



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

**Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης
ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου
Υδραυλικής του Ε.Μ.Π.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Muhammad Sohail Iftikhar

Γεώργιος Βερνάρδος Βεντήρης

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

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

Αθήνα, 2012



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

**Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης
ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου
Υδραυλικής του Ε.Μ.Π.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Muhammad Sohail Iftikhar

Γεώργιος Βερνάρδος Βεντήρης

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

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

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

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

.....
Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

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

.....
Muhammad Sohail Iftikhar

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

.....
Γεώργιος Βερνάρδος Βεντήρης

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

Copyright © Muhammad Sohail Iftikhar, 2012.
Copyright © Γεώργιος Βερνάρδος Βεντήρης, 2012.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Η εξοικονόμηση ενέργειας πρέπει να αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο και πρώτη προτεραιότητα κάθε σύγχρονης ενεργειακής πολιτικής. Δεδομένου ότι ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 40% της απαιτούμενης ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την Οδηγία 2002/91/EK για τον έλεγχο και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Η συγκεκριμένη οδηγία προβλέπει την ενεργειακή μελέτη και επιθεώρηση των κτιρίων και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεών τους από ανεξάρτητους διαπιστευμένους εμπειρογνώμονες, τους ενεργειακούς επιθεωρητές, με απώτερο σκοπό την απόδοση ενεργειακής ταυτότητας στο κτίριο.

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διατύπωση μιας σειράς προτάσεων για ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτιρίου Υδραυλικής του ΕΜΠ και ο υπολογισμός του αντίστοιχου οφέλους από την εφαρμογή αυτών. Το κτίριο Υδραυλικής ανήκει στη σχολή των Πολιτικών Μηχανικών που βρίσκεται στο συγκρότημα Ζωγράφου του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στην αρχή αναφέρονται γενικές δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης ενέργειας για τον κτιριακό τομέα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα φωτισμού, καθώς και οι τεχνολογίες για την επίτευξή τους. Σύμφωνα με αυτά και ύστερα από λεπτομερή καταγραφή του υπάρχοντος συστήματος φωτισμού του κτιρίου Υδραυλικής και των προβλημάτων του, παρουσιάζονται και τεκμηριώνονται δύο προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτιρίου. Η πρώτη πρόταση αφορά στη γενική αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτιρίου, ενώ με τη δεύτερη υπολογίζεται και η συνεισφορά του φυσικού φωτισμού. Το RELUX χρησιμοποιήθηκε ως το κατάλληλο πρόγραμμα υπολογισμού και προσομοίωσης του τεχνητού και φυσικού φωτισμού. Και για τις δύο προτάσεις παρουσιάζονται τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν καθώς και τα κόστη και οι χρόνοι απόσβεσης των απαιτούμενων επενδύσεων. Στο τέλος παρουσιάζεται το όφελος από την εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων στην οροφή του κτιρίου.

Λέξεις κλειδιά

Εξοικονόμηση ενέργειας, φωτισμός κτιρίων γραφείου, τεχνητός φωτισμός, ενεργειακή αναβάθμιση, τεχνοοικονομική μελέτη φωτισμού, φυσικός φωτισμός, τεχνητός φωτισμός, συστήματα ελέγχου φωτισμού.

Abstract

The aim of this diploma thesis was not only the upgrading of the energy efficiency of the lighting system of “Ydravliki” building of National Technical University of Athens but also the calculations of the corresponding benefits. “Ydravliki” building of the Civil Engineering School is located in National Technical University of Athens campus, Zografou. First of all, the general activities for an energy upgrade of a building and actions for energy savings are introduced. More specific, the most significant actions for energy saving in artificial lighting systems, as well as the technologies for this attainment are presented. After a detailed recording of the existing artificial lighting system and its problems, two sustained proposals (Scenarios A and B) for energy upgrade of the lighting system are presented according the European and national energy regulations. The first scenario is about the general upgrade of the artificial lighting system of the building by replacing the existing luminaires with new, more efficient ones. The second one takes into account the daylight harvesting by installing photosensors, which dim the artificial lighting levels, depending on the available daylight. RELUX has been used as the proper computational and light simulation software. For both proposals the energy and environmental profits, as well as the costs and the payback period of the investment are calculated and presented. Finally, the benefits of the photovoltaics frames at the roof are presented.

Key words

Energy saving, office lighting, artificial lighting, energy upgrade of buildings, lighting techno-economic study, daylighting, artificial lighting, lighting controls systems.

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε, κατ' αρχάς, να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την εμπιστοσύνη του και την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε. Υπήρξε για μας καθηγητής, που με το διδακτικό του έργο μας έδωσε το έναυσμα να ασχοληθούμε με την παρούσα διπλωματική εργασία.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα θέλαμε να εκφράσουμε στο Λάμπρο Θ. Δούλο, Φυσικό και Διδάκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, ο οποίος καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας ήταν πάντα πρόθυμος να προσφέρει τις γνώσεις και τη βοήθειά του. Η συμβολή του στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν ουσιαστική και πολύτιμη.

Περιεχόμενα

Περίληψη		5
Abstract		7
Ευχαριστίες		9
Εισαγωγή		15
Κεφάλαιο 1^ο	Κατανομή ενέργειας σε Ευρώπη και Ελλάδα	
1.1	Κτιριακός τομέας και κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε	17
1.2	Κτιριακός τομέας και κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα	19
Κεφάλαιο 2^ο	Εθνικοί κανονισμοί και νόμοι για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων	
2.1	Θεσμικό πλαίσιο	23
2.2	Ορισμοί	23
2.3	Ενεργειακή επιθεώρηση συστημάτων φωτισμού	26
2.4	Όρια ενεργειακών κατηγοριών ΚΕΝΑΚ	27
2.5	Ενεργειακή επιθεώρηση: Στόχοι και οφέλη	28
2.6	Διενέργεια μιας ενεργειακής επιθεώρησης	30
2.7	Δελτίο της ενεργειακής ταυτότητας του κτιρίου ΔΕΤΑ	31
2.8	Προβλήματα-εμπόδια για την εφαρμογή ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων στην Ελλάδα	32
Κεφάλαιο 3^ο	Δράσεις για εξοικονόμηση ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια	
3.1	Προσθήκη θερμομόνωσης	33
3.1.1	Τρόποι θερμομόνωσης	34
3.1.2	Είδη θερμομόνωσης	34
3.2	Αντικατάσταση παλαιών παραθύρων, θυρών και κουφωμάτων	36
3.2.1	Υαλοπίνακες	37
3.2.2	Πλαίσια	39
3.3	Φύτευση δωματίων και στεγών	40
3.4	Χρήση ειδικών επιχρισμάτων (ψυχρών υλικών) σε οροφές και όψεις	41
3.5	Ηλιοπροστασία-Σκιασμός	43
3.5.1	Ηλιοπροστατευτικές διατάξεις	43
3.5.2	Σκίαση από δέντρα	45
3.6	Φυσικός και νυχτερινός αερισμός	46
3.7	Εγκατάσταση-ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων	48
3.8	Ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων	50
3.8.1	Αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης	50
3.8.2	Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού	50
3.8.3	Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές-κινητήρες	51
3.8.4	Μηχανικός αερισμός (freecooling)	51
3.8.5	Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής	51
3.9	Αναβάθμιση του συστήματος φυσικού και τεχνητού φωτισμού	52

Περιεχόμενα

3.10	Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS)	54
3.10.1	Συστήματα παρουσίασης στοιχείων στο κοινό	55
3.11	Ενεργειακή παρακολούθηση-αποτίμηση	55
3.12	Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια	56
3.12.1	Ανεμογεννήτριες	56
3.12.2	Γεωθερμία	60
3.12.3	Θερμικά ηλιακά συστήματα	62
3.12.4	Φωτοβολταϊκά συστήματα	64
Κεφάλαιο 4^ο	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	
4.1	Φωτισμός	71
4.2	Βασικά μεγέθη φωτοτεχνίας	72
4.3	Φυσικός φωτισμός	74
4.4	Συστήματα φυσικού φωτισμού	74
4.4.1	Ράφια φωτισμού	75
4.4.2	Ανακλαστικές περσίδες και συστήματα σκίασης	76
4.4.3	Πρισματικά φωτοδιαπερατά πάνελ	77
4.4.4	Πάνελ κοπής λέιζερ (Laser cut panel)	77
4.4.5	Σκίαστρα που ανακατευθύνουν το φως (Light guiding shades)	78
4.4.6	Υαλοπίνακας ανακατεύθυνσης ηλιακού φωτός (Sun directing glass)	79
4.4.7	Κατακόρυφος κατευθυντήριος υαλοπίνακας του φωτός με ολογραφικά στοιχεία οπτικής (Zenithal light guiding glass with holographic optical elements)	80
4.4.8	Φωταγωγοί	81
4.4.9	Ζώνες ελέγχου φυσικού φωτισμού	82
4.5	Τεχνητός Φωτισμός	83
4.5.1	Χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων υψηλής τεχνολογίας	84
4.5.2	Χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης (ballast) αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών	84
4.5.3	Χρησιμοποίηση των λαμπτήρων T5	85
4.6	Συστήματα ελέγχου φωτισμού	86
4.6.1	Τοπικοί διακόπτες on/off	86
4.6.2	Χρονοπρογραμματισμός	86
4.6.3	Αισθητήρες παρουσίας	87
4.6.4	Σύζευξη με τον φυσικό/τεχνητό φωτισμό	87
4.7	Ενημέρωση χρηστών	88
4.8	Συντήρηση	88
Κεφάλαιο 5^ο	Γενική περιγραφή κτιρίου Υδραυλικής και παρουσίαση προβλημάτων	
5.1	Περιγραφή κτιρίου	91
5.2	Περιγραφή των κύριων προβλημάτων του κτιρίου	92
Κεφάλαιο 6^ο	Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος φωτισμού	
6.1	Υπόγειο	95
6.2	Ισόγειο	97
6.3	Α΄ Όροφος	99
6.4	Β΄ Όροφος	100

Περιεχόμενα

6.5	Γ΄ Όροφος	102
6.6	Δ΄ Όροφος	103
6.7	Συνολική υφιστάμενη κατάσταση ορόφων	104
Κεφάλαιο 7^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά (Σενάριο Α)		
7.1	Εισαγωγή	105
7.2	Υπόγειο	107
7.3	Ισόγειο	109
7.4	Α΄ Όροφος	110
7.5	Β΄ Όροφος	112
7.6	Γ΄ Όροφος	114
7.7	Δ΄ Όροφος	115
7.8	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α)	116
Κεφάλαιο 8^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)		
8.1	Εισαγωγή	117
8.2	Ισόγειο	119
8.3	Α΄ Όροφος	122
8.4	Β΄ Όροφος	123
8.5	Γ΄ Όροφος	124
8.6	Δ΄ Όροφος	124
8.7	Συνολική ισχύς για προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)	125
Κεφάλαιο 9^ο Αίθουσα πειραμάτων Γ. Νουτσόπουλου		
9.1	Εισαγωγή	127
9.2	Χώρος 11	128
9.3	Χώρος 9	129
9.4	Συνολικά για την αίθουσα 9 και 11	133
Κεφάλαιο 10^ο Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης, κατανομής ισχύος και κόστους των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α και Β)		
10.1	Εισαγωγή	135
10.2	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για το υπόγειο (Σενάριο Α)	138
10.3	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για το ισόγειο (Σενάριο Α)	140
10.4	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για το ισόγειο (Σενάριο Β)	141
10.5	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για τον Α΄ όροφο (Σενάριο Α)	142
10.6	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για τον Α΄ όροφο (Σενάριο Β)	143
10.7	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για τον Β΄ όροφο (Σενάριο Α)	144
10.8	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού	

Περιεχόμενα

10.9	με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για τον Β΄ όροφο (Σενάριο Β) Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για τον Γ΄ όροφο (Σενάριο Α)	146 147
10.10	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για τον Γ΄ όροφο (Σενάριο Β)	148
10.11	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για τον Δ΄ όροφο (Σενάριο Α)	148
10.12	Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για τον Δ΄ όροφο (Σενάριο Β)	149
10.13	Γενικές παρατηρήσεις αποτελεσμάτων	150
Κεφάλαιο 11^ο	Σύνοψη αποτελεσμάτων και υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας και ρύπων	
11.1	Ισχύς του κτιρίου συνολικά	151
11.2	Συνολικά κόστη για προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α)	152
11.3	Υπολογισμός ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας, ετήσιου χρηματικού οφέλους και χρόνου απόσβεσης προτεινόμενης εγκατάστασης (Σενάριο Α)	152
11.4	Συνολικά κόστη για προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β)	153
11.5	Υπολογισμός ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας, ετήσιου χρηματικού οφέλους και χρόνου απόσβεσης προτεινόμενης εγκατάστασης (Σενάριο Β)	153
11.6	Ρύποι	154
Κεφάλαιο 12^ο	Μελέτη τοποθέτησης φωτοβολταϊκών πλαισίων στην οροφή	
12.1	Εισαγωγή	157
Βιβλιογραφία		168
Παραρτήματα		
Παράρτημα Α	Αποτελέσματα Relux για τεχνητό φωτισμό	171
Παράρτημα Β	Αποτελέσματα Relux για φυσικό φωτισμό	211
Παράρτημα Γ	Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού	232

Εισαγωγή

Σε διεθνές και εθνικό επίπεδο πολλά έχουν αλλάξει στα θέματα ενεργειακής πολιτικής και σχεδιασμού τα τελευταία χρόνια. Η εξοικονόμηση ενέργειας και η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να οδηγήσουν σε μια βιώσιμη λύση στα περιβαλλοντικά προβλήματα με πολλαπλά οφέλη σε κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Για το λόγο αυτό, συν τοις άλλοις, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο το γνωστό “20-20-20”. Πιο αναλυτικά μέχρι το 2020 κάθε χώρα της Ε.Ε. θα πρέπει να έχει επιτύχει 20% εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας, να παράγει 20% της ενέργειας που καταναλώνει από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να επιτύχει μείωση 20% στις εκπομπές αέριων ρύπων προς την ατμόσφαιρα. Οι στόχοι αυτοί μπορεί να φαίνονται εφικτοί, ωστόσο είναι ιδιαίτερα υψηλοί και δύσκολοι εάν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα.

Μεγάλα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας υπάρχουν στο τομέα του φωτισμού. Ο φωτισμός αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες σπατάλης ηλεκτρικής ενέργειας. Η παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή φωτισμού αγγίζει συνολικά σήμερα το 19%. Ειδικότερα στα κτίρια ο φωτισμός απαιτεί το 25% έως 35% της συνολικής κατανάλωσης σε ενέργεια. Για το λόγο αυτό η ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού των κτιρίων και ιδιαίτερα των παλαιότερων κρίνεται επιβεβλημένη. Πιο αναλυτικά στη παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα παρακάτω:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται καταγραφή της υπάρχουσας ενεργειακής κατάστασης σε Ευρώπη και Ελλάδα. Δίνεται μια συνολική εικόνα για την κατανάλωση της ενέργειας από μερικές δεκαετίες πριν έως σήμερα, έτσι ώστε να γίνει κατανοητή η ανάγκη για περιορισμό της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνονται αναφορές στους κανονισμούς του ελληνικού κράτους που εναρμονίζει τη χώρα μας παράλληλα με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες, καθώς και στον κανονισμό ενεργειακής αποδοτικότητας κτιρίων (KENAK).

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τρόποι για την εξοικονόμηση ενέργειας τόσο σε υφιστάμενα, όσο και σε νέα κτίρια μέσω ενεργειακών δράσεων και μέσω βιοκλιματικού σχεδιασμού. Επίσης γίνεται εκτίμηση του αναμενόμενου οφέλους από τις δράσεις αυτές. Τέλος γίνεται συνοπτική παρουσίαση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, διότι τα ΑΠΕ μπορούν να συμβάλουν στην περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται οι πιο διαδεδομένες τεχνικές λύσεις για να έχουμε εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στους εσωτερικούς χώρους από το φυσικό και τον τεχνητό φωτισμό. Επίσης παρουσιάζονται τα πιο διαδεδομένα συστήματα ελέγχου φωτισμού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του κτιρίου της υδραυλικής καθώς και των προβλημάτων φωτισμού στο σύνολο του προς μελέτη κτιρίου. Δίνονται επίσης ενδεικτικές φωτογραφίες που απεικονίζουν τα υπάρχοντα προβλήματα φωτισμού.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης τεχνητού φωτισμού και υπολογίζεται η συνολική εγκαταστημένη ισχύς σε κάθε χώρο και όροφο. Επίσης γίνεται καταγραφή του τύπου των φωτιστικών που βρέθηκαν και δίνονται κατόψεις των χώρων κάθε ορόφου.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α) καθώς επίσης και των παραμέτρων που μας οδήγησαν εκεί. Γίνονται επίσης παρατηρήσεις σχετικά με την χρηστικότητα των χώρων και τέλος γίνεται σύγκριση μεταξύ υφιστάμενης και προτεινόμενης κατάστασης.

Στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού (Σενάριο Β) ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό. Επίσης δίνεται ένα αναλυτικό παράδειγμα μελέτης χώρου, το ένα για αίθουσα που εισέρχεται επαρκές φως για χρήση αισθητήρων, και το άλλο παράδειγμα για χώρο που το ηλιακό φως δεν είναι επαρκές. Τέλος γίνεται η σύγκριση μεταξύ των δύο προτεινόμενων καταστάσεων (Σενάρια Α και Β) και της υφιστάμενης κατάστασης.

Στο ένατο κεφάλαιο γίνεται ξεχωριστή φωτοτεχνική μελέτη της αίθουσας Νουτσοπούλου λόγω της μεγάλης έκτασης της. Για την καλύτερη μελέτη της, διαχωρίστηκε στις αίθουσες 9 και 11 όπου και προτάθηκαν δύο περιπτώσεις διαφορετικών φωτιστικών και διαφορετικών τοποθετήσεων τους στον χώρο. Για την κάθε μια περίπτωση παρατίθενται εικονικά τα αποτελέσματα του προγράμματος relux και γίνεται σύγκριση των ισχύων τους με την υφιστάμενη κατάσταση καθώς και τα εν γέννη προτερήματα της κάθε μιας περίπτωσης.

Στο δέκατο κεφάλαιο υπολογίζονται τα κόστη ενεργειακής αναβάθμισης και τα οφέλη σε κάθε χώρο και όροφο, για την περίπτωση αναβάθμισης του τεχνητού φωτισμού με νέα φωτιστικά σώματα υψηλής απόδοσης (Σενάριο Α), αλλά και για την περίπτωση τεχνητού φωτισμού με την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού με αισθητήρες φωτισμού (Σενάριο Β). Πέρα από τα κόστη, υπολογίζονται επίσης, η κατανομή ισχύος (W/m^2) και η ενεργειακή απόδοση (lm/W) για κάθε όροφο.

Στο ενδέκατο κεφάλαιο παρατίθενται οι αναλογίες lm/W και W/m^2 σε κάθε όροφο και τα αναλυτικά κόστη για τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις (Σενάρια Α και Β) για το σύνολο του κτιρίου. Στο τέλος του κεφαλαίου για το κάθε σενάριο υπολογίζεται η ενέργεια που εξοικονομείται και μαζί με αυτό υπολογίζονται οι αντίστοιχοι ρύποι και δέντρα εξοικονόμησης.

Στο δωδέκατο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση την φωτοβολταϊκής μελέτης που έγινε στο κτίριο και τα αναλυτικά βήματα που ακολουθήθηκαν στο πρόγραμμα PVSYS προκειμένου να εξαχθούν τα αποτελέσματα. Επίσης γίνεται και μια σύγκριση μεταξύ της παραγόμενης ενέργειας από την χρήση φωτοβολταϊκών και της καταναλισκόμενης ενέργειας που αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια.

Ολοκληρώνοντας την εργασία, ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν, τα Παραρτήματα Α, Β, όπου παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις (Σενάριο Α και Β) για όλους τους χώρους που έγινε μελέτη, καθώς και το Παράρτημα Γ με τις προδιαγραφές των φωτιστικών σωμάτων και του αισθητήρα φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε.

Κεφάλαιο 1^ο

Κατανομή Ενέργειας σε Ελλάδα και Ευρώπη

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται καταγραφή της υπάρχουσας ενεργειακής κατάστασης σε Ευρώπη και Ελλάδα. Δίνεται μια συνολική εικόνα για την κατανάλωση της ενέργειας από μερικές δεκαετίες πριν έως σήμερα, έτσι ώστε να γίνει κατανοητή η ανάγκη για περιορισμό της.

1.1 Κτιριακός τομέας και κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε

Η Ευρώπη των 27 χωρών, που προέκυψε μετά τη διεύρυνση της, αδυνατεί να αντισταθμίσει τα ποσά ενέργειας που καταναλώνει με αυτά που μπορεί να παράγει. Μάλιστα ο ρυθμός ζήτησης ενέργειας στα κράτη μέλη είναι ανοδικός από το 1986 κατά 1% με 2% ετησίως και ταυτόχρονα υπάρχει μια συνεχής εξάρτηση όσον αφορά στον εφοδιασμό σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο από πηγές εκτός των συνόρων της. Αν και φανερή λύση αποτελεί η εκτενέστερη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που θα μειώσει την εισαγωγή ενέργειας και την εκπομπή αερίων, πρέπει να καταβληθεί σημαντική προσπάθεια από όλους τους καταναλωτές ώστε να μειωθεί η χρήση ενέργειας [1].

Το 2000 η Πράσινη Βίβλος εκδόθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με την οποία παρατίθεται μια πολιτική που θα την βγάλει από το αδιέξοδο και στην οποία αναφέρεται για πρώτη φορά η σημαντικότητα της παρέμβασης στη ζήτηση των καταναλωτών αντί της επικέντρωσης στην επικερδέστερη προσφορά. Πλέον διακρίνεται ότι οι κύριες πηγές ρύπανσης συγκεντρώνονται στις πόλεις. Τα αστικά κέντρα συγκεντρώνουν το 80% του πληθυσμού και καταναλώνουν το 75% της ενέργειας. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, και ζεστό νερό αναλογεί στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Ευρώπης, γεγονός που αντικατοπτρίζει σε γενικές γραμμές και τη δική μας χώρα. Ταυτόχρονα, η χρήση ενέργειας αλλά και η παραγωγή της ευθύνονται για το 94% των εκπομπών CO₂, από τις οποίες το 45% προέρχεται από τον κτιριακό τομέα. Στην Ε.Ε. ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή της τελικής ενέργειας σε απόλυτες τιμές (40%). Η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα κτίρια κατοικιών κυμαίνεται μεταξύ 150 και 230 kWh/m². Στην ανατολική και κεντρική Ευρώπη η κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση χώρων κυμαίνεται μεταξύ 200 και 400 kWh/m², κατανάλωση που σε σχέση με αυτή στη δυτική Ευρώπη είναι δύο ή και τρεις φορές μεγαλύτερη. Στη νότια Ευρώπη η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανέρχεται σε 120-150 kWh/m² σε ένα καλά θερμαινόμενο κτίριο. Στην Ελλάδα η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας είναι περίπου 140 kWh/m² για σπίτια και 96 kWh/m² για διαμερίσματα που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 και 92-123kWh/m² και 75-94kWh/m² αντίστοιχα για σπίτια και διαμερίσματα που κατασκευάστηκαν μετά το 1980 αντίστοιχα [1].

Βάσει του σεναρίου αναφοράς με χρονικό ορίζοντα το 2030 εικάζεται ότι η ενεργειακή κατανάλωση στον τριτογενή τομέα θα αυξηθεί περίπου στο 75% συγκριτικά με τώρα που βρίσκεται περίπου στο 30%. Πιο συγκεκριμένα, η τελική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων

στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι της τάξης των 350 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου ανά έτος, χωρίς να υπολογίζεται η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η κάλυψη των ενεργειακών αυτών αναγκών γίνεται κατά το μεγαλύτερο μέρος τους από το α) φυσικό αέριο (116 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου), β) το πετρέλαιο (99 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου), γ) τον ηλεκτρισμό (91 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου) και δ) τα στερεά καύσιμα (11 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου). Η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά κατοικία για θέρμανση έχει ελαφρώς μειωθεί στην Ε.Ε. από το 1990, ενώ η θεωρητική ειδική κατανάλωση των νέων κατοικιών είναι κατά 22% μικρότερη από το 1985. Αυτό οφείλεται στη βελτίωση της αποδοτικότητας τόσο των κτιρίων, όσο και των ηλεκτρικών συσκευών, μολονότι οι απαιτήσεις σε κλιματική άνεση αυξήθηκαν. Επιπλέον, υπάρχουν αυστηρότερα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης τα οποία έχουν θεσπιστεί στις περισσότερες χώρες τα τελευταία χρόνια [1].

Κάτι που κάνει πιο ξεκάθαρη την ανάγκη ενεργειακής επιθεώρησης των κτιρίων είναι η απαίτηση για μελέτη της απόδοσης των κτιριακών συγκροτημάτων καθώς και ο υπολογισμός του ποσοστού της συνολικής ενέργειας που καταναλώνουν. Η καταναλισκόμενη ενέργεια στα κτίρια χρησιμοποιείται, κυρίως, για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων, την παραγωγή ζεστού νερού, το μαγείρεμα, το φωτισμό και για τη χρήση διάφορων ηλεκτρικών συσκευών. Έχει καταγράψει ότι η θέρμανση των κτιρίων κατέχει σημαντικό μέρος των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεών τους (69%), ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού (15%), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό (11%) [1,2].

Το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια χρησιμοποιείται για τη θέρμανσή τους. Γι' αυτό και η βελτίωση του κελύφους των κτιρίων με την εφαρμογή, κυρίως, αποτελεσματικής θερμομόνωσης ήταν το πρώτο μέλημα των μηχανικών την περίοδο 1970-1980. Ταυτόχρονα η κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη των χώρων παρουσιάζει μία μεγάλη αύξηση, που ανέρχεται σε 14,6% ανά έτος την περίοδο 1990-2000, αποτέλεσμα των αυξημένων απαιτήσεων θερμικής άνεσης και της μείωσης της τιμής των κλιματιστικών συσκευών [1].

Οι εκτεταμένες εκπομπές CO₂ αποτελούν επίσης ένα σημαντικό πρόβλημα εκτός της εξάντλησης των ενεργειακών αποθεμάτων του πλανήτη που μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες αλλαγές του οικοσυστήματος στο μέλλον. Ο πιο σημαντικός τομέας στον οποίο οφείλονται οι εκπομπές αέριων του θερμοκηπίου είναι η ενέργεια (κατά 80%). Ο οικιστικός τομέας είναι η τέταρτη σημαντικότερη πηγή εκπομπών ρύπων, η οποία ευθύνεται για το 10% των συνολικών εκπομπών των αέριων του θερμοκηπίου, χωρίς στο ποσοστό αυτό να συμπεριλαμβάνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια [2].

Η επίδραση των κτιρίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αντιστοιχεί συνολικά σε 6 δις τόνους ενώσεων του άνθρακα (C) που εκπέμπονται παγκόσμια (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα, CO₂). Από αυτούς, 4,5 δις τόνοι αποδίδονται στις εκβιομηχανισμένες χώρες εκ των οποίων το 50% οφείλονται (άμεσα ή έμμεσα) στις κτιριακές κατασκευές [1].

Η Ε.Ε. των 27 χωρών εμφάνισε μείωση των συνολικών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 7,9% από το έτος 1990 (5.621 εκατ. τόνους ισοδύναμου CO₂) ως το έτος 2005 (5.177 εκατ. τόνους ισοδύναμου CO₂) και κατά 1,5% στην Ε.Ε. των 15 χωρών για το ίδιο χρονικό διάστημα (από 4.257 σε 4.192 εκατ. τόνους ισοδύναμου CO₂). Μεταξύ των ετών 2004 και 2005 τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 0,7% και 0,8%. Το σημαντικότερο των αερίων

του θερμοκηπίου είναι το CO₂, καθώς αποτελεί το 82% και το 83% των συνολικών εκπομπών στην Ε.Ε. των 27 χωρών και στην Ε.Ε των 15 χωρών αντίστοιχα [1].

Παρόλο που η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου της χώρας μας αναλογικά με τις συνολικές εκπομπές από την Ε.Ε. των 27 χωρών είναι μικρή, δεν βρισκόμαστε σε ευχάριστη θέση, διότι συνολικά παρουσιάστηκε αύξηση κατά 27,5% (από 109 σε 139 εκατ. τόνους ισοδύναμου CO₂) σε αντίθεση από την τάση μείωσης της μέσης τιμής στην Ε.Ε. (environmental protection agency, 2007). Τα ελληνικά κτίρια απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα το 40% των συνολικών εκπομπών CO₂. Λαμβάνοντας υπόψη λοιπόν ότι ο περιορισμός των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου υπολείπεται του στόχου που έχει τεθεί από το πρωτόκολλο του Κιότο (μείωση των εκπομπών κατά 8% σε σχέση με το έτος αναφοράς) και ότι η επίδραση που έχουν τα κτίρια στο συνολικό ποσοστό εκπομπής ρύπων είναι μεγάλη, γίνεται φανερή η ανάγκη βελτίωσης της συμπεριφοράς τους στον τομέα αυτό. Η βασική, άλλωστε, πολιτική στον κτιριακό τομέα σκοπεύει στη διασφάλιση υψηλής ποιότητας κτιριακού περιβάλλοντος βελτιστοποιώντας συνάμα τη χρήση των πόρων.

Συνοψίζοντας μπορεί να αναφερθεί ότι στα κτίρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης αντιστοιχεί το 1/6 των παγκόσμιων πόρων, το 40% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, το 16% του νερού και το 70% των εκπομπών CO₂ [1].

Εφόσον τεθούν σε εφαρμογή τα μέτρα που προβλέπει η οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων (EU, 2002), εκτιμάται ότι τα νέα οικοδομήματα θα εξοικονομήσουν 9 εκατ. τόνους ισοδύναμου πετρελαίου πρωτογενής ενέργειας ως το έτος 2010. Με άλλα λόγια τα διαμερίσματα θα έχουν 60% λιγότερη κατανάλωση σε σύγκριση με αυτά που κατασκευάστηκαν πριν το 1970. Στην περίπτωση που εφαρμοστούν αυστηρότερες προδιαγραφές, λόγω μελλοντικών αναθεωρήσεων στα εθνικά πρότυπα, είναι δυνατόν να πετύχουμε επιπρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20% με 30% [2]. Ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας θα συνεχίσει να μεγαλώνει, ενώ θα αρχίσει να παρουσιάζει κάμψη μέχρι το 2030, καθώς από 1% ετησίως την περίοδο 2000-2010 θα μειωθεί σε 0,6% το 2010-2020 και σε 0,3% το 2020-2030. Τα επόμενα 30 χρόνια η κατανάλωση ενέργειας για ανάγκες θέρμανσης χώρων θα αυξηθεί ελάχιστα και αυτή από τις ηλεκτρικές συσκευές και τον κλιματισμό προβλέπεται να παρουσιάσει αύξηση [1].

Η βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων είτε αυτή αφορά στην κατασκευή τους είτε στη χρήση πιο αποδοτικών συσκευών απορρέει μεν από τα μέτρα εξοικονόμησης που ισχύουν σήμερα, αλλά τα αποτελέσματα αυτής της βελτίωσης θα φανούν μακροπρόθεσμα, διότι απαιτείται αρκετός χρόνος για να μεταβληθεί το υπάρχον κτιριακό απόθεμα [1,2].

1.2 Κτιριακός τομέας και κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα μέχρι και 30% περισσότερη ενέργεια απαιτείται για την ικανοποίηση των συνθηκών θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα στα κτίρια, τα οποία αντιμετωπίζουν στην πλειονότητα τους πρόβλημα επαρκούς μόνωσης, ιδιαίτερα όσα κατασκευάστηκαν πριν από το 1980. Μεταξύ των πλέον ενεργοβόρων κτιρίων στην Ε.Ε., τα ελληνικά απορροφούν το 1/3 της καταναλισκόμενης ενέργειας και έχουν απώλειες θέρμανσης από πόρτες και παράθυρα, με αποτέλεσμα να χαραμίζουν πολύτιμη ενέργεια και χρήματα και ταυτόχρονα να εκπέμπουν περιττές ποσότητες επικίνδυνων ρύπων που ευθύνονται για το «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Στον κτιριακό τομέα οφείλεται το 45% του CO₂ της χώρας και η κατανάλωση του 35% της συνολικής της ενέργειας. Μάλιστα είχαμε αύξηση κατά 25% στην ενέργεια που

χρειάζονται τα κτίρια μας για να θερμανθούν, να ψυχθούν και να ηλεκτροδοτηθούν μόνο μέσα στην τελευταία πενταετία [3].

Άξιο προσοχής είναι ότι η Ελλάδα, μαζί με την Ισπανία, σημειώνουν τη μεγαλύτερη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μεταξύ των κρατών μελών. Ενώ αντίθετα χώρες βορειότερα στο ημισφαίριο που πλήττονται από δριμύτερους χειμώνες, όπως η Σουηδία και το Βέλγιο, κατάφεραν να μειώσουν κατά 5% την ενεργειακή τους κατανάλωση. Στην Ελλάδα, μια χώρα εύκρατη με πολύ λιγότερες θερμικές απαιτήσεις λόγω του ήπιου χειμώνα, οι ανάγκες για θέρμανση κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, όπου χρησιμοποιείται ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρικό ρεύμα και καυσόξυλα. Σε αντίθεση με το σύνολο της Ε.Ε., στην Ελλάδα η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια παρουσιάζει αυξητική τάση με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 7% [1].

Αν εφαρμοζόταν στη χώρα μας ο ίδιος οικοδομικός κανονισμός με αυτόν της Δανίας που είναι κατά πολύ αυστηρότερος, τα νέα κτίρια θα κατανάλωναν μόνο τη μισή ενέργεια για τις ανάγκες θέρμανσης. Αυτό ουσιαστικά επιδιώκεται με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ (EPBD) για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Οπότε φυσικό επακόλουθο είναι μία ελληνική κατοικία να καταναλώνει 70-80% περισσότερη ενέργεια για θέρμανση, σε σχέση με μία αντίστοιχη στη Δανία, λόγω ελλিপών μέτρων μόνωσης και χρήσης μη αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης.

Σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου ανάπτυξης στην Ελλάδα τα κτίρια κατοικιών αντιπροσωπεύουν το 76% του συνόλου. Από αυτά το 70% μέχρι το 2001 δεν είχαν μόνωση και μόνο το 29% έχει χτιστεί μετά το 1981. Οι δυνατότητες εξοικονόμησης είναι αρκετές αν λάβει κανείς υπόψη του ότι σύμφωνα με στοιχεία μέχρι το 2001 από το σύνολο των κτιρίων:

- 2,1% έχουν διπλά τζάμια
- 30,4% έχουν μόνωση δώματος
- 12,7% έχουν μόνωση πυλωτής
- 1,5% έχουν μόνωση δαπέδου
- 4,2% έχουν μόνωση σωληνώσεων στην εγκατάσταση θέρμανσης
- 20% έχουν μόνωση εξωτερικών τοίχων (αφού το 29% χτίστηκε μετά το 1981 όπου από τότε άρχισε να ισχύει ο κανονισμός θερμομόνωσης).

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η μέση ετήσια τελική κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες κυμαίνεται μεταξύ 60 kWh/ m²/έτος και 200 kWh/m²/έτος και στα κτίρια του τριτογενή τομέα μεταξύ 200 kWh/ m² /έτος (κτίρια γραφείων) και 450/m²/έτος (νοσοκομεία).

Παρ' όλη την αύξηση στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο στην Ελλάδα από 25,47 kWh/κάτοικο το 1990 σε 29,89 kWh/κάτοικο το 2002, βρισκόμαστε ακόμα αρκετά χαμηλότερα από το μέσο όρο της Ε.Ε. των 27 χωρών που είναι 42,8 kWh/κάτοικο. Μη ελπιδοφόρο είναι όμως το γεγονός ότι οι εκπομπές CO₂ /κάτοικο παρουσίασαν αύξηση στην Ελλάδα από 6.998 kg/κάτοικο που ήταν το 1990 σε 8.559kg/κάτοικο το 2002 ενώ η μέση εκπομπή βρισκόταν στα 8.566kg/κάτοικο το 1990 και μειώθηκε σε 8.233kg/κάτοικο το 2002 στην Ε.Ε των 27 χωρών. Στη δεύτερη θέση βρίσκεται η χώρα σε εκπομπές CO₂ στον οικιακό κτιριακό τομέα στην περίοδο 1990-2002 με αύξηση 82%. Η άνοδος των ενεργειακών

απαιτήσεων τα τελευταία δέκα χρόνια στα ελληνικά κτίρια (οικιακά και βιομηχανικά) αποδίδεται στην αύξηση του αριθμού των νέων κτισμάτων και στη δημιουργία ενός πιο άνετου εσωτερικού περιβάλλοντος διαβίωσης για την ικανοποίηση του αυξανόμενου βιοτικού επιπέδου.

Τα κτίρια οικιακής χρήσης ευθύνονται για το 23,6% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και καταναλώνουν το 32,7% της ολικής ηλεκτρικής παραγωγής καθώς και το 21,5% της ολικής θερμικής ενέργειας. Η συνολική ενεργειακή κατανάλωση στις κατοικίες αποτελεί το 73,6% της ολικής κατανάλωσης των κτιρίων (το υπόλοιπο 26,4% καταναλώνεται από τον τριτογενή τομέα). Μέχρι το 2010 αναμένεται άνοδος της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στον οικιακό τομέα κατά 10% σε σχέση με το 2000 ενώ της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 27%.

Από την εκτενή ανάλυση που προηγήθηκε είναι αρκετά ευνόητη η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Αρκεί μόνο να αναφέρουμε το μέγεθος του οικονομικού και περιβαλλοντικού κέρδους που θα προκύψει με σωστό σχεδιασμό και αύξηση στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων που μπορεί να ανέλθει έως και 30% στη κατανάλωση [1,3].

Κεφάλαιο 2^ο

Εθνικοί κανονισμοί και νόμοι για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

Στο κεφάλαιο αυτό γίνονται αναφορές στους κανονισμούς του ελληνικού κράτους που εναρμονίζει τη χώρα μας παράλληλα με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες, καθώς και στον κανονισμό ενεργειακής αποδοτικότητας κτιρίων (KENAK).

2.1 Θεσμικό πλαίσιο

Με τον Νόμο 3661 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων» ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008, εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων» (ΕΕ L1 της 4.1.2003). Ο Νόμος 3661 ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας, προβλέπει την έκδοση κανονισμού ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων 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 κτιρίων (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) [4,5,6].

2.2 Ορισμοί

Τόσο στον Ν.3661 όσο και στον Κανονισμό Ενεργειακής Αποδοτικότητας των κτιρίων εμπεριέχονται κάποιοι βασικοί ορισμοί και που πρέπει να γνωρίζουμε προτού προχωρήσουμε στην περαιτέρω ανάλυση της ενεργειακής μελέτης κτιρίων:

- **Ενεργειακή απόδοση κτιρίου**

Η ποσότητα ενέργειας που πράγματι καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση του κτιρίου, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη θέρμανση, την παραγωγή θερμού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και το φωτισμό. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες, οι οποίοι έχουν υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη τη μόνωση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, το σχεδιασμό και τη θέση του κτιρίου σε σχέση με κλιματολογικούς παράγοντες, την έκθεση στον ήλιο και την επίδραση γειτονικών κατασκευών, την παραγωγή ενέργειας του ίδιου του κτιρίου και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου [5,6].

- **Ενεργειακή επιθεώρηση**

Η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

1. Κτιρίου
2. Λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης
3. Εγκαταστάσεων κλιματισμού ($>12 \text{ k W}$)
4. Συστημάτων φωτισμού

«Ενεργειακός επιθεωρητής»:

Είναι φυσικό ή νομικό πρόσωπο που διενεργεί ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων ή λεβήτων και/ή κλιματιστικών. Υπάρχουν δύο κατηγορίες επιθεωρητών :

1. Α τάξης για κτίρια < 1000 τ.μ.
2. Β τάξης για κτίρια > 1000 τ.μ.

- **Κτίριο αναφοράς**

Είναι το κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληρή ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη θέρμανση ψύξη κλιματισμό (ΘΨΚ) των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) και το φωτισμό [5,6].

- **Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου**

Το άθροισμα των επιμέρους υπολογιζόμενων ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτιρίου για τη ΘΨΚ, παραγωγή ZNX και φωτισμό, εκφραζόμενο σε ενέργεια ανά μονάδα μικτής επιφάνειας των θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου το έτος [$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{έτος}$]. Ειδικά για τα κτίρια κατοικίας στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση δεν συνυπολογίζεται ο φωτισμός [5,6].

- **Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου**

Το άθροισμα των προαναφερόμενων επιμέρους ενεργειακών καταναλώσεων, μετά από την αναγωγή τους σε μεγέθη πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής [5,6].

- **Μελέτη ενεργειακής απόδοσης**

Η μελέτη που αναλύει και αξιολογεί την απόδοση του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων.

Ακόμη όσον αφορά την μελέτη ενεργειακής απόδοσης και τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων αναφέρονται στον KENAK τα εξής:

❖ **Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης:**

- Εκπονείται τόσο για νέα όσο και για υφιστάμενα ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια άνω των 1000 τμ. (Ν. 3661, άρθρο. 4, άρθρο 5), του οικιακού και του τριτογενή τομέα.
- Αντικαθιστά την υφιστάμενη μελέτη θερμομόνωσης (άρθρο 13, Ν. 3661) και θα συμπεριλαμβάνεται στο φάκελο που υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία για την έκδοση οικοδομικής άδειας. Ο έλεγχος, η έγκριση και η παρακολούθηση της εφαρμογής της μελέτης ενεργειακής απόδοσης θα γίνεται σύμφωνα με τα ισχύοντα για την έκδοση οικοδομικών αδειών.
- Δεν αναιρεί τις σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις εκπονούμενες μελέτες αλλά αποτελεί πρόσθετη μελέτη επί των μελετών: αρχιτεκτονικής, διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και τεχνητού φωτισμού [5,6].

❖ Απαιτήσεις Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου:

Στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου θα πρέπει να περιγράφονται αναλυτικά τα συστήματα που έχουν ενταχθεί στη μελέτη του κτιρίου και τα οποία συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής του, καθώς και η μέθοδος, οι παραδοχές και τα αποτελέσματα του υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης [5,6].

- Πληροφορίες επί των αρχιτεκτονικών σχεδίων (τοπογραφικό διάγραμμα, όψεις, κατόψεις, τομές, κλπ).
- Πληροφορίες επί των σχεδίων των Η/Μ εγκαταστάσεων (εγκαταστάσεις κλιματισμού και αερισμού, ηλεκτροφωτισμού, συστημάτων ηλεκτροκίνησης, υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών ρύπων CO₂ κλπ).
- Άλλες πληροφορίες (κλιματικά δεδομένα, διαγράμματα ηλιασμού και αερισμού).
- Στοιχεία κελύφους, θερμομόνωση, υαλοπίνακες κλπ).

❖ Αποτελέσματα μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου:

Τα αποτελέσματα που θα παρθούν από την εκπόνηση μιας τέτοιας μελέτης αφορούν στις ενεργειακές απώλειες/κέρδη του κτιρίου, την ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση που έχει το κτίριο καθώς και τις εκπομπές ρύπων σε ετήσια βάση [5,6]. Για τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίων σε θέρμανση και ψύξη απαιτούνται τα εξής δεδομένα:

- Γνώση των χαρακτηριστικών του κτιρίου (γεωμετρία, προσανατολισμός, δομικά υλικά, στοιχεία επιφανειών).
- Καθορισμός θέσης, προσανατολισμού και εξωτερικής σκίασης του κτιρίου.
- Γνώση μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής και εκτίμηση εξωτερικών συνθηκών σχεδιασμού.
- Επιλογή εσωτερικών συνθηκών σχεδιασμού (θερμοκρασία, ρυθμός ανανέωσης αέρα).
- Γνώση της λειτουργίας των χώρων.
- Υπολογισμός των διαφόρων συνιστωσών των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη των χώρων, δηλαδή των:
 1. Θερμικών απωλειών λόγω μεταφοράς θερμότητας από τις επιφάνειες των στοιχείων (εξωτερικοί τοίχοι, οροφή, δάπεδο, παράθυρα).
 2. Θερμικών απωλειών χώρων λόγω μηχανικά ελεγχόμενου αερισμού και φυσικού αερισμού ή διείσδυσης αέρα (μη ελεγχόμενου αερισμού).
 3. Εσωτερικών θερμικών κερδών.
 4. Ηλιακών θερμικών κερδών από υαλοστάσια κελύφους.
 5. Ηλιακών θερμικών κερδών από παθητικά ηλιακά συστήματα.

2.3 Ενεργειακή επιθεώρηση συστημάτων φωτισμού

❖ Ελάχιστες απαιτήσεις

Για τον ορθό σχεδιασμό και τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση των συστημάτων τεχνητού φωτισμού, δίνεται πίνακας ελαχίστων απαιτήσεων, για κτίρια εκτός κατοικιών, που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατασκευή ή την ανακαίνιση ενός κτιρίου. Στον πίνακα δίνονται απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς (W/m^2) γενικού φωτισμού και η στάθμη φωτισμού (lux) για διάφορους χώρους του κτιρίου αναλόγως της λειτουργίας τους. Η τιμή της στάθμης φωτισμού, που δίνεται για κάθε χώρο, είναι η μέση απαιτούμενη εργονομική στάθμη. Τα κριτήρια φωτισμού περιγράφονται αναλυτικά στο EN 12464-1:2002. Επιλεγμένες τιμές του EN 12464-1:2002 παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1 [5,6].

Πίνακας 2.1: Απαιτήσεις φωτισμού κτιρίων (εκτός κατοικίας).

Χρήση κτιρίου	Χρήση χώρου	Στάθμη φωτισμού (lux)	Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m^2)	Επίπεδο μέτρησης (m)
Κτίρια Γραφείων	Γραφεία	500	15	0.80
	Γραφεία open Plan	500		
	Αίθουσες συνεδριάσεων	500		
Σχολεία-Εκπαιδευτικά ιδρύματα	Αίθουσες διδασκαλίας	300	15	0.80
	Αίθουσες διδασκαλίας ενηλίκων	500		
	Αίθουσες Διαλέξεων	500		
Νοσοκομεία	Θάλαμος	100	15	0.80
	Εξεταστήριο	300		
	Εξέταση και Θεραπεία	1000		
Ξενοδοχεία	Αίθουσες Εστιάσεων	–	10	
Αθλητικές εγκαταστάσεις	Αίθουσα Άθλησης	300	10	0.80
Εμπορικά Καταστήματα	Χώρος Πωλήσεων	300	10	0.80
	Χώρος Ταμείου	500		
Χώροι κυκλοφορίας κοινού	Διάδρομοι	100	15	0.10
	Σκάλες	150		

❖ Διαδικασία επιθεώρησης συστήματος φωτισμού

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

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

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

Όσον αφορά στην ηλεκτρική κατανάλωση, συνήθως, δεν είναι δυνατό να μετρηθεί αναλυτικά. Τα δεδομένα για την ενεργειακή κατανάλωση των λαμπτήρων και των στραγγαλιστικών διατάξεων θα πρέπει να λαμβάνονται από καταλόγους κατασκευαστών. Τα δεδομένα που συλλέγονται θα πρέπει να δίνουν την δυνατότητα να υπολογισθεί η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό (σε kW) και η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση για φωτισμό (σε kWh/yr) στο κτίριο. Η καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων πραγματοποιείται ανά ενότητα χώρων ενιαίας χρήσης και λειτουργικού ωραρίου.

Μετά την επιτόπια επιθεώρηση, ο επιθεωρητής προσδιορίζει τα πεδία που μπορούν να βελτιωθούν, συντάσσει έκθεση Ενεργειακής Επιθεώρησης με τα αποτελέσματα της επιθεώρησης και προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Η έκθεση αποτελείται από το συμπληρωμένο έντυπο καταγραφής στοιχείων, περιλαμβανομένων των συστάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος [5,6].

2.4 Όρια ενεργειακών κατηγοριών ΚΕΝΑΚ

Σύμφωνα με το πρότυπο prEN 15217:2006, βάσει της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου ("EK"), για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης (ZNX) και φωτισμό, εκφρασμένης σε kWh/(m²*έτος), ορίζονται κατηγορίες ενεργειακών ορίων, από το A έως το H, συναρτήσει:

- α) του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (Rs), οποίος αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατανάλωση του 50% του κτιριακού αποθέματος,
- β) του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (Rr), δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπόμενη, από τον κανονισμό, ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων.

Οι δείκτες Rr και Rs αφορούν στο σύνολο των ενεργειακών απαιτήσεων (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης). Και οι δύο δείκτες είναι εκφρασμένοι σε kWh/(m²*έτος).

Η κλίμακα ενεργειακής βαθμολόγησης του κτιρίου δίνεται σε πίνακες ανάλογα με την ενεργειακή του κατανάλωση, την κατηγορία χρήσης κτιρίου και την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει. Όλα τα νέα κτίρια, καθώς και τα υφιστάμενα άνω των 1000 τ.μ που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, θα πρέπει να βρίσκονται κατ' ελάχιστον εντός του εύρους ενεργειακής κατανάλωσης της κατηγορίας B [5,6].

Πίνακας 2.2: Όρια ενεργειακών κατηγοριών. Πηγή: [6].

Ενεργειακή Κατηγορία	Όρια κατηγορίας
A+	Για $EK \leq 0.33Rr$
A	Για $0.50Rr \leq EK \leq 0.33Rr$
B+	Για $0.50Rr \leq EK \leq 0.75Rr$
B	Για $0.75Rr \leq EK \leq Rr$
Γ	Για $Rr \leq EK \leq 0.50 (Rr + Rs)$
Δ	Για $0.50 (Rr + Rs) \leq EK < Rs$
E	Για $Rs \leq EK \leq 1.25 Rs$
Z	Για $1.25Rs \leq EK \leq 1.50Rs$
H	Για $1.50Rs \leq EK$

2.5 Ενεργειακή επιθεώρηση: Στόχοι και οφέλη

Για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι απαραίτητες πληροφορίες για την πιθανή ενεργειακή σπατάλη τους. Η απόκτηση τους γίνεται μέσω της ενεργειακής επιθεώρησης που αποτελεί μια ενεργειακή διάγνωση ή αλλιώς έναν ενεργειακό έλεγχο. [5,6]

Οι στόχοι μιας ενεργειακής επιθεώρησης αφορούν:

- Στην εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των εκπομπών CO₂.
- Στον προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Στη βελτίωση εσωτερικής ποιότητας κτιρίων.
- Στον προσδιορισμό και στην ιεράρχηση των απαιτούμενων επεμβάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.
- Στον έλεγχο της συμμόρφωσης της ενεργειακής απόδοσης των επιμέρους εγκαταστάσεων και μονάδων με βάση προκαθορισμένα κριτήρια.
- Στην αύξηση χρόνου ζωής εξοπλισμού και συστημάτων.
- Στον προσδιορισμό του μοντέλου της κατανάλωσης ενέργειας σε μια συγκεκριμένη μονάδα ως συνάρτηση ενός δείκτη παραγωγικής δραστηριότητας.
- Στον έλεγχο των αποτελεσμάτων μίας επένδυσης ή ενός προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας.
- Στο μακροπρόθεσμο οικονομικό όφελος.

Οι τύποι των ενεργειακών επιθεώρησεων χωρίζονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με την ποσότητα των στοιχείων που χρειάζεται να συγκεντρωθούν :

A) Η συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση.

Εδώ γίνεται μια αποτίμηση με βάση τα τιμολόγια και λογαριασμούς ενέργειας του κτιρίου καθώς και μίας σύντομης παρατήρησης του χώρου. Τα μέτρα που προτείνονται έχουν βραχυπρόθεσμη αποπληρωμή και σχετικά μικρό κόστος.

Ταυτόχρονα όμως παρουσιάζονται και προτάσεις πιο δαπανηρών επεμβάσεων που θα μπορούσαν να γίνουν [7].

B) Η εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση.

Υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις συλλογής στοιχείων και ανάλυσης των ενεργειακών καταναλώσεων του υπό μελέτη χώρου. Παρουσιάζονται οι τελικές χρήσεις της ενέργειας που καταναλώνει το κτίριο καθώς και όλοι οι παράγοντες που μπορούν να τις μεταβάλουν [7].

Μέσω των παραπάνω μπορούν να προσδιοριστούν τα συνολικά δυνατά οφέλη αλλά και μια σειρά επιμέρους επεμβάσεων ανάλογα με την επιθυμία και τις βλέψεις του εκάστοτε διαχειριστή. Τέλος, όπως και στον προηγούμενο τύπο επιθεώρησης, παρουσιάζονται επιλογές μεγάλου κόστους αλλά και η ανάλυση των οφελών που θα προκύψουν από αυτές.

Οι επεμβάσεις που μπορούν να προταθούν από τις δυο παραπάνω επιθεωρήσεις διαφέρουν σε κόστος και μέγεθος και διακρίνονται στις:

❖ Επεμβάσεις νοικοκυρέματος

Αποτελούν ενέργειες στην καθημερινή λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου χωρίς ιδιαίτερο κοστολόγιο, ούτε διακοπή της λειτουργίας του. Η επιτυχία των μέτρων αυτών σχετίζεται άμεσα με την ενημέρωση και την αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών ενός κτιρίου. Τέτοιες επεμβάσεις ενδεικτικά είναι:

- Περιοδική συντήρηση καυστήρα και έλεγχο βαθμού απόδοσης λέβητα, καθαρισμός επιφανειών θερμικής εναλλαγής λέβητα.
- Έλεγχος και επισκευή ρωγμών πλαισίων ανοιγμάτων, ρηγμάτων τοιχοποιίας, χαλασμένων μηχανισμών, φθαρμένων στοιχείων θερμομόνωσης και σφραγίσματος αρμών.
- Κλείσιμο διόδων θερμικής ροής σε φρεάτια και κλιμακοστάσια.
- Ορθολογική λειτουργία υφιστάμενων διατάξεων σκίασης σε σχέση με την εποχή και τον προσανατολισμό του εκτεθειμένου, στην ηλιακή ακτινοβολία, ανοίγματος.
- Συστηματική χρήση των ανοιγμάτων, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας, για ενίσχυση του φυσικού αερισμού δροσισμού στις θερμές περιόδους του χρόνου.
- Κλείσιμο του κλιματισμού και του φωτισμού όταν οι χώροι δεν χρησιμοποιούνται, διόρθωση της θερμοκρασίας ρύθμισης του κλιματισμού κλπ [7].

❖ Επεμβάσεις χαμηλού κόστους

Συνδέονται με επενδύσεις χαμηλού κόστους και με περιορισμένες διακοπές της λειτουργίας του κτιρίου. Συνήθως περιλαμβάνονται στον υπάρχοντα προϋπολογισμό της διαχείρισης του κτιρίου και έχουν χρόνο απόσβεσης έως 24 μήνες. Μερικές από αυτές είναι :

- Κατάργηση περιττών ανοιγμάτων με ταυτόχρονη θερμική προστασία των επιφανειών που καλύπτουν.
- Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης.
- Αντικατάσταση υαλοπινάκων με νέους διπλούς.
- Εφαρμογή έγχρωμων και ανακλαστικών φιλμ ή τοπικών διατάξεων εσωτερικής σκίασης (περσίδες, κουρτίνες) σε ανοίγματα με ανεπιθύμητα υψηλό θερινό ηλιακό κέρδος.
- Εφαρμογή μηχανισμών αυτόματης επαναφοράς θυρών.
- Αντικατάσταση θυρών, με άλλες νέου σχεδιασμού από υλικά με ειδική προστασία και μικρότερη θερμοπερατότητα.

- Προσθήκη θερμομονωτικού στρώματος σε τμήματα της εξωτερικής τοιχοποιίας που βρίσκονται πίσω από θερμαντικά σώματα κεντρικής θέρμανσης.
- Εγκατάσταση θερμοστατικών βαλβίδων στα θερμαντικά σώματα με δυνατότητα τοπικής ρύθμισης της θερμοκρασίας.
- Εγκατάσταση χρονοδιακοπών που τερματίζουν αυτόματα την λειτουργία των Συστημάτων [7].

❖ **Επεμβάσεις ανακατασκευής**

Απαιτούν μεγάλο προϋπολογισμό ενώ δεν είναι μικρός ούτε ο χρόνος απόσβεσης ούτε και ο χρόνος διακοπής της λειτουργία του κτιρίου. Παραδείγματα είναι:

- Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, οροφής, δαπέδων, πυλωτής.
- Θερμομόνωση θερμογεφυρών (υποστυλώματα, δοκοί, τοιχία κλπ.).
- Μείωση του θερμαινόμενου/κλιματιζόμενου όγκου σε χώρους υπερβολικού ύψους (ένταξη ψευδοροφών).
- Εφαρμογή εξωτερικών σταθερών ή κινητών διατάξεων σκίασης (τέντες, παντζούρια, κατακόρυφα ή οριζόντια κινητά ή σταθερά σκίαστρα κλπ.).
- Προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και φωτισμού (τοίχοι μάζας *rombe*, θερμοσιφωνικά πάνελ, ηλιακοί χώροι/θερμοκήπια, ανοίγματα για φυσικό φωτισμό, αγωγοί φυσικού φωτός κλπ.).
- Προσθήκη κινητήρων μεταβλητής ταχύτητας, εγκατάσταση εξοπλισμού διόρθωσης του συντελεστή ισχύος κλπ [7].

2.6 Διενέργεια μιας ενεργειακής επιθεώρησης

Η διενέργεια της ενεργειακής επιθεώρησης πραγματοποιείται από ενεργειακούς επιθεωρητές. Αυτοί είναι άτομα με κατάλληλη εξειδίκευση σε θέματα κτιριακών εγκαταστάσεων εξοπλισμού θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού (HVAC), φωτισμού και κάθε άλλης κτιριακής εγκατάστασης. Το αντικείμενο και ο σκοπός της επιθεώρησης είναι αυτά που θα καθορίσουν τον αριθμό των ενεργειακών επιθεωρητών και το χρόνο που θα χρειαστεί για την ολοκλήρωση της επιθεώρησης. Απαραίτητη χρήζεται η συμβολή του προσωπικού της επιχείρησης που ασχολείται με τις συσκευές τελικής χρήσης, τη συντήρηση, τη λειτουργία τους κτλ κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η ομάδα των επιθεωρητών πρέπει να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κτιρίου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού και των συστημάτων για να αποκτήσουν μια πληρέστερη εικόνα του κτιρίου. Οι αποδόσεις των συστημάτων πρέπει να προσδιοριστούν με τη διεξαγωγή μετρήσεων, με τον έλεγχο των αρχείων λειτουργίας και συντήρησης και με επιτόπια επιθεώρηση. Θα ακολουθήσει ο προσδιορισμός των σημείων δυνατής βελτίωσης και μια έκθεση των ενεργειακών επιθεωρητών με τα αποτελέσματα της επιθεώρησης, για λόγους τήρησης αρχείου αλλά και για εφαρμογές που θα ακολουθήσουν [7].

Τα βασικά βήματα για την διεξαγωγή της ενεργειακής επιθεώρησης παρουσιάζονται παρακάτω:

α) Προσδιορισμός αντικείμενου της ενεργειακής επιθεώρησης.

Για τη διεξαγωγή μιας επιθεώρησης πρέπει να προσδιοριστεί κατ' αρχήν το ακριβές αντικείμενο της επιθεώρησης καθώς και ο χρόνος και ο προϋπολογισμός. Αφού υπάρξει συνεννόηση με τη διαχείριση του κτιρίου και παρέχεται η αμέριστη βοήθεια της θα πρέπει να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι περιοχές που πρέπει να επιθεωρηθούν, ο βαθμός ανάλυσης της επιθεώρησης, η αναμενόμενη εξοικονόμηση, η χρήση των αποτελεσμάτων της επιθεώρησης ως βάση για τη βελτίωση της λειτουργίας και της συντήρησης, η ανάγκη για συνέχεια σε επίπεδο εκπαίδευσης και προώθησης των αποτελεσμάτων κλπ [3,7].

β) Δημιουργία ομάδας ενεργειακών επιθεωρητών.

Μια ομάδα ενεργειακής επιθεώρησης δημιουργείται με:

- Τον καθορισμό των μελών της ομάδας επιθεώρησης και των καθηκόντων τους.
- Τη συμμετοχή του προσωπικού συντήρησης και λειτουργίας προκειμένου συλλεχθούν πληροφορίες.
- Τη διοργάνωση συναντήσεων για ανταλλαγή πληροφοριών και εξοικείωση μεταξύ των μελών [3,7].

γ) Εκτίμηση χρονοδιαγράμματος και προϋπολογισμού

Ο προϋπολογισμός και το χρονοδιάγραμμα των εργασιών προσδιορίζονται σύμφωνα με το κόστος και το πλήθος των ωρών επιθεώρησης που απαιτούνται για την συλλογή των απαιτούμενων πληροφοριών έως και τη συμπλήρωση της έκθεσης της επιθεώρησης [3,7].

δ) Διεξαγωγή επιθεώρησης/μετρήσεων, ανάλυση δεδομένων & τελικές προτάσεις.

Αναλυτικότερες πληροφορίες για τα επιμέρους τμήματα της επιθεώρησης μπορούν να βρεθούν στο σχέδιο του KENAK.

2.7 Δελτίο της ενεργειακής ταυτότητας του κτιρίου (ΔΕΤΑ)

Τα αποτελέσματα του ελέγχου καθώς και όποια άλλα απαραίτητα ενεργειακά χαρακτηριστικά του κτιρίου αναγράφονται σε ειδικό έντυπο, το δελτίο ενεργειακής ταυτότητας του κτιρίου (ΔΕΤΑ). Με την έκδοση της οικοδομικής άδειας θα εκδίδεται το δελτίο της ενεργειακής ταυτότητας του κτιρίου, το οποίο θα αναφέρει τα ενεργειακά χαρακτηριστικά και την ενεργειακή κατηγορία του. Χωρίς αυτό είναι αδύνατη η ολοκλήρωση οποιασδήποτε δικαιοπραξίας (πώληση, ενοικίαση, μεταβίβαση κλπ.), που αφορά στο κτίριο. Με το δελτίο αυτό θεσμοθετείται η υποχρέωση για ετήσια συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Το ΔΕΤΑ θα συμπληρώνεται μετά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και θα υποβάλλεται μαζί με το φάκελο αδειάς στην πολεοδομία από τον μελετητή μηχανικό. Ένα χρόνο μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής θα γίνεται η οριστική κατάταξη του κτιρίου στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης και η ενεργειακή πιστοποίηση του. Η ενεργειακή πιστοποίηση θα γίνεται με την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου από εγκεκριμένο ενεργειακό επιθεωρητή. Για τα υφιστάμενα κτίρια θα οριστεί μία περίοδος μερικών ετών για να ελεγχθούν [3].

Ο KENAK θα υποδείξει τους τρόπους για τον υπολογισμό της ενεργειακής ταυτότητας και τη βαθμονόμηση του κτιρίου, ώστε να εξασφαλιστεί διαφάνεια στην αγορά ακίνητων, στην ενημέρωση του καταναλωτή και στην προστασία του περιβάλλοντος. Συνοψίζοντας, το ΔΕΤΑ, θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Έχει ισχύ 10 ετών.
- Περιλαμβάνει συστάσεις για τη βελτίωση της απόδοσης σε σχέση με το κόστος.
- Τοποθετείται σε ευδιάκριτη θέση σε μεγάλα δημόσια κτίρια.
- Επιτρέπει στους καταναλωτές να αξιολογήσουν την ενεργειακή επιθεώρηση.
- Σε όλες τις περιπτώσεις ενεργειακής επιθεώρησης το ΔΕΤΑ εκδίδεται από κατάλληλο προσωπικό.

2.8 Προβλήματα-εμπόδια για την εφαρμογή ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων στην Ελλάδα

A) Τα κυριότερα προβλήματα και εμπόδια είναι:

- Καθυστέρηση της έκδοσης του νέου Κανονισμού (ΚΕΝΑΚ, πρ. ΚΟΧΕΕ).
- Ελλιπής ενημέρωση των ελεγκτικών φορέων (Πολεοδομικών γραφείων) και αδυναμία ελέγχου των μελετών βιοκλιματικών κτιρίων.
- Αυξημένο κόστος εισαγόμενων υλικών και ενεργειακών συστημάτων.
- Ανεπάρκεια οικονομικών κινήτρων (κυρίως στον οικιακό τομέα).
- Αναξιοπιστία ελληνικών δομικών υλικών και συστημάτων και ελλιπής πιστοποίηση.

B) Οι κυριότερες δράσεις για την αντιμετώπιση των προβλημάτων είναι:

- Ανάγκη βελτίωσης της αγοράς δομικών προϊόντων.
- Επάρκεια ελλήνων μελετητών και κατασκευαστών σε θέματα ενεργειακού σχεδιασμού (κέλυφος και Η/Μ εγκαταστάσεων).
- Εφαρμογή θεσμικού πλαισίου για τις ενεργειακές υπηρεσίες.
- Θεσμική ρύθμιση θεμάτων ενεργειακών επιθεωρητών.
- Τεκμηριωμένη ενημέρωση κοινού, του καταναλωτή των επενδυτών και του τεχνικού κόσμου γενικότερα [3].

Κεφάλαιο 3^ο

Δράσεις για εξοικονόμηση ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τρόποι για την εξοικονόμηση ενέργειας τόσο σε υφιστάμενα, όσο και σε νέα κτίρια μέσω ενεργειακών δράσεων και μέσω βιοκλιματικού σχεδιασμού. Επίσης γίνεται εκτίμηση του αναμενόμενου οφέλους από τις δράσεις αυτές. Τέλος γίνεται συνοπτική παρουσίαση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, διότι τα ΑΠΕ μπορούν να συμβάλουν στην περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

3.1 Προσθήκη θερμομόνωσης

Γενικά ως θερμομόνωση στις κτιριακές κατασκευές ορίζεται το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων τα οποία λαμβάνονται για την μείωση της μεταδόσεως θερμότητας είτε μεταξύ των εσωτερικών χώρων του κτιρίου και της ατμόσφαιρας είτε μεταξύ εσωτερικών χώρων του κτιρίου διαφορετικής θερμοκρασίας. Η προσθήκη θερμομόνωσης αφορά κυρίως κτίρια κατασκευασμένα μέχρι το 1980, τα οποία δε φέρουν καθόλου θερμομόνωση στα δομικά τους στοιχεία. Σε κτίρια που έχουν μόνωση (κτίρια κατασκευασμένα μετά το 1980), ή στα οποία έχει γίνει μερική προσθήκη θερμομόνωσης, αλλά κρίνεται ότι η θερμομόνωση είναι ανεπαρκής, είναι δυνατόν η επέμβαση να αφορά μόνο στα ευαίσθητα σημεία του κτιρίου (π.χ κάλυψη θερμογεφυρών, πρόσθετη μόνωση οροφής) και οπωσδήποτε να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή επιθεώρηση και την ενεργειακή μελέτη [7,8].

Όταν η θερμική μόνωση γίνει με τα κατάλληλα υλικά και τον κατάλληλο τρόπο κατά περίπτωση αυτή εξασφαλίζει:

- Υγιεινή και ευχάριστη διαμονή των ενοίκων. Η καλή θερμική μόνωση εξασφαλίζει άνετη και οικονομική διαμονή των ενοίκων μιας κατοικίας (μικρές διακυμάνσεις θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του εικοσιτετραώρου).
- Ορθολογική κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση και τον κλιματισμό των χώρων. Με την καλή θερμική μόνωση μειώνονται τα τρέχοντα έξοδα θέρμανσης των κτιρίων, αλλά και ταυτόχρονα προστατεύουμε τη κατασκευή από καταστροφές που μπορεί να προκληθούν (σπάσιμο σωλήνων από παγετό, αποκόλληση κονιάματος λόγω υδρατμών κ.τ.λ.), λόγω απότομων μεταβολών της θερμοκρασίας ή λόγω συγκέντρωσης υδρατμών.
- Μείωση του κόστους κατασκευής της εγκατάστασης θέρμανσης. Η εγκατάσταση θέρμανσης υπολογίζεται με βάση τις θερμικές απώλειες της κατασκευής, οπότε καλή μόνωση συνεπάγεται λίγες θερμικές απώλειες και κατ' επέκταση μικρότερη και φτηνότερη εγκατάσταση θερμάνσεως.
- Μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, η οποία μπορεί να είναι είτε ατμοσφαιρική (καυσαέρια από εγκατάσταση θέρμανσης) είτε θερμική [8].

3.1.1 Τρόποι θερμομόνωσης

Ο τρόπος με τον οποίο πρόκειται να θερμομονωθεί μία κτιριακή κατασκευή εξαρτάται από τα εξής:

- Την αντίσταση θερμοδιαφυγής των στοιχείων κατασκευής (οροφή, τοίχοι, δάπεδο κ.τ.λ.).
- Τη διαπερατότητα των στοιχείων κατασκευής από τον αέρα και ιδιαίτερα των εξωτερικών στοιχείων.
- Τη θερμοχωρητικότητα των στοιχείων της κατασκευής.
- Τη χρήση των χώρων που θερμομονώνονται [8].

3.1.2 Τα είδη θερμομόνωσης

• Εσωτερική θερμομόνωση

Γίνεται με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού από την εσωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων. Αποτελεί τον οικονομικότερο τρόπο θερμομόνωσης. Το μονωτικό υλικό παρεμποδίζει τη ροή θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του τοίχου. Επομένως, ο χώρος θερμαίνεται μεν γρήγορα από τα συστήματα θέρμανσης, ψύχεται όμως και γρήγορα όταν σταματήσει η λειτουργία τους. Επιπλέον, μειώνεται ο ωφέλιμος χώρος και οι εξωτερικές πλευρές του σκελετού του κτιρίου παραμένουν αμόνωτες και επομένως συνιστούν θερμογέφυρες [8].

• Εξωτερική θερμομόνωση

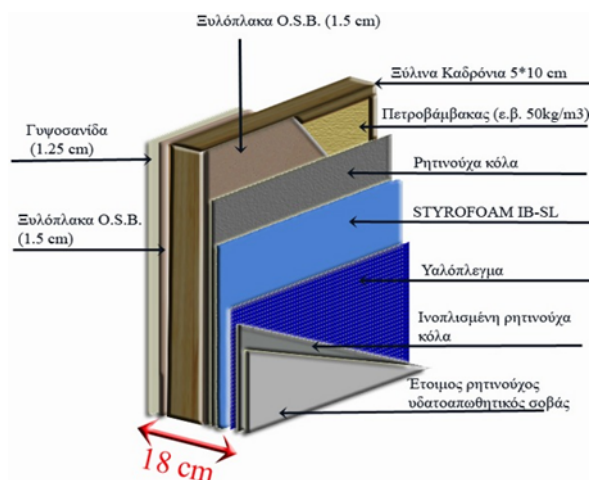
Γίνεται με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού από την εξωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων της κατασκευής. Χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό γιατί εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων, λιγότερες πιθανότητες υγραποίησης υδρατμών, προστασία των δομικών στοιχείων από απότομες μεταβολές θερμοκρασίας και έχει ικανότητα εφαρμογής και σε υφιστάμενα κτίρια. Παράλληλα, όμως, εμφανίζει και αρκετά μειονεκτήματα, όπως αναγκαιότητα προστασίας της μόνωσης από τα στοιχεία της φύσης, προστασία από το φαινόμενο συστολής - διαστολής και υψηλό κόστος κατασκευής.

Η πιο συνηθισμένη μορφή θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται στην χώρα μας είναι αυτή του πυρήνα της τοιχοποιίας με ή χωρίς στρώμα αέρα (για τουβλοδομές) με στρώσεις διαφόρων μονωτικών υλικών [8].

➤ Θερμομόνωση τοιχοποιίας

Οι βασικοί τρόποι θερμομόνωσης των τοίχων γίνονται με τέσσερις τρόπους.

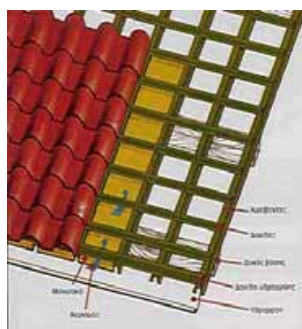
- Στο εσωτερικό της επιφάνειας.
- Στο εξωτερικό.
- Στον πυρήνα (διάκενο).
- Με χρήση θερμομονωτικών τούβλων [8].



Σχήμα 3.1: Θερμομόνωση τοιχοποιίας. Πηγή: www.maraggas.com.

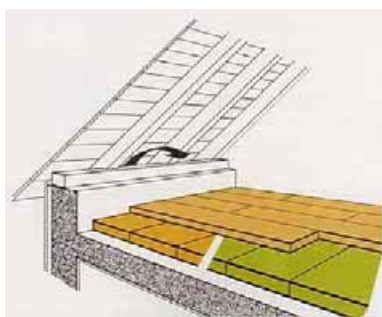
- **Θερμομόνωση οροφής – στέγης**

Η οροφή μπορεί να είναι οριζόντια ή κεκλιμένη και το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί στην εξωτερική ή στην εσωτερική επιφάνεια της οροφής. Στην εξωτερική επιφάνεια της οροφής το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί είτε πάνω είτε κάτω από τη στεγάνωση ανάλογα με τη συμπεριφορά του στην υγρασία [8].



Σχήμα 3.2: Σχηματική τομή μόνωσης ξύλινης κεκλιμένης στέγης. Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

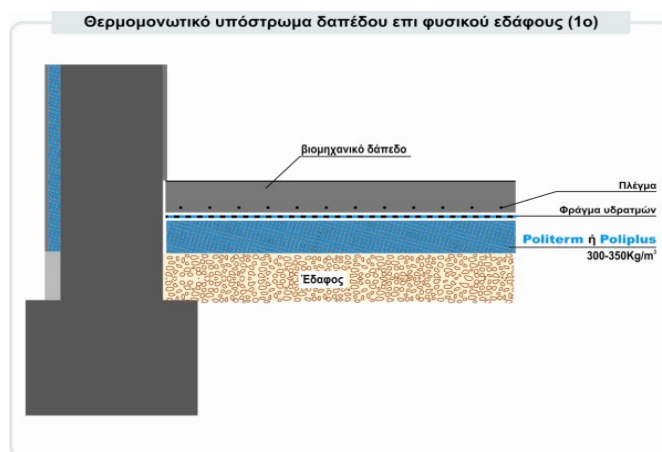
Η στέγη συνδυάζει την οριζόντια και την κεκλιμένη οροφή. Στην περίπτωση που ο χώρος της στέγης δεν κατοικείται αρκεί η τοποθέτηση θερμομονωτικού υλικού επί της οριζόντιας επιφάνειας. Στην άλλη περίπτωση η θερμομόνωση τοποθετείται είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά στην κεκλιμένη επιφάνεια [8].



Σχήμα 3.3: Σχηματική παρουσίαση μόνωσης κάτω από τη στέγη. Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

- **Θερμομόνωση δαπέδων**

Η θερμομόνωση στο δάπεδο μπορεί να τοποθετηθεί είτε επάνω από την πλάκα σε περίπτωση που μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση των συστημάτων θέρμανσης κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες) είτε κάτω από την πλάκα καθώς έχει καλύτερη απόδοση και μετά τη διακοπή των συστημάτων θέρμανσης κλιματισμού. Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από προσθήκη θερμομόνωσης μπορεί να κυμαίνεται από 10% έως 40% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση [7,8].



Σχήμα: 3.4 Θερμομόνωση δαπέδου.

Πηγή: www.tekto.gr.

3.2 Αντικατάσταση παλαιών παραθύρων, θυρών και κουφωμάτων

Τα κουφώματα έχουν σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων γιατί από αυτά μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω, ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων. Τα παράθυρα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και κουφώματα με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και επί πλέον, θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες, οι οποίες μπορεί να επιφέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, όπως παρατηρείται σε κτίρια κακής κατασκευής ή παλαιά.

Στην Ελλάδα, από την ισχύ του κανονισμού θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά-περιβαλλοντικά και οικονομικά [3,7].



Σχήμα 3.5: Ανταλλαγή θερμότητας μέσω υαλοπινάκων.
Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

3.2.1 Υαλοπίνακες

Οι κύριες παράμετροι για την επιλογή κατάλληλων υαλοπινάκων είναι :

- **Συντελεστής θερμοπερατότητας U:**
Αντιπροσωπεύει την ικανότητα του υαλοπίνακα να περιορίζει τις θερμικές απώλειες των εσωτερικών χώρων. Η μικρή τιμή του δεικνύει αυξημένες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Έχει μονάδες (W/m^2K).
- **Συντελεστής ηλιακής ενέργειας g:**
Αντιπροσωπεύει την ικανότητα του υαλοπίνακα να μεταφέρει την ηλιακή ακτινοβολία στους εσωτερικούς χώρους. Η μεγάλη τιμή του δεικνύει αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Είναι αδιάστατο μέγεθος.
- **Συντελεστής φωτοδιαπερατότητας T_v:**
Αντιπροσωπεύει την ικανότητα του υαλοπίνακα να μεταφέρει το φυσικό φως στους εσωτερικούς χώρους. Η μεγάλη τιμή του δεικνύει σημαντική αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και, επομένως, μείωση των αναγκών τεχνητού φωτισμού. Είναι αδιάστατο μέγεθος.

Τα βασικά είδη των υαλοπινάκων με μια μικρή περιγραφή τους είναι:

- **Μονός υαλοπίνακας**
Χαρακτηρίζεται από μεγάλους συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακού θερμικού κέρδους.
- **Διπλός υαλοπίνακας**
Αποτελείται από δύο υαλοπίνακες, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται κενό ξηρού αέρα. Με την αύξηση του πάχους του κενού και των υαλοπινάκων, αυξάνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας. Τα συνήθη πάχη των υαλοπινάκων είναι 4 – 12 mm και του κενού 6 – 16 mm.
- **Τριπλός υαλοπίνακας**
Πλεονεκτεί έναντι του διπλού υαλοπίνακα όσον αφορά στις θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ικανότητες, αλλά μειονεκτεί σημαντικά όσον αφορά στο κόστος και στο βάρος.
- **Έγχρωμος υαλοπίνακας**
Παρουσιάζει χαμηλή θερμοπερατότητα αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας. Συνιστάται για τη μείωση των ηλιακών κερδών.

- **Ανακλαστικός υαλοπίνακας**

Πρόκειται για μονό ή διπλό υαλοπίνακα με ανακλαστική επίστρωση – έναν λεπτό υμένα, η οποία ανακλά ένα σημαντικό μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μειώνοντας τα ηλιακά θερμικά κέρδη, αλλά περιορίζοντας ταυτόχρονα και την διαπερατότητα του φυσικού φωτός. Η επίστρωση τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια του μονού ή του διπλού υαλοπίνακα και ενδέχεται να προκαλέσει θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο.

- **Υαλοπίνακας με χαμηλό συντελεστή θερμικής ακτινοβολίας – Low-e**

Πρόκειται για διπλό υαλοπίνακα με επίστρωση από μεταλλικά οξειδία, η οποία τοποθετείται σε εκείνη την επιφάνεια του εσωτερικού ή εξωτερικού υαλοπίνακα η οποία είναι στραμμένη προς το διάκενο. Εάν η επίστρωση γίνει στην εξωτερική επιφάνεια του εσωτερικού υαλοπίνακα, τα θερμικά κέρδη παγιδεύονται μέσα στο κτίριο κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών ενώ, εάν η επίστρωση γίνει στην εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού υαλοπίνακα, παρεμποδίζεται η είσοδος των ηλιακών θερμικών κερδών κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών.

- **Απορροφητικός υαλοπίνακας**

Πρόκειται για έναν μονό υαλοπίνακα ο οποίος έχει τη δυνατότητα να απορροφά ένα σημαντικό ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, χωρίς ωστόσο να προκαλεί μεγάλη μείωση της διαπερατότητας του φυσικού φωτός. Σε αντίθεση με τον ανακλαστικό υαλοπίνακα δεν προκαλεί θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο. Παρ'όλα αυτά, ένα μέρος της απορροφούμενης ακτινοβολίας απελευθερώνεται αργότερα στους εσωτερικούς χώρους. Ως λύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί διπλός υαλοπίνακας, του οποίου ο εξωτερικός υαλοπίνακας θα είναι απορροφητικός υαλοπίνακας. Με αυτόν τον τρόπο, η απορροφηθείσα ακτινοβολία απελευθερώνεται στο εξωτερικό περιβάλλον και όχι στους εσωτερικούς χώρους.

- **Αντιθαμβωτικός υαλοπίνακας**

Πρόκειται για υαλοπίνακα ο οποίος εξασφαλίζει καλλίτερη κατανομή του φυσικού φωτός, ελαχιστοποιώντας τα προβλήματα θάμβωσης.

- **Θερμομονωτικός υαλοπίνακας**

Είναι οι υαλοπίνακες που στο διάκενό τους περιέχουν άλλο αέριο (π.χ αργό) αντί για αέρα. Συνιστώνται σε κτίρια με μεγάλα ανοίγματα, όπου απαιτείται υψηλή θερμομόνωση του κελύφους. Επίσης έχουν αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα.

- **Ηλεκτροχρωμικός υαλοπίνακας**

Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι οπτικές ιδιότητες (π.χ. διαπερατότητα) μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι διπλοί υαλοπίνακες εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, παρουσιάζουν και μια σειρά άλλων πλεονεκτημάτων, όπως :

- Μείωση της ακτινοβολίας από ή προς τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη αυτής άλλων επιφανειών των εσωτερικών χώρων.
- Περιορισμό των ρευμάτων αέρα κοντά στα ανοίγματα, με συνακόλουθο αποτέλεσμα βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης.
- Αποτροπή της συμπύκνωσης υδρατμών στην επιφάνειά τους κατά τους χειμερινούς μήνες.
- Μείωση του θορύβου [7].

3.2.2 Πλαίσια

Τα πλαίσια συμμετέχουν σημαντικά στην επιφάνεια των ανοιγμάτων. Ειδικά σε μικρά ανοίγματα, αυτή η συμμετοχή ενδέχεται να φθάσει και το 30%. Είναι λοιπόν προφανές πως η ενεργειακή συμπεριφορά ενός ανοίγματος επηρεάζεται και από τη θερμομονωτική ικανότητα του πλαισίου. Ένα πλαίσιο με κακές θερμομονωτικές ικανότητες μπορεί να μειώσει έως και 25% τα ενεργειακά κέρδη ενός διπλού υαλοπίνακα με αδρανές αέριο και έως και 70% τα ενεργειακά κέρδη ενός αντίστοιχου τριπλού υαλοπίνακα.

Οι βασικοί τύποι πλαισίων είναι:

- **Πλαίσια ξύλου**
Παρουσιάζουν την καλύτερη θερμομονωτική συμπεριφορά. Έχουν μειωμένη στεγανότητα από τον αέρα – κάτι που έχει ως αρνητική συνέπεια τις θερμικές απώλειες τον χειμώνα αλλά και ως θετική συνέπεια τον αυτό αερισμό του χώρου.
- **Πλαίσια αλουμινίου**
Παρουσιάζουν χειρότερη θερμομονωτική συμπεριφορά από τα πλαίσια ξύλου. Παρ' όλ' αυτά, πλεονεκτούν στο ότι δεν χρειάζονται συντήρηση και στο ότι εξασφαλίζουν άριστη στεγανότητα αέρα και ύδατος. Η θερμομονωτική τους ικανότητα βελτιώνεται περαιτέρω με την τοποθέτηση, σε όλη την περίμετρο του εσωτερικού και εξωτερικού πλαισίου, ενός πλαστικού το οποίο ονομάζεται θερμοδιακοπή.
- **Συνθετικά πλαίσια**
Η κατασκευή του γίνεται από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και ενισχύονται με μεταλλικές διατομές από αλουμίνιο ή γαλβανισμένο χάλυβα. Η θερμομονωτική τους συμπεριφορά προσομοιάζει εκείνη των πλαισίων από ξύλο. Παρουσιάζουν άριστη στεγανότητα αέρα και ύδατος και δεν απαιτούν συντήρηση.

Η εξοικονόμηση ενέργειας, όσον αφορά στους υαλοπίνακες και τα πλαίσια, σχετίζεται με τη σωστή επιλογή και την ορθολογική χρήση. Οι υαλοπίνακες θα πρέπει να συνδυάζονται με τα κατάλληλα πλαίσια. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός υαλοπινάκων οι οποίοι χαρακτηρίζονται από χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και πλαισίων τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλό αντίστοιχο συντελεστή, έχει ως αποτέλεσμα το σημαντικό περιορισμό των ενεργειακών κερδών. Τα πλαίσια ξύλου προσφέρουν κατά 10% περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας από τα πλαίσια αλουμινίου και κατά 7% περισσότερη από τα πλαίσια αλουμινίου με θερμοδιακοπή. Τέλος, είναι προφανές πως η σωστή τοποθέτηση και προσαρμογή των πλαισίων των ανοιγμάτων στο κτίριο είναι ουσιώδης για την εξασφάλιση της στεγανότητας αέρα – τόσο όσον αφορά στην είσοδο όσο και τη διαφυγή αέρα, ύδατος – ειδικά από τη συνδυασμένη επίδραση ανέμου και βροχής – και την αποτροπή δημιουργίας θερμογεφυρών. Η πλήρωση και σφράγιση των αρμών με σιλικόνη καθώς και η εφαρμογή υλικών – αφρός, θερμομονωτική λωρίδα - τα οποία αποτρέπουν τη δημιουργία θερμογεφυρών ανάμεσα στο πλαίσιο και την τοιχοποιία είναι βασικής σημασίας. Θα πρέπει όμως να επιλέγονται μη τοξικά υλικά. Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από αντικατάσταση παλαιών παραθύρων, θυρών και κουφωμάτων μπορεί να κυμαίνεται από 10% έως 20% σε εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση.[3,7]



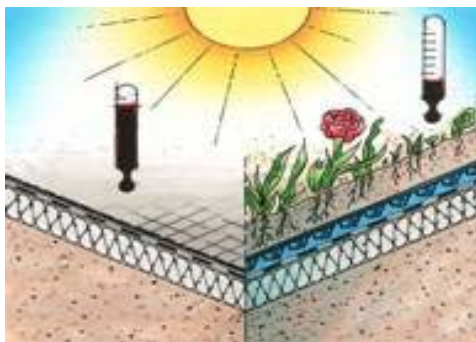
Σχήμα 3.6: Κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια με παλαιούς, αμόνωτους, μονούς υαλοπίνακες και σε κτίρια με νέους, μονωμένους, διπλούς υαλοπίνακες.

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

3.3 Φύτευση δωματίων και στεγών

Το φυτεμένο δώμα αποτελεί μέσο τόσο θερμομόνωσης όσο και υγραμόνωσης. Αποτελείται από ένα στρώμα βλάστησης, το οποίο αναπτύσσεται σε ένα ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε ένα δώμα. Τα πλεονεκτήματα δεν είναι μόνο αισθητικά αλλά και λειτουργικά π.χ αύξηση θερμικής άνεσης. Επίσης προσφέρει θερμική προστασία στο κτίριο τόσο κατά τους θερινούς, όσο και κατά τους χειμερινούς μήνες. Η φύτευση του δώματος αποτελεί ένα μέσο θερμομόνωσης του κτιρίου λόγω κυρίως των υλικών τα οποία το αποτελούν, (π.χ χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών). Προαπαιτήση, ωστόσο, η κατάλληλα θερμομονωμένη και υγραμονωμένη κατασκευή της οροφής. Τα σημαντικότερα οφέλη των φυτεμένων δωματίων ή στεγών μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Εξοικονόμηση ενέργειας σε θέρμανση και ψύξη.
- Επέκταση της διάρκειας ζωής των δομικών υλικών της στέγης, αύξηση της μόνωσης του κτιρίου και βελτίωση της στεγανοποίησης του κτιρίου.
- Απορρόφηση των αέριων ρύπων και της σκόνης.
- Βελτίωση του μικροκλίματος και του αερισμού των πόλεων.
- Αύξηση της προστασίας έναντι της ηχορύπανσης κατά 8 dB και μείωση της αντανάκλασης του ήχου κατά 3 dB.
- Δημιουργία οικοσυστημάτων μέσα στις αστικές περιοχές, στα οποία αναβιώνουν φυτά και ζώα που απωθήθηκαν λόγω της ανεξέλεγκτης επέκτασης των πόλεων.
- Εκμετάλλευση ελεύθερων δωματίων που αποτελούν κενούς διαθέσιμους χώρους (βελτίωση του αισθητικού χαρακτήρα του κτιρίου).



Σχήμα 3.7: Αύξηση θερμομόνωσης με φυτεμένο δώμα.
Πηγή: www.sts.gr.

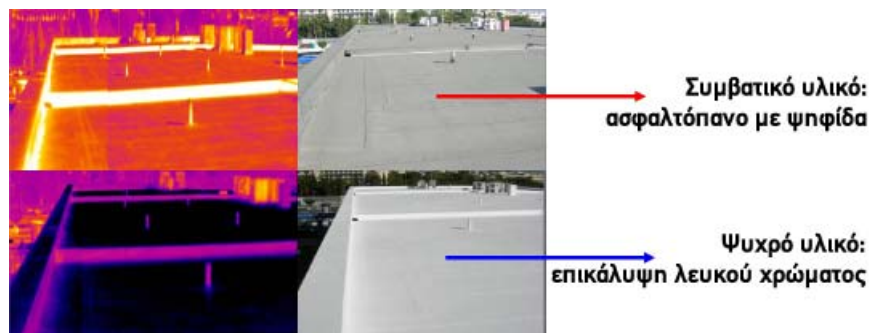
Η κατασκευή του φυτεμένου δώματος, καθώς και η επιλογή των φυτών από τα οποία θα αποτελείται, θα πρέπει να εξαρτάται από το είδος της οροφής και από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Επίσης θα πρέπει να είναι ιδιαίτερος επιμελημένη, χωρίς εκπτώσεις στην ποιότητα και να καλύπτει τουλάχιστον το 60% της οροφής. Πριν από την κατασκευή του φυτεμένου δώματος, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος από μηχανικό ώστε να διαπιστωθεί εάν το δώμα μπορεί να δεχθεί τα πρόσθετα φορτία και το υπόγειο σύστημα άρδευσης θα πρέπει να τοποθετηθεί πριν από τη διάστρωση του χώματος.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από φύτευση δωματίων και στεγών είναι 20% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη στον υποκείμενο όροφο του κτιρίου σε μη μονωμένες οροφές [3,7].

3.4 Χρήση ειδικών επιχρισμάτων (‘ψυχρών’ υλικών) σε οροφές και όψεις

Ψυχρά ονομάζονται τα υλικά που χαρακτηρίζονται από υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (έχουν δηλαδή την ιδιότητα να ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία αντί να την απορροφούν), καθώς και από υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας δηλαδή εκλύουν γρηγορότερα τα ποσά θερμότητας που έχουν απορροφήσει.

Ως αποτέλεσμα τα υλικά αυτά εμφανίζουν χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες συγκριτικά με άλλα υλικά που δεν έχουν αυτές τις ιδιότητες, (Σχήμα 3.1). Συνεπώς, μικρότερα ποσά θερμότητας θα μεταδίδονται από το κέλυφος στο εσωτερικό ενός κτιρίου, ενώ επίσης μικρότερα θα είναι και τα ποσά θερμότητας που μεταδίδονται από την ψυχρή επιφάνεια στα υπερκείμενα στρώματα αέρα προς το αστικό περιβάλλον.



Σχήμα 3.1: Φωτογραφία οροφής που έχει επικαλυφθεί με ένα συμβατικό υλικό (ασφαλτόπανο επάνω φωτογραφία) το οποίο, έχει αναπτύξει πολύ υψηλότερη θερμοκρασία σχετικά με ένα ψυχρό υλικό (κάτω φωτογραφία), δηλαδή με μια επικάλυψη λευκού χρώματος στην οροφή. Πηγή: www.marmaronet.com.

❖ **Η χρήση ειδικών «ψυχρών» υλικών συνίσταται :**

- Σε οροφές, οι οποίες είναι ήδη θερμομονωμένες ή σε οροφές στις οποίες είναι δυνατή η προσθήκη θερμομόνωσης.
- Σε οροφές όπου προστίθεται θερμομόνωση και τα «ψυχρά» υλικά τοποθετούνται για συμπληρωματικό όφελος.
- Σε οροφές ή σημεία όπου ορόφων όπου δεν κρίνεται σκόπιμη η φύτευση.
- Όταν η επιφάνεια εφαρμογής των ψυχρών υλικών είναι ασκίαστη κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας τους μήνες Ιούνιο-Σεπτέμβριο.
- Όταν το εν λόγω κτίριο παρουσιάζει σημαντικά υψηλά ψυκτικά φορτία, σε σχέση με τα φορτία θέρμανσης.
- Για εφαρμογή σε τοίχους, όταν η προσθήκη μόνωσης δεν αποτελεί ενδεδειγμένη λύση, είτε για κατασκευαστικούς λόγους είτε λόγω μεγάλων ψυκτικών φορτίων.

❖ **Πλεονεκτήματα των ψυχρών υλικών:**

- Βελτίωση συνθηκών θερμικής άνεσης σε μη κλιματιζόμενα κτίρια.
- Εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και αντίστοιχο οικονομικό όφελος.
- Μείωση του φορτίου αιχμής για ψύξη και αντίστοιχο οικονομικό όφελος.
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής για την οροφή και οικονομικό όφελος από τη μειωμένες ανάγκες για επισκευή.
- Αντιμετώπιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.
- Περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών CO₂.

❖ **Τα ψυχρά υλικά χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:**

- Υλικά για το κέλυφος του κτιρίου (π.χ. επικαλύψεις, μεμβράνες, πλάκες, ασφατικά κεραμίδια κ.λπ.).
- Υλικά για το αστικό περιβάλλον (άσφαλτος, πλάκες διαφόρων υλικών όπως τσιμέντο, μάρμαρο κ.λπ.).

Σήμερα, εκτός από ψυχρά υλικά λευκού χρώματος έχουν αναπτυχθεί και έγχρωμα ψυχρά υλικά για τις περιπτώσεις όπου η χρήση ανοιχτόχρωμων επιφανειών δημιουργεί προβλήματα θάμβωσης αλλά και για τις περιπτώσεις όπου προτιμάται η αισθητική των σκούρων χρωμάτων. Το κόστος των ψυχρών υλικών είναι γενικά συγκρίσιμο με το κόστος των συμβατικών υλικών. Ακόμα και για τις περιπτώσεις που το κόστος ενός ψυχρού υλικού είναι αυξημένο σε σχέση με του αντίστοιχου συμβατικού, το οικονομικό όφελος από την

εφαρμογή του ψυχρού υλικού θα είναι σημαντικότερο αν λάβουμε υπόψη το κόστος του κύκλου ζωής του υλικού. Μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε υφιστάμενες όσο και νέες κατασκευές.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από χρήση ειδικών επιχρισμάτων σε οροφές και όψεις κυμαίνεται από 10% έως 20% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη σε χώρους, χωρίς κατάλληλη θερμομόνωση [3,7].

3.5 Ηλιοπροστασία –Σκιασμός

Τα ηλιακά κέρδη που προκύπτουν από τα παράθυρα ενός κτιρίου, κατά το πέρασμα της θερμογόνου ηλιακής ακτινοβολίας είναι ιδιαίτερα μεγάλα και χρειάζονται απαραίτητως ηλιοπροστασία. Η μελέτη της ηλιοπροστασίας πρέπει να περιλαμβάνει την επαρκή σκίαση των ανοιγμάτων κατά το θέρος, αλλά να μην περιορίζει το ηλιακό θερμικό κέρδος κατά το χειμώνα και να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες σε φυσικό φωτισμό. Η σκίαση είναι περισσότερο αποδοτική όταν είναι εξωτερική, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η ηλιακή ακτινοβολία εμποδίζεται να εισέλθει και να εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους και μπορεί να μειώσει κατά 80-90% τα ηλιακά κέρδη. Παράλληλα, η χρήση κινητών σκιάστρων παρέχει τη δυνατότητα να επιτυγχάνεται σκίαση των ανοιγμάτων όταν είναι αυτό απαραίτητο, ανεξάρτητα από την εποχή του έτους.

Συνεπώς, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος σκιασμού, είναι η χρήση εξωτερικών σκιάστρων με κινητές περσίδες, που όμως είναι ιδιαίτερα ακριβός. Για το λόγο αυτό προτιμάται σταθερή εξωτερική σκίαση όπου συνδυάζεται με εσωτερικά στόρια που λειτουργούν συμπληρωματικά, επειδή τα συμβατικά κρύσταλλα έχουν πολύ μικρή αντίσταση. Από τους πιο απλούς τρόπους σκιασμού είναι η τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων ή βλάστησης που διακόπτουν τον άμεσο ηλιασμό, αλλά παράλληλα, λόγω της σκιάς τους μειώνουν τις θερμοκρασίες κοντά στο έδαφος.

Σε σχέση με τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων, τα νότια ανοίγματα λαμβάνουν πιο λίγη ακτινοβολία κατά την καλοκαιρινή περίοδο και είναι εύκολο να προστατευτούν. Τα δυτικά και ανατολικά παράθυρα, ωστόσο, θέτουν ένα μεγαλύτερο πρόβλημα, διότι η θέση του ήλιου είναι χαμηλά στον ουρανό όταν βρίσκεται στην ανατολή ή στην δύση. Για το λόγο αυτό, μια βιοκλιματική λύση είναι η μελέτη μείωσης κατά το δυνατόν της επιφάνειας των ανατολικών και δυτικών υαλοστασίων [3,7].

3.5.1 Ηλιοπροστατευτικές Διατάξεις

- **Εσωτερικές (κουρτίνες, περσίδες κλπ)**

Πρόκειται για διατάξεις οι οποίες προστατεύουν τον εσωτερικό χώρο από την ηλιακή ακτινοβολία η οποία διαπερνά το υαλοστάσιο του ανοίγματος. Τοποθετούνται στο εσωτερικό του κτιρίου, ακριβώς πίσω από το άνοιγμα ώστε να εμποδίσουν την ηλιακή ακτινοβολία να πλήξει τις εσωτερικές επιφάνειες του χώρου (δάπεδα, τοίχοι, έπιπλα). Συνήθως είναι κουρτίνες και περσίδες. Παρουσιάζουν το μεγάλο πλεονέκτημα ότι έχουν ελεγχόμενη χρήση μια που ο κάθε χρήστης μπορεί να μεταβάλει το επίπεδο σκιασμού / φωτισμού ανάλογα με τις ανάγκες του χωρίς ιδιαίτερο κόπο. Μειονεκτούν στο γεγονός ότι από τη στιγμή κατά την οποία η ακτινοβολία διαπερνά το υαλοστάσιο και εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο επιφέρει ορισμένη υπερθέρμανση, η οποία εξαρτάται από την απορροφητικότητα και ανακλαστικότητα του υλικού.

- **Περιεχόμενες στο κούφωμα (περσίδες)**

Οι περιεχόμενες στο κούφωμα ηλιοπροστατευτικές διατάξεις εμφανίζονται σε σύνθετα κουφώματα. Η συνηθέστερη μορφή είναι αυτή των περσίδων εντός του διακένου μεταξύ του δίδυμου υαλοπίνακα. Παρότι δεν βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου, και άρα τυχόν υπερθέρμανση του υλικού δεν θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στο θερμικό ισοζύγιο του χώρου, προκαλούν προβλήματα στεγανότητας στο κούφωμα, ενώ παρουσιάζουν δυσκολίες συντήρησης και αυξημένο κόστος εγκατάστασης.

- **Εξωτερικές (πρόβολοι, πτερύγια, περσίδες κ.α.)**

Στην κατηγορία των εξωτερικών ηλιοπροστατευτικών διατάξεων ανήκει κάθε διάταξη, η οποία βρίσκεται από την εξωτερική πλευρά του κουφώματος. Το σημαντικό τους πλεονέκτημα είναι ότι διακόπτουν την ηλιακή ακτινοβολία εκτός του εσωτερικού χώρου, πριν ακόμη αυτή προσβάλει το υαλοστάσιο του ανοίγματος. Ακόμη και αν υπερθερμανθούν, ο αερισμός τους από τον ατμοσφαιρικό αέρα συνήθως επαρκεί για να μειώσει τη θερμοκρασία τους, άρα και τη θερμική ακτινοβολία προς τον εσωτερικό χώρο. Η απλούστερη διάταξη περιλαμβάνει τα γνωστά παντζούρια και ρολά, ενώ υπάρχει μεγάλη ποικιλία από σύνθετες σταθερές ή κινητές διατάξεις οι οποίες αλληλεπιδρούν με τα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας κάθε στιγμή και ρυθμίζουν κατάλληλα και την ένταση του φυσικού φωτισμού στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Στις εξωτερικές διατάξεις μπορούν να ενταχθούν και οι πέργολες με αναρριχητικά φυτά τα οποία έχουν πυκνό φύλλωμα το καλοκαίρι και προκαλούν σκiasμό, ενώ μένουν χωρίς φύλλωμα το χειμώνα επιτρέποντας τον κατάλληλο ηλιασμό. Οι πέργολες αποτελούν χαρακτηριστικό στοιχείο της μεσογειακής αρχιτεκτονικής.

- **Σταθερές διατάξεις**

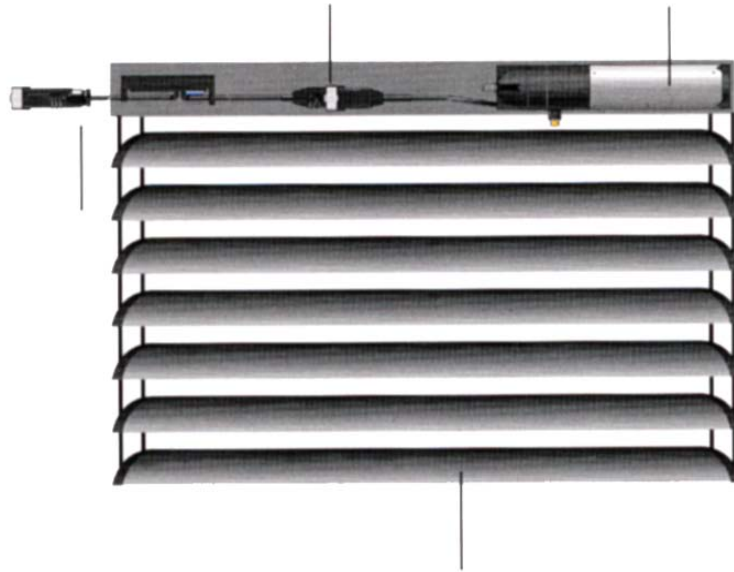
Είναι διατάξεις ειδικά σχεδιασμένες για συγκεκριμένο κτίριο και είναι μικρότερης ευελιξίας από τις κινητές. Απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό τους γιατί μπορεί να περιορίζουν τα ηλιακά κέρδη σε περιόδους που είναι επιθυμητά. Για τον καθορισμό των βέλτιστων γεωμετρικών χαρακτηριστικών, ώστε να εξασφαλίζεται σκiasμός κατά τη θερινή περίοδο χωρίς μείωση των ηλιακών κερδών κατά το χειμώνα.

- **Κινητές διατάξεις**

Αυτές έχουν το πλεονέκτημα της ελεγχόμενης λειτουργίας, είτε χειροκίνητης είτε αυτόματης και της προσαρμογής της κλίσης τους αναλόγως της θέσης του ήλιου και άλλων περιβαλλοντικών παραμέτρων.

Σε κάθε περίπτωση, ανεξάρτητα από το είδος της διάταξης σκiasμού και ιδιαίτερα τις εξωτερικές διατάξεις, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γεωμετρίας τους προκειμένου να παρέχουν σκiasμό το καλοκαίρι, αλλά να επιτρέπουν τον ηλιασμό του κτιρίου το χειμώνα, ώστε να γίνεται εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

Τα ανοίγματα με μεγαλύτερη απόκλιση από το νότο, τα οποία δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία κυρίως από την ανατολή ή τη δύση, ηλιοπροστατεύονται με διαφορετικό τρόπο από τις οριζόντιες διατάξεις, δεδομένου ότι η ηλιακή γωνία εκείνες τις ώρες είναι αρκετά μικρή σε σχέση με το μεσημέρι, και μια οριζόντια διάταξη σκiasμού θα απαιτούσε εξαιρετικά μεγάλο μήκος για να παρέχει σκiasμό. Σε αυτούς τους προσανατολισμούς βρίσκουν εφαρμογή οι κατακόρυφες διατάξεις σκiasμού [3,7].



Σχήμα 3.8: Κινητές περσίδες. Πηγή: www.titanhellas.gr.

3.5.2 Σκίαση από δέντρα

Κυρίως για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Το χειμώνα τα φυλλοβόλα δέντρα, όταν τα κλαδιά είναι γυμνά επιτρέπουν την ακτινοβολία του ήλιου να διέλθει από τα υαλοστάσια, ενώ το καλοκαίρι την εμποδίζουν όπως είναι επιθυμητό. Είναι καλό να επιλέγονται δέντρα με πυκνό φύλλωμα και λίγα κλαδιά, ο έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή σκίαση το καλοκαίρι και η ελάχιστη το χειμώνα. Αειθαλή δέντρα συνιστώνται για αρκετά υγρά και ορισμένες φορές για ζεστά κλίματα. Αξιοσημείωτο είναι ότι ένα γυμνό δέντρο παρεμποδίζει τις ακτίνες του ήλιου περίπου κατά 20-40%. Σε θερμές περιοχές, ένα σπίτι που η σκεπή του σκιάζεται μπορεί να είναι κατά 6-12 βαθμούς C πιο δροσερό από ένα ασκίαστο. Αρκετά καλαίσθητη είναι επίσης η λύση της πέργκολας, προσκείμενης σε μια πλευρά του κτιρίου. Αποτελέσματα από έρευνες στις ΗΠΑ δεικνύουν ότι με φύτευση ενός δέντρου ανά σπίτι, η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη κυμαίνεται μεταξύ του 12%-24%. Επιπροσθέτως, η τοποθέτηση τριών δέντρων σε κάθε σπίτι μπορεί να μειώσει το ψυκτικό φορτίο από 17% έως 57%. Ο σκιασμός από δέντρα μόνο, συμβάλλει κατά 10-35% στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη .



Εικόνα 3.2: Σκίαση με δέντρα. Πηγή: www.runningblog.gr.

Η ανάγκη για την τοποθέτηση των σκιάστρων πρέπει να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή επιθεώρηση και μελέτη. Σε περίπτωση αντικατάστασης υφιστάμενου συστήματος σκίασης πρέπει να προβλέπεται η επανάχρησιμοποίηση-αξιοποίηση-ανακύκλωση του παλαιού συστήματος. Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από εγκατάσταση σκιάστρων και ηλιοπροστασία κυμαίνεται από 20% έως 30% σε εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη [3,7].

3.6 Φυσικός και νυχτερινός αερισμός

Ο φυσικός δροσισμός αποτελεί την εναλλακτική πρακτική για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτίρια το καλοκαίρι, σε μια εποχή όπου η αύξηση της εγκατάστασης και χρήσης κλιματιστικών συστημάτων είναι ραγδαία και επιφέρει σημαντικά ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα. Τα κλιματιστικά συστήματα καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, αυξάνουν σημαντικά το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής της χώρας και θερμαίνουν με τη λειτουργία τους το εξωτερικό περιβάλλον.

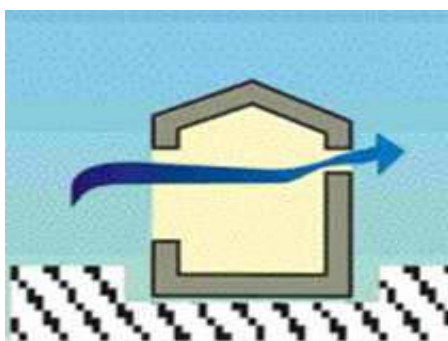
Με το φυσικό δροσισμό επιτυγχάνονται τρία πράγματα :

- Απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν.
- Απομακρύνεται η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα).
- Απομακρύνεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες.

Οι κατηγορίες στις οποίες διακρίνεται ο φυσικός αερισμός αναλόγως της μεθόδου επίτευξής του, είναι:

- **Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων**

Ο διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων του κελύφους και των τμημάτων εσωτερικής τοιχοποιίας. Η κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και η απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας καθίσταται δυνατή από θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων.



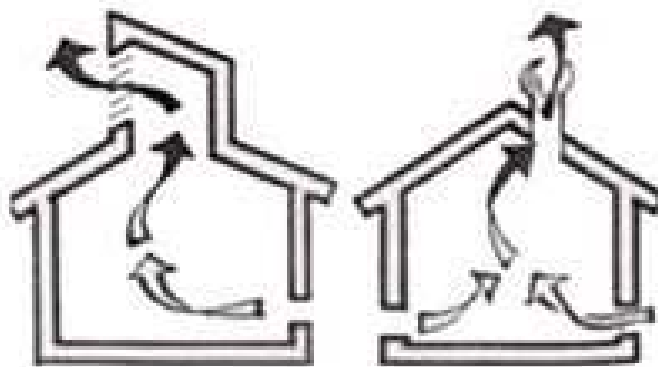
Σχήμα 3.9: Διαμπερής αερισμός κτιρίου.

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

- **Κατακόρυφος, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού.**

Λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και, ως εκ τούτου, δημιουργείται ρεύμα στους εσωτερικούς χώρους, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί και με ανεμιστήρα

(δημιουργία υβριδικού αερισμού) ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας έτσι συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια, εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων μπορούν να λειτουργούν ως καμινάδες αερισμού.



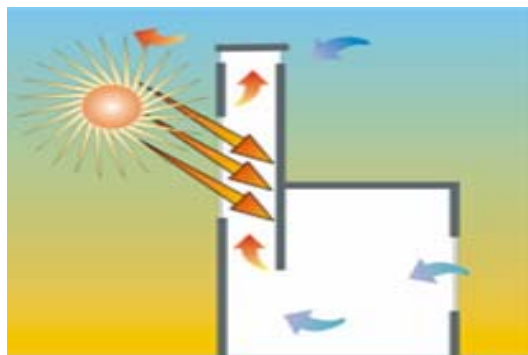
Σχήμα 3.10: Πύργος αερισμού.

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

- **Κατακόρυφος, ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα**

Πρόκειται για κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια επιφάνεια (με απόκλιση 30° ανατολικώς ή δυτικώς) α) υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας, β) έναν μικρό ηλιακό τοίχο και γ) περσίδες στο άνω τμήμα της πλευράς αυτής.

Η λειτουργία της ηλιακής καμινάδας βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά τόσο στον αερισμό όσο και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους καθώς, μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα η οποία προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Επομένως, ενισχύεται η ανανέωση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τους θερινούς μήνες, καθώς επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα.



Σχήμα 3.11: Ηλιακή καμινάδα.

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Στην ενεργειακή μελέτη θα πρέπει να αναφέρεται η παροχή νωπού αέρα (αλλαγές αέρα ανά ώρα ή κυβικά μέτρα ανά ώρα) καθώς και ποια ανοίγματα συνεισφέρουν στο φυσικό αερισμό, με πιο τρόπο θα επιτυγχάνεται η επιθυμητή λειτουργία τους καθώς και η μείωση, με τον τρόπο αυτό, της απαιτούμενης ή καταναλισκόμενης ενέργειας .

Με την εφαρμογή του αερισμού, ιδιαίτερα κατά τις ενδιάμεσες περιόδους του έτους (Απρίλιο έως Μάιο και Σεπτέμβρη έως Οκτώβρη) και τις βραδινές ώρες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 10% -15% χωρίς καμία επιπλέον οικονομική επιβάρυνση εγκατάστασης εξοπλισμού. [3,7]

3.7 Εγκατάσταση - ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων

Παθητικά ηλιακά συστήματα είναι αυτά τα οποία παρέχουν στο κτίριο θέρμανση και δροσισμό από την εκμετάλλευση των φυσικών πηγών ενέργειας, όπως επίσης και των στοιχείων απορρόφησης ενέργειας. Αναγκαία προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία τους ώστε να αξιοποιήσουν όσο το δυνατό περισσότερο την ηλιακή, είναι ένας κατάλληλος σχεδιασμός του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι το κέλυφος πρέπει να επιτρέπει τη μέγιστη ηλιακή συλλογή, τη μέγιστη θερμοχωρητικότητα και τις ελάχιστες θερμικές απώλειες.

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων βασίζεται σε 3 μηχανισμούς :

- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και διατήρησή της στο εσωτερικό του κτιρίου για την θέρμανση των χώρων.
- Τη θερμική υστέρηση των υλικών, (θερμοχωρητικότητα)
- Τις αρχές μετάδοσης της θερμότητας, δηλαδή την ιδιότητα της θερμότητας να μεταφέρεται από το θερμό στο κρύο αντικείμενο.

Είδη παθητικών ηλιακών συστημάτων για θέρμανση :

- **Άμεσου ηλιακού κέρδους**

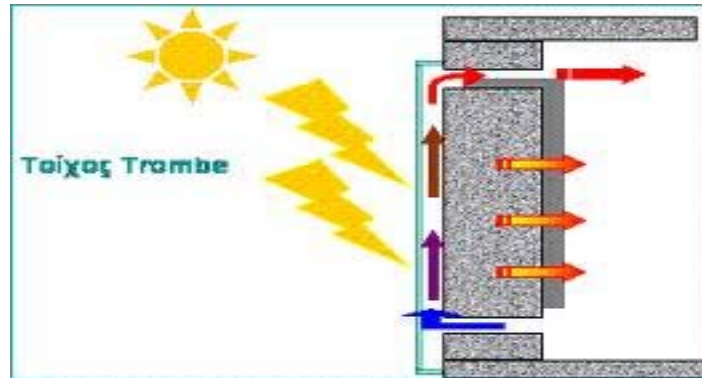
Στα συστήματα άμεσου κέρδους, ο χώρος θερμαίνεται άμεσα με την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας χωρίς να απαιτείται η παρεμβολή κάποιας ιδιαίτερης θερμικής μάζας ή κάποιο σύστημα διανομής της θερμότητας. Η θερμότητα προσπίπτει στα υλικά που συνθέτουν το χώρο, είτε απευθείας είτε έπειτα από αλληπάλληλες ανακλάσεις και αποθηκεύεται σε αυτά χωρίς να απαιτεί κάποια ιδιαίτερη κατασκευή θερμικής μάζας. Παρόλα αυτά, κάθε άνοιγμα δε μπορεί να θεωρηθεί ως τεχνική παθητικής θέρμανσης, διότι το σύστημα είναι αποδοτικό μόνο όταν το άνοιγμα είναι καθαρά νότιου προσανατολισμού, ή τουλάχιστον με μικρή απόκλιση από το νότο.

Σημαντικό ρόλο για τη σωστή εφαρμογή του συστήματος παίζει η επιλογή των τύπων των υαλοπινάκων και η επιλογή των δομικών στοιχείων (τοιχοί, δάπεδο, οροφή). Αυτά πρέπει να έχουν τουλάχιστον 9 φορές μεγαλύτερη επιφάνεια από τα ανοίγματα και πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας για την αποθήκευση του ηλιακού θερμικού κέρδους.

- **Έμμεσου ηλιακού κέρδους**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα συστήματα που αξιοποιούν έμμεσα τα ηλιακά οφέλη για τη θέρμανση του κτιρίου. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας και η αποθήκευση της θερμότητας δε γίνονται εντός του εσωτερικού χώρου. Ο συλλέκτης βρίσκεται εκτός του χώρου και η αποθήκη θερμότητας συνήθως αποτελεί το διαχωριστικό στοιχείο μεταξύ συλλέκτη και χώρου (π.χ. ένας τοίχος). Βασικό λειτουργικό χαρακτηριστικό των διατάξεων αυτών είναι η

χρονική υστέρηση της απόδοσης της θερμότητας στο χώρο από την ώρα που πραγματοποιείται η συλλογή. Οι κυριότερες μορφές των μηχανισμών έμμεσου κέρδους είναι ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης, ο τοίχος trombe, η ηλιακή στέγη και το προσαρτημένο θερμοκήπιο.



Σχήμα 3.12: Λειτουργία τοίχου trombe.

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).



Σχήμα 3.2: Ηλιακό θερμοκήπιο. Πηγή :www.evonymos.org.

- **Απομονωμένου ηλιακού κέρδους, ή απομονωμένης λειτουργίας**

Στα συστήματα απομονωμένου κέρδους η επιφάνεια ηλιοσυλλογής δεν βρίσκεται σε επαφή με το χώρο που επιθυμείται να θερμανθεί. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην απόσταση του συλλέκτη από την αποθήκη ή στην παρεμβολή θερμομόνωσης μεταξύ τους. Παράδειγμα απομονωμένου κέρδους είναι το θερμοσιφωνικό πλαίσιο και ο απομονωμένος τοίχος συσσώρευσης.

Παθητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να ενσωματωθούν κατόπιν μελέτης σε νότιες όψεις κτιρίων, οι οποίες δεν σκιάζονται κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Για την περίπτωση προσθήκης θερμοκηπίου σε υφιστάμενο κτίριο θα πρέπει να υπάρχει είτε σχετική οικοδομική άδεια (τροποποίηση) είτε βεβαίωση ότι με την προσθήκη δεν θα υπάρχει υπέρβαση στους συντελεστές δόμησης, κάλυψης κ.ο.κ. Θα πρέπει επίσης να τεκμηριώνεται και να περιγράφεται ο έλεγχος της λειτουργίας των συστημάτων τη θερινή περίοδο για την αποφυγή υπερθέρμανσης των χώρων, όπως προβλεπόμενα συστήματα σκίασης, έλεγχος λειτουργίας τους, κλπ. Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από την εγκατάσταση και ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων κυμαίνεται από 10% έως 15% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση [3,7].

3.8 Ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων

Οι παρεμβάσεις για την αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων μπορεί να αφορούν:[3,7]

3.8.1 Αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει το 35-40% της συνολικής ενέργειας καταναλώνεται σήμερα στα κτίρια, ενώ από αυτή την ενέργεια το 50% οφείλεται στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης θεωρείται επιτυχημένη όταν θερμαίνει σωστά και όσο χρειάζεται και εφόσον λειτουργεί οικονομικά και με ασφάλεια. Μερικές απλές παρεμβάσεις στο σύστημα αυτό μπορούν να εξοικονομήσουν σημαντικά ποσά ενέργειας, μέχρι και 20 % και είναι οι ακόλουθες:

- Θερμομόνωση της κεντρικής στήλης της θέρμανσης.
- Θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων και ακριβείς θερμοστάτες χώρου ή σύστημα αντιστάθμισης.
- Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου).
- Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης πετρελαίου με φυσικό αέριο, όπου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο.
- Η συντήρηση του συστήματος θέρμανσης βελτιώνει την απόδοση, μειώνει την κατανάλωση καυσίμων και την ρύπανση της ατμόσφαιρας και ο εξοπλισμός αποκτάει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Η τοποθέτηση μετρητών θερμικής ενέργειας συμβάλλει στην μείωση της σπατάλης και της αλόγιστης χρήσης [3,7].

3.8.2 Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού

Προτεινόμενες τεχνικές παρεμβάσεις ενδεικτικά είναι:

- Αντικατάσταση αυτόνομων συστημάτων κλιματισμού (split) με κεντρικό σύστημα, το οποίο θα μπορεί να λειτουργεί και σε free cooling mode.
- Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στα κανάλια απόρριψης και εισαγωγής αέρα εφόσον αυτά βρίσκονται το ένα κοντά στο άλλο.
- Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στις αντλίες θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.
- Η επιλογή ενεργειακά αποδοτικού κλιματιστικού μειώνει την κατανάλωση ενέργειας κατά 20-50%, ενώ το μέγεθος το κλιματιστικού πρέπει να είναι κατάλληλο για το χώρο.
- Εγκατάσταση υδρόψυκτων ψυκτών, όπου υπάρχει διαθεσιμότητα νερού.
- Εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (εναλλάκτες εδάφους-αέρα).

Η παρέμβαση αυτή μπορεί να γίνει εφόσον συνδυαστεί με εγκατάσταση νέου κατάλληλου συστήματος κλιματισμού και εφ' όσον το συνολικό κόστος της εγκατάστασης κρίνεται οικονομικά συμφέρον. Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από τις παρεμβάσεις αυτές κυμαίνεται από 20% έως 40% εξοικονόμηση ενέργειας [3,7].

3.8.3 Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές – κινητήρες

Η χρήση νέας τεχνολογίας κυκλοφορητών και κινητήρων υψηλής απόδοσης μπορεί να επιφέρει μείωση της ετήσιας χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους κυκλοφορητές κατά 60%. Στην περίπτωση που ο σύγχρονος κινητήρας συνδυαστεί με μια βελτιωμένη φτερωτή, πράγμα εφικτό από τις υψηλές ταχύτητες περιστροφής των κινητήρων υψηλής απόδοσης, η υδραυλική αποδοτικότητα μπορεί να αυξηθεί από 35% έως 60%. Με το συνδυασμό αυτών των δύο μέτρων, οι κυκλοφορητές υψηλής απόδοσης επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 40%, σε σχέση με το 5% έως 25% των ασύγχρονων κινητήρων. Επιπλέον, με την χρήση ρυθμιστών στροφών (inverter), σε συμβατικούς κινητήρες ισχύος μεγαλύτερης των 500W, όπως στους ανεμιστήρες των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων (ΚΚΜ) μπορεί να επιτευχθεί πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 25% ανάλογα την περίπτωση και τις συνθήκες λειτουργίας [3,7].

3.8.4 Μηχανικός αερισμός (free cooling)

Με την εφαρμογή του αερισμού είτε μηχανικού είτε φυσικού κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (Απρίλιος - Μάιος και Σεπτέμβριος - Οκτώβριος) και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού τις βραδινές ώρες, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας χωρίς επιπλέον οικονομική επιβάρυνση εγκατάστασης εξοπλισμού, παρά μόνο το κόστος λειτουργίας των ανεμιστήρων. Στα περισσότερα δημοτικά κτίρια ο μηχανικός αερισμός συνιστάται για τον πλήρη έλεγχο της λειτουργίας του αερισμού, ο οποίος με φυσικό τρόπο μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε λειτουργικά θέματα, όπως το άνοιγμα και το κλείσιμο παραθύρων, φεγγιτών κ.ο.κ. Ο μηχανικός αερισμός, μπορεί να γίνει είτε μέσω του κεντρικού συστήματος κλιματισμού σε free cooling mode, με την κατάλληλη ρύθμιση είτε μέσω υφισταμένων αεραγωγών ή και απλών ανεμιστήρων εισαγωγής και απαγωγής αέρα στους χώρους. Η λειτουργία του συστήματος μηχανικού αερισμού συνιστάται να γίνεται αυτόματα (π.χ. με χρονοδιακόπτη ή με θερμοστάτη) κατά προτίμηση μέσω του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου (BEMS) εφ' όσον υπάρχει ή εγκατασταθεί στο κτίριο. Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από την εφαρμογή μηχανικού αερισμού κυμαίνεται από 10% έως 15% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη [3,7].

3.8.5 Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής

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



Εικόνα 3.3: Ανεμιστήρας Οροφής.
Πηγή : www.homefood.gr.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από την εφαρμογή υβριδικού αερισμού με ανεμιστήρες οροφής κυμαίνεται από 20% έως 30% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη [3,7].

3.9 Αναβάθμιση του συστήματος φυσικού και τεχνητού φωτισμού

Η συνολική αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού μπορεί να αφορά τόσο στην αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού, όσο και στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού με κατάλληλους αισθητήρες φωτισμού. Στόχος του σχεδιασμού των συστημάτων φωτισμού είναι η εξασφάλιση οπτικής άνεσης μέσω:

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

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού μπορεί να φτάσει έως και 35% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για το σύνολο του κτιρίου.

▪ Φυσικός φωτισμός

Ο φυσικός φωτισμός ενός κτιρίου, εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, προσφέρει και τις ευεργετικές επιδράσεις του ηλιακού φωτός. Ο φυσικός φωτισμός θα πρέπει να αξιοποιείται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου για φωτισμό. Για την επίτευξη οπτικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, πρέπει να υπάρχει επάρκεια φυσικού φωτισμού και ομαλή κατανομή. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται οι έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν θάμβωση. Η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται τόσο από τα γεωμετρικά στοιχεία των εσωτερικών χώρων και των ανοιγμάτων, όσο και από τα χαρακτηριστικά τους όπως το

χρώμα και η υφή των αδιαφανών επιφανειών και των υαλοπινάκων, (π.χ φωτοδιαπερατότητα, ανακλαστικότητα κτλ). Οι κύριες κατηγορίες συστημάτων φυσικού φωτισμού είναι οι εξής:

1. Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
2. Ανοίγματα στην οροφή
3. Αίθρια
4. Φωταγωγοί

Οι σημαντικότερες τεχνικές βελτίωσης για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού είναι:

1. Κατακόρυφα ανοίγματα - όπως παράθυρα, φεγγίτες και λοιπά, με κατάλληλες γεωμετρικές διαστάσεις
2. Ανοίγματα στην οροφή
3. Αίθρια
4. Φωταγωγοί
5. Ειδικοί Υαλοπίνακες
6. Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
7. Διαφανή μονωτικά υλικά
8. Ράφια φωτισμού, ανακλαστήρες, περσίδες
9. Σκίαστρα

Για τη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού απαιτείται προμελέτη με περιγραφή όλων των προτεινόμενων παρεμβάσεων, το εκτιμώμενο όφελος και μελέτη που να τεκμηριώνει τα οφέλη.

▪ Τεχνητός φωτισμός

Στα σύγχρονα κτίρια παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης των συστημάτων τεχνητού φωτισμού με σκοπό κυρίως την πρόληψη προβλημάτων που προκύπτουν από ανεπαρκείς μελέτες (ή και παντελή έλλειψη μελέτης). Αυτό το φαινόμενο, σε συνδυασμό με τη χρήση πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας στις εγκαταστάσεις φωτισμού, οδηγεί σε υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων τεχνητού φωτισμού, με μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την οπτική ποιότητα του χώρου και την οπτική άνεση. Στόχος, συνεπώς, της μελέτης αναβάθμισης του τεχνητού φωτισμού είναι η μείωση της υπερκατανάλωσης ενέργειας με ταυτόχρονη βελτίωση των συνθηκών οπτικής άνεσης. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να μελετηθούν:

- Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων.
- Η χρήση κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης.
- Η δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.
- Η εγκατάσταση κατάλληλων συσκευών σύνδεσης (χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων).
- Η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου, με δυνατότητα σύζευξης τεχνητού και φυσικού φωτισμού.

Θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να υπάρχει μελέτη όπου θα τεκμηριώνεται η οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης (περιλαμβανομένων και των λαμπτήρων) και ο χρόνος αποπληρωμής να μην ξεπερνά τα 3 έτη [3,7].

3.10 Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS)

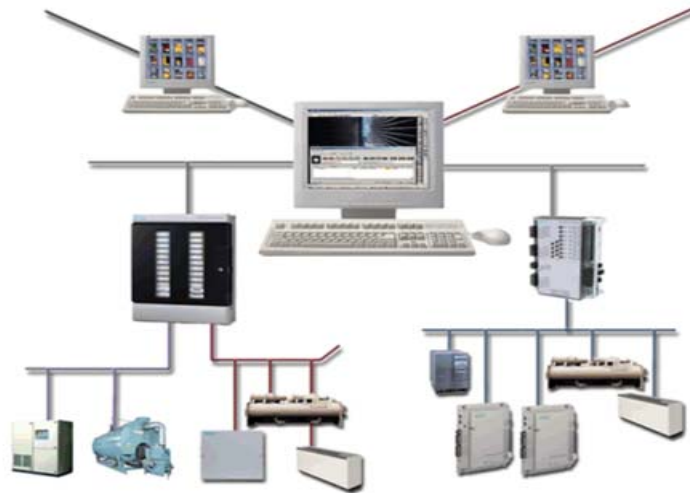
Σε όλα τα σύγχρονα μεγάλα κτίρια είναι απαραίτητος ο αυτόματος κεντρικός έλεγχος για την ποιοτική αναβάθμιση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας καθώς και στην ορθολογική κατανομή της ενέργειας. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν εξειδικευμένα ηλεκτρονικά συστήματα αυτοματισμού που αναλαμβάνουν τη διαχείριση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου. Τα συστήματα αυτά ελέγχουν μεταξύ άλλων τον κλιματισμό (ψύξη, θέρμανση, αερισμό), το φωτισμό, την ύδρευση, την πυρόσβεση, την ασφάλεια, την αποχέτευση και γενικά όλες τις σημαντικές λειτουργίες του κτιρίου. Ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS) αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- ❖ Κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου, όπου επιτελεί τον προγραμματισμό και το χειρισμό του συστήματος.
- ❖ Αισθητήρια όργανα, όπου μετρούν τις τιμές των παραμέτρων ελέγχου όπως, για παράδειγμα, τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ταχύτητα αέρα, τη στάθμη φωτισμού και λοιπά.
- ❖ Ενεργοποιητές – συσκευές εκτέλεσης εντολών, όπου μεταβάλλουν τον τρόπο λειτουργίας των διαφόρων εγκαταστάσεων όπως, για παράδειγμα, τη θέρμανση, τον κλιματισμό τα οποία είναι συνδεδεμένα με το σύστημα BEMS.
- ❖ Ελεγκτές, όπου καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας και συντονίζουν όλες τις εγκαταστάσεις και αποτελούν, ουσιαστικώς, τον «εγκέφαλο» του συστήματος.
- ❖ Συνδετήριες καλωδιώσεις.

Τα σημαντικότερα συστήματα που μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σε ένα κτίριο είναι τα εξής :

- Συστήματα θέρμανσης ή / και κλιματισμού.
- Παθητικά συστήματα (π.χ αίθρια, αερισμός).
- Ανοίγματα, σκίαστρα.
- Εγκατάσταση φωτισμού
- Συστήματα δροσισμού.
- Ηλεκτρικές καταναλώσεις.
- Ποιότητα αέρα.
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας.

Το BEMS συνήθως χρησιμοποιείται σε μεγάλα κτίρια και καλύπτει τις ανάγκες διαχείρισης και παρακολούθησης όλων των δραστηριοτήτων του εγκατεστημένου σε αυτά εξοπλισμού. Όσον αφορά το κόστος τέτοιων συστημάτων υπάρχουν πανάκριβα και «κλειδωμένα» με ελάχιστη ή καθόλου ικανότητα διασύνδεσης και «ανοικτά» συστήματα με άπειρη ικανότητα διασύνδεσης και εξαιρετικής ποιότητας που προσφέρονται σε πολύ χαμηλότερες τιμές.[3,7]



Σχήμα 3.13: Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου.
Πηγή : www.acca.it.

3.10.1 Συστήματα παρουσίασης στοιχείων στο κοινό

Τα συστήματα BEMS που θα εγκατασταθούν σε μεγάλα κτίρια υψηλής επισκεψιμότητας από το κοινό, είναι ιδιαίτερης σημασίας και θα πρέπει να συνοδεύονται από την παρουσίαση της κατανάλωσης και της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου σε οθόνη σε εμφανές σημείο του κτιρίου ώστε να ενημερώνονται και να ευαισθητοποιούνται οι πολίτες. Τα στοιχεία που θα παρουσιάζονται μπορεί να αφορούν στη περιγραφή των συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας και των οφελών τους, των εσωτερικών συνθηκών, της καταναλισκόμενης και της εξοικονομούμενης ενέργειας και των αναλυτικών στοιχείων για την ενεργειακή λειτουργία του κτιρίου σε πραγματικό χρόνο, όπως θα προκύπτουν από το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης.

3.11 Ενεργειακή παρακολούθηση – αποτίμηση

❖ Ενεργειακή επιθεώρηση

Μετά το πέρας της ενεργειακής αναβάθμισης θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ενεργειακή επιθεώρηση. Η επιθεώρηση θα πρέπει να γίνεται με την προβλεπόμενη από το νόμο 3661/08 διαδικασία και να εκδίδεται σχετικό πιστοποιητικό, απ' όπου θα προκύπτει η καταναλισκόμενη ενέργεια και οι παραγόμενες εκπομπές CO₂. Από τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης θα προκύψει και ο βαθμός επίτευξης του ενεργειακού και περιβαλλοντικού στόχου των παρεμβάσεων.

Σχήμα 3.14: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου

Αρ. Πρωτ.:		
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΧΡΗΣΗ: ΓΡΑΦΕΙΟ Κτίριο <input type="checkbox"/> Τμήμα κτιρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας (για τμήμα κτιρίου) Κλιματική Ζώνη: B Διεύθυνση: Τ.Κ. Πόλη: Έτος κατασκευής: Συνολική επιφάνεια (m ²): Όνομα ιδιοκτήτη:	(Φωτογραφία κτιρίου)
	ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ [kWh/(m ² ·έτος)]
	ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
	A+ < 45	
	45 ≤ A < 70	
	70 ≤ B+ < 100	
	100 ≤ B < 135	←
	135 ≤ Γ < 155	
	155 ≤ Δ < 175	
175 ≤ E < 220		
220 ≤ Z < 265		
265 < H		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ	B	
ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kg/(m ² ·έτος)]	
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ανά m ² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]		
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ανά m ² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)] με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας		
ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kg/(m ² ·έτος)] με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας		

Πηγή: Νόμος 3661- Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων σχέδιο κανονισμού για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων (KENAK).

3.12 Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια

Η εξοικονόμηση ενέργειας, δεδομένης της τεχνολογικής εξέλιξης αλλά και της φιλοσοφίας η οποία την χαρακτηρίζει, δεν θα μπορούσε να μην συνοδεύεται από χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Οι ΑΠΕ αποτελούν, τόσο στο σύνολό τους όσο και η κάθε μία ξεχωριστά, έναν ολόκληρο τομέα μελέτης σχετικής με την έρευνα, την ανάπτυξη και την εφαρμογή τους. (Μια ενδελεχής μελέτη τους βρίσκεται πέραν των ορίων μιας διπλωματικής εργασίας).

3.12.1 Ανεμογεννήτριες (Α/Γ)

Η αιολική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια του ανέμου. Η ακανόνιστη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο δημιουργεί τους ανέμους. Η θερμότητα που απορροφάται από το έδαφος ή το νερό μεταφέρεται στον αέρα, όπου προκαλεί διαφορές στη θερμοκρασία, στην πυκνότητα και στην πίεση. Με τη σειρά τους, οι διαφορές αυτές των μεγεθών

προκαλούν δυνάμεις που ωθούν τον αέρα. Σύμφωνα με τη μηχανική των ρευστών, ο αέρας κινείται από τις υψηλής πίεσης προς τις χαμηλής πίεσης περιοχές του πλανήτη. Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε μηχανική, η οποία χρησιμοποιείται για την κίνηση μιας γεννήτριας η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Τα συστήματα ανεμογεννητριών ως προς την αυτονομία τους διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες :

❖ Διασυνδεδεμένα συστήματα

Η οικονομικά σημαντικότερη εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο. Στην περίπτωση αυτή εγκαθίσταται και λειτουργεί μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών (αιολικό πάρκο) σε μία περιοχή υψηλού αιολικού δυναμικού και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα. Άλλη περίπτωση είναι η σύνδεση της εξόδου μιας ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος με το υπάρχον δίκτυο. Η παραγόμενη από την οικιακή ανεμογεννήτρια ενέργεια συντελεί στη μείωση των αναγκών αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η αξία της ηλεκτρικής ενέργειας - της οποίας η αγορά αποφεύγεται - είναι συνήθως αρκετά μεγαλύτερη εκείνης η οποία αποκτάται από την πώληση ενέργειας στο δίκτυο. Προφανώς, η διασύνδεση με το δίκτυο διανομής οφείλει να πληροί τεχνικές υψηλών προδιαγραφών. Επομένως, καθίσταται υψηλό το κόστος ενσωμάτωσης του απαιτούμενου εξοπλισμού μέτρησης και ασφάλειας. Όσον αφορά στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών μικρής ισχύος, το κόστος σύνδεσης με το δίκτυο ενδεχομένως να αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού προϋπολογισμού.

❖ Αυτόνομα συστήματα

Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές στις οποίες δεν παρέχεται η δυνατότητα ηλεκτροδότησης. Η ισχύς ωστόσο η οποία παράγεται σε τέτοιου είδους εφαρμογές καθώς και η οικονομική τους σημασία είναι περιορισμένη. Γενικώς, οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για τη φόρτιση συσσωρευτών οι οποίοι τροφοδοτούν μικρές ηλεκτρικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα, κάλυψη φορτίων σε αγροκτήματα, ηλεκτρικούς φράκτες μικρής ισχύος, αντλίες, φωτισμό, συστήματα ασφαλείας και λοιπά [9,10].

Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τη μηχανική ισχύ N που παρέχουν.

1. Μικρές Α/Γ όταν η ονομαστική ισχύς τους είναι μεταξύ: $50W \leq N \leq 10kW$
2. Μεσαίες Α/Γ όταν η ονομαστική ισχύς τους είναι μεταξύ: $10kW \leq N \leq 200kW$
3. Μεγάλες Α/Γ όταν η ονομαστική ισχύς τους είναι μεταξύ: $200kW \leq N$

Άλλη κατηγοριοποίηση των ανεμογεννητριών είναι, αναλόγως της θέσης του άξονα περιστροφής ως προς την επιφάνεια της γης. Έτσι διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

1. Οριζόντιου άξονα

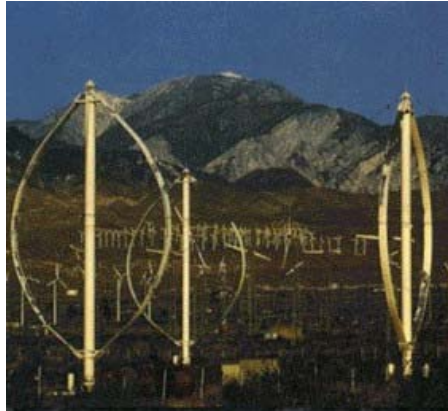
Στις ανεμογεννήτριες αυτού του είδους ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου και την επιφάνεια του εδάφους. Αυτές οι ανεμογεννήτριες πρέπει να προσανατολίζονται κάθε φορά με την κατεύθυνση του ανέμου.



Εικόνα 3.3: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα.
Πηγή : www.anemogennitria.gr.

2. Κατακόρυφου άξονα

Στις ανεμογεννήτριες αυτού του είδους ο άξονας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους. Αυτές οι ανεμογεννήτριες δεν χρειάζονται να αλλάζουν συνεχώς προσανατολισμό αναλόγως με την κατεύθυνση του ανέμου γιατί πολύ απλά έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν με οποιαδήποτε κατεύθυνση και αν έχει ο αέρας.



Εικόνα 3.4: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.
Πηγή: 5dim-pyrgou.ilei.sch.gr.

Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

1. Ο δρομέας

Ο δρομέας συνήθως αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια τα οποία είναι κατασκευασμένα συνήθως από ενισχυμένο πολυεστέρα και περιστρέφεται από τον άνεμο. Τα πτερύγια προσδέονται επάνω σε πλήμνη και είναι είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα περιστροφής γύρω από τον διαμήκη άξονά τους μεταβάλλοντας το βήμα. Είναι αεροδυναμικά σχεδιασμένα ώστε να απορροφούν το μέγιστο της ενέργειας του ανέμου.

2. Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης

Το σύστημα αυτό πραγματοποιεί τη μετάδοση της κίνησης και αποτελείται από τον άξονα χαμηλής ταχύτητας, το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, τον άξονα υψηλής ταχύτητας και τα έδρανα του εκάστοτε άξονα. Το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.

3. Η ηλεκτρική γεννήτρια

Είναι σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους και συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου. Μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως επάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας.

4. Το σύστημα πέδησης

Πρόκειται για ένα συνηθισμένο δισκόφρενο το οποίο τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας. Ενεργοποιείται όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει μια μέγιστη τιμή – συνήθως τα 120 km/h ώστε να προστατεύσει την πτερωτή από βλάβες ή καταστροφή.

5. Το σύστημα προσανατολισμού

Προσαρμόζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα ώστε αυτός να βρίσκεται παράλληλα προς τη διεύθυνση του ανέμου.

6. Ο πύργος ή βάση στήριξης

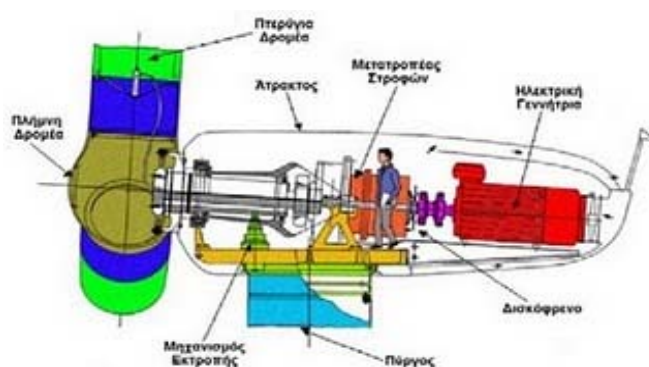
Στηρίζει ολόκληρη την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Η κατασκευή του είναι συνήθως σωληνωτή ή δικτυωτή και σπανιότερα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Σε μικρά οικιακά συστήματα, είναι δυνατή η χρήση μικρών πύργων ύψους 4-6 m ώστε να είναι εύκολη η συντήρηση και η μεταφορά τους. Σε μεγαλύτερη ισχύος συστήματα όπως, για παράδειγμα, σχολεία σε αγροτικές περιοχές, το ελάχιστο ύψος πύργου θα πρέπει να είναι περί των 18 m.

7. Ο ηλεκτρονικός πίνακας και ο πίνακας ελέγχου

Βρίσκονται τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας και φροντίζει για την απρόσκοπτη λειτουργία της.

8. Σύστημα προστασίας

Οι σύγχρονες Α/Γ διαθέτουν μηχανισμούς που τις θέτει εκτός λειτουργίας για λόγους ασφάλειας όταν η ένταση της ταχύτητας του ανέμου είναι πολύ υψηλή.



Σχήμα 3.15: Σχηματική παράσταση της ατράκτου μιας Α/Γ.

Πηγή :gneng.blogspot.com.

Καθώς η ηλεκτρική γεννήτρια παράγει εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να καλύψει απ' ευθείας τις ηλεκτρικές ανάγκες ενός κτιρίου. Όσον αφορά στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών μικρής ισχύος οι οποίες παράγουν συνεχές ρεύμα, απαιτείται ειδικός ελεγκτής και μετατροπέας ο οποίος, μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο με τις απαραίτητες προδιαγραφές του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτή την περίπτωση δεν απαιτείται συσσωρευτής. Σε αιολικά συστήματα τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο, απαιτείται η εγκατάσταση συσσωρευτών και μετατροπέα συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο.

Η παραγόμενη από την ανεμογεννήτρια ενέργεια εξαρτάται από την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου. Η ταχύτητα του ανέμου εξαρτάται από μια σειρά παραμέτρων όπως είναι, για παράδειγμα, η τοποθεσία, η απόσταση της ανεμογεννήτριας από την έδαφος, τυχόν εμπόδια πλησίον της ανεμογεννήτριας και λοιπά. Πριν την επιλογή μιας αιολικής εγκατάστασης είναι απαραίτητη η συλλογή ανεμολογικών δεδομένων - για ένα τουλάχιστον έτος χρόνο - της συγκεκριμένης τοποθεσίας από ειδική υπηρεσία. Προφανώς, μια τέτοια συλλογή αποτελεί μια δύσκολη, χρονοβόρο και δαπανηρή διαδικασία.

Οι τιμές των μικρών ανεμογεννητριών ποικίλουν από χώρα σε χώρα και το ποσό της ενέργειας CO₂ η οποία εξοικονομείται και της παραγωγής CO₂ η οποία αποφεύγεται με την εγκατάσταση ενός αιολικού συστήματος ποικίλει αναλόγως του μεγέθους της ανεμογεννήτριας, της τοποθεσίας, της ταχύτητας ανέμου, της ύπαρξης τυχόν εμποδίων και της μορφής του περιβάλλοντος τοπίου. Αιολικά συστήματα ισχύος 2.5 - 6 kW τοποθετούνται συνήθως σε ιστό.

Η διάρκεια ζωής των ανεμογεννητριών φθάνει τα 22,5 χρόνια αλλά απαιτείται τακτικός έλεγχος ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργική απόδοσή τους. Η τυπική διάρκεια ζωής των συσσωρευτών είναι περί τα 6-10 έτη, αναλόγως του τύπου τους. Επομένως, είναι πιθανή η αντικατάστασή τους σε κάποια στιγμή της διάρκειας ζωής του όλου συστήματος [9,10].

3.12.2 Γεωθερμία

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει μια μεγάλη ποικιλία ενεργειακών αναγκών. Η γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία υπάρχει στο εσωτερικό της γης και η οποία αξιοποιείται μέσω των γεωθερμικών ρευστών. Ο σημαντικότερος παράγοντας για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας μιας περιοχής είναι η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών που καθορίζει και το είδος της εφαρμογής της. Στην Ελλάδα η συνηθέστερη εφαρμογή γεωθερμίας αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Άλλες εφαρμογές είναι η τηλεθέρμανση στα κτίρια, ο συνδυασμός με αντλίες θερμότητας στα κτίρια, οι ιχθυοκαλλιέργειες, η ξήρανση αγροτικών προϊόντων, η αφαλάτωση νερού και άλλες [11,12].

Η γεωθερμική ενέργεια, ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών, διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

- ❖ Χαμηλής ενθαλπίας (25-100 °C)
- ❖ Μέσης ενθαλπίας (100-150 °C)
- ❖ Υψηλής ενθαλπίας (> 150 °C)

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας στα κτίρια ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία του διαθέσιμου ρευστού. Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 90 °C οι εφαρμογές είναι:

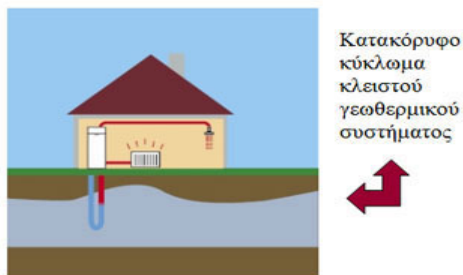
- Η ηλεκτροπαραγωγή.
- Η ψύξη και ο κλιματισμός με αντλίες θερμότητας ρόφησης.
- Η θέρμανση χώρων με σώματα καλοριφέρ.
- Η παραγωγή ζεστού νερού με μπόιλερ.
- Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού για χρήση σε ξενοδοχεία.

Για μικρότερες θερμοκρασίες υπάρχουν εφαρμογές όπως η θέρμανση χώρων με αερόθερμα νερού ή ενδοδαπέδιο σύστημα, η παραγωγή ή προθέρμανση ζεστού νερού με εναλλάκτη θερμότητας και τα θερμά λουτρά. Για θερμοκρασίες νερού κάτω από 40°C χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας για θέρμανση και κλιματισμό. Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμο υπόγειο νερό, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να συνδυαστούν με γήινους εναλλάκτες θερμότητας.

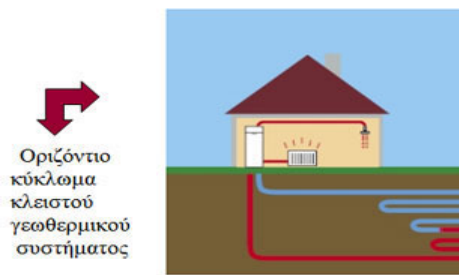
Πλεονεκτήματα της γεωθερμίας

- ❖ Αποτελεί έναν τοπικό ενεργειακό πόρο που μπορεί να μειώσει τη ζήτηση για εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα.
- ❖ Έχει σημαντική θετική επίδραση στο περιβάλλον με την αντικατάσταση της καύσης των ορυκτών καυσίμων.
- ❖ Είναι αποδοτική και ανταγωνιστική με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- ❖ Οι γεωθερμικοί σταθμοί μπορούν να λειτουργούν συνεχώς, χωρίς εμπόδια που επιβάλλονται από τις καιρικές συνθήκες, αντίθετα από άλλες ΑΠΕ.
- ❖ Διαθέτει εγγενή ικανότητα αποθήκευσης και είναι καταλληλότερη για την κάλυψη της ζήτησης του φορτίου βάσης.
- ❖ Είναι μία αξιόπιστη και ασφαλής ενεργειακή πηγή που δεν απαιτεί αποθήκευση ή μεταφορά των καυσίμων.
- ❖ Αποτελεί καθαρή μορφή ενέργειας, εφόσον η τελική διάθεση των γεωθερμικών αποβλήτων πραγματοποιείται κατάλληλα.
- ❖ Οι γεωτρήσεις και τα αντλιοστάσια επεμβαίνουν ελάχιστα στην αισθητική του τοπίου δεδομένου ότι αποτελούν κατασκευές μικρού όγκου.

Η κατανάλωση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας αντιστοιχεί στο 1/4 εκείνης του ηλεκτρικού ρεύματος μιας ηλεκτρικής αντίστασης και το μισό μιας κλιματιστικής συσκευής. Ο υπολογισμός του κόστους καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός γεωθερμικού συστήματος δείχνει πως το κόστος μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας είναι μικρότερο από εκείνο ενός συστήματος το οποίο καταναλώνει πετρέλαιο ή φυσικό αέριο. Μελλοντικώς, προβλέπεται πως η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας θα γίνεται από θερμά ξηρά πετρώματα - τα οποία βρίσκονται παντού σε βάθη 3-5 km - μέσω τεχνητής κυκλοφορίας νερού θερμοκρασίας έως και 150°C. Τα γεωθερμικά συστήματα παρουσιάζουν τετραπλάσιο κόστος εγκατάστασης σε σχέση με ένα κλασσικό σύστημα αλλά και το μισό ετήσιο κόστος λειτουργίας. Η μελέτη και η επίβλεψη της εγκατάστασής τους θα πρέπει να γίνεται από μηχανικό [11,12].



Σχήμα 3.16: Κατακόρυφο κύκλωμα.
Πηγή :www.boudouri.gr.

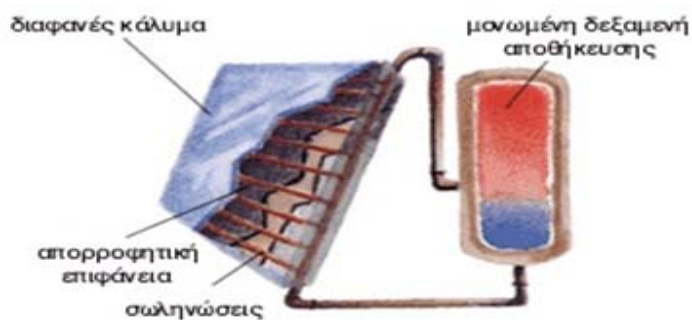


Σχήμα 3.17: Οριζόντιο κύκλωμα.
Πηγή :www.boudouri.gr.

3.12.3 Θερμικά ηλιακά συστήματα (ΘΗΣ)

Τα θερμικά ή ενεργητικά ηλιακά συστήματα (ΘΗΣ) μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Ένα θερμικό ηλιακό σύστημα, συλλέγει, αποθηκεύει και διανέμει την ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας των συλλεκτών. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές, για θέρμανση πισίνων κ.λ.π.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, το μέγεθός τους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, κ.λ.π. Η ποικιλία που παρουσιάζουν οι διατάξεις των συστημάτων αυτών οφείλεται κυρίως στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους τα συστήματα προστατεύονται από τον παγετό [13,14].



Σχήμα 3.18: Τυπικό ενεργητικό ηλιακό σύστημα.
Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Οι κύριες κατηγορίες των ΘΗΣ είναι:

- **Συστήματα φυσικής κυκλοφορίας**

Χρησιμοποιούν τη φυσική κυκλοφορία του εργαζόμενου μέσου. Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- **Συμπαγείς θερμαντήρες ή ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη-αποθήκευσης**

Αποτελούνται από μια ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης. Τοποθετούνται σε μονωμένο περίβλημα με τη διαφανή πλευρά προσανατολισμένη προς τον ήλιο.

- **Θερμοσιφωνικά Συστήματα**

Στηρίζονται στη φυσική μεταφορά για την κυκλοφορία του εργαζόμενου μέσου (συνήθως νερό) στους συλλέκτες και τη δεξαμενή, η οποία βρίσκεται επάνω από το συλλέκτη. Καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς την δεξαμενή αποθήκευσης ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω των σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας κυκλοφορία σε όλο το σύστημα.

- **Συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας**

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το εργαζόμενο μέσου στους συλλέκτες. Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- **Συστήματα ανοικτού βρόχου**

Χρησιμοποιούν κυκλοφορητές για την κυκλοφορία του νερού χρήσης στους συλλέκτες.

- **Συστήματα κλειστού βρόχου**

Τα συστήματα αυτά αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας, όπως π.χ ένα αντιπηκτικό μείγμα γλυκόλης και νερού, μέσα στους συλλέκτες. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό στο νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές.

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας είναι γενικά πιο αξιόπιστα, ευκολότερα στη συντήρηση και ενδεχομένως μεγαλύτερης διάρκειας ζωής από τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Οι κυριότερες εφαρμογές των ΘΗΣ είναι:

- **Παραγωγή ζεστού νερού για οικιακή χρήση**

Οι ηλιακοί θερμαντήρες ζεστού νερού κάθε τύπου μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο ποσοστό των αναγκών των νοικοκυριών σε ζεστό νερό χρήσης, μειώνοντας παράλληλα τις οικιακές δαπάνες σε ενέργεια. Η ποσότητα του ζεστού νερού που αποδίδει η ηλιακή ενέργεια εξαρτάται από τον τύπο και το μέγεθος του συστήματος, το κλίμα και την ποιότητα της περιοχής όσον αφορά την ηλιοφάνεια. Ιδιαίτερα αποδοτικά είναι τα κεντρικά ηλιακά συστήματα, τα οποία εφαρμόζονται σε σύνολα κατοικιών.

- **Θέρμανση και δροσισμός χώρων**

Μολονότι οι δυνατότητες εφαρμογής σε περιοχές πυκνής δόμησης είναι περιορισμένες, η εν δυνάμει χρήση της ηλιακής θέρμανσης των εσωτερικών χώρων είναι μεγάλη. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης χώρων βασίζονται σε εξαρτήματα όπως οι συλλέκτες στέγης για τη συλλογή και τη διανομή θερμότητας. Χρησιμοποιούν αέρα ή ένα υγρό που θερμαίνεται στους ηλιακούς συλλέκτες και στη συνέχεια μεταφέρεται από ανεμιστήρες ή αντλίες με μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλιακά συστήματα αέρος έχουν τη δυνατότητα να θερμάνουν τον αέρα των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου χωρίς εναλλάκτες θερμότητας ή θερμική αποθήκευση. Τα κυριότερα μέρη τους είναι:

- Ηλιακοί συλλέκτες.
- Ανεμιστήρες.
- Αεραγωγούς.
- Δίκτυο σωληνώσεων.
- Συστήματα ελέγχου.

Σε μεγάλα ηλιακά συστήματα αέρος γίνεται χρήση θερμικής αποθήκευσης όπως, για παράδειγμα, κάποιο δοχείο με χαλίκια ή μικρές πέτρες. Ο θερμός αέρας, περνώντας από το δοχείο μεταδίδει τη θερμότητά του την οποία και ανακτά όταν χρειασθεί. Τα κυριότερα μέρη των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης υγρών είναι:

- Ηλιακοί συλλέκτες.
- Αντλίες.
- Δεξαμενές αποθήκευσης.
- Δίκτυο σωληνώσεων.
- Εναλλάκτες θερμότητας - στα συστήματα κλειστού βρόχου.
- Συστήματα ελέγχου.

Η μεγάλη πλειοψηφία των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων που παράγονται και που πωλούνται στη Ευρώπη χρησιμοποιούνται για την παροχή ζεστού νερού οικιακής χρήσεως. Τα μεγάλα συλλεκτικά ηλιακά συστήματα που προορίζονται για τη θέρμανση ή την προθέρμανση του νερού στις εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, αντιπροσωπεύουν ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης επιφάνειας συλλεκτών και αφορούν κυρίως στις εγκαταστάσεις ξενοδοχείων και νοσοκομείων [13,14].

3.12.4 Φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β)

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούν μία προσέγγιση υψηλής τεχνολογίας για την άμεση μετατροπή του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελείται, ως γνωστόν, από φωτόνια, τα οποία κινούνται με την ταχύτητα του φωτός. Εάν δύο πλάκες κατασκευασμένες από ημιαγώγιμο υλικό, συνήθως πυρίτιο, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή και οι πλευρές των οποίων συνδέονται με αγωγό του ηλεκτρισμού δεχθούν το ηλιακό φως, μερικά φωτόνια αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια των πλακών να κινηθούν μέσω του αγωγού, παράγοντας συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Η όλη διάταξη ονομάζεται φωτοβολταϊκό (Φ/Β) στοιχείο. Μια συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων ονομάζεται φωτοβολταϊκό πλαίσιο [15].

➤ Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει ένα τεράστιο ποσό ενέργειας στη γη. Το συνολικό ποσό ενέργειας που ακτινοβολείται από τον ήλιο στην επιφάνεια της γης είναι ίσο με 10.000 φορές περίπου την ετήσια παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση. Το φως του ήλιου αποτελείται κυρίως από δύο συνιστώσες, το άμεσο φως και το έμμεσο ή διάχυτο φως, το οποίο είναι το φως που έχει ανακατασκευαστεί και διαλυθεί από τα μόρια διαφόρων στοιχείων και του νερού στην ατμόσφαιρα.

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες δεν χρησιμοποιούν μόνο την άμεση συνιστώσα του φωτός αλλά παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και με νεφосκεπή ουρανό. Άρα, αποτελεί παρεξήγηση ότι τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν μόνο με απόλυτη ηλιοφάνεια. Για να προσδιοριστεί το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής ενός Φ/Β σε μια συγκεκριμένη θέση, είναι σημαντικό να εκτιμηθεί η μέση συνολική ηλιακή ενέργεια που λαμβάνεται κατά τη διάρκεια ενός έτους, αντί να γίνεται αναφορά στη στιγμιαία ακτινοβολία. Όταν το φως του ήλιου προσπίπτει σε μια κυψέλη παράγεται συνεχές ρεύμα το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί. Οι Φ/Β κυψέλες αξιοποιούν την ακτινοβολία. Το ορατό φάσμα έχει σαν αποτέλεσμα να μην μετατρέπεται όλη η ηλιακή

ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό. Το γεγονός αυτό εξηγεί τις χαμηλές τιμές των θεωρητικών αποδοτικότητας μετατροπής (20-30%), οι οποίες μειώνονται και περαιτέρω λόγω πρακτικών ατελειών.

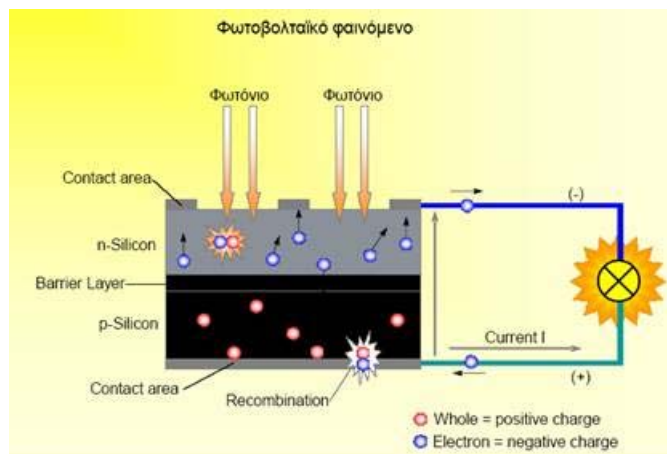
Το ποσό της ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ένα Φ/Β στοιχείο σχετίζεται άμεσα με την ένταση της φωτεινής ενέργειας που προσπίπτει επάνω στην επιφάνεια μετατροπής. Άρα λοιπόν όσο μεγαλύτερος είναι ο διαθέσιμος πόρος, τόσο μεγαλύτερο είναι το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής. Εάν απαιτείται ηλεκτρισμός πέρα από τις ώρες που υφίσταται το φως της ημέρας, ή εάν αναμένονται εκτεταμένες περίοδοι κακοκαιρίας, είναι απαραίτητο κάποιο είδος συστήματος αποθήκευσης.

Για να γίνει πρόσπτωση όσο το δυνατόν περισσότερης ηλιακής ενέργειας, η Φ/Β κυψέλη πρέπει να προσανατολίζεται προς τον ήλιο. Εάν οι κυψέλες έχουν σταθερή θέση, πρέπει να βελτιστοποιηθεί ο προσανατολισμός τους ως προς το νότο, για το βόρειο ημισφαίριο και η γωνία κλίσης τους προς το οριζόντιο επίπεδο. Η βέλτιστη γωνία κυμαίνεται σε ένα εύρος περίπου 15° του γεωγραφικού πλάτους θέσης. Μια απόκλιση της γωνίας κλίσης κατά 30 μοίρες από τη βέλτιστη γωνία θα οδηγήσει σε απώλειες μικρότερες από το 10% της μέγιστης παραγωγής. Τα Φ/Β στοιχεία είναι στην πραγματικότητα πιο αποδοτικά σε χαμηλές θερμοκρασίες, οπότε για να εξασφαλιστεί ότι δεν υπερθερμαίνονται, είναι σημαντικό να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται στον αέρα να κινείται ελεύθερα γύρω από αυτά. Οι ιδανικές συνθήκες λειτουργίας ενός Φ/Β είναι οι σχετικά ψυχρές, φωτεινές και ηλιόλουστες ημέρες [15].

➤ **Φωτοβολταϊκό φαινόμενο**

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται από ημιαγωγά υλικά, τα οποία μπορεί να είναι μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή ακόμα και άμορφα. Ανεξάρτητα από την κρυσταλλική τους δομή, όλα τα φωτοβολταϊκά στοιχεία εμπεριέχουν μία δίοδο ημιαγωγού που εκτείνεται σε όλο το πλάτος του στοιχείου. Συνήθως η δίοδος αυτή δημιουργείται από την επαφή ενός στρώματος τύπου-n με ένα στρώμα τύπου-p ή ακόμα από την επαφή μεταξύ ενός ημιαγωγού και ενός κατάλληλα επιλεγμένου μετάλλου (δίοδος Schottky).

Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων βασίζεται στη δημιουργία ηλεκτροστατικού φράγματος δυναμικού στο υλικό που δέχεται την ακτινοβολία. Κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει την δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ζεύγος φορέων (ενός ηλεκτρονίου στη ζώνη αγωγιμότητας και μιας οπής στη ζώνη σθένους). Από τα παραγόμενα ζεύγη φορέων, εκείνα που θα βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n δέχονται τη δύναμη του ηλεκτροστατικού πεδίου της διόδου με σκοπό τη μείωση της δυναμικής τους ενέργειας. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μετακίνηση των ηλεκτρονίων προς την επαφή τύπου-n και των οπών προς την επαφή τύπου-p, δημιουργώντας μία διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου. Η παραπάνω διάταξη συμπεριφέρεται ως ορθά πολωμένη δίοδος και ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος για όσο διάστημα δέχεται την ακτινοβολία. Η διαδικασία της δημιουργίας διαφοράς δυναμικού στις όψεις ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο [15].



Σχήμα 3.19: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Πηγή :www.elemec.gr.

➤ Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να κατασκευαστούν με πολλούς τρόπους, αλλά και με διάφορα υλικά. Ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να διακριθούν σε δύο διαφορετικές ομάδες. Η πρώτη ομάδα, η οποία χρησιμοποιείται συνήθως σε οικιακές χρήσεις, χρησιμοποιεί την τεχνολογία thickfilm ενώ η δεύτερη ομάδα χρησιμοποιεί την τεχνολογία thin film. Το υλικό που χρησιμοποιείται κατά κόρον σήμερα για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων στη βιομηχανία είναι το πυρίτιο (Si). Φωτοβολταϊκά στοιχεία όμως κατασκευάζονται από συνδυασμό άλλων υλικών, όπως θειούχος κάδμιο (CdS), αρσενιούχο γάλλιο (GaAs). Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων.

• Μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Το βασικό υλικό κατασκευής των φωτοβολταϊκών αυτών είναι το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Το πάχος των υλικών αυτών είναι σχετικά μεγάλο, περίπου 300μm. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού πυριτίου με τη μορφή πλαισίων κυμαίνεται από 13-18% και χαρακτηρίζονται από το υψηλό κόστος κατασκευής.

• Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Η κατασκευή φωτοβολταϊκών πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι πιο γρήγορη και έχει μικρότερο κόστος σε σχέση με αυτή των φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα στοιχεία αυτά κόβονται σε τετραγωνική μορφή και αποτελούνται από λεπτά στρώματα πάχους 10 έως 50 μm. Γενικά όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των μονοκρυσταλλικών περιοχών του πολυκρυσταλλικού Φ/Β τόσο υψηλότερη απόδοση παρουσιάζει. Τα φωτοβολταϊκά αυτού του είδους έχουν αποδόσεις από 10 έως 14% υπό την μορφή πλαισίου.

• Άμορφου πυριτίου

Τα φωτοβολταϊκά αυτού είδους έχουν χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τα προηγούμενα είδη. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων πάχους συνήθως 9-10 nm οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση πυριτίου πάνω σε ένα υπόστρωμα από γυαλί ή αλουμίνιο πάχους 1-3 mm. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών άμορφου πυριτίου κυμαίνεται από 6-8% ενώ σε εργαστηριακό περιβάλλον έχουν επιτευχθεί μεγαλύτερες αποδόσεις που αγγίζουν το 15%.

Αναλόγως της ηλεκτρικής εγκατάστασης, τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

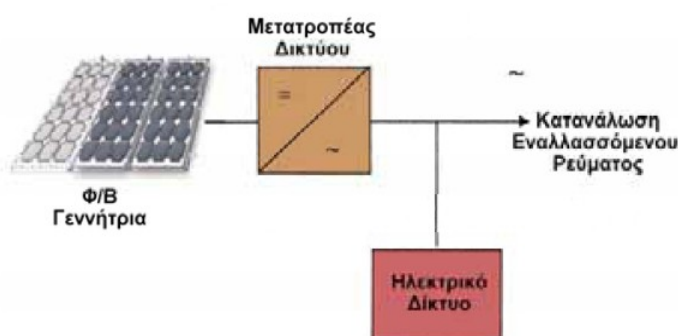
➤ **Διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα**

Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα είναι κατάλληλα για εφαρμογές όπου υπάρχει πρόσβαση σε κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, το οποίο και τροφοδοτούν με ενέργεια. Τα συστήματα αυτά δεν απαιτούν την ύπαρξη κάποιας διάταξης αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται τόσο το κόστος κατασκευής όσο και το κόστος λειτουργίας τους, αφού δεν χρειάζονται αναλώσιμα υλικά.

Ανάλογα με την εφαρμογή, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είτε αυτό καταναλώνεται εν μέρει από το χρήστη και η πλεονάζουσα διοχετεύεται προς το κεντρικό δίκτυο, είτε αυτή πωλείται ολόκληρη στο δίκτυο. Ένα τυπικό διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα αποτελείται από τις Φ/Β γεννήτριες και τα ηλεκτρονικά διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο. Με τον όρο ηλεκτρονικά διασύνδεσης εννοούνται κυρίως οι διασυνδεδεμένοι αντιστροφεείς ή αντιστροφεείς δικτύου.

Το ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης που παράγεται κατά την απ' ευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική στις Φ/Β γεννήτριες, μεταφέρεται στους διασυνδεδεμένους αντιστροφεείς και αυτοί, με τη σειρά τους, τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό ρεύμα εναλλασσόμενης τάσης, ημιτονικό και συγχρονισμένο με αυτό του κεντρικού δικτύου. Από τους αντιστροφεείς, μέσω κάποιου μετρητού ισχύος, το ηλεκτρικό ρεύμα διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο. Ο μετρητής ισχύος καταγράφει τις κιλοβατώρες που παράγονται από το Φ/Β σύστημα και παρέχονται προς κατανάλωση.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το Φ/Β σύστημα αυτό καταναλώνεται από τα διάφορα φορτία του χρήστη. Σε περίπτωση που η παραγωγή δεν επαρκεί για την κάλυψη όλων των ηλεκτρικών φορτίων, τότε γίνεται προμήθεια της επιπλέον απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το κεντρικό δίκτυο. Κατά τη διάρκεια της νύχτας ή τις ημέρες με πυκνή συννεφιά, όπου το σύστημα δεν είναι σε θέση να παράγει ενέργεια, όλη η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς προέρχεται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Σε περίπτωση που η παραγόμενη ενέργεια δεν καταναλώνεται εξ' ολοκλήρου από το χρήστη, οπότε εμφανίζεται πλεόνασμα, διοχετεύεται στο δίκτυο και πωλείται ή γίνεται συμψηφισμός με την ενέργεια που έχει ήδη καταναλωθεί από το δίκτυο [15].



Σχήμα 3.20: Σχηματική παράσταση διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος.

Πηγή: gneng.blogspot.com.

➤ Αυτόνομα Φ/Β συστήματα

Τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα είναι κατάλληλα για εφαρμογές που δεν είναι συνδεδεμένες με το κεντρικό δίκτυο και βρίσκονται εγκατεστημένες κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αυτά καταναλώνεται εξ' ολοκλήρου από το χρήστη και στη συντριπτική τους πλειοψηφία τα συστήματα αυτά διαθέτουν και διατάξεις αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας. Συνήθως ηλεκτροδοτούν ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές που λειτουργούν με συνεχή τάση. Με την εγκατάσταση κατάλληλου μετατροπέα μπορούν να παρέχουν ηλεκτρική ισχύ και σε συσκευές που λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση. Ένα τυπικό αυτόνομο Φ/Β σύστημα αποτελείται από τα εξής κύρια υποσυστήματα :

- **Φωτοβολταϊκές γεννήτριες**

Αυτές μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία κατ' ευθείαν σε ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς τάσης. Επίσης έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα από την ανατολή μέχρι τη δύση του ηλίου. Το ρεύμα αυτό μπορεί να ηλεκτροδοτεί τις υφιστάμενες ηλεκτρικές ανάγκες, εφόσον αυτές είναι σε συνεχή τάση και παράλληλα φορτίζει τις μπαταρίες.

- **Διάταξη αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας**

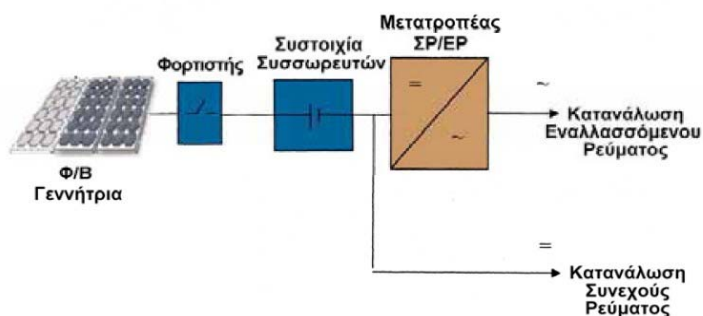
Αποθηκεύει την περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου αυτή να χρησιμοποιηθεί κατά τις νυκτερινές ώρες ή κατά τις νεφοσκεπείς ημέρες.

- **Αντιστροφέας**

Αυτός μετατρέπει τη συνεχή τάση του παραγόμενου ρεύματος σε εναλλασσόμενη εάν τα ηλεκτρικά φορτία απαιτούν κάτι τέτοιο.

- **Ηλεκτρονικός ρυθμιστής φόρτισης**

Ο ρόλος του ρυθμιστή φόρτισης ενός τέτοιου συστήματος είναι σημαντικός. Όταν οι μπαταρίες έχουν φορτιστεί αρκετά καλά, ο ρυθμιστής διακόπτει την παροχή ρεύματος προς αυτές αποσυνδέοντας τις Φ/Β γεννήτριες, τις οποίες και επανασυνδέει όταν οι μπαταρίες εκφορτιστούν κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο και δεν υφίσταται πλέον κίνδυνος υπερφόρτισής τους. Σε περίπτωση που οι μπαταρίες εκφορτιστούν πάρα πολύ, ο ρυθμιστής αποκόπτει από αυτές τα ηλεκτρικά φορτία συνεχούς τάσης, παρέχοντας με αυτό τον τρόπο προστασία από τον κίνδυνο εκφόρτισής τους. Τα φορτία επανασυνδέονται όταν οι μπαταρίες φορτιστούν πάνω από κάποιο προκαθορισμένο όριο ασφαλείας. Ο ρυθμιστής φόρτισης, εκτός από την προστασία των μπαταριών, χρησιμεύει και ως κεντρικός πίνακας διακλαδωτής για τα φορτία συνεχούς τάσης, κατευθύνοντας το ηλεκτρικό ρεύμα είτε προς χρήση είτε προς αποθήκευση, ανάλογα με την περίπτωση και τις ανάγκες. Εάν τα ηλεκτρικά φορτία λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση, τότε είναι υποχρεωτική η σύνδεση στο σύστημα ενός αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Αυτό γίνεται για να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα συστήματα αυτό κοινές συσκευές του εμπορίου, η πλειοψηφία των οποίων λειτουργεί αποκλειστικά με εναλλασσόμενο ρεύμα. [15]



Σχήμα 3.21: Σχηματική παράσταση ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος.

Πηγή: gneng.blogspot.com.

➤ **Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε κτίριο**

Η ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στην οροφή ή στην πρόσοψη ενός κτιρίου μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολλούς τρόπους. Στις λύσεις που έχουν υιοθετηθεί κατά καιρούς περιλαμβάνεται και η χρήση Φ/Β στοιχείων στη θέση άλλων δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου ή στα σκίαστρα. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτίριο:

❖ **Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα:**

Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος των Φ/Β πλαισίων, όταν χρειάζεται να γίνει συντήρηση ενώ βοηθά στον καλό αερισμό και στο δροσισμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων, αυξάνοντας έτσι την απόδοσή τους. Εντούτοις, το κόστος είναι σχετικά υψηλό, γιατί απαιτείται η χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.

❖ **Τοποθέτηση στο εξωτερικό του κτιρίου:**

Σε αυτή την περίπτωση τα φωτοβολταϊκά πλαίσια προσαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου το οποίο εξέχει από την οροφή ή την πρόσοψη. Ο τρόπος αυτός προσφέρει καλό αερισμό των πλαισίων.

❖ **Απευθείας τοποθέτηση:**

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε αυτή την περίπτωση τοποθετούνται στην εξωτερική οροφή του κτιρίου σε διάταξη όπως τα κεραμίδια. Το φωτοβολταϊκό κάλυμμα προστατεύει το κτίριο, αλλά δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα για τη στεγανοποίησή του. Το κόστος όμως αυτής της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλό, γιατί απαιτεί ελάχιστα πρόσθετα υλικά.

❖ **Ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου:**

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτιρίου από φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η εφαρμογή αυτής της τεχνικής παρέχει δυνατότητες για σημαντική μείωση του κόστους, καθώς εξοικονομείται το κόστος των δομικών στοιχείων του κτιρίου τα οποία αντικαθίστανται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

➤ **Προσανατολισμός φωτοβολταϊκών πλαισίων**

Η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας των Φ/Β πλαισίων, απαιτεί τη βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Προφανώς, τη βέλτιστη λύση αποτελεί ένα Φ/Β πλαίσιο το οποίο είναι σε θέση να περιστρέφεται έτσι ώστε να μπορεί να ακολουθεί την τροχιά του ήλιου και, κατά συνέπεια, να είναι συνεχώς κάθετο στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας. Η μηχανική πολυπλοκότητα και το κόστος ενός μηχανισμού ο οποίος θα επέτρεπε μια τέτοια κίνηση των πλαισίων καθιστά την εφαρμογή του σε κτιριακές εγκαταστάσεις εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή. Επομένως, όσον αφορά στα κτιριακά Φ/Β συστήματα επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των πλαισίων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη μέσης ετήσιας γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά το δυνατόν πλησιέστερα στις 90°. Οι παράγοντες η σωστή επιλογή των οποίων καθορίζει την επίτευξη αυτού του προσανατολισμού είναι:

✓ **Η κλίση του πλαισίου**

Εκφράζεται με τη γωνία την οποία σχηματίζει το επίπεδο της επιφάνειας του Φ/Β πλαισίου με το οριζόντιο επίπεδο.

✓ **Η αζιμούθια γωνία του πλαισίου**

Σχηματίζεται επάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κεκλιμένης πλευράς του πλαισίου και τον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου. Όσον αφορά στην Ελλάδα χώρο, η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας η οποία προσπίπτει σε

επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 30°. Δεδομένου ότι, στην περίπτωση των κτιριακών Φ/Β εγκαταστάσεων, οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού της Φ/Β συστοιχίας ενδεχομένως να είναι ανέφικτες εξ αιτίας των περιορισμών οι οποίοι προκύπτουν από τις δεδομένες διαθέσιμες επιφάνειες του κτιρίου, είναι απαραίτητη η εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί η Φ/Β συστοιχία. Η μείωση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας - στην επιφάνεια της Φ/Β συστοιχίας, συγκριτικά με τη μέγιστη θεωρητική της τιμή, η οποία προκύπτει για τις βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού - δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 10%, προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα οικονομικά οφέλη. Γενικώς, και λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς οι οποίοι προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτιρίων, προτιμώνται επιφάνειες νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 70° από την κατεύθυνση του Νότου, και κλίσης 0° - 50°. Η χρήση γωνιών κλίσης άνω των 10°-15° διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό των πλαισίων - μέσω της βροχής - τόσο από σωματίδια σκόνης όσο και από άλλους ρύπους [15].

➤ **Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων**

- ❖ Έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας, διότι δεν καταναλώνουν πρώτη ύλη.
- ❖ Μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία απ' ευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.
- ❖ Δεν παράγουν υποπροϊόντα.
- ❖ Δεν μολύνουν το περιβάλλον, αλλά βρίσκονται σε πλήρη αρμονία με το οικοσύστημα.
- ❖ Δεν προκαλούν ηχορύπανση διότι η λειτουργία τους είναι εντελώς αθόρυβη.
- ❖ Είναι εύχρηστα.
- ❖ Δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον και μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν μέσα σε πόλεις.
- ❖ Μπορούν να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονική του κτιρίου και να χρησιμοποιηθούν ακόμα και ως δομικά στοιχεία, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής μιας εγκατάστασης.
- ❖ Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας σε υβριδικά συστήματα, π.χ με ένα αιολικό πάρκο.
- ❖ Επεκτείνονται εύκολα και ανά πάσα στιγμή, για να καλύψουν κάποια αύξηση των αναγκών σε ενέργεια των χρηστών.
- ❖ Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλη αξιοπιστία.
- ❖ Έχουν πρακτικά μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης.
- ❖ Παρέχουν πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία στο χρήστη, όπου και αν βρίσκεται αυτός. Μπορούν έτσι να εγκατασταθούν σε δυσπρόσιτες περιοχές ή όπου δεν είναι δυνατό ή και οικονομικά συμφέρον, να φτάσει το ηλεκτρικό δίκτυο.
- ❖ Προσφέρουν τη δυνατότητα αποκεντρωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Κεφάλαιο 4^ο

Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι πιο διαδεδομένες τεχνικές λύσεις για να εξοικονομηθεί ηλεκτρική ενέργεια σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων. Η συνολική αναβάθμιση ενός υφιστάμενου συστήματος φωτισμού μπορεί να αφορά τόσο στην αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού, όσο και στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού με κατάλληλους αισθητήρες φωτισμού.

4.1 Φωτισμός

Οι διάφορες δραστηριότητες στο κτίριο προϋποθέτουν την εξασφάλιση του κατάλληλου φωτισμού. Οι ημερήσιες δραστηριότητες μπορούν να αξιοποιήσουν, στο μεγαλύτερο μέρος τους, την ύπαρξη του φυσικού φωτός. Στην περίπτωση όμως που δεν επαρκεί ή δεν υπάρχει το φυσικό φως, όπως π.χ κατά τις νυκτερινές ώρες, τις ώρες έλλειψης ηλιοφάνειας και λοιπά, τότε κρίνεται αναγκαία η χρήση του τεχνητού φωτισμού.

Ο φυσικός φωτισμός εκτός από την επίτευξη της οπτικής άνεσης και της βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, έχει επίδραση και στην ίδια την εμφάνιση του χώρου. Επίσης, ένας καλά φωτισμένος χώρος με φυσικό φωτισμό, θα έχει πολύ καλύτερες επιδράσεις στην υγεία και τη συμπεριφορά των ενοίκων από έναν χώρο μη επαρκώς φωτισμένο. Αυτό προϋποθέτει όμως ότι προβλήματα όπως η υπερθέρμανση και η θάμβωση θα μειωθούν στο ελάχιστο ή θα εξαλειφθούν.

Παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη κατανομή του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου είναι κυρίως α) το βάθος των χώρων, β) το μέγεθος και η θέση των ανοιγμάτων κατακόρυφης τοιχοποιίας και οροφής, γ) το σύστημα υαλοπινάκων καθώς και δ) τυχόν εξωτερικά εμπόδια ή στοιχεία, όπως βλάστηση και λοιπά. Οι παράγοντες αυτοί εξαρτώνται συνήθως από αποφάσεις οι οποίες λαμβάνονται στο αρχικό στάδιο σχεδίασης του κτιρίου, όπως λόγου εάν το κτίριο είναι «βαθύ» ή «ρηχό», εάν αποτελείται από έναν μόνον όροφο, ώστε να καταστεί δυνατή η διάνοιξη ανοιγμάτων οροφής ή από πολλούς, και λοιπά. Σε αυτό το αρχικό στάδιο, η σωστή σχεδίαση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ένα κτίριο τόσο βελτιωμένης ενεργειακής συμπεριφοράς όσο και ευχάριστης εμφάνισης των εσωτερικών χώρων [17].

Τυχόν αλλαγές στην κατανομή του φυσικού φωτισμού ενός υφιστάμενου κτιρίου είναι σαφώς πιο πολύπλοκες, μπορούν ωστόσο να βελτιώσουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και να καταστήσουν το σύστημα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού οικονομικά αποδοτικότερο. Ο φυσικός φωτισμός ο οποίος εισέρχεται σε ένα κτίριο μπορεί να αυξηθεί με την προσθήκη ανοιγμάτων οροφής, ραφιών φωτισμού, φωταγωγών και άλλων τεχνικών. Αντιστρόφως, είναι δυνατή η μείωση της παροχής φυσικού φωτισμού με επεμβάσεις οι οποίες γίνονται για τη βελτίωση της θερμικής απόδοσης του κτιρίου, όπως για παράδειγμα με

την κάλυψη των γυάλινων επιφανειών ενός κτιρίου, την προσθήκη διατάξεων σκιασμού ή την αλλαγή του τύπου των υαλοπινάκων. Σε αυτήν την περίπτωση, απαιτείται προσοχή ώστε να μην μειωθεί το μέγεθος των ανοιγμάτων σε τέτοιο βαθμό ώστε να απαιτείται η χρήση τεχνητού φωτισμού για τη λειτουργία των χώρων, καθώς έτσι περιορίζεται το όφελος από τη μείωση των θερμικών απωλειών.

Σε ένα κτίριο καλώς φωτισμένο με φυσικό τρόπο, ο φυσικός φωτισμός παρέχει συχνά για σημαντικό διάστημα του έτους επαρκή ποσότητα για την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών. Παρ' όλα αυτά, είναι σημαντικό για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας να εξασφαλισθεί πως το σύστημα του τεχνητού φωτισμού μειώνεται στο ελάχιστο όταν ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση κατάλληλων συστημάτων ελέγχου του φωτισμού του κτιρίου, τα οποία διαθέτουν και παρέχουν κάποιο βαθμό αυτοματοποίησης.

Είναι ιδιαίτερος σημαντική η αποφυγή προβλημάτων όπως η θάμβωση και η υπερθέρμανση με την τοποθέτηση κατάλληλων συστημάτων σκίασης. Αυτά τα συστήματα μπορούν να είναι σταθερά ή κινητά εξωτερικά πτερύγια, βενετικές περσίδες και άλλα. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα της σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου με την εφαρμογή, στην αρχιτεκτονική σχεδίαση, βιοκλιματικών αρχών, οι οποίες περιλαμβάνουν την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού για την εξασφάλιση της οπτικής άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου και την μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για χρήση τεχνητού φωτισμού, μέσω της μείωσης του χρόνου λειτουργίας των τεχνητών συστημάτων [17].

4.2 Βασικά μεγέθη φωτοτεχνίας

Παρακάτω αναφέρονται κάποια βασικά μεγέθη της φωτοτεχνίας.

❖ Φωτεινή ροή

Από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπουν οι φωτεινές πηγές, ένα μικρό μέρος της ανήκει στην περιοχή του ορατού φάσματος, δηλαδή ανάμεσα στα 400nm και τα 700nm. Το ανθρώπινο μάτι δεν ανταποκρίνεται το ίδιο σε όλα τα μήκη κύματος που είναι σε θέση να παρατηρήσει. Μια φωτεινή λυχνία π.χ των 40W που εκπέμπει στην περιοχή του ερυθρού, φαίνεται λιγότερο φωτεινή από μια ίδιας ισχύος που εκπέμπει στην περιοχή του πράσινου. Το μήκος κύματος στο οποίο το μάτι παρουσιάζει την μεγαλύτερη ευαισθησία είναι το κιτρινοπράσινο των 555nm.

Η φωτεινή ενέργεια που εκπέμπει μια πηγή στη μονάδα του χρόνου και είναι υπεύθυνη για να διεγείρει την αίσθηση της όρασης ονομάζεται φωτεινή ροή (luminous flux). Ο πλήρης ορισμός του μεγέθους αυτού είναι μέσω της φασματικής ισχύος ακτινοβολίας P:

$$\Phi = k_m \cdot \int_{380}^{780} P(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

Όπου: $k_m=683\text{lm/W}$ είναι η μέγιστη φασματική απόδοση ακτινοβολίας

$P(\lambda)$ η φασματική ισχύς ακτινοβολίας

$V(\lambda)$ η ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού στο αντίστοιχο μήκος κύματος λ (ορατό φάσμα).

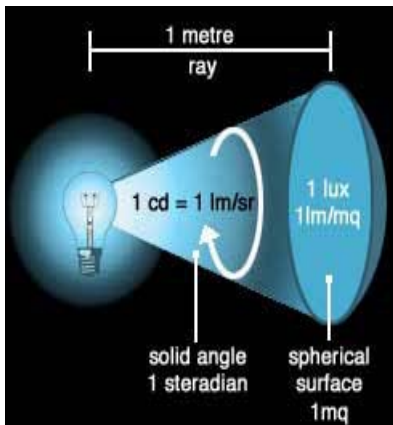
Η μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής είναι το λούμεν (lumen), που ορίζεται σε σχέση με μια σταθερή πηγή όπως αυτή κατασκευάζεται από το διεθνές γραφείο μέτρων και σταθμών. Ο βαθμός απόδοσης των φωτεινών πηγών και των φωτιστικών σωμάτων δίνεται σε μονάδες φωτεινής ισχύς (φωτεινή ροή) προς την αντίστοιχη συνολική ισχύ (lumen/W) [16].

❖ Φωτεινή ένταση

Η φωτεινή ένταση (I) καθορίζει προς κάθε συγκεκριμένη κατεύθυνση του στερεού χώρου (στερεά γωνία $d\Omega$) το ποσό της φωτεινής ροής ($d\Phi$) που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή. Η φωτεινή ένταση εκφράζεται σε candela (cd) και είναι διανυσματικό μέγεθος.

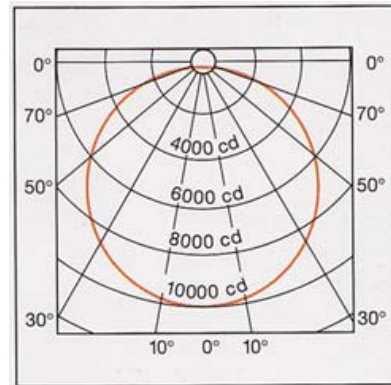
$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

Ο τρόπος κατανομής της φωτεινής έντασης λαμπτήρων και φωτιστικών (με ανακλαστήρα) απεικονίζεται με διαγράμματα αποκαλούμενα «πολικά διαγράμματα» ή «ισομετρικές καμπύλες» ή «φωτομετρικές καμπύλες» και δίδονται από τους κατασκευαστές [16].



Σχήμα 4.1: Τρόπος υπολογισμού φωτεινής έντασης.

Πηγή: www.greekarchitects.gr.



Πολικό Διάγραμμα

Σχήμα 4.2: Πολικό διάγραμμα.

Πηγή: www.greekarchitects.gr.

❖ Ένταση φωτισμού

Ως ένταση φωτισμού (E) ορίζεται το πηλίκο της φωτεινής ροής ($d\Phi$) που προσπίπτει σε μια επιφάνεια, προς το εμβαδό της επιφάνειας αυτής (dA). Μονάδα φωτισμού στο SI είναι το lux.

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

Η τιμή της έντασης φωτισμού σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια μπορεί να μετρηθεί με μια σειρά από ειδικά όργανα τα οποία ονομάζονται μετρητές έντασης φωτισμού ή luxmeters. Τα όρια σχεδιασμού για μια μελέτη φωτισμού δίνονται σε τιμές έντασης φωτισμού (lux).[16]

❖ Λαμπρότητα

Η λαμπρότητα (L) εκφράζει αυτό που βλέπει ο παρατηρητής και ορίζεται ως το πηλίκο της φωτεινής έντασης (I) σε μια δεδομένη κατεύθυνση του παρατηρητή προς το εμβαδόν της επιφάνειας (A) που φωτίζεται ή παράγει φως και βλέπει ο ίδιος. Όταν η φωτεινή ένταση είναι σε cd και η προβαλλόμενη επιφάνεια σε m^2 , τότε η μονάδα της λαμπρότητας είναι σε candela ανά τετραγωνικό μέτρο (cd/m^2).

$$L = \frac{I}{A}$$

Η λαμπρότητα είναι διανυσματικό μέγεθος και το μόνο βασικό φωτομετρικό μέγεθος που γίνεται αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι. [16]

❖ **Θερμοκρασία χρώματος**

Η θερμοκρασία αυτή αναφέρεται στο χρώμα της εκπεμπόμενης φωτεινής δέσμης και εκφράζεται σε βαθμούς K (Kelvin). Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία χρώματος τόσο ψυχρότερη είναι η απόχρωση της φωτεινής πηγής. Θερμοκρασίες χρώματος των 4000° K και άνω αντιστοιχούν σε λευκή και ψυχρή απόχρωση. Θερμοκρασίες χρώματος μικρότερες των 3000° K αντιστοιχούν σε θερμές αποχρώσεις (π.χ 2700° K αντιστοιχούν στους λαμπτήρες πυράκτωσης) [16].

❖ **Δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra**

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra εκφράζει την ποιότητα χρώματος μιας φωτεινής πηγής. Η ποιότητα χρώματος μιας πηγής αποτελεί ένδειξη της ικανότητας ρεαλιστικής αναπαραγωγής του χρώματος ενός αντικειμένου. Ο δείκτης Ra παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 100 (20-40 κατηγορία 4, 40-60 κατηγορία 3, 60-80 κατηγορία 2, 80-90 κατηγορία 1B, 90-100 κατηγορία 1A), όπου οι χαμηλές τιμές υποδεικνύουν κακή ποιότητα χρώματος ενώ οι υψηλές τιμές καλή ποιότητα [16].

❖ **Συντελεστής απόδοσης φωτιστικού (light output ratio LOR)**

Ο δείκτης LOR δείχνει τι ποσοστό από την φωτεινή ροή του λαμπτήρα που έχει τοποθετηθεί στο φωτιστικό εκπέμπεται στο περιβάλλον. Σημαντικός παράγοντας στην επιλογή των φωτιστικών δείχνει ότι τη διαφορά στο φωτισμό δεν την κάνουν οι λαμπτήρες, αλλά τα φωτιστικά (η οπτική και η καθαρότητα του ανακλαστήρα). Π.χ χονδρικά προκειμένου να διαλέξουμε ανάμεσα στο Α και το Β φωτιστικό I) εάν έχουν το A:LOR =70% και το B:LOR=68% συγκρίνουμε περίπου ισοδύναμα, II) εάν όμως το B:LOR=34% τότε απαιτούνται δύο Β για να έχουμε ίδιο φωτισμό με ένα φωτιστικό Α [16].

4.3 Φυσικός φωτισμός

Ο σχεδιασμός με γνώμονα το φυσικό φωτισμό έχει άμεση σχέση με την κατανάλωση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Η αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού με φυσικό όχι μόνο μειώνει την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά συμβάλλει περαιτέρω στην εξοικονόμηση της ενέργειας μέσω του περιορισμού των εσωτερικών θερμικών κερδών κατά τη θερινή περίοδο. Τα παράθυρα στα κτίρια παίζουν σημαντικό ρόλο γιατί μας παρέχουν θέα και μας συνδέουν με το εξωτερικό περιβάλλον. Το φως της ημέρας είναι επίσης σημαντικό για την ποιότητά του, τη φασματική σύνθεση, και τη μεταβλητότητα του. Η εργασία κάτω από το τεχνητό φως πιστεύεται ότι είναι επιβλαβή μακροπρόθεσμα ενώ η εργασία σε φυσικό φως οδηγεί σε λιγότερο άγχος και δυσφορία. [17]

4.4 Συστήματα φυσικού φωτισμού

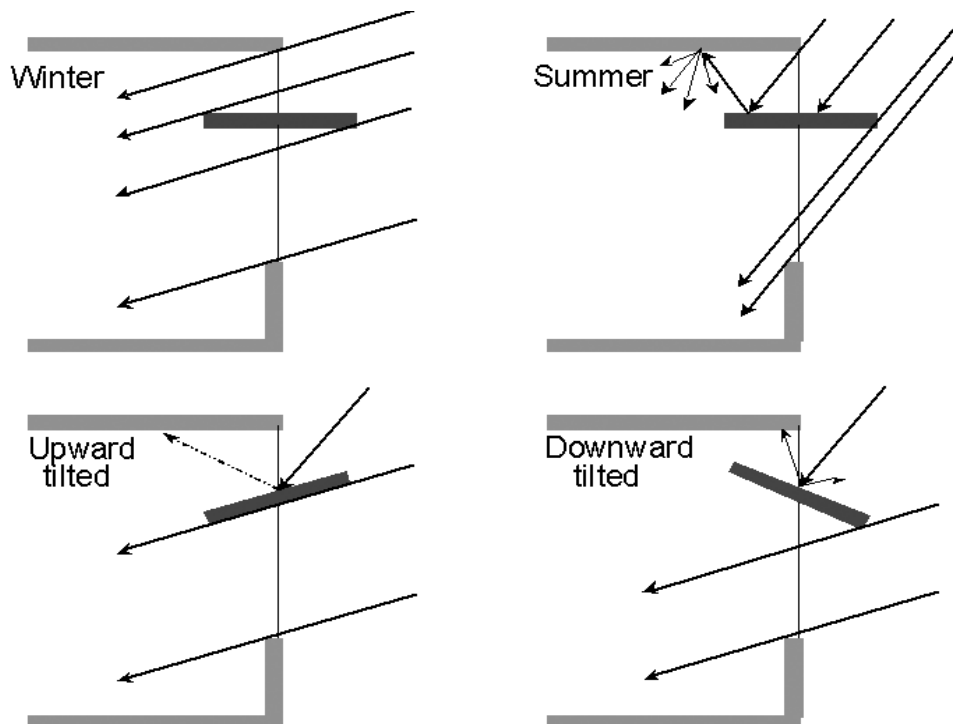
Κατά τη σχεδίαση των συστημάτων φυσικού φωτισμού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω ερωτήματα:

- Εάν είναι χρήσιμη η εφαρμογή του φυσικού φωτισμού στην περίπτωση μας;
- Τι είδους προβλήματα θα επιλύσουμε με την εφαρμογή του φυσικού φωτισμού;
- Ποιά θα είναι τα οφέλη από την εφαρμογή του φυσικού φωτισμού;

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια από τα σημαντικότερα συστήματα με τη βοήθεια των οποίων αυξάνεται η απόδοση του συστήματος φυσικού φωτισμού και βελτιώνονται οι συνθήκες οπτικής άνεσης [17].

4.4.1 Ράφια φωτισμού

Τα ράφια φωτισμού είναι από τα κλασσικά συστήματα φυσικού φωτισμού, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη σκίαση, την προστασία από το έντονο φως στην περιοχή των ανοιγμάτων και εξασφαλίζουν την ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού στο εσωτερικό χώρο. Τα ράφια αυτά είναι γενικά οριζόντια διαφράγματα τοποθετημένα στο εσωτερικό ή και έξω από την πρόσοψη των παραθύρων. Επειδή τα ράφια φωτισμού έχουν επιπτώσεις στο αρχιτεκτονικό και δομικό σχεδιασμό ενός κτιρίου πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη στο αρχικό σχεδιασμό του κτιρίου. Έχουν εφαρμογή σε κλίματα όπου υπάρχει άφθονο ηλιακό φως και ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων είναι προς το νότο. Επίσης αποδίδουν καλύτερα όταν το ταβάνι είναι σε μεγάλο ύψος. Τα κινητά ράφια είναι πιο ακριβά από τα σταθερά, έχουν όμως το πλεονέκτημα ότι είναι πιο εύχρηστα στην εφαρμογή και στη διαχείριση. Όσο αναφορά τη συντήρησή τους χρειάζονται καθαρισμό ανά τακτικά διαστήματα για να μπορούν να διατηρούν τις ανακλαστικές τους ιδιότητες σε μεγάλο βαθμό [17].



Σχήμα 4.3: Επάνω: Σταθερά ράφια φωτισμού. Πορεία του φωτός το χειμώνα και το καλοκαίρι. Κάτω: Κινητά ράφια φωτισμού.

Πηγή: Daylight in buildings A source book on daylighting systems and components.

4.4.2 Ανακλαστικές περσίδες και συστήματα σκίασης

Οι ανακλαστικές περσίδες είναι στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται για τη σκίαση, προστασία και αλλαγή κατεύθυνσης του φυσικού φωτισμού. Τοποθετούνται στην εσωτερική ή εξωτερική μεριά οποιουδήποτε παραθύρου η φεγγίτη ή ανάμεσα σε δυο γυάλινες επιφάνειες. Αποτελούνται από πολλαπλές οριζόντιες, κάθετες και επικλινή ράγες. Υπάρχουν διάφορα είδη περσίδων, κάποια από τα οποία χρησιμοποιούν πολύπλοκες επιφάνειες και σχήματα.

Οι εξωτερικές περσίδες αποτελούνται από γαλβανισμένο χάλυβα, ανοδιωμένο ή βαμμένο αλουμίνιο ή από πλαστικό PVC για υψηλή αντοχή και χαμηλό κόστος συντήρησης. Οι εσωτερικές περσίδες συνήθως φτιάχνονται από μικρό ή μεσαίου μεγέθους PVC ή από χρωματισμένο αλουμίνιο. Οι ράγες είναι είτε επίπεδες είτε καμπυλωτές. Το μέγεθός τους ποικίλει ανάλογα με την τοποθεσία των περσίδων, αν θα είναι εσωτερικές, εξωτερικές, ή ανάμεσα στους υαλοπίνακες του παραθύρου.

Ο χειρισμός των περσίδων μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα. Η αυτόματη ρύθμιση μπορεί να αυξήσει την ενεργειακή απόδοση διότι προσαρμόζει τη θέση των περσίδων αυτόματα ώστε να αφήνουν να περνάει επαρκής φυσικός φωτισμός στο εσωτερικό του κτιρίου ανάλογα με τη ηλιακή θέση. Εντούτοις, τα αυτόματα συστήματα μπορούν να παράγουν δυσφορία σε άτομα που αντιπαθούν την έλλειψη προσωπικού ελέγχου του συστήματος. Ο χειροκίνητος έλεγχος είναι συνήθως λιγότερο ενεργειακά αποδοτικός διότι κατά την απουσία ατόμων από το δωμάτιο οι περσίδες παραμένουν στην ίδια θέση, η οποία μπορεί και να μην είναι και η κατάλληλη για την αντίστοιχη θέση του ήλιου. Η συντήρηση των περσίδων περιλαμβάνει το καθαρισμό τους ανά τακτικά διαστήματα γιατί μαζεύουν σκόνη ενώ στις εξωτερικές συσσωρεύεται και το χιόνι. Οι περσίδες που τοποθετούνται ανάμεσα στα παράθυρα έχουν το πλεονέκτημα ότι απαιτούν ελάχιστο καθαρισμό και δεν είναι τόσο ευαίσθητα στις βλάβες.

Σε ηλιόλουστες συνθήκες, ορισμένα συστήματα μπορούν να αυξήσουν τη διείσδυση του φυσικού φωτός στο εσωτερικό του χώρου, να μειώσουν τα φορτία ψύξης και να κάνουν την κατανομή πιο ομοιόμορφη ανάμεσα στις πιο φωτεινές περιοχές κοντά στο παράθυρο και τις πιο σκοτεινές στο εσωτερικό. Σε νεφελώδεις συνθήκες τα συστήματα των περσίδων μπορούν να είναι αποδοτικά εάν λειτουργούν κατάλληλα [17].



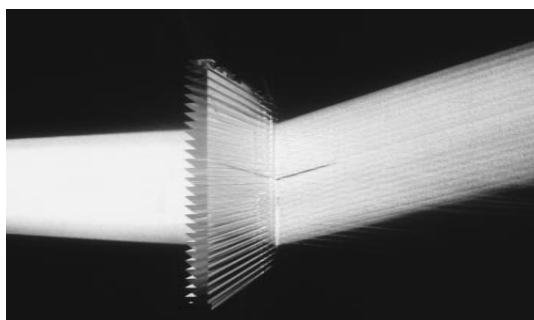
Εικόνα 4.1: Εξωτερικές περσίδες.
Πηγή: www.nastis.gr



Εικόνα 4.2: Εσωτερικές περσίδες.
Πηγή: www.4myhouse.gr

4.4.3 Πρισματικά φωτοδιαπερατά πάνελ

Τα πρισματικά πάνελ είναι λεπτές, επίπεδες, πριονωτές συσκευές από ακρυλικό υλικό και χρησιμοποιούνται σε εύκρατα κλίματα για να προκαλούν διάθλαση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου είτε ως αυτόνομα στοιχεία είτε μεταξύ δύο υαλοπινάκων. Η κύρια λειτουργία τους είναι να ανακατευθύνουν το φυσικό φως πιο βαθιά στο εσωτερικό χώρο. Η συντήρησή τους δεν περιλαμβάνει κάποια δυσκολία όμως χρειάζονται καθαρισμό του εσωτερικού και του εξωτερικού υαλοπίνακα [17].



Εικόνα 4.3: Φωτοδιαπερατά πάνελ.

Πηγή: Daylight in buildings A source book on daylighting systems and components.

4.4.4 Πάνελ κοπής λέιζερ (Laser-Cut Panel)

Τα πάνελ αυτά κόβονται με το λέιζερ και αποτελούνται από μια σειρά από ορθογωνικά στοιχεία. Η επιφάνεια που κόβεται από το λέιζερ γίνεται ένας μικρός εσωτερικός καθρέφτης, ο οποίος εκτρέπει την ακτινοβολία που δέχεται το πάνελ. Το μοναδικό τους μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος παραγωγής τους. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των πάνελ είναι:

- Πολύ υψηλό ποσοστό του φωτισμού εκτρέπεται μέσω μιας μεγάλης γωνίας.
- Διατήρηση της θέας μέσα από το πάνελ.
- Η μέθοδος παραγωγής είναι ευέλικτη και κατάλληλη για μικρές ή μεγάλες ποσότητες [17].



Εικόνα 4.4: Πάνελ κοπής λέιζερ (Laser cut panel).
Πηγή : www.solartran.com.

4.4.5 Σκίαστρα που ανακατευθύνουν το φως (Light-Guiding Shades)

Το lightguiding σκίαστρο είναι ένα εξωτερικό σύστημα σκίασης το οποίο ανακατευθύνει το φως του ηλίου προς το ταβάνι. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα γυάλινο διάφραγμα διάχυσης και δύο ανακλαστήρες οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι να ανακατευθύνουν το διάχυτο φως από το διάφραγμα μέσα στο κτίριο σε συγκεκριμένες γωνίες. Συνήθως το γωνιακό εύρος κατανομής του φωτός στο κτίριο σχεδιάζεται ώστε να επεκτείνεται από οριζόντια έως και σε υψόμετρο περίπου 60° . Το χαμηλότερο υψόμετρο είναι στο μηδέν ή οριζόντια για να αποφευχθεί το φαινόμενο της θάμπωσης. Τα συστήματα αυτά τοποθετούνται με τον ίδιο τρόπο όπως τα εξωτερικά συστήματα σκίασης.

Επίσης το σύστημα αυτό εγκαθίσταται πάνω από το μισό του παραθύρου. Τα σκίαστρα έχουν και κάθετα πλαϊνά πάνελ για στήριξη αλλά και επιπλέον σκίαση. Το κύριο εμπόδιο του συστήματος αυτού είναι το μεγάλο κόστος της λαμαρίνας υψηλής ανάκλασης το οποίο είναι μεγαλύτερο από τα απλά συστήματα σκίασης. Από την άλλη όμως τα συστήματα αυτά διοχετεύουν περισσότερο φως στο δωμάτιο από τα συμβατικά συστήματα σκίασης και αντανάκλασης [17].



Εικόνα 4.5: Τυπικός τρόπος σκίασης.

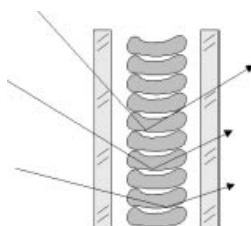


Εικόνα 4.6: Σκίαση με σύστημα ανακατεύθυνσης του φωτός.

Πηγή: Daylight in buildings A source book on daylighting systems and components.

4.4.6 Υαλοπίνακας ανακατεύθυνσης ηλιακού φωτός (Sun-Directing Glass)

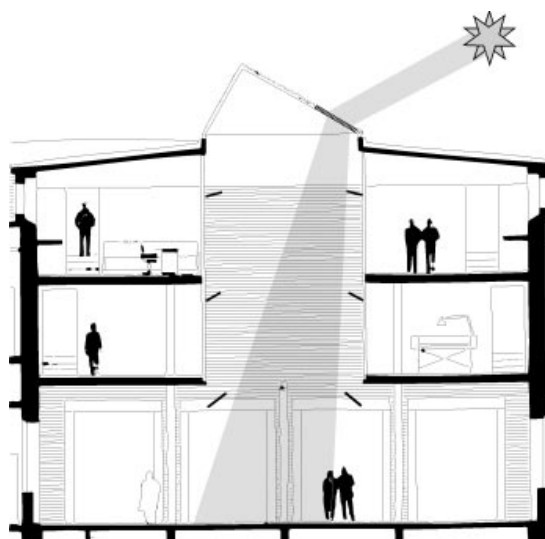
Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από κοίλα ακριλικά στοιχεία τα οποία τοποθετούνται κατακόρυφα μέσα σε διπλά τζάμια τα οποία είναι σφραγισμένα. Η λειτουργία τους είναι να ανακατευθύνουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία από όλες τις γωνίες πρόσπτωσης προς την οροφή. Στη συνέχεια η οροφή παραλαμβάνει και ανακατευθύνει το φως και το αντανακλά κάτω προς τις επιφάνειες εργασίας. Επιπρόθετα αντανακλαστικά στοιχεία τοποθετημένα στην οροφή μπορούν να ανακατευθύνουν το ανακλώμενο φως σε συγκεκριμένες περιοχές.



Σχήμα 4.4: Υαλοπίνακας ανακατεύθυνσης ηλιακού φωτός.

Πηγή: Daylight in buildings A source book on daylighting systems and components.

Τα συστήματα αυτά τοποθετούνται στο μέρος του παραθύρου πάνω από το ύψος του ματιού για να αποφεύγεται η λάμψη και άλλες επιδράσεις ορατότητας. Μπορούν ακόμα να τοποθετηθούν σε φεγγίτες για την ενίσχυση της διείσδυσης του ηλιακού φωτός σε αίθρια ή αίθουσες. Ο υαλοπίνακας πρέπει να έχει μια κλίση 20° για να ανακατευθύνεται το φως του ηλίου από τις χαμηλότερες θέσεις του ηλίου [17].



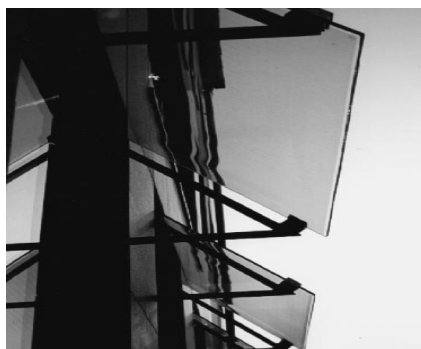
Σχήμα 4.5: Παράδειγμα χρησιμοποίησης του υαλοπίνακα ανακατεύθυνσης σε κτίριο.
Πηγή: Daylight in buildings A source book on daylighting systems and components.

Ακόμη τα συστήματα αυτά είναι σχεδιασμένα για χρήση με άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Ο καλύτερος προσανατολισμός για μια πρόσοψη είναι ο νότος. Στις δυτικές ή ανατολικές προσόψεις τα συστήματα είναι χρήσιμα μόνο το πρωί ή το απόγευμα. Εκτρέπουν το ηλιακό φως στο οριζόντιο καθώς και στο κάθετο επίπεδο. Έτσι λοιπόν το φως μπορεί να φτάσει το βάθος ενός χώρου από όλες τις ηλιακές θέσεις χωρίς την ανάγκη για κινητά μέρη στην πρόσοψη του κτιρίου. Η κάθετη εκτροπή επιτυγχάνεται με το σχήμα του ακριλικού στοιχείου και η οριζόντια είτε με ολογραφικά οπτικά στοιχεία ή με μια ημιτονοειδή επιφάνεια υαλοπινάκων. Τέλος τα συστήματα αυτά δεν περιλαμβάνουν κινητά μέρη άρα δεν χρειαζόμαστε κάποιο σύστημα ελέγχου και δεν χρειάζονται κάποια ιδιαίτερη συντήρηση πέρα από το τυπικό καθαρισμό του υαλοπίνακα.[17]

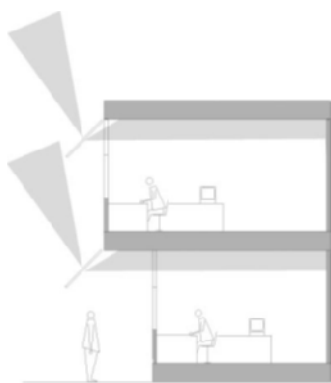
4.4.7 Κατακόρυφος κατευθυντήριος υαλοπίνακας του φωτός με Ολογραφικά στοιχεία οπτικής (Zenithal Light-Guiding Glass With Holographic Optical Elements)

Το κύριο υλικό του κατακόρυφου κατευθυντηρίου υαλοπίνακα είναι μια πολυμερή ταινία με ολογραφικά φράγματα διάθλασης, τα οποία είναι πλαστικοποιημένα ανάμεσα στους δύο υαλοπίνακες. Το ολογραφικό στοιχείο ανακατευθύνει το διάχυτο φως το οποίο εισέρχεται στο κτίριο από το ζηνίθ του ουρανού. Επειδή το σύστημα μπορεί να προκαλέσει διαφοροποίηση του χρώματος, πρέπει να χρησιμοποιείται στις προσόψεις οι οποίες δεν λαμβάνουν άμεσο ηλιακό φως. Μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα κάθετο σύστημα παραθύρων ή να επισυνάπτονται στην πρόσοψη μπροστά από το πάνω μέρος του παραθύρου σε μια επικλινή γωνία περίπου 45° και πρέπει να εφαρμόζονται μόνον στο άνω τμήμα του παραθύρου για να μην υπάρχει διαστρέβλωση της θέας.

Επίσης επειδή οι υαλοπίνακες αυτοί ενσωματώνονται στο κέλυφος του κτιρίου, η αρχιτεκτονική ενσωμάτωση είναι απαραίτητη. Τοποθετούνται σε ένα κτίριο όπως ένα κανονικό παράθυρο ή ως διαρθρωτική μονάδα. Η εγκατάσταση δεν απαιτεί συγκεκριμένο εξοπλισμό ή γνώσεις. Δεν χρειάζονται κάποια ιδιαίτερη συντήρηση πέρα από το τυπικό καθαρισμό. Τέλος είναι σταθερά συστήματα άρα δεν χρειάζονται συστήματα ελέγχου.[17]



Εικόνα 4.7: Εξωτερική θέα του κατακόρυφου κατευθυντηρίου υαλοπίνακα.
Πηγή: Daylight in buildings A source book on daylighting systems and components.



Σχήμα 4.6 : Τρόπος λειτουργίας του κατακόρυφου κατευθυντηρίου υαλοπίνακα.
Πηγή: Daylight in buildings A source book on daylighting systems and components.

4.4.8 Φωταγωγοί

Οι φωταγωγοί εισάγουν το φυσικό φως σε χώρους όπου είναι δύσκολη η διείσδυση φυσικού φωτός με άλλο τρόπο. Υπάρχουν διάφορα είδη φωταγωγών με ποικιλία διαστάσεων. Εν γένει οι φωταγωγοί θα πρέπει να έχουν ανακλαστικές επιφάνειες. Τα ανοίγματα που βλέπουν σε αυτούς συνιστάται να έχουν στην ποδιά τους ανακλαστήρα, ώστε να διοχετεύεται το φως στους εσωτερικούς χώρους.

Η απόδοση των φωταγωγών μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη ανακλαστήρα στην κορυφή τους (είσοδο του φωτός), ο οποίος να εκτρέπει τις ηλιακές ακτίνες προς τα κάτω. Για ακόμα μεγαλύτερη απόδοση μπορεί να συνοδεύονται από ηλιοστάτη (συσκευή η οποία φέρει καθρέφτη και η οποία ακολουθεί την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας).

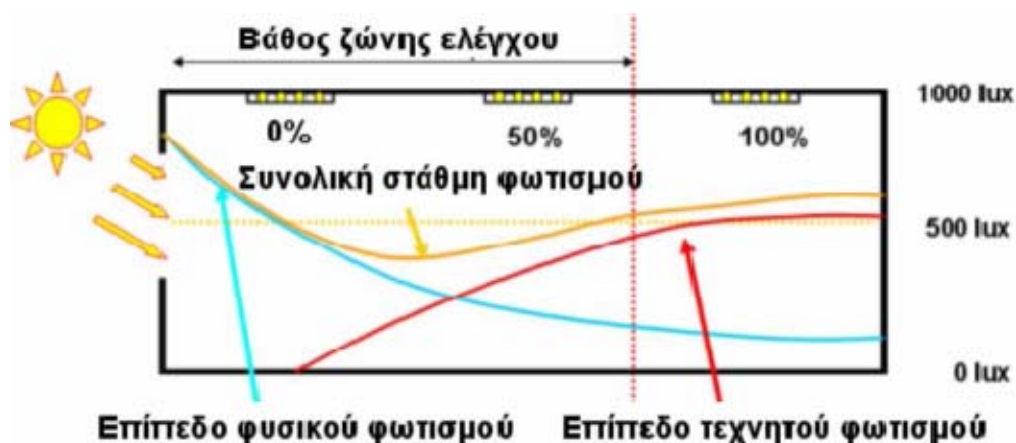
Για το φωτισμό ενός ή περισσότερων ορόφων μπορεί να χρησιμοποιηθούν φωτοσωλήνες. Η μέγιστη απόδοσή τους εξασφαλίζεται σε περιορισμένο μήκος. Σε πολλές περιπτώσεις οι φωταγωγοί μπορεί να συνεισφέρουν και στο φυσικό αερισμό ενός χώρου. [17]



Εικόνα 4.8: Φωταγωγοί.
Πηγή: www.solarlights.com.

4.4.9 Ζώνες ελέγχου φυσικού φωτισμού

Οι ζώνες ελέγχου φυσικού φωτισμού είναι περιοχές στους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου όπου η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού είναι υψηλή. Παράλληλα με το φυσικό φωτισμό υπάρχει και τεχνητό φωτισμός ώστε να παρέχονται τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στο χώρο εργασίας όταν ο φυσικός φωτισμός δεν επαρκεί. Αυτές οι ζώνες συνδέουν περιοχές οι οποίες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά κατανομής φυσικού φωτισμού και η μέγιστη ένταση φωτισμού δεν ξεπερνάει περίπου την τριπλάσια τιμή της ελάχιστης έντασης φωτισμού. Το μέγεθος μιας ζώνης ελέγχου εξαρτάται από τη διαμόρφωση και τη γεωμετρία των εξωτερικών ανοιγμάτων και από 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.



Σχήμα 4.7: Τομή ενός χώρου γραφείων με την αντίστοιχη ζώνη ελέγχου φωτισμού.
Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, Διδακτορική διατριβή, "Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού", Αθήνα, Οκτώβριος 2010.

Γενικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός ζωνών ελέγχου σε ένα χώρο, τόσο μεγαλύτερη είναι η δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας. Αν ο αριθμός των ζωνών σε ένα χώρο είναι μικρός τότε μειώνεται μεν η αρχική δαπάνη λόγω εγκατάστασης περιορισμένου εξοπλισμού για το σύστημα ελέγχου, αλλά αυξάνεται η δαπάνη λειτουργίας, διότι η εξοικονόμηση είναι μικρότερη από αντίστοιχους χώρους με περισσότερες ζώνες ελέγχου. Άρα λοιπόν η αξιολόγηση της αρχικής δαπάνης, με το κόστος λειτουργίας και συντήρησης ενός συστήματος ελέγχου φωτισμού είναι σημαντική και με βάση αυτή καθορίζεται η επιλογή της βέλτιστης στρατηγικής ελέγχου.[18]

4.5 Τεχνητός Φωτισμός

Ο φωτισμός αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την εξασφάλιση βιολογικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Στον καθορισμό των διεθνών προτύπων έχει ενσωματωθεί η ενεργειακή παράμετρος και η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, στα σύγχρονα κτίρια παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης των συστημάτων τεχνητού φωτισμού με σκοπό κυρίως την πρόληψη προβλημάτων που προκύπτουν από ανεπαρκείς μελέτες ή και παντελή έλλειψη μελέτης. Αυτό το φαινόμενο, σε συνδυασμό με τη χρήση πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας στις εγκαταστάσεις φωτισμού, οδηγεί σε υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων του τεχνητού φωτισμού, με ‘πενιχρά’ αποτελέσματα ως προς την ποιότητα και την οπτική άνεση [3].

Η κατανάλωση αυτή μπορεί να αποτελεί σημαντικό ποσοστό του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Στο παρακάτω πίνακα (πίνακας 4.1) παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας για διάφορες κατηγορίες χρήσης.

Πίνακας 4.1: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό σε διάφορες κατηγορίες χρήσης.

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

(Πηγή: ΚΑΠΕ).

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

- Χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων υψηλής απόδοσης.
- Κατάλληλος σχεδιασμός του τεχνητού φωτισμού.
- Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.
- Η επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων.
- Η χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων.
- Η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου.
- Η σωστή συντήρηση των φωτιστικών σωμάτων.

4.5.1 Χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων υψηλής απόδοσης

Η χρήση παλαιάς και συμβατικής τεχνολογίας στο σύστημα φωτισμού οδηγεί σε υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο σκοπός της αναβάθμισης του συστήματος του τεχνητού φωτισμού είναι η μείωση της υπερκατανάλωσης ενέργειας. Η αναβάθμιση παλαιών εγκαταστάσεων με σύγχρονο εξοπλισμό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, πέραν της βελτίωσης των συνθηκών οπτικής άνεσης. Για παράδειγμα χρησιμοποιώντας αποδοτικότερους ανακλαστήρες ο συντελεστής ανακλαστικότητας μπορεί να φτάσει και το 95%, όταν οι τυπικοί λευκοί έχουν συντελεστή μόνο 70%.

Τα περισσότερα σύγχρονα φωτιστικά έχουν συστήματα ανακλαστήρων για να κατευθύνουν το φως από τους λαμπτήρες προς την απαιτούμενη κατεύθυνση. Με αυτό τον τρόπο γίνεται χρήση λιγότερων λαμπτήρων για την παραγωγή της συγκεκριμένης στάθμης φωτισμού.

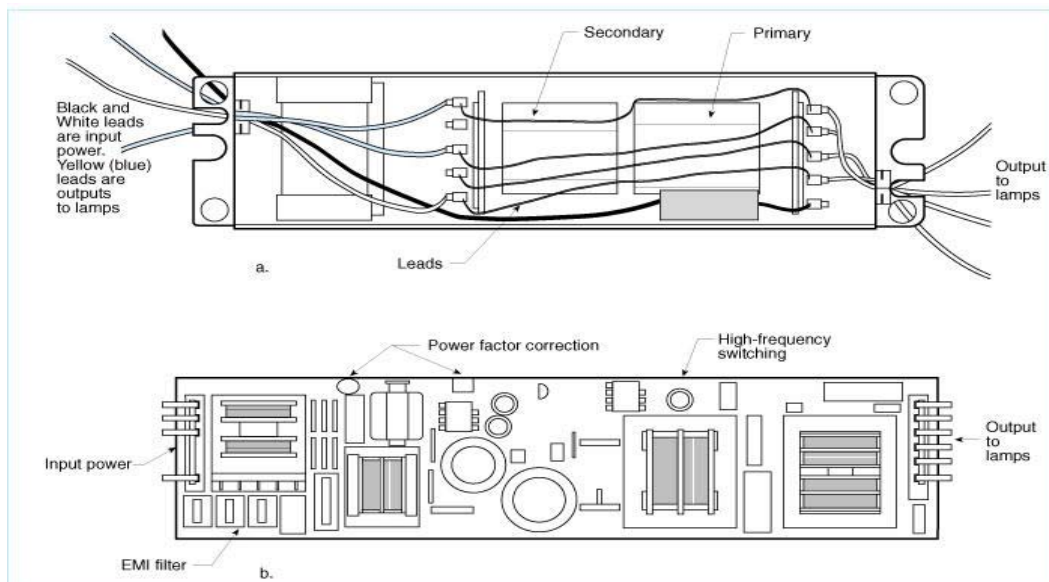
Η απόδοση των παλαιών φωτιστικών μπορεί να βελτιωθεί με την αντικατάσταση των συστημάτων διάχυσης ή ανάκλασης με νέα συστήματα ανακλαστήρων. Εναλλακτικά μπορούμε να προσθέσουμε ανακλαστήρες στο παλιό φωτιστικό ,διατηρώντας τα υπάρχοντα εξαρτήματα ελέγχου του φωτός. Σε κάποιες περιπτώσεις αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του αριθμού λαμπτήρων και να επιτευχθεί εξοικονόμηση από 20% έως 50%.

Προσοχή πρέπει επίσης να δίνεται στην ποσότητα εξερχόμενου φωτός των φωτιστικών, καθώς αυτή ποικίλλει αρκετά. Οι μελετητές συχνά υποθέτουν ότι τα φωτιστικά σώματα με ίδιο αριθμό λαμπτήρων, παρέχουν την ίδια ποσότητα εξερχόμενου φωτός, αλλά συνήθως αυτό δεν είναι αληθές. Μικρότερη ποσότητα εξερχόμενου φωτός από ένα φωτιστικό σημαίνει ότι απαιτούνται περισσότερα φωτιστικά σώματα για να εξασφαλίσουν σε ένα δεδομένο χώρο την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού. Επομένως ο σχεδιασμός θα είναι χαμηλότερης ενεργειακής απόδοσης [19].

4.5.2 Χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης (ballast) αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών

Τα στραγγαλιστά πηνία είναι απαραίτητα εξαρτήματα για την έναυση των λαμπτήρων φθορισμού ή άλλου τύπου λαμπτήρων εκκένωσης. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τον περιορισμό του ρεύματος στην απαιτούμενη τιμή, μετασχηματίζοντας την ηλεκτρική τάση και παρέχοντας τις απαιτούμενες συνθήκες για την έναυση των λαμπτήρων. Η συχνότητα λειτουργίας των ηλεκτρονικών ballastεπιλέγεται να είναι αρκετά υψηλή, ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα του λαμπτήρα και να μην ακούγεται ο θόρυβος του ballast.Αλλά η συχνότητα αυτή δεν πρέπει να είναι και τόσο υψηλή ώστε να προκαλέσει ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή. Τα ballastsαυτά μπορούν να εκκινήσουν άμεσα και ταχεία τους λαμπτήρες. Μερικά ηλεκτρονικά ballastείναι σχεδιασμένα να λειτουργούν μέχρι και τέσσερις λάμπες το καθένα. Κάποια από τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών ballasts είναι:

- Καταναλώνουν έως και 25% λιγότερη ενέργεια από τα μαγνητικά.
- Μπορούν να εγκατασταθούν εύκολα και έχουν μικρό βάρος.
- Προκαλούν αυτόματη αποκοπή του κυκλώματος τροφοδοσίας του λαμπτήρα σε περίπτωση υπερτάσεως .
- Δεν εμφανίζουν κανένα θόρυβο.
- Προσφέρουν την ευχέρεια επιλογής επιπέδου φωτισμού ανάλογα με το φωτισμό εξωτερικού χώρου.
- Δεν παρατηρείται τотреμόσβημα (flickring)κατά την έναυση του λαμπτήρα.
- Είναι σχεδιασμένα να μπορούν αν λειτουργούν σε συνεχή και χαμηλή τάση.
- Με τη χρησιμοποίησή τους μεγαλώνει η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων έως 50%. Άρα μειώνεται το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων.
- Η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται με το ηλεκτρονικό ballast σε σχέση με το συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό.
- Οι απώλειες του ηλεκτρονικού ballastείναι μικρότερες σε σχέση με το συμβατικό [19].



Σχήμα 4.8: α) Στοιχεία μαγνητικού ballast. β)Υψηλής συχνότητας ηλεκτρονικό ballast.
Πηγή: IESNA Lighting Handbook.

4.5.3 Χρησιμοποίηση των λαμπτήρων T5

Οι T5 είναι λαμπτήρες φθορισμού νέας γενιάς οι οποίοι χρησιμοποιούν την τριφθοσφορική (triphosphor) τεχνολογία και έχουν μικρότερο διάμετρο. Παρέχουν υψηλότερη λαμπρότητα από τους T8 και καλύτερο οπτικό έλεγχο. Η φωτεινή ένταση που παρέχουν είναι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 35° C (95° F), γεγονός το οποίο επιτρέπει το σχεδιασμό για πιο συμπαγή φωτιστικά σώματα. Διατίθενται και σε εκδόσεις υψηλής απόδοσης το οποίο σημαίνει ότι παρέχουν περισσότερα lumens στο ίδιο μήκος με λιγότερη ισχύ. Είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικά ballast άρα έχουν όλα τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών ballasts.

Η χρησιμοποίησή τους ενδείκνυται σε νέες εγκαταστάσεις όχι μόνο λόγω του ενεργειακού κέρδους αλλά επειδή έχουν κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές όπως (το μήκος, το ντουί) με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αντικαταστήσουν τα παλιά φωτιστικά λόγω της μη

προσαρμογής στη θέση τοποθέτησης. Όταν όμως οι λαμπτήρες T8 λειτουργούν με ηλεκτρονικό ballast τότε οι διαφορές με τους λαμπτήρες T5 μειώνονται αισθητά και έτσι η αντικατάστασή τους δεν αποφέρει σημαντικά ενεργειακά οφέλη και δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα η αντικατάσταση [19].

4.6 Συστήματα ελέγχου φωτισμού

Τα συστήματα ελέγχου φωτισμού είναι συσκευές που ρυθμίζουν τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού σε συνάρτηση με ένα εξωτερικό σήμα (χειροκίνητη επαφή ανίχνευση παρουσίας, χρονοδιακόπτης, στάθμη φωτισμού). Ενεργειακά αποδοτικά συστήματα ελέγχου είναι:

4.6.1 Τοπικοί διακόπτες on/off

Οι τοπικοί διακόπτες έναυσης ελέγχουν τη λειτουργία των φωτιστικών κατά ομάδες και ρυθμίζουν το φωτιστικό σε συγκεκριμένες ζώνες του χώρου, π.χ ζώνες στις οποίες εκτελείται κάποια εργασία.

Με τους τοπικούς διακόπτες εξασφαλίζεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μεγαλύτερη άνεση του χρήστη, σε σχέση με διακόπτες για το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων του χώρου. Μελέτες σε γραφεία ‘ελεύθερης διάταξης’ έχουν δείξει μεγάλες διαφορές στις προτιμήσεις των εργαζομένων ως προς το φωτισμό (άλλοι προτιμούν αναμμένα φώτα σε συνεχή βάση ενώ άλλοι όχι). Οι τοπικοί διακόπτες παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του φωτισμού στους χώρους εργασίας σε σχέση με τις σειρές διακοπών που είναι συγκεντρωμένες πλησίον της κύριας εισόδου του χώρου.

Ο τοπικός έλεγχος κατά ομάδες φωτιστικών είναι σημαντικός στις περιπτώσεις κατά τις οποίες μόνο κάποια τμήματα του χώρου απαιτούν τεχνητό φωτισμό, είτε γιατί στα άλλα τμήματα δεν υπάρχουν εργαζόμενοι (π.χ. μετά τη λήξη του εργασιακού ωραρίου) είτε γιατί στα άλλα τμήματα υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός. Γενικά, οι ζώνες που ο φωτισμός τους ελέγχεται από τοπικούς διακόπτες θα πρέπει να έχουν παρόμοια στάθμη φυσικού φωτισμού σε όλη τους την επιφάνεια. Επίσης, θα πρέπει η ομαδοποίηση των φωτιστικών να σχετίζεται με τον τρόπο χρήσης του χώρου. Ως γενική αρχή, οι τοπικοί διακόπτες δεν θα πρέπει να απέχουν περισσότερο από 8.00 μέτρα από το πιο απομακρυσμένο φωτιστικό ή 3 φορές το ύψος του χώρου [3].

4.6.2 Χρονοπρογραμματισμός

Με αυτό το σύστημα ελέγχου, τα φωτιστικά σώματα σβήνουν από ένα κεντρικό πίνακα, την ίδια ώρα κάθε ημέρα (συνήθως την ώρα των διαλειμμάτων εργασίας και στη λήξη του εργασιακού ωραρίου). Είναι σημαντικό να προβλέπεται στο σύστημα και τοπικός έλεγχος έτσι ώστε να είναι δυνατή η έναυση των φωτιστικών όταν τα χρειάζονται οι χρήστες. Χρονικά σήματα μπορούν να δίνονται από διάφορα συστήματα από απλά ηλεκτρομηχανολογικά έως πολύπλοκους ηλεκτρονικούς διακόπτες. Μπορούν επίσης να δίνονται από το κεντρικό σύστημα ελέγχου του κτιρίου [3].

4.6.3 Αισθητήρες παρουσίας

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι οι εργαζόμενοι είναι εκτός των γραφείων τους κατά 30-70% του χρόνου κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας [20]. Η εξοικονόμηση από τους αισθητήρες παρουσίας μπορεί να φτάσει και έως 30%. Η πραγματική όμως εξοικονόμηση εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο θα οργανωθεί ο χώρος εργασίας και κυρίως από τον αριθμό των ατόμων στο γραφείο. Οι αισθητήρες παρουσίας είναι κατάλληλοι για χώρους όπου οι άνθρωποι είναι συχνά μακριά από τα γραφεία τους για ένα χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από μερικά λεπτά. Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί να είναι:

- Είτε αυτόνομοι είτε συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Έχουν κόστος εγκατάστασης διότι απαιτείται διάνοιξη της οροφής ή του τοίχου για να καλωδιωθούν με το σύστημα ηλεκτρικής παροχής.
- Είτε ασύρματοι. Όλα τα εξαρτήματα βρίσκονται στο ίδιο κεντρικό πίνακα και μπορούν εύκολα να επικοινωνούν ασύρματα με αισθητήρες στον χώρο. Η τεχνολογία αυτή είναι πιο πρόσφατη και χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους. Το μειονέκτημά τους είναι ότι η εμβέλειά τους μπορεί να μειωθεί από τα έπιπλα και τους διαχωριστικούς τοίχους.

Στους αισθητήρες παρουσίας δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες εκκένωσης μεγάλης έντασης (εκτός ειδικών περιπτώσεων), καθώς οι λαμπτήρες αυτοί απαιτούν κάποιο χρόνο για την έναυσή τους και επομένως αρκετά λεπτά για να επανέλθουν σε πλήρη λειτουργία [3,17].

4.6.4 Σύζευξη με τον φυσικό/τεχνητό φωτισμό

Το σύστημα λειτουργεί με αισθητήρα φωτισμού, που ανιχνεύει την παρουσία του φυσικού φωτισμού και στέλνει ένα σήμα σε έναν ελεγκτή που θα προσαρμόσει το τεχνητό φωτισμό αναλόγως. Η θέση του αισθητήρα είναι σημαντική, διότι επιδρά στη λειτουργία του αισθητήρα. Ο αισθητήρας τοποθετείται είτε εξωτερικά είτε μέσα στο χώρο. Τα πιο κοινά συστήματα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού είναι:

- **Συστήματα έναυσης / σβέσης**
Τα συστήματα αυτά συνήθως προκαλούν δυσαρέσκεια στους χρήστες λόγω των έντονων και ξαφνικών αλλαγών στη στάθμη φωτισμού. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε χώρους όπου υπάρχει άπλετο φυσικό φως ώστε η συχνότητα έναυσης /σβέσης να είναι περιορισμένη.
- **Βηματικά συστήματα**
Τα συστήματα αυτά είναι ίδια με τα προηγούμενα αλλά με μία ή δύο ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ των θέσεων έναυσης και σβέσης.
- **Συστήματα ρύθμισης φωτεινής ροής**
Αυτά εξασφαλίζουν ότι η συνολική ποσότητα φυσικού και τεχνητού φωτισμού επαρκεί για τη στάθμη φωτισμού στην οποία έχει ρυθμιστεί το σύστημα. Εάν η απαιτούμενη στάθμη εξασφαλίζεται μόνο με φυσικό φως τότε η ροή του τεχνητού συστήματος ελαχιστοποιείται. Γενικά, εάν ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, τότε καλύπτει τις απαιτήσεις φωτισμού για μεγάλο διάστημα της ημέρας, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντική.



Σχήμα 4.9 Μείωση του τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.
Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Η εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων ελέγχου του φωτισμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται. Σε κτίρια γραφείων η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί κατά 30% έως 50%. Η απόσβεση του κόστους εγκατάστασης μπορεί συχνά να επιτευχθεί σε 2-3 έτη. Οι μόνιμοι χρήστες ενός χώρου πρέπει να είναι ενήμεροι για την ύπαρξη του συστήματος ελέγχου φωτισμού, τον τρόπο λειτουργίας του και πώς μπορούν να αλληλεπιδράσουν με αυτό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις ανακαινίσεις εγκαταστάσεων, όπου μπορεί να παρουσιαστεί αντίδραση στην εγκατάσταση των συστημάτων ελέγχου φωτισμού εάν οι χρήστες του κτιρίου δεν ενημερωθούν πλήρως για το νέο σύστημα [3,17].

4.7 Ενημέρωση χρηστών

Μια σημαντική παράμετρος στα συστήματα ελέγχου, η οποία συνήθως αμελείται, είναι η εκπαίδευση του προσωπικού συντήρησης και των ατόμων που χρησιμοποιούν το κτίριο, να μάθουν το χειρισμό του συστήματος και ο σκοπός για τον οποίο έχει εγκατασταθεί. Αν και οι κατασκευαστές παρέχουν τεχνική υποστήριξη για κάποιο χρονικό διάστημα μετά την εγκατάσταση του συστήματος, είναι πιο εύκολο και οικονομικό τα περισσότερα προβλήματα να επιλύονται από τους συντηρητές του κτιρίου. Για να είναι αυτό εφικτό πρέπει να γνωρίζουν πώς λειτουργεί το σύστημα και να το ρυθμίζουν ανάλογα με τις ανάγκες, να κατανοούν την απόδοση του και να λαμβάνουν σχετικές πληροφορίες για τη λειτουργία του συστήματος [3,17].

4.8 Συντήρηση

Η ανάγκη για συντήρηση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι κυριότεροι από τους οποίους είναι ότι τα φωτιστικά ρυπαίνονται με την πάροδο του χρόνου και η ποσότητα του φωτός που εξέρχεται ελαττώνεται καθώς οι λαμπτήρες πλησιάζουν προς το τέλος του χρόνου ζωής τους. Η έλλειψη συντήρησης έχει σαν αποτέλεσμα τα φωτιστικά να μην αποδίδουν στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους, το οποίο ισοδυναμεί με σπατάλη ενέργειας και χρημάτων αφού χρησιμοποιείται επιπλέον εξοπλισμός (π.χ φωτιστικά γραφείου).

Οι απαιτήσεις συντήρησης θα πρέπει να εξετάζονται κατά το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων. Τα φωτιστικά τα οποία είναι εύκολα προσβάσιμα, είναι πιθανότερο να καθαρίζονται πιο τακτικά και να γίνεται αντικατάσταση των λαμπτήρων τους. Κάποια από τα φωτιστικά έχουν λιγότερη ανάγκη συντήρησης διότι συσσωρεύουν λιγότερους ρύπους στις επιφάνειες τους, όπως είναι π.χ κάποια αυτό-αεριζόμενα φωτιστικά.

Οι πρισματικοί ή πλαστικοί ανακλαστήρες αποχρωματίζονται με την πάροδο του χρόνου και μειώνουν την εξερχόμενη ποσότητα φωτός από ένα φωτιστικό. Η αντικατάσταση των παλαιών με καινούρια μπορεί να επιφέρει σημαντική βελτίωση και επίσης τα πλαστικά με σταθεροποιημένες ιδιότητες έχουν μεγαλύτερο ωφέλιμο χρόνο ζωής.

Κεφάλαιο 4^ο Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Το φως το οποίο εξέρχεται από τις λάμπες φθορισμού μειώνεται με τη πάροδο του χρόνου, με αποτέλεσμα ένας λαμπτήρας να καταναλώνει την ίδια ενέργεια αλλά να αποδίδει ίσως μόνο τη μισή ή και λιγότερη ποσότητα φωτός πριν φτάσει στο τέλος της ζωής του. Η προγραμματισμένη αντικατάσταση λαμπτήρων, μπορεί να εξασφαλίσει ελαχιστοποίηση των απωλειών και να έχουμε έτσι την αποδοτική λειτουργία των φωτιστικών.

Ο καθαρισμός των φωτιστικών μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ξεχωριστό ζήτημα, δεδομένου ότι η υποβάθμιση του φωτιστικού σώματος θα εξαρτηθεί από τις συνθήκες στις οποίες βρίσκεται. Για παράδειγμα, τα καταστήματα λιανικής πώλησης, με ανοιχτές βιτρίνες ή πόρτες σε πολυσύχναστους δρόμους κυκλοφορίας, θα απαιτήσουν συχνότερο καθαρισμό από ένα κλιματιζόμενο γραφείο με κλειστά παράθυρα [3].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Γενική περιγραφή κτιρίου Υδραυλικής και παρουσίαση προβλημάτων

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται το υπό μελέτη κτίριο και παρουσιάζονται τα κύρια προβλήματα που παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια των επισκέψεων στο κτίριο.

5.1 Περιγραφή κτιρίου

Το κτίριο της Υδραυλικής βρίσκεται στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και αποτελεί ένα από τα κτίρια της σχολής των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Κατασκευάστηκε το 1963 και έκτοτε από ενεργειακής άποψης δεν έχει υποστεί καμία σημαντική ανακαίνιση παρά μόνο την αντικατάσταση λαμπτήρων σε κάποια καινούργια εργαστήρια που προστέθηκαν και βρίσκονται στο χώρο του ισόγειου. Η χρήση του κτιρίου είναι κυρίως για εκπαιδευτικούς σκοπούς όπως μαθήματα και εργαστήρια φοιτητών. Επίσης εκεί συστεγάζονται πολλά από τα γραφεία των καθηγητών των πολιτικών μηχανικών. Υπάρχει χαμηλή βλάστηση περιμετρικά του κτιρίου και έτσι η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στις περισσότερες αίθουσες στο ισόγειο του κτιρίου δεν έχει μεγάλο όφελος (Εικόνες 5.1.2-5.1.5). Το υπό μελέτη κτίριο καταλαμβάνει χώρο συνολικού εμβαδού 3.907m^2 ($2.761\text{m}^2 + 1.146\text{m}^2$ αιθ. Γ. Νουτσόπουλου) ενώ αποτελείται από έξι επίπεδα (4 όροφοι, ισόγειο και υπόγειο). Ο κύριος προσανατολισμός του κτιρίου είναι βορειοδυτικός (προσανατολισμός εισόδου). Το κτίριο έχει αυξημένη κατανάλωση ενέργειας καθώς είναι αρκετά παλιό (1963). Πολλά από τα φωτιστικά σώματα λειτουργούσαν άσκοπα και κάποια άλλα είχαν επιλεγεί λανθασμένα. Όπως αποδείχτηκε με επιστημονική τεκμηρίωση το κτίριο της Υδραυλικής παρουσιάζει ανάγκες ουσιαστικής ενεργειακής αναβάθμισης. Επίσης παρατηρήθηκε ότι υπάρχει ελεύθερος χώρος για τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων και αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και γι αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκε εκτενής μελέτη με τη βοήθεια συγκεκριμένου προγράμματος.



Εικόνα 5.1: Πανοραμική εικόνα από δορυφόρο (Google Earth).



Εικόνα 5.2: Νοτιοδυτική όψη κτιρίου.



Εικόνα 5.3: Βορειοδυτική όψη κτιρίου.



Εικόνα 5.4: Νοτιοανατολική όψη κτιρίου.



Εικόνα 5.5: Βορειοανατολική όψη κτιρίου.

5.2 Περιγραφή των κύριων προβλημάτων του κτιρίου

Στο χώρο πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές επισκέψεις στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης του συστήματος φωτισμού και της καταγραφής των προβλημάτων του τη περίοδο από το Δεκέμβριο 2009 έως το Μάιο του 2010. Κατά τις επισκέψεις αυτές καταγράφηκε το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού καθώς επίσης οι χώροι και οι όποιες αλλαγές σε σχέση με τις αρχικές κατόψεις. Κατά τη διάρκεια των επισκέψεων στο κτίριο παρατηρήθηκαν τα εξής προβλήματα:

- Η χρήση απαρχαιωμένων φωτιστικών όπως φωτιστικά α) με λαμπτήρες T12 των 40 W και 55 W τα οποία πλέον θεωρούνται ξεπερασμένα και δεν υπάρχουν στην αγορά και β) με λαμπτήρες T8 τα οποία έχουν ηλεκτρομαγνητικό ballast. Στις αίθουσες όπου υπήρχαν λαμπτήρες τύπου T8 παρατηρήθηκε ότι υπήρχε ένας ενοχλητικός θόρυβος κατά το πρώτο τέταρτο της λειτουργίας τους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα σε πολλές αίθουσες να προτιμάται

μόνο ο φυσικός φωτισμός με συνέπεια να υπάρχουν πολλές υποφωτισμένες αίθουσες. Τέλος παρατηρήθηκε η χρήση λαμπτήρων πυράκτωσης ισχύος από 40 W έως 60 W.



Εικόνα 5.6: Χρήση φωτιστικού με λαμπτήρα T8.



Εικόνα 5.7: Χρήση απαρχαιωμένων φωτιστικών.

- Τα φωτιστικά σώματα δεν διέθεταν ανακλαστήρα ή παραβολικές περσίδες παρά μόνο γαλακτερό κάλυμμα το οποίο περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τη φωτεινή ροή. Σε πολλούς χώρους είχαν αφαιρεθεί τα καλύμματα αυτά προκειμένου να αυξηθεί η φωτεινή ροή με αποτέλεσμα να υπήρχε το φαινόμενο της θάμπωσης.



Εικόνα 5.8: Χρήση γαλακτερού διαχύτη.

- Σε σχέση με τα αρχικά σχέδια, έχουν δημιουργηθεί χωρίσματα σε πολλούς χώρους (χρήση κουφωμάτων) τα οποία αλλάζουν τη διαρρύθμιση των χώρων χωρίς να έχει αλλάξει ο αριθμός ή η θέση των φωτιστικών. Αυτό δημιουργεί υποφωτισμό σε πολλούς χώρους και υπερβολικό φωτισμό σε κάποιους άλλους.



Εικόνα 5.9: Παράδειγμα τοποθετημένου φωτιστικού σώματος ακριβώς δίπλα σε χώρισμα και χρήση δεύτερου φωτιστικού σώματος δίπλα σε αυτό.

- Στο κτίριο παρατηρήθηκε ότι σε πολλούς χώρους δεν είχαν τοποθετηθεί οι λαμπτήρες σε όλα τα φωτιστικά. Αυτό δημιουργούταν εξαιτίας της ύπαρξης υπεράριθμων φωτιστικών σωμάτων. Η επιλογή των φωτιστικών σωμάτων που θα τοποθετηθούν οι λαμπτήρες, καθώς και η τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων στον χώρο δεν έχει γίνει κατόπιν κάποιας μελέτης.



(α)



(β)

Εικόνα 5.10: Λάθος τοποθέτηση φωτιστικών (α) και μη τοποθέτηση λαμπτήρων. (β)

- Σε πολλούς χώρους γραφείων έχει γίνει η υπόθεση ότι οι καθηγητές βρίσκονται στα γραφεία τους μόνο πριν τη δύση του ηλίου, με τα φώτα να λειτουργούν βοηθητικά κάτι το οποίο είναι λανθασμένο καθώς οι ώρες χρησιμοποίησης γραφείων και εργαστηρίων είναι και βραδινές, με αποτέλεσμα τις ώρες εκείνες οι χώροι να είναι υποφωτισμένοι.

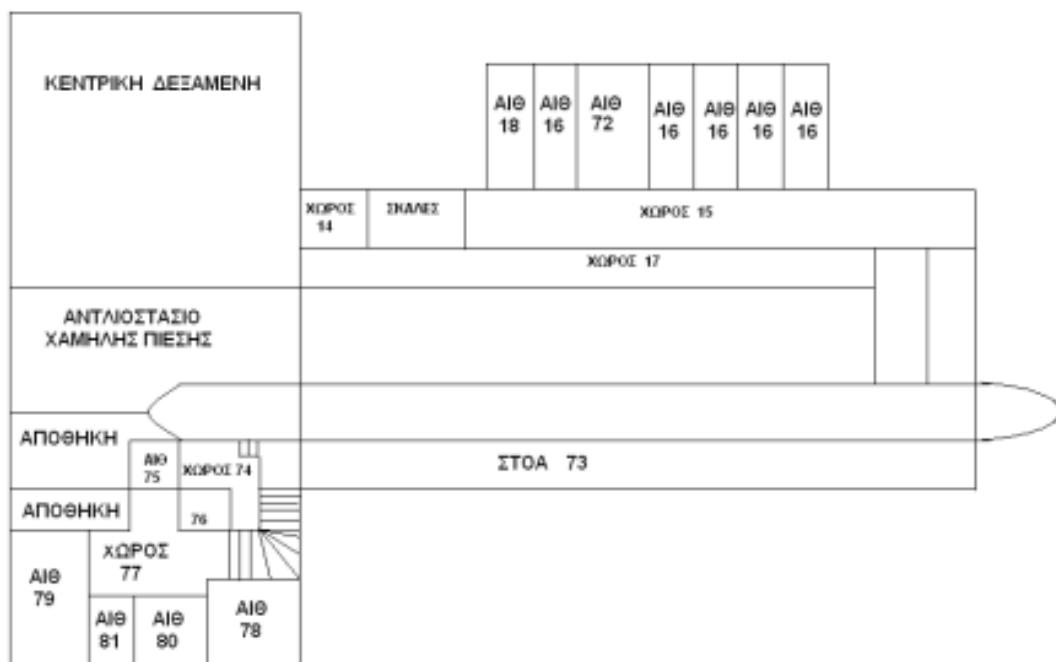
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος φωτισμού

Κατά την επίσκεψη στο χώρο του κτιρίου διαπιστώθηκε ότι χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον φωτιστικά σώματα φθορισμού 2Χ36 W, με λαμπτήρες τύπου T8 με ηλεκτρομαγνητικό ballast τόσο σε κοινόχρηστους χώρους όσο και σε χώρους εργαστηρίων. Όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο τα περισσότερα φωτιστικά ήταν παλαιάς τεχνολογίας, χαμηλής απόδοσης και χωρίς ανακλαστήρες ή παραβολικές περσίδες. Για τον υπολογισμό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος φωτισμού η ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού προσαυξάνεται κατά 25% ώστε να συνυπολογισθούν οι απώλειες των ηλεκτρομαγνητικών ballast. Πέρα από τους λαμπτήρες φθορισμού τύπου T8 βρέθηκαν λαμπτήρες φθορισμού τύπου T12 των 40 W, λαμπτήρες πυρακτώσεως τύπου E27 ισχύος από 40 W έως 60 W καθώς και λαμπτήρες πυράκτωσης ισχύος 300 W για καλλωπιστικούς λόγους εξωτερικά του κτιρίου.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος της υφιστάμενης κατάστασης και παράλληλα γίνονται κάποιες παρατηρήσεις σχετικά με τους χώρους που έγιναν οι επισκέψεις.

6.1 Υπόγειο



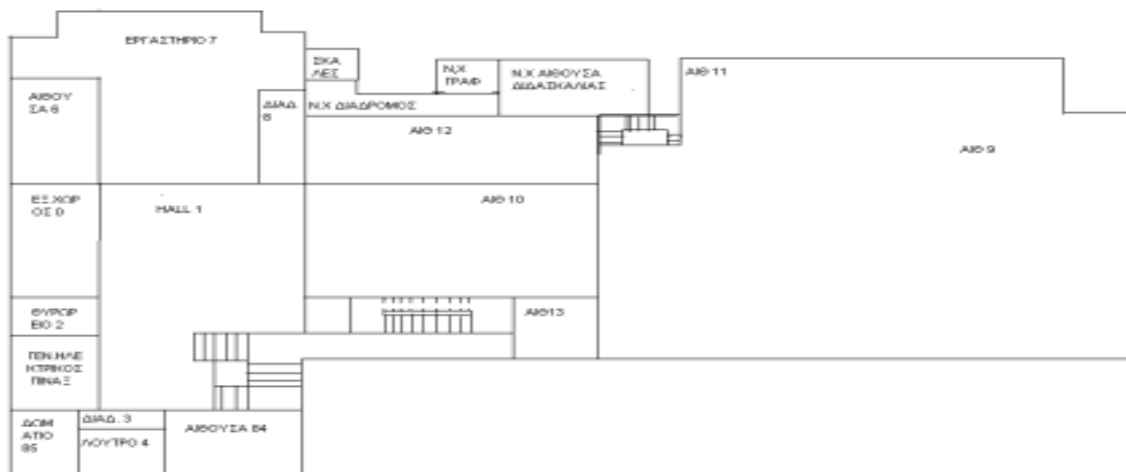
Σχήμα 6.1: Κάτοψη υπογείου.

Πίνακας 6.1: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς υφιστάμενης κατάστασης (Υπόγειο).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς χώρου (W)
14	6	2	36	Φθορισμού T8	540
15	10	2	36	Φθορισμού T8	900
15	1	1	300	Πυράκτωσης	300
16	3	2	36	Φθορισμού T8	270
17	8	1	60	Πυράκτωσης E27	480
18	1	2	36	Φθορισμού T8	90
72	10	2	36	Φθορισμού T8	1.530
	7	2	36	Φθορισμού T8	
73	11	1	60	Πυράκτωσης E27	660
74	1	2	36	Φθορισμού T8	180
	1	4	18	Φθορισμού T8	
75	1	1	40	Φθορισμού T12	50
76	1	1	50	Πυράκτωσης E27	50
77	2	2	36	Φθορισμού T8	180
78	1	1	50	Πυράκτωσης E27	50
79	1	2	36	Φθορισμού T8	90
80	1	1	50	Πυράκτωσης E27	50
81	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
ΣΥΝΟΛΟ→					5.460

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι $9,46 \text{ W/m}^2$ και το συνολικό εμβαδόν του υπογείου είναι 692m^2 . Οι χώροι που δεν έχουν καταγεγραμμένη ισχύ (η κεντρική δεξαμενή, το αντλιοστάσιο χαμηλής πίεσης και ο χώρος που εφάπτεται στη στοά 13) είναι χώροι που σχετίζονται με δεξαμενές νερού και δεν υπάρχει φωτισμός. Οι δύο αποθήκες δίπλα από το χώρο 75 δεν ήταν προσβάσιμες σε καμία από τις επισκέψεις στο κτίριο. Οι χώροι 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81 (του παλιού θυρωρείου) δεν χρησιμοποιούνται πλέον και τα περισσότερα φωτιστικά σώματα δεν λειτουργούσαν. Επίσης αυτοί οι χώροι χρησιμοποιούνται πλέον ως χώροι αποθηκευτικοί. Στους χώρους 15, 16, και 72 που χρησιμοποιούνται για βιομηχανικούς και εργαστηριακούς σκοπούς υπάρχει ανάγκη για περισσότερο φωτισμό. Τέλος υπήρχαν παράπονα για έλλειψη φωτισμού.

6.2 Ισόγειο



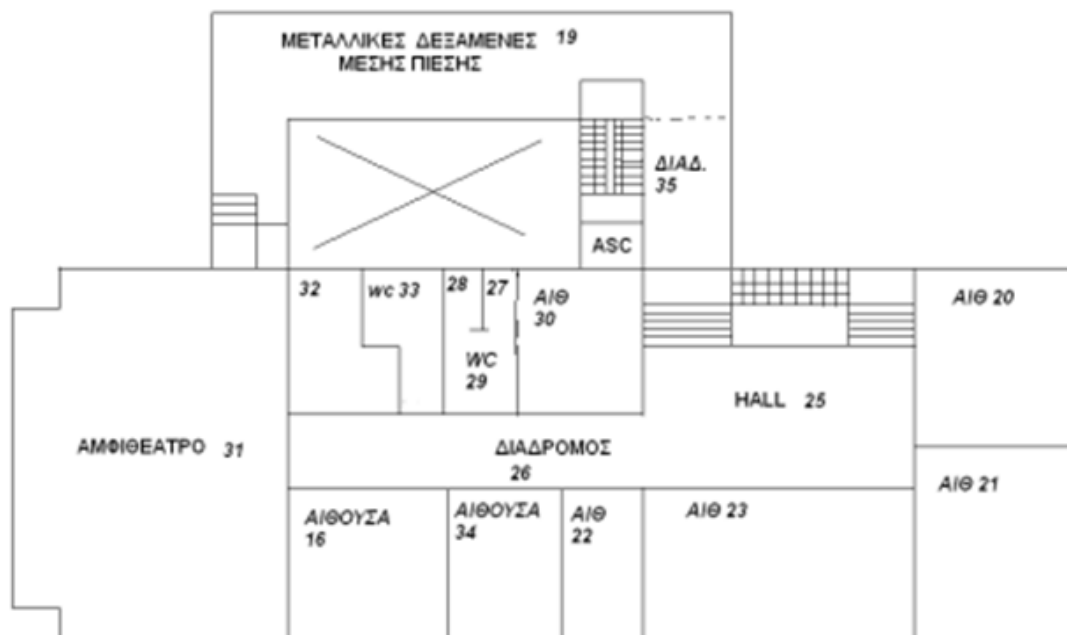
Σχήμα 6.2: Κάτοψη ισόγειου.

Πίνακας 6.2: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς υφιστάμενης κατάστασης (Ισόγειο).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς χώρου (W)
0	3	1	18	Φθορισμού T8	67,5
Εξωτερικά	4	1	300	Πυράκτωσης R7s	1.200
1	11	1	60	Πυράκτωσης E27	850
	1	1	20	Πυράκτωσης E27	
Κλιμακοστάσιο	2	2	36	Φθορισμού T8	180
2	1	2	36	Φθορισμού T8	90
3	1	1	55	Φθορισμού T12	69
4	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
5	6	2	36	Φθορισμού T8	540
6	4	2	36	Φθορισμού T8	360
7	16	4	18	Φθορισμού T8	1.440
8 (διάδρομος)	2	4	18	Φθορισμού T8	180
9 (μεγάλος χώρος)	36	2	36	Φθορισμού T8	-
	30	2	36	Φθορισμού T8	
	16	2	36	Φθορισμού T8	
10	5	2	36	Φθορισμού T8	450
11	30	2	36	Φθορισμού T8	-
12	2	2	36	Φθορισμού T8	294
	1	1	36	Φθορισμού T8	
	1	1	55	Φθορισμού T12	
13	1	2	36	Φθορισμού T8	270
	2	2	36	Φθορισμού T8	
84	2	2	36	Φθορισμού T8	270
85	2	2	55	Φθορισμού T12	270
N.X διάδρομος	2	4	18	Φθορισμού T8	180
N.X γραφείο	4	4	18	Φθορισμού T8	360
N.X αίθουσα διδασκαλίας	9	2	36	Φθορισμού T8	810
ΣΥΝΟΛΟ→					7.941

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι $14,95 \text{ W/m}^2$ και το συνολικό εμβαδόν του ισόγειου είναι 520m. Στους χώρους στο νέο τμήμα του κτιρίου στο ισόγειο (νέοι χώροι ή Ν.Χ. , διάδρομος, γραφείο και αίθουσα διδασκαλίας) τα φωτιστικά σώματα ήταν καινούργια. Παρόλα αυτά χρησιμοποιείται ηλεκτρομαγνητικό ballast αντί ηλεκτρονικού όπως θα έπρεπε. Για λόγους ασφάλειας δεν έγινε επίσκεψη στο χώρο του γενικού ηλεκτρικού πίνακα. Οι χώροι 9 και 11 δεν έχουν συμπεριληφθεί στους παρακάτω υπολογισμούς και αναλύονται ξεχωριστά στο κεφάλαιο 9. Ο φωτισμός του κλιμακοστάσιου που βρίσκεται παρακείμενα του Hall 1 έχει ενσωματωθεί στο συνολικό φωτισμό του Hall 1.

6.3 Α΄ Όροφος



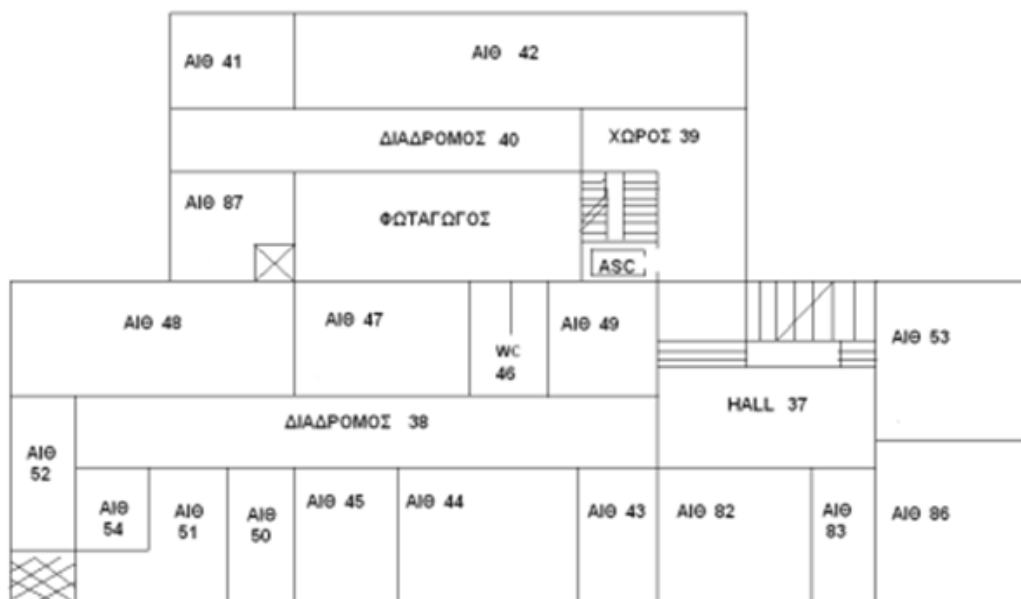
Σχήμα 6.3: Κάτοψη Α΄ ορόφου.

Πίνακας 6.3: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς υφιστάμενης κατάστασης (Α΄ όροφος).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς χώρου (W)
19	5	2	36	Φθορισμού T8	450
20	6	2	36	Φθορισμού T8	540
21	2	2	36	Φθορισμού T8	180
22	1	2	36	Φθορισμού T8	90
23	6	4	18	Φθορισμού T8	540
24	1	2	36	Φθορισμού T8	90
25	1	2	36	Φθορισμού T8	90
26	3	2	36	Φθορισμού T8	270
27	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
28	1	1	40	Πυράκτωσης E27	40
29	1	1	40	Πυράκτωσης E27	130
	1	2	36	Φθορισμού T8	
30	6	2	36	Φθορισμού T8	540
31	32	2	36	Φθορισμού T8	3.150
	3	2	36	Φθορισμού T8	
32	1	2	36	Φθορισμού T8	190
	1	1	100	Πυράκτωσης E27	
33	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
34	1	3	36	Φθορισμού T8	135
35	3	2	36	Φθορισμού T8	270
36	2	2	36	Φθορισμού T8	180
ΣΥΝΟΛΟ→					6.985

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι $13,55 \text{ W/m}^2$ και το συνολικό εμβαδόν του Α΄ ορόφου είναι 515 m^2 . Το κλιμακοστάσιο δίπλα στο Hall 25 είναι ο χώρος 36. Σε πολλές από τις αίθουσες αυτού του ορόφου που λειτουργούσαν ως γραφεία καθηγητών όπως οι 19, 21, 22 και 24, έγιναν παράπονα από το προσωπικό ότι ο υφιστάμενος φωτισμός ότι δεν ήταν επαρκές. Η αίθουσα 32 παρόλο που είναι επίσημα καταγεγραμμένη στα αρχικά σχέδια ως αίθουσα προβολών στην πράξη λειτουργεί μόνο ως αποθηκευτικός χώρος. Άλλος ένας αντίστοιχος χώρος που είχε αλλάξει η λειτουργία του με την πάροδο του χρόνου, ήταν η αίθουσα 30 η οποία στην πράξη είχε μετατραπεί σε αίθουσα γραφείου και όχι ως ιματιοθήκη που είναι αναγεγραμμένη στα αρχικά σχέδια.

6.4 Β΄ Όροφος



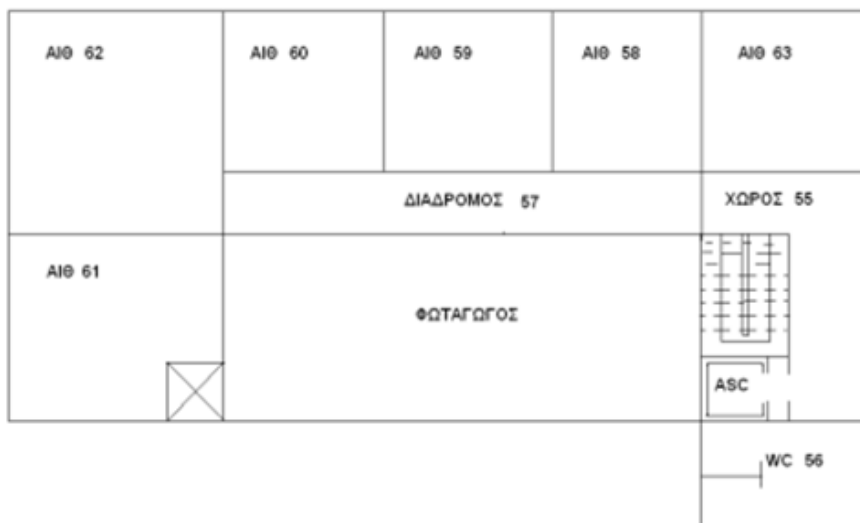
Σχήμα 6.4: Κάτοψη Β΄ ορόφου.

Πίνακας 6.4: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς υφιστάμενης κατάστασης (Β' όροφος).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς χώρου (W)
37	1	2	36	Φθορισμού T8	90
38	6	2	36	Φθορισμού T8	540
39	4	2	36	Φθορισμού T8	360
40	2	2	36	Φθορισμού T8	180
41	2	2	36	Φθορισμού T8	180
42	3	2	36	Φθορισμού T8	408
	1	2	55	Φθορισμού T12	
43	1	2	36	Φθορισμού T8	90
44	1	2	36	Φθορισμού T8	90
45	1	3	36	Φθορισμού T8	135
46	1	1	50	Πυράκτωσης E27	50
47	2	3	36	Φθορισμού T8	270
48	8	4	18	Φθορισμού T8	720
49	2	2	36	Φθορισμού T8	318
	1	2	55	Φθορισμού T12	
50	2	2	36	Φθορισμού T8	180
51	2	2	36	Φθορισμού T8	180
52	2	2	36	Φθορισμού T8	180
53	1	2	36	Φθορισμού T8	90
	1	1	36	Φθορισμού T8	45
	1	1	55	Φθορισμού T12	69
54	2	2	36	Φθορισμού T8	180
82	2	2	55	Φθορισμού T12	320
	1	1	36	Φθορισμού T8	
83	1	2	36	Φθορισμού T8	90
87	2	2	40	Φθορισμού T12	160
86	2	2	36	Φθορισμού T8	180
ΣΥΝΟΛΟ→					5.105

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι $11,07 \text{ W/m}^2$ και το συνολικό εμβαδόν του Β' ορόφου είναι 461 m^2 . Σε αυτόν τον όροφο έχουν τοποθετηθεί χωρίσματα (κουφώματα) σε πολλά σημεία, οπότε έχει αλλάξει η διαρρύθμιση των χώρων σε σχέση με τα αρχικά σχέδια. Η αίθουσα που είναι αναγεγραμμένη ως αναγνωστήριο έχει χωριστεί στις αίθουσες 48, 50, 51, 52, και 54 καθώς και μέρος του διαδρόμου 38. Από αυτές η αίθουσα 48 χρησιμοποιείται κυρίως για συνεδριακούς σκοπούς και οι υπόλοιπες ως γραφεία καθηγητών. Η αίθουσα 47 έχει πάψει να λειτουργεί ως βιβλιοθήκη όπως αναγράφεται στα αρχικά σχέδια και λειτουργεί ως χώρος γραφείου.

6.5 Γ' Όροφος



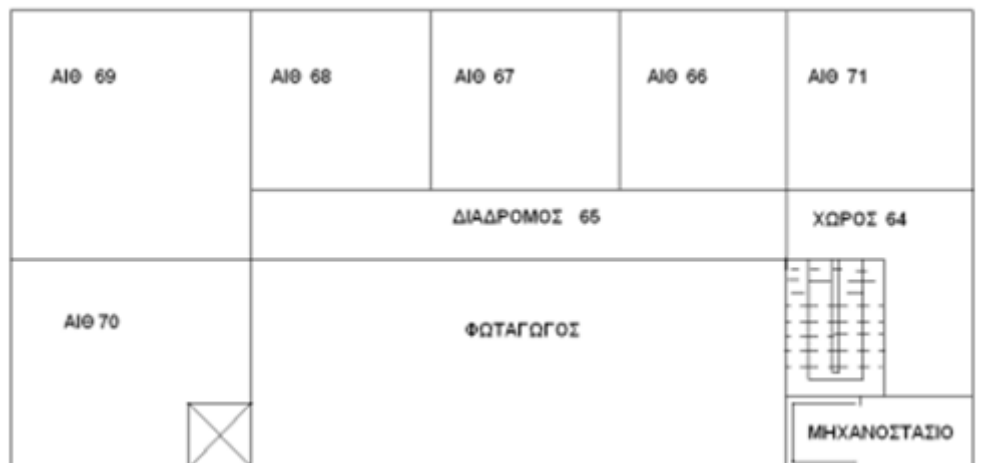
Σχήμα 6.5: Κάτοψη Γ' ορόφου.

Πίνακας 6.5: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς υφιστάμενης κατάστασης (Γ' όροφος).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς χώρου (W)
55	3	2	36	Φθορισμού T8	270
56	2	1	60	Πυράκτωσης E27	165
	1	1	36	Φθορισμού T8	
57	3	2	36	Φθορισμού T8	270
58	1	2	40	Φθορισμού T12	195
	1	1	40	Φθορισμού T12	
	1	1	36	Φθορισμού T8	
59	2	2	36	Φθορισμού T8	180
60	2	2	36	Φθορισμού T8	180
61	2	2	40	Πυράκτωσης E27	160
62	2	2	36	Φθορισμού T8	280
	1	2	40	Φθορισμού T12	
63	1	2	40	Φθορισμού T12	100
ΣΥΝΟΛΟ→					1.700

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι $5,83 \text{ W/m}^2$ και το συνολικό εμβαδόν του Γ' ορόφου είναι 491 m^2 .

6.6 Δ' Όροφος



Σχήμα 6.6: Κάτοψη Δ' ορόφου.

Πίνακας 6.6: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς υφιστάμενης κατάστασης (Δ' όροφος).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς χώρου (W)
64	3	2	36	Φθορισμού T8	270
65	1	2	36	Φθορισμού T8	90
66	1	2	40	Πυράκτωσης E27	80
67	1	2	36	Φθορισμού T8	90
68	1	2	36	Φθορισμού T8	90
69	1	2	40	Πυράκτωσης E27	80
70	2	2	40	Πυράκτωσης E27	160
71	1	2	55	Φθορισμού T12	138
ΣΥΝΟΛΟ→					998

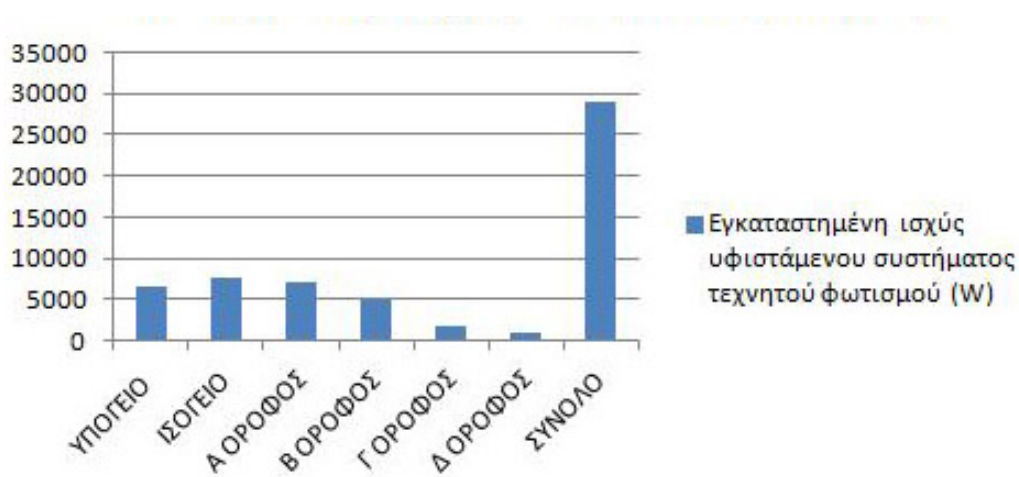
Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι $3,54 \text{ W/m}^2$ και το συνολικό εμβαδόν του Δ' ορόφου είναι 284 m^2 . Ο χώρος του μηχανοστασίου δεν ήταν προσβάσιμος σε καμία από τις επισκέψεις στο κτίριο.

6.7 Συνολική υφιστάμενη κατάσταση ορόφων

Πίνακας 6.7: Συνολική εγκαταστημένη ισχύς υφιστάμενης κατάστασης για όλο το κτίριο.

Όροφος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)
ΥΠΟΓΕΙΟ	6.540
ΙΣΟΓΕΙΟ	7.778
Α΄ ΟΡΟΦΟΣ	6.985
Β΄ ΟΡΟΦΟΣ	5.105
Γ΄ ΟΡΟΦΟΣ	1.700
Δ΄ ΟΡΟΦΟΣ	998
ΣΥΝΟΛΟ→	29.106

Άρα βλέπουμε ότι η συνολική υφιστάμενη ισχύς για το κτήριο είναι 29,1 kW. Στο παρακάτω διάγραμμα εικονίζονται οι τιμές της εγκαταστημένης ισχύος στον κάθε όροφο:



Σχήμα 6.7: Εγκαταστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού για όλο το κτίριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

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

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του αναβαθμισμένου συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτιρίου της Υδραυλικής. Το προτεινόμενο σύστημα χρησιμοποιώντας νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα (Σενάριο Α) συγκρίνεται με το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού. Τέλος παρουσιάζονται αναλυτικά τα πλεονεκτήματα του.

7.1 Εισαγωγή

Για την αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού του κτιρίου προτάθηκε η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα γραμμικά φωτιστικά σώματα υψηλότερης απόδοσης που χρησιμοποιούν λαμπτήρες φθορισμού τύπου T5 από την εταιρεία GALLIS (ΓΑΛΛΗΣ). Τα νέα προτεινόμενα φωτιστικά σώματα έχουν ανακλαστήρες, παραβολικές περσίδες και ηλεκτρονικό ballast.

Η μελέτη έγινε σύμφωνα με το πρόγραμμα RELUX το οποίο χρησιμοποιεί πλατφόρμα RADIANCE. Σύμφωνα με αυτό το πρόγραμμα έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί και προσομοιώσεις για κάθε χώρο του κτιρίου χρησιμοποιώντας τα φωτομετρικά αρχεία των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων. Στο πρόγραμμα εισαχθήκανε επίσης όλα τα γεωμετρικά δεδομένα κάθε χώρου καθώς και οι οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών τους στοιχείων, όπως διαπερατότητα υαλοπινάκων και ανακλαστικότητα τοίχων. Στους υπολογισμούς της απαιτούμενης έντασης φωτισμού λήφθηκε συντελεστής συντήρησης (maintenance factor) ίσος με 0,8. Οι περισσότεροι χώροι ήταν γραφεία και αίθουσες καθηγητών και οι υπολογισμοί για τον μέσο όρο φωτεινής έντασης έγιναν με δεδομένο ότι η επιφάνεια εργασίας που προσμετρείται ο φωτισμός είναι στα 0,8 m από το δάπεδο. Παρακάτω παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων:

Κεφάλαιο 7^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά (Σενάριο Α)

Πίνακας 7.1 :Τεχνικά χαρακτηριστικά των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων.

Manufacturer Gallis Lighting S.A.		Manufacturer Gallis Lighting S.A.	
4308-4062	IKARUS 2X21W with Parabolic Louver	4307-4341	IKARUS 2X24W with Parabolic Louver
Length: 960 mm, Width: 87 mm, Height: 89 mm		Length: 660 mm, Width: 87 mm, Height: 89 mm	
Efficiency: 67,12% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 49 W		Efficiency: 67,12% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 55 W	
Equipment: 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 Total luminous flux: 3800 lm Luminous flux for emergency lighting: -----		Equipment: 2 x Osram Lumilux FQ 24W/830 Total luminous flux: 3500 lm Luminous flux for emergency lighting: -----	
Manufacturer Gallis Lighting S.A.		Manufacturer Gallis Lighting S.A.	
4310-4343	Ikarus 2X28W with Parabolic Louver	4312-4344	Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
Length: 1350 mm, Width: 84 mm, Height: 90 mm		Length: 1650 mm, Width: 84 mm, Height: 90 mm	
Efficiency: 75,34% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 53 W		Efficiency: 75,34% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 76 W	
Equipment: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 Total luminous flux: 5200 lm Luminous flux for emergency lighting: -----		Equipment: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 Total luminous flux: 6600 lm Luminous flux for emergency lighting: -----	
Manufacturer Gallis Lighting S.A.		Manufacturer Gallis Lighting S.A.	
4309-4062	IKARUS 2X39W with Parabolic Louver	4311-4343	Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Length: 960 mm, Width: 87 mm, Height: 89 mm		Length: 1350 mm, Width: 84 mm, Height: 90 mm	
Efficiency: 67,12% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 85 W		Efficiency: 75,34% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 108 W	
Equipment: 2 x Osram Lumilux FQ 39W/830 Total luminous flux: 6200 lm Luminous flux for emergency lighting: -----		Equipment: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 Total luminous flux: 8900 lm Luminous flux for emergency lighting: -----	
Manufacturer Gallis Lighting S.A.			
4032-4065	HERMES MONO 21W with Parabolic Louver		
Length: 1220 mm, Width: 52 mm, Height: 52 mm			
Efficiency: 60,17% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 26 W			
Equipment: 1 x Osram Lumilux FH 21W/830 Total luminous flux: 1900 lm Luminous flux for emergency lighting: -----			

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στο να πληρούνται τα όρια της έντασης φωτισμού που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) ανάλογα με τη χρήση του καθενός χώρου. Τα όρια αυτά διασφαλίζουν ότι δεν θα υπάρχουν χώροι υπερφωτισμένοι ή υποφωτισμένοι, και συνεπώς κατά την παραμονή του χρήστη στο κτίριο δεν θα παρατηρούνται φαινόμενα που προκαλούν οπτική δυσφορία και κόπωση. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αντίστοιχα όρια εντάσεως φωτισμού σύμφωνα με τα οποία έγιναν οι υπολογισμοί.

Πίνακας 7.2: Όρια εντάσεων φωτισμού ανάλογα με τη χρήση των χώρων.

Τύπος χώρου	Φωτεινή ένταση (lux)
Γραφεία	400
Αίθουσες απασχόλησης – τραπεζαρία	300
Αίθουσες διδασκαλίας	400
Βοηθητικοί χώροι	150
Χώροι υγιεινής	200
Αποθήκες	150
Μηχανοστάσιο	150
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια	250
Χώρος Στάθμευσης (Γκαράζ)	150

Σε κάποιους εργαστηριακούς-βιομηχανικούς χώρους υπήρχαν απαιτήσεις για περισσότερο φωτισμό και υπήρχε ανάγκη για όσο το δυνατόν λιγότερη ανομοιομορφία. Σε αυτές τις περιπτώσεις χώρων το όριο της φωτεινής έντασης ήταν 700 lux.

Τα αναλυτικά αποτελέσματα των προσομοιώσεων και των υπολογισμών για όλους τους χώρους του κτιρίου παρατίθενται στο Παράρτημα Α. Οι τεχνικές προδιαγραφές και τα πολικά διαγράμματα των φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται στο Παράρτημα Γ. Παρακάτω παρουσιάζεται η συνολική εγκαταστημένη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος του κάθε χώρου. Στα αποτελέσματα έχει συνυπολογιστεί προσαύξηση στην εγκατεστημένη ισχύ 10% λόγω των ηλεκτρονικών ballast των λαμπτήρων φθορισμού. Υπολογίζεται επίσης η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση φωτισμού καθώς επίσης δίνονται και παρατηρήσεις σχετικά με την προτεινόμενη κατάσταση φωτισμού κάποιων χώρων.

7.2 Υπόγειο

Πίνακας 7.3 : Εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος φωτισμού (Υπόγειο).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Προτεινόμενη ισχύς αίθουσας(W)
14	2	2	35	154
15	8	2	39	686,4
	4	2	39	343,2
16	10	2	24	528
17	8	1	21	184,8
18	1	2	28	61,6
72	6	2	35	462
73	11	1	21	254,1
74	1	1	39	42,9
	1	2	35	77
75	1	1	21	23,1
76	1	1	21	23,1
77	1	1	35	38,5
78	1	1	35	38,5
79	2	1	28	61,6
80	1	1	28	30,8
81	1	1	21	23,1
ΣΥΝΟΛΟ→				3.032,7

Κεφάλαιο 7^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά (Σενάριο Α)

Σε ένα σημείο του χώρου 15 υπήρχε ένας τροχός κοπής μετάλλων ο οποίος πρέπει να φωτίζεται απαραίτητως πολύ καλά με τη λιγότερο δυνατή ανομοιομορφία. Γι' αυτόν το λόγο επιλέχθηκε όριο έντασης φωτισμού ίσο με 700 lux. Αυτό δεν είχε προβλεφτεί στον αρχικό σχεδιασμό της υφιστάμενης κατάστασης οπότε η μεταγενέστερη χρήση επιπλέον ενεργοβόρων φωτιστικών οδήγησε σε μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Στην προτεινόμενη κατάσταση προτείνεται ενεργειακά αποδοτικότερο φωτιστικό σώμα. Όμοια περίπτωση παρατηρείται στο χώρο 72 που χρησιμοποιείται ως χώρος εργαστηρίου και αντίστοιχα υπάρχει η απαίτηση για όσο το δυνατόν λιγότερη ανομοιομορφία και περισσότερο φως.

Σε αυτόν τον όροφο επιτεύχθηκε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε κάθε χώρο. Συνολικά για αυτό τον όροφο στην προτεινόμενη κατάσταση φωτισμού (Σενάριο Α) επιτεύχθηκε συνολική εξοικονόμηση κατανάλωσης 3.508 W δηλαδή 54% λιγότερη κατανάλωση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Πίνακας 7.4: Σύγκριση μεταξύ της υφιστάμενης εγκατασθετημένης ισχύος και της προτεινόμενης ισχύος του Σεναρίου Α (Υπόγειο).

Χώρος	Προτεινόμενη ισχύς αίθουσας(W)	Υφιστάμενη ισχύς αίθουσας (W)
14	154	540
15	686,4	900
	343,2	300
16	528	1.350
17	184,8	480
18	61,6	90
72	462	1.530
73	254,1	660
74	42,9	0
	77	180
75	23,1	50
76	23,1	50
77	38,5	180
78	38,5	50
79	61,6	90
80	30,8	50
81	23,1	40
ΣΥΝΟΛΟ→	3.032,7	6.540

7.3 Ισόγειο

Πινάκας 7.5 : Εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος φωτισμού (Ισόγειο).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα(W)	Ισχύς αίθουσας(W)
0	4	2	39	343,2
1	6	2	54	712,8
ΣΚΑΛΕΣ	2	1	39	85,8
2	4	1	54	237,6
3	1	1	54	59,4
4	1	1	24	24
5	4	1	54	237,6
	2	1	39	85,8
6	6	2	35	462
7	7	2	54	831,6
8	1	2	35	77
10	5	2	35	385
12	3	2	35	231
13	1	2	35	77
84	2	2	54	237,6
85	2	2	35	154
N.X ΔΙΑΔ	3	1	28	92,4
N.X ΓΡΑΦΕΙΟ	4	1	39	171,6
N.X ΑΙΘ	6	2	35	462
ΣΥΝΟΛΟ →				4.087,4

Η αίθουσα 6 είναι η μοναδική αίθουσα στην οποία δεν παρουσιάζεται μείωση στην εγκατεστημένη ισχύ διότι στην υφιστάμενη κατάσταση η αίθουσα είναι υποφωτισμένη βάση των αναγκών της. Συνολικά στην προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) επιτεύχθηκε μείωση στην εγκατεστημένη ισχύ 3.691 W δηλαδή 47% λιγότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Κεφάλαιο 7^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά (Σενάριο Α)

Πίνακας 7.6 : Σύγκριση μεταξύ της υφιστάμενης εγκαταστημένης ισχύος και της προτεινόμενης ισχύος του Σεναρίου Α (Ισόγειο).

Χώρος	Προτεινόμενη ισχύς αίθουσας (W)	Υφιστάμενη ισχύς αίθουσας (W)
0	343	1.267,5
1	712	850
ΣΚΑΛΕΣ	85	180
2	237	90
3	59	69
4	24	60
5	323,3	540
6	462	360
7	831	1.440
8	77	180
10	385	450
12	231	294
13	77	270
84	237	270
85	154	270
N.X ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	92,4	158
N.X ΓΡΑΦΕΙΟ	171	317
N.X ΑΙΘΟΥΣΑ	462	712
ΣΥΝΟΛΟ→	4.087	7.778

7.4 Α΄ όροφος

Πίνακας 7.7: Εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος φωτισμού (Α΄ όροφος).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Προτεινόμενη ισχύς αίθουσας(w)
19	7	2	54	831,6
20	2	2	54	237,6
21	2	2	54	237,6
22	2	2	39	171,6
23	2	2	54	237,6
24	2	2	54	237,6
25	3	2	35	231
26	1	2	39	85,8
27	1	1	24	24
28	1	1	24	24
29	2	1	24	46
30	2	2	54	237,6
31	13	2	54	1.544,4
32	2	1	28	61,6
33	3	1	24	79,2
34	2	2	35	154
35	1	2	39	85,8
36	2	1	39	85,8
ΣΥΝΟΛΟ→				4.612,8

Κεφάλαιο 7^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά (Σενάριο Α)

Σε αυτόν τον όροφο δεν επιτεύχθηκε μείωση της εγκαταστημένης ισχύος σε κάθε χώρο, ωστόσο σε όλους τους χώρους τα επίπεδα έντασης φωτισμού είναι υψηλότερα από τα επίπεδα της υφιστάμενης κατάστασης. Συνολικά στην προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) επιτεύχθηκε μείωση στην εγκαταστημένη ισχύ 3.373 W δηλαδή 34% λιγότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Πίνακας 7.8: Σύγκριση μεταξύ της υφιστάμενης εγκαταστημένης ισχύος και της προτεινόμενης ισχύος του Σεναρίου Α (Α΄ όροφος).

Χώρος	Προτεινόμενη ισχύς αίθουσας (W)	Υφιστάμενη ισχύς αίθουσας (W)
19	831	450
20	237	540
21	237	180
22	171	90
23	237	540
24	237	90
25	231	90
26	85	270
27	24	40
28	24	40
29	46	130
30	237	540
31	1.544	3.150
32	61	190
33	79	60
34	154	135
35	85	270
36	85	180
ΣΥΝΟΛΟ→	4.612	6.985

7.5 Β΄ Όροφος

Πίνακας 7.9 : Εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος φωτισμού (Β΄ όροφος).

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα(W)	Ισχύς αίθουσας (W)
37	2	2	28	123,2
38	4	2	35	308
39	2	2	28	123,2
	2	1	39	85,8
40	4	2	24	211,2
41	2	2	35	154
42	4	2	54	475,2
43	2	2	35	154
44	2	2	35	154
45	3	2	39	257,4
46	3	1	24	79,2
47	4	2	39	343,2
48	7	2	28	431,2
49	2	2	35	154
50	2	2	39	171,6
	1	2	21	46,2
51	2	2	28	123,2
52	1	2	35	77
53	3	2	39	257,4
54	1	1	24	26,4
82	2	2	35	154
83	2	2	39	171,6
87	2	2	35	154
86	3	2	39	257,4
ΣΥΝΟΛΟ →				4.492

Σε αυτόν τον όροφο επιτεύχθηκε μικρή μείωση της εγκατεστημένης ισχύος, ωστόσο σε όλους τους χώρους τα επίπεδα έντασης φωτισμού είναι υψηλότερα από τα επίπεδα της υφιστάμενης κατάστασης. Συνολικά στην προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) επιτεύχθηκε μείωση στην εγκατεστημένη ισχύ 613 W δηλαδή 12% λιγότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Κεφάλαιο 7^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά (Σενάριο Α)

Πίνακας 7.10: Σύγκριση μεταξύ της υφιστάμενης εγκαταστημένης ισχύος και της προτεινόμενης ισχύος του Σεναρίου Α (Β΄ όροφος).

Χώρος	Προτεινόμενη ισχύς αίθουσας(W)	Υφιστάμενη ισχύς αίθουσας (W)
37	123	90
38	308	540
39	209	360
40	211	180
41	154	180
42	475	408
43	154	90
44	154	90
45	257	135
46	79	50
47	343	270
48	431	720
49	154	318
50	217	180
51	123	180
52	77	180
53	257	204
54	26	180
82	154	320
83	171	90
87	154	160
86	257	180
ΣΥΝΟΛΟ→	4.492	5.105

7.6 Γ΄ Όροφος

Πίνακας 7.11: Εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος φωτισμού (Γ΄ όροφος).

Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς αίθουσας (W)
3	2	28	184,8
3	1	24	79,2
2	2	39	171,6
2	2	28	123,2
2	2	28	123,2
2	2	28	123,2
2	2	35	154
2	2	35	154
2	2	39	171,6
ΣΥΝΟΛΟ→			1.285

Σε αυτόν τον όροφο επιτεύχθηκε μικρή μείωση της εγκαταστημένης ισχύος, ωστόσο σε όλους τους χώρους τα επίπεδα έντασης φωτισμού είναι υψηλότερα από τα επίπεδα της υφιστάμενης κατάστασης. Συνολικά στην προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) επιτεύχθηκε μείωση στην εγκαταστημένη ισχύ 416 W δηλαδή 24 % λιγότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Πίνακας 7.12: Σύγκριση μεταξύ της υφιστάμενης εγκαταστημένης ισχύος και της προτεινόμενης ισχύος του Σεναρίου Α (Γ΄ όροφος).

Χώρος	Προτεινόμενη ισχύς αίθουσας (W)	Υφιστάμενη ισχύς αίθουσας (W)
55	184	270
56	79	165
57	171	270
58	123	195
59	123	180
60	123	180
61	154	160
62	154	280
63	171	100
ΣΥΝΟΛΟ→	1.285	1.700

7.7 Δ΄ Όροφος

Πίνακας 7.13: Εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος φωτισμού (Δ΄ όροφος).

Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς αίθουσας (W)
2	2	28	0
1	1	28	154
2	2	39	171,6
2	2	28	123,2
2	2	28	123,2
2	2	28	123,2
2	2	35	154
2	2	35	154
2	2	39	171,6
ΣΥΝΟΛΟ→			1.175

Σε αυτόν τον όροφο παρουσιάζεται αύξηση της εγκαταστημένης ισχύος, ωστόσο σε όλους τους χώρους τα επίπεδα έντασης φωτισμού είναι υψηλότερα από τα επίπεδα της υφιστάμενης κατάστασης. Συνολικά στην προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) επιτεύχθηκε μείωση στην εγκαταστημένη ισχύ 176 W δηλαδή 17% περισσότερη κατανάλωση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Πίνακας 7.13: Σύγκριση μεταξύ της υφιστάμενης εγκαταστημένης ισχύος και της προτεινόμενης ισχύος του Σεναρίου Α (Δ΄ όροφος).

Χώρος	Προτεινόμενη ισχύς αίθουσας(W)	Υφιστάμενη ισχύς αίθουσας (W)
64	154	270
65	171,6	90
66	123,2	80
67	123,2	90
68	123,2	90
69	154	80
70	154	160
71	171,6	138
ΣΥΝΟΛΟ→	1.175	998

7.8 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α)

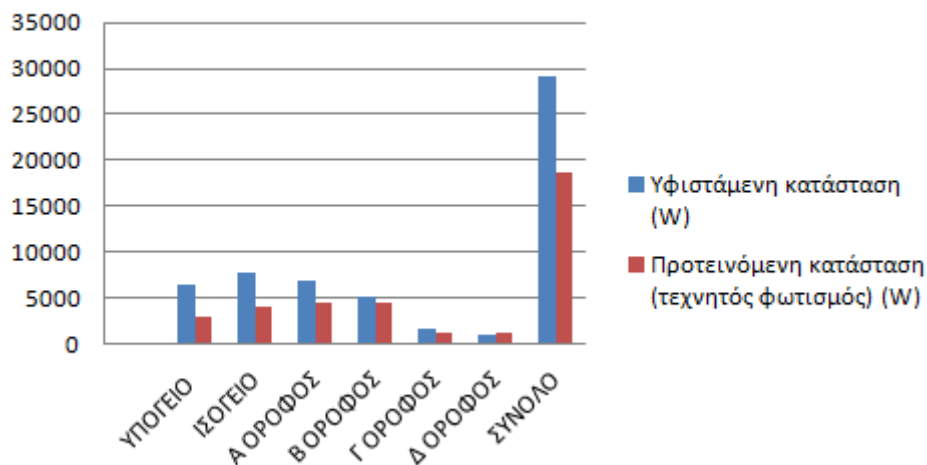
Πίνακας 7.14: Συγκριτικός πίνακας μεταξύ της υφιστάμενης και της προτεινόμενης εγκαταστημένης ισχύος.

Όροφος	Υφιστάμενη εγκαταστημένη ισχύς (W)	Προτεινόμενη εγκαταστημένη ισχύς (Σενάριο Α) (W)
ΥΠΟΓΕΙΟ	6.540	3.032
ΙΣΟΓΕΙΟ	7.778	4.087
Α΄ ΟΡΟΦΟΣ	6.985	4.612
Β΄ ΟΡΟΦΟΣ	5.105	4.492
Γ΄ ΟΡΟΦΟΣ	1.700	1.284
Δ΄ ΟΡΟΦΟΣ	998	1.175
ΣΥΝΟΛΟ→	29.106	18.682

Η συνολική ισχύς για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού είναι 18,682kW και έτσι επιτυγχάνεται μείωση ισχύος 7,424 kW που αντιστοιχεί σε μείωση ισχύος κατά 25,5 % σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Στο παρακάτω διάγραμμα εικονίζονται οι τιμές της εγκατεστημένης ισχύος για την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α).

Εγκαταστημένη ισχύς



Σχήμα 7.1: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενης και προτεινόμενης κατάστασης (Σενάριο Α) τεχνητού φωτισμού για το κτίριο της Υδραυλικής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

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

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού χρησιμοποιώντας αισθητήρες φωτισμού και τα οφέλη που προκύπτουν από αυτή. Σε κάθε χώρο του κτιρίου πραγματοποιήθηκε ξεχωριστή μελέτη για τη συμβολή του φυσικού φωτισμού και εγκαθίστανται αισθητήρες φωτισμού οι οποίοι αναλόγως την ένταση του φυσικού φωτισμού που εισέρχεται στον κάθε χώρο, ρυθμίζουν αντίστοιχα τη στάθμη του τεχνητού φωτισμού.

8.1 Εισαγωγή

Συνολικά από τις αίθουσες του κτιρίου της Υδραυλικής, διαπιστώθηκε ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε 32 χώρους. Στις υπόλοιπες αίθουσες το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μπορούσε να αξιοποιηθεί ήταν πολύ μικρό λόγω κυρίως της περιμετρικής βλάστησης φυτών και των μικρών εξωτερικών ανοιγμάτων (συγκριτικά με το συνολικό εμβαδόν του χώρου) και συνεπώς δεν προτάθηκε η χρήση αισθητήρων φωτισμού. Περιμετρικά του κτιρίου και σε κοντινή απόσταση δεν υπάρχει κάποιο κτίριο που θα μπορούσε να επηρεάζει και να μειώνει το φυσικό φωτισμό που εισέρχεται στο κτίριο.

Για την εύρεση των ζητούμενων χώρων που θα γινόταν αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα RELUX και μέσω αυτού έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί και προσομοιώσεις για κάθε χώρο του κτιρίου. Στο πρόγραμμα εισαχθήκανε όλα τα γεωμετρικά δεδομένα για κάθε χώρο, καθώς και οι οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών τους στοιχείων, όπως διαπερατότητα υαλοπινάκων και ανακλαστικότητα τοίχων. Επίσης περάστηκαν με ακρίβεια κάποια σταθερά αντικείμενα που επηρεάζουν την απορρόφηση και την αντανάκλαση του φωτός στον χώρο. Επιπλέον για τους υπολογισμούς θεωρήθηκε ως επιφάνεια εργασίας το οριζόντιο επίπεδο που βρίσκεται σε ύψος 0,8 μέτρα πάνω από το δάπεδο.

Το ωράριο λειτουργίας του κτιρίου έχει θεωρηθεί πως είναι από τις 8 το πρωί ως τις 6 το απόγευμα σε καθημερινή βάση, εξαιρουμένων των ημερών που έχει διακοπές. Πιο συγκεκριμένα έχει θεωρηθεί ότι καθ' όλη τη διάρκεια του έτους το κτίριο λειτουργεί 48 εβδομάδες από 5 μέρες την εβδομάδα και 10 ώρες την ημέρα που αναλογούν σε 2400 ώρες. Για την περιοχή της Αθήνας, η μέση μηνιαία πιθανότητα για ηλιοφάνεια παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 8.1: Μέση μηνιαία πιθανότητα για ηλιοφάνεια κάθε μήνα.

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

Έπειτα από το σχεδιασμό κάθε χώρου γίνεται ο ορισμός του ακριβή προσανατολισμού του κτιρίου και η ακριβής γεωγραφική του θέση στο. Στη συνέχεια γίνονται οι προσομοιώσεις για κάθε χώρο και υπολογίζεται η μέση τιμή του συντελεστή φυσικού φωτισμού (average daylight factor). Αυτός ο συντελεστής δείχνει την επάρκεια του φυσικού φωτισμού στον χώρο και υπολογίζεται από τον τύπο $DF=(I1/I2)X100\%$

όπου:

I1: Ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο της επιφάνειας εργασίας στο εσωτερικό του χώρου και

I2: Ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο του οριζώντιου επιπέδου στο εξωτερικό του χώρου την ίδια χρονική στιγμή.

Όταν ο συντελεστής DF είναι χαμηλότερος από 1 % ο φυσικός φωτισμός κρίνεται ανεπαρκής και δεν προτείνεται αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Σε διαφορετική περίπτωση και όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής DF τόσο μεγαλύτερα είναι τα ενεργειακά οφέλη από την αξιοποίησή του φυσικού φωτισμού.

Εισάγοντας στο πρόγραμμα relux για κάθε χώρο τη μέση τιμή του συντελεστή φυσικού φωτισμού, τις επιθυμητές εντάσεις φωτισμού (lux) ανάλογα με τη χρήση του χώρου, το ωράριο λειτουργίας του κτιρίου και τη μέση μηνιαία ηλιοφάνεια (sunshine probabilities) για την περιοχή της Αθήνας (πίνακας 8.1), υπολογίστηκε το ποσοστό χρόνου της ημέρας που θα απαιτείται τεχνητός φωτισμός σε σχέση με το συνολικό ωράριο λειτουργίας.

Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι του Σεναρίου Α, με τη διαφορά ότι εδώ τα φωτιστικά στους χώρους που υπάρχει αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού διαθέτουν ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Electronic Dimmable Ballasts, EDBs). Επιπρόσθετα έχουν έναν αισθητήρα σύζευξης τεχνητού και φυσικού φωτισμού. Ο αισθητήρας αυτός ρυθμίζει την ένταση του τεχνητού φωτισμού αναλόγως το φυσικό φωτισμό που ανιχνεύει ενώ στην περίπτωση που υπάρχει επαρκής φωτισμός δεν σβήνει το σύστημα φωτισμού, αλλά ρυθμίζει την ένταση φωτισμού στη χαμηλότερη στάθμη που ισοδυναμεί με το 10 % της αρχικής στάθμης φωτισμού. Η συνολική κατανάλωση σε αυτή τη στάθμη φωτισμού αντιστοιχεί σε κατανάλωση από το 15 % της αρχικής ισχύος του φωτιστικού σώματος. Αυτή η κατανάλωση έχει υπολογιστεί στη συνολική κατανάλωση του συστήματος φωτισμού. Επίσης προτείνεται σε κάθε φωτιστικό σώμα να αντιστοιχεί ένας αισθητήρας ώστε να μειωθεί το κόστος σε σχέση με ένα πιο δαπανηρό ενιαίο σύστημα διαχείρισης φωτισμού.

Κεφάλαιο 8^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Οι υπάρχουσες τιμές του εμπορίου για να γίνει ένα φωτιστικό φθορισμού T5 dimmable είναι ένα επιπλέον κόστος 27,68 €. Το κόστος του αισθητήρα είναι 24,60 €. Οπότε το συνολικό επιπλέον κόστος υπολογίζεται σε 52,28 € (συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α).

Παρακάτω παρατίθενται οι χώροι για τους οποίους κρίθηκε σκόπιμο να γίνει αξιοποίηση φυσικού φωτισμού και παρουσιάζονται οι συνολικές τιμές εγκατεστημένης ισχύος, την υφιστάμενη κατάσταση, την προτεινόμενη κατάσταση με αντικατάσταση μόνο των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α) και η ισοδύναμη ισχύς της προτεινόμενης κατάστασης με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων και χρήση αισθητήρων φωτισμού (Σενάριο Β). Επίσης παρατίθενται για κάθε όροφο τα επιπλέον κόστη για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Τέλος στο υποκεφάλαιο 8.2 έχει παρατεθεί ενδεικτικό παράδειγμα χώρου που έγινε μελέτη για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού.

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

8.2 Ισόγειο

Στο ισόγειο υπάρχουν 4 αίθουσες που κρίνεται σκόπιμη η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και στις οποίες συνολικά προτάθηκαν 16 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης. Αυτό αναλογεί σε ένα επιπλέον συνολικό κόστος $52,28\text{€} \times 16 = 836,4\text{€}$

Πίνακας 8.2: Συνολική εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς για υφιστάμενη κατάσταση και Σενάριο Α και Σενάριο Β αντίστοιχα (Ισόγειο).

Χώρος	Εγκατεστημένη ισχύς για Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Εγκατεστημένη ισχύς για Σενάριο Α (W)	Ισοδύναμη ισχύς για Σενάριο Β (W)
6	366	462	157,58
84	270	237,6	56,25
85	270	154	46,77
Ν.χ. αιθ.	712	462	223
ΣΥΝΟΛΟ	1.618	1.316	483,6

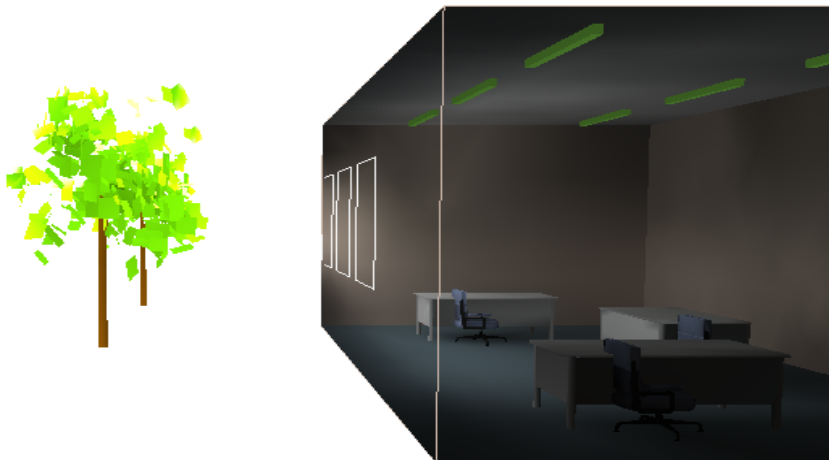
*Σημειώνεται ότι η ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο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

Κεφάλαιο 8^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Παρακάτω δίνεται ένα ενδεικτικό παράδειγμα μελέτης χώρου που πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα RELUX. Ο χώρος που διαλέχτηκε είναι ο χώρος 6 ο οποίος αποτελεί κλασικό δείγμα αίθουσας που υπάρχει στους περισσότερους χώρους του κτιρίου της Υδραυλικής.

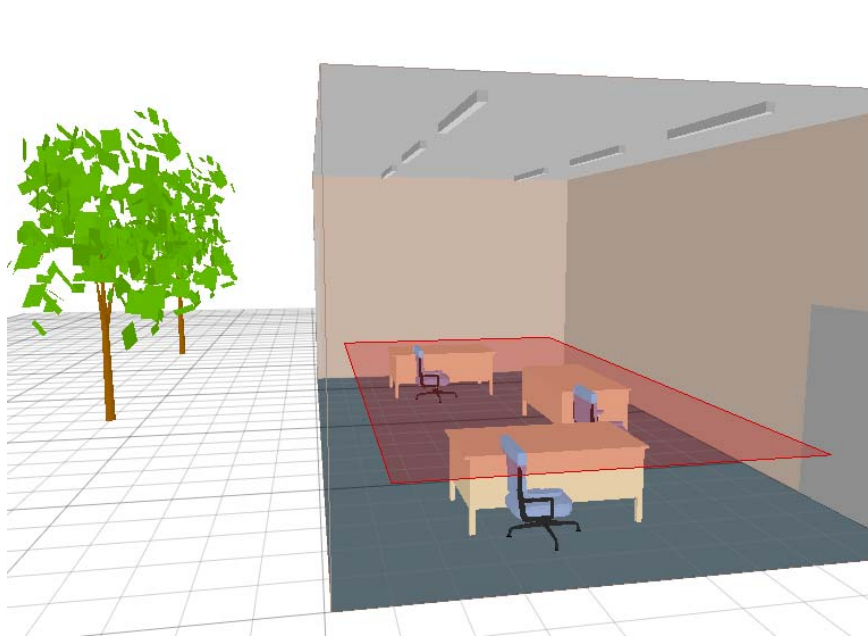


Εικόνα 8.1: Φωτογραφία νοτιοδυτικής όψης χώρου 6.

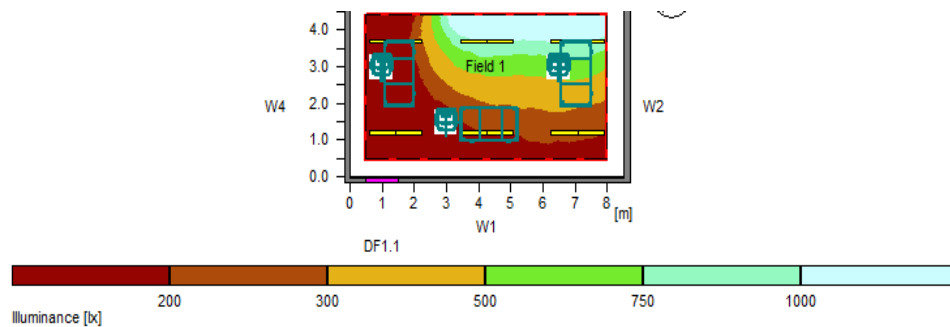


Εικόνα 8.2 : Τρισδιάστατη φωτορεαλιστική απεικόνιση από φυσικό φωτισμό του χώρου 6 και του περιβάλλοντα χώρου.

Κεφάλαιο 8^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)



Εικόνα 8.3: Τρισδιάστατη απεικόνιση του εσωτερικού χώρου 6 και του περιβάλλοντα χώρου.



General
 Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.80 m
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

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

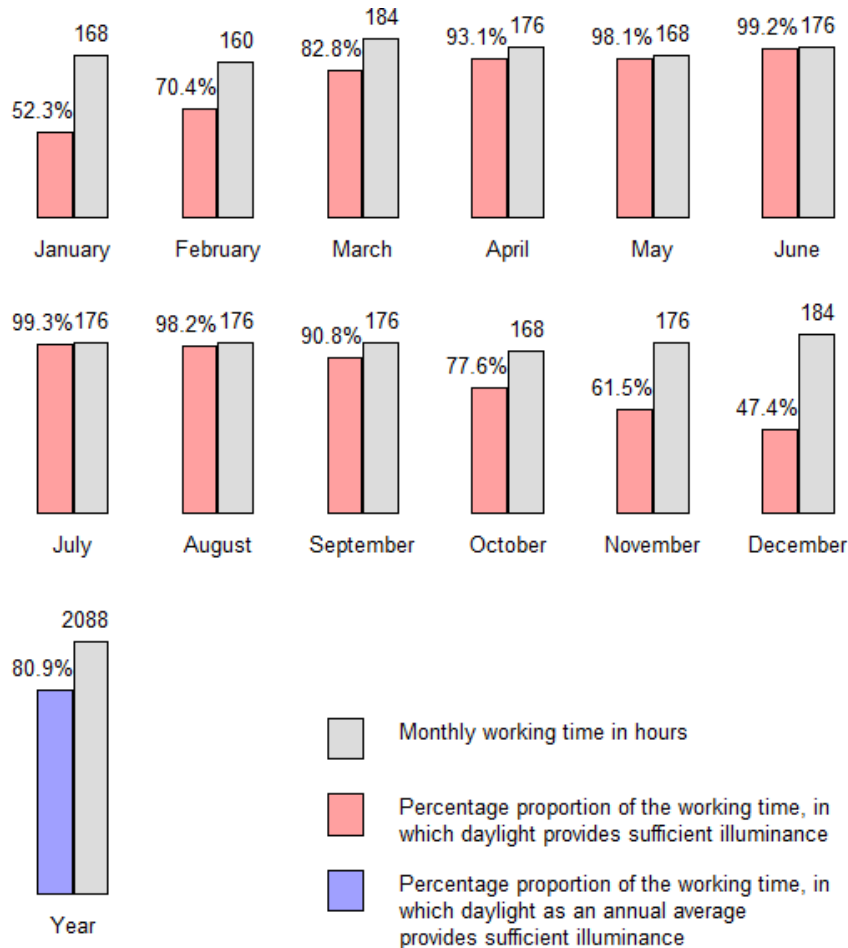
Geographical data:
 Location : athens
 Latitude (degrees) : 37.50 °
 Longitude (degrees) : 23.45 °
 North angle : 50.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio Dav : 2.71
 Minimum daylight ratio Dmin : 0.2
 Maximum daylight ratio Dmax : 9.63

Εικόνα 8.4: Φωτομετρικά αποτελέσματα από το πρόγραμμα RELUX για χώρο 6.

Κεφάλαιο 8^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Ο μέσος (Dav) συντελεστής DF (daylight factor) έχει τιμή 2,71% για τον συγκεκριμένο χώρο και κρίνεται ικανοποιητικός προκειμένου να γίνει αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Παρακάτω φαίνεται μεμονωμένα για κάθε μήνα του έτους, το ποσοστό που συμβάλει η ηλιακή ακτινοβολία στο φωτισμό του χώρου. Το 80,9 % που αναγράφεται (Εικόνα 8.5) είναι το ποσοστό των εργάσιμων ωρών κατά την διάρκεια του έτους κατά τις οποίες ο φυσικός φωτισμός καλύπτει τις φωτιστικές του ανάγκες.



Εικόνα 8.5: Ποσοστό συμβολής ηλιακής ακτινοβολίας στον φωτισμό ανά μήνα και έτος σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας, το τόπο, τον προσανατολισμό και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χώρου.

8.3 Α΄ όροφος

Στους χώρους του πρώτου ορόφου προτάθηκε αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε 6 χώρους στους οποίους συνολικά προτάθηκαν 12 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης. Αυτό αναλογεί σε ένα επιπλέον συνολικό κόστος $52,28\text{€} \times 12 = 627,36\text{€}$.

Πίνακας 8.3: Συνολική εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς για υφιστάμενη κατάσταση και Σενάριο Α και Σενάριο Β αντίστοιχα (Α΄ όροφος).

Χώρος	Εγκατεστημένη ισχύς για Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Εγκατεστημένη ισχύς για Σενάριο Α (W)	Ισοδύναμη ισχύς για Σενάριο Β (W)
20	540	237,6	67,87
21	180	237,6	67,87
23	540	237,6	57,89
24	90	237,6	66,64
31	3.150	1.544,4	1.208,23
34	135	154	43,2
ΣΥΝΟΛΟ→	4.635	2.649	1.511,7

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

8.4 Β΄ όροφος

Στους χώρους του δευτέρου ορόφου προτάθηκε αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε 10 χώρους στους οποίους συνολικά προτάθηκαν 24 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης. Αυτό οποίο αναλογεί σε επιπλέον συνολικό κόστος $52,28\text{€} \times 24 = 1254,72\text{€}$.

Πίνακας 8.4: Συνολική εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς για υφιστάμενη κατάσταση Σενάριο Α και Σενάριο Β αντίστοιχα (Β΄ όροφος).

Χώρος	Εγκατεστημένη ισχύς για Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Εγκατεστημένη ισχύς για Σενάριο Α (W)	Ισοδύναμη ισχύς για Σενάριο Β (W)
41	180	154	64,16
42	408	475,2	101,73
44	90	154	54,079
45	135	257,4	81,42
52	180	77	36,855
53	69	257,4	15,69
82	320	154	73,41
83	90	171,6	24,77
87	160	154	39,14
86	180	257	43
ΣΥΝΟΛΟ→	1.812	2.112	534

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

8.5 Γ' όροφος

Στους χώρους του τρίτου ορόφου προτάθηκε αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε 6 χώρους στους οποίους συνολικά προτάθηκαν 12 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης. Αυτό αναλογεί σε ένα συνολικό κόστος $52,28\text{€} \times 12 = 627,36\text{€}$.

Πίνακας 8.5: Συνολική εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς για υφιστάμενη κατάσταση Σενάριο Α και Σενάριο Β αντίστοιχα (Γ' όροφος).

Χώρος	Εγκατεστημένη ισχύς για Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Εγκατεστημένη ισχύς για Σενάριο Α (W)	Ισοδύναμη ισχύς για Σενάριο Β (W)
58	195	123,2	25,71
59	180	123,2	25,71
60	180	123,2	25,71
61	160	154	38,12
62	280	154	67,9
63	100	172	50
ΣΥΝΟΛΟ→	1.095	849	233

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

8.6 Δ' όροφος

Στους χώρους του τετάρτου ορόφου προτάθηκε αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε 6 χώρους στους οποίους συνολικά προτάθηκαν 12 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης. Αυτό μας αναλογεί σε ένα συνολικό κόστος $52,28\text{€} \times 12 = 627,36\text{€}$.

Πίνακας 8.6: Συνολική εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς για υφιστάμενη κατάσταση, Σενάριο Α και Σενάριο Β αντίστοιχα (Δ' όροφος).

Χώρος	Εγκατεστημένη ισχύς για Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Εγκατεστημένη ισχύς για Σενάριο Α (W)	Ισοδύναμη ισχύς για Σενάριο Β (W)
66	80	123,2	25,71
67	90	123,2	25,71
68	90	123,2	25,71
69	80	154	64,51
70	160	154	38,127
71	138	172	49,56
ΣΥΝΟΛΟ→	638	849	229,327

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

8.7 Συνολική ισχύς για προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Για το σύνολο του κτιρίου προτάθηκε η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε 32 χώρους. Πιο αναλυτικά οι 4 ήταν στο ισόγειο, οι 6 στον Α΄ όροφο, οι 10 στον Β΄ όροφο, οι 6 στον Γ΄ όροφο και οι 6 στον Δ΄ όροφο. Για αυτούς τους χώρους παρουσιάζονται τα αποτελέσματα συγκεντρωτικά στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 8.7.1) οι εγκατεστημένες ισχύς για κάθε όροφο. Στην υφιστάμενη κατάσταση η εγκατεστημένη ισχύς αντιστοιχεί σε 9,79 kW και στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α) αντιστοιχεί σε 7,77 kW, δηλαδή επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 21%. Η ισοδύναμη ισχύς για την προτεινόμενη κατάσταση με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) είναι υπολογισμένη στα 2,992KW το οποίο σημαίνει πως επιτυγχάνεται μείωση της εγκατεστημένης ισχύος κατά 70 % σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και κατά 61 % σε σχέση με την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού.

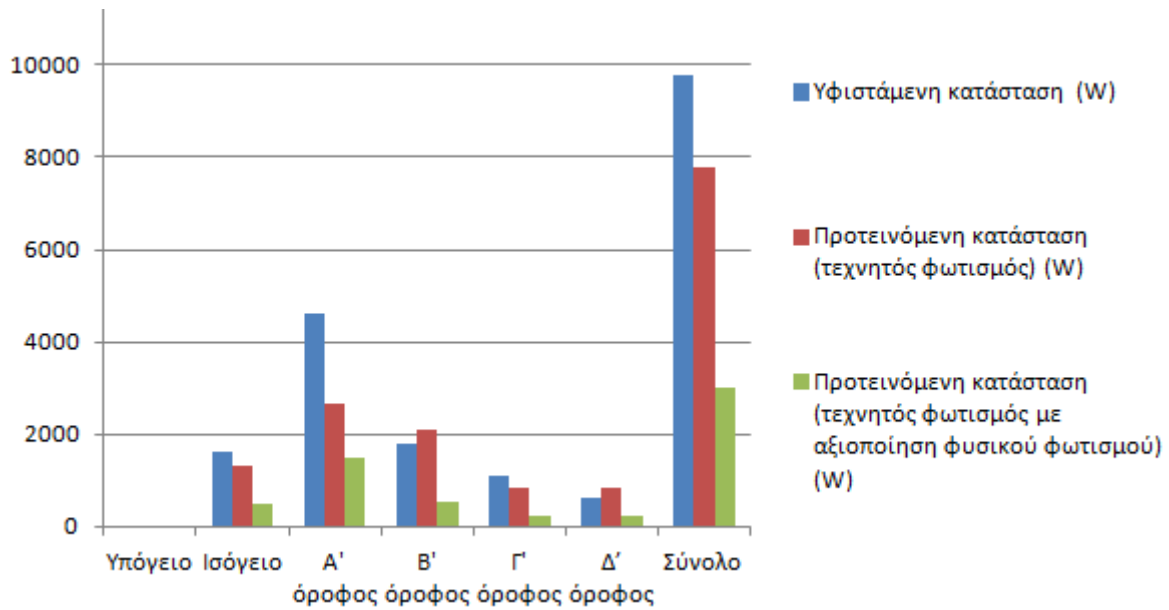
Πίνακας 8.7: Συνολική εγκατεστημένη και ισοδύναμη ισχύς για υφιστάμενη κατάσταση, Σενάριο Α και Σενάριο Β αντίστοιχα.

Χώρος	Εγκατεστημένη ισχύς για Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Εγκατεστημένη ισχύς για Σενάριο Α (W)	Ισοδύναμη ισχύς για Σενάριο Β (W)
Υπόγειο	0	0	0
Ισόγειο	1.618	1.316	483
Α' όροφος	4.635	2.649	1.511
Β' όροφος	1.812	2.112	534
Γ' όροφος	1.095	849	233
Δ΄ όροφος	638	849	229
Σύνολο→	9.798	7.775	2992

**Σημειώνεται ότι η ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Σενάριο Β) αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος φωτισμού, το οποίο θα καταλάωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο σύστημα.*

Κεφάλαιο 8^ο Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β)

Το αντίστοιχο διάγραμμα με τις ισχύς φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 8.1: Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων στους 32 χώρους όπου αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός.

Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα συνολικά 76 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης, απαιτείται ένα συνολικό κόστος $76 \times 52,28 = 3973,28 \text{ €}$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

Αίθουσα πειραμάτων Γ. Νουτσόπουλου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση της μελέτης φωτισμού δύο μεγάλων σε έκταση χώρων στο ισόγειο, της αίθουσας πειραμάτων ή αλλιώς των αιθουσών 9 και 11 συνολικού εμβαδού 900m² και 246m² αντίστοιχα.

9.1 Εισαγωγή

Ο χώρος 9 βρέθηκε να έχει 82 φωτιστικά σώματα φθορισμού 2X36 W σε σημεία τοποθετημένα πάνω στους τοίχους, στις κεντρικές κολώνες της αίθουσας όπως επίσης και στις μεταλλικές δοκούς που είναι στηριγμένες πάνω στις κολώνες. Αντίστοιχα η αίθουσα 11 η οποία είναι και η μικρότερη από τις 2 αίθουσες, βρέθηκε να έχει 30 φωτιστικά σώματα φθορισμού 2X36 W. Όλα τα φωτιστικά σώματα δεν είχαν κανένα κάλυμμα.

Πίνακας 9.1: Υφιστάμενη εγκαταστημένη ισχύς χώρων 9 και 11.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Εγκαταστημένη ισχύς χώρου (W)
9	82	2	36	T8	7.380
11	30	2	36	T8	2.700
ΣΥΝΟΛΟ →					10.080

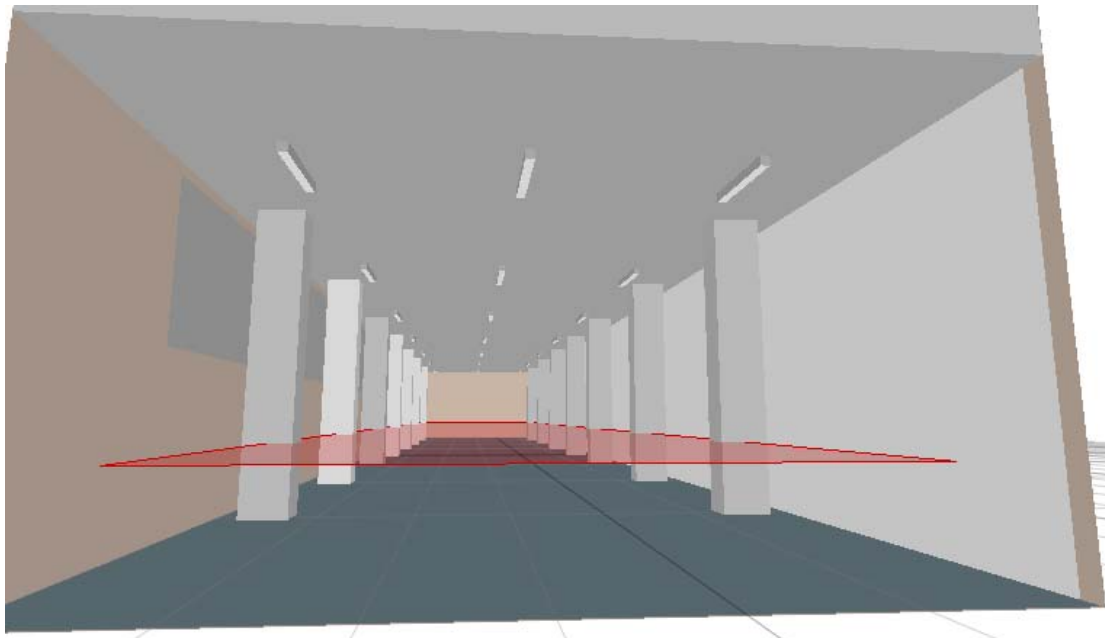
Οι χώροι αυτοί είναι προορισμένοι για εκπαιδευτική χρήση. Σε κάποια σημεία των χώρων γίνεται προσομοίωση εργασιών βιομηχανικών συνθηκών όπου εκεί υπάρχουν ανάγκες για έντονο φωτισμό. Κατά τη διάρκεια των επισκέψεων στο χώρο έγιναν παράπονα από το υπάρχον προσωπικό για μη επαρκές φωτισμό, κάτι το οποίο επαληθεύεται από τη μικρή υφιστάμενη εγκαταστημένη ισχύ, δεδομένου των αναγκών της αίθουσας και της παλαιότητας των λαμπτήρων φθορισμού. Όπως φαίνεται παρακάτω από την προτεινόμενη κατάσταση φωτισμού συνολικά και στους 2 χώρους δεν προκύπτει μείωση εγκαταστημένης ισχύος. Ωστόσο επιτυγχάνεται η ικανοποίηση των απαιτούμενων ορίων φωτισμού, δηλαδή η ένταση φωτισμού είναι σε υψηλότερα επίπεδα και ειδικότερα στις περιοχές των χώρων που υπάρχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις για φωτισμό.

Περιμετρικά του χώρου υπάρχει έντονη βλάστηση που σε συνδυασμό με τα σκουρόχρωμα σαγρέ τζάμια εμποδίζουν να εισέλθει στην αίθουσα επαρκή ποσότητα φυσικού φωτός. Ύστερα από υπολογισμούς με το πρόγραμμα RELUX βρέθηκε ότι ο συντελεστής DF για αυτούς τους μεγάλους χώρους ήταν μικρότερος από μονάδα και ως εκ τούτου δεν υπάρχει μεγάλη δυνατότητα για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Στα παρακάτω υποκεφάλαια φαίνεται η προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού για τους χώρους 9 και 11:

9.2 Χώρος 11

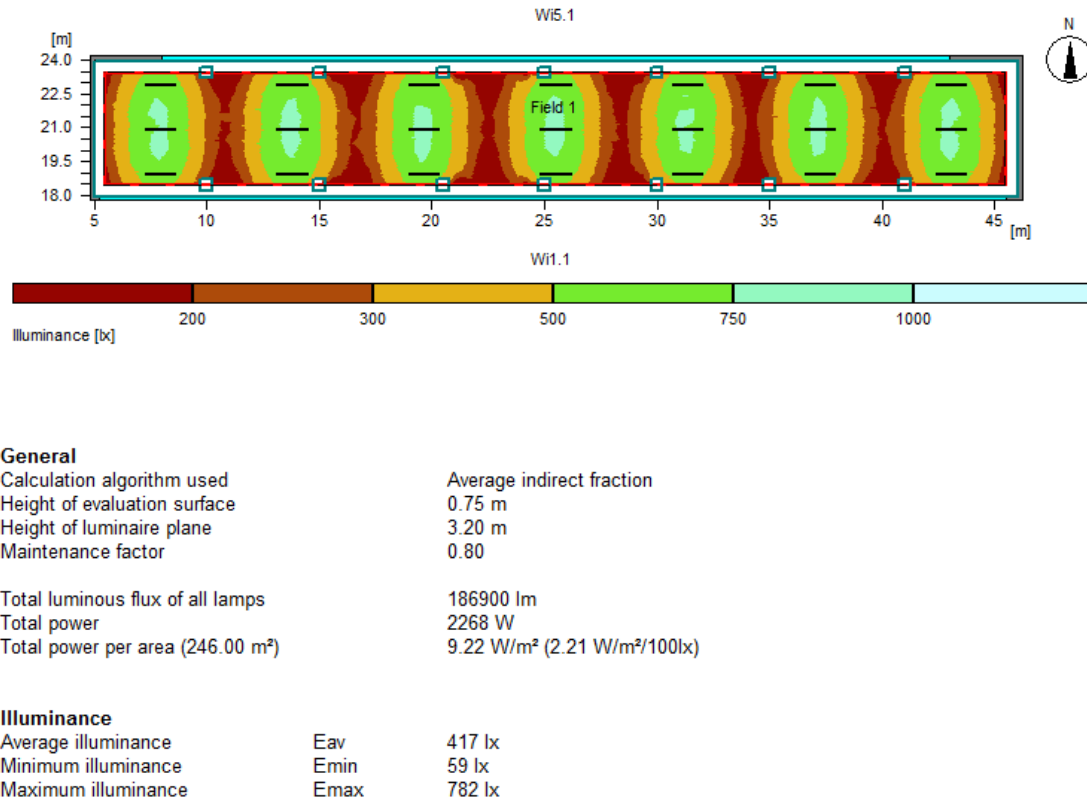
Στον χώρο 11 υπάρχουν 30 φωτιστικά σώματα 2X36 W και προτείνεται η χρήση 21 φωτιστικών σωμάτων 2X54 W συνολικής ισχύος 2494 W. Παρακάτω φαίνονται οι τρισδιάστατες απεικονίσεις καθώς και τα φωτομετρικά αποτελέσματα για τον χώρο 11.



Σχήμα 9.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση χώρου 11.



Σχήμα 9.2: Τρισδιάστατη φωτορεαλιστική απεικόνιση χώρου 11 του προτεινόμενου συστήματος φωτισμού.



Σχήμα 9.3: Φωτομετρικά αποτελέσματα από το πρόγραμμα RELUX για τον χώρο 11.

9.3 Χώρος 9

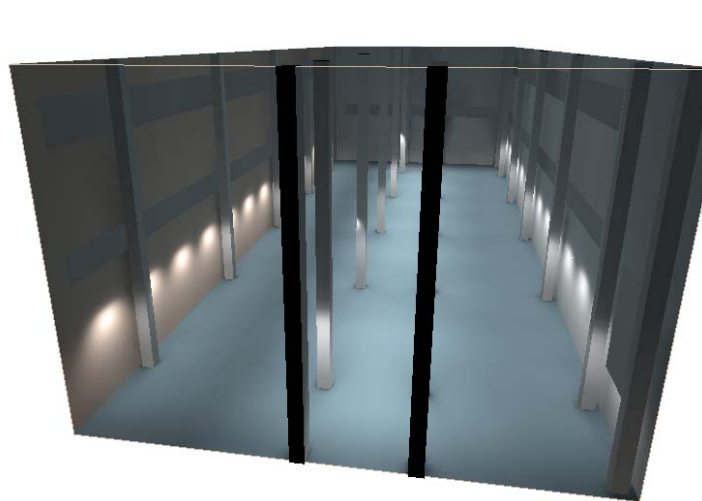
Για τον χώρο 9 προτείνονται 2 διαφορετικά σενάρια φωτισμού. Το ένα εξ'αυτών είναι με χρήση φωτιστικών σωμάτων 2X54 W και το άλλο είναι με χρήση κρεμαστών φωτιστικών τύπου καμπάνας από την οροφή του χώρου με λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων 250W και 460W. Η τελευταία λύση συχνά προτιμάται σε κλειστά γήπεδα και μεγάλους κλειστούς χώρους (εργοστάσια, κλπ). Κάθε μία από τις περιπτώσεις έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που περιγράφονται παρακάτω για την κάθε περίπτωση.

Περίπτωση 1: Χρήση γραμμικών φωτιστικών σωμάτων φθορισμού 2X54 W

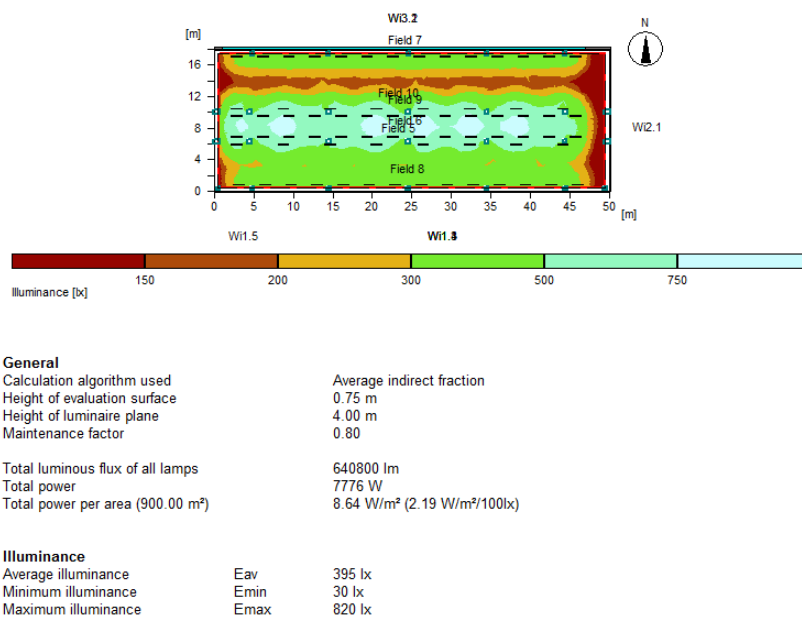
Σε αυτή την περίπτωση, για τη στερέωση των φωτιστικών χρησιμοποιείται το υπάρχων δομικό σύστημα του χώρου 9, και με την τοποθέτηση 72 φωτιστικών σε ύψος 4 μέτρων και όπως φαίνεται τρισδιάστατα παρακάτω επιτυγχάνεται ένας μέσος όρος έντασης φωτισμού 395 lux. Σε πολλά σημεία κεντρικά του χώρου επιτυγχάνονται τιμές έντασης φωτισμού άνω των 700 lux κάτι το οποίο είναι πολύ χρήσιμο για τις ανάγκες του χώρου. Ο φωτισμός είναι ομοιόμορφα κατανομημένος σχεδόν σε όλο τον χώρο όπως φαίνεται στις απεικονίσεις της έντασης φωτισμού που ακολουθούν.

Πίνακας 9.2: Αναλυτικά τα μεγέθη των χώρων 9 και 11 για την προτεινόμενη περίπτωση 1

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα(W)	Ισχύς χώρου(W)	Ένταση φωτισμού (lux)	lm/W
9	72	2	54	8.553,6	395	56,16
11	21	2	54	2.494,8	417	56,16
ΣΥΝΟΛΟ→				11.048,4		



Εικόνα 9.1: Τρισδιάστατη φωτορεαλιστική απεικόνιση χώρου 9.



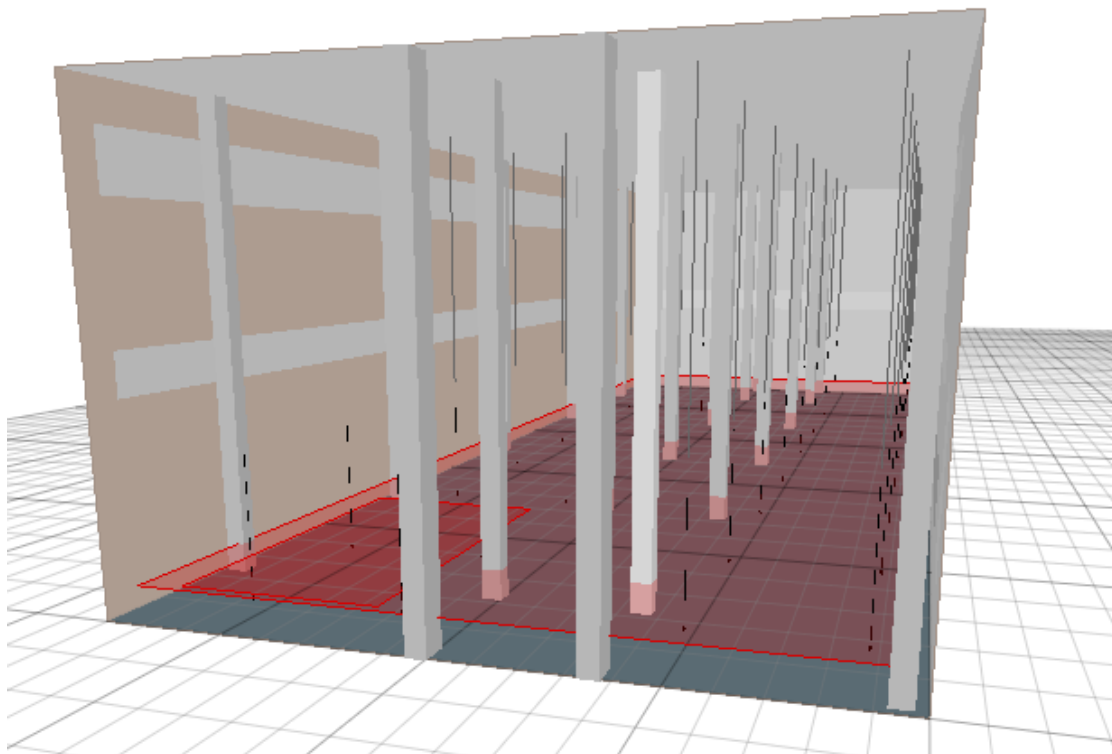
Εικόνα 9.2: Φωτομετρικά αποτελέσματα από το πρόγραμμα RELUX για τον χώρο 9.

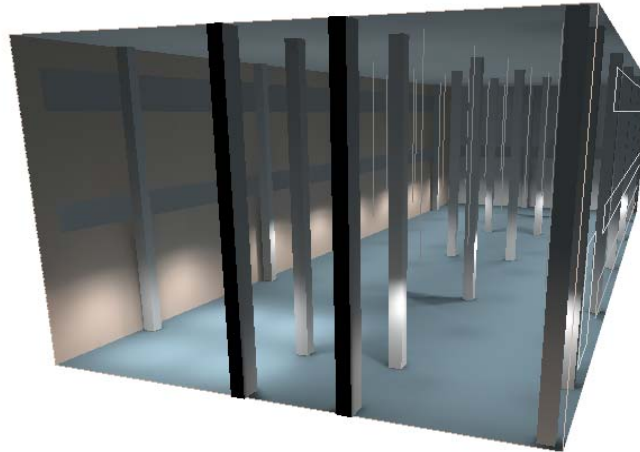
Περίπτωση 2: Χρήση φωτιστικών καμπανών ισχύος 250 W και 460 W

Σε αυτή την περίπτωση τοποθετήθηκαν ομοιόμορφα στο χώρο 28 φωτιστικά σώματα τύπου καμπάνας ισχύος 250 W και 4 αντίστοιχα φωτιστικά σώματα ισχύος 460 W, όλα σε ύψος 6 μέτρων από το δάπεδο. Οι τελευταίες έχουν τοποθετηθεί σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους στην νοτιοδυτική πλευρά του χώρου και έτσι έχει χρησιμοποιηθεί ξεχωριστό επίπεδο αναφοράς μέτρησης της έντασης φωτισμού, το οποίο φαίνεται και στις εικόνες που ακολουθούν. Υπολογίζεται ότι στο συγκεκριμένο επίπεδο κάτω από τις καμπάνες των 460 W υπάρχει ένας μέσος όρος φωτεινής έντασης 827 lux ενώ για το σύνολο του χώρου υπάρχει ένας μέσος όρος φωτεινής έντασης 437 lux.

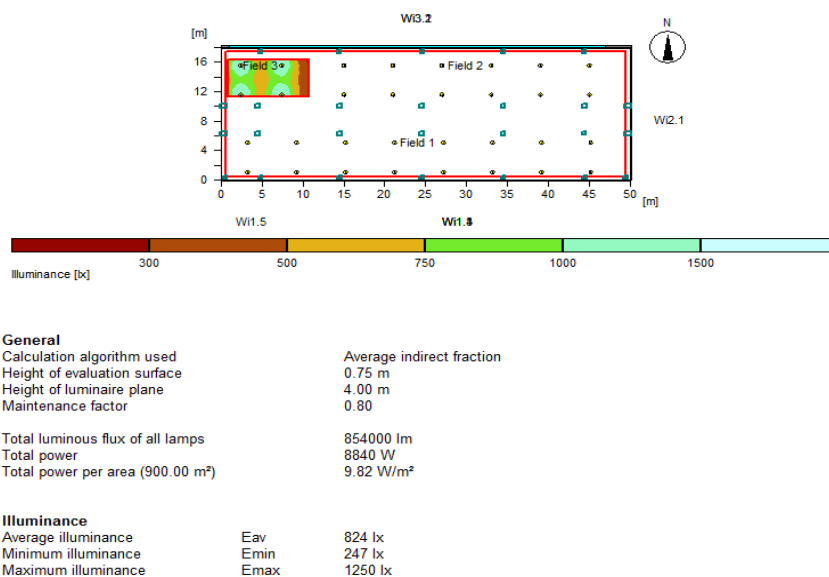
Πίνακας 9.3: Αναλυτικά τα μεγέθη των αιθουσών 9 και 11 για προτεινόμενη περίπτωση 4.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα(W)	Ισχύς χώρου(W)	Φωτεινή ένταση(lux)	lm/W
9	40	1	250	10.840	437(827)	60,9
11	21	2	54	2.494,8	417	56,16
ΣΥΝΟΛΟ→				13.334,8		

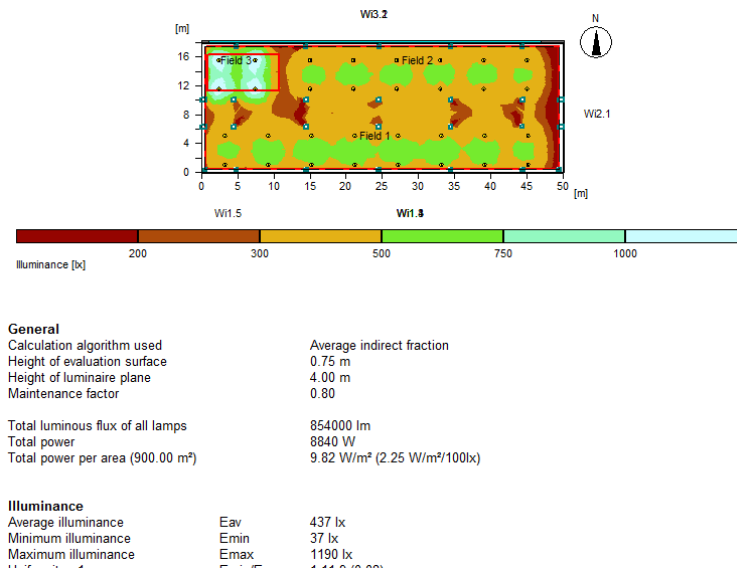
**Εικόνα 9.3:** Τρισδιάστατη απεικόνιση χώρου 9.



Εικόνα 9.4: Τρισδιάστατη φωτορεαλιστική απεικόνιση χώρου 9.



Εικόνα 9.5: Φωτομετρικά αποτελέσματα από το πρόγραμμα RELUX για τον υποχώρο 9 κάτω από τις καμπάνες των 460 W.



Εικόνα 9.6: Φωτομετρικά αποτελέσματα από το πρόγραμμα RELUX για τον χώρο 9.

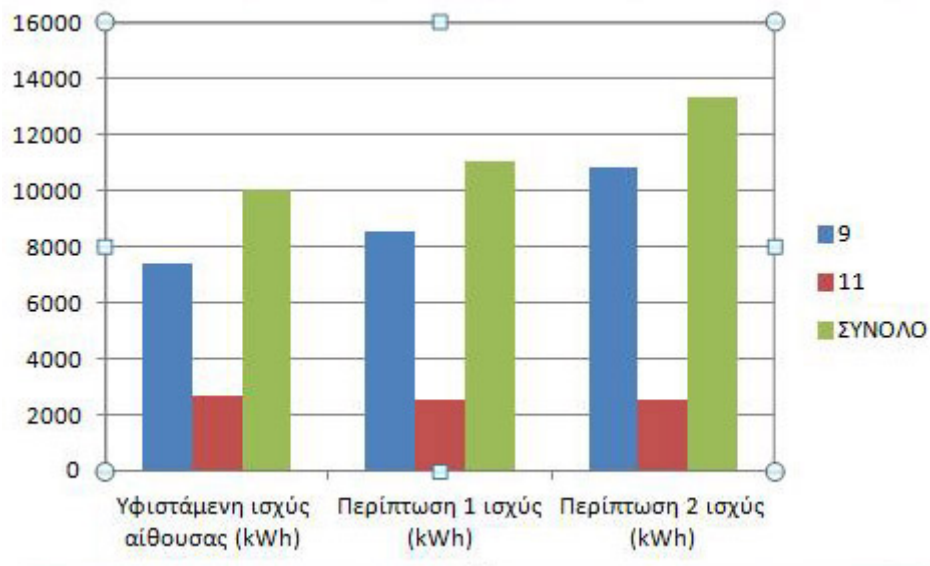
9.4 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΓΙΑ ΑΙΘΟΥΣΑ 9 ΚΑΙ 11

Στο χώρο 11 επιτυγχάνεται εξοικονόμηση κατανάλωσης ισχύος 206 W που αντιστοιχεί στο 7,6% της ισχύος της υφιστάμενης κατάστασης, ενώ στον χώρο 9 υπάρχει αύξηση της κατανάλωσης ισχύος για όλες τις προτεινόμενες περιπτώσεις λόγω των κάτω από τα όρια επιπέδων φωτισμού της υφιστάμενης κατάστασης. Η συμμόρφωση του χώρου σύμφωνα με τα πρότυπα οδήγησε στην αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος. Παρακάτω φαίνονται οι αντίστοιχες τιμές ισχύος για όλες τις προτεινόμενες περιπτώσεις και την υφιστάμενη κατάσταση:

Πίνακας 9.4: Σύγκριση των εγκατεστημένων ισχύων μεταξύ των δύο προτεινόμενων περιπτώσεων και της υφιστάμενης εγκατεστημένης ισχύς στους χώρους 9 και 11.

Χώρος	Υφιστάμενη ισχύς αίθουσας	Περίπτωση 1 ισχύς	Περίπτωση 2 ισχύς
9	7.380	8.553,6	10840
11	2.700	2.494,8	2.494,8
ΣΥΝΟΛΟ→	10.080	11.048,4	13.334,8

Το αντίστοιχο διάγραμμα:



Σχήμα 9.4: Ισχύς των τριών προτεινόμενων περιπτώσεων και της υφιστάμενης καταστάσεως στους χώρους 9 και 11.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης, κατανομής ισχύος και κόστους των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α και Β)

Σε αυτό το κεφάλαιο υπολογίζονται τα κόστη ενεργειακής αναβάθμισης και τα οφέλη σε κάθε χώρο και όροφο, για την περίπτωση αναβάθμισης του τεχνητού φωτισμού με νέα φωτιστικά σώματα υψηλής απόδοσης (Σενάριο Α), αλλά και για την περίπτωση τεχνητού φωτισμού με την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού με αισθητήρες φωτισμού (Σενάριο Β). Πέρα από τα κόστη, υπολογίζονται επίσης, η κατανομή ισχύος (W/m^2) και η ενεργειακή απόδοση (lm/W) για κάθε όροφο.

Εισαγωγή 10.1

Όπως είναι λογικό δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια η ενεργειακή απόδοση (lm/W) της υφιστάμενης κατάστασης καθώς τα φωτιστικά σώματα είναι πολύ παλιά και εξαιτίας αυτής της παλαιότητας είναι δύσκολο να βρεθούν τα ακριβή φωτομετρικά τους στοιχεία. Παρατηρήθηκε ωστόσο ότι είναι πολύ χαμηλής ενεργειακής απόδοσης καθώς χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικό ballast, απαρχαιωμένη τεχνολογία καθώς και γαλακτερό διαχύτη, αλλά και λαμπτήρες που δεν χρησιμοποιούνται πλέον.

Σύμφωνα με τα όρια που αναγράφονται στο ΚΕΝΑΚ, σε κάθε αίθουσα πρέπει να έχουμε κατανομή ισχύος το πολύ $15W/m^2$ ενώ η φωτιστική απόδοση (lm/W) πρέπει να είναι μεγαλύτερη των $55 lm/W$.

Παρακάτω παρατίθενται 3 αναλυτικοί πίνακες με τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα κόστη των φωτιστικών σωμάτων

Πίνακας10.1: Ισχύς φωτιστικών.

Τύπος φωτιστικού	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς φωτιστικού* (W)
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	2	14	31
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x24w, μήκους: 660mm, 4307	2	24	53
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	2	21	46
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309	2	39	86
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310	2	28	62
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	2	54	119
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	2	35	77
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313	2	80	176
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21w, μήκους: 1220mm, 4032	1	21	23
1006.04Π χωνευτό φθορισμού στρογγυλό 2x26 W	2	26	57

* Στα αποτελέσματα έχει συνυπολογιστεί προσαύξηση στην εγκαταστημένη ισχύ 10% λόγω των ηλεκτρονικών ballast των λαμπτήρων φθορισμού.

Η τέταρτη στήλη του πίνακα που δίνει την πραγματική ισχύ του κάθε φωτιστικού υπολογίζεται από τον αριθμό των λαμπτήρων πολλαπλασιαζόμενο με την ισχύ του λαμπτήρα και το νούμερο αυτό στην συνέχεια πολλαπλασιάζεται με 1,1 (αύξηση κατά 10% της κατανάλωσης ισχύος λόγω του ηλεκτρονικού ballast).

Πίνακας 10.2: Κόστη και lm ανά τύπο φωτιστικού.

Φωτιστικά	Τιμή με έκπτωση 20%(€)	Κόστος φωτιστικού με 23% ΦΠΑ	Lm ανά λαμπτήρα
ikarus 4306-4341 2X21	68,16	87,75	1.900
ikarus 4304-4341 2X24	58,2	73,31	1.750
ikarus 4310-4343 2X28	81,24	99,81	2.600
ikarus 4312-4344 2X35	93,36	113,84	3.300
ikarus 4309-4342 2X39	68,16	84,75	3.100
ikarus 4311-4343 2X54	81,24	99,81	4.450
hermes mono 4032-4065 1X21	68,376	53,42	1.900
hermes mono 4031-4066 1X24	62,472	53,42	1.750
hermes mono 4034-4068 1X28	71,92	53,42	2.600
hermes mono 4036-4069 1X35	76,544	53,42	3.300
hermes mono 4033-4065 1X39	68,376	53,42	3.100
hermes mono 4035-4068 1X54	71,912	53,42	4.450

Έχοντας ως δεδομένα τα νούμερα των παραπάνω πινάκων υπολογίζουμε για κάθε όροφο την φωτιστική απόδοση (lm/W), την κατανομή ισχύος (W/m^2) και τα κόστη αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α και Β).

10.2 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για το υπόγειο (Σενάριο Α)

Πίνακας 10.3: Φωτιστική απόδοση (lm/W) κάθε χώρο του υπογείου.

Χώρος	Ισχύς αίθουσας(W)	Σύνολο lm	Εμβαδό(m ²)	lm/W
14	154	9.240	38	60
15	686,4	34.720	179	51
15	343,2	17.360	12	51
16	528	24.500	150	46
17	184,8	10.640	55	58
18	61,6	3.640	20	59
72	462	29.700	62	64
73	254,1	14.630	89	58
74	42,9	2.170		51
74	77	4.950	9	64
75	23,1	1.330	6	58
76	23,1	1.330	2	58
77	38,5	2.310	13	60
78	38,5	2.310	11	60
79	61,6	3.640	38	59
80	30,8	1.820	5	59
81	23,1	1.330	3	58
ΣΥΝΟΛΟ→	3032,7	165620		

Πίνακας10.4: Κατανομή ισχύος (W/m²) και φωτιστική απόδοση συνολικά για υπόγειο.

Σύνολο εμβαδού υπόγειο(m ²)	692
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	54,61
Κατανομή ισχύος W/m ² (Σενάριο Α)	4,38
Κατανομή ισχύος W/m ² (Υφιστάμενη κατάσταση)	9,45

Κεφάλαιο 10^ο Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης, κατανομής ισχύος και κόστους των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 10.5: Κόστη φωτιστικών για υπόγειο.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικών(€)
14	2	2	35	227,68
15	8	2	39	702
15	4	2	39	351
16	10	2	24	733,1
17	8	1	21	427,36
18	1	2	28	88,81
72	6	2	35	683,04
73	11	1	21	587,62
74	1	1	39	53,42
74	1	2	35	113,84
75	1	1	21	53,42
76	1	1	21	53,42
77	1	1	35	53,42
78	1	1	35	53,42
79	2	1	28	106,84
80	1	1	28	53,42
81	1	1	21	53,42
			ΣΥΝΟΛΟ→	4.395,23

10.3 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για το ισόγειο (Σενάριο Α)

Πίνακας 10.6: Φωτιστική απόδοση (lm/W) κάθε χώρου του ισογείου.

Χώρος	Ισχύς χώρου (W)	Σύνολο lm	Εμβαδό(m ²)	lm/W
0	343,2	16.616	44,55	48
1	712,8	40.050	4,42	56
ΣΚΑΛΕΣ	85,8	3.720	11,63	43
2	237,6	10.680	11,63	45
3	59,4	2.670	2,5	45
4	24	1.050	4,94	44
5	237,6	10.680	14,94	45
5	85,8		11,25	
6	462	29.700	42,08	64
7	831,6	46.725	104,7	56
8	77	4.950	12,2	64
10	385	24.750	94,86	64
12	231	14.850	37,4	64
13	77	4.950	15,3	64
84	237,6	13.350	16,74	56
85	154	9.900	12	64
N.X ΔΙΑΔ	92,4	4.680	13,1	51
N.X ΓΡΑΦΕΙΟ	171,6	7.440	15	43
N.X ΑΙΘ	462	29.700	51	64
ΣΥΝΟΛΟ→	4.967,4	276.461		

Πίνακας 10.7: Κατανομή ισχύος(W/m²) και φωτιστική απόδοση συνολικά για ισόγειο.

Σύνολο εμβαδού ισογείου (m ²)	520
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	55,65
Κατανομή ισχύος W/m ² (Σενάριο Α)	9,55
Κατανομή ισχύος W/m ² (Υφιστάμενη κατάσταση)	14,9

Πίνακας 10.8:Κόστη φωτιστικών για ισόγειο.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικών(€)
0	4	2	39	351
1	6	2	54	588,86
ΣΚΑΛΕΣ	2	1	39	106,84
2	4	1	54	213,68
3	1	1	54	53,42
4	1	1	24	53,42
5	4	1	54	213,68
5	2	1	39	106,84
6	6	2	35	683,04
7	7	2	54	698,67
8	1	2	35	113,84
10	5	2	35	569,2
12	3	2	35	341,52
13	1	2	35	113,84
84	2	2	54	199,62
85	2	2	35	227,68
N.X ΔΙΑΔ	3	1	28	160,26
N.X ΓΡΑΦΕΙΟ	4	1	39	213,68
N.X ΑΙΘ	6	2	35	683,04
			ΣΥΝΟΛΟ→	5.692,13

10.4 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για το ισόγειο (Σενάριο Β)

Πίνακας 10.9: Φωτιστική απόδοση (lm/W) κάθε χώρου του ισογείου.

Χώρος	Ισχύς χώρου(W)	Σύνολο lm	Εμβαδό(m ²)	lm/W
0	343,2	16.616	44,55	5,110662
1	712,8	40.050	4,42	158,8235
ΣΚΑΛΕΣ	85,8	3.720	11,63	30,18057
2	237,6	10.680	11,63	63,03525
3	59,4	2.670	2,5	170,944
4	24	1.050	4,94	17,97773
5	322	10.680	26,19	26,08018
6	157,5805	29.700	42,08	13,96435
7	831,6	46.725	104,7	0,51022
8	77	4.950	12,2	9,331148
10	385	24.750	94,86	0,563146
12	231	14.850	37,4	1,428342
13	77	4.950	15,3	3,491503
84	56,2518	13.350	16,74	3,191159
85	46,7775	9.900	12	8,903333
N.X ΔΙΑΔ	92,4	4.680	13,1	4,077863
N.X ΓΡΑΦΕΙΟ	171,6	7.440	15	3,561333
N.X ΑΙΘ	222,3375	29.700	51	86,18098
ΣΥΝΟΛΟ→	4.134,74	276.461		

Πίνακας 10.10: Κατανομή ισχύος (W/m^2) και φωτιστική απόδοση συνολικά για ισόγειο

Σύνολο εμβαδού ισογείου (m^2)	520
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	66,86
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Σενάριο Α)	7,95
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Υφιστάμενη κατάσταση)	14,9

Το επιπλέον κόστος σε σχέση με την κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α) είναι 836,4€ (16 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης $52,28€ \times 16 = 836,4€$).

10.5 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για το Α' όροφο (Σενάριο Α)

Πίνακας 10.11: Φωτιστική απόδοση (lm/W) για κάθε χώρο του Α' ορόφου.

Χώρος	Ισχύς χώρου(W)	Σύνολο lm	Εμβαδό(m^2)	lm/W
19	831,6	46.725	103	56
20	237,6	13.350	19	56
21	237,6	13.350	19	56
22	171,6	8.308	11	48
23	237,6	13.350	27	56
24	237,6	13.350	22	56
25	231	20.025	46	87
26	85,8	4.154	12	48
27	24	1.050	10	44
28	24	1.050		44
29	46	2.100		46
30	237,6	13.350	27	56
31	1.544,4	86.775	158	56
32	61,6	3.120	10	51
33	79,2	3.150	8	40
34	154	9.900	22	64
35	85,8	4.154	11	48
36	85,8	3.720	11	43
ΣΥΝΟΛΟ→	4.612,8	260.981		

Πίνακας 10.12: Κατανομή ισχύος (W/m^2) και φωτιστική απόδοση συνολικά για Α' όροφο.

Σύνολο εμβαδού Α' ορόφου (m^2)	515
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	57
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Σενάριο Α)	8,95
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Υφιστάμενη κατάσταση)	13,55

Πίνακας 10.13:Κόστη φωτιστικών για Α΄ όροφο.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικών(€)
19	7	2	54	698,67
20	2	2	54	199,62
21	2	2	54	199,62
22	2	2	39	175,5
23	2	2	54	199,62
24	2	2	54	199,62
25	3	2	35	341,52
26	1	2	39	87,75
27	1	1	24	53,42
28	1	1	24	53,42
29	2	1	24	106,84
30	2	2	54	199,62
31	13	2	54	1.297,53
32	2	1	28	106,64
33	3	1	24	160,26
34	2	2	35	227,68
35	1	2	39	87,75
36	2	1	39	106,64
			ΣΥΝΟΛΟ→	4.501,72

10.6 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για τον Α΄ όροφο (Σενάριο Β)

Πίνακας 10.14: Φωτιστική απόδοση (lm/W) κάθε χώρου του Α΄ ορόφου.

Χώρος	Ισχύς χώρου(W)	Σύνολο lm	Εμβαδό(m ²)	lm/W
19	831,6	46.725	103	56,18686869
20	67,8744	13.350	19	196,6868215
21	67,8744	13.350	19	196,6868215
22	171,6	8.308	11	48,41491841
23	57,8952	13.350	27	230,5890644
24	66,6468	13.350	22	200,3096923
25	231	20.025	46	86,68831169
26	85,8	4.154	12	48,41491841
27	24	1.050	10	43,75
28	24	1.050		
29	46	2.100		45,65217391
30	237,6	13.350	27	56,18686869
31	1.208,235	86.775	158	71,81960207
32	61,6	3.120	10	50,64935065
33	79,2	3.150	8	39,77272727
34	43,12	9.900	22	229,5918367
35	85,8	4.154	11	48,41491841
36	85,8	3.720	11	43,35664336
ΣΥΝΟΛΟ→	3.475,6464	260.981		

Πίνακας 10.15: Κατανομή ισχύος (W/m²) και φωτιστική απόδοση συνολικά για Α' όροφο.

Σύνολο εμβαδού Α' ορόφου (m ²)	515
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	75,09
Κατανομή ισχύος W/m ² (Σενάριο Β)	6,748
Κατανομή ισχύος W/m ² (Υφιστάμενη κατάσταση)	13,55

Το επιπλέον κόστος σε σχέση με την κατάσταση τεχνητού φωτισμού(Σενάριο Α) είναι 627,36€ (12 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης 52,28€×12 =627,36€).

10.7 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για το Β' όροφο (Σενάριο Α)

Πίνακας 10.16: Φωτιστική απόδοση (lm/W) για κάθε χώρο του Β' ορόφου.

Χώρος	Ισχύς χώρου(W)	Σύνολο lm	Εμβαδό(m ²)	lm/W
37	123,2	7.800	25	63
38	308	19.800	43	64
39	209	7.800	13	63
40	211,2	10.500	14	50
41	154	8.844	19	57
42	475,2	26.700	44	56
43	154	9.900	18	64
44	154	9.900	14	64
45	257,4	12.462	20	48
46	79,2	3.150	9	40
47	343,2	16.616	29	48
48	431,2	27.300	56	63
49	154	9.900	18	64
50	171,6	8.308	21	48
50	46,2	2.850		62
51	123,2	7.800	24	63
52	77	4.950	10	64
53	257,4	12.462	19	48
54	26,4	1.050	3	40
82	154	9.900	19	64
83	171,6	8.308	9	48
87	154	9.900	16	64
86	257,4	12.462	19	48
ΣΥΝΟΛΟ→	4.492,4	248.662		

Κεφάλαιο 10^ο Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης, κατανομής ισχύος και κόστους των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 10.17: Κατανομή ισχύος (W/m^2) και φωτιστική απόδοση συνολικά για Β' όροφο.

Σύνολο εμβαδού Β' ορόφου (m^2)	461
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	55,35
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Σενάριο Α)	10
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Υφιστάμενη κατάσταση)	11,07

Πίνακας 10.18: Κόστη φωτιστικών για Β' όροφο.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικών(€)
37	2	2	28	199,62
38	4	2	35	455,36
39	2	2	28	199,62
39	2	1	39	106,84
40	4	2	24	293,24
41	2	2	35	227,68
42	4	2	54	399,24
43	2	2	35	227,68
44	2	2	35	227,68
45	3	2	39	263,25
46	3	1	24	160,26
47	4	2	39	351
48	7	2	28	698,67
49	2	2	35	227,65
50	2	2	39	175,5
50	1	2	21	84,75
51	2	2	28	199,62
52	1	2	35	113,84
53	3	2	39	263,25
54	1	1	24	53,42
82	2	2	35	227,65
83	2	2	39	175,5
87	2	2	35	227,65
86	3	2	39	263,25
			ΣΥΝΟΛΟ→	5.822,22

10.8 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για τον Β' όροφο (Σενάριο Β)

Πίνακας 10.19: Φωτιστική απόδοση (lm/W) κάθε χώρου του Β' ορόφου.

Χώρος	Ισχύς χώρου(W)	Σύνολο lm	Εμβαδό(m ²)	lm/W
37	123,2	7.800	25	63,31168831
38	308	19.800	43	64,28571429
39	123,2	7.800	13	63,31168831
40	211,2	10.500	14	49,71590909
41	64,16666667	8.844	19	137,8285714
42	101,7324	26.700	44	262,4532597
43	54,07966667	9.900	18	183,0632585
44	54,07966667	9.900	14	183,0632585
45	81,4242	12.462	20	153,0503216
46	79,2	3.150	9	39,77272727
47	343,2	16.616	29	48,41491841
48	431,2	27.300	56	63,31168831
49	154	9.900	18	64,28571429
50	171,6	8.308	21	48,41491841
50	46,2	2.850		61,68831169
51	123,2	7.800	24	63,31168831
52	36,855	4.950	10	134,3101343
53	15,69791667	12.462	19	793,8633046
54	26,4	1.050	3	39,77272727
82	73,41333333	9.900	19	134,8528878
83	24,7725	8.308	9	335,3718841
87	39,14666667	9.900	16	252,8950954
86	43,41	12.462	19	287,0767104
ΣΥΝΟΛΟ→	2.675,29835	248.662		

Πίνακας 10.20: Κατανομή ισχύος (W/m²) και φωτιστική απόδοση συνολικά για Β' όροφο.

Σύνολο εμβαδού Β' ορόφου (m ²)	461
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	92,95
Κατανομή ισχύος W/m ² (Σενάριο Β)	5,803
Κατανομή ισχύος W/m ² (Υφιστάμενη κατάσταση)	11,07

Το επιπλέον κόστος σε σχέση με την κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α) είναι 1254,72€ (24 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης 52,28€×24 = 1254,72€).

10.9 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για τον Γ' όροφο (Σενάριο Α)

Πίνακας 10.21: Φωτιστική απόδοση (lm/W) για κάθε χώρο του Γ' ορόφου.

Χώρος	Ισχύς χώρου (W)	Σύνολο lm	Εμβαδό(m ²)	lm/W
55	184,8	11.700	20	63
56	79,2	3.150	7	40
57	171,6	8.308	14	48
58	123,2	7.800	45	63
59	123,2	7.800	45	63
60	123,2	7.800	45	63
61	154	9.900	37	64
62	154	9.900	37	64
63	171,6	9.300	45	54
ΣΥΝΟΛΟ→	1284,8	75.658		

Πίνακας 10.22: Κατανομή ισχύος (W/m²) και φωτιστική απόδοση συνολικά για Γ' όροφο

Σύνολο εμβαδού Γ' ορόφου (m ²)	291
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	58,35
Κατανομή ισχύος W/m ² (Σενάριο Α)	4,4
Κατανομή ισχύος W/m ² (Υφιστάμενη κατάσταση)	5,83

Πίνακας 10.23: Κόστη φωτιστικών για Γ' όροφο.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικών (€)
55	3	2	28	299,3
56	3	1	24	160,26
57	2	2	39	175,5
58	2	2	28	199,62
59	2	2	28	199,62
60	2	2	28	199,62
61	2	2	35	227,68
62	2	2	35	227,68
63	2	2	39	175,5
			ΣΥΝΟΛΟ→	1.864,78

10.10 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για τον Γ' όροφο (Σενάριο Β)

Πίνακας 10.24: Φωτιστική απόδοση (lm/W) κάθε χώρου του Γ' ορόφου.

Χώρος	Ισχύς χώρου (W)	Σύνολο lm	Εμβαδό (m ²)	lm/W
55	184,8	11.700	20	63,31168831
56	79,2	3.150	7	39,77272727
57	171,6	8.308	14	48,41491841
58	25,718	7.800	45	303,2895248
59	25,718	7.800	45	303,2895248
60	25,718	7.800	45	303,2895248
61	38,12783333	9.900	37	259,6528345
62	67,90116667	9.900	37	145,8001458
63	50,0071	9.300	45	185,9735917
ΣΥΝΟΛΟ→	668,7901	75.658		

Πίνακας 10.25: Κατανομή ισχύος (W/m²) και ενεργειακή απόδοση συνολικά για Γ' όροφο.

Σύνολο εμβαδού Γ' ορόφου (m ²)	291
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	113,13
Κατανομή ισχύος W/m ² (Σενάριο Β')	2,298
Κατανομή ισχύος W/m ² (Υφιστάμενη κατάσταση)	5,83

Το επιπλέον κόστος σε σχέση με την κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α) είναι 627,36€ (12 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης 52,28€×12 = 627,36€).

10.11 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού για τον Δ' όροφο (Σενάριο Α)

Πίνακας 10.26: Φωτιστική απόδοση (lm/W) για κάθε χώρο του Δ' ορόφου.

Χώρος	Ισχύς χώρου (W)	Σύνολο lm	Εμβαδό (m ²)	lm/W
64	0	7.835	20	51
64 (σκάλα)	154			
65	171,6	8.308	14	48
66	123,2	7.835	45	64
67	123,2	7.835	45	64
68	123,2	7.835	45	64
69	154	9.945	37	65
70	154	9.945	33	65
71	171,6	8.323	45	49
ΣΥΝΟΛΟ→	1.174,8	6.7862		

Κεφάλαιο 10^ο Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης, κατανομής ισχύος και κόστους των προτεινόμενων ενεργειακών αναβαθμίσεων (Σενάρια Α και Β)

Πίνακας 10.27: Κατανομή ισχύος (W/m^2) και φωτιστική απόδοση συνολικά για Δ' όροφο.

Σύνολο εμβαδού Δ' ορόφου (m^2)	282
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	58
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Σενάριο Α)	4,17
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Υφιστάμενη κατάσταση)	3,54

Πίνακας 10.28 : Κόστη φωτιστικών για τον Γ' όροφο.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες	Ισχύς λαμπτήρα	Κόστος φωτιστικών(€)
64	2	2	28	199,62
64 (σκάλα)	1	1	28	53,42
65	2	2	39	175,5
66	2	2	28	199,62
67	2	2	28	199,62
68	2	2	28	199,62
69	2	2	35	227,68
70	2	2	35	227,68
71	2	2	39	175,5
ΣΥΝΟΛΟ→				1.658,26

10.12 Πρόταση αναβάθμισης συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού για τον Δ' όροφο (Σενάριο Β)

Πίνακας 10.29: Φωτιστική απόδοση (lm/W) κάθε χώρο του Δ' ορόφου.

Χώρος	Ισχύς χώρου(W)	Σύνολο lm	Εμβαδό(m^2)	lm/W
64	154	7.835	20	50,87896104
65	171,6	8.308	14	48,41491841
66	25,718	7.835	45	304,6644374
67	25,718	7.835	45	304,6644374
68	25,718	7.835	45	304,6644374
69	64,513	9.945	37	154,1527182
70	38,127	9.945	33	260,8299274
71	49,563	8.323	45	167,9225564
ΣΥΝΟΛΟ→	554,959	67.862		

Πίνακας 10.30: Κατανομή ισχύος (W/m^2) και φωτιστική απόδοση συνολικά για Δ' όροφο.

Σύνολο εμβαδού Δ' ορόφου (m^2)	282
Φωτιστική απόδοση (lm/W)	122,28
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Σενάριο Β)	1,967
Κατανομή ισχύος W/m^2 (Υφιστάμενη κατάσταση)	3,54

Το επιπλέον κόστος σε σχέση με την κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α) είναι 627,36€ (12 φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης $52,28€ \times 12 = 627,36€$).

10.13 Γενικές παρατηρήσεις αποτελεσμάτων

Παρατηρείται στην υφιστάμενη κατάσταση, ότι η κατανομή ισχύος παραμένει σε επίπεδα κάτω των 15 W/m^2 , παρόλο που χρησιμοποιούνται φωτιστικά παλαιάς τεχνολογίας και όχι τόσο αποδοτικά. Αυτό εξηγείται ως επί το πλείστο στο γεγονός ότι οι χώροι είναι υποφωτισμένοι. Στην μελέτη που γίνεται με τη βοήθεια του προγράμματος RELUX πετυχαίνονται αποδόσεις σε κάθε όροφο κάτω των 10 W/m^2 και χαμηλότερες της υφιστάμενης κατάστασης. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί ο τέταρτος όροφος ο οποίος στη υφιστάμενη κατάσταση υπολογίζεται ότι έχει κατανομή ισχύος $3,53 \text{ W/m}^2$ και στην προτεινόμενη (Σενάριο Α) οι υπολογισμοί δείχνουν ότι κυμαίνεται στο $4,17 \text{ W/m}^2$. Είναι ολοφάνερο λοιπόν ότι δεν έχει γίνει σωστή φωτοτεχνική μελέτη θεωρώντας ότι οι αίθουσες έχουν λιγότερες απαιτήσεις για φωτισμό σε σχέση με τις πραγματικές τους ανάγκες.

Στην προτεινόμενη κατάσταση με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας δηλαδή η ισοδύναμη ισχύς και κατ' επέκταση η κατανομή ισοδύναμης ισχύος (W/m^2), με αποτέλεσμα να διαμορφώνονται χαμηλότερες τιμές των $7,5 \text{ W/m}^2$.

Το όριο της φωτιστικής απόδοσης των 55 lm/W που έχει διαμορφωθεί με τον KENAK επιτυγχάνεται οριακά στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού κάτι το οποίο σημαίνει ότι παρόλο που δεν μπορεί να υπολογιστεί η αντίστοιχη τιμή της υφιστάμενης κατάστασης, είναι με βεβαιότητα φανερά πιο χαμηλή από αυτό το όριο. Αντίστοιχα στην περίπτωση αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και χρησιμοποιώντας φωτιστικά με δυνατότητα ρύθμισης, επιτυγχάνονται πολύ πιο υψηλές ενεργειακές αποδόσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο

Σύνοψη αποτελεσμάτων και υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας και ρύπων.

Σε αυτό το κεφάλαιο συνοψίζονται τα κόστη και οι συνολικές ισχύς όλων των ορόφων για τις 3 καταστάσεις φωτισμού (υφιστάμενη, σενάριο Α και Β). Στην συνέχεια υπολογίζονται η ηλεκτρική και πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, το ετήσιο ενεργειακό όφελος, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, η μείωση των ρύπων CO₂ που επιτυγχάνεται ετησίως, καθώς και το πλήθος δέντρων που αντιστοιχούν ετησίως στην μείωση αυτή.

Έχοντας ως δεδομένο τους διδακτικούς σκοπούς λειτουργίας του κτιρίου, θεωρούμε ότι λειτουργεί 48 εβδομάδες τον χρόνο από 5 μέρες την εβδομάδα και 10 ώρες την ημέρα σε ετήσια βάση, το οποίο ισοδυναμεί ετησίως 2400 ώρες λειτουργίας.

Προκειμένου να μην αυξηθεί το συνολικό κόστος προτείνεται τα νέα φωτιστικά σώματα να τοποθετηθούν στο ίδιο ύψος που ήταν τοποθετημένα τα προηγούμενα, δηλαδή χωρίς να τοποθετηθούν ψευδοροφές στους χώρους.

11.1 Ισχύς του κτιρίου συνολικά

Προτού παρατεθούν τα κόστη, συνοψίζονται για το σύνολο του κτιρίου οι ισχύς για κάθε μια από τις τρεις καταστάσεις δηλαδή την υφιστάμενη, την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α) και την προτεινόμενη με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β).

Πίνακας 11.1: Οι ισχύς συγκεντρωτικά για κάθε όροφο.

	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΟΡΟΦΩΝ(WATT)	Προτεινόμενη ισχύς (Σενάριο Α)	Προτεινόμενη ισχύς (Σενάριο Β)
ΥΠΟΓΕΙΟ	6.540	3.032,7	3.032
ΙΣΟΓΕΙΟ	7.778	4.087,4	4.049
Α΄ ΟΡΟΦΟΣ	6.985	4612	3.475
Β΄ ΟΡΟΦΟΣ	5.105	4.492	2.675
Γ΄ ΟΡΟΦΟΣ	1.700	1.284	668
Δ΄ ΟΡΟΦΟΣ	998	1.174,8	559
ΣΥΝΟΛΟ→	29.106	18.682,9	14.458

11.2 Συνολικά κόστη για προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α)

Παρακάτω συνοψίζονται για όλο το κτίριο τα κόστη ανά κατηγορία φωτιστικού και υπολογίζεται το συνολικό κόστος της προτεινόμενης κατάστασης τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α).

Πίνακας 11.2: Συνολικό κόστος για όλο το κτίριο (Σενάριο Α).

ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ	Τιμή με έκπτωση 20%(ευρώ)	Κόστος φωτιστικού με 23% φπα	Αριθμός φωτιστικών	Κόστος (ευρώ)
ikarus 4306-4341 2X21	68,16	87,75	1	87,75
ikarus 4304-4341 2X24	58,2	73,31	14	1.026,34
ikarus 4310-4343 2X28	81,24	99,81	34	3393,54
ikarus 4312-4344 2X35	93,36	113,84	61	6.944,24
ikarus 4309-4342 2X39	68,16	84,75	45	3.813,75
ikarus 4311-4343 2X54	81,24	99,81	49	4.890,69
hermes mono 4032-4065 1X21	68,376	53,42	22	1.175,24
hermes mono 4031-4066 1X24	62,472	53,42	13	694,46
hermes mono 4034-4068 1X28	71,92	53,42	6	320,52
hermes mono 4036-4069 1X35	76,544	53,42	2	106,84
hermes mono 4033-4065 1X39	68,376	53,42	12	641,04
hermes mono 4035-4068 1X54	71,912	53,42	9	480,78
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ→				23.575,19

11.3 Υπολογισμός ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας ,ετήσιου χρηματικού οφέλους και χρόνου απόσβεσης προτεινόμενης εγκατάστασης (Σενάριο Α)

Πίνακας 11.3: Ισχύς, ετήσιες ενέργειες και χρόνος απόσβεσης για όλο το κτίριο (Σενάριο Α).

Υφιστάμενη ισχύς (W)	291.060
Ετήσια υφιστάμενη ενέργεια (kWh)	69.854,40
Προτεινόμενη ισχύς (Σενάριο Α)	18.682,90
Ετήσια προτεινόμενη ενέργεια (Σενάριο Α- kWh)	44.838,96
Κέρδος ενέργειας (kWh)	25.015,44
Ετήσιο όφελος (€)	2.612,36
Έτη απόσβεσης	9,0244

Οι παραπάνω τιμές προκύπτουν ως εξής:

- Ετήσια υφιστάμενη ενέργεια (kWh) = (Υφιστάμενη ισχύς (W)/1000)*2400(ώρες)
- Ετήσια προτεινόμενη ενέργεια (kWh) για Σενάριο Α = (Προτεινόμενη ισχύς (Σενάριο Α)/1000)*2400
- Κέρδος ενέργειας (kWh) = Ετήσια υφιστάμενη ενέργεια (kWh) – Προτεινόμενη Ενέργεια (kWh)
- Ετήσιο όφελος (ευρώ) = Κέρδος ενέργειας * τιμή μέσης τάσης kWh
- Τιμή μέσης τάσης kWh = 0,10443 (κοστολόγιο Β2 ΔΕΗ)
- Έτη απόσβεσης = Συνολικό κόστος φωτιστικών / Ετήσιο όφελος (ευρώ)

11.4 Συνολικά κόστη για προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β)

Πίνακας 11.4: Συνολικό κόστος για όλο το κτίριο (Σενάριο Β).

ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ	Επιπλέον κόστος ανά τύπο φωτιστικού με 23% ΦΠΑ	Αριθμός φωτιστικών	Συνολικό επιπλέον κόστος
ikarus 4310-4343 2X28	52,275	12	627,3
ikarus 4312-4344 2X35	52,275	33	1.725,07
ikarus 4309-4342 2X39	52,275	13	679,57
ikarus 4311-4343 2X54	52,275	27	1.411,42
ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΚΟΣΤΟΣ →			4.443,375

Τα επιπλέον κόστη αναφέρονται σε σχέση με την προτεινόμενη κατάσταση φωτισμού (Σενάριο Α), οπότε το συνολικό κόστος για προτεινόμενο σύστημα φωτισμού (Σενάριο Β) είναι 23.575 € συν 4.443 € που ισοδυναμεί με ένα συνολικό κόστος 28.018 €.

11.5 Υπολογισμός ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας ,ετήσιου Χρηματικού οφέλους και χρόνου απόσβεσης προτεινόμενης εγκατάστασης (Σενάριο Β)

Πίνακας 11.5: Ισχύς, ετήσιες ενέργειες και χρόνος απόσβεσης για όλο το κτίριο (Σενάριο Β).

Υφιστάμενη ισχύς (W)	29.106
Ετήσια υφιστάμενη ενέργεια (kWh)	69.854,4
Προτεινόμενη ισχύς (Σενάριο Β)	14.458
Ετήσια προτεινόμενη ενέργεια (Σενάριο Β-kWh)	34.699,2
Κέρδος ενέργειας (kWh)	35.155,2
Ετήσιο όφελος (€)	3.671,25
Έτη απόσβεσης	7.631

Οι τιμές προκύπτουν αντίστοιχα όπως και στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α).

11.6 ΡΥΠΟΙ

Η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 11.6: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για πρόταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α).

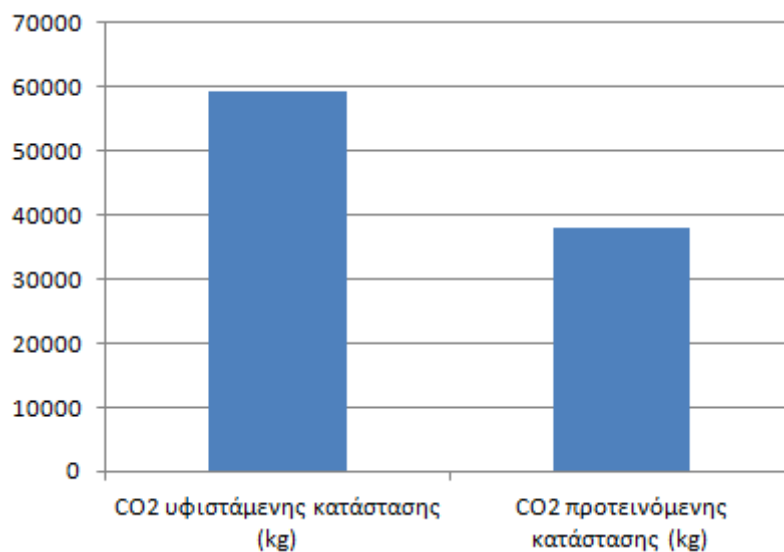
Q πρωτογενούς υφιστάμενης κατάστασης (kWh)	188.795,67
Q πρωτογενούς προτεινόμενης κατάστασης (kWh)	121.186,37
$\Delta Q(kWh)$	67.609,29

Η πρωτογενής παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται διαιρώντας την ηλεκτρική ενέργεια με τον βαθμό απόδοσης των σταθμών παραγωγής της ΔΕΗ που στην προκειμένη περίπτωση ισοδυναμεί με 0,37. Στην συνέχεια η ευρισκόμενη πρωτογενής ηλεκτρική ενέργεια πολλαπλασιάζεται με 0,85 που δείχνει τα kg CO₂ ανά kWh και έτσι προκύπτει η συνολική μάζα ρύπων CO₂ που απελευθερώνεται στο περιβάλλον. Επίσης θεωρείται ότι ετησίως 22kg CO₂ αντιστοιχούν σε 1 δέντρο.

Πίνακας 11.7: Ρύποι για πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Α).

CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	59.376,24
CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	38.113,12
Μείωση ρύπων CO ₂ (kg)	21.263,12
Δέντρα που θα απαιτούνταν	966,50

Στο αντίστοιχο διάγραμμα φαίνονται εικονικά οι τιμές των ρύπων για το σενάριο Α:



Σχήμα 11.1: Τιμές εκπεμπόμενων ρύπων (Σενάριο Α).

Κεφάλαιο 11^ο Σύνοψη αποτελεσμάτων και υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας και ρύπων.

Παρατηρείται λοιπόν ότι από περιβαλλοντικής απόψεως υπάρχει ένα σημαντικό κέρδος αφού αντιστοιχεί σε 966 δέντρα που θα απαιτούνταν κατά την διάρκεια του έτους. Οι ίδιοι υπολογισμοί γίνονται και στην προτεινόμενη κατάσταση με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β) από όπου προκύπτουν και οι αντίστοιχοι παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 11.8: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για πρόταση τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση φυσικού φωτισμού (Σενάριο Β).

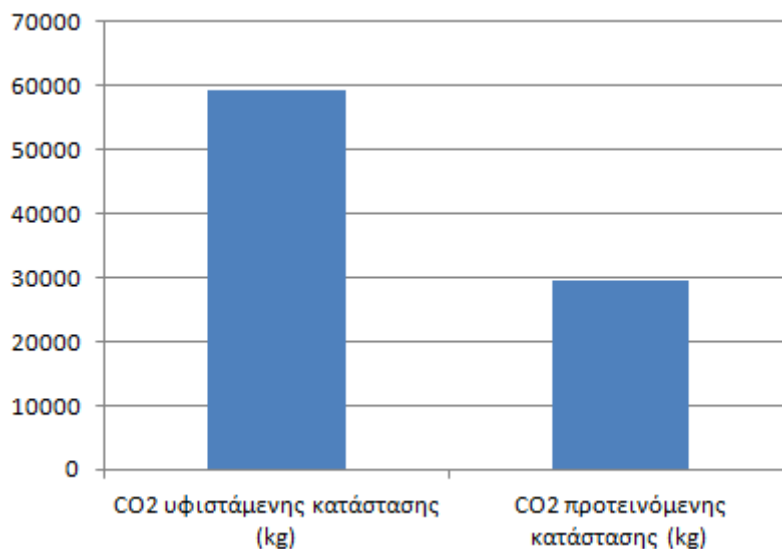
Q πρωτογενούς υφιστάμενης κατάστασης (kWh)	188.795,6757
Q πρωτογενούς προτεινόμενης κατάστασης (kWh)	93.781,62162
$\Delta Q(KWh)$	95.014,05405

Πίνακας 11.9: Ρύποι για πρόταση τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Β)

CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	59.376,24
CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	29.494,32
Μείωση ρύπων CO ₂ (kg)	29.881,92
Δέντρα που θα απαιτούνταν	1.358,26

Εδώ όπως φαίνεται υπάρχει ακόμα μεγαλύτερη μείωση ρύπων άρα και δέντρων που θα απαιτούνταν, τα οποία αντιστοιχούν σε 1.358 ετησίως.

Παρακάτω ακολουθεί το αντίστοιχο διάγραμμα που φαίνονται εικονικά οι τιμές των ρύπων για το σενάριο Β:



Σχήμα 11.2: Τιμές εκπεμπόμενων ρύπων (Σενάριο Β).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο

Μελέτη τοποθέτησης φωτοβολταϊκών πλαισίων στην οροφή

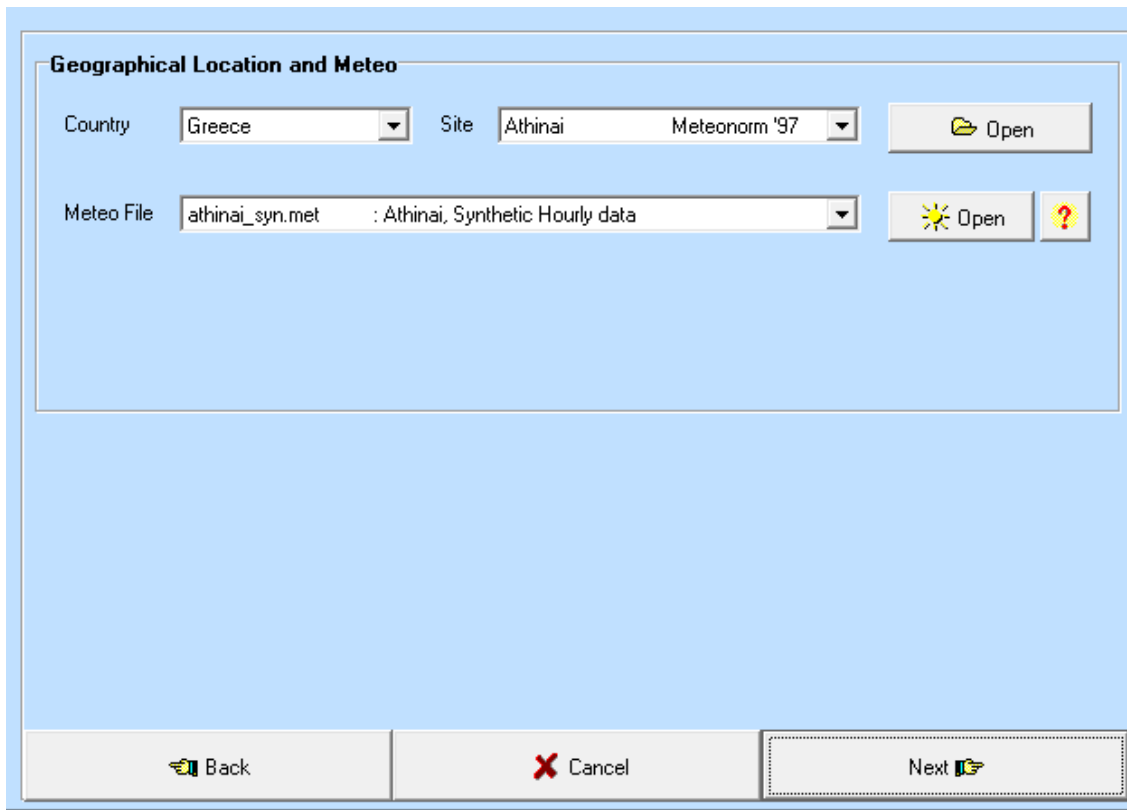
Στην ταράτσα του κτιρίου υπήρχε ανεκμετάλλευτος ελεύθερος χώρος και έτσι κρίθηκε σκόπιμη η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων. Για την πραγματοποίηση έγκυρης μελέτης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα PVSYS v4.92 με το οποίο υπολογίζονται όλα τα σχετικά δεδομένα όπως η διαθέσιμη ενέργεια που συλλέγουν τα ηλιακά πλαίσια κατά τη διάρκεια του χρόνου και οι απώλειες λόγω σκίασης ή λόγω ενεργειακής απόδοσης των πλαισίων. Όλα τα βήματα που ακολουθήθηκαν στο συγκεκριμένο πρόγραμμα αναλύονται παρακάτω.

12.1 Εισαγωγή

Η συνολική έκταση χώρου που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για χρήση φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι πολύ μικρή για να τροφοδοτήσει με ηλεκτρικό ρεύμα τις ανάγκες ολόκληρου του κτιρίου με μια αυτόνομη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων. Μια τέτοια εγκατάσταση θα είχε μεγαλύτερο χρηματικό κόστος λόγω της χρήσης μπαταριών και για το λόγο αυτό προτιμήθηκε όλη η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να πωλείται στην ΔΕΗ, αφού η τιμή πώλησης είναι πιο συμφέρουσα από την τιμή αγοράς. Για τις ανάγκες του κτιρίου θα αγοράζεται εξολοκλήρου το ρεύμα από την ΔΕΗ έναντι χαμηλότερης τιμής.

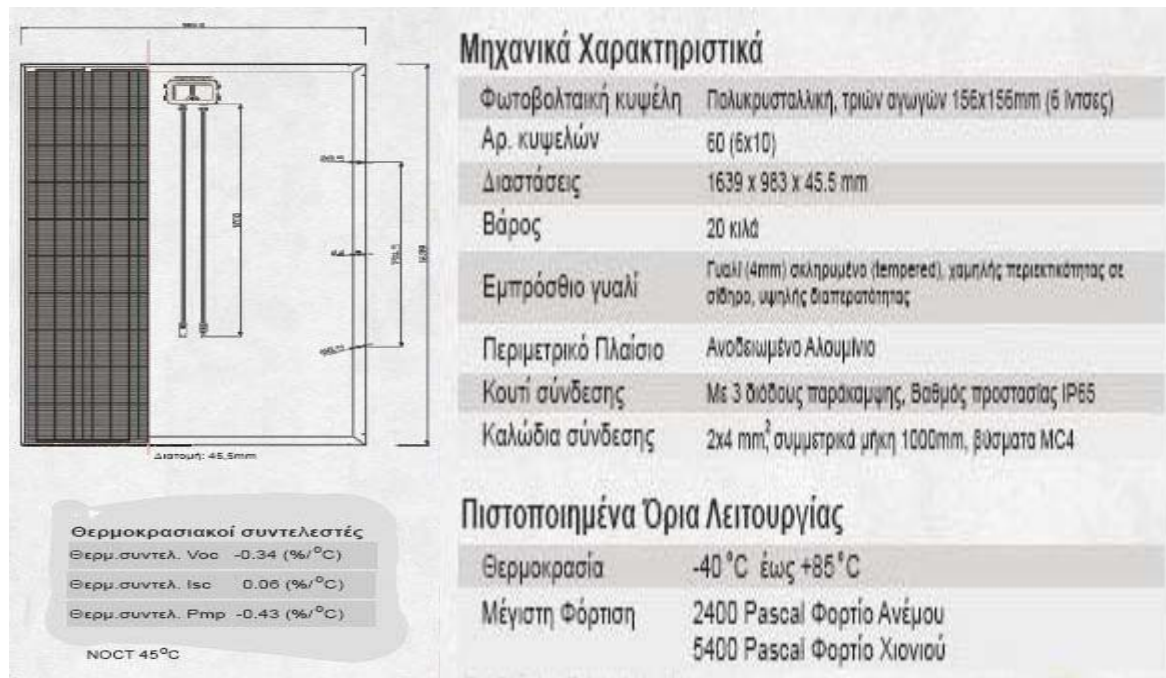
Παρακάτω αναλύονται τα βήματα και η διαδικασία που ακολουθήθηκε με το πρόγραμμα PVSYS v4.92:

Λόγω της εξολοκλήρου σύνδεσης και πώλησης ρεύματος με το δίκτυο της ΔΕΗ, επιλέχθηκε η επιλογή grid connected και στην συνέχεια μέσω των επιλογών που φαίνονται στην εικόνα 12.1 επιλέχθηκε το αρχείο καιρικών δεδομένων για την περιοχή της Αθήνας που βρίσκεται το κτίριο της Υδραυλικής. Γενικότερα οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε ένα μέρος είναι πολύ σημαντικές για την απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς επηρεάζουν την ηλιοφάνεια αλλά και την εξωτερική θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών πλαισίων.



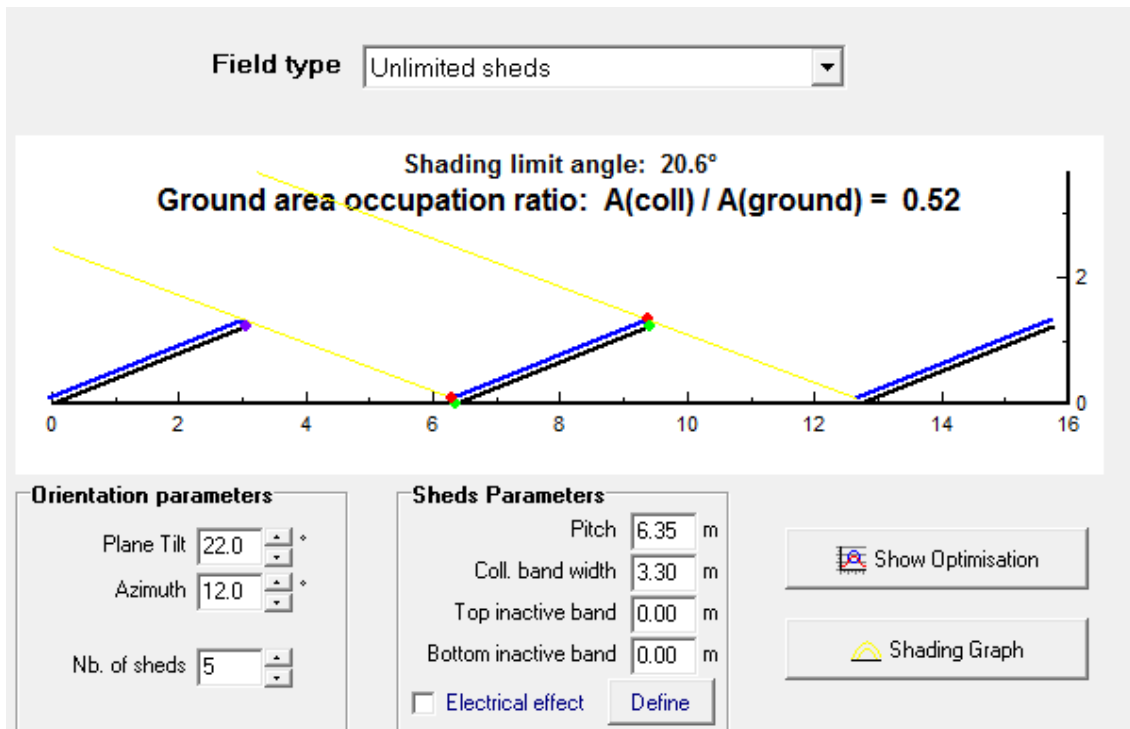
Εικόνα 12.1: Επιλογή μετεωρολογικού αρχείου.

Η θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να διαφοροποιήσει την αποδοτικότητα τους. Η μικρότερη θερμοκρασία ισοδυναμεί με μεγαλύτερη τάση αρά και ρεύματος που μπορεί να παραχθεί. Το ρεύμα που παράγεται πρέπει να είναι μέσα στα όρια που μπορεί να αντέξει ο inverter (αντιστροφέας). Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ περιβάλλοντος και φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι περίπου της τάξεως των 20 βαθμών C°. Πολύ σημαντικό ρόλο στις προδιαγραφές των φωτοβολταϊκών πλαισίων που αναγράφονται, έχει ο θερμοκρασιακός συντελεστής PMP σύμφωνα με τον οποίο υπολογίζεται η στιγμιαία ισχύς που παράγεται δεδομένης της στιγμιαίας θερμοκρασίας που επικρατεί στον περιβάλλοντα χώρο. Πιο συγκεκριμένα οι βαθμοί διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της στιγμιαίας θερμοκρασίας και της κανονικής θερμοκρασίας λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου που αναγράφεται στις τεχνικές προδιαγραφές (εικόνα 12.2), πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή PMP και στη συνέχεια αυτό το νούμερο πολλαπλασιάζεται με τη μέγιστη ισχύ (Wp) όπου και προκύπτει η στιγμιαία ισχύς. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικά οι τεχνικές προδιαγραφές καθώς και ο συντελεστής PMP που την προκειμένη περίπτωση είναι -0,43%.



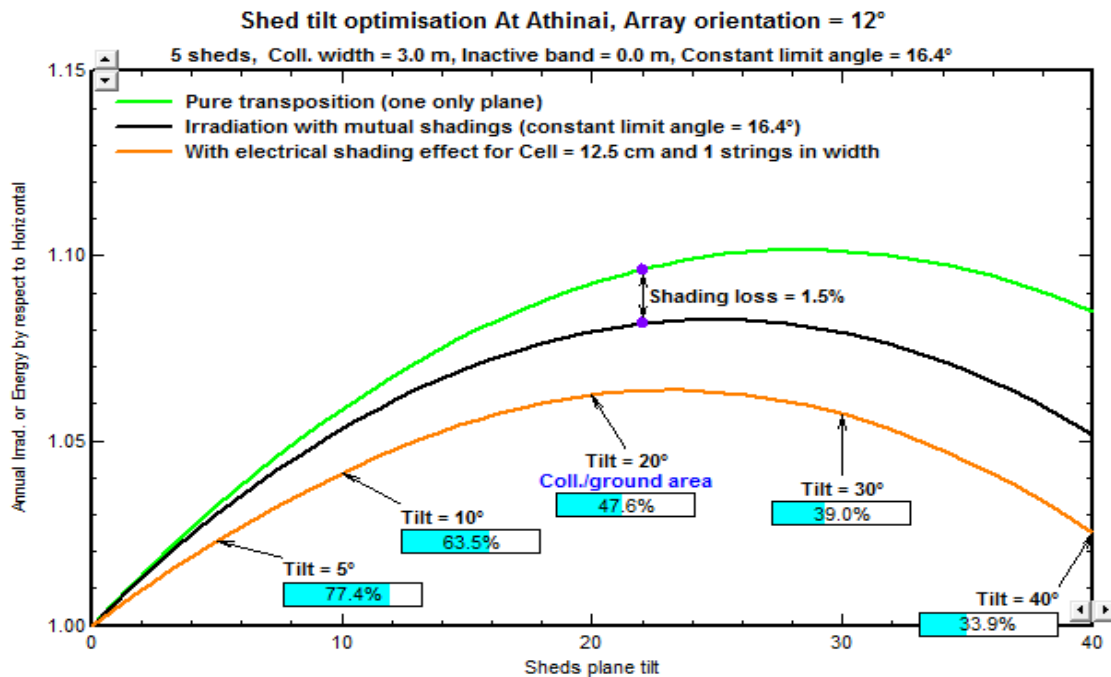
Εικόνα 12.2: Μηχανικά χαρακτηριστικά, όρια λειτουργίας και θερμοκρασιακοί συντελεστές.

Εν συνεχεία μέσω της επιλογής προσανατολισμού (orientation) του προγράμματος PVSYS καθορίζεται η ακριβής θέση και κλίση των φωτοβολταϊκών πάνω στο κτίριο. Οι μοίρες κλίσεως (azimuth) δείχνουν τον προσανατολισμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων, με τις 0 μοίρες να αντιστοιχούν στο νότο. Οι μοίρες tilt δείχνουν την κλίση των πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Γνωρίζοντας εμπειρικά ότι η απόσταση μεταξύ των πλαισίων αντιστοιχεί σε περίπου 2,5 φορές το ανώτατο ύψος των πλαισίων (από την βάση τους), και ότι συμφέρει ιδανικά οι μοίρες tilt να βρίσκονται κοντά στις 30 μοίρες, έγιναν δοκιμές με το πρόγραμμα και τοποθετήθηκαν τα πλαίσια όπως φαίνεται στην εικόνα 12.3 με κλίση tilt 22 μοιρών και azimuth 12 μοιρών. Το συνολικό πλάτος των φωτοβολταϊκών πλαισίων όπως φαίνεται παρακάτω είναι 3,3 μέτρα καθώς έχουν τοποθετηθεί κολλητά δίπλα δύο συστοιχίες από 1,64 μέτρα η καθεμία σε πλάτος.



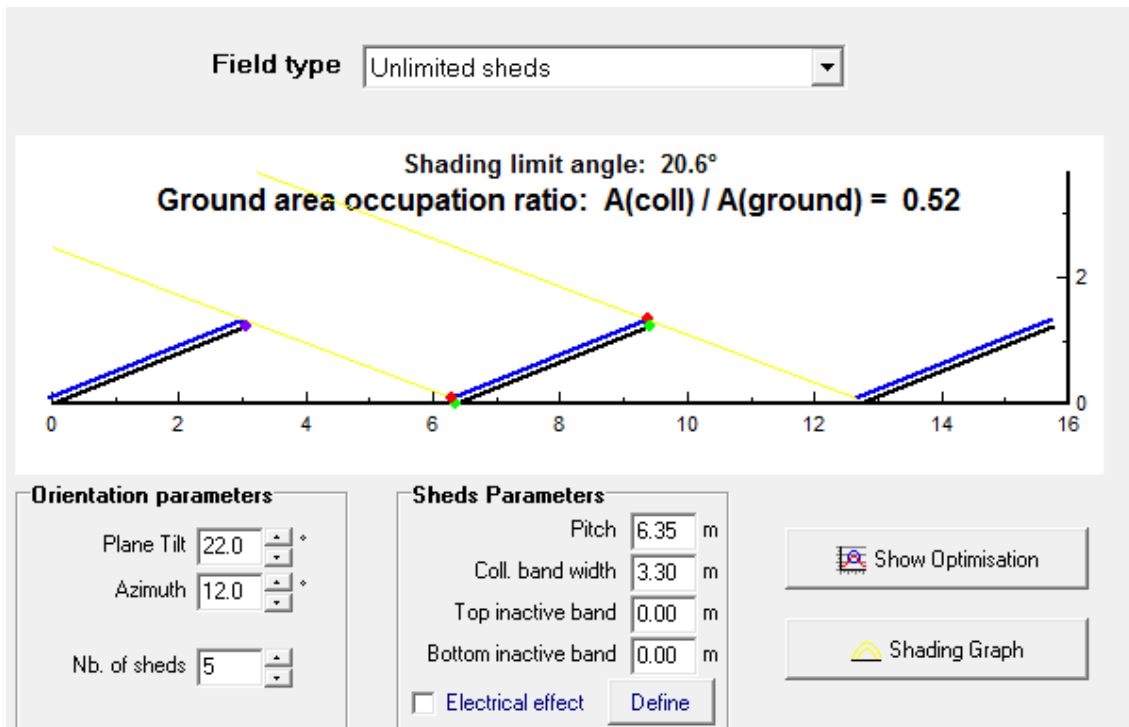
Εικόνα 12.3: Διαμόρφωση κλίσεων και αποστάσεων μεταξύ των πλαισίων.

Στην εικόνα 12.4 φαίνονται οι απώλειες σκίασης οι οποίες είναι της τάξεως του 1,4 % και δημιουργούνται από την παράλληλη διάταξη των πλαισίων και την κλίση τους κατά τις πρωινές ώρες που ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά.



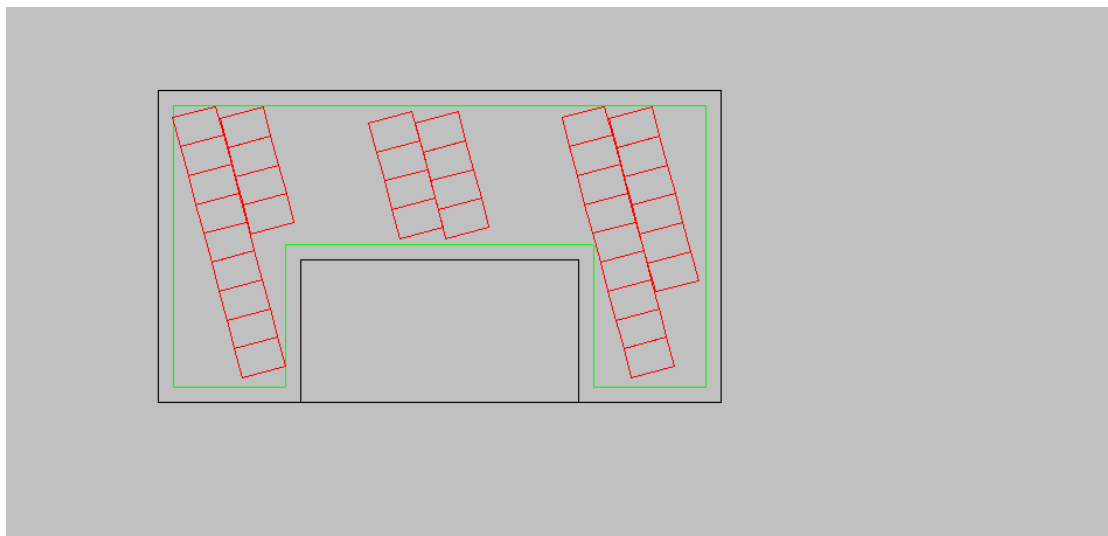
Εικόνα 12.4: Απεικόνιση απωλειών από σκίαση.

Η κλίση του φωτός πάνω από την οποία δεν δημιουργείται σκίαση είναι 20,6 μοίρες όπως φαίνεται στην εικόνα 12.5.



Εικόνα 12.5: Διαμόρφωση κλίσεων και αποστάσεων μεταξύ των πλαισίων.

Σύμφωνα με όλα τα προηγούμενα στην παρακάτω κάτοψη παρουσιάζεται η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων και η διάταξη τους στον διαθέσιμο χώρο φαίνεται.



Εικόνα 12.6: Διάταξη φωτοβολταϊκών πλαισίων στο χώρο.

Η μεγάλη πλευρά έχει μήκος 18,8 μέτρα και η άλλη πλευρά 10,4 μέτρα. Ο αξιοποιήσιμος χώρος για φωτοβολταϊκά είναι εντός της πράσινης γραμμής που φαίνεται, καθώς αφήνεται περιθώριο 0,5m από την περίμετρο. Οι διαστάσεις του ακάλυπτου ορθογώνιου χώρου που φαίνεται στο σχήμα είναι 9,32 X 4,75 m. Το συνολικό εμβαδό αξιοποιήσιμου χώρου είναι 58m².

Ο αντιστροφέας που έχει επιλεγεί είναι ισχύος 8 kW προκειμένου να είναι μέσα στα όρια των 7,9 kW που παράγουν τα 36 φωτοβολταϊκά πλαίσια. Με την βοήθεια του προγράμματος προτιμήθηκε από ηλεκτρολογικής απόψεως, η συνδεσμολογία της διάταξης να έχει 2 παράλληλες διασυνδεδεμένες σειρές (strings) των 18 πλαισίων, ώστε να μην υπερβαίνονται τα όρια του ρεύματος βραχυκυκλώσεως I_{sc} και του ρεύματος I_{mp} το οποίο είναι το συνεχές ρεύμα που περνάει μέσα από τον αντιστροφέα σε συνθήκες μέγιστης απόδοσης. Η εισαγωγή των παραπάνω δεδομένων στο πρόγραμμα PVSYS φαίνεται παρακάτω:

The screenshot displays the PVSYS software interface with the following sections:

