															0,00	100,00	15	0
ΘΕΟ-027															0,00	100,00	20	0
ΘΕΟ-028															0,00	100,00	23	0
ΘΕΟ-029															0,00	100,00	59	0
ΘΕΟ-030	3,40	56,8	75,7	88,8	98,4	100	100	100	99,8	96,3	83,8	65,2	51,6	84,70	69,70	30,30	34	79
ΘΕΟ-031	3,10	46,3	69,7	84,4	95,4	99,2	99,9	99,8	98,5	93,6	78,2	57,1	36,4	79,88	64,88	35,13	40	74
ΘΕΟ-033															0,00	100,00	1.134	0
ΘΕΟ-033Α	1,65	61,4	74,4	88,0	96,3	99,1	100	99,8	97,7	92,4	80,9	66,0	57,0	84,42	69,42	30,58	35	79
ΘΕΟ-033Β															0,00	100,00	454	0
ΘΕΟ-034															0,00	100,00	221	0
ΘΕΟ-035															0,00	100,00	74	0
ΘΕΟ-036	5,80	82,5	95,0	99,9	100	100	100	100	100	100	98,7	87,7	79,5	95,28	80,28	19,73	14	59
ΘΕΟ-037															0,00	100,00	74	0
ΘΕΟ-038	5,80	82,5	95,0	99,9	100	100	100	100	100	100	98,7	87,7	79,5	95,28	80,28	19,73	14	59
ΘΕΟ-041															0,00	100,00	147	0
ΘΕΟ-042															0,00	100,00	15	0
ΘΕΟ-043															0,00	100,00	74	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>																	<b>7.837</b>	<b>Μείωση 2.036</b>

Πίνακας 7.3 (Συνέχεια): Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος φωτισμού του ισογείου

Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Η μείωση σε σχέση με τη διορθωμένη υφιστάμενη κατάσταση είναι (17.885 – 7.836)W=10.049W ή 56,3%, ενώ σε σχέση με την προτεινόμενη κατάσταση του Σεναρίου Α η μείωση είναι 2.036W ή 20,62%. Η κατανομή ισχύος μειώνεται στα 5,3W/m<sup>2</sup>.

### 7.2.2 1<sup>ο</sup> όροφος

Χώρος	DF <sub>av</sub>	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο. 12 Μηνών (%)	Εξοικονόμηση εν/γεια (%)	Κατανάλωση εν/γεια (%)	Ισοδ. Ισχύς (W)	Διαφορά artificial – daylight (W)
ΘΕΟ-101	1,60	27,1	35,1	30,9	43,6	64,7	73,9	75,7	70,0	54,9	38,0	32,4	28,1	47,87	32,87	67,13	152	75
ΘΕΟ-102	3,00	64,2	72,0	77,1	82,3	87,3	89,7	89,9	87,1	82,0	76,3	67,8	63,0	78,23	63,23	36,78	83	143
ΘΕΟ-103	2,70	57,6	66,6	73,1	79,9	85,1	87,2	87,8	84,8	76,6	70,3	61,8	55,7	73,88	58,88	41,13	93	134
ΘΕΟ-104	2,80	60,1	68,5	74,8	80,8	85,9	89,2	88,8	85,8	80,1	72,2	64,1	58,5	75,73	60,73	39,27	89	138
ΘΕΟ-105A	3,10	65,9	73,4	78,0	83,0	87,9	89,9	90,3	87,5	82,5	76,2	69,4	64,8	79,07	64,07	35,93	122	218
ΘΕΟ-105B	3,10	80,3	83,4	86,7	90,8	94,2	96,2	95,7	93,3	89,5	85,2	81,5	79,9	88,06	73,06	26,94	16	43
ΘΕΟ-106	2,70	57,6	66,6	73,1	79,9	85,1	87,2	87,8	84,8	76,6	70,3	61,8	55,7	73,88	58,88	41,13	93	134
ΘΕΟ-107	1,70	28,1	35,9	31,4	44,2	65,5	74,0	76,5	70,4	55,5	38,6	33,7	29,6	48,62	33,62	66,38	151	76
ΘΕΟ-108	1,85	29,5	36,8	32,4	44,8	66,2	75,4	77,6	71,5	56,2	39,2	35,0	31,2	49,65	34,65	65,35	74	39
ΘΕΟ-109															0,00	100,00	147	0
ΘΕΟ-110	1,66	27,8	35,6	31,2	44,0	65,2	74,0	76,4	70,3	55,2	38,4	33,1	28,9	48,34	33,34	66,66	314	157
ΘΕΟ-111	1,61	27,1	35,3	31,0	43,7	64,7	74,0	75,8	70,0	54,9	38,1	32,6	28,2	47,95	32,95	67,05	912	448
ΘΕΟ-112	1,71	28,1	36,0	31,4	44,3	65,6	74,0	76,5	70,4	55,5	38,6	33,8	29,6	48,65	33,65	66,35	150	76
ΘΕΟ-113	2,03	30,9	37,5	49,6	60,1	67,2	76,5	78,4	72,4	57,1	41,4	36,1	32,8	53,33	38,33	61,67	140	87
ΘΕΟ-114															0,00	100,00	235	0
ΘΕΟ-115															0,00	100,00	75	0
ΘΕΟ-116															0,00	100,00	45	0
ΘΕΟ-117															0,00	100,00	147	0
ΘΕΟ-118A	3,40	83,2	86,4	89,7	93,4	96,5	98,1	97,7	95,3	91,8	87,9	84,5	82,5	90,58	75,58	24,42	55	171
ΘΕΟ-118B	1,14	61,3	69,6	75,5	81,1	86,3	89,4	89,0	86,3	80,6	72,9	65,2	59,9	76,43	61,43	38,58	175	279
ΘΕΟ-119															0,00	100,00	147	0
ΘΕΟ-120															0,00	100,00	147	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>																	<b>3.564</b>	<b>Μείωση 2.218</b>

Πίνακας 7.4: Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος φωτισμού του 1<sup>ου</sup> ορόφου

Η μείωση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση είναι (9.718 – 3.564)W= 6.154W ή 63,32%, ενώ σε σχέση με την προτεινόμενη κατάσταση του Σεναρίου Α η μείωση είναι 2.218W ή 38,36%. Η κατανομή ισχύος μειώνεται στο εξαιρετικά χαμηλό επίπεδο των 3,95W/m<sup>2</sup>.

Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

7.2.3 2<sup>ος</sup> όροφος

Χώρος	DF <sub>av</sub>	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο. 12 Μηνών (%)	Εξοικονό- μηση εν/γείας (%)	Κατανά- λωση εν/γείας (%)	Ισοδ. ισχύς (W)	Διαφορά artificial – daylight (W)
ΘΕΟ-201	1,75	17,3	28,8	30,6	48,7	74,8	85,6	88	79,8	58,4	34,1	23,3	15,7	48,76	33,76	66,24	601	306
ΘΕΟ-202	1,57	13,6	26,3	28,7	46,6	73,5	84,1	86,4	78	55,6	31,7	20	10,9	46,28	31,28	68,72	623	284
ΘΕΟ-203	1,5	11,5	25	28,1	45,6	72,9	83,8	85,8	77	54,2	30,4	18,1	7,4	44,98	29,98	70,02	471	201
ΘΕΟ-204	2,86	30	55,8	71,9	86,5	95	97,3	97,8	95,2	84,5	65,2	41	28,1	70,69	55,69	44,31	74	94
ΘΕΟ-205Α	2,6	25,7	43,5	64,8	81,4	91,8	95	95,9	92	78,9	56,3	32,2	26,5	65,33	50,33	49,67	83	85
ΘΕΟ-205Β	1,41	7,2	23	26,8	44,3	71,8	82,7	84,8	75,5	52,6	28,8	15,3	1	42,82	27,82	72,18	121	47
ΘΕΟ-206	2,8	28	54	70,5	85,7	94,4	96,9	97,4	94,6	83,6	63,4	38,4	27,2	69,51	54,51	45,49	52	62
ΘΕΟ-207	3,4	45,4	70,5	80,3	93,4	99	99,5	99,6	98,5	91,3	78,4	60,1	50,2	80,52	65,52	34,48	39	74
ΘΕΟ-208	4,2	63,2	77,6	88,9	97,5	99,8	100	100	99,6	95,4	83,2	68,9	60,1	86,18	71,18	28,82	33	81
ΘΕΟ-209	3,5	53	69,7	82,3	94,4	98,7	99,6	99,6	98,7	91,4	76,5	60,3	49,8	81,17	66,17	33,83	38	75
ΘΕΟ-210	3,9	59,8	74,4	86,5	96,6	99,5	100	99,9	99,3	94,1	81	66,2	55,9	84,43	69,43	30,57	35	79
ΘΕΟ-211	3,5	53	69,7	82,3	94,4	98,7	99,6	99,6	98,7	91,4	76,5	60,3	49,8	81,17	66,17	33,83	38	75
ΘΕΟ-212	4,4	65,2	78,5	89,9	98	99,9	100	100	99,7	96,1	84,8	71	62	87,09	72,09	27,91	32	82
ΘΕΟ-213	3,5	53	69,7	82,3	94,4	98,7	99,6	99,6	98,7	91,4	76,5	60,3	49,8	81,17	66,17	33,83	38	75
ΘΕΟ-214	4,0	61	75,5	86,9	97	99,6	100	100	99,4	94,7	82,1	66,8	58,2	85,10	70,10	29,90	34	79
ΘΕΟ-215	3,5	53	69,7	82,3	94,4	98,7	99,6	99,6	98,7	91,4	76,5	60,3	49,8	81,17	66,17	33,83	38	75
ΘΕΟ-216	4,0	61	75,5	86,9	97	99,6	100	100	99,4	94,7	82,1	66,8	58,2	85,10	70,10	29,90	34	79
ΘΕΟ-217	3,5	53	69,7	82,3	94,4	98,7	99,6	99,6	98,7	91,4	76,5	60,3	49,8	81,17	66,17	33,83	38	75
ΘΕΟ-218	4,0	61	75,5	86,9	97	99,6	100	100	99,4	94,7	82,1	66,8	58,2	85,10	70,10	29,90	34	79
ΘΕΟ-219	3,3	48,5	66,3	79,8	92,5	98,1	99,1	99,3	98	90	74,1	56,6	43,7	78,83	63,83	36,17	41	72
ΘΕΟ-220	2,26	23,4	34	47,1	70,9	81,7	87	90	82,9	63,7	39,2	29,1	23,4	56,03	41,03	58,97	67	47
ΘΕΟ-221	3,6	55	71,3	83,4	94,9	98,9	99,7	99,7	98,9	92,3	77,9	61,9	51,6	82,13	67,13	32,88	37	76
ΘΕΟ-222															0,00	100,00	59	0
ΘΕΟ-223															0,00	100,00	44	0
ΘΕΟ-224	1,95	20,3	31,2	32,3	50,3	76,1	87	89,4	81,2	60,7	36,2	26,1	19,2	50,83	35,83	64,17	141	79
ΘΕΟ-225															0,00	100,00	59	0
ΘΕΟ-225Β	2,32	23,9	34,3	51,7	73,3	84,9	89,3	90,1	83,4	66,7	41,3	29,8	23,7	57,70	42,70	57,30	65	48
ΘΕΟ-225Γ	2,41	24,5	35,8	57,6	76,3	87,7	92	93,3	87,5	72,2	45,3	30,7	24,9	60,65	45,65	54,35	62	52
ΘΕΟ-225Δ	1,47	10,6	24,4	27,7	45,3	72,5	82,7	85,2	76,6	53,8	29,9	17,3	5,1	44,26	29,26	70,74	241	100
ΘΕΟ-226,Β	1,76	17,6	29	30,6	48,9	74,9	85,6	88,1	79,9	58,4	34,3	23,5	15,8	48,88	33,88	66,12	375	192
ΘΕΟ-226Γ															0,00	100,00	567	0
ΘΕΟ-227															0,00	100,00	44	0
ΘΕΟ-228															0,00	100,00	44	0
ΘΕΟ-229															0,00	100,00	74	0
ΘΕΟ-230															0,00	100,00	47	0
ΘΕΟ-231															0,00	100,00	113	0

Πίνακας 7.5: Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> ορόφου

Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Χώρος	DF <sub>av</sub>	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο. 12 Μηνών (%)	Εξοικονόμηση εν/γειας (%)	Κατανάλωση εν/γειας (%)	Ισοδ. ισχύς (W)	Διαφορά artificial – daylight (W)
ΘΕΟ-232Α	<b>2,72</b>	74,1	85,5	94,8	99,8	100	100	100	100	98,5	90,8	78,6	70,6	91,06	76,06	23,94	<b>27</b>	<b>86</b>
ΘΕΟ-232Β	<b>1,12</b>	28	54	70,5	85,7	94,4	96,9	97,4	94,6	83,6	63,4	38,4	28,2	69,59	54,59	45,41	<b>33</b>	<b>40</b>
ΘΕΟ-233															0,00	100,00	<b>294</b>	<b>0</b>
ΘΕΟ-234Α	<b>3,3</b>	81,8	91,5	97,8	100	100	100	100	100	99,9	94,7	85,4	78,6	94,14	79,14	20,86	<b>24</b>	<b>90</b>
ΘΕΟ-234Β	<b>2,7</b>	77,8	88,8	96,4	100	100	100	100	100	99,3	92,9	82,1	75	92,69	77,69	22,31	<b>16</b>	<b>57</b>
ΘΕΟ-235															0,00	100,00	<b>118</b>	<b>0</b>
ΘΕΟ-236															0,00	100,00	<b>147</b>	<b>0</b>
ΘΕΟ-237															0,00	100,00	<b>147</b>	<b>0</b>
ΘΕΟ-240															0,00	100,00	<b>662</b>	<b>0</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>																	<b>6.005</b>	<b>Μείωση: 2.496</b>

**Πίνακας 7.5 (Συνέχεια):** Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> ορόφου

Συναρτήσει της υφιστάμενης κατάστασης επιτυγχάνεται μείωση (20.760 – 6.005)W= 14.755W ή 71,07%, ενώ σε σχέση με την προτεινόμενη κατάσταση του Σεναρίου Α η μείωση είναι 2.496W ή 29,36%. Η κατανομή ισχύος μειώνεται σε 4,66W/m<sup>2</sup>.

Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

7.2.4 3<sup>ο</sup> όροφος

Χώρος	DF <sub>av</sub>	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο. 12 Μηνών (%)	Εξοικονό- μηση εν/γειαs (%)	Κατανά- λωση εν/γειαs (%)	Ισοδ. ισχύs (W)	Διαφορά artificial – daylight (W)
ΘΕΟ-301															0,00	100,00	113	0
ΘΕΟ-301B	1,70	73,0	84,1	94,8	99,5	100	100	100	100	97,1	89,4	77,2	69,6	90,39	75,39	24,61	56	171
															0,00	100,00	15	0
ΘΕΟ-301Γ	5,40	71,7	83,1	94	99,2	100	100	100	99,8	96,7	88,3	75,6	67,7	89,68	74,68	25,33	43	125
ΘΕΟ-301Δ															0,00	100,00	74	0
ΘΕΟ-302	3,20	43,7	61,7	78	89	94,9	96,2	95,8	82,2	83,3	68,9	50,5	36,2	73,37	58,37	41,63	122	172
															0,00	100,00	15	0
ΘΕΟ-303	3,00	33,3	56,9	74,5	86,1	92,7	95	94,2	89,6	79,9	65,1	43,8	23,9	69,58	54,58	45,42	412	495
ΘΕΟ-304															0,00	100,00	44	0
															0,00	100,00	15	0
ΘΕΟ-304B															0,00	100,00	44	0
ΘΕΟ-305															0,00	100,00	44	0
ΘΕΟ-305B	2,93	30,0	54,6	72,9	84,8	91,6	94,5	93,1	88,2	78,9	63,3	39,7	23,4	67,92	52,92	47,08	53	60
ΘΕΟ-306															0,00	100,00	336	0
ΘΕΟ-306B															0,00	100,00	227	0
ΘΕΟ-307															0,00	100,00	1.344	0
ΘΕΟ-308															0,00	100,00	147	0
															0,00	100,00	15	0
ΘΕΟ-309	3,59	53,6	68,4	83	93,3	97,1	98,4	97,8	95,5	88,1	74,8	58,8	48,2	79,75	64,75	35,25	40	73
ΘΕΟ-310	2,18	20,4	26,3	41	63,1	72,3	75,3	74,1	67,7	52,4	29,1	22,7	18,4	46,90	31,90	68,10	1.373	643
															0,00	100,00	15	0
ΘΕΟ-310B	1,13	26,3	51,4	70,8	82,8	89,9	92,8	91,5	86,6	76,7	60,5	34,2	22,6	65,51	50,51	49,49	112	115
ΘΕΟ-310Γ															0,00	100,00	44	0
ΘΕΟ-311															0,00	100,00	29	0
ΘΕΟ-311Δ	1,67	61,9	74,9	88,6	96,4	99,3	100	99,9	97,9	92,6	81,1	66,7	57,4	84,73	69,73	30,28	18	41
ΘΕΟ-312															0,00	100,00	29	0
ΘΕΟ-313	6,20	75,2	86,4	95,6	99,8	100	100	100	0	98,1	90,8	79	71,7	83,05	68,05	31,95	19	40
ΘΕΟ-314	5,30	69,9	81,7	93,1	98,8	100	100	100	99,7	96	87	74	66,2	88,87	73,87	26,13	15	43
ΘΕΟ-315															0,00	100,00	118	0
ΘΕΟ-316	3,70	83,0	92,0	98,5	100	100	100	100	100	99,8	95,1	86,6	79,8	94,57	79,57	20,43	90	351
ΘΕΟ-316A	3,70	83,0	92,0	98,5	100	100	100	100	100	99,8	95,1	86,6	79,8	94,57	79,57	20,43	24	94
ΘΕΟ-317															0,00	100,00	118	0
ΘΕΟ-318															0,00	100,00	45	0
ΘΕΟ-319															0,00	100,00	45	
ΘΕΟ-320															0,00	100,00	45	0
ΘΕΟ-321															0,00	100,00	45	0
ΘΕΟ-322															0,00	100,00	147	0
ΘΕΟ-323															0,00	100,00	147	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>																	<b>5.637</b>	<b>Μείωση: 2.453</b>

Πίνακας 7.6: Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> ορόφου

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Η ηλεκτρική ισχύς που εξοικονομείται σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση είναι  $(17.515 - 5.637)W = 11.878W$  ή 63,32%, ενώ σε σχέση με την προτεινόμενη κατάσταση του Σεναρίου Α εξοικονομούνται 2.453W ηλεκτρικής ισχύος ή 30,32%. Η κατανομή ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης πέφτει σε  $4,32W/m^2$ .

Πρέπει να επισημανθεί ότι ο 3<sup>ος</sup> όροφος είχε τις περισσότερες «σκοτεινές» αίθουσες. Πιο συγκεκριμένα, οι χώροι 306, 306B, 307 και 308, παρότι θα μπορούσαν να έχουν μεγάλη δυνατότητα εξοικονόμησης, έχουν σφραγισμένα παράθυρα, καθώς είναι απαραίτητη η πλήρης απουσία φυσικού φωτισμού για τη διεξαγωγή συγκεκριμένων πειραμάτων. Τέλος, δεν υπολογίστηκε εξοικονόμηση ενέργειας για τους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού των χώρων 301B και 302, καθώς κρίθηκε απαραίτητη η λειτουργία τους σε πλήρη ένταση.

### 7.3 Συνολική ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Β συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στον πίνακα που ακολουθεί συγκρίνονται οι τρεις καταστάσεις (υφιστάμενη – Σενάριο Α – Σενάριο Β). Σε αυτόν καταγράφονται ανά όροφο οι τιμές της εγκατεστημένης / ισοδύναμης ισχύος και της κατανομής ισχύος και για τις τρεις καταστάσεις.

Τμήμα	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Υπάρχουσα κατάσταση		Σενάριο Α		Σενάριο Β	
		P <sub>εγκ,υπ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	P <sub>εγκ,πρ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	P <sub>ισ,πρ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
Υπόγειο	278	4.275	14,96	1.715	6,17	1.715	6,17
Ισόγειο	1475	17.885	12,12	9.847	6,67	7.811	5,30
Α Όροφος	903	9.718	10,77	5.819	6,45	3.564	3,98
Β Όροφος	1290	20.760	16,09	8.951	6,94	6.005	4,66
Γ Όροφος	1305	17.515	13,42	8.090	6,20	5.637	4,32
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5251</b>	<b>70.153</b>	<b>13,36</b>	<b>34.422</b>	<b>6,56</b>	<b>24.733</b>	<b>4,71</b>

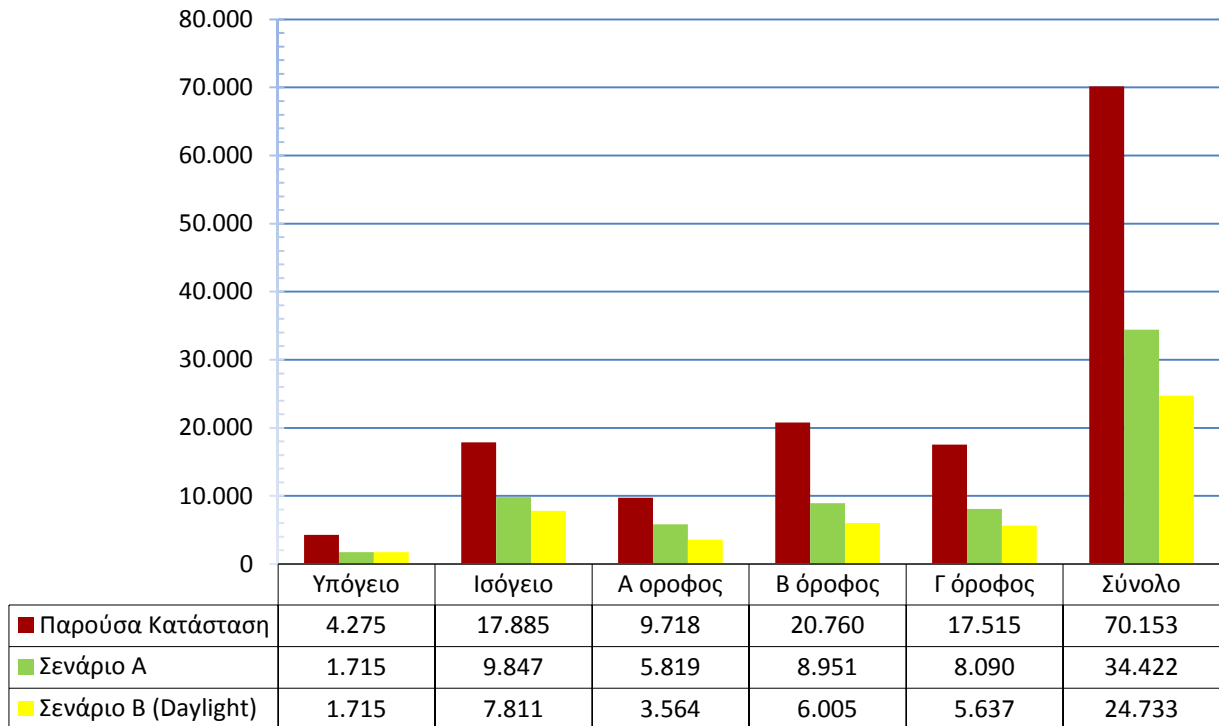
Πίνακας 7.7: Σύγκριση ισχύος και κατανομής ισχύος υπάρχουσας και προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης με την προτεινόμενη στο Σενάριο Β κατάσταση

Με την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 64,74% (45,42kW) σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού, ενώ η κατανομή ισχύος μειώνεται δραστικά από  $13,36W/m^2$  σε  $4,72W/m^2$ . Και σε σχέση με το Σενάριο Α τα ποσά εξοικονόμησης δεν είναι αμελητέα. Αντιθέτως μειώνεται η κατανομή ισχύος σχεδόν κατά  $2W/m^2$ , από  $6,56W/m^2$  σε  $4,71W/m^2$ . Ακόμη επιτυγχάνεται μια διαφορά μεταξύ της εγκατεστημένης ισχύος του Σεναρίου Α και της ισοδύναμης ισχύος του Σεναρίου Β της τάξης των 10kW (9.664W για την ακρίβεια), από 34.422W σε 24.758W, ποσοστό 28,08%.

Τα παραπάνω συμπεράσματα συνοψίζονται γραφικά στο διάγραμμα που ακολουθεί:

Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

**Εγκατεστημένη Ισχύς Υφιστάμενης κατάστασης,  
Σεναρίου Α και Ισοδύναμη Ισχύς Σεναρίου Β**



**Σχήμα 7.1:** Συγκριτικό διάγραμμα της εγκατεστημένης ισχύος της παρούσας κατάστασης και της προτεινόμενης στο Σενάριο Α με την ισοδύναμη ισχύ του Σεναρίου Β, ανά όροφο και στο σύνολο



## Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>

### Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται μια περαιτέρω αξιοποίηση των αυτοματισμών ελέγχου ενός συστήματος φωτισμού και προτείνεται μια βελτιωμένη –όσον αφορά την ενεργειακή εξοικονόμηση– εκδοχή του Σεναρίου Β. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η εγκατάσταση ανιχνευτών κίνησης σε χώρους, στους οποίους είναι ενεργειακά αποτελεσματική, υπολογίζονται τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη και επιχειρείται σύγκριση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, το Σενάριο Α και το Σενάριο Β.

#### 8.1 Εισαγωγή

Η χρήση ανιχνευτών παρουσίας ή κίνησης συνιστούν μια στρατηγική ελέγχου μη προβλεπόμενου προγραμματισμού. Συστήνεται σε χώρους όπου η ανθρώπινη παρουσία είναι μικρής διάρκειας, όπως WC, διαδρόμους, αποθηκευτικούς χώρους και χώρους φωτοτυπικών μηχανημάτων. Παρατηρείται, δε, πολλές φορές το φαινόμενο οι χρήστες να «ξεχνούν» το σύστημα φωτισμού ενεργοποιημένο στους χώρους αυτούς, ακόμη και όταν δεν υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα σε αυτούς, με αποτέλεσμα να κατασπαταλώνονται σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας.

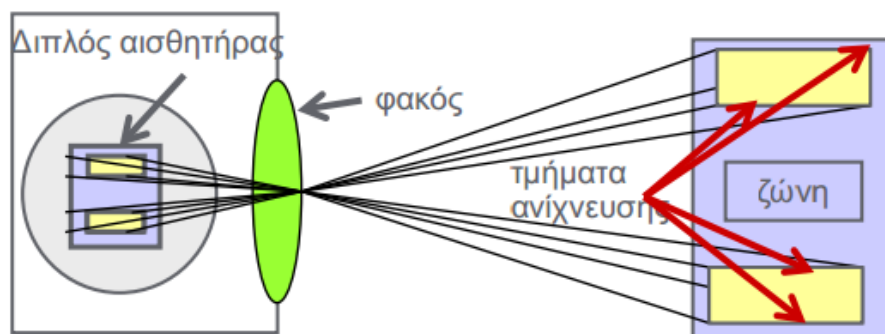
Οι σύγχρονοι ανιχνευτές κίνησης συνδυάζουν δύο τεχνολογίες, καθώς έχουν τμήμα ανίχνευσης κίνησης και τμήμα ανίχνευσης φωτεινότητας. Το πρώτο βασίζεται στην τεχνολογία της υπέρυθρης ακτινοβολίας (PIR) και με τη βοήθεια ενός αισθητήρα ανιχνεύεται η κίνηση σε μια ορισμένη ζώνη ανίχνευσης. Ο αισθητήρας υπέρυθρων μετράει την υπέρυθρη ακτινοβολία (IR) που εκπέμπεται από τα αντικείμενα και τους τοίχους που βρίσκονται εντός της ζώνης ευαισθησίας του χωρίς την παρουσία ανθρώπων και ανιχνεύει κίνηση όταν μια πηγή υπέρυθρων με άλλη θερμοκρασία, όπως ο άνθρωπος, περνάει μέσα στη ζώνη ευαισθησίας. Το τμήμα ανίχνευσης έντασης φωτισμού βασίζεται σε φωτοδίοδο και μια κάρτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB) και συγκρίνει τα επίπεδα του φυσικού φωτισμού με ένα προκαθορισμένο ελάχιστο επίπεδο. Έτσι, όταν σε ένα χώρο ανιχνεύεται κίνηση, ενώ παράλληλα ο φυσικός φωτισμός είναι κάτω από το όριο, ενεργοποιείται αυτόματα το σύστημα φωτισμού για καθορισμένη χρονική περίοδο. [56]

Οι σύγχρονοι ανιχνευτές παρουσίας χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ακρίβεια όσον αφορά την ανίχνευση της κίνησης, ενώ συνδέονται παράλληλα και με το σύστημα εξαερισμού του χώρου. Η μεγαλύτερη ακρίβεια οφείλεται σε έναν φακό ακριβείας, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει πολύ μικρές κινήσεις λίγων εκατοστών. Πιο συγκεκριμένα, ένας πολλαπλός φακός χωρίζει τη ζώνη ευαισθησίας

## Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

σε τμήματα, τα οποία συλλέγουν την ακτινοβολία στον αισθητήρα. Η διακύμανση της υπέρυθρης ακτινοβολίας σε ένα τμήμα διεγείρει την ανίχνευση κίνησης. Ο αριθμός των τμημάτων καθορίζει την ακρίβεια του ανιχνευτή. Όσο περισσότερα τμήματα υπάρχουν, τόσο μικρότερες είναι οι κινήσεις που θα ανιχνεύονται, γι' αυτό και ο ανιχνευτής παρουσίας που έχει πολλά τμήματα χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ακρίβεια, καθώς ακόμα και η μικρότερη κίνηση θα προκαλέσει μια αλλαγή στα τμήματα και θα ανιχνευθεί η παρουσία. [56]

Η τεχνολογία PIR ή Παθητικής Υπέρυθρης Ακτινοβολίας, σημαίνει ότι η συσκευή δεν εκπέμπει ακτίνα υπέρυθρων αλλά απλά λαμβάνει την εισερχόμενη ακτινοβολία, παθητικά. Ακόμη, ζώα και θερμά αντικείμενα, όπως αυτοκίνητα, τα οποία κινούνται, ανιχνεύονται, ενώ αντίθετα ένα αντικείμενο που θερμαίνεται χωρίς να κινείται δεν ανιχνεύεται, όπως για παράδειγμα μια συσκευή θέρμανσης. Τέλος, το επίπεδο ευαισθησίας μπορεί να επηρεαστεί αν η θερμοκρασία περιβάλλοντος πλησιάζει αυτήν του ανθρώπινου σώματος. [56]



**Σχήμα 8.1:** Αρχή λειτουργίας του τμήματος ανίχνευσης κίνησης  
[Πηγή: Ανίχνευση κίνησης & παρουσίας, Κέντρο εκπαίδευσης ISC]

Το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με τη χρήση ανιχνευτών κίνησης ή παρουσίας εξαρτάται από το είδος του χώρου, όπως φανερώνεται και στον Πίνακα 2.. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση γίνεται στους χώρους που προαναφέρθηκαν και μπορεί να φτάσει έως και 90% στα WC. Στις μελέτες φωτισμού, όμως, θεωρείται – κατά σύμβαση – πως η εξοικονομούμενη ηλεκτρική ενέργεια ισούται με το 30% της εγκατεστημένης.

Η γωνία ανίχνευσης των ανιχνευτών κίνησης ή παρουσίας ποικίλλει και κυμαίνεται από λίγες μοίρες ( $50 - 70^\circ$ ) μέχρι  $360^\circ$ . Μπορούν να τοποθετηθούν στον τοίχο ή στην οροφή ενός χώρου και η ακτίνα της ζώνης ανίχνευσης εξαρτάται από το ύψος, στο οποίο τοποθετούνται. Η επιλογή του κατάλληλου ανιχνευτή για ένα χώρο εξαρτάται, επίσης, από την ικανότητα του αισθητήρα φωτεινότητας, από τους τύπους λαμπτήρων που μπορούν να συνδεθούν και την ονομαστική ισχύ τους, καθώς επίσης και από το εύρος ρύθμισης χρόνου του εσωτερικού χρονικού και τη δυνατότητα μείωσης της γωνίας ανίχνευσης αν είναι απαραίτητο. [56]

Όσον αφορά την εγκατάσταση, η καλύτερη ανίχνευση κίνησης γίνεται αν ο ανιχνευτής τοποθετείται πλευρικά αναφορικά με την εμβέλεια ανίχνευσης (κινήσεις κάθετες στα τμήματα της ζώνης ανίχνευσης), καθώς έτσι οι ζώνες διασχίζονται κατά το δυνατό κάθετα. Αντίθετα, η εγκατάσταση σε σημεία όπου τα αντικείμενα που ανιχνεύονται κινούνται ευθεία προς τον ανιχνευτή κίνησης μειώνει σημαντικά την εμβέλεια. [56]

## Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

Οι ανιχνευτές δεν πρέπει να τοποθετούνται απέναντι από παράθυρα, ενώ θα πρέπει να προστατεύονται από παρεμβολές από ισχυρές εξωτερικές πηγές υπερύθρων, όπως είναι τα φώτα ενός οχήματος. Δεν πρέπει να τοποθετούνται κοντά σε κλιματιστικά, λόγω των διαταραχών εξαιτίας ζεστού ή ψυχρού αέρα που φυσάει προς τον ανιχνευτή. Ο αέρας στο πλαστικό κάλυμμα μπορεί να αλλάξει τη θερμοκρασία του πλαστικού αρκετά για να προκαλέσει εσφαλμένα σήματα. Πρέπει ακόμη να μην τοποθετούνται κοντά σε πηγές που είναι πολύ θερμές, ενώ η παρουσία άλλων κυκλωμάτων φωτισμού θα μπορούσαν να αποτρέψουν την ανίχνευση του σωστού επιπέδου φωτεινότητας, αφού οι ανιχνευτές κίνησης ανιχνεύουν επίσης το επίπεδο φωτεινότητας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται, τέλος, στο να μην καλυφθεί το τμήμα του ανιχνευτή φωτεινότητας. [56]

Στην παρούσα πρόταση αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού χρησιμοποιήθηκε μόνο ένας τύπος ανιχνευτών κίνησης, ο ανιχνευτής κίνησης PLEKO της Legrand με γωνία ανίχνευσης 360<sup>ο</sup> και μέγιστη ακτίνα ελέγχου 12m. Η επιλογή αυτή έγινε λόγω του χαμηλού κόστους του συγκεκριμένου ανιχνευτή, οπότε θεωρήθηκε σκόπιμο για λόγους ευκολότερης εγκατάστασης και συντήρησης να χρησιμοποιηθεί μόνο ο συγκεκριμένος τύπος ανιχνευτή. Αν ζητούμενο ήταν η μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, οπότε το κόστος των ανιχνευτών θα ανέβαινε αισθητά, θα ήταν πιο φρόνιμο να χρησιμοποιηθούν δύο είδη ανιχνευτών κίνησης, ούτως ώστε να περιοριστεί το κόστος αγοράς.

Για το λόγο αυτό μελετήθηκε –σε θεωρητικό επίπεδο– και η περίπτωση εγκατάστασης δύο διαφορετικών τύπων ανιχνευτών. Για τους μεγάλους χώρους, όπως χώροι κίνησης και αποθήκες θα επιλέγονταν ανιχνευτές κίνησης οροφής με γωνία ανίχνευσης 360<sup>ο</sup>, ενώ για μικρότερους χώρους, όπως τα WC, θα επιλέγονταν επιτοίχιοι ανιχνευτές κίνησης με γωνία ανίχνευσης <180<sup>ο</sup>, καθώς δεν είναι απαραίτητη μεγαλύτερη γωνία ανίχνευσης στους χώρους αυτούς. Ο υπολογισμός του αριθμού των ανιχνευτών κίνησης σε μεγάλους χώρους που απαιτούνται περισσότεροι του ενός, όπως στους διαδρόμους, έγινε με βάση τη μέγιστη εμβέλεια των ανιχνευτών. Ο αριθμός των δυο διαφορετικών τύπων ανιχνευτών ανά όροφο και στο σύνολο καταγράφεται στον ακόλουθο πίνακα:

Τμήμα κτηρίου	Γωνία ανίχνευσης <180 <sup>ο</sup>	Γωνία ανίχνευσης 360 <sup>ο</sup>
Υπόγειο	6	4
Ισόγειο	9	9
1 <sup>ος</sup> όροφος	6	7
2 <sup>ος</sup> όροφος	8	9
3 <sup>ος</sup> όροφος	14	9
<b>Σύνολο</b>	<b>43</b>	<b>38</b>

Πίνακας 8.1: Αριθμός ανιχνευτών κίνησης ανά τύπο για κάθε όροφο και στο σύνολο

## 8.2 Ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος τεχνητού φωτισμού

Το Σενάριο B1 αποτελεί, όπως προαναφέρθηκε, μια αναβαθμισμένη εκδοχή του Σεναρίου Β. Στην προτεινόμενη κατάσταση με αισθητήρες φωτισμού έχουν, δηλαδή, προστεθεί ανιχνευτές κίνησης στους χώρους που κρίθηκε απαραίτητο. Ως αποτέλεσμα, η ισοδύναμη ισχύς των χώρων του Σεναρίου B1 θα ισούται με την ισοδύναμη ισχύ των χώρων του Σεναρίου Β, μειωμένη κατά 30% στους χώρους, όπου προτείνεται η εγκατάσταση των ανιχνευτών κίνησης. Στους πίνακες που ακολουθούν καταγράφονται ανά όροφο, η ύπαρξη ή όχι αισθητήρων, το πλήθος τους, καθώς και η ισοδύναμη ισχύς, με δεδομένη τη μείωσή της κατά 30% σε σχέση με αυτή του Σεναρίου Β ή του Σεναρίου Α στην περίπτωση του Υπογείου, στους χώρους που προτείνεται εγκατάστασή τους.

Γίνεται, τέλος, διαχωρισμός όσον αφορά τον τύπο των χρησιμοποιούμενων ανιχνευτών κίνησης. Με «\*» καταγράφονται οι ανιχνευτές κίνησης με μικρή γωνία ανίχνευσης, ενώ με «-» καταγράφονται οι ανιχνευτές κίνησης με γωνία ανίχνευσης 360<sup>ο</sup>.

### 8.2.1 Υπόγειο

Χώρος	χώρος με αισθητήρα	πλήθος αισθητήρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	Κατανάλωση ενέργειας %	Ισοδύναμη Ισχύς (W)	Διαφορά με εγκατεστημένη ισχύ Σεναρίου Α (W)
ΘΕΟ-Υ01			0	100	680	0
ΘΕΟ-Υ02Α			0	100	113	0
ΘΕΟ-Υ02Β			0	100	113	0
ΘΕΟ-Υ05	*	1	30	70	42	-18
	*	5	30	70	159	-68
ΘΕΟ-Υ06Α	-	2	30	70	103	-44
ΘΕΟ-Υ06Β	-	2	30	70	159	-68
ΘΕΟ-Υ08			0	100	147	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>10</b>			<b>1.517</b>	<b>Μείωση: 198</b>

Πίνακας 8.2: Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος φωτισμού του υπογείου

Αν γινόταν διαχωρισμός, από τους 10 ανιχνευτές κίνησης, οι 6 θα είχαν μικρή γωνία ανίχνευσης και οι υπόλοιποι 4 μεγάλη.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με το προτεινόμενο στο Σενάριο Α σύστημα τεχνητού φωτισμού είναι σημαντική, καθώς η ισοδύναμη ηλεκτρική ισχύς είναι μειωμένη σε σχέση με την προτεινόμενη εγκατεστημένη ισχύ κατά 198W (ποσοστό 11,56%). Η μείωση σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση είναι εντυπωσιακή, καθώς εξοικονομούνται 2.758W ηλεκτρικής ισχύος ή ποσοστό 64,52%. Η κατανομή ισχύος μειώνεται σε 5,31W/m<sup>2</sup>.

Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

### 8.2.2 Ισόγειο

Χώρος	χώρος με αισθητήρα	πλήθος αισθητήρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	Κατανάλωση ενέργειας (%)	Ισοδύναμη Ισχύς (W)	Διαφορά με ισοδύναμη ισχύ Σεναρίου Β (W)
ΘΕΟ-001			0	100	11	0
ΘΕΟ-002			0	100	227	0
ΘΕΟ-003			0	100	373	0
ΘΕΟ-004			0	100	8	0
ΘΕΟ-005			0	100	434	0
ΘΕΟ-006			0	100	680	0
ΘΕΟ-007			0	100	100	0
ΘΕΟ-008			0	100	227	0
ΘΕΟ-008 <sup>A</sup>			0	100	44	0
ΘΕΟ-009			0	100	103	0
ΘΕΟ-010			0	100	99	0
ΘΕΟ-011			0	100	94	0
ΘΕΟ-012			0	100	145	0
ΘΕΟ-013			0	100	99	0
ΘΕΟ-017			0	100	131	0
ΘΕΟ-018Α			0	100	39	0
ΘΕΟ-018Β			0	100	33	0
ΘΕΟ-018Γ			0	100	59	0
ΘΕΟ-019			0	100	459	0
ΘΕΟ-019Β			0	100	74	0
ΘΕΟ-020			0	100	567	0
ΘΕΟ-021			0	100	340	0
ΘΕΟ-023			0	100	567	0
ΘΕΟ-023 <sup>A</sup>			0	100	198	0
ΘΕΟ-023Β			0	100	120	0
ΘΕΟ-024	*	2	30	70	16	-7
	*	1	30	70	32	-14
ΘΕΟ-025	*	2	30	70	16	-7
	*	1	30	70	32	-14
ΘΕΟ-026	*	1	30	70	11	0
ΘΕΟ-027	*	1	30	70	16	0
ΘΕΟ-028	*	1	30	70	14	-6
ΘΕΟ-029			0	100	59	0
ΘΕΟ-030			0	100	34	0
ΘΕΟ-031			0	100	40	0
ΘΕΟ-033	—	3	30	70	794	-340
ΘΕΟ-033Α	—	1	30	70	24	-10

Πίνακας 8.3: Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο Β1 συστήματος φωτισμού του ισόγειου

Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

Χώρος	χώρος με αισθητήρα	πλήθος αισθητήρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	Κατανάλωση ενέργειας (%)	Ισοδύναμη Ισχύς (W)	Διαφορά με ισοδύναμη ισχύ Σεναρίου B (W)
ΘΕΟ-033B	—	2	30	70	318	-136
ΘΕΟ-034	—	2	30	70	154	-66
ΘΕΟ-035			0	100	74	0
ΘΕΟ-036			0	100	15	0
ΘΕΟ-037			0	100	74	0
ΘΕΟ-038			0	100	15	0
ΘΕΟ-041			0	100	147	0
ΘΕΟ-042			0	100	15	0
ΘΕΟ-043	—	1	30	70	51	-22
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>18</b>			<b>7.179</b>	<b>Μείωση: 633</b>

**Πίνακας 8.3 (Συνέχεια):** Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος φωτισμού του ισογείου

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την προτεινόμενη στο Σενάριο B κατάσταση φωτισμού είναι σημαντική, καθώς η ισοδύναμη ηλεκτρική ισχύς του παρόντος Σεναρίου είναι μικρότερη σε σχέση με του Σεναρίου B κατά 633W ή ποσοστό 8,90%. Σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση εξοικονομούνται 10.706W ηλεκτρικής ισχύος, επιτυγχάνεται, δηλαδή, μείωση σε ποσοστό 59,86%. Η κατανομή ισχύος μειώνεται σε 4,87W/m<sup>2</sup>.

Σε θεωρητικό επίπεδο, από τους 18 ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται συνολικά στο Ισόγειο, οι 9 θα είχαν μικρή γωνία ανίχνευσης και οι υπόλοιποι 9 μεγάλη.

### 8.2.3 1<sup>ο</sup> όροφος

Χώρος	χώρος με αισθητήρα	πλήθος αισθητήρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	Κατανάλωση ενέργειας (%)	Ισοδύναμη Ισχύς (W)	Διαφορά με ισοδύναμη ισχύ Σεναρίου Β (W)
ΘΕΟ-101			0	100	152	0
ΘΕΟ-102			0	100	83	0
ΘΕΟ-103			0	100	93	0
ΘΕΟ-104			0	100	89	0
ΘΕΟ-105A			0	100	122	0
ΘΕΟ-105B			0	100	16	0
ΘΕΟ-106			0	100	93	0
ΘΕΟ-107			0	100	151	0
ΘΕΟ-108			0	100	74	0
ΘΕΟ-109			0	100	147	0
ΘΕΟ-110			0	100	314	0
ΘΕΟ-111			0	100	912	0
ΘΕΟ-112			0	100	150	0
ΘΕΟ-113			0	100	140	0
ΘΕΟ-114			0	100	235	0
ΘΕΟ-115	*	4	30	70	53	-23
ΘΕΟ-116	*	2	30	70	32	-14
ΘΕΟ-117	—	2	30	70	103	-44
ΘΕΟ-118A	—	3	30	70	39	-17
ΘΕΟ-118B	—	2	30	70	122	-52
ΘΕΟ-119			0	100	147	0
ΘΕΟ-120			0	100	147	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>13</b>			<b>3.415</b>	<b>Μείωση: 149</b>

Πίνακας 8.4: Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος φωτισμού του 1<sup>ου</sup> ορόφου

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την προτεινόμενη στο Σενάριο Β κατάσταση φωτισμού δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Η ισοδύναμη ηλεκτρική ισχύς του Σεναρίου Β1 είναι μικρότερη σε σχέση με του Σεναρίου Β κατά 149W ή ποσοστό 4,19%. Σε σύγκριση με την υπάρχουσα κατάσταση εξοικονομούνται 6.303W ηλεκτρικής ισχύος, επιτυγχάνεται, δηλαδή, μείωση σε ποσοστό 64,86, ενώ η κατανομή ισχύος μειώνεται σε μόλις 3,78W/m<sup>2</sup>.

Από τους 13 συνολικά ανιχνευτές του 1<sup>ου</sup> ορόφου, οι 6 θα είχαν μικρή γωνία ανίχνευσης και οι υπόλοιποι 7 μεγάλη.

Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

### 8.2.4 2<sup>ος</sup> όροφος

Χώρος	χώρος με αισθητήρα	πλήθος αισθητήρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	Κατανάλωση ενέργειας (%)	Ισοδύναμη Ισχύς (W)	Διαφορά με ισοδύναμη ισχύ Σεναρίου B (W)
ΘΕΟ-201			0	100	601	0
ΘΕΟ-202			0	100	623	0
ΘΕΟ-203			0	100	471	0
ΘΕΟ-204			0	100	74	0
ΘΕΟ-205A			0	100	83	0
ΘΕΟ-205B			0	100	121	0
ΘΕΟ-206			0	100	52	0
ΘΕΟ-207			0	100	39	0
ΘΕΟ-208			0	100	33	0
ΘΕΟ-209			0	100	38	0
ΘΕΟ-210			0	100	35	0
ΘΕΟ-211			0	100	38	0
ΘΕΟ-212			0	100	32	0
ΘΕΟ-213			0	100	38	0
ΘΕΟ-214			0	100	34	0
ΘΕΟ-215			0	100	38	0
ΘΕΟ-216			0	100	34	0
ΘΕΟ-217			0	100	38	0
ΘΕΟ-218			0	100	34	0
ΘΕΟ-219			0	100	41	0
ΘΕΟ-220			0	100	67	0
ΘΕΟ-221			0	100	37	0
ΘΕΟ-222	*	1	30	70	41	-18
ΘΕΟ-223			0	100	44	0
ΘΕΟ-224			0	100	141	0
ΘΕΟ-225			0	100	59	0
ΘΕΟ-225B			0	100	65	0
ΘΕΟ-225Γ			0	100	62	0
ΘΕΟ-225Δ			0	100	241	0
ΘΕΟ-226,Β			0	100	375	0
ΘΕΟ-226Γ			0	100	567	0
ΘΕΟ-227	*	1	30	70	31	-13
ΘΕΟ-228	*	1	30	70	31	-13
ΘΕΟ-229	*	2	30	70	52	-22
ΘΕΟ-230	*	3	30	70	33	-14
ΘΕΟ-231	—	1	30	70	79	-34

Πίνακας 8.5: Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> ορόφου



Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

Χώρος	χώρος με αισθητήρα	πλήθος αισθητήρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	Κατανάλωση ενέργειας (%)	Ισοδύναμη Ισχύς (W)	Διαφορά με ισοδύναμη ισχύ Σεναρίου Β (W)
ΘΕΟ-232Α	—	1	30	70	19	-8
ΘΕΟ-232Β	—	1	30	70	23	-10
ΘΕΟ-233	—	2	30	70	206	-88
ΘΕΟ-234Α	—	1	30	70	17	-7
ΘΕΟ-234Β	—	1	30	70	11	-5
ΘΕΟ-235	—	2	30	70	82	-35
ΘΕΟ-236			0	100	147	0
ΘΕΟ-237			0	100	147	0
ΘΕΟ-240			0	100	662	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>17</b>			<b>5.737</b>	<b>Μείωση: 268</b>

**Πίνακας 8.5 (Συνέχεια):** Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος φωτισμού του 2<sup>ου</sup> ορόφου

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την προτεινόμενη στο Σενάριο Β κατάσταση φωτισμού δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Η ισοδύναμη ηλεκτρική ισχύς του Σεναρίου Β1 είναι μικρότερη σε σχέση με του Σεναρίου Β κατά 149W ή ποσοστό 4,19%. Σε σύγκριση με την υπάρχουσα κατάσταση εξοικονομούνται 6.303W ηλεκτρικής ισχύος, επιτυγχάνεται, δηλαδή, μείωση σε ποσοστό 64,86, ενώ η κατανομή ισχύος μειώνεται σε μόλις 3,78W/m<sup>2</sup>.

Με βάση το θεωρητικό διαχωρισμό, από τους 17 ανιχνευτές κίνησης που χρησιμοποιούνται συνολικά στο 2<sup>ο</sup> όροφο, οι 8 θα έπρεπε να έχουν μικρή γωνία ανίχνευσης και οι 9 μεγάλη.

### 8.2.5 3<sup>ο</sup> όροφος

Χώρος	χώρος με αισθητήρα	πλήθος αισθητήρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	Κατανάλωση ενέργειας (%)	Ισοδύναμη Ισχύς (W)	Διαφορά με ισοδύναμη ισχύ Σεναρίου B (W)
ΘΕΟ-301			0	100	113	0
ΘΕΟ-301B			0	100	71	0
ΘΕΟ-301Γ			0	100	43	0
ΘΕΟ-301Δ			0	100	74	0
ΘΕΟ-302			0	100	137	0
ΘΕΟ-303			0	100	412	0
ΘΕΟ-304	*	2	30	70	42	-18
ΘΕΟ-304B			0	100	44	0
ΘΕΟ-305			0	100	44	0
ΘΕΟ-305B			0	100	53	0
ΘΕΟ-306			0	100	336	0
ΘΕΟ-306B			0	100	227	0
ΘΕΟ-307			0	100	1344	0
ΘΕΟ-308	–	2	30	70	114	-49
ΘΕΟ-309			0	100	40	0
ΘΕΟ-310			0	100	1388	0
ΘΕΟ-310B	*	1	30	70	79	-34
ΘΕΟ-310Γ	*	1	30	70	31	-13
ΘΕΟ-311	*	1	30	70	21	-9
ΘΕΟ-311Δ			0	100	18	0
ΘΕΟ-312	*	1	30	70	21	-9
ΘΕΟ-313			0	100	19	0
ΘΕΟ-314			0	100	15	0
ΘΕΟ-315	–	1	30	70	82	-35
ΘΕΟ-316	–	3	30	70	63	-27
ΘΕΟ-316A	–	1	30	70	17	-7
ΘΕΟ-317	–	2	30	70	82	-35
ΘΕΟ-318	*	2	30	70	32	-14
ΘΕΟ-319	*	2	30	70	32	-14
ΘΕΟ-320	*	2	30	70	32	-14
ΘΕΟ-321	*	2	30	70	32	-14
ΘΕΟ-322			0	100	147	0
ΘΕΟ-323			0	100	147	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>23</b>			<b>5.348 W</b>	<b>Μείωση: 290</b>

Πίνακας 8.6: Υπολογισμός ισοδύναμης ισχύος του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος φωτισμού του 3<sup>ου</sup> ορόφου

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την προτεινόμενη στο Σενάριο B κατάσταση φωτισμού δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Η ισοδύναμη ηλεκτρική ισχύς του Σεναρίου B1 είναι μικρότερη σε σχέση με του Σεναρίου B κατά 149W ή ποσοστό 4,19%. Σε σύγκριση με την υπάρχουσα κατάσταση εξοικονομούνται 6.303W

Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

ηλεκτρικής ισχύος, επιτυγχάνεται, δηλαδή, μείωση σε ποσοστό 64,86, ενώ η κατανομή ισχύος μειώνεται σε μόλις 3,78W/m<sup>2</sup>. Από τους 23 ανιχνευτές του 3<sup>ου</sup> ορόφου, οι 14 θα μπορούσαν να έχουν μικρή γωνία ανίχνευσης και οι 9 μεγάλη.

### 8.3 Συνολική ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος τεχνητού φωτισμού

Το Σενάριο B1 αποτελεί, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, μια βελτιωμένη εκδοχή του Σεναρίου B. Γι' αυτό επιχειρείται αρχικά σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση και την προτεινόμενη στο Σενάριο A κατάσταση φωτισμού και στη συνέχεια, σε ξεχωριστή υποενότητα σύγκριση με το Σενάριο B, ούτως ώστε να διαπιστωθούν τα ενεργειακά οφέλη από την εγκατάσταση ανιχνευτών κίνησης.

#### 8.3.1 Συνολική ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος τεχνητού φωτισμού – Σύγκριση με υφιστάμενη κατάσταση και Σενάριο A

Στον πίνακα που ακολουθεί συγκρίνεται το Σενάριο B1 με το Σενάριο A και την υφιστάμενη κατάσταση και καταγράφονται ανά όροφο οι τιμές της εγκατεστημένης / ισοδύναμης ισχύος και της κατανομής ισχύος και για τις τρεις καταστάσεις.

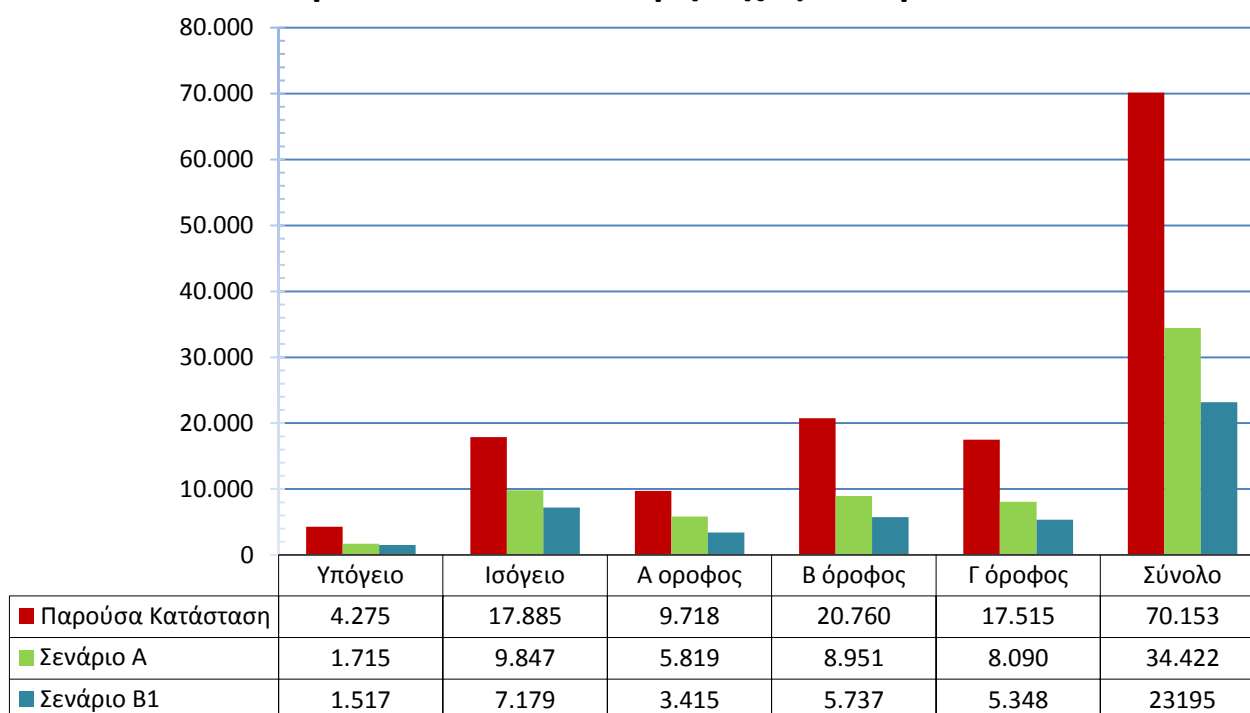
Τμήμα	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Υπάρχουσα κατάσταση		Σενάριο A		Σενάριο B1	
		P <sub>εγκ,υπ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	P <sub>εγκ,πρ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	P <sub>ισ,πρ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
Υπόγειο	278	4.275	14,96	1.715	6,17	1.517	5,46
Ισόγειο	1475	17.885	12,12	9.847	6,67	7.179	4,87
A Όροφος	903	9.718	10,77	5.819	6,45	3.415	3,78
B Όροφος	1290	20.760	16,09	8.951	6,94	5.737	4,45
Γ Όροφος	1305	17.515	13,42	8.090	6,20	5.348	4,10
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5251</b>	<b>70.153</b>	<b>13,36</b>	<b>34.422</b>	<b>6,56</b>	<b>23.195</b>	<b>4,42</b>

Πίνακας 8.7: Σύγκριση ισχύος και κατανομής ισχύος υπάρχουσας και προτεινόμενης στο Σενάριο A κατάστασης με την προτεινόμενη στο Σενάριο B1 κατάσταση

Με την ταυτόχρονη εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού και ανιχνευτών κίνησης επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 66,94% (46,96kW) σε σχέση με το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού, ενώ η κατανομή ισχύος μειώνεται από 13,36W/m<sup>2</sup> σε 4,42W/m<sup>2</sup>.

Σε σχέση με το Σενάριο A μειώνεται η κατανομή ισχύος από 6,56W/m<sup>2</sup> σε 4,42W/m<sup>2</sup>, ενώ επιτυγχάνεται μια διαφορά 11.227W μεταξύ της εγκατεστημένης ισχύος του Σεναρίου A και της ισοδύναμης ισχύος του Σεναρίου B1, από 34.422W σε 23.195W, ποσοστό 32,62%. Τα συμπεράσματα αυτά συνοψίζονται γραφικά στο διάγραμμα που ακολουθεί:

### Εγκατεστημένη Ισχύς Υφιστάμενης κατάστασης, Σεναρίου A και Ισοδύναμη Ισχύς Σεναρίου B1



Σχήμα 8.2: Συγκριτικό διάγραμμα της εγκατεστημένης ισχύος της παρούσας κατάστασης και της προτεινόμενης στο Σενάριο A με την ισοδύναμη ισχύ του Σεναρίου B1, ανά όροφο και συνολικά

### 8.3.2 Συνολική ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο B1 συστήματος τεχνητού φωτισμού – Σύγκριση με Σενάριο B

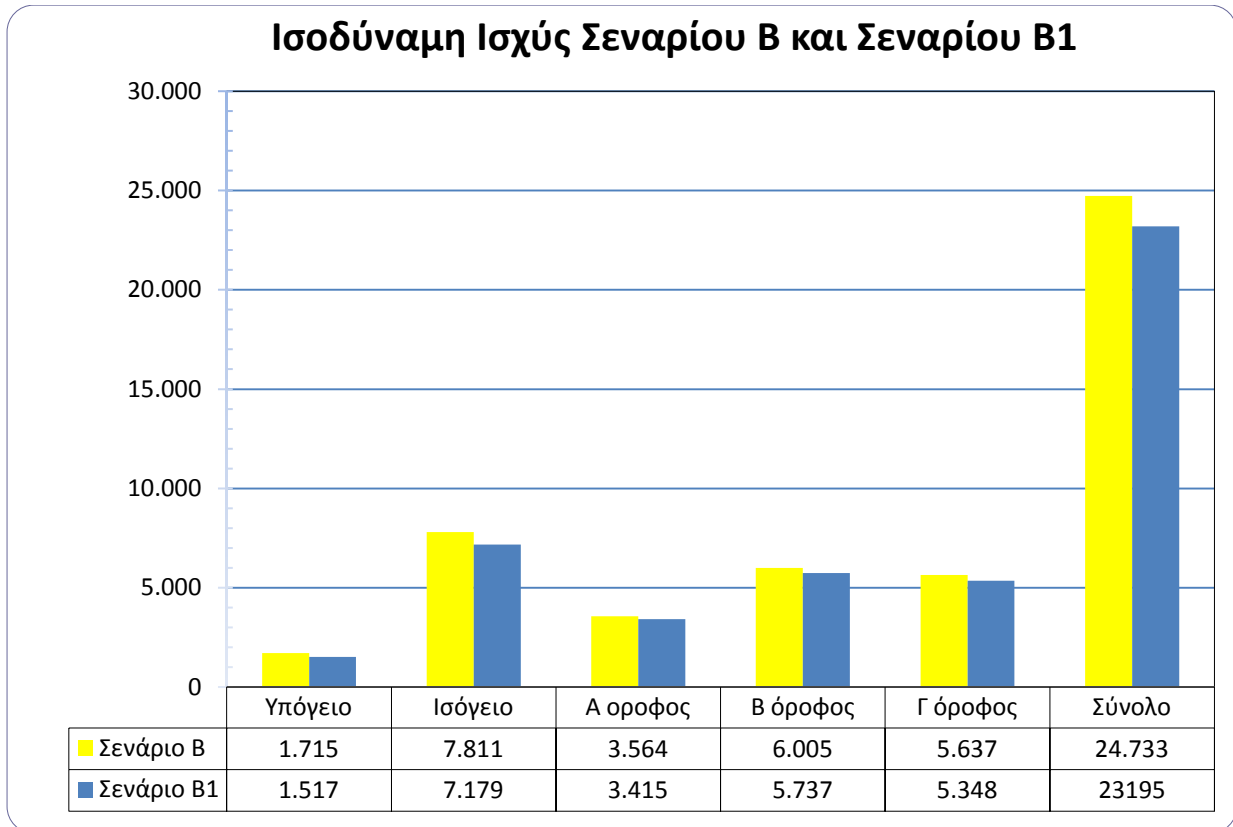
Στον επόμενο πίνακα επιχειρείται μια σύγκριση του Σενάριο B1 με το Σενάριο B και καταγράφονται ανά όροφο οι τιμές της ισοδύναμης ισχύος και της κατανομής ισχύος για τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις, ούτως ώστε να εκτιμηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας, αν στο περιγραφόμενο στο Σενάριο B σύστημα τεχνητού φωτισμού προστεθούν και οι ανιχνευτές κίνησης.

Τμήμα	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Σενάριο B		Σενάριο B1	
		P <sub>ισ,πρ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	P <sub>ισ,πρ</sub> (W)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )
Υπόγειο	278	1.715	6,17	1.517	5,46
Ισόγειο	1475	7.811	5,30	7.179	4,87
Α Όροφος	903	3.564	3,98	3.415	3,78
Β Όροφος	1290	6.005	4,66	5.737	4,45
Γ Όροφος	1305	5.637	4,32	5.348	4,10
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5251</b>	<b>24.733</b>	<b>4,71</b>	<b>23.195</b>	<b>4,42</b>

Πίνακας 8.8: Σύγκριση ισχύος και κατανομής ισχύος υπάρχουσας και προτεινόμενης στο Σενάριο A κατάστασης με την προτεινόμενη στο Σενάριο B1 κατάσταση

Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

Η κατανομή ισχύος μειώνεται κατά  $0,29\text{W/m}^2$  και η ισοδύναμη ισχύς κατά  $1.537\text{W}$ , οπότε προκύπτει μια αξιόλογη εξοικονόμηση. Προκύπτει έτσι μια εξοικονόμηση 6,21% σε σχέση με την προτεινόμενη κατάσταση φωτισμού στο Σενάριο B, η οποία απεικονίζεται γραφικά στο διάγραμμα που ακολουθεί:



**Σχήμα 8.3:** Συγκριτικό διάγραμμα ισοδύναμης ισχύος της προτεινόμενης κατάστασης στο Σεναρίου B και στο Σενάριο B1, ανά όροφο και συνολικά



## Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>

### Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

Το κεφάλαιο αυτό αναλύει την οικονομοτεχνική μελέτη των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων του συστήματος τεχνητού φωτισμού. Υπολογίζεται το κόστος εγκατάστασης του κάθε σεναρίου, καθώς και η ενέργεια που εξοικονομείται από τις τρεις προτάσεις αναβάθμισης σε σχέση τόσο με την υφιστάμενη κατάσταση όσο και μεταξύ τους. Για κάθε σενάριο υπολογίζεται, ακόμη, το ετήσιο χρηματικό όφελος (σε ευρώ), καθώς και η ηλεκτρική και η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού. Υπολογίζονται, τέλος, ο χρόνος απόσβεσης της κάθε επένδυσης, η ετήσια μείωση των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) καθώς και το πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή.

#### 9.1 Εισαγωγή

Το κόστος εγκατάστασης για κάθε προτεινόμενη κατάσταση υπολογίστηκε ως άθροισμα του κόστους αγοράς των απαιτούμενων συστημάτων φωτισμού, δηλαδή των φωτιστικών, των λαμπτήρων, των περσίδων, των αισθητήρων φωτισμού και των ανιχνευτών κίνησης και του κόστους των εργασιών που απαιτούνται για την υλοποίηση εκάστης εξ αυτών. Για να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης προτείνεται η τοποθέτηση των νέων φωτιστικών στις ήδη υπάρχουσες γραμμές, όπου αυτό καθίσταται εφικτό με βάση τη νέα μελέτη φωτισμού.

Για να υπολογιστεί η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας έγινε η παραδοχή ότι το εξεταζόμενο κτήριο είναι κτήριο γραφείων, καθώς αφενός οι περισσότεροι χώροι του είναι γραφεία και αφετέρου, μετά από πολλές επισκέψεις κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού, διαπιστώθηκε ότι η μεγάλη πλειοψηφία των χώρων λειτουργεί περίπου 8 με 10 ώρες καθημερινά. Όπως προαναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι χώροι ενός κτηρίου γραφείων λειτουργούν, σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία 20701-1/2010 του Τ.Ε.Ε., 12 μήνες το χρόνο, 5 ημέρες την εβδομάδα, 10 ώρες την ημέρα. Από τις συνολικά 2.600 ώρες λειτουργίας, οι 2.080 είναι ημερήσιες ώρες λειτουργίας και οι 520 νυχτερινές ώρες λειτουργίας, ώρες δηλαδή κατά τις οποίες δεν υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός. [55]

Το οικονομικό όφελος κάθε σεναρίου ανά έτος υπολογίστηκε με βάση την τιμή αγοράς της κιλοβατώρας. Τα κτήρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου τροφοδοτούνται από μια ανεξάρτητη γραμμή Μέσης Τάσης της Δ.Ε.Η., οπότε για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκε η τιμή αγοράς της kWh που αναγράφεται στο

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

τιμολόγιο Β2 της Δ.Ε.Η. (χωρίς να συνυπολογίζεται η χρέωση ισχύος, εφόσον η μέγιστη καταμετρηθείσα ζήτηση στη ζώνη αιχμής και η μέση τιμή του συντελεστή ισχύος του πελάτη ήταν άγνωστες), για τους καταναλωτές Μέσης Τάσης, η οποία αναλύεται στον ακόλουθο πίνακα. [57]

Είδος χρεώσεων	Τιμή
Ανταγωνιστικές Χρεώσεις	0,063880
Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	0,017900
Α.Π.Ε.	0,005350
Ε.Φ.Κ.	0,005000
Σύνολο χωρίς ΦΠΑ	0,092130
<b>Σύνολο με ΦΠΑ 11%</b>	<b>0,102264</b>

**Πίνακας 9.1:** Υπολογισμός τιμής kWh για καταναλωτές Μέσης Τάσης (κατηγορία Β2) χωρίς να συνυπολογίζεται η χρέωση ισχύος

[Πηγή: Τιμοκατάλογος ανταγωνιστικών & ρυθμιζόμενων χρεώσεων 2012, ΔΕΗ]

Με μια απλή διαίρεση του ετήσιου οικονομικού οφέλους με το κόστος εγκατάστασης κάθε σεναρίου, υπολογίστηκε ο χρόνος απόσβεσης για καθεμιά από τις τρεις προτεινόμενες καταστάσεις φωτισμού.

Η πρωτογενής ενέργεια ( $Q_{\text{πρωτ}}$ ) που καταναλώνεται για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας ( $E_{\text{ηλ}}$ ) υπολογίστηκε με διαίρεση της τελευταίας με το βαθμό απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής για περιοχές διασυνδεδεμένες σε ηπειρωτικό δίκτυο, ο οποίος ισούται με 0,37 ( $\eta_{\text{ηλ}}=0,37$ ). Προκύπτει, επομένως, η εξής μαθηματική σχέση υπολογισμού:

$$Q_{\text{πρωτ}} = E_{\text{ηλ}} / \eta_{\text{ηλ}}$$

Η παραγόμενη μάζα ρύπων CO<sub>2</sub> υπολογίστηκε με πολλαπλασιασμό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με το συντελεστή εκπομπής CO<sub>2</sub> των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής,  $F_{\text{σταθμού}}$ , ο οποίος ισούται με 0,85 kg CO<sub>2</sub>/kWh για περιοχές που είναι συνδεδεμένες στο ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο. Προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση υπολογισμού:

$$m_{\text{CO}_2} = E_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}}$$

Η ετήσια μείωση των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) υπολογίστηκε με αφαίρεση της παραγόμενης μάζας ρύπων CO<sub>2</sub> της προτεινόμενης κατάστασης από την παραγόμενη μάζα ρύπων CO<sub>2</sub> της υφιστάμενης κατάστασης. Υπολογίστηκε, ακόμη, ο αριθμός των δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση αυτή, με την υπόθεση ότι ένα μέσο δέντρο απορροφά περίπου 12kg CO<sub>2</sub> το χρόνο.

## 9.2 Οικονομικά στοιχεία για τον υπολογισμό του κόστους εγκατάστασης

Για τα φωτιστικά σώματα, τους λαμπτήρες, τις παραβολικές περσίδες και τους αισθητήρες φωτισμού εξετάστηκε η προσφορά της εταιρείας «Γαλλής – Φωτισμός Α.Ε.», καθώς η μελέτη φωτισμού έγινε με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά των σωμάτων φωτισμού της εν λόγω εταιρείας. Για τους ανιχνευτές κίνησης που



Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

υπολογίστηκαν ότι απαιτούνται για την υλοποίηση των προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού, λήφθηκαν οικονομικές προσφορές από εταιρείες εμπορίας ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Η πιο συμφέρουσα προσφορά ήταν της εταιρείας «Β. Καυκάς Α.Ε.». Τα στοιχεία των οικονομικών προσφορών καταγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Περιγραφή είδους	Τιμή (χωρίς ΦΠΑ) σε €	Τιμή (με ΦΠΑ 23%) σε €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14W μήκους 660mm. 4306	39,40	48,46
Παραβολική περσίδα 580mm. 4341	15,20	18,70
Λαμπτήρας φθορισμού TL5 14W/840. 549mm	2,50	3,08
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21W μήκους 960mm. 4308	47,25	58,12
Παραβολική περσίδα 880mm. 4342	16,65	20,48
Λαμπτήρας φθορισμού TL5 21W/840. 849mm	2,50	3,08
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28W μήκους 1260mm. 4310	56,25	69,19
Παραβολική περσίδα 1180mm. 4343	19,90	24,48
Λαμπτήρας φθορισμού TL5 28W/840. 1149mm	2,50	3,08
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35W μήκους 1560mm. 4312	64,15	78,90
Παραβολική περσίδα 1480mm 4344	23,40	28,78
Λαμπτήρας φθορισμού TL5 35W/840. 1449mm	2,50	3,08
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54W μήκους 1260mm. 4311	56,25	69,19
Παραβολική περσίδα 1180mm. 4343	19,90	24,48
Λαμπτήρας φθορισμού TL5 54W/840. 1149mm	2,50	3,08
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80W μήκους 1560mm. 4313	64,15	78,90
Παραβολική περσίδα 1480mm 4344	23,40	28,78
Λαμπτήρας φθορισμού TL5 80W/840. 1449mm	2,50	3,08
Αισθητήρας φωτισμού Tridonic	12,20	15,00
Ανιχνευτής Κίνησης 360° Plexo	18,55	22,82
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού Osram 15W	3,00	3,70
Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού Osram 15W	3,00	3,70

**Πίνακας 9.2:** Κόστος φωτιστικών σωμάτων, λαμπτήρων, παραβολικών περσίδων, αισθητήρων φωτισμού και ανιχνευτών κίνησης που προτείνεται να χρησιμοποιηθούν

Για τον υπολογισμό του κόστους εγκατάστασης πρέπει να συνυπολογιστεί και το κόστος των εργατωρών. Γίνεται η παραδοχή ότι τα ημερομίσθια του ηλεκτροτεχνίτη και του βοηθού του που θα αναλάβουν την εγκατάσταση των προτεινόμενων συστημάτων φωτισμού ανέρχεται σε 120€ για 8ωρο εργασίας ανά ημέρα και ότι μπορούν να εγκαταστήσουν περίπου 3 φωτιστικά σώματα και να εγκαταστήσουν και να ρυθμίσουν περίπου 3 αισθητήρες φωτισμού κάθε ώρα. Προκύπτει, επομένως, ότι το κόστος για την εργασία εγκατάστασης των φωτιστικών σωμάτων ανέρχεται σε 5€ ανά φωτιστικό, το ίδιο, δηλαδή, με το κόστος για την εργασία εγκατάστασης και ρύθμισης των αισθητήρων φωτισμού. Σημειώνεται ότι ο αριθμός των 3 φωτιστικών ανά ώρα αποτελεί έναν μετριοπαθή υπολογισμό και επομένως το κόστος των 5€ ανά φωτιστικό φαντάζει εκ πρώτης όψης αρκετά

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

υψηλό, αλλά είναι αρκετά κοντά στην πραγματικότητα, καθώς για την εγκατάσταση πολλών φωτιστικών θα απαιτηθούν επιπλέον υλικά καλωδίωσης και κρέμασης. Όσον αφορά τους ανιχνευτές κίνησης υπολογίζεται ότι ο ηλεκτροτεχνίτης και ο βοηθός τους μπορούν να εγκαταστήσουν περίπου 5 κάθε ώρα, οπότε το κόστος εγκατάστασης ανέρχεται σε 3€ ανά ανιχνευτή.

Τέλος, το επιπλέον κόστος των Electronic Dimmable Ballast (EDBs) που απαιτούνται ταυτόχρονα με τους αισθητήρες φωτισμού για τη ρύθμιση της φωτεινής έντασης των φωτιστικών ανάλογα με τη διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτισμού ανέρχεται σε 20€ πλέον του συμβατικού Electronic Ballast (EB) που φέρουν τα φωτιστικά σώματα, τα οποία προτείνονται στο Σενάριο Α. Προκύπτει επομένως ένα επιπλέον κόστος 35€ (20€ επιπλέον κόστος των dimmable ballasts και 15€ το επιπλέον κόστος του κάθε αισθητήρα φωτισμού) για κάθε φωτιστικό σώμα, στο οποίο τοποθετείται αισθητήρας φωτισμού.

Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζονται, με τη βοήθεια πινάκων, ανά όροφο και για τα 3 σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας το κόστος της κάθε αναβάθμισης, η καταναλισκόμενη ενέργεια, η εξοικονόμηση ενέργειας, το οικονομικό όφελος ανά έτος, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, η πρωτογενής ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή της καταναλισκόμενης ενέργειας και η μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> που επιτυγχάνεται, όπως και ο αριθμός δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση των ρύπων. Για κάθε όροφο, αλλά και για το σύνολο του κτηρίου, γίνεται μια διαγραμματική αναπαράσταση του αθροιστικού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας και με βάση το εκάστοτε διάγραμμα υπολογίζεται γραφικά και ο χρόνος απόσβεσης του κάθε σεναρίου.

Για το Σενάριο Α αναγράφεται στους πίνακες η εγκατεστημένη ισχύς. Για τα Σενάρια Β και Β1 αναγράφεται η ισοδύναμη ισχύς, η οποία αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο, με τα ίδια αποτελέσματα, με το προτεινόμενο σύστημα. Θα γίνεται εφεξής ο διαχωρισμός της προτεινόμενης εγκατεστημένης ισχύος ( $P_{εγκ,πρ}$ ) από την προτεινόμενη ισοδύναμη ισχύ ( $P_{ισ,πρ}$ ).

### 9.3 Υπόγειο

#### 9.3.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού / λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
4311-4343 Ikarus 2*54W	99,81	12	1198
4312-4344 Ikarus 2*35W	113,84	4	455
Osram E27 15 W	3,70	4	15
Κόστος εργασίας	5,00	16	80
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>1.748</b>

Πίνακας 9.3: Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας για το υπόγειο (Σενάριο Α)

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάσταση							
$P_{\text{εγκ,υπ}}$ (W)	$P_{\text{εγκ,πρ}}$ (W)	$E_{\text{υπ}}$ (kWh)	$E_{\text{πρ}}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
4275	1715	11115	4458	6657	681	1748	2,57

Πίνακας 9.4: Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το υπόγειο (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{\text{πρωτ,υπ}}$ (kWh)	$Q_{\text{πρωτ,πρ}}$ (kWh)	$\Delta Q_{\text{πρωτ}}$ (kWh)	$m_{\text{CO}_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{\text{CO}_2}$ προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	257
30041	12050	17991	9448	3790	5658	

Πίνακας 9.5: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το υπόγειο (Σενάριο Α),

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

### 9.3.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Στο υπόγειο δεν υπάρχουν χώροι με δυναμικό αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού, οπότε δεν μπορούσε –εκ των πραγμάτων– να πραγματοποιηθεί και πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

### 9.3.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο Β1)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάσταση			
Τύπος ανιχνευτή	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Ανιχνευτής κίνησης Plexo	22,82	10	228
Κόστος εργασίας	3,00	10	30
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>258</b>

Πίνακας 9.6: Ποσότητα και κόστος ανιχνευτών κίνησης & κόστος εργασίας για το υπόγειο (Σενάριο Β1)

Ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

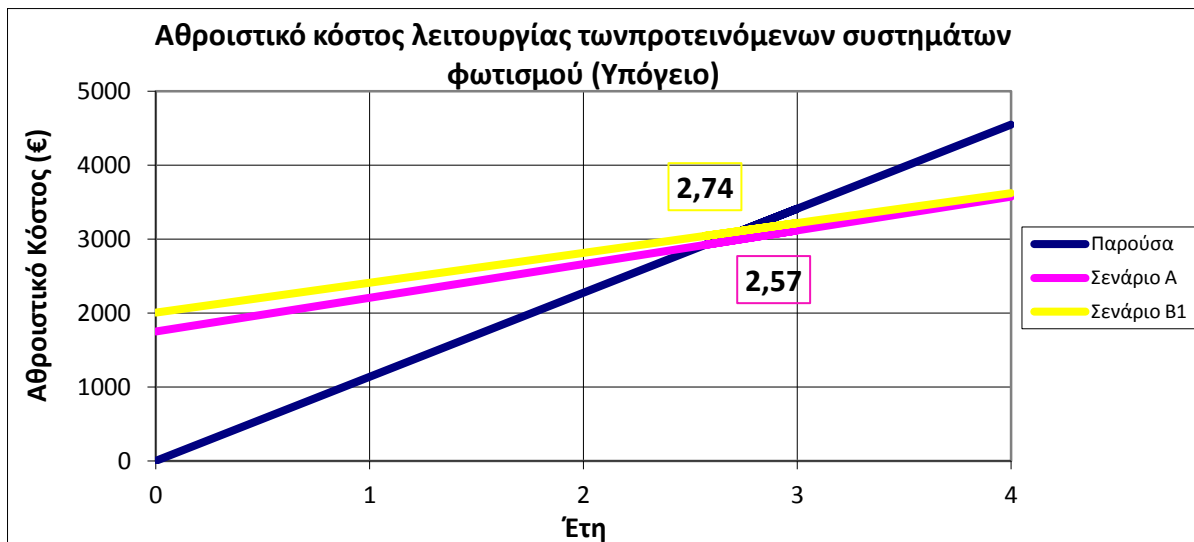
Σενάριο Β1 κατάστασης							
$P_{\text{εγκ,υπ}}$ (W)	$P_{\text{ισ,πρ}}$ (W)	$E_{\text{υπ}}$ (kWh)	$E_{\text{πρ}}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
4275	1517	11115	3943	7172	733	2006	<b>2,74</b>

Πίνακας 9.7: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το υπόγειο (Σενάριο Β1)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{\text{πρωτ,υπ}}$ (kWh)	$Q_{\text{πρωτ,πρ}}$ (kWh)	$\Delta Q_{\text{πρωτ}}$ (kWh)	$m_{\text{CO}_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{\text{CO}_2}$ προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	277
30041	10657	19383	9448	3352	6096	

Πίνακας 9.8: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το υπόγειο (Σενάριο Β1),

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή



Σχήμα 9.1: Διάγραμμα αθροιστικού κόστους λειτουργίας και υπολογισμός χρόνου απόσβεσης κάθε Σεναρίου για το υπόγειο

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

## 9.4 Ισόγειο

### 9.4.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού / λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
4308-4342 Ikarus 2*21W	84,75	2	170
4310-4343 Ikarus 2*28W	99,81	4	399
4311-4343 Ikarus 2*54W	99,81	71	7087
4312-4344 Ikarus 2*35W	113,84	17	1935
Osram E27 15 W	3,70	9	33
Osram E27 20 W	3,70	1	4
Κόστος εργασίας	5,00	94	470
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>10.098</b>

Πίνακας 9.9: Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας για το ισόγειο (Σενάριο Α)

Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης							
$P_{\text{εγκ,υπ}}$ (W)	$P_{\text{εγκ,πρ}}$ (W)	$E_{\text{υπ}}$ (kWh)	$E_{\text{πρ}}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
17885	9847	46501	25602	20899	2137	10098	4,72

Πίνακας 9.10: Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το ισόγειο (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{\text{πρωτ,υπ}}$ (kWh)	$Q_{\text{πρωτ,πρ}}$ (kWh)	$\Delta Q_{\text{πρωτ}}$ (kWh)	$m_{\text{CO}_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{\text{CO}_2}$ προτ./νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	807
125679	69194	56485	39526	21761	17764	

Πίνακας 9.11: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το ισόγειο (Σενάριο Α),

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

### 9.4.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Β κατάστασης			
Τύπος αισθητήρα	Κόστος (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Αισθητήρας φωτισμού Tridonic + EDB	35,00	45	1575
Κόστος εργασίας	5,00	45	225
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>1.800</b>

Πίνακας 9.12: Ποσότητα και κόστος αισθητήρων φωτισμού & EDB και κόστος εργασίας για το ισόγειο (Σενάριο Β)

Ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Β κατάστασης							
$P_{εγκ,υπ}$ (W)	$P_{ισ,πρ}$ (W)	$E_{υπ}$ (kWh)	$E_{πρ}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
17885	7811	46501	21368	25133	2570	11898	4,63

Πίνακας 9.13: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το ισόγειο (Σενάριο Β)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{πρωτ,υπ}$ (kWh)	$Q_{πρωτ,πρ}$ (kWh)	$\Delta Q_{πρωτ}$ (kWh)	$m_{CO_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{CO_2}$ προτ./νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	971
125679	57750	67928	39526	18163	21363	

Πίνακας 9.14: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το ισόγειο (Σενάριο Β)  
\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

### 9.4.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο Β1)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Ανιχνευτής κίνησης Plexo	22,82	18	411
Κόστος εργασίας	3,00	18	54
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>465</b>

Πίνακας 9.15: Ποσότητα και κόστος ανιχνευτών κίνησης & κόστος εργασίας για το ισόγειο (Σενάριο Β1)

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια A, B, B1)

Το επιπλέον κόστος για το Σενάριο B1 σε σχέση με το Σενάριο A είναι, επομένως,  $(465+1.800)€=2.265€$ .

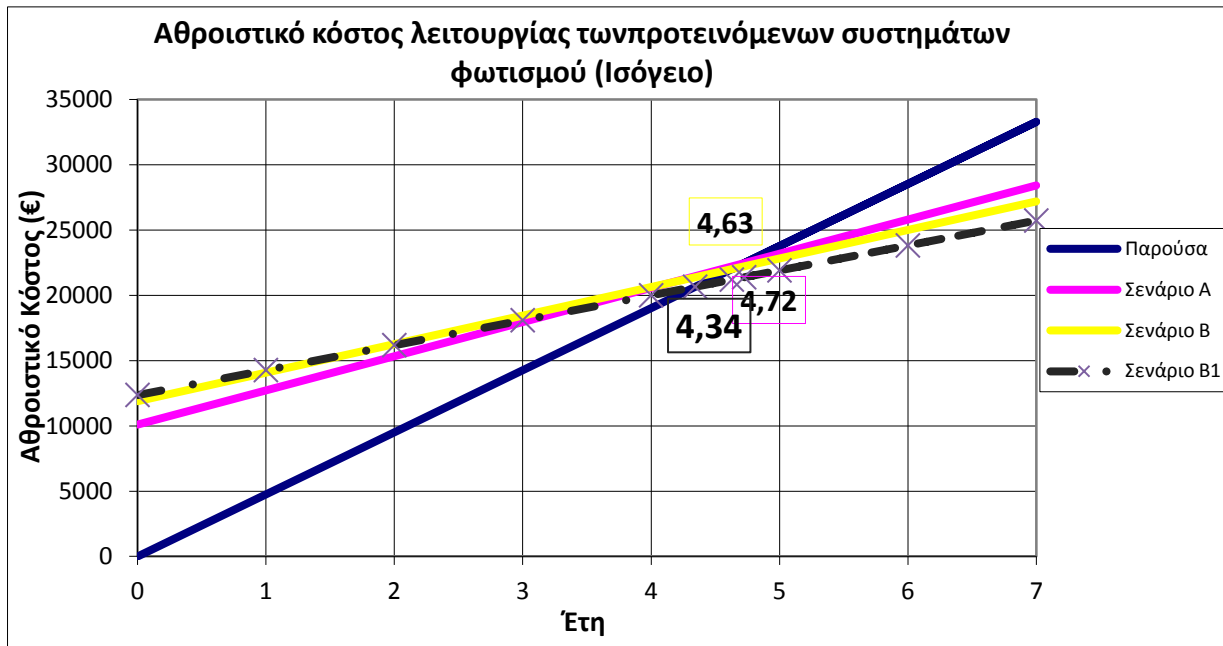
Ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο B1 κατάστασης							
$P_{εγκ,υπ}$ (W)	$P_{ισ,πρ}$ (W)	$E_{υπ}$ (kWh)	$E_{πρ}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
17885	7179	46501	18664	27837	2847	12362	4,34

Πίνακας 9.16: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το ισόγειο (Σενάριο B1)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{πρωτ,υπ}$ (kWh)	$Q_{πρωτ,πρ}$ (kWh)	$\Delta Q_{πρωτ}$ (kWh)	$m_{CO_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{CO_2}$ προτ./νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
125679	50444	75234	39526	15865	23661	1.076

Πίνακας 9.17: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το ισόγειο (Σενάριο B1)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή



Σχήμα 9.2: Διάγραμμα αθροιστικού κόστους λειτουργίας και υπολογισμός χρόνου απόσβεσης κάθε Σεναρίου για το ισόγειο

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

## 9.5 1<sup>ος</sup> όροφος

### 9.5.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού / λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
4310-4343 Ikarus 2*28W	99,81	13	1298
4311-4343 Ikarus 2*54W	99,81	38	3793
4312-4344 Ikarus 2*35W	113,84	8	911
Osram E27 15 W	3,70	6	22
Κόστος εργασίας	5,00	59	295
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>6.318</b>

Πίνακας 9.18: Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας για τον 1<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Α)

Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης							
$P_{\text{εγκ,υπ}}$ (W)	$P_{\text{εγκ,πρ}}$ (W)	$E_{\text{υπ}}$ (kWh)	$E_{\text{πρ}}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
9718	5819	25266	15130	10136	1037	6318	6,10

Πίνακας 9.19: Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για τον 1<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{\text{πρωτ,υπ}}$ (kWh)	$Q_{\text{πρωτ,πρ}}$ (kWh)	$\Delta Q_{\text{πρωτ}}$ (kWh)	$m_{\text{CO}_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{\text{CO}_2}$ προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
68285	40891	27394	21476	12860	8615	392

Πίνακας 9.20: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για τον 1<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Α), \* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή



Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια A, B, B1)

### 9.5.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο B)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο B κατάστασης			
Τύπος αισθητήρα	Κόστος (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Αισθητήρας φωτισμού Tridonic + EDB	35,00	45	1575
Κόστος εργασίας	5,00	45	225
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>1.800</b>

Πίνακας 9.21: Ποσότητα και κόστος αισθητήρων φωτισμού & EDB και κόστος εργασίας για τον 1<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B)

Ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο B κατάστασης							
$P_{\text{εγκ,υπ}}$ (W)	$P_{\text{ισ,πρ}}$ (W)	$E_{\text{υπ}}$ (kWh)	$E_{\text{πρ}}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
9718	3564	25266	10439	14827	1516	8118	5,35

Πίνακας 9.22: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για τον 1<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{\text{πρωτ,υπ}}$ (kWh)	$Q_{\text{πρωτ,πρ}}$ (kWh)	$\Delta Q_{\text{πρωτ}}$ (kWh)	$m_{\text{CO}_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{\text{CO}_2}$ προτ./νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	573
68285	28213	40072	21476	8873	12603	

Πίνακας 9.23: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για τον 1<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

### 9.5.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο A κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Ανιχνευτής κίνησης Plexo	22,82	13	297
Κόστος εργασίας	3,00	13	39
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>336</b>

Πίνακας 9.24: Ποσότητα και κόστος ανιχνευτών κίνησης & κόστος εργασίας για τον 1<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B1)

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

Το επιπλέον κόστος για το Σενάριο Β1 σε σχέση με το Σενάριο Α είναι, επομένως,  $(336+1.800)€=2.136€$ .

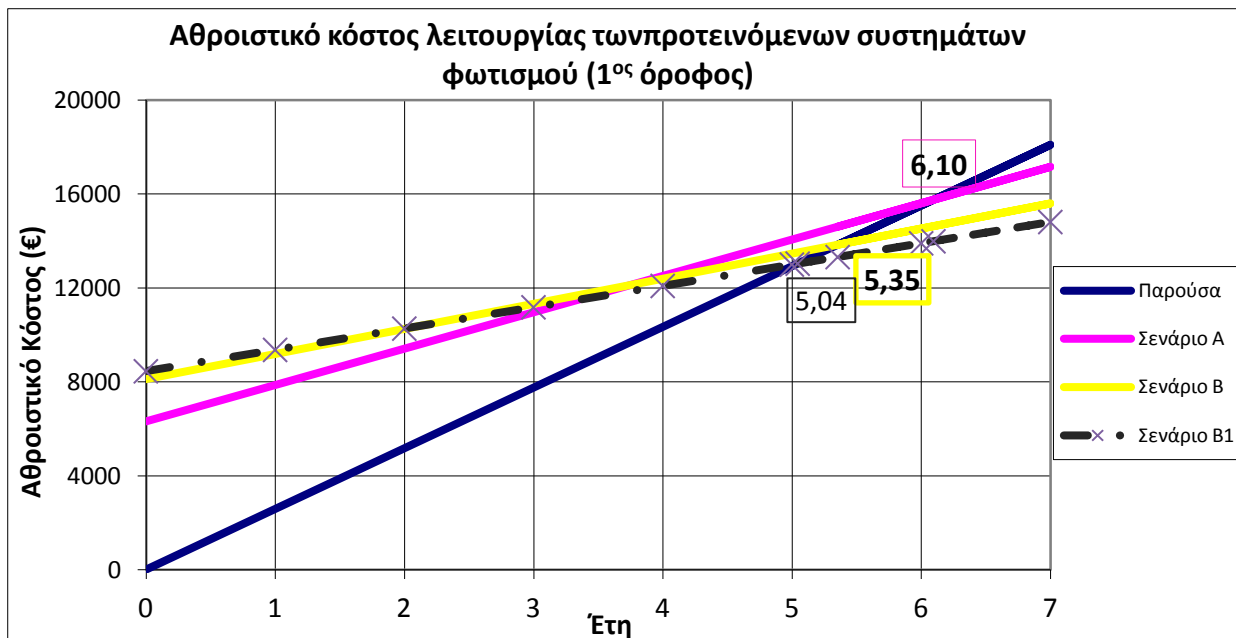
Ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Β1 κατάστασης							
$P_{εγκ,υπ}$ (W)	$P_{ισ,πρ}$ (W)	$E_{υπ}$ (kWh)	$E_{πρ}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
9718	3415	25266	8878	16387	1676	8454	5,04

Πίνακας 9.25: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για τον 1<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Β1)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{πρωτ,υπ}$ (kWh)	$Q_{πρωτ,πρ}$ (kWh)	$\Delta Q_{πρωτ}$ (kWh)	$m_{CO_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{CO_2}$ προτ./νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
68285	23995	44290	21476	7546	13929	633

Πίνακας 9.26: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για τον 1<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Β1)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή



Σχήμα 9.3: Διάγραμμα αθροιστικού κόστους λειτουργίας και υπολογισμός χρόνου απόσβεσης κάθε Σεναρίου για τον 1<sup>ο</sup> όροφο

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια A, B, B1)

## 9.6 2<sup>ος</sup> όροφος

### 9.6.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο A)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο A κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού / λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
4308-4342 Ikarus 2*21W	84,75	4	339
4310-4343 Ikarus 2*28W	99,81	4	399
4311-4343 Ikarus 2*54W	99,81	50	4991
4312-4344 Ikarus 2*35W	113,84	22	2504
4313-4344 Ikarus 2*80W	113,84	7	797
Osram E27 15 W	3,70	5	19
Κόστος εργασίας	5,00	87	435
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>9.484</b>

Πίνακας 9.27: Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας για το 2<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο A)

Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο A κατάστασης							
$P_{\text{εγκ,υπ}}$ (W)	$P_{\text{εγκ,πρ}}$ (W)	$E_{\text{υπ}}$ (kWh)	$E_{\text{πρ}}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
20760	8951	53976	23273	30703	3140	9484	3,02

Πίνακας 9.28: Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το 2<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο A)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{\text{πρωτ,υπ}}$ (kWh)	$Q_{\text{πρωτ,πρ}}$ (kWh)	$\Delta Q_{\text{πρωτ}}$ (kWh)	$m_{\text{CO}_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{\text{CO}_2}$ προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	1.186
145881	62900	82981	45880	19782	26098	

Πίνακας 9.29: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το 2<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο A)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

### 9.6.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Β κατάστασης			
Τύπος αισθητήρα	Κόστος (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Αισθητήρας φωτισμού Tridonic + EDB	35,00	56	1960
Κόστος εργασίας	5,00	56	280
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>2.240</b>

Πίνακας 9.30: Ποσότητα και κόστος αισθητήρων φωτισμού & EDB και κόστος εργασίας για το 2<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Β)

Ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Β κατάστασης							
$P_{\text{εγκ,υπ}}$ (W)	$P_{\text{ισ,πρ}}$ (W)	$E_{\text{υπ}}$ (kWh)	$E_{\text{πρ}}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
20760	6005	53976	17145	36831	3766	11724	<b>3,11</b>

Πίνακας 9.31: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το 2<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Β)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{\text{πρωτ,υπ}}$ (kWh)	$Q_{\text{πρωτ,πρ}}$ (kWh)	$\Delta Q_{\text{πρωτ}}$ (kWh)	$m_{\text{CO}_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{\text{CO}_2}$ προτ./νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
145881	46339	99542	45880	14574	31306	<b>1.423</b>

Πίνακας 9.32: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το 2<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Β)  
\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

### 9.6.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο Β1)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Ανιχνευτής κίνησης Plexo	22,82	17	388
Κόστος εργασίας	3,00	17	51
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>439</b>

Πίνακας 9.33: Ποσότητα και κόστος ανιχνευτών κίνησης & κόστος εργασίας για το 2<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Β1)

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια A, B, B1)

Το επιπλέον κόστος για το Σενάριο B1 σε σχέση με το Σενάριο A είναι, επομένως,  $(439+2.240)€=2.679€$ .

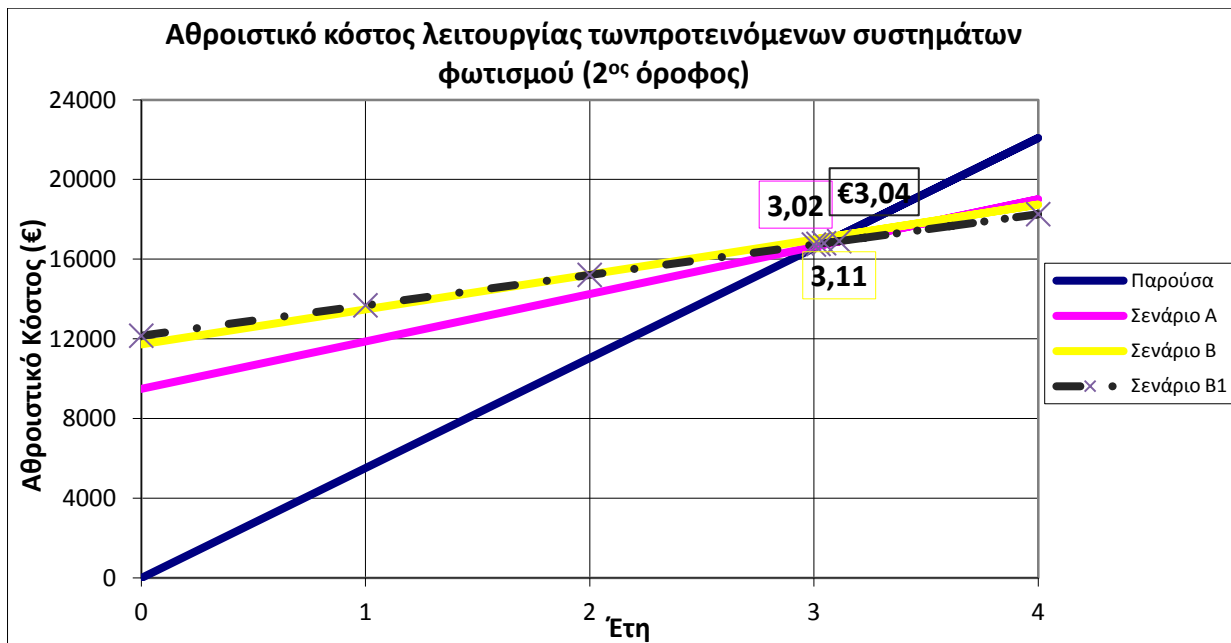
Ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο B1 κατάστασης							
$P_{εγκ,υπ}$ (W)	$P_{ισ,πρ}$ (W)	$E_{υπ}$ (kWh)	$E_{πρ}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
20760	5737	53976	14916	39060	3994	12163	3,04

Πίνακας 9.34: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το 2<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B1)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{πρωτ,υπ}$ (kWh)	$Q_{πρωτ,πρ}$ (kWh)	$\Delta Q_{πρωτ}$ (kWh)	$m_{CO_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{CO_2}$ προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
145881	40315	105566	45880	12679	33201	1.509

Πίνακας 9.35: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το 2<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B1)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή



Σχήμα 9.4: Διάγραμμα αθροιστικού κόστους λειτουργίας και υπολογισμός χρόνου απόσβεσης κάθε Σεναρίου για το 2<sup>ο</sup> όροφο

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

### 9.7 3<sup>ο</sup> όροφος

#### 9.7.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού / λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
4306-4341 Ikarus 2*14W	73,31	3	220
4308-4342 Ikarus 2*21W	84,75	4	339
4310-4343 Ikarus 2*28W	99,81	9	898
4311-4343 Ikarus 2*54W	99,81	17	1697
4312-4344 Ikarus 2*35W	113,84	17	1935
4313-4344 Ikarus 2*80W	113,84	23	2618
Osram E27 15 W	3,70	17	63
Κόστος εργασίας	5,00	73	365
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>8.135</b>

Πίνακας 9.36: Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας για τον 3<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Α)

Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης							
$P_{\text{εγκ,υπ}}$ (W)	$P_{\text{εγκ,πρ}}$ (W)	$E_{\text{υπ}}$ (kWh)	$E_{\text{πρ}}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
17515	8090	45539	21034	24505	2506	8135	3,25

Πίνακας 9.37: Εγκατεστημένη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για τον 3<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Α)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{\text{πρωτ,υπ}}$ (kWh)	$Q_{\text{πρωτ,πρ}}$ (kWh)	$\Delta Q_{\text{πρωτ}}$ (kWh)	$m_{\text{CO}_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{\text{CO}_2}$ προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
123078	56849	66229	38708	17879	20829	947

Πίνακας 9.38: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για τον 3<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Α)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια A, B, B1)

### 9.7.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο B)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο B κατάστασης			
Τύπος αισθητήρα	Κόστος (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Αισθητήρας φωτισμού Tridonic + EDB	35,00	42	1470
Κόστος εργασίας	5,00	42	210
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>1.680</b>

Πίνακας 9.39: Ποσότητα και κόστος αισθητήρων φωτισμού & EDB και κόστος εργασίας για τον 3<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B)

Ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο B κατάστασης							
$P_{εγκ,υπ}$ (W)	$P_{ισ,πρ}$ (W)	$E_{υπ}$ (kWh)	$E_{πρ}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
17515	5637	45539	15933	29606	3028	9815	3,24

Πίνακας 9.40: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για τον 3<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{πρωτ,υπ}$ (kWh)	$Q_{πρωτ,πρ}$ (kWh)	$\Delta Q_{πρωτ}$ (kWh)	$m_{CO_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{CO_2}$ προτ./νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
123078	43062	80017	38708	13543	25165	1.144

Πίνακας 9.41: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για τον 3<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

### 9.7.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο B1)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο A κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Ανιχνευτής κίνησης Plexo	22,82	23	525
Κόστος εργασίας	3,00	23	69
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>594</b>

Πίνακας 9.42: Ποσότητα και κόστος ανιχνευτών κίνησης & κόστος εργασίας για τον 3<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο B1)

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

Το επιπλέον κόστος για το Σενάριο Β1 σε σχέση με το Σενάριο Α είναι, επομένως,  $(594+1.680)€=2.274€$ .

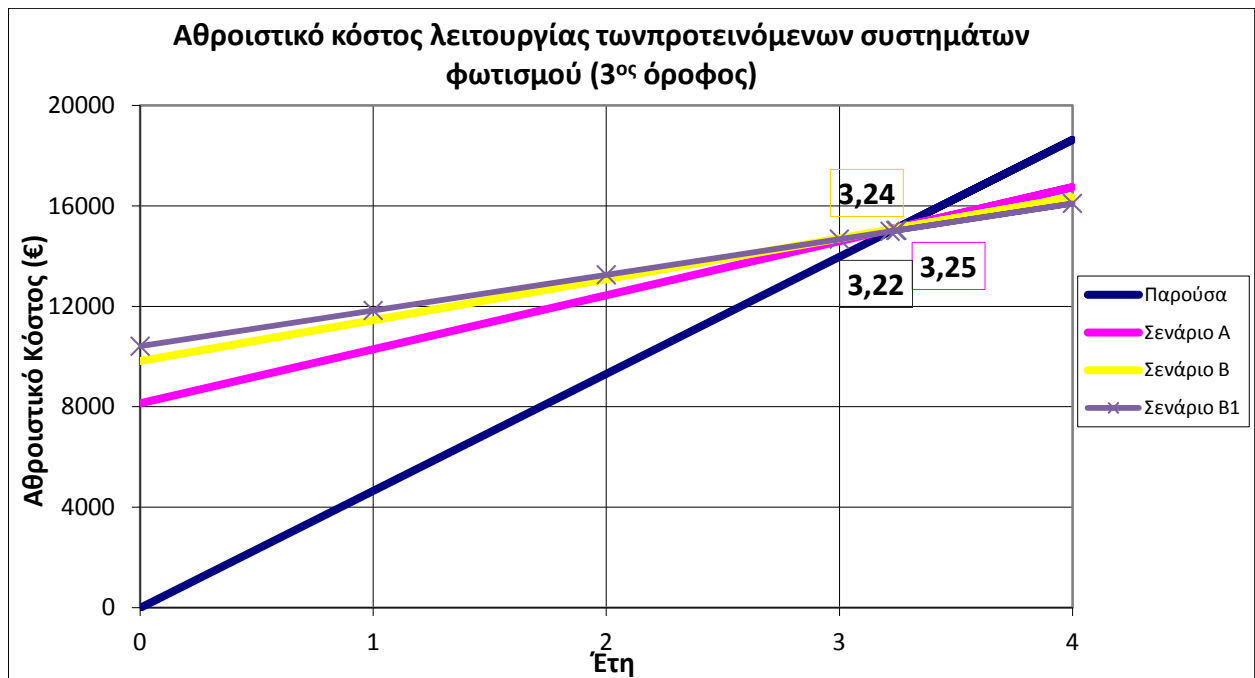
Ισοδύναμη ισχύς, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Β1 κατάστασης							
$P_{εγκ,υπ}$ (W)	$P_{ισ,πρ}$ (W)	$E_{υπ}$ (kWh)	$E_{πρ}$ (kWh)	$\Delta E$ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
17515	5348	45539	13904	31635	3235	10409	<b>3,22</b>

Πίνακας 9.43: Εγκατεστημένη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για τον 3<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Β1)

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
$Q_{πρωτ,υπ}$ (kWh)	$Q_{πρωτ,πρ}$ (kWh)	$\Delta Q_{πρωτ}$ (kWh)	$m_{CO_2}$ υπάρχουσας (kg)	$m_{CO_2}$ προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	1.222
123078	37579	85499	38708	11819	26889	

Πίνακας 9.44: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για τον 3<sup>ο</sup> όροφο (Σενάριο Β1)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή



Σχήμα 9.5: Διάγραμμα αθροιστικού κόστους λειτουργίας και υπολογισμός χρόνου απόσβεσης κάθε Σεναρίου για τον 3<sup>ο</sup> όροφο



Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

## 9.8 Σύνολο κτηρίου

### 9.8.1 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού / λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
4306-4341 Ikarus 2*14W	73,31	3	220
4308-4342 Ikarus 2*21W	84,75	10	848
4310-4343 Ikarus 2*28W	99,81	30	2994
4311-4343 Ikarus 2*54W	99,81	188	18764
4312-4344 Ikarus 2*35W	113,84	68	7741
4313-4344 Ikarus 2*80W	113,84	30	3415
Osram E27 15 W	3,70	41	152
Osram E27 20 W	3,70	1	4
Κόστος εργασίας	5,00	329	1645
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>35.783</b>

Πίνακας 9.45: Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας για το σύνολο του κτηρίου (Σενάριο Α)

Εγκατεστημένη ισχύς, κατανομή ισχύος, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης											
Τμήμα κτηρίου	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	P <sub>εγκ,υπ</sub> (W)	P <sub>εγκ,πρ</sub> (W)	Κατανομή ισχύος υπ. (W/m <sup>2</sup> )	Κατανομή ισχύος πρ. (W/m <sup>2</sup> )	E <sub>υπ</sub> (kWh)	E <sub>πρ</sub> (kWh)	ΔΕ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
Υπόγειο	278	4.275	1.715	14,96	6,17	11.115	4.458	6.657	681	1.748	2,57
Ισόγειο	1.475	17.885	9.847	12,12	6,67	46.501	25.602	20.899	2.137	10.098	4,72
Α Όροφος	903	9.718	5.819	10,77	6,45	25.266	15.130	10.136	1.037	6.318	6,10
Β Όροφος	1.290	20.760	8.951	16,09	6,94	53.976	23.273	30.703	3.140	9.484	3,02
Γ Όροφος	1.305	17.515	8.090	13,42	6,20	45.539	21.034	24.505	2.506	8.135	3,25
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5.251</b>	<b>70.153</b>	<b>34.422</b>	<b>13,36</b>	<b>6,56</b>	<b>182.397</b>	<b>89.497</b>	<b>92.899</b>	<b>9.500</b>	<b>35.783</b>	<b>3,77</b>

Πίνακας 9.46: Εγκατεστημένη ισχύς, κατανομή ισχύος, κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το σύνολο του κτηρίου (Σενάριο Α)

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

Τμήμα κτηρίου	Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
	Q <sub>πρωτ,υπ</sub> (kWh)	Q <sub>πρωτ,πρ</sub> (kWh)	ΔQ <sub>πρωτ</sub> (kWh)	m <sub>CO2</sub> υπάρχουσας (kg)	m <sub>CO2</sub> προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
Υπόγειο	30.041	12.050	17.991	9.448	3.790	5.658	257
Ισόγειο	125.679	69.194	56.485	39.526	21.761	17.764	807
Α Όροφος	68.285	40.891	27.394	21.476	12.860	8.615	392
Β Όροφος	145.881	62.900	82.981	45.880	19.782	26.098	1.186
Γ Όροφος	123.078	56.849	66.229	38.708	17.879	20.829	947
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>492.964</b>	<b>241.884</b>	<b>251.080</b>	<b>155.037</b>	<b>76.073</b>	<b>78.965</b>	<b>3.589</b>

Πίνακας 9.47: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το σύνολο του κτηρίου (Σενάριο Α)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

### 9.8.2 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Β κατάστασης			
Τύπος αισθητήρα	Κόστος (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Αισθητήρας φωτισμού Tridonic + EDB	35,00	188	6.580
Κόστος εργασίας	5,00	188	940
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>7.520</b>

Πίνακας 9.48: Ποσότητα και κόστος αισθητήρων φωτισμού & EDB και κόστος εργασίας για το σύνολο του κτηρίου (Σενάριο Β)

Ισοδύναμη ισχύς, κατανομή ισχύος, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Β κατάστασης											
Τμήμα κτηρίου	P <sub>εγκ,υπ</sub> (W)	P <sub>ισ,πρ</sub> (W)	Κατανομή ισχύος υπ. (W/m <sup>2</sup> )	Κατανομή ισχύος πρ. (W/m <sup>2</sup> )	E <sub>υπ</sub> (kWh)	E <sub>πρ</sub> (kWh)	ΔΕ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης	Επιπλέον κόστος Σεναρίου Β
Υπόγειο	4.275	1.715	15,4	6,17	11.115	4.458	6.657	681	1.748	2,57	0
Ισόγειο	17.885	7.811	12,1	5,30	46.501	21.368	25.133	2.570	11.898	4,63	1.800
Α Όροφος	9.718	3.564	10,8	3,95	25.266	10.439	14.827	1.516	8.118	5,35	1.800
Β Όροφος	20.760	6.005	16,1	4,66	53.976	17.145	36.831	3.766	11.724	3,11	2.240
Γ Όροφος	17.515	5.637	13,4	4,32	45.539	15.933	29.606	3.028	9.815	3,24	1.680
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>70.153</b>	<b>24.733</b>	<b>13,36</b>	<b>4,71</b>	<b>182.397</b>	<b>69.343</b>	<b>113.053</b>	<b>11.561</b>	<b>43.303</b>	<b>3,75</b>	<b>7.520</b>

Πίνακας 9.49: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το σύνολο του κτηρίου (Σενάριο Β)

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

Τμήμα κτηρίου	Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
	Q <sub>πρωτ,υπ</sub> (kWh)	Q <sub>πρωτ,πρ</sub> (kWh)	ΔQ <sub>πρωτ</sub> (kWh)	m <sub>CO2</sub> υπάρχουσας (kg)	m <sub>CO2</sub> προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
Υπόγειο	30.041	12.050	17.991	9.448	3.790	5.658	257
Ισόγειο	125.679	57.750	67.928	39.526	18.163	21.363	971
Α Όροφος	68.285	28.213	40.072	21.476	8.873	12.603	573
Β Όροφος	145.881	46.339	99.542	45.880	14.574	31.306	1.423
Γ Όροφος	123.078	43.062	80.017	38.708	13.543	25.165	1.144
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>492.964</b>	<b>187.414</b>	<b>305.550</b>	<b>155.037</b>	<b>58.942</b>	<b>96.095</b>	<b>4.368</b>

Πίνακας 9.50: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το σύνολο του κτηρίου (Σενάριο Β)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή

### 9.8.3 Πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με χρήση ανιχνευτών κίνησης (Σενάριο Β1)

Ποσότητα και κόστος φωτιστικών και λαμπτήρων & κόστος εργασίας της προτεινόμενης στο Σενάριο Α κατάστασης			
Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Ποσότητα	Κόστος (€)
Ανιχνευτής κίνησης Plexo	22,82	81	1848
Κόστος εργασίας	3,00	81	243
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>2091</b>

Πίνακας 9.51: Ποσότητα και κόστος ανιχνευτών κίνησης & κόστος εργασίας για το σύνολο του κτηρίου (Σενάριο Β1)

Ισοδύναμη ισχύς, κατανομή ισχύος, κατανάλωση ενέργειας και ετήσιο όφελος της προτεινόμενης στο Σενάριο Β1 κατάστασης											
Τμήμα κτηρίου	P <sub>εγκ,υπ</sub> (W)	P <sub>ισ,πρ</sub> (W)	Κατανομή ισχύος υπ. (W/m <sup>2</sup> )	Κατανομή ισχύος πρ. (W/m <sup>2</sup> )	E <sub>υπ</sub> (kWh)	E <sub>πρ</sub> (kWh)	ΔΕ (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Συνολικό κόστος (€)	Έτη απόσβεσης	Επιπλέον κόστος Σεναρίου Β1
Υπόγειο	4.275	1.517	15,4	5,46	11.115	3.943	7.172	733	2.006	2,74	258
Ισόγειο	17.885	7.179	12,1	4,87	46.501	18.664	27.837	2.847	12.362	4,34	2.265
Α Όροφος	9.718	3.415	10,8	3,78	25.266	8.878	16.387	1.676	8.454	5,04	2.136
Β Όροφος	20.760	5.737	16,1	4,45	53.976	14.916	39.060	3.994	12.163	3,04	2.679
Γ Όροφος	17.515	5.348	13,4	4,10	45.539	13.904	31.635	3.235	10.409	3,22	2.274
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>70.153</b>	<b>23.195</b>	<b>13,4</b>	<b>4,42</b>	<b>182.397</b>	<b>60.306</b>	<b>122.090</b>	<b>12.485</b>	<b>45.394</b>	<b>3,64</b>	<b>9.611</b>

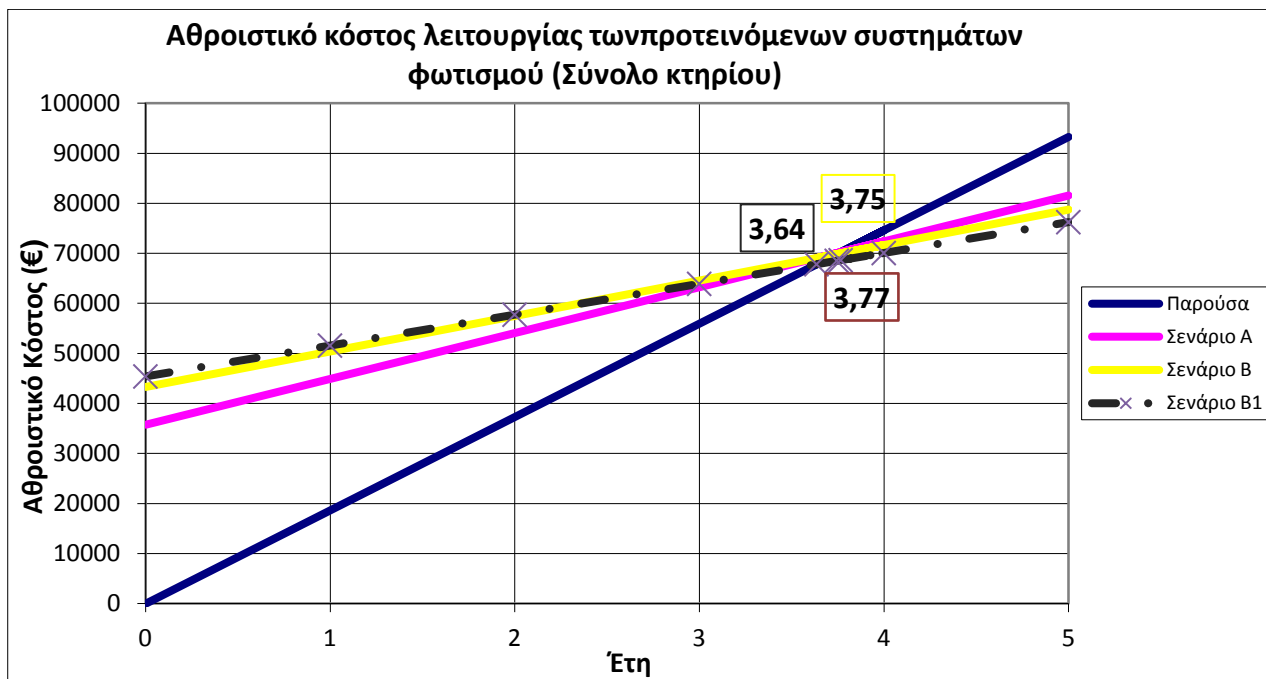
Πίνακας 9.52: Εγκατεστημένη / Ισοδύναμη ισχύς και κατανάλωση ενέργειας υπάρχουσας και προτεινόμενης κατάστασης, εξοικονόμηση ενέργειας, ετήσιο όφελος, συνολικό κόστος και χρόνος απόσβεσης για το σύνολο του κτηρίου (Σενάριο Β1)

Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α, Β, Β1)

Τμήμα κτηρίου	Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας	Ρύποι CO <sub>2</sub>			Δέντρα*
	Q <sub>πρωτ,υπ</sub> (kWh)	Q <sub>πρωτ,πρ</sub> (kWh)	ΔQ <sub>πρωτ</sub> (kWh)	m <sub>CO2</sub> υπάρχουσας (kg)	m <sub>CO2</sub> προτ/νης (kg)	Μείωση Ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	
Υπόγειο	30.041	10.657	19.383	9.448	3.352	6.096	277
Ισόγειο	125.679	50.444	75.234	39.526	15.865	23.661	1.076
Α Όροφος	68.285	23.995	44.290	21.476	7.546	13.929	633
Β Όροφος	145.881	40.315	105.566	45.880	12.679	33.201	1.509
Γ Όροφος	123.078	37.579	85.499	38.708	11.819	26.889	1.222
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>492.964</b>	<b>162.990</b>	<b>32.9973</b>	<b>155.037</b>	<b>51.260</b>	<b>103.777</b>	<b>4.717</b>

Πίνακας 9.53: Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO<sub>2</sub> για το σύνολο του κτηρίου (Σενάριο Β1)

\* πλήθος δέντρων που θα πρέπει να φυτευτούν εάν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση αυτή



Σχήμα 9.6: Διάγραμμα αθροιστικού κόστους λειτουργίας και υπολογισμός χρόνου απόσβεσης κάθε Σεναρίου για το σύνολο του κτηρίου

Ο χρόνος απόσβεσης των Σεναρίων Α, Β και Β1 είναι 3,77, 3,75 και 3,64 χρόνια αντίστοιχα. Η διαφορά είναι μεν μικρή, αλλά καταδεικνύει πως το Σενάριο Β1, παρά το αυξημένο κόστος εγκατάστασης, κάνει γρηγορότερη απόσβεση του χρηματικού ποσού που απαιτείται για την εγκατάστασή του.

## Κεφάλαιο 10<sup>ο</sup>:

### Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται μια σύνοψη των αποτελεσμάτων των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων του συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάρια A, B και B1). Τα αποτελέσματα συγκρίνονται τόσο μεταξύ τους όσο και με την υφιστάμενη κατάσταση φωτισμού και αφορούν στην εγκατεστημένη (ή ισοδύναμη όσον αφορά τα Σενάρια B και B1) ισχύ, την κατανομή ισχύος, την ενεργειακή απόδοση, την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια, καθώς και την πρωτογενή ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή της. Καταγράφονται και συγκρίνονται, ακόμη, η μάζα των εκπεμπόμενων ρύπων CO<sub>2</sub>, το κόστος εγκατάστασης κάθε σεναρίου και ο χρόνος που απαιτείται για να αποσβεστεί.

Υπενθυμίζεται ότι το Σενάριο A αφορά πρόταση ενεργειακής αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των παλαιών φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων, το Σενάριο B αφορά πρόταση αναβάθμισης με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, ενώ το Σενάριο B1 αποτελεί επέκταση του Σεναρίου B. Στο Σενάριο B1 προτείνεται η εγκατάσταση ανιχνευτών κίνησης σε συγκεκριμένους χώρους του κτηρίου πέραν της εγκατάστασης των αισθητήρων φωτισμού που περιγράφεται στο Σενάριο B.

Υφιστάμενη κατάσταση για το σύνολο του κτηρίου							
Συνολική Ισχύς (W)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσια μάζα ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )			
<b>70.153</b>	<b>182.397</b>	<b>492.964</b>	<b>155.037</b>	<b>13,36</b>			
Προτεινόμενη στο Σενάριο A κατάσταση για το σύνολο του κτηρίου							
Συνολική Ισχύς (W)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσια μάζα ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ενεργειακή Απόδοση (lm/W)	Κόστος Εγκατ/σης (€)	Έτη απόσβεσης
<b>34.422</b>	<b>89.497</b>	<b>241.884</b>	<b>76.073</b>	<b>6,56</b>	<b>66,77</b>	<b>35.783</b>	<b>3,77</b>
Προτεινόμενη στο Σενάριο B κατάσταση για το σύνολο του κτηρίου							
Συνολική Ισχύς (W)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσια μάζα ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ενεργειακή Απόδοση (lm/W)	Κόστος Εγκατ/σης (€)	Έτη απόσβεσης
<b>24.733</b>	<b>69.343</b>	<b>187.414</b>	<b>58.942</b>	<b>4,71</b>	<b>92,93</b>	<b>43.303</b>	<b>3,75</b>
Προτεινόμενη στο Σενάριο B1 κατάσταση για το σύνολο του κτηρίου							
Συνολική Ισχύς (W)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσια μάζα ρύπων CO <sub>2</sub> (kg)	Κατανομή Ισχύος (W/m <sup>2</sup> )	Ενεργειακή Απόδοση (lm/W)	Κόστος Εγκατ/σης (€)	Έτη απόσβεσης
<b>23.195</b>	<b>60.306</b>	<b>162.990</b>	<b>51.260</b>	<b>4,42</b>	<b>99,10</b>	<b>45.394</b>	<b>3,64</b>

Πίνακας 10.1: Σύγκριση αποτελεσμάτων της υφιστάμενης κατάστασης και των τριών προτεινόμενων καταστάσεων (Σενάρια A, B, B1) για το σύνολο του κτηρίου

## Κεφάλαιο 10<sup>ο</sup>: Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας κατέδειξε τις μεγάλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού υφιστάμενων κτηρίων, παράλληλα με τη βελτίωση της οπτικής άνεσης στους χώρους των κτηρίων αυτών. Η σύγχρονη τεχνολογία, καθώς και η συνεχής έρευνα στον τομέα του φωτισμού βελτιώνουν καθημερινά την απόδοση και τη χρηστικότητα των συστημάτων φωτισμού.

Αξιοποιώντας τμήμα της τεχνολογίας του φωτισμού μπορεί, σύμφωνα με την εκπονηθείσα μελέτη, να επιτευχθεί σημαντική μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος φωτισμού του κτηρίου Θεοχάρη Ε.Μ.Π. με ταυτόχρονα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Στα 3 Σενάρια αναβάθμισης του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτηρίου που παρουσιάστηκαν προέκυψαν αρκετά συμπεράσματα, τα κυριότερα από τα οποία αναφέρονται ανά κατηγορία στη συνέχεια.

---

Η εγκατεστημένη **ισχύς** μειώνεται κατά 50,93%, σύμφωνα με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού, στο οποίο έχουν αντικατασταθεί τα παλιά από νέα, πιο αποδοτικά φωτιστικά (Σενάριο Α). Πιο συγκεκριμένα μειώνεται από τα 70.153W του υφιστάμενου συστήματος στα 34.422W του προτεινόμενου στο Σενάριο Α.

Η μείωση είναι μεγαλύτερη στο προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού, στο οποίο αξιοποιείται ο φυσικός φωτισμός με αισθητήρες φωτισμού (Σενάριο Β) και ισούται με 64,74%, καθώς μειώνεται η ισοδύναμη ισχύς, που αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα καταναλώνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο, με τα ίδια αποτελέσματα, με το προτεινόμενο σύστημα, η οποία ισούται με 24.733W.

Ακόμη μεγαλύτερη μείωση (66,94%) επιτυγχάνεται με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού, στο οποίο αξιοποιείται ο φυσικός φωτισμός και παράλληλα χρησιμοποιούνται και ανιχνευτές κίνησης (Σενάριο Β1). Η ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου στο Σενάριο Β1 συστήματος τεχνητού φωτισμού ισούται με 23.195W, προκύπτει, δηλαδή, μια μείωση κατά 46,96kW.

---

Αντίστοιχη είναι και η μείωση της **κατανομής ισχύος** στους χώρους του κτηρίου Θεοχάρη. Από τα 13,36W ισχύος που καταναλώνει για κάθε m<sup>2</sup> φωτιζόμενης επιφάνειας το υφιστάμενο σύστημα, το προτεινόμενο στο Σενάριο Α σύστημα τεχνητού φωτισμού καταναλώνει 6,56W/m<sup>2</sup>, ενώ τα προτεινόμενα στα Σενάρια Β και Β1 συστήματα τεχνητού φωτισμού παρουσιάζουν ιδιαίτερα μικρές τιμές κατανομής ισχύος, με 4,71W/m<sup>2</sup> και 4,42W/m<sup>2</sup> αντίστοιχα.

Οι τιμές κατανομής ισχύος που προέκυψαν για το σύνολο των χώρων στα Σενάρια Β και Β1 είναι εντός ορίων που θεσπίζει ο ΚΕΝΑΚ ακόμη και για τους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 200lux. Όσον αφορά τις επιμέρους τιμές της κατανομής ισχύος του Σεναρίου Α για τους χώρους με όριο στάθμης φωτισμού 200lux και 500lux υπολογίστηκαν ίσες με 4,25W/m<sup>2</sup> και 8,18W/m<sup>2</sup> αντίστοιχα, τιμές οι οποίες είναι αρκετά χαμηλότερες από τα αντίστοιχα θεσπισμένα ανώτατα όρια.

---

Ο υπολογισμός της **φωτεινής αποδοτικότητας** του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού ήταν αδύνατος, λόγω της παλαιότητάς του και της απουσίας φωτομετρικών στοιχείων, κατέστη όμως δυνατός στις προτεινόμενες καταστάσεις φωτισμού. Έτσι, όσον αφορά το σύνολο του κτηρίου, η προτεινόμενη στο Σενάριο Α κατάσταση φωτισμού αποδίδει 66,77lm/W, η προτεινόμενη στο Σενάριο Β 92,93 lm/W και η προτεινόμενη στο Σενάριο Β1 99,10lm/W, τιμές οι οποίες ξεπερνάνε κατά πολύ το κατώτερο όριο των 55lm/W που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ.

---

Με το προτεινόμενο στο Σενάριο Α σύστημα τεχνητού φωτισμού εξοικονομούνται περίπου 92,9MWh **καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας** το χρόνο, καθώς η κατανάλωση μειώνεται από τα 182,4MWh της υφιστάμενης κατάστασης στα 89,5MWh της προτεινόμενης. Η μείωση αυτή αντιστοιχεί σε 251,1MWh **πρωτογενούς ενέργειας**.

Με το προτεινόμενο στο Σενάριο Β σύστημα τεχνητού φωτισμού επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 61,98%. Η ετήσια κατανάλωση μειώνεται σε 69,3MWh και έτσι εξοικονομούνται 113,1MWh ηλεκτρικής ενέργειας ή 305,6MWh πρωτογενούς. Το προτεινόμενο στο Σενάριο Β1 σύστημα τεχνητού φωτισμού εξοικονομεί 122,1MWh ηλεκτρικής ενέργειας το χρόνο σε σχέση με το υφιστάμενο (330MWh πρωτογενούς ενέργειας).

Με την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) εξοικονομούνται πλέον της πρότασης για απλή αντικατάσταση των φωτιστικών με νέα (Σενάριο Α) 20,2MWh καταναλισκόμενης ενέργειας, δηλαδή 54,6MWh πρωτογενούς. Εάν εγκατασταθούν επιπλέον και ανιχνευτές κίνησης (Σενάριο Β1), τότε εξοικονομούνται 29,2MWh καταναλισκόμενης ενέργειας, τιμή που αντιστοιχεί σε 78,9MWh πρωτογενούς ενέργειας.

---

Επειδή για κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε θερμοηλεκτρικά εργοστάσια εκλύονται στην ατμόσφαιρα 0,85kg CO<sub>2</sub>, η μείωση της **εκπεμπόμενης μάζας ρύπων CO<sub>2</sub>** που επιτυγχάνεται με τα προτεινόμενα συστήματα φωτισμού είναι πολύ σημαντική, από περιβαλλοντικής άποψης. Η μείωση αυτή αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο **αριθμό δέντρων** που θα πρέπει να φυτευτούν σε ένα χρόνο εάν δεν πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη μείωση, με την παραδοχή ότι ένα δέντρο απορροφά 22kg CO<sub>2</sub> ετησίως.

Πιο συγκεκριμένα, με το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού εκπέμπονται περίπου 155tn CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Στο Σενάριο Α η εκπεμπόμενη μάζα ρύπων υπολογίστηκε ίση με 76tn περίπου, ενώ στο Σενάριο Β ίση με 59tn και στο Σενάριο Β1 λίγο πάνω από 51tn. Σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση εξοικονομούνται 79tn CO<sub>2</sub> στο Σενάριο Α, 96tn CO<sub>2</sub> στο Σενάριο Β και 104tn CO<sub>2</sub> στο Σενάριο Β1.

Έτσι, αν δεν πραγματοποιηθεί η μείωση του Σεναρίου Α θα πρέπει να φυτευτούν 3.589 δέντρα, αν δεν γίνει πραγματικότητα η μείωση του Σεναρίου Β 4.368 και αν δεν καταστεί εφικτή η μείωση του Σεναρίου Β1 4.717 δέντρα το χρόνο.

Δύο από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την εκπόνηση και την υλοποίηση μιας τεχνικής μελέτης είναι το **κόστος εγκατάστασης** και ο **χρόνος απόσβεσης** του κόστους αυτού. Το κόστος εγκατάστασης του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού που περιγράφεται στο Σενάριο Α ανέρχεται σε 35.783€ και έχει χρόνο απόσβεσης τα 3,77 έτη.

Με επιπλέον 7.520€, δηλαδή με 43.303€, μπορεί να αξιοποιηθεί και το φυσικό φως με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού σε επιλεγμένα φωτιστικά σώματα του προηγούμενου προτεινόμενου συστήματος (Σενάριο Β). Ο χρόνος απόσβεσης μειώνεται παρόλα αυτά στα 3,75 έτη.

Τέλος, με επιπλέον 2.091€, δηλαδή με 45.394€, μπορεί να γίνει εγκατάσταση ανιχνευτών κίνησης στο προτεινόμενο στο Σενάριο Β σύστημα φωτισμού για περαιτέρω ενεργειακή εξοικονόμηση (Σενάριο Β1). Παρά το αυξημένο κόστος εγκατάστασης, το Σενάριο αυτό έχει το μικρότερο χρόνο απόσβεσης (3,64 έτη).

Διαπιστώνεται, επομένως, ότι –όσον αφορά την παρούσα μελέτη φωτισμού– όσο μεγαλύτερο είναι το αρχικό κόστος εγκατάστασης και άρα όσο περισσότερες ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου φωτισμού χρησιμοποιούνται, τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος απόσβεσης και τόσο μεγαλύτερα τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη. Η παρατήρηση αυτή αποτελεί και την κατακλείδα της διπλωματικής εργασίας και των συμπερασμάτων που εξήχθησαν από αυτή.



## Βιβλιογραφία

- [1] "Κλιματική αλλαγή", [http://el.wikipedia.org/wiki/Κλιματική\\_αλλαγή](http://el.wikipedia.org/wiki/Κλιματική_αλλαγή).
- [2] Ψαρράς, Ιωάννης, "Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1999.
- [3] Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, <http://www.ypeka.gr>
- [4] Yale Center for Environmental Law & Policy, Yale University, Emerson, Jay, Esty, Daniel, C., Hsu, Angel, Levy, Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Marc, A., de Sherbinin, Alex, Mara, Valentina, Jaiteh, Malanding, "2012 Environmental Performance Index and Pilot Trend Environmental Performance Index", Yale University, 2012
- [5] Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, "Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής", Τεύχος πρώτο, Τόμος 85, Εθνικό Τυπογραφείο, Αθήνα, 4 Ιουνίου 2010.
- [6] Πέρδιος, Σταμάτης, "Επεμβάσεις Εξοικονόμησης ενέργειας", Τόμος Α, Τεκδοτική, Αθήνα, 2007.
- [7] ΥΠΕΚΑ. Πρόγραμμα «Εξοικονόμηση κατ' Οίκον».
- [8] "Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ktiria\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm).
- [9] "Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy-saving/technologies\\_exikononismis\\_ener.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/technologies_exikononismis_ener.htm).
- [10] Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων - ΚΕΝΑΚ, "Νόμος 3661 - Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων".
- [11] "«Χτίζοντας το μέλλον», Πρόγραμμα για τα Βιώσιμα Κτίρια και την Πράσινη Ανάπτυξη", Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [12] "Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [13] <http://www.macon.gr>.
- [14] "Στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας από Ηλιασμό και Ηλιοπροστασία", Πρόγραμμα «Χτίζοντας το μέλλον».
- [15] Θερμική προστασία κελύφους - Ηλιοπροστασία", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_hlioprostasia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.htm).

- [16] "Θερμική προστασία κελύφους - Ανακλαστικά επιχρίσματα", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_anaklastika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_anaklastika.htm).
- [17] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20702-5/2010, "Συμπαράγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας & ψύξης: εγκαταστάσεις σε κτίρια", Α' Έκδοση, Αθήνα, 2011.
- [18] Τζανακάκη, Εύη, "Περιβαλλοντικές παρεμβάσεις σε Υπαίθριους χώρους", Παρουσίαση, ΚΑΠΕ, Αθήνα, 9 Ιουνίου 2011
- [19] "Θερμική προστασία κελύφους - Φυτεμένο δώμα", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_fytmeno\\_doma.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_fytmeno_doma.htm).
- [20] "Θερμική προστασία κελύφους - Αεριζόμενο κέλυφος", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermansia/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_aerizomeno\\_kelyfos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermansia/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kelyfos.htm).
- [21] "Φυσικός δροσισμός - Εξατμιστικός δροσισμός", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_exatmistikos\\_drosismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exatmistikos_drosismos.htm).
- [22] Πρόγραμμα ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ, "Οδηγός επιλέξιμων Δράσεων / Ενεργειών και υποβαλλόμενων στοιχείων ανά άξονα προτεραιοτήτων του".
- [23] Πέρδιος, Σταμάτης, "Επεμβάσεις Εξοικονόμησης ενέργειας", Τόμος Β, ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα, 2007.
- [24] "Η ενεργειακή επιθεώρηση στα κτίρια και στη βιομηχανία και η προετοιμασία των μηχανικών στην Κρήτη", Τ.Ε.Ε., Τμήμα Ανατολικής και Δυτικής Κρήτης, Οκτώβριος 2005,.
- [25] "Φυσικός δροσισμός - Υβριδικός αερισμός", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_ybridikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_ybridikos_aerismos.htm).
- [26] ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GREENBUILDING, Τεχνικό Εγχειρίδιο για τον Φωτισμό.
- [27] Τσίγκας, Ερωτόκριτος, "Ενεργειακός Σχεδιασμός - Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες", Μάλλιαρης Α. - Παιδεία Α.Ε., Θεσσαλονίκη, 1994.
- [28] Κοντορούπης, Γεώργιος, "Ενεργειακός - βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών". Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2005.
- [29] Markvart, Tomas, "Solar Electricity", John Wiley & Sons Ltd, Chicester, England, 1994

- [30] Παπαδόπουλος, Μιχάλης, "Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1997.
- [31] "Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά Σύνολα", ΚΑΠΕ, Αθήνα.
- [32] Χασάπης, Δ., Δρόσου, Β., Παπαμιχαήλ, Ι., Αηδόνης, Α., "Υβριδικό σύστημα θέρμανσης ηλιακών / βιομάζας - Αποτελέσματα χρήσης", ΚΑΠΕ, Αθήνα, 2006.
- [33] Αηδόνης, Α., Δρόσου, Β., Καράγιωργας, Μ., "Θερμικά ηλιακά συστήματα combi για συνδυασμό θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού χρήσης", 3ο Εθνικό συνέδριο για την εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – ΕΜΠ – RENES, Αθήνα, 23 - 25 Φεβρ. 2005.
- [34] "Ηλιακά συστήματα θέρμανσης χώρου και ζεστού νερού", [http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview\\_news/90063.asp](http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/90063.asp).
- [35] [www.windipedia.info](http://www.windipedia.info).
- [36] "Γεωθερμία", <http://el.wikipedia.org/wiki/Γεωθερμία>.
- [37] Φυτίκας, Μιχάλης, Ανδρίτσος, Νικόλαος, "Γεωθερμία - Γεωθερμικοί πόροι, Γεωθερμικά ρευστά, Εφαρμογές, Περιβάλλον", Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2004.
- [38] "Βιομάζα", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [39] Γιαννιού, Άννα, "Η χρήση βιομάζας για θέρμανση κτηρίων", Παρουσίαση, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ιούνιος 2004.
- [40] Κοντορούπης, Γεώργιος, "Δίκτυα και εγκαταστάσεις τεχνικής υποδομής κτηρίων και πόλεων", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2000.
- [41] "Τηλεθέρμανση", <http://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεθέρμανση>.
- [42] Λαμπροπούλου, Ελένη, "Φωτισμός κτηρίων και εξοικονόμηση ενέργειας", ΚΑΠΕ, Αθήνα, 2007.
- [43] "Τεχνητός φωτισμός - Σχεδιασμός", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/texnitos\\_fotismos\\_sxediasmos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/texnitos_fotismos_sxediasmos.htm).
- [44] Τοπαλής, Φραγκίσκος, Β., Οικονόμου, Λάμπρος, Κουρτέση, Σταυρούλα, "Φωτοτεχνία", Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2010.
- [45] Δούλος, Λάμπρος, Θ., Τσαγκρασούλης, Άρης, Τοπαλής, Φραγκίσκος, Β., "Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών - εκπαιδευτικό υλικό", Θεματική ενότητα: ΔΕ5, Τεχνολογίες εξοικονόμησης & διαχείρισης ενέργειας Η/Μ συστημάτων, Παράγραφος 1.4: "Τεχνολογίες φωτισμού" (Συμβατικά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα), Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 2011.
- [46] Δούλος, Λάμπρος, Θ., Διδακτορική διατριβή, "Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, Οκτώβριος 2010.

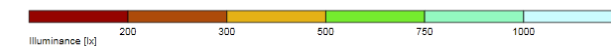
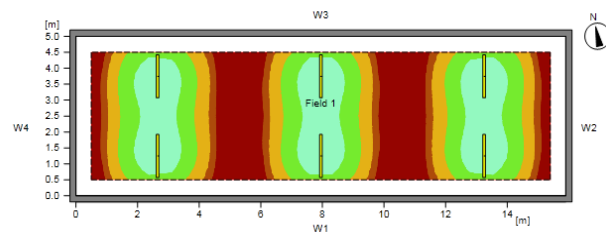
- [47] Τσίγκας, Ερωτόκριτος, "Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική - Το ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτήρια" Μάλλιαρης Α. - Παιδεία Α.Ε., Θεσσαλονίκη, 1996.
- [48] Τσαγκρασούλης, Άρης, "Φωτισμός: εξοικονόμηση ενέργειας και ποιότητα, μια ολιστική προσέγγιση", Παρουσίαση, Ημερίδα GreenLight, Αθήνα, 19 Μαρτίου 2003.
- [49] Δούλος, Λάμπρος, Θ., Τσαγκρασούλης, Άρης, Τοπαλής, Φραγκίσκος, Β., "Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών - εκπαιδευτικό υλικό", Θεματική ενότητα: ΔΕ5, Τεχνολογίες εξοικονόμησης & διαχείρισης ενέργειας Η/Μ συστημάτων, Παράγραφος 1.10 "Εξοικονόμηση στο φωτισμό" (Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας), Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 2011.
- [50] "Αισθητήρες Παρουσίας",  
<http://www.enistec.com/el/solutions/lighting/occupancysensors>.
- [51] Van Tichelen, P., Jansen, B., Geerken, T., Vanden Bosch, M., VanHoof, V., Vanhooydonck, L., Vercalsteren, A., "Final Report Lot 8: Office lighting", 2007.
- [52] IESNA, "The IESNA Lighting Handbook, Reference and Application", 9<sup>th</sup> edition, 2000.
- [53] Erco Guide. 01/03/2010.
- [54] Γενική Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Ε.Μ.Π.
- [55] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. "Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης». Αθήνα : s.n., Ιούλιος 2010.
- [56] Κέντρο εκπαίδευσης ISC, "Ανίχνευση Κίνησης και παρουσίας", Schneider Electric, Αθήνα, Ιούλιος 2009.
- [57] "Τιμοκατάλογος ανταγωνιστικών & ρυθμιζόμενων χρεώσεων 2012", Δ.Ε.Η., Αθήνα, 2012.
- [58] Gallis Lighting S.A., "Επαγγελματικές Λύσεις Αρχιτεκτονικού Φωτισμού".
- [59] Relux Simulation Tools, "Relux Suite Manual".

## Παράρτημα Α

### Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

#### Υπόγειο

##### Χώρος Υ01:



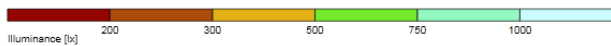
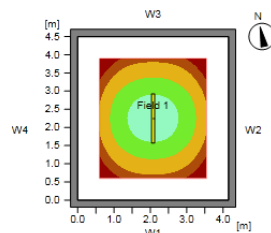
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	60000 lm
Total power	648 W
Total power per area (79.50 m <sup>2</sup> )	8.15 W/m <sup>2</sup> (1.66 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 491 lx
Minimum illuminance	Emin 75 lx
Maximum illuminance	Emax 945 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:6.56 (0.15)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:12.6 (0.08)

**Type No.Make**

6	6	<b>Gallis Lighting S.A.</b>
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

##### Χώρος Υ02Α:



<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10000 lm
Total power	108 W
Total power per area (18.68 m <sup>2</sup> )	5.78 W/m <sup>2</sup>

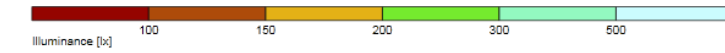
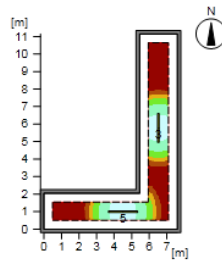
<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 492 lx
Minimum illuminance	Emin 131 lx
Maximum illuminance	Emax 934 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.77 (0.27)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:7.15 (0.14)

**Type No.Make**

6	1	<b>Gallis Lighting S.A.</b>
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος Υ08:



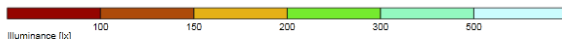
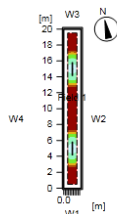
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14600 lm
Total power	152 W
Total power per area (35.14 m <sup>2</sup> )	4.32 W/m <sup>2</sup> (1.91 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 226 lx
Minimum illuminance	Emin 6 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub> 651 lx
Uniformity g1	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub> 1:37.4 (0.03)
Uniformity g2	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub> 1:108 (0.01)

**Type No.Make**

7	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 14312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

## Χώρος Υ06Α:



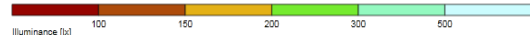
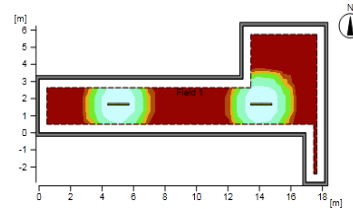
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14600 lm
Total power	152 W
Total power per area (43.00 m <sup>2</sup> )	3.53 W/m <sup>2</sup> (1.92 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 184 lx
Minimum illuminance	Emin 7 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub> 648 lx
Uniformity g1	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub> 1:25.6 (0.04)
Uniformity g2	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub> 1:90.1 (0.01)

**Type No.Make**

7	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 14312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

## Χώρος Υ06Β:



<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	20000 lm
Total power	216 W
Total power per area (76.77 m <sup>2</sup> )	2.81 W/m <sup>2</sup> (1.42 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 198 lx
Minimum illuminance	Emin 8 lx
Maximum illuminance	E <sub>max</sub> 823 lx
Uniformity g1	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub> 1:33.4 (0.03)
Uniformity g2	E <sub>min</sub> /E <sub>max</sub> 1:139 (0.01)

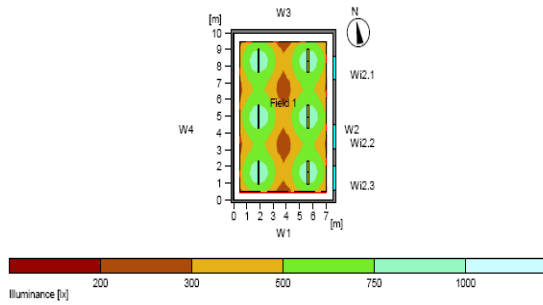
**Type No.Make**

6	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 14311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

Ισόγειο

Χώρος 005:

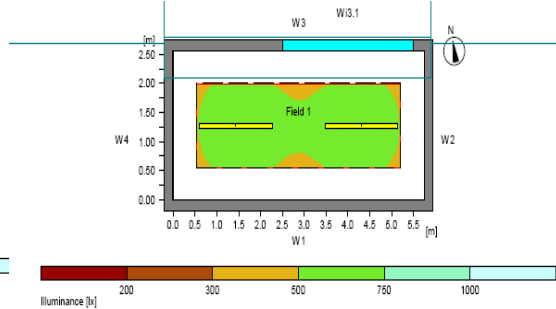


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	60000 lm
Total power	680.4 W
Total power per area (75.50 m <sup>2</sup> )	9.01 W/m <sup>2</sup> (1.65 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 548 lx
Minimum illuminance	Emin 234 lx
Maximum illuminance	Emax 911 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.34 (0.43)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.89 (0.26)

<b>Type No./Make</b>	
6	6
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: 14311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

Χώρος 007:

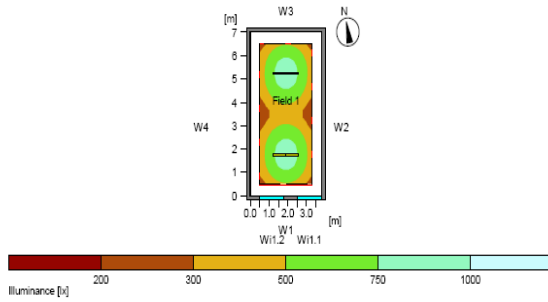


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14600 lm
Total power	147 W
Total power per area (14.66 m <sup>2</sup> )	10.03 W/m <sup>2</sup> (1.73 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 579 lx
Minimum illuminance	Emin 468 lx
Maximum illuminance	Emax 690 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.24 (0.81)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:1.47 (0.68)

<b>Type No./Make</b>	
7	2
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: 14312-4344
Luminaire name	: Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

Χώρος 010:

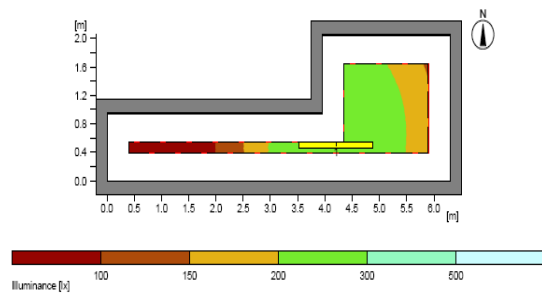


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	20000 lm
Total power	226.8 W
Total power per area (26.60 m <sup>2</sup> )	8.53 W/m <sup>2</sup> (1.56 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 546 lx
Minimum illuminance	Emin 226 lx
Maximum illuminance	Emax 892 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.42 (0.41)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.95 (0.25)

<b>Type No./Make</b>	
6	2
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: 14311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

Χώρος 018Γ:



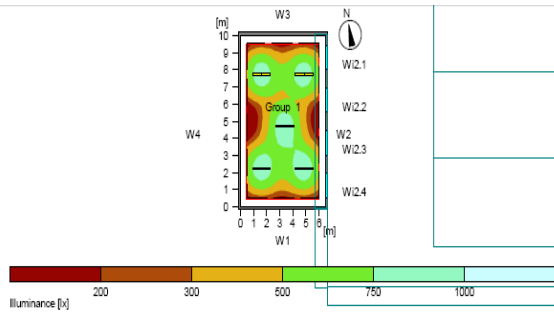
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.50 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	5800 lm
Total power	58.8 W
Total power per area (8.57 m <sup>2</sup> )	6.86 W/m <sup>2</sup> (3.36 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 204 lx
Minimum illuminance	Emin 22 lx
Maximum illuminance	Emax 286 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:9.23 (0.11)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:12.9 (0.08)

<b>Type No./Make</b>	
5	1
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: 14310-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος 019:



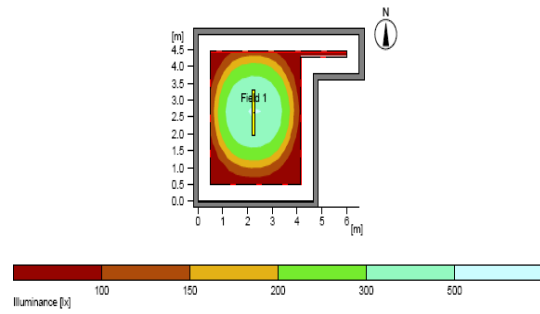
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
<b>Total luminous flux of all lamps</b>	
Total power	567 W
Total power per area (65.33 m <sup>2</sup> )	8.68 W/m <sup>2</sup> (1.60 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 544 lx
Minimum illuminance	Emin 91 lx
Maximum illuminance	Emax 916 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:5.95 (0.17)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:10 (0.1)

Type No./Make

6	5	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 019B:



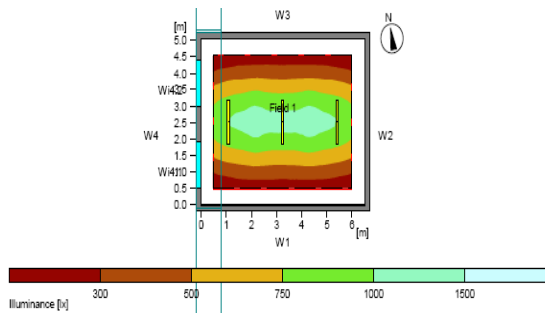
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
<b>Total luminous flux of all lamps</b>	
Total power	580 W
Total power per area (25.15 m <sup>2</sup> )	2.34 W/m <sup>2</sup> (1.08 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 216 lx
Minimum illuminance	Emin 31 lx
Maximum illuminance	Emax 512 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:6.89 (0.15)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:16.3 (0.06)

Type No./Make

5	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4310-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

## Χώρος 023A:



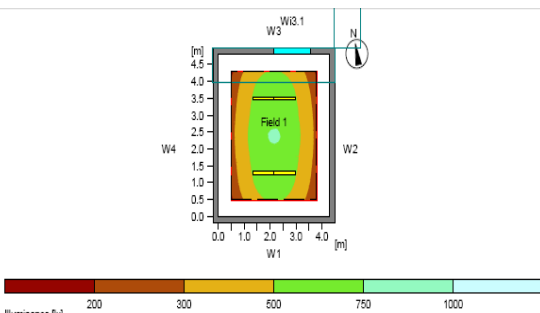
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
<b>Total luminous flux of all lamps</b>	
Total power	340.2 W
Total power per area (32.83 m <sup>2</sup> )	10.36 W/m <sup>2</sup> (1.61 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 644 lx
Minimum illuminance	Emin 199 lx
Maximum illuminance	Emax 1100 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:3.24 (0.31)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.55 (0.18)

Type No./Make

6	3	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 023B:



<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
<b>Total luminous flux of all lamps</b>	
Total power	1460 W
Total power per area (20.64 m <sup>2</sup> )	7.12 W/m <sup>2</sup> (1.44 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 494 lx
Minimum illuminance	Emin 211 lx
Maximum illuminance	Emax 764 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:2.34 (0.43)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.61 (0.28)

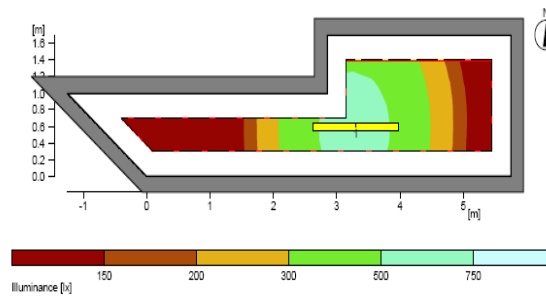
Type No./Make

7	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm



## Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

### Χώρος 029:



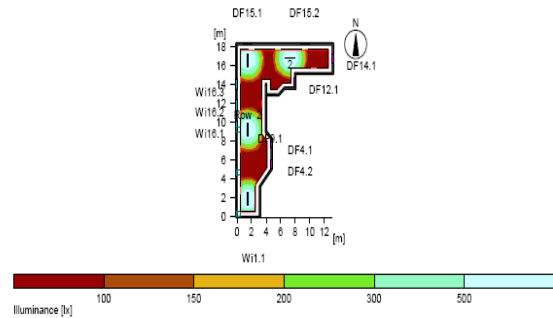
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	5800 lm
Total power	58.8 W
Total power per area (8.41 m <sup>2</sup> )	7.00 W/m <sup>2</sup> (2.41 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 290 lx
Minimum illuminance	Emin 8 lx
Maximum illuminance	Emax 583 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:35.6 (0.03)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:71.5 (0.01)

**Type No.Make**

5	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 14310-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

### Χώρος 033B:



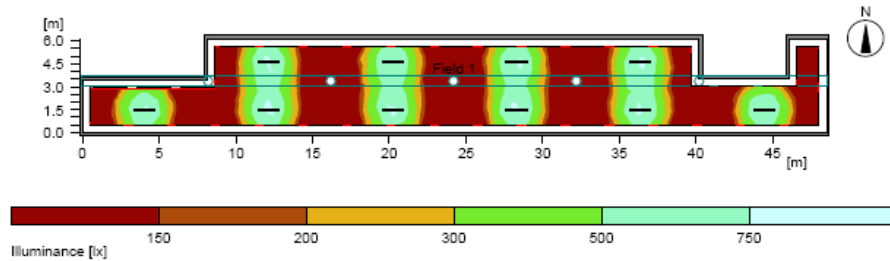
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	40000 lm
Total power	453.6 W
Total power per area (105.32 m <sup>2</sup> )	4.31 W/m <sup>2</sup> (1.85 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 232 lx
Minimum illuminance	Emin 8 lx
Maximum illuminance	Emax 765 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:30.4 (0.03)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:100 (0.01)

**Type No.Make**

6	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 14311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

### Χώρος 033:



<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	100000 lm
Total power	1134 W
Total power per area (261.19 m <sup>2</sup> )	4.34 W/m <sup>2</sup> (1.50 W/m <sup>2</sup> /100lx)

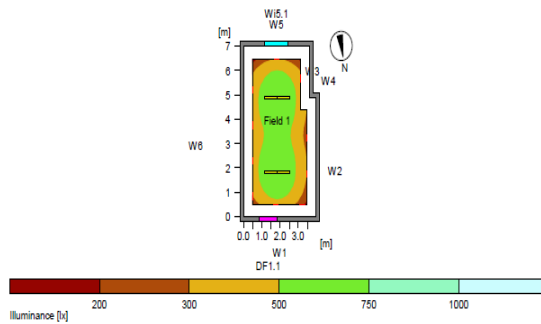
<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 289 lx
Minimum illuminance	Emin 18 lx
Maximum illuminance	Emax 778 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:16.2 (0.06)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:43.5 (0.02)

**Type No.Make**

6	10	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 14311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## 1<sup>ος</sup> όροφος

### Χώρος 101:



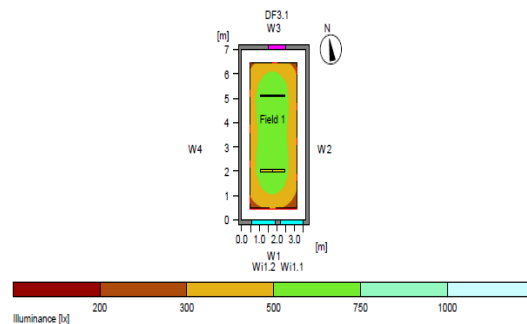
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	20000 lm
Total power	226 W
Total power per area (26.92 m <sup>2</sup> )	8.40 W/m <sup>2</sup> (1.64 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 513 lx
Minimum illuminance	Emin 221 lx
Maximum illuminance	Emax 751 lx
Uniformity g1	Emin/Eav 1:2.33 (0.43)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.41 (0.29)

**Type No./Make**

6	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

### Χώρος 102:



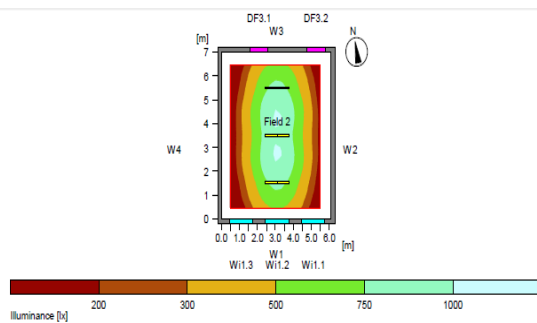
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	20000 lm
Total power	226 W
Total power per area (25.55 m <sup>2</sup> )	8.85 W/m <sup>2</sup> (1.75 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 505 lx
Minimum illuminance	Emin 248 lx
Maximum illuminance	Emax 674 lx
Uniformity g1	Emin/Eav 1:2.03 (0.49)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.72 (0.37)

**Type No./Make**

6	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

### Χώρος 105A:



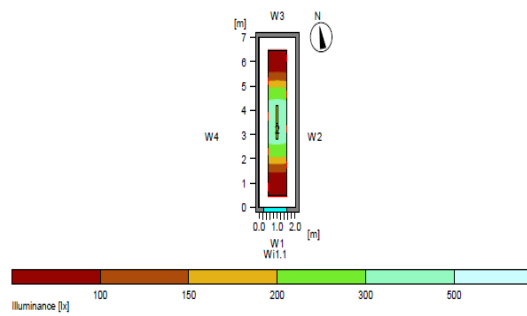
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	30000 lm
Total power	339 W
Total power per area (42.70 m <sup>2</sup> )	7.94 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 518 lx
Minimum illuminance	Emin 91 lx
Maximum illuminance	Emax 1020 lx
Uniformity g1	Emin/Eav 1:5.66 (0.18)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:11.2 (0.09)

**Type No./Make**

6	3	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

### Χώρος 105B:



<b>General</b>	
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	5800 lm
Total power	59 W
Total power per area (14.35 m <sup>2</sup> )	4.11 W/m <sup>2</sup> (2.01 W/m <sup>2</sup> /100lx)

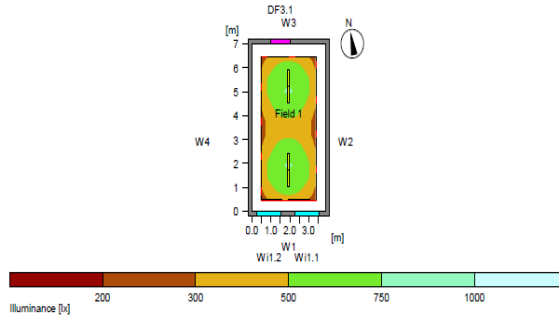
<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 205 lx
Minimum illuminance	Emin 29 lx
Maximum illuminance	Emax 416 lx
Uniformity g1	Emin/Eav 1:7.09 (0.14)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:14.4 (0.07)

**Type No./Make**

5	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4310-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος 106:



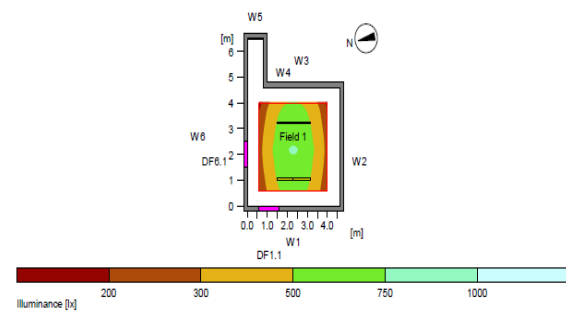
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	20000 lm
Total power	226 W
Total power per area (27.30 m <sup>2</sup> )	8.28 W/m <sup>2</sup> (1.63 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 508 lx
Minimum illuminance	Emin 254 lx
Maximum illuminance	Emax 760 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2 (0.5)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.99 (0.33)

**Type No./Make**

6	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 109:



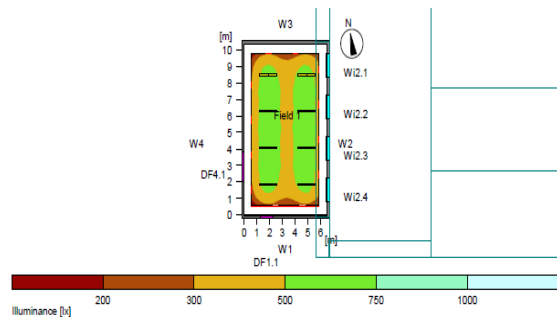
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14600 lm
Total power	148 W
Total power per area (22.68 m <sup>2</sup> )	6.53 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 491 lx
Minimum illuminance	Emin 198 lx
Maximum illuminance	Emax 765 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.48 (0.4)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.87 (0.26)

**Type No./Make**

7	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

## Χώρος 110:



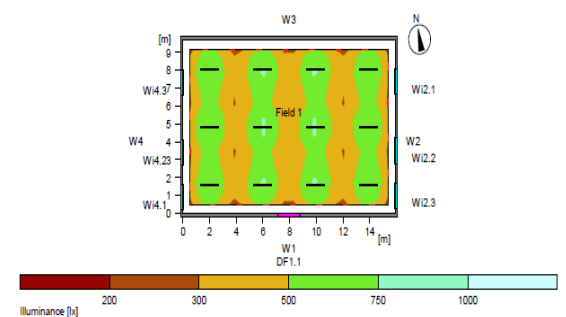
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	46400 lm
Total power	472 W
Total power per area (67.28 m <sup>2</sup> )	7.02 W/m <sup>2</sup> (1.42 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 495 lx
Minimum illuminance	Emin 228 lx
Maximum illuminance	Emax 653 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.17 (0.46)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.86 (0.35)

**Type No./Make**

5	8	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4310-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

## Χώρος 111:



<b>General</b>	
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	120000 lm
Total power	1356 W
Total power per area (154.23 m <sup>2</sup> )	8.79 W/m <sup>2</sup> (1.72 W/m <sup>2</sup> /100lx)

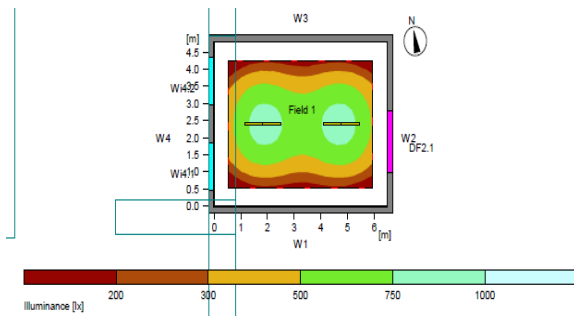
<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 511 lx
Minimum illuminance	Emin 289 lx
Maximum illuminance	Emax 793 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.77 (0.57)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.74 (0.36)

**Type No./Make**

6	12	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος 112:

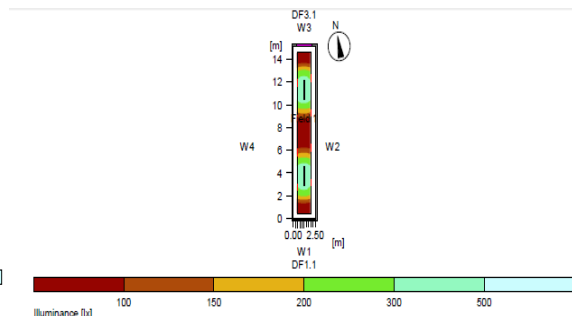


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	20000 lm
Total power	226 W
Total power per area (31.20 m <sup>2</sup> )	7.24 W/m <sup>2</sup> (1.45 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 501 lx
Minimum illuminance	Emin 148 lx
Maximum illuminance	Emax 850 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.38 (0.3)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.73 (0.17)

<b>Type</b>	No.	Make
6	2	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4311-4343 Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 117:

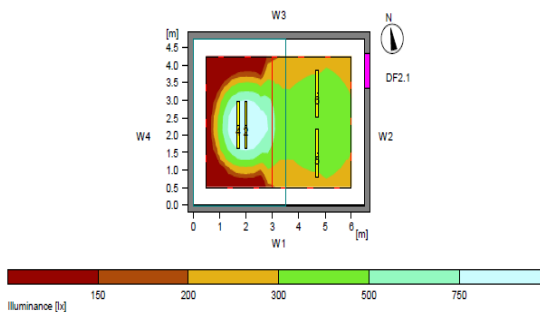


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14600 lm
Total power	148 W
Total power per area (37.75 m <sup>2</sup> )	3.92 W/m <sup>2</sup> (1.90 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 206 lx
Minimum illuminance	Emin 29 lx
Maximum illuminance	Emax 475 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:7.16 (0.14)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:16.5 (0.06)

<b>Type</b>	No.	Make
7	2	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4312-4344 Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

## Χώρος 114 (κυρίως χώρος):

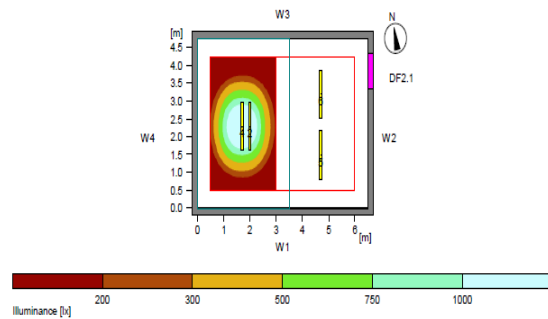


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	23200 lm
Total power	236 W
Total power per area (30.88 m <sup>2</sup> )	7.64 W/m <sup>2</sup> (2.14 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 358 lx
Minimum illuminance	Emin 31 lx
Maximum illuminance	Emax 1240 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:11.4 (0.09)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:39.5 (0.03)

<b>Type</b>	No.	Make
5	4	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4310-4343 Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

## Χώρος 114 (πατάρι):



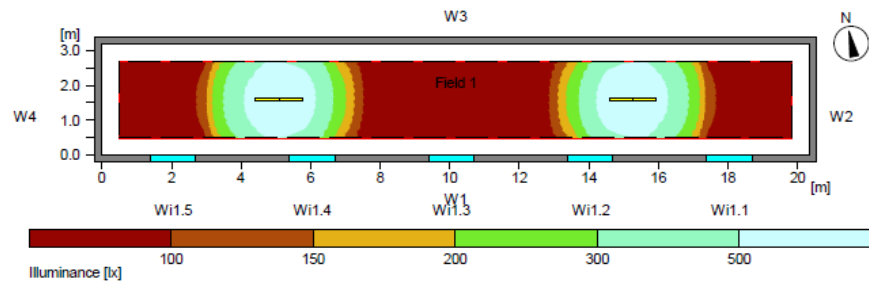
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	2.85 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	23200 lm
Total power	236 W
Total power per area (30.88 m <sup>2</sup> )	7.64 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 432 lx
Minimum illuminance	Emin 54 lx
Maximum illuminance	Emax 1510 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:7.98 (0.13)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:27.9 (0.04)

<b>Type</b>	No.	Make
5	4	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4310-4343 Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

## Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

### Χώρος 118Α:



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	20000 lm
Total power	226 W
Total power per area (65.12 m <sup>2</sup> )	3.47 W/m <sup>2</sup> (1.68 W/m <sup>2</sup> /100lx)

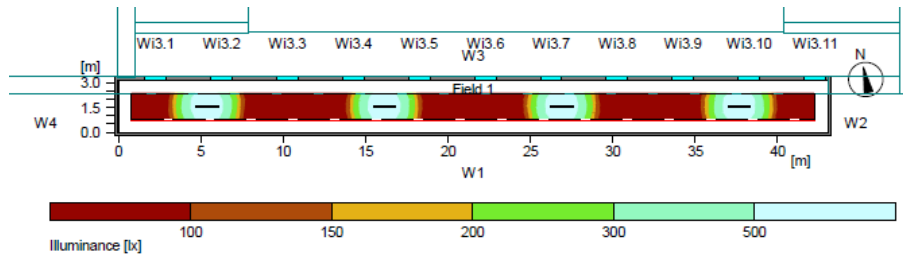
#### Illuminance

Average illuminance	Eav	207 lx
Minimum illuminance	Emin	8 lx
Maximum illuminance	Emax	784 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:27 (0.04)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:103 (0.01)

#### Type No.\Make

6	2	<b>Gallis Lighting S.A.</b>
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

### Χώρος 118B:



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.60 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	40000 lm
Total power	452 W
Total power per area (137.76 m <sup>2</sup> )	3.28 W/m <sup>2</sup> (1.67 W/m <sup>2</sup> /100lx)

#### Illuminance

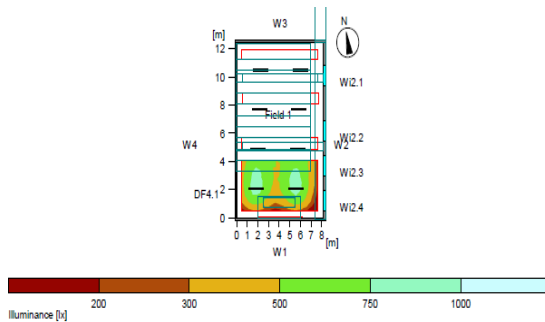
Average illuminance	Eav	197 lx
Minimum illuminance	Emin	6 lx
Maximum illuminance	Emax	750 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:34.3 (0.03)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:131 (0.01)

#### Type No.\Make

6	4	<b>Gallis Lighting S.A.</b>
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## 2<sup>ος</sup> όροφος

### Χώρος 201 (1):

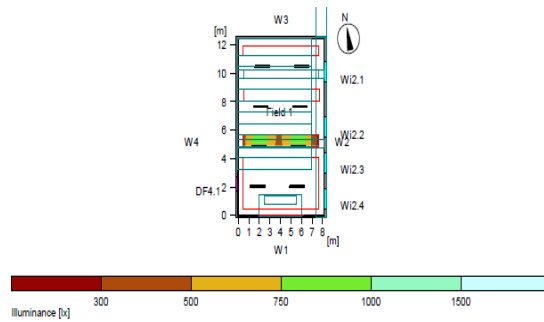


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	80000 lm
Total power	907.2 W
Total power per area (101.06 m <sup>2</sup> )	8.98 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 550 lx
Minimum illuminance	Emin 164 lx
Maximum illuminance	Emax 849 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.35 (0.3)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.18 (0.19)

<b>Type No./Make</b>	
6	8
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: I4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

### Χώρος 201 (2):

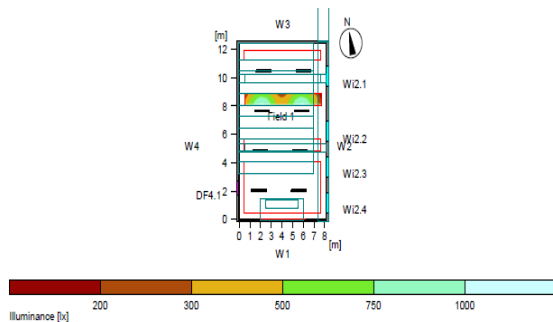


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	1.22 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	80000 lm
Total power	907.2 W
Total power per area (101.06 m <sup>2</sup> )	8.98 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 677 lx
Minimum illuminance	Emin 296 lx
Maximum illuminance	Emax 941 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.29 (0.44)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.18 (0.31)

<b>Type No./Make</b>	
6	8
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: I4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

### Χώρος 201 (3):

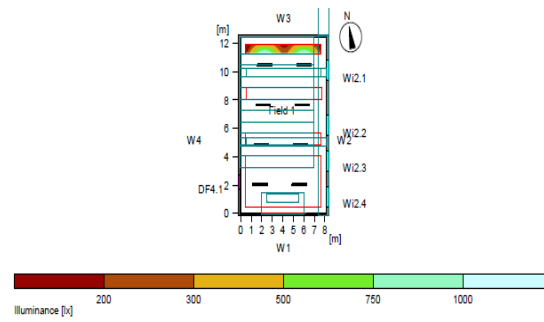


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	1.78 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	80000 lm
Total power	907.2 W
Total power per area (101.06 m <sup>2</sup> )	8.98 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 564 lx
Minimum illuminance	Emin 192 lx
Maximum illuminance	Emax 985 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.94 (0.34)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.13 (0.19)

<b>Type No./Make</b>	
6	8
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: I4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

### Χώρος 201 (4):



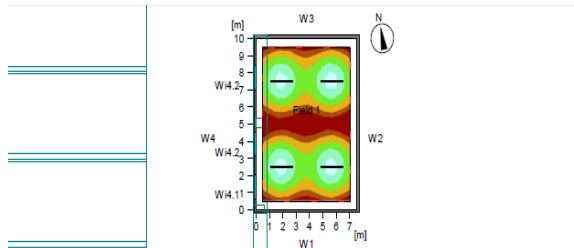
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	2.34 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	80000 lm
Total power	907.2 W
Total power per area (101.06 m <sup>2</sup> )	8.98 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 436 lx
Minimum illuminance	Emin 137 lx
Maximum illuminance	Emax 906 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.18 (0.31)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:6.59 (0.15)

<b>Type No./Make</b>	
6	8
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: I4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος 203:



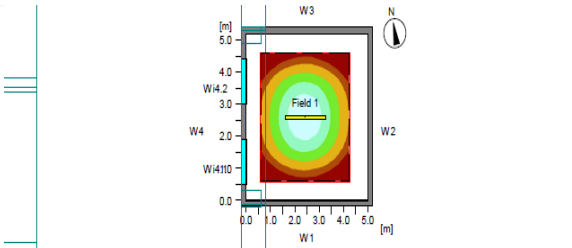
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	56000 lm
Total power	672 W
Total power per area (75.50 m <sup>2</sup> )	8.90 W/m <sup>2</sup> (1.70 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 523 lx
Minimum illuminance	Emin 142 lx
Maximum illuminance	Emax 1070 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.69 (0.27)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:7.55 (0.13)

Type No./Make

8	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4313-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X80W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 7000 lm

## Χώρος 205A:



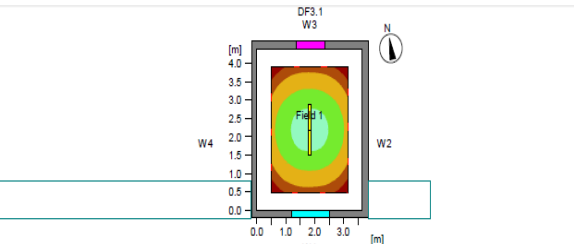
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14000 lm
Total power	168 W
Total power per area (26.00 m <sup>2</sup> )	6.46 W/m <sup>2</sup> (1.25 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 515 lx
Minimum illuminance	Emin 80 lx
Maximum illuminance	Emax 1220 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:6.42 (0.16)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:15.2 (0.07)

Type No./Make

8	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4313-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X80W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 7000 lm

## Χώρος 206:



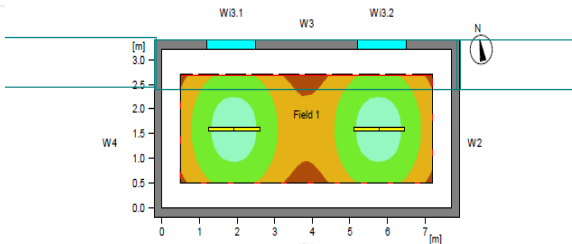
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10000 lm
Total power	113.4 W
Total power per area (16.06 m <sup>2</sup> )	7.06 W/m <sup>2</sup> (1.41 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 501 lx
Minimum illuminance	Emin 172 lx
Maximum illuminance	Emax 875 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.92 (0.34)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.1 (0.2)

Type No./Make

6	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 207A:



General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	20000 lm
Total power	226.8 W
Total power per area (24.64 m <sup>2</sup> )	9.20 W/m <sup>2</sup> (1.66 W/m <sup>2</sup> /100lx)

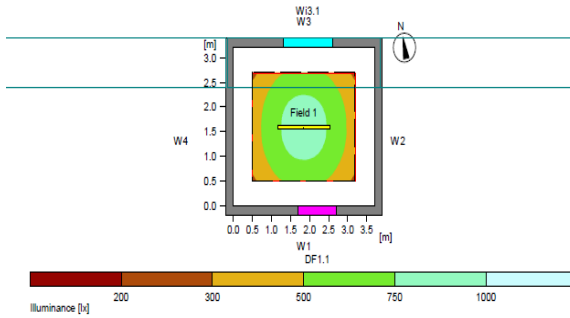
<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 555 lx
Minimum illuminance	Emin 242 lx
Maximum illuminance	Emax 891 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.29 (0.44)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.67 (0.27)

Type No./Make

6	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος 209:

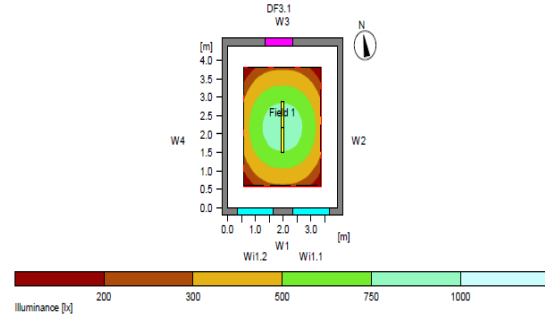


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10000 lm
Total power	113.4 W
Total power per area (11.84 m <sup>2</sup> )	9.58 W/m <sup>2</sup> (1.59 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 604 lx
Minimum illuminance	Emin 296 lx
Maximum illuminance	Emax 890 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:2.04 (0.49)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3 (0.33)

<b>Type No./Make</b>	
6	1 Gallis Lighting S.A.
	Order No. : I4311-4343
	Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
	Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 210:

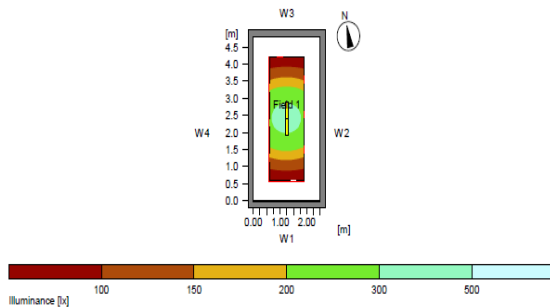


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10000 lm
Total power	113.4 W
Total power per area (17.38 m <sup>2</sup> )	6.52 W/m <sup>2</sup> (1.26 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 517 lx
Minimum illuminance	Emin 165 lx
Maximum illuminance	Emax 919 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:3.13 (0.32)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.57 (0.18)

<b>Type No./Make</b>	
6	1 Gallis Lighting S.A.
	Order No. : I4311-4343
	Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
	Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 223:

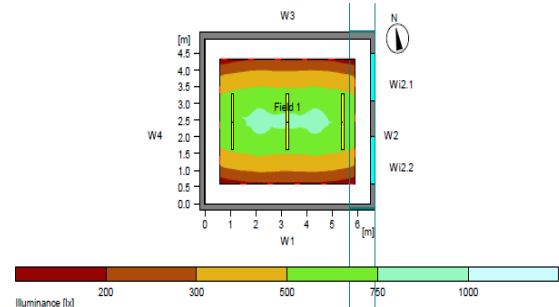


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	3800 lm
Total power	49 W
Total power per area (12.00 m <sup>2</sup> )	4.08 W/m <sup>2</sup> (2.02 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 203 lx
Minimum illuminance	Emin 70 lx
Maximum illuminance	Emax 332 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:2.88 (0.35)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:4.72 (0.21)

<b>Type No./Make</b>	
3	1 Gallis Lighting S.A.
	Order No. : 4308-4062
	Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver
	Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

## Χώρος 224:



<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	21900 lm
Total power	220.5 W
Total power per area (32.17 m <sup>2</sup> )	6.85 W/m <sup>2</sup> (1.37 W/m <sup>2</sup> /100lx)

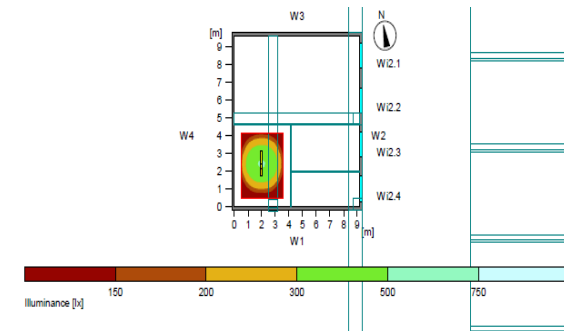
<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 501 lx
Minimum illuminance	Emin 186 lx
Maximum illuminance	Emax 794 lx
Uniformity g1	Emin/Emax 1:2.69 (0.37)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:4.27 (0.23)

<b>Type No./Make</b>	
7	3 Gallis Lighting S.A.
	Order No. : I4312-4344
	Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
	Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm



# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος 225:

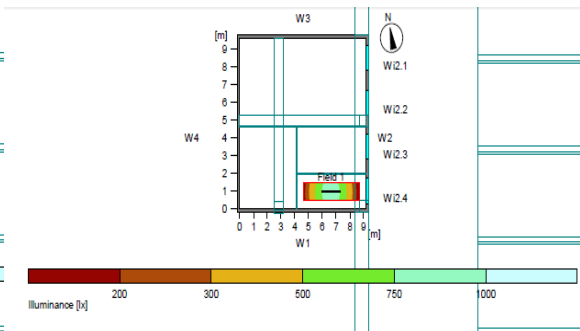


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	5800 lm
Total power	58.8 W
Total power per area (88.32 m <sup>2</sup> )	0.67 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 252 lx
Minimum illuminance	Emin 44 lx
Maximum illuminance	Emax 510 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:5.7 (0.18)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:11.5 (0.09)

<b>Type No./Make</b>	
5	1
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: I4310-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

## Χώρος 225B:

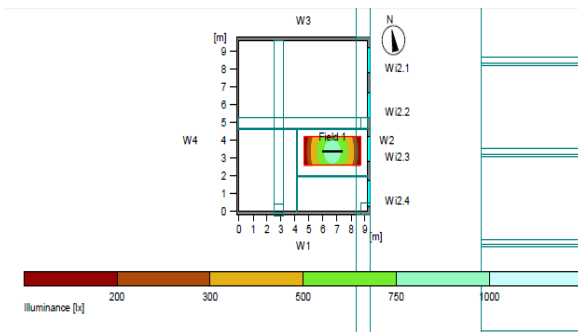


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10000 lm
Total power	113.4 W
Total power per area (88.32 m <sup>2</sup> )	1.28 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 553 lx
Minimum illuminance	Emin 162 lx
Maximum illuminance	Emax 925 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.4 (0.29)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.7 (0.18)

<b>Type No./Make</b>	
6	1
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: I4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 225Γ:

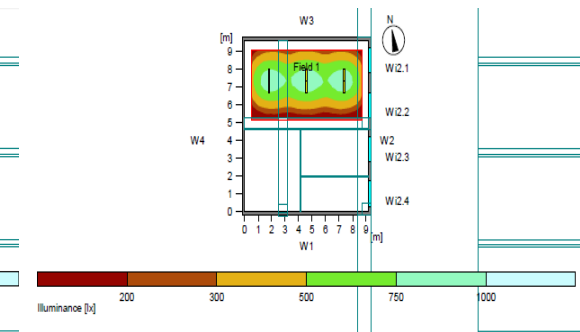


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10000 lm
Total power	113.4 W
Total power per area (88.32 m <sup>2</sup> )	1.28 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 509 lx
Minimum illuminance	Emin 148 lx
Maximum illuminance	Emax 889 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.43 (0.29)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.99 (0.17)

<b>Type No./Make</b>	
6	1
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: I4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 225Δ:



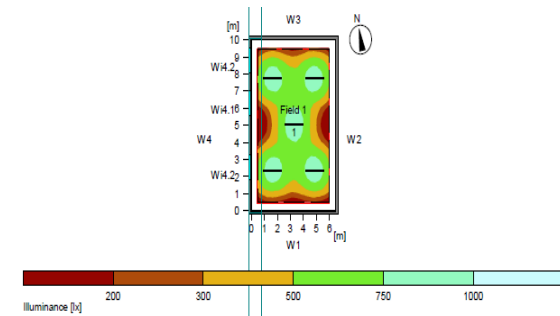
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	30000 lm
Total power	340.2 W
Total power per area (88.32 m <sup>2</sup> )	3.85 W/m <sup>2</sup>

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 506 lx
Minimum illuminance	Emin 104 lx
Maximum illuminance	Emax 910 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:4.87 (0.21)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:8.75 (0.11)

<b>Type No./Make</b>	
6	3
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: I4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος 226:



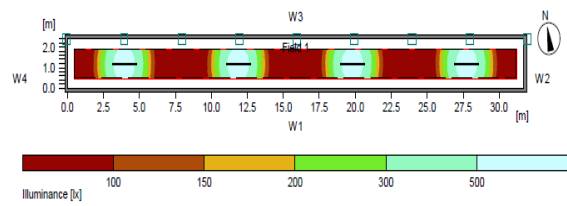
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	50000 lm
Total power	567 W
Total power per area (65.00 m <sup>2</sup> )	8.72 W/m <sup>2</sup> (1.59 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 547 lx
Minimum illuminance	Emin 95 lx
Maximum illuminance	Emax 932 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:5.78 (0.17)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:9.85 (0.1)

**Type No./Make**

6	5	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

## Χώρος 233:



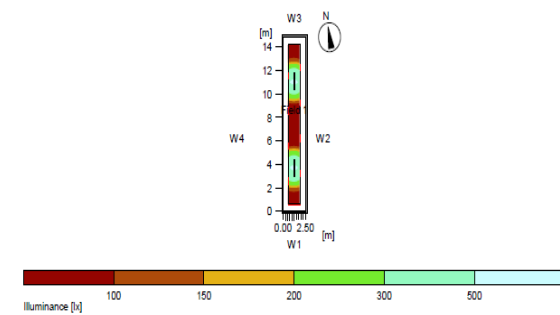
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	29200 lm
Total power	294 W
Total power per area (76.08 m <sup>2</sup> )	3.86 W/m <sup>2</sup> (1.76 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 219 lx
Minimum illuminance	Emin 13 lx
Maximum illuminance	Emax 637 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:17.3 (0.06)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:50.2 (0.02)

**Type No./Make**

7	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

## Χώρος 235:



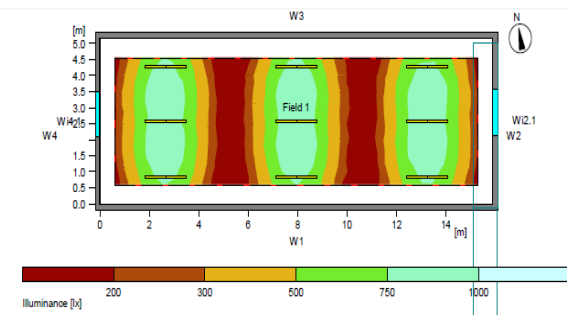
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	11600 lm
Total power	117.6 W
Total power per area (37.00 m <sup>2</sup> )	3.18 W/m <sup>2</sup> (1.63 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 195 lx
Minimum illuminance	Emin 6 lx
Maximum illuminance	Emax 544 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:30.3 (0.03)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:84.2 (0.01)

**Type No./Make**

5	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4310-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

## Χώρος 240:



<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	65700 lm
Total power	661.5 W
Total power per area (81.89 m <sup>2</sup> )	8.08 W/m <sup>2</sup> (1.57 W/m <sup>2</sup> /100lx)

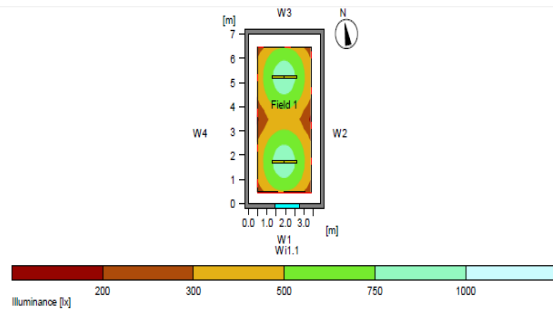
<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 513 lx
Minimum illuminance	Emin 118 lx
Maximum illuminance	Emax 968 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:4.34 (0.23)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:8.19 (0.12)

**Type No./Make**

7	9	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

### 3<sup>ος</sup> όροφος

#### Χώρος 301B:

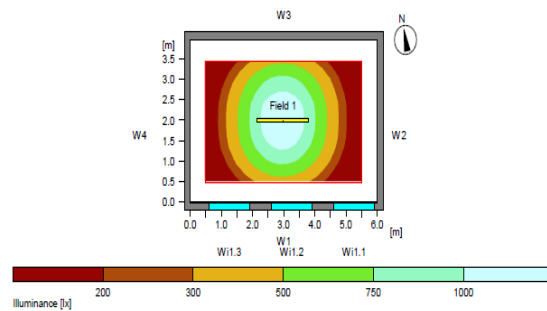


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	20000 lm
Total power	226.8 W
Total power per area (27.30 m <sup>2</sup> )	8.31 W/m <sup>2</sup> (1.55 W/m <sup>2</sup> /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 536 lx
Minimum illuminance	Emin 197 lx
Maximum illuminance	Emax 893 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.72 (0.37)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:4.53 (0.22)

Type	No.	Make
6	2	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4311-4343 Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

#### Χώρος 301Γ:

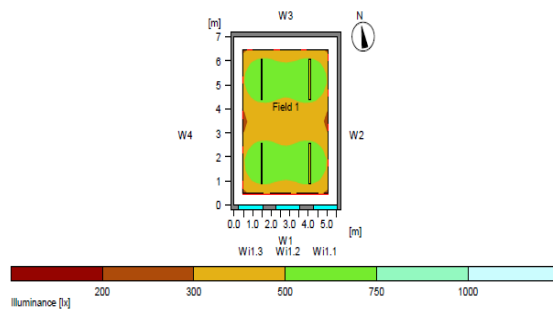


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14000 lm
Total power	168 W
Total power per area (23.70 m <sup>2</sup> )	7.09 W/m <sup>2</sup>

Illuminance	
Average illuminance	Eav 501 lx
Minimum illuminance	Emin 54 lx
Maximum illuminance	Emax 1250 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:9.34 (0.11)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:23.3 (0.04)

Type	No.	Make
8	1	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4313-4344 Luminaire name : Ikarus 2X80W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 7000 lm

#### Χώρος 302:

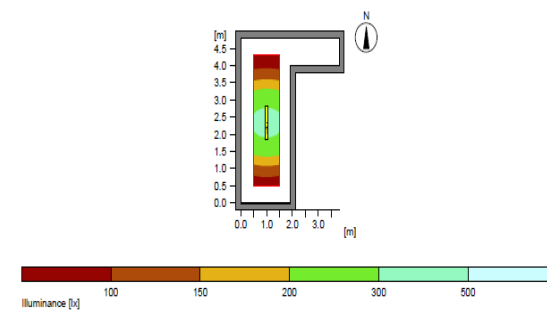


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	29200 lm
Total power	294 W
Total power per area (38.85 m <sup>2</sup> )	7.57 W/m <sup>2</sup> (1.50 W/m <sup>2</sup> /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 503 lx
Minimum illuminance	Emin 275 lx
Maximum illuminance	Emax 693 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.83 (0.55)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.52 (0.4)

Type	No.	Make
7	4	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4312-4344 Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

#### Χώρος 304B:



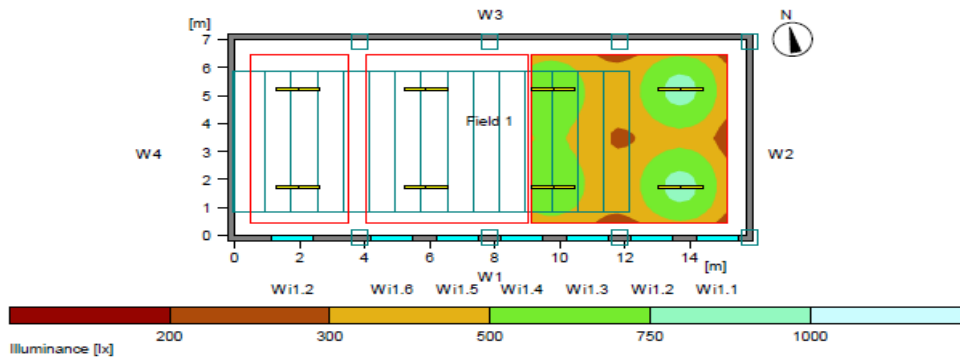
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	3800 lm
Total power	49 W
Total power per area (10.64 m <sup>2</sup> )	4.61 W/m <sup>2</sup>

Illuminance	
Average illuminance	Eav 203 lx
Minimum illuminance	Emin 62 lx
Maximum illuminance	Emax 333 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.26 (0.31)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.34 (0.19)

Type	No.	Make
3	1	Gallis Lighting S.A. Order No. : 4308-4062 Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

**Χώρος 303 (1):**



**General**

Calculation algorithm used  
 Height of evaluation surface  
 Maintenance factor

Average indirect fraction  
 0.80 m  
 0.80

Total luminous flux of all lamps  
 Total power  
 Total power per area (110.25 m<sup>2</sup>)

80000 lm  
 907.2 W  
 8.23 W/m<sup>2</sup>

**Illuminance**

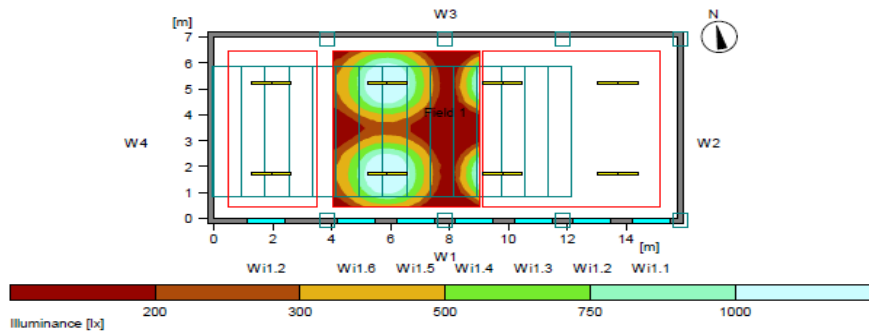
Average illuminance  
 Minimum illuminance  
 Maximum illuminance  
 Uniformity g1  
 Uniformity g2

Eav 500 lx  
 Emin 248 lx  
 Emax 826 lx  
 Emin/Em 1:2.01 (0.5)  
 Emin/Emax 1:3.33 (0.3)

**Type No./Make**

6 8 Gallis Lighting S.A.  
 Order No. : I4311-4343  
 Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver  
 Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

**Χώρος 303 (2):**



**General**

Calculation algorithm used  
 Height of evaluation surface  
 Maintenance factor

Average indirect fraction  
 2.00 m  
 0.80

Total luminous flux of all lamps  
 Total power  
 Total power per area (110.25 m<sup>2</sup>)

80000 lm  
 907.2 W  
 8.23 W/m<sup>2</sup>

**Illuminance**

Average illuminance  
 Minimum illuminance  
 Maximum illuminance  
 Uniformity g1  
 Uniformity g2

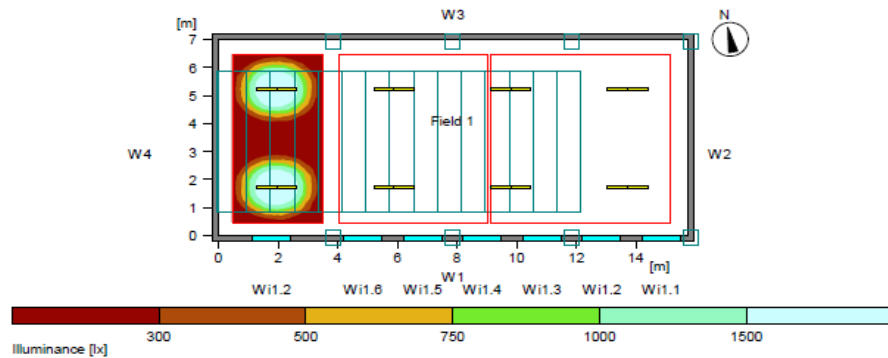
Eav 488 lx  
 Emin 81 lx  
 Emax 1500 lx  
 Emin/Em 1:6.03 (0.17)  
 Emin/Emax 1:18.5 (0.05)

**Type No./Make**

6 8 Gallis Lighting S.A.  
 Order No. : I4311-4343  
 Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver  
 Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

**Χώρος 303 (3):**



**General**  
 Calculation algorithm used  
 Height of evaluation surface  
 Maintenance factor

Average indirect fraction  
 2.75 m  
 0.80

Total luminous flux of all lamps  
 Total power  
 Total power per area (110.25 m<sup>2</sup>)

80000 lm  
 907.2 W  
 8.23 W/m<sup>2</sup>

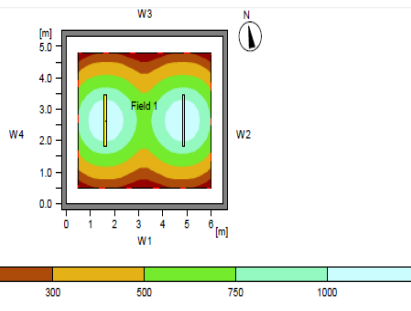
**Illuminance**  
 Average illuminance  
 Minimum illuminance  
 Maximum illuminance  
 Uniformity g1  
 Uniformity g2

Eav  
 Emin  
 Emax  
 Emin/Em  
 Emin/Emax

Type No.Make

6 8 Gallis Lighting S.A.  
 Order No. : I4311-4343  
 Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver  
 Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 5000 lm

**Χώρος 306:**



**General**  
 Calculation algorithm used  
 Height of evaluation surface  
 Height of luminaire plane  
 Maintenance factor

Average indirect fraction  
 0.75 m  
 2.60 m  
 0.80

Total luminous flux of all lamps  
 Total power  
 Total power per area (34.45 m<sup>2</sup>)

28000 lm  
 336 W  
 9.75 W/m<sup>2</sup> (1.59 W/m<sup>2</sup>/100lx)

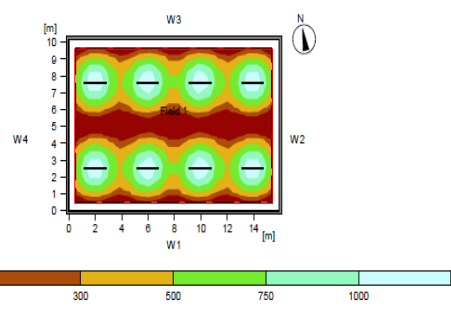
**Illuminance**  
 Average illuminance  
 Minimum illuminance  
 Maximum illuminance  
 Uniformity g1  
 Uniformity g2

Eav  
 Emin  
 Emax  
 Emin/Em  
 Emin/Emax

Type No.Make

8 2 Gallis Lighting S.A.  
 Order No. : I4313-4344  
 Luminaire name : Ikarus 2X80W with Parabolic Louver  
 Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 7000 lm

**Χώρος 307:**



**General**  
 Calculation algorithm used  
 Height of evaluation surface  
 Height of luminaire plane  
 Maintenance factor

Average indirect fraction  
 0.75 m  
 2.60 m  
 0.80

Total luminous flux of all lamps  
 Total power  
 Total power per area (161.38 m<sup>2</sup>)

112000 lm  
 1344 W  
 8.33 W/m<sup>2</sup> (1.66 W/m<sup>2</sup>/100lx)

**Illuminance**  
 Average illuminance  
 Minimum illuminance  
 Maximum illuminance  
 Uniformity g1  
 Uniformity g2

Eav  
 Emin  
 Emax  
 Emin/Em  
 Emin/Emax

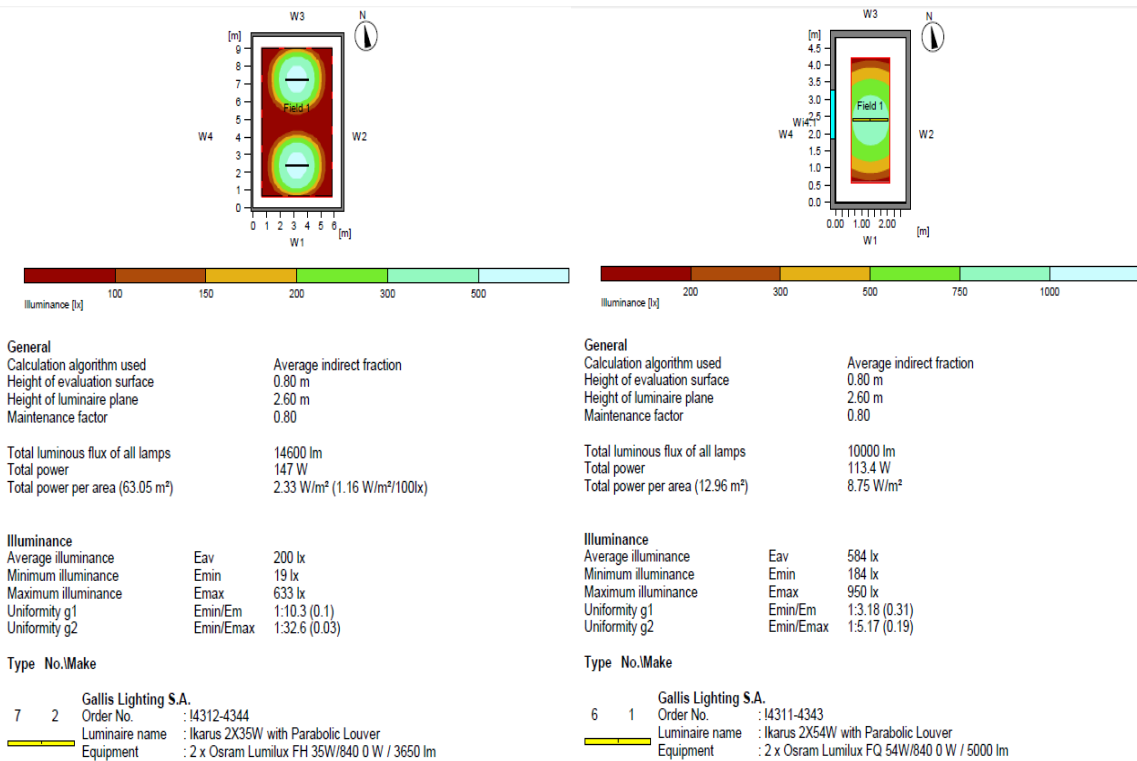
Type No.Make

8 8 Gallis Lighting S.A.  
 Order No. : I4313-4344  
 Luminaire name : Ikarus 2X80W with Parabolic Louver  
 Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 0 W / 7000 lm

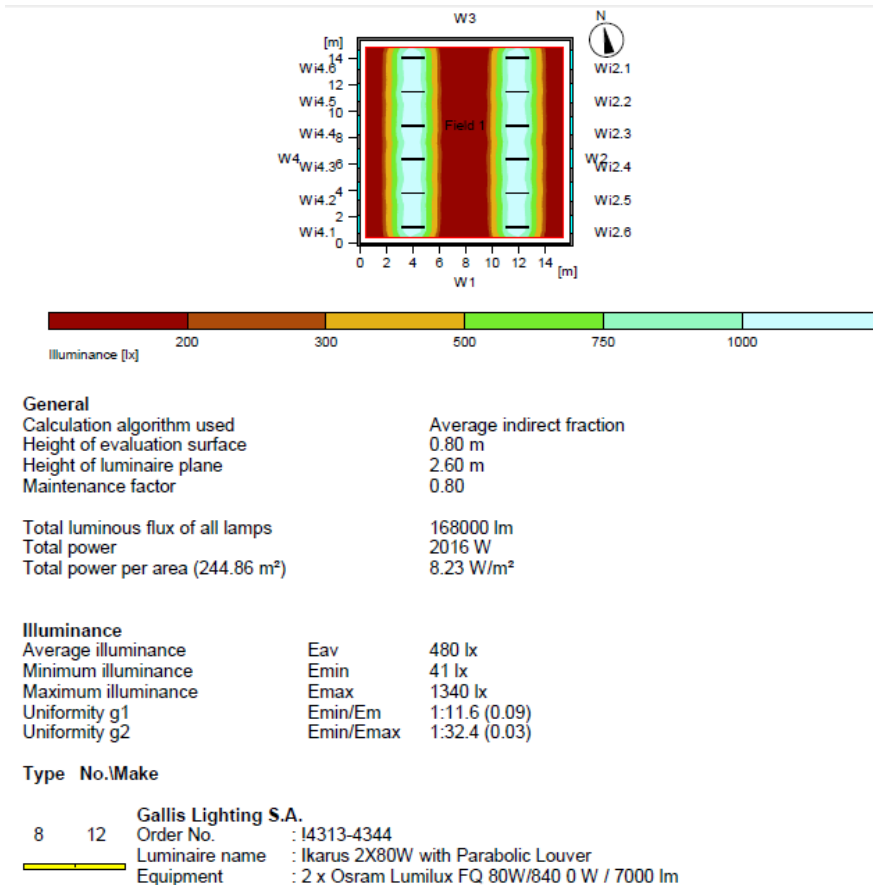
# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος 308:

## Χώρος 309:

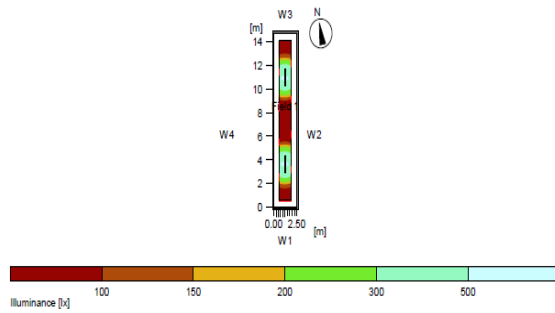


## Χώρος 310:



# Παράρτημα Α: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α)

## Χώρος 315:

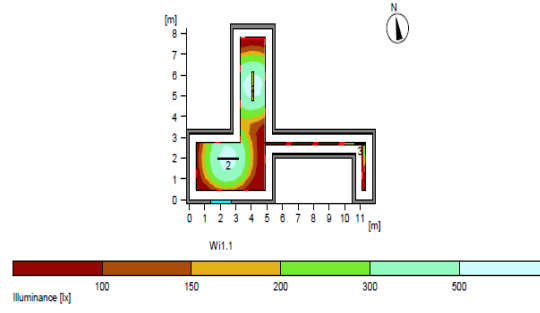


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	11600 lm
Total power	117.6 W
Total power per area (36.75 m <sup>2</sup> )	3.20 W/m <sup>2</sup> (1.61 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 199 lx
Minimum illuminance	Emin 9 lx
Maximum illuminance	Emax 545 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:22.2 (0.05)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:60.8 (0.02)

<b>Type</b>	<b>No.</b>	<b>Make</b>
5	2	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4310-4343 Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2900 lm

## Χώρος 317:

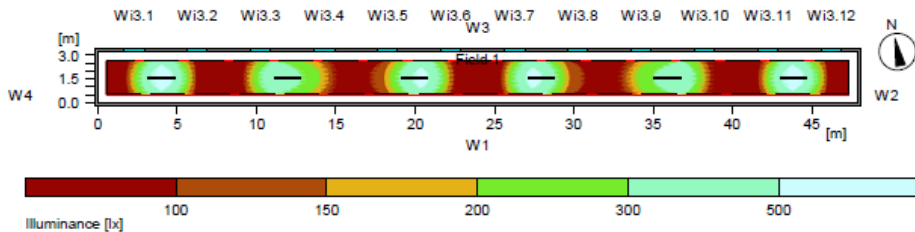


<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.90 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14000 lm
Total power	147 W
Total power per area (38.62 m <sup>2</sup> )	3.81 W/m <sup>2</sup> (1.55 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 246 lx
Minimum illuminance	Emin 4 lx
Maximum illuminance	Emax 609 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:54.8 (0.02)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:136 (0.01)

<b>Type</b>	<b>No.</b>	<b>Make</b>
1	1	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4306-4341 Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

## Χώρος 316:



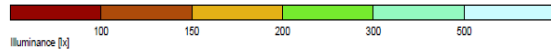
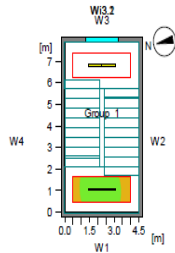
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	43800 lm
Total power	441 W
Total power per area (153.28 m <sup>2</sup> )	2.88 W/m <sup>2</sup> (1.42 W/m <sup>2</sup> /100lx)

<b>Illuminance</b>	
Average illuminance	Eav 202 lx
Minimum illuminance	Emin 10 lx
Maximum illuminance	Emax 658 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:19.3 (0.05)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:62.9 (0.02)

<b>Type</b>	<b>No.</b>	<b>Make</b>
7	6	Gallis Lighting S.A. Order No. : I4312-4344 Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

## Ανατολικό Κλιμακοστάσιο

### Ανατολικό κλιμακοστάσιο (1):



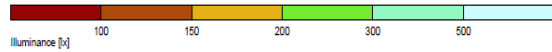
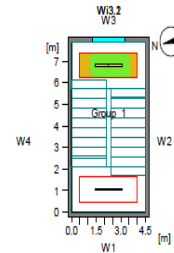
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	29200 lm
Total power	294 W
Total power per area (35.55 m <sup>2</sup> )	8.27 W/m <sup>2</sup>

Illuminance	
Average illuminance	Eav 219 lx
Minimum illuminance	Emin 162 lx
Maximum illuminance	Emax 261 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.35 (0.74)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:1.61 (0.62)

#### Type No./Make

2	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

### Ανατολικό κλιμακοστάσιο (2):



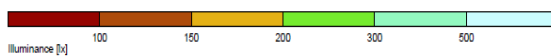
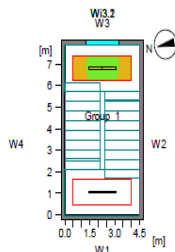
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	2.75 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	29200 lm
Total power	294 W
Total power per area (35.55 m <sup>2</sup> )	8.27 W/m <sup>2</sup>

Illuminance	
Average illuminance	Eav 214 lx
Minimum illuminance	Emin 163 lx
Maximum illuminance	Emax 249 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.32 (0.76)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:1.53 (0.65)

#### Type No./Make

2	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

### Ανατολικό κλιμακοστάσιο (3):



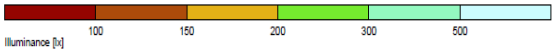
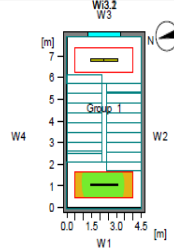
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	6.75 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	29200 lm
Total power	294 W
Total power per area (35.55 m <sup>2</sup> )	8.27 W/m <sup>2</sup>

Illuminance	
Average illuminance	Eav 199 lx
Minimum illuminance	Emin 154 lx
Maximum illuminance	Emax 230 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.29 (0.77)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:1.49 (0.67)

#### Type No./Make

2	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

### Ανατολικό κλιμακοστάσιο (4):



General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	4.75 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	29200 lm
Total power	294 W
Total power per area (35.55 m <sup>2</sup> )	8.27 W/m <sup>2</sup>

Illuminance	
Average illuminance	Eav 220 lx
Minimum illuminance	Emin 163 lx
Maximum illuminance	Emax 258 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.35 (0.74)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:1.58 (0.63)

#### Type No./Make

2	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : I4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3650 lm

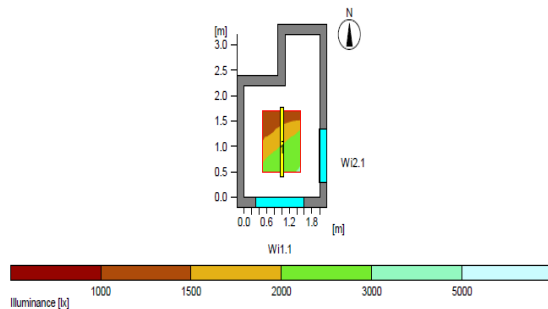


## Παράρτημα Β

# Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

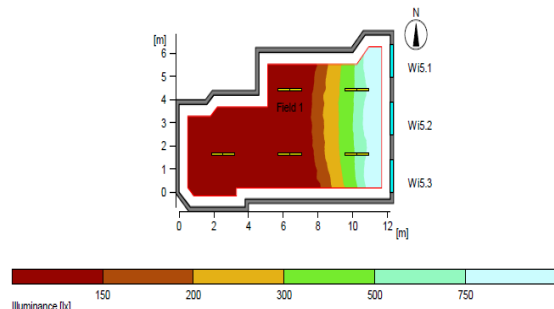
### Ισόγειο

#### Χώρος 001:



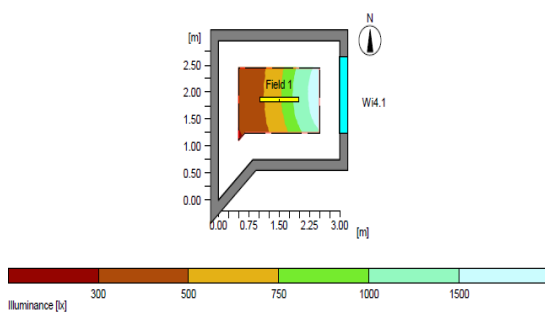
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)	
<b>Geographical data:</b>	
Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: 0.00 °
<b>Illuminance</b>	
Average daylight ratio	Dav : 13.5
Minimum daylight ratio	Dmin : 7.5
Maximum daylight ratio	Dmax : 20.9

#### Χώρος 003:



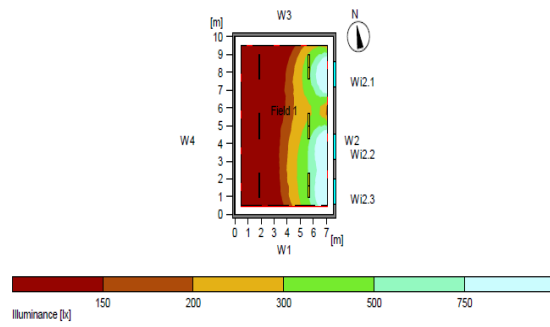
<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)	
<b>Geographical data:</b>	
Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: 0.00 °
<b>Illuminance</b>	
Average daylight ratio	Dav : 1.8
Minimum daylight ratio	Dmin : 0.2
Maximum daylight ratio	Dmax : 10.6

#### Χώρος 004:



<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)	
<b>Geographical data:</b>	
Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: 0.00 °
<b>Illuminance</b>	
Average daylight ratio	Dav : 5.6
Minimum daylight ratio	Dmin : 2
Maximum daylight ratio	Dmax : 13.7

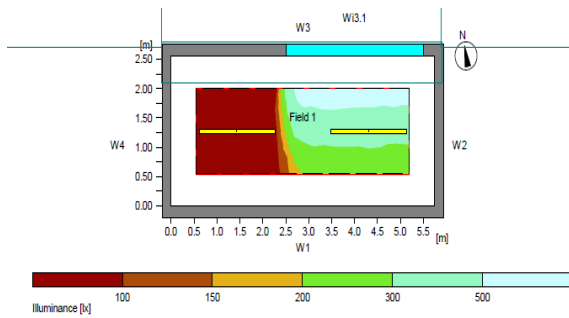
#### Χώρος 005:



<b>General</b>	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)	
<b>Geographical data:</b>	
Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °
<b>Illuminance</b>	
Average daylight ratio	Dav : 2
Minimum daylight ratio	Dmin : 0.4
Maximum daylight ratio	Dmax : 11.1

## Παράρτημα Β: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

### Χώρος 007:



#### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Height of luminaire plane: 2.60 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

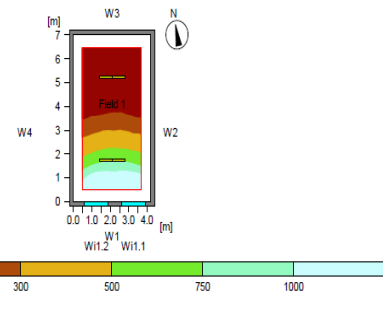
#### Geographical data:

Location : Athens  
 Latitude (degrees) : 37.98 °  
 Longitude (degrees) : 23.77 °  
 North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio : Dav : 1.6  
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.03  
 Maximum daylight ratio : Dmax : 4.05

### Χώρος 009:



#### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Height of luminaire plane: 2.60 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

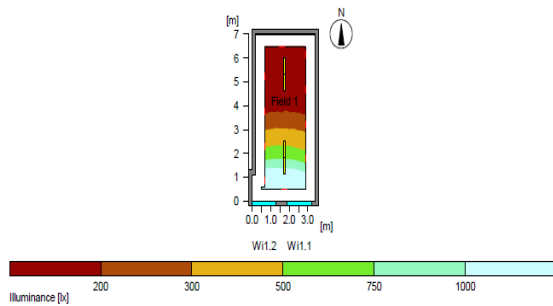
#### Geographical data:

Location : Athens  
 Latitude (degrees) : 37.98 °  
 Longitude (degrees) : 23.77 °  
 North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio : Dav : 2.8  
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.5  
 Maximum daylight ratio : Dmax : 12.1

### Χώρος 011:



#### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Height of luminaire plane: 2.60 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

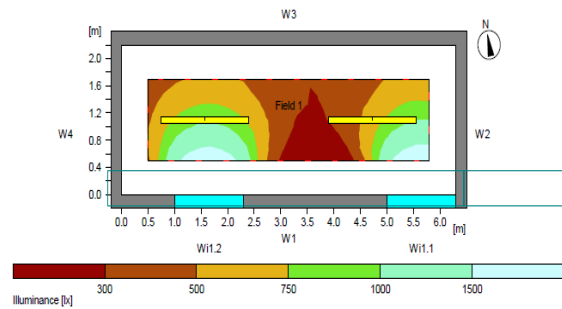
#### Geographical data:

Location : Athens  
 Latitude (degrees) : 37.98 °  
 Longitude (degrees) : 23.77 °  
 North angle : 0.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio : Dav : 3  
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.5  
 Maximum daylight ratio : Dmax : 12.7

### Χώρος 018:



#### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.75 m  
 Height of luminaire plane: 2.60 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

#### Geographical data:

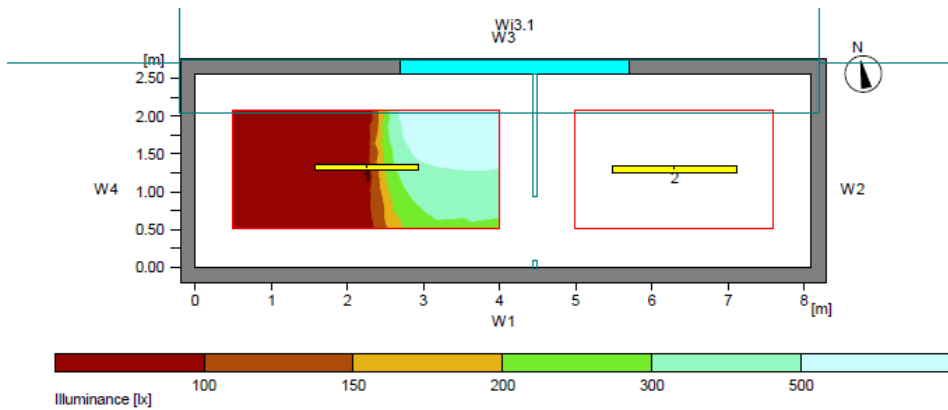
Location : Athens  
 Latitude (degrees) : 37.98 °  
 Longitude (degrees) : 23.77 °  
 North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio : Dav : 4.6  
 Minimum daylight ratio : Dmin : 1  
 Maximum daylight ratio : Dmax : 12

## Παράρτημα Β: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

### Χώρος 017 (1):



#### General

Calculation algorithm used  
Height of evaluation surface  
Calculation mode used:

Average indirect fraction  
0.80 m  
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

#### Geographical data:

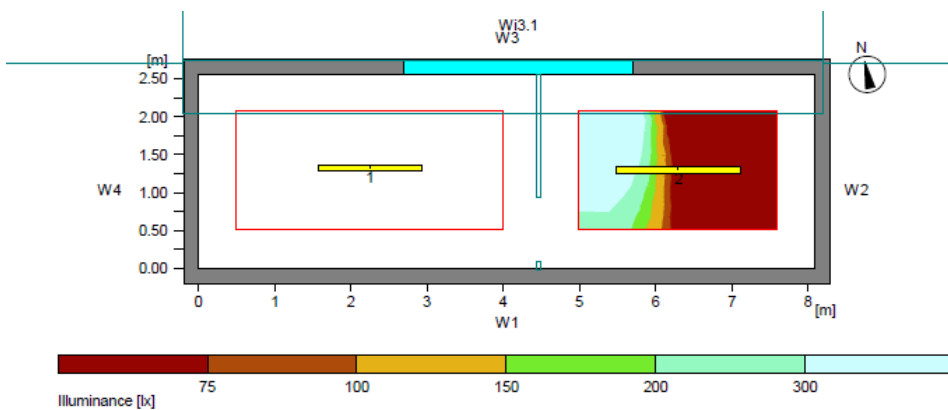
Location : Athens  
Latitude (degrees) : 37.98 °  
Longitude (degrees) : 23.77 °  
North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio  
Minimum daylight ratio  
Maximum daylight ratio

Dav : 1.55  
Dmin : 0.04  
Dmax : 5.61

### Χώρος 017 (2):



#### General

Calculation algorithm used  
Height of evaluation surface  
Calculation mode used:

Average indirect fraction  
0.80 m  
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

#### Geographical data:

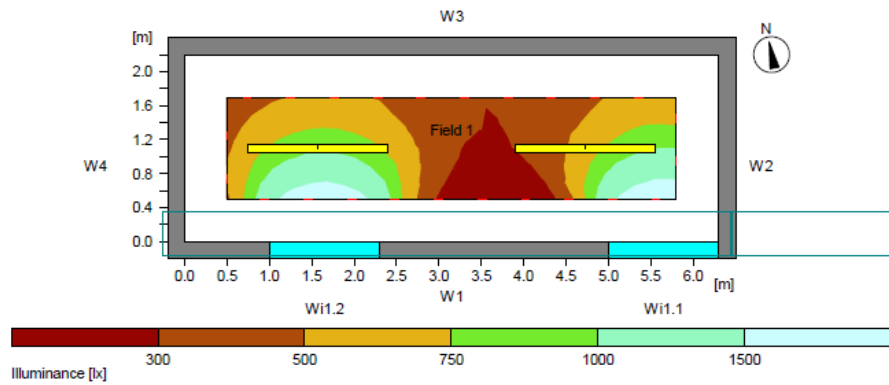
Location : Athens  
Latitude (degrees) : 37.98 °  
Longitude (degrees) : 23.77 °  
North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio  
Minimum daylight ratio  
Maximum daylight ratio

Dav : 1.21  
Dmin : 0.04  
Dmax : 5.3

**Χώρος 018:**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

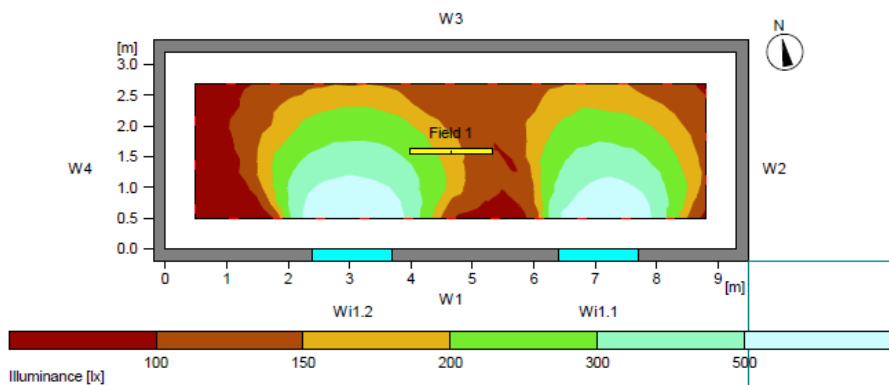
**Geographical data:**

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 4.6
Minimum daylight ratio	Dmin	: 1
Maximum daylight ratio	Dmax	: 12

**Χώρος 033A:**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

**Geographical data:**

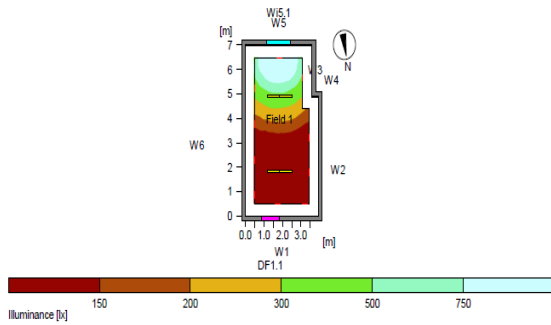
Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 1.65
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.18
Maximum daylight ratio	Dmax	: 6.43

## 1<sup>ος</sup> όροφος

### Χώρος 101:



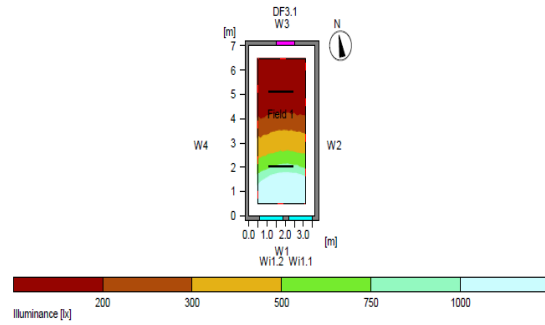
**General**  
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface : 0.75 m  
 Height of luminaire plane : 2.80 m  
 Calculation mode used: : Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:53)

**Geographical data:**  
 Location : Athens  
 Latitude (degrees) : 23.77 °  
 Longitude (degrees) : 37.98 °  
 North angle : 168.00 °

**Illuminance**  
 Average daylight ratio : Dav : 1.6  
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.2  
 Maximum daylight ratio : Dmax : 10.9

### Χώρος 102:



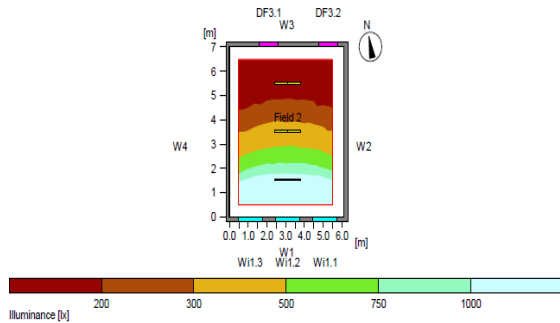
**General**  
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface : 0.75 m  
 Height of luminaire plane : 3.00 m  
 Calculation mode used: : Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:53)

**Geographical data:**  
 Location : Athens  
 Latitude (degrees) : 23.77 °  
 Longitude (degrees) : 37.98 °  
 North angle : -12.00 °

**Illuminance**  
 Average daylight ratio : Dav : 3  
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.5  
 Maximum daylight ratio : Dmax : 11.7

### Χώρος 105A:



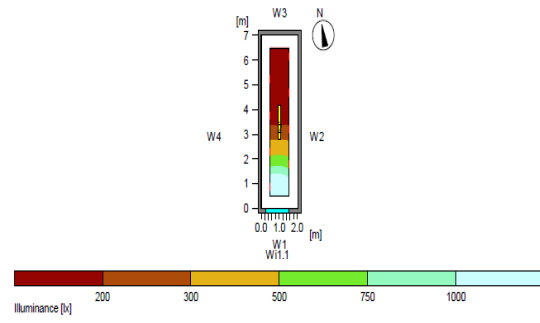
**General**  
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface : 0.75 m  
 Height of luminaire plane : 2.90 m  
 Calculation mode used: : Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:53)

**Geographical data:**  
 Location : Athens  
 Latitude (degrees) : 23.77 °  
 Longitude (degrees) : 37.98 °  
 North angle : -12.00 °

**Illuminance**  
 Average daylight ratio : Dav : 3.1  
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.7  
 Maximum daylight ratio : Dmax : 12.4

### Χώρος 105B:



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

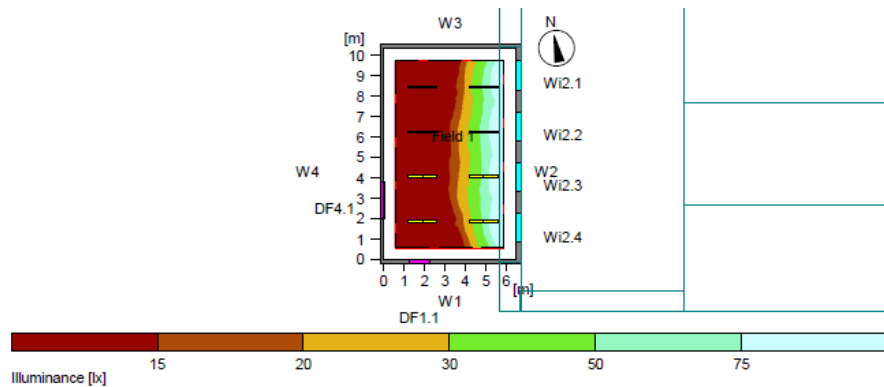
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:53)

**Geographical data:**  
 Location : Athens  
 Latitude (degrees) : 23.77 °  
 Longitude (degrees) : 37.98 °  
 North angle : -12.00 °

**Illuminance**  
 Average daylight ratio : Dav : 2.3  
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.2  
 Maximum daylight ratio : Dmax : 11.5

## Παράρτημα Β: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

### Χώρος 110:



#### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
Height of evaluation surface: 0.80 m  
Height of luminaire plane: 2.70 m  
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 17:18 (TST 17:43)

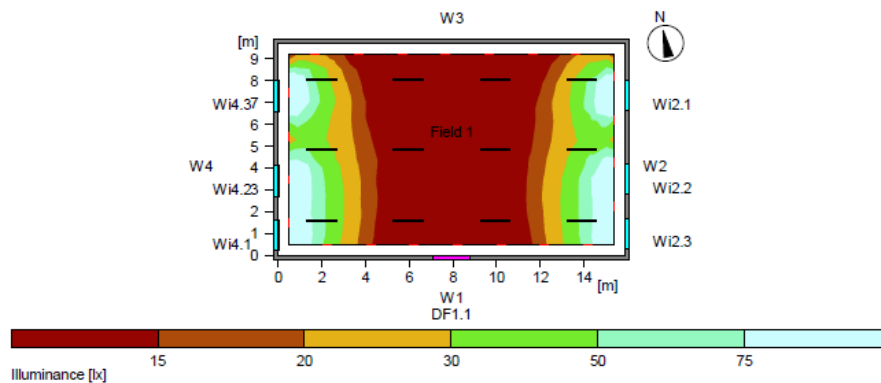
#### Geographical data:

Location : Athens  
Latitude (degrees) : 23.77 °  
Longitude (degrees) : 37.98 °  
North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio: Dav : 1.66  
Minimum daylight ratio: Dmin : 0.19  
Maximum daylight ratio: Dmax : 7.95

### Χώρος 111:



#### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
Height of evaluation surface: 0.80 m  
Height of luminaire plane: 2.80 m  
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 17:18 (TST 17:43)

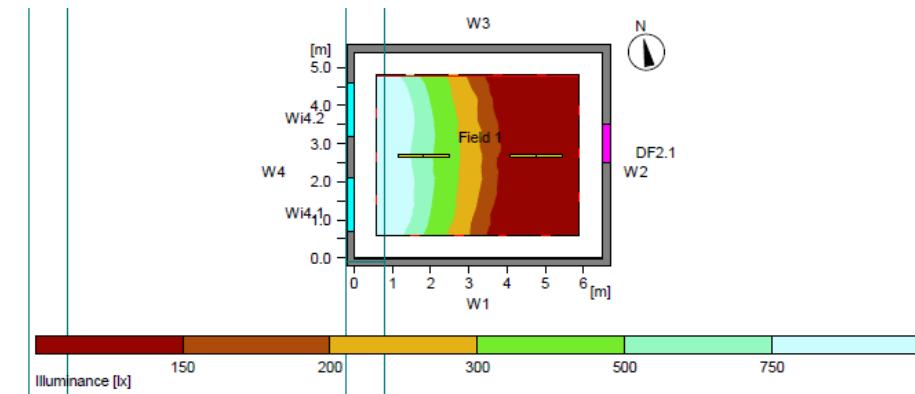
#### Geographical data:

Location : Athens  
Latitude (degrees) : 23.77 °  
Longitude (degrees) : 37.98 °  
North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio: Dav : 1.61  
Minimum daylight ratio: Dmin : 0.38  
Maximum daylight ratio: Dmax : 8.16

**Χώρος 113:**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 10:53)

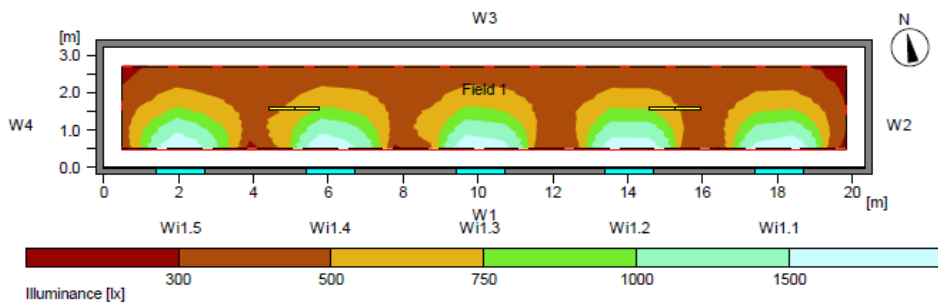
**Geographical data:**

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 23.77 °
Longitude (degrees)	: 37.98 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 2.03
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.3
Maximum daylight ratio	Dmax	: 8.79

**Χώρος 118A:**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 10:53)

**Geographical data:**

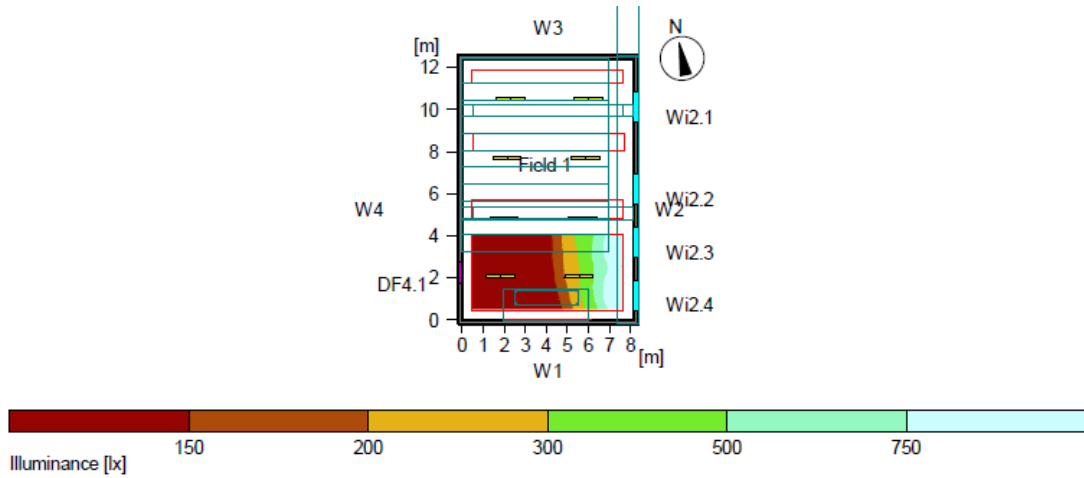
Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 23.77 °
Longitude (degrees)	: 37.98 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 3.4
Minimum daylight ratio	Dmin	: 1.4
Maximum daylight ratio	Dmax	: 11.5

## 2<sup>ος</sup> όροφος

### Χώρος 201 (1):



#### General

Calculation algorithm used  
Height of evaluation surface  
Calculation mode used:

Average indirect fraction  
0.80 m  
Overcast sky acc. CIE

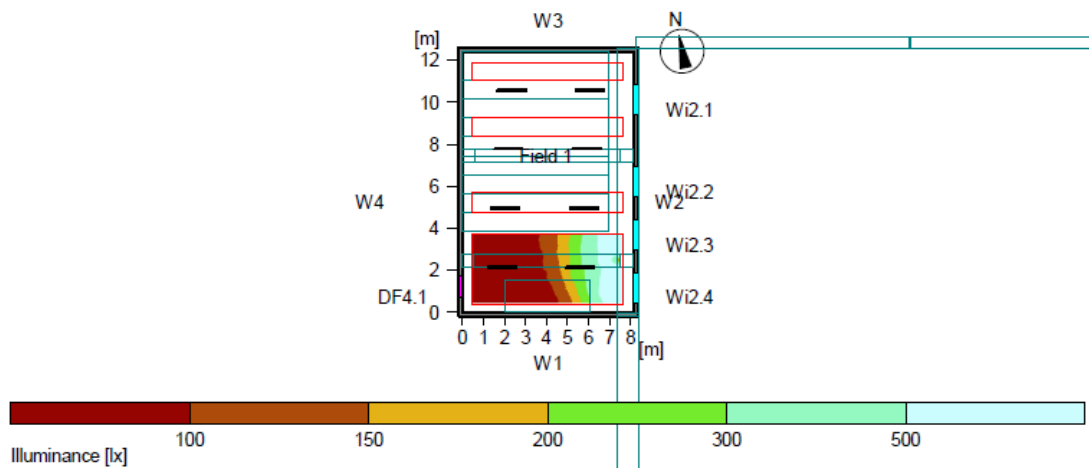
Date, Time:

21.03. 11:30 (TST 10:58)

#### Geographical data:

Location : Athens  
Latitude (degrees) : 37.98 °  
Longitude (degrees) : 23.77 °  
North angle : -12.00 °

### Χώρος 202 (1):



#### General

Calculation algorithm used  
Height of evaluation surface  
Calculation mode used:

Average indirect fraction  
0.80 m  
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:34 (TST 10:02)

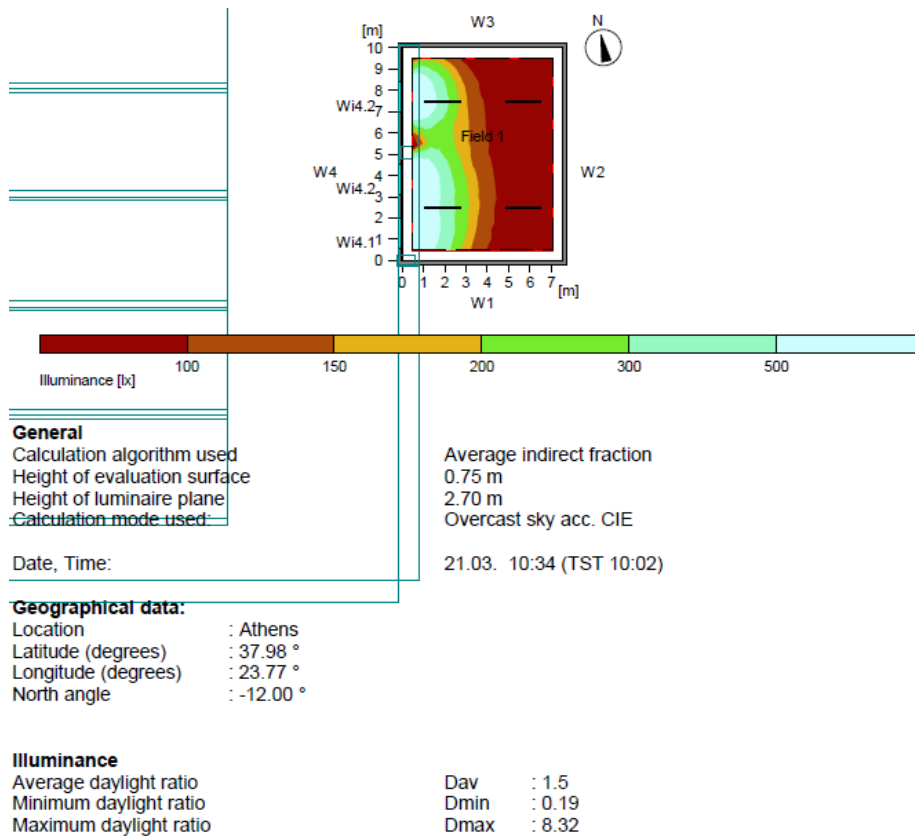
#### Geographical data:

Location : Athens  
Latitude (degrees) : 37.98 °  
Longitude (degrees) : 23.77 °  
North angle : -12.00 °

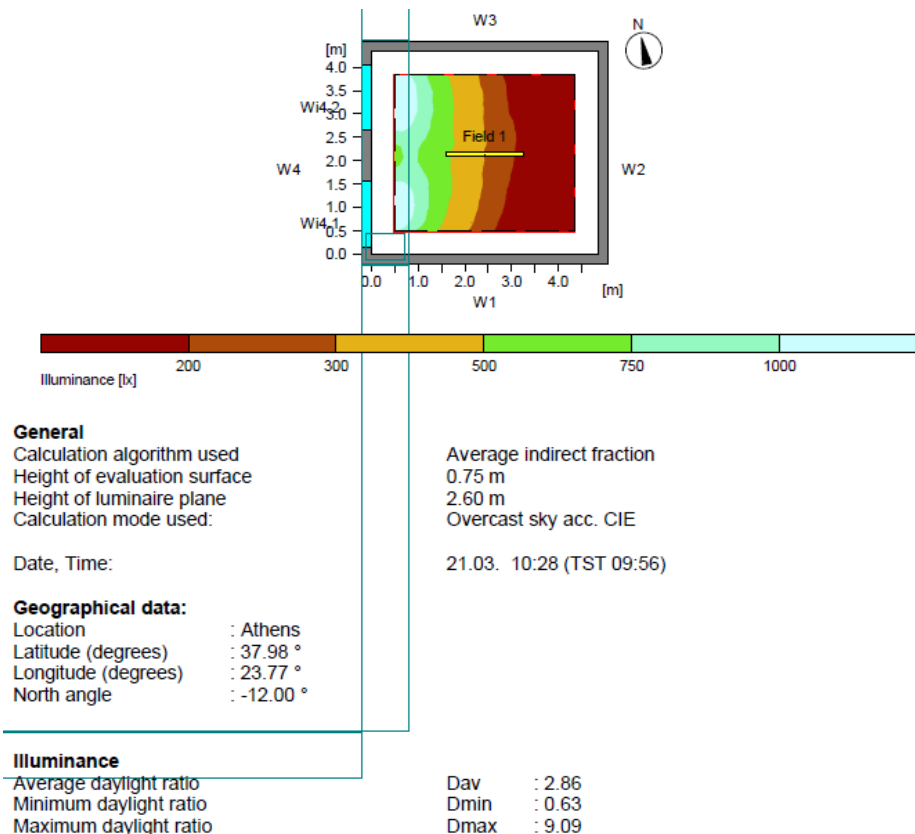


Παράρτημα Β: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

**Χώρος 203:**

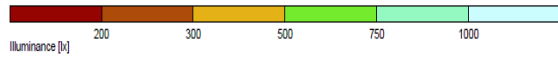
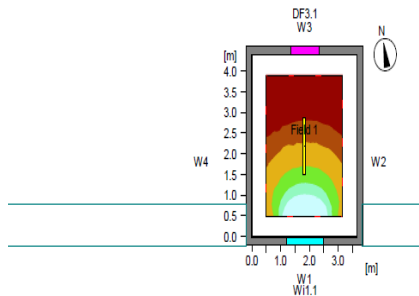


**Χώρος 204:**



## Παράρτημα Β: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

### Χώρος 206:



#### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.75 m  
 Height of luminaire plane: 2.60 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

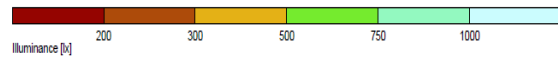
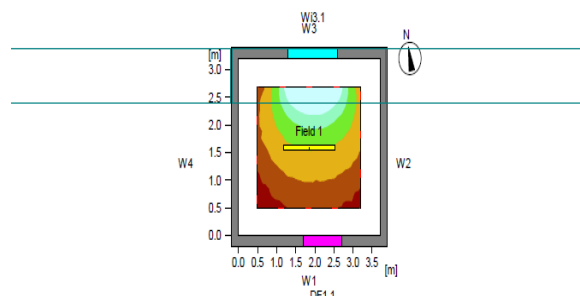
#### Geographical data:

Location: Athens  
 Latitude (degrees): 37.98 °  
 Longitude (degrees): 23.77 °  
 North angle: -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio: Dav : 2.8  
 Minimum daylight ratio: Dmin : 0.8  
 Maximum daylight ratio: Dmax : 10.6

### Χώρος 209:



#### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.75 m  
 Height of luminaire plane: 2.60 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

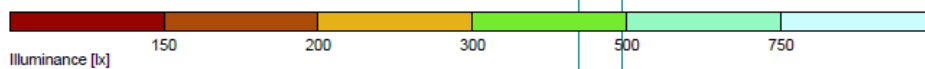
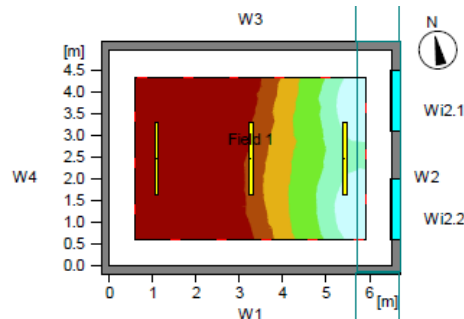
#### Geographical data:

Location: Athens  
 Latitude (degrees): 37.98 °  
 Longitude (degrees): 23.77 °  
 North angle: -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio: Dav : 3.5  
 Minimum daylight ratio: Dmin : 1.1  
 Maximum daylight ratio: Dmax : 11.7

### Χώρος 224:



#### General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction  
 Height of evaluation surface: 0.80 m  
 Height of luminaire plane: 2.60 m  
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

#### Geographical data:

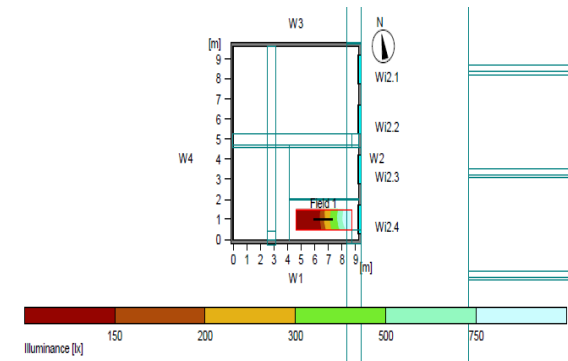
Location: Athens  
 Latitude (degrees): 37.98 °  
 Longitude (degrees): 23.77 °  
 North angle: -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio: Dav : 1.95  
 Minimum daylight ratio: Dmin : 0.28  
 Maximum daylight ratio: Dmax : 8.6

## Παράρτημα Β: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

### Χώρος 225Β:



#### General

Calculation algorithm used  
Height of evaluation surface  
Height of luminaire plane  
Calculation mode used:

Average indirect fraction  
0.75 m  
2.60 m  
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

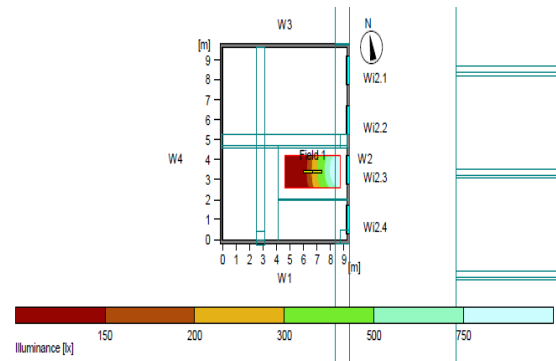
#### Geographical data:

Location : Athens  
Latitude (degrees) : 37.98 °  
Longitude (degrees) : 23.77 °  
North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio Dav : 2.32  
Minimum daylight ratio Dmin : 0.33  
Maximum daylight ratio Dmax : 8.21

### Χώρος 225Γ:



#### General

Calculation algorithm used  
Height of evaluation surface  
Height of luminaire plane  
Calculation mode used:

Average indirect fraction  
0.75 m  
2.60 m  
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

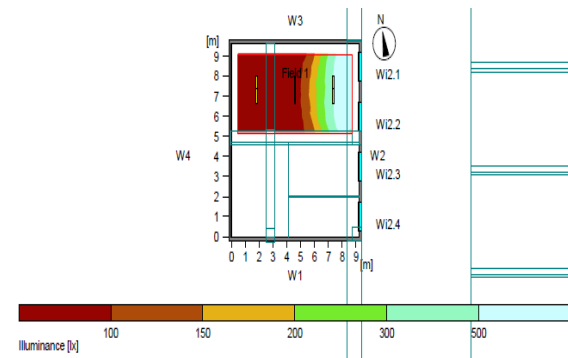
#### Geographical data:

Location : Athens  
Latitude (degrees) : 37.98 °  
Longitude (degrees) : 23.77 °  
North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio Dav : 2.41  
Minimum daylight ratio Dmin : 0.34  
Maximum daylight ratio Dmax : 8.79

### Χώρος 225Δ:



#### General

Calculation algorithm used  
Height of evaluation surface  
Height of luminaire plane  
Calculation mode used:

Average indirect fraction  
0.75 m  
2.60 m  
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

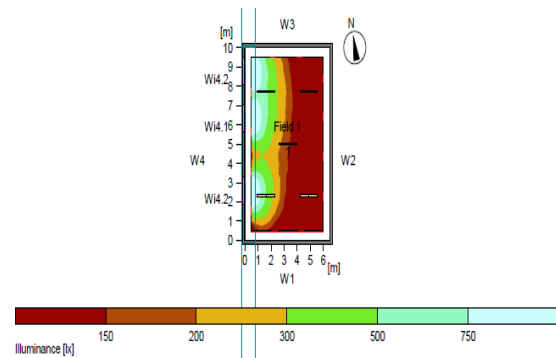
#### Geographical data:

Location : Athens  
Latitude (degrees) : 37.98 °  
Longitude (degrees) : 23.77 °  
North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio Dav : 1.47  
Minimum daylight ratio Dmin : 0.1  
Maximum daylight ratio Dmax : 8.38

### Χώρος 226:



#### General

Calculation algorithm used  
Height of evaluation surface  
Height of luminaire plane  
Calculation mode used:

Average indirect fraction  
0.75 m  
2.60 m  
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

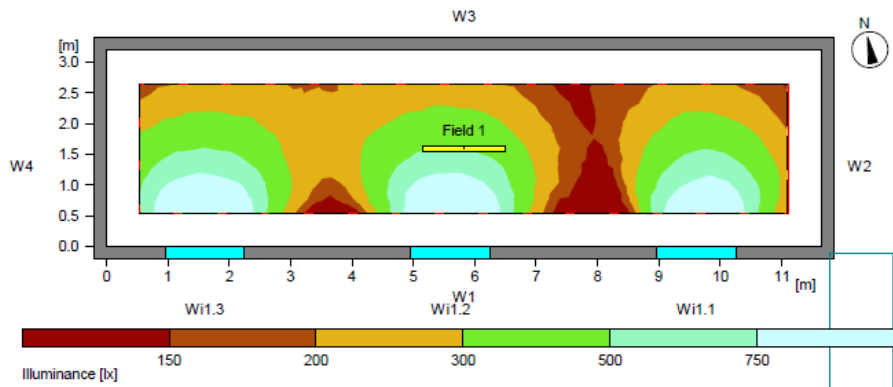
#### Geographical data:

Location : Athens  
Latitude (degrees) : 37.98 °  
Longitude (degrees) : 23.77 °  
North angle : -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio Dav : 1.76  
Minimum daylight ratio Dmin : 0.29  
Maximum daylight ratio Dmax : 8.28

**Χώρος 232Α:**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

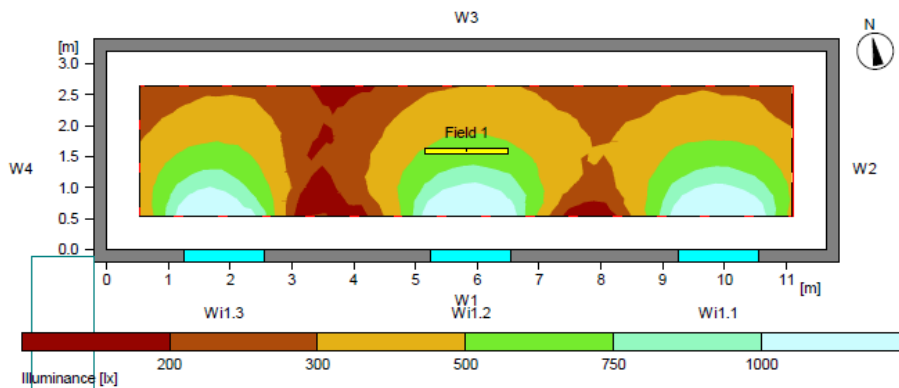
**Geographical data:**

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 2.72
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.57
Maximum daylight ratio	Dmax	: 8.94

**Χώρος 234Α:**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

**Geographical data:**

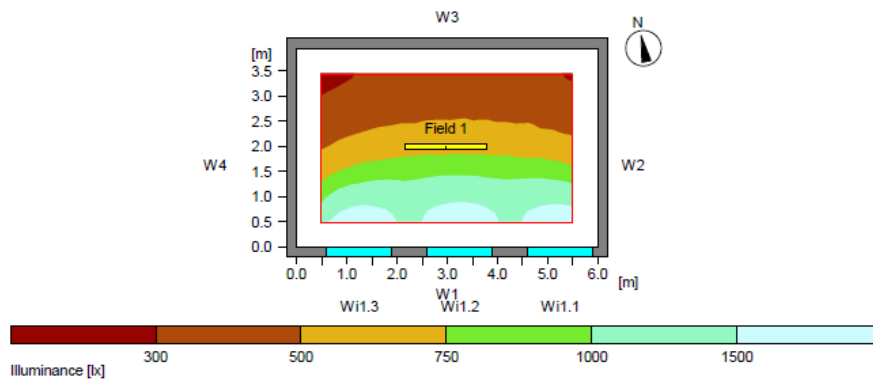
Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 3.3
Minimum daylight ratio	Dmin	: 1.1
Maximum daylight ratio	Dmax	: 11.1

### 3<sup>ος</sup> όροφος

#### Χώρος 301Γ:



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

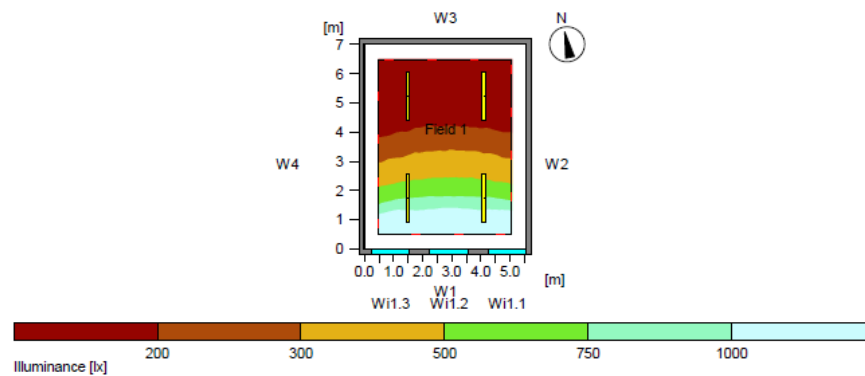
**Geographical data:**

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 5.4
Minimum daylight ratio	Dmin	: 2
Maximum daylight ratio	Dmax	: 13.2

#### Χώρος 302:



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

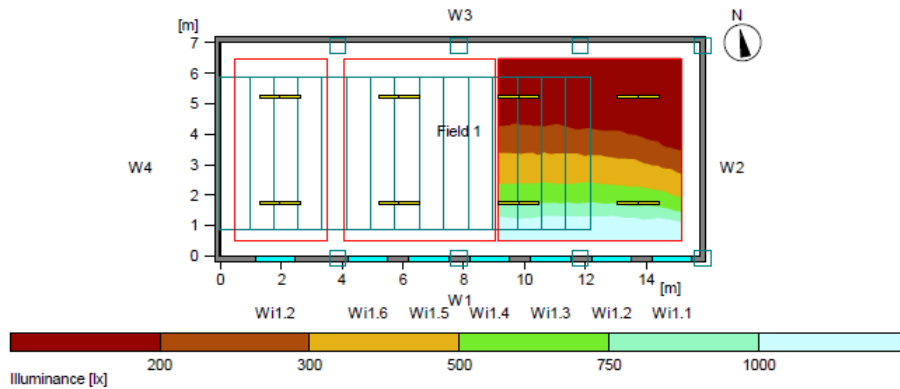
**Geographical data:**

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 3.2
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.7
Maximum daylight ratio	Dmax	: 12

**Χώρος 303 (1):**



**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 09:56)

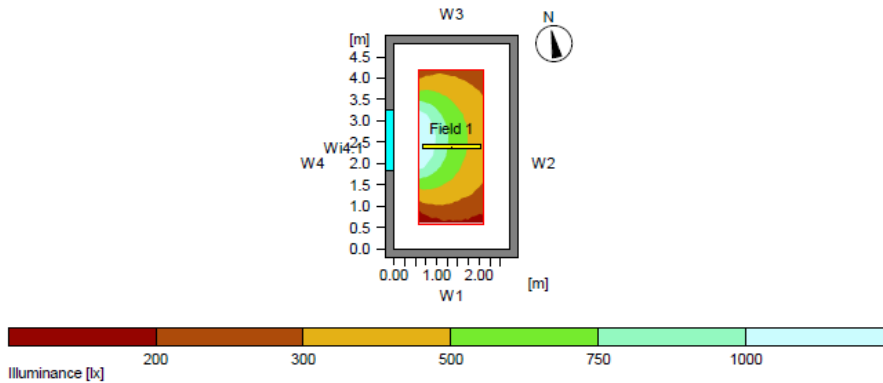
**Geographical data:**

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 3
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.5
Maximum daylight ratio	Dmax	: 12.1

**Χώρος 309:**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

**Geographical data:**

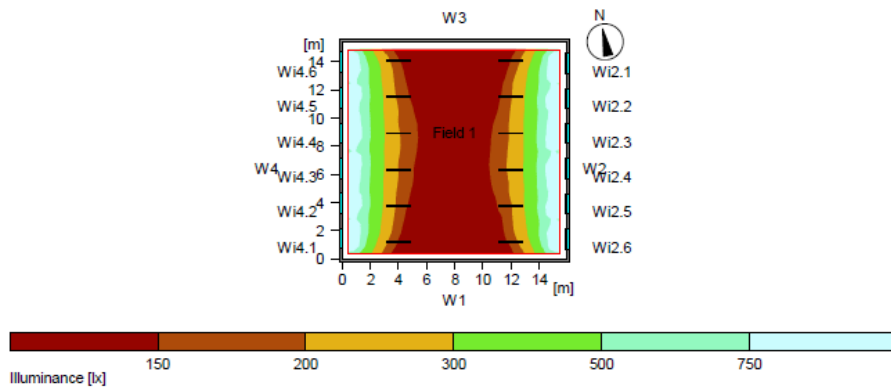
Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 3.59
Minimum daylight ratio	Dmin	: 1.07
Maximum daylight ratio	Dmax	: 9.4

## Παράρτημα Β: Φωτομετρικά αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β)

### Χώρος 310:



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

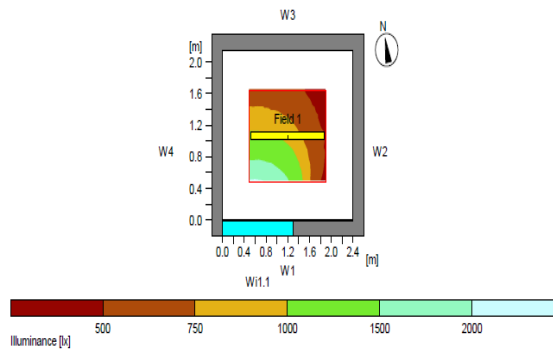
#### Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 2.12
Minimum daylight ratio	Dmin	: 0.52
Maximum daylight ratio	Dmax	: 8.31

### Χώρος 313:



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.50 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

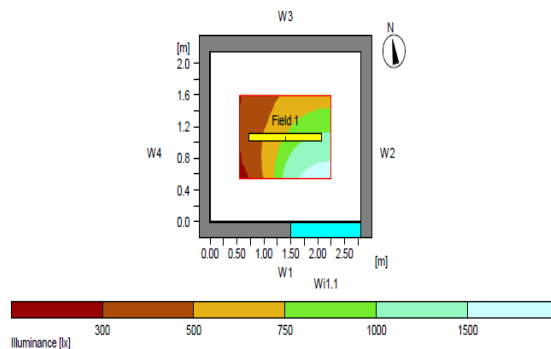
#### Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 6.2
Minimum daylight ratio	Dmin	: 2.8
Maximum daylight ratio	Dmax	: 13.7

### Χώρος 314:



#### General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.50 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

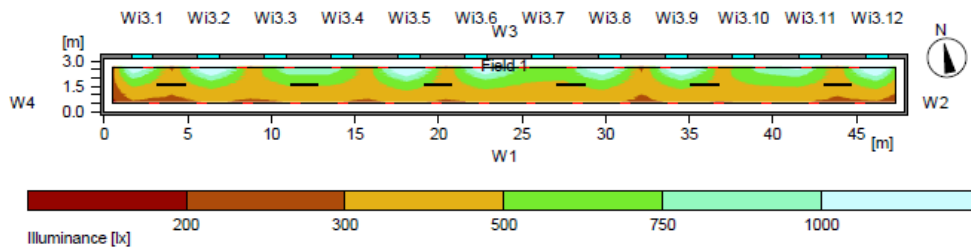
#### Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

#### Illuminance

Average daylight ratio	Dav	: 5.3
Minimum daylight ratio	Dmin	: 1.8
Maximum daylight ratio	Dmax	: 12.8

**Χώρος 316:**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

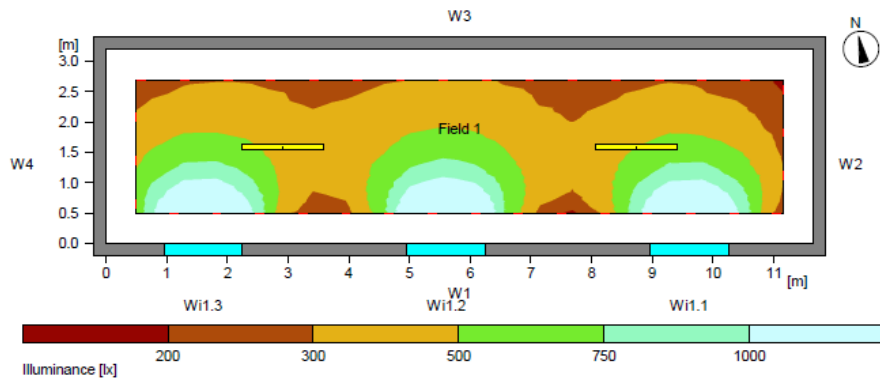
**Geographical data:**

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 3.7
Minimum daylight ratio	Dmin	: 1.6
Maximum daylight ratio	Dmax	: 11.9

**Χώρος 316A:**



**General**

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.60 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

**Geographical data:**

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.77 °
North angle	: -12.00 °

**Illuminance**

Average daylight ratio	Dav	: 3.7
Minimum daylight ratio	Dmin	: 1.4
Maximum daylight ratio	Dmax	: 12.3



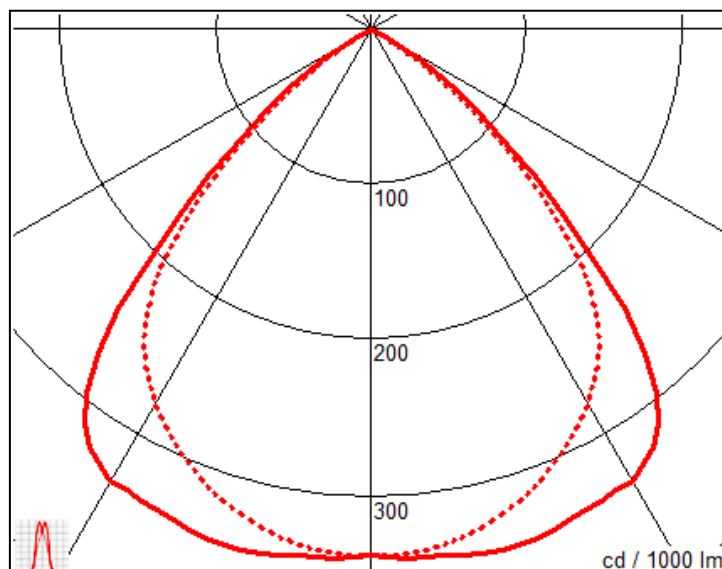
## Παράρτημα Γ

### Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρων

Εταιρεία	: Gallis Lighting S.A.
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



Σχήμα Γ.1: Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4306 και παραβολική περσίδα αλουμινίου



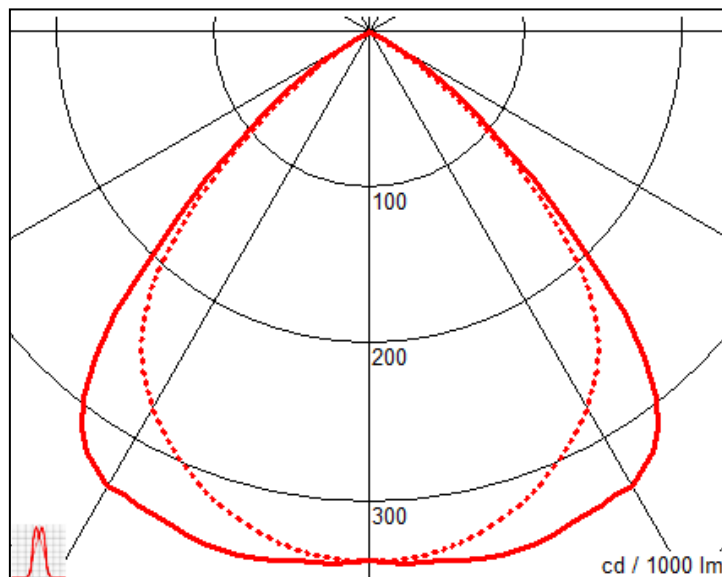
Σχήμα Γ.2: Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4306

## Παράρτημα Γ: Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρων

Εταιρεία	: Gallis Lighting S.A.
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4308
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4342 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x21W, Διαστάσεις: 88x960x94mm, βάρος: 1,6kg



Σχήμα Γ.3: Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4308 και παραβολική περσίδα αλουμινίου



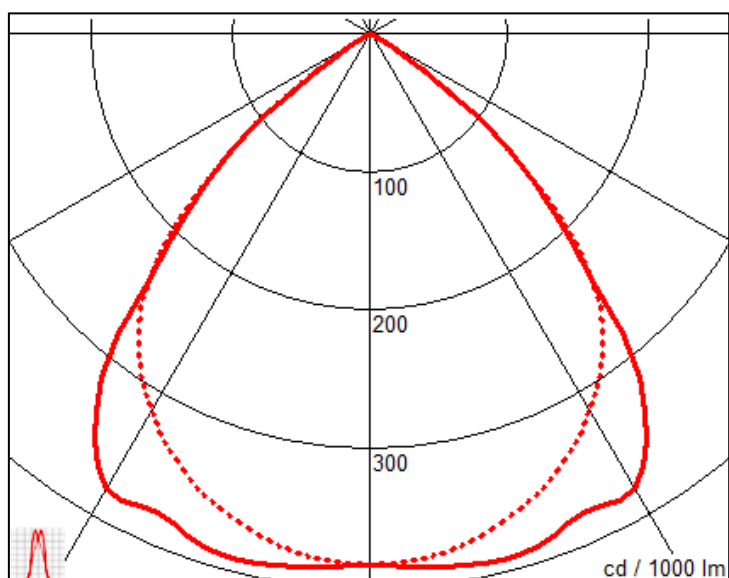
Σχήμα Γ.4: Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4308

## Παράρτημα Γ: Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρων

Εταιρεία	: Gallis Lighting S.A.
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



Σχήμα Γ.5: Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4310 και παραβολική περσίδα αλουμινίου



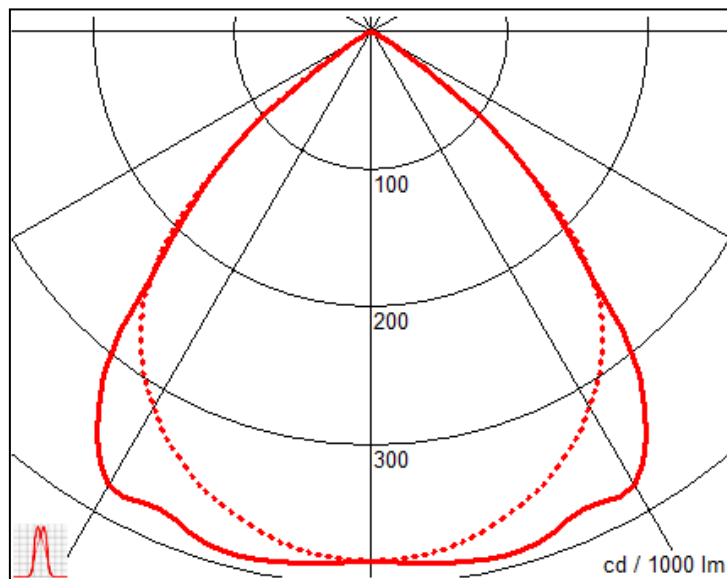
Σχήμα Γ.6: Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4310

## Παράρτημα Γ: Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρων

Εταιρεία	: Gallis Lighting S.A.
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4312
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x35W, Διαστάσεις: 88x1560x94mm, βάρος: 2,4kg



Σχήμα Γ.7: Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4312 και παραβολική περσίδα αλουμινίου



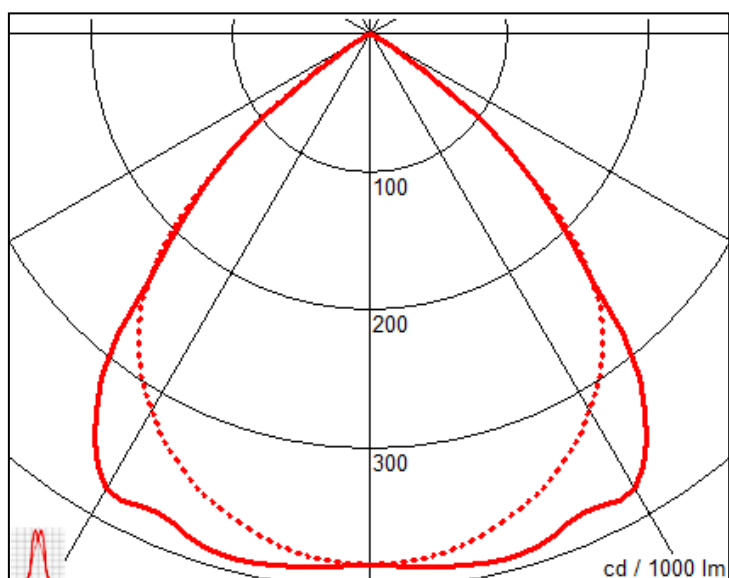
Σχήμα Γ.8: Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4312

## Παράρτημα Γ: Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρων

Εταιρεία	: Gallis Lighting S.A.
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4311
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4343 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x54W, Διαστάσεις: 88x1260x94mm, βάρος: 2kg



Σχήμα Γ.9: Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4311 και παραβολική περσίδα αλουμινίου



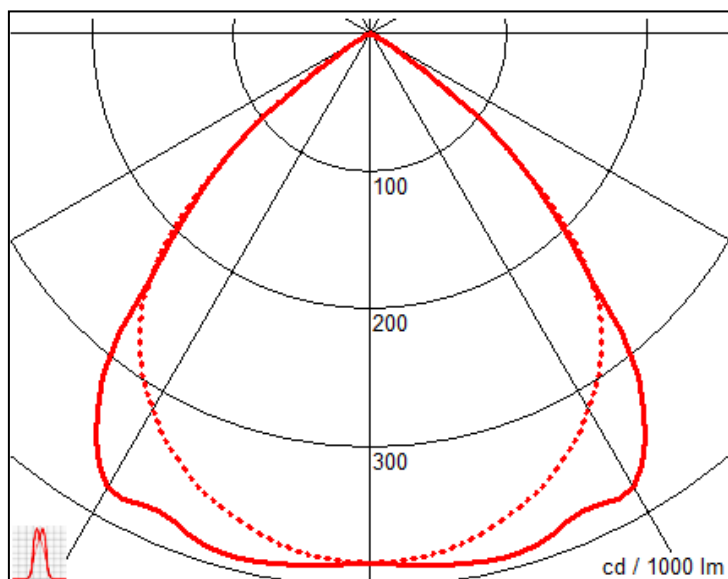
Σχήμα Γ.10: Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4311

## Παράρτημα Γ: Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρων

Εταιρεία	: Gallis Lighting S.A.
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4313
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x80W, Διαστάσεις: 88x1560x94mm, βάρος: 2,4kg



Σχήμα Γ.11: Δίφωτο σώμα οροφής Ikarus T16 G5, 4313 και παραβολική περσίδα αλουμινίου

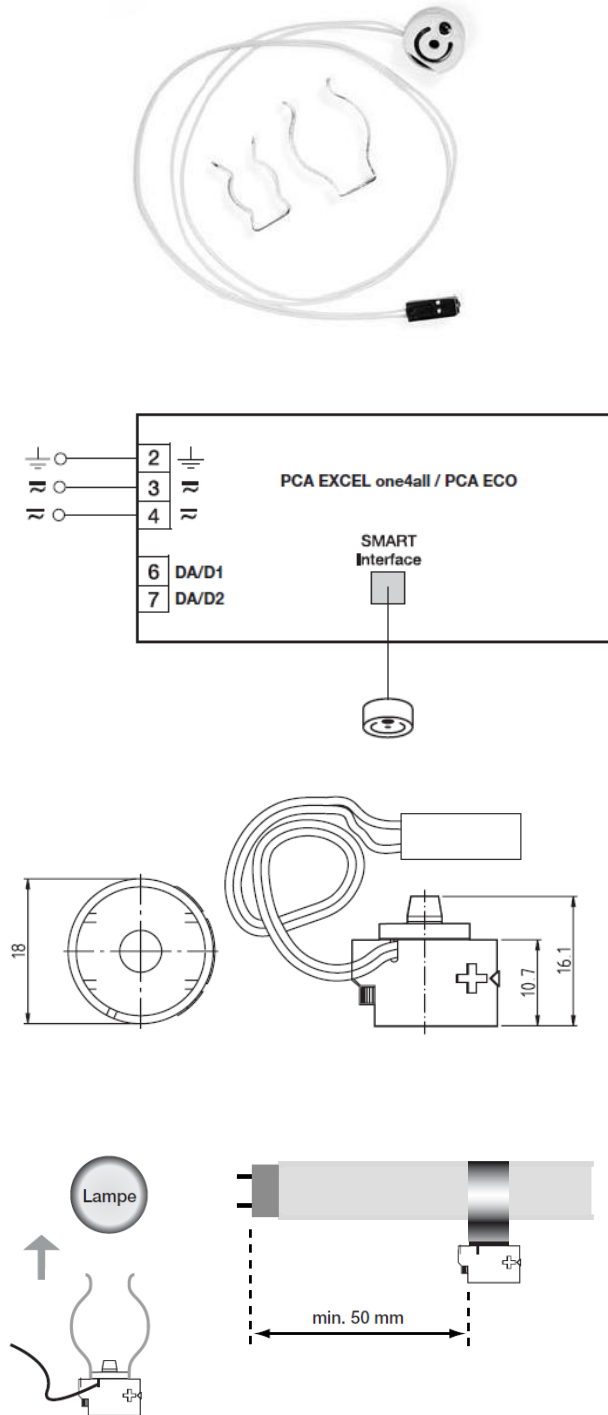


Σχήμα Γ.12: Πολικό διάγραμμα φωτιστικού Ikarus T16 G5, 4313

## Παράρτημα Γ: Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρων

Εταιρεία : Tridonic

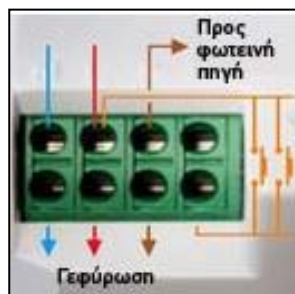
Μοντέλο : Αισθητήρας φωτισμού SMART LS II / SMART LS II 1p



**Σχήμα Γ.13:** Αισθητήρας φωτισμού Tridonic, διαστάσεις, τρόπος τοποθέτησης και βασικές αρχές λειτουργίας

## Παράρτημα Γ: Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρων

Εταιρεία	: Legrand
Μοντέλο	: Ανιχνευτής κίνησης IR Plexo
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Ανίχνευση στις 360°, μέγιστη ακτίνα ελέγχου 12m



Σχήμα Γ.14: Ανιχνευτής κίνησης IR Plexo και καλωδίωσή του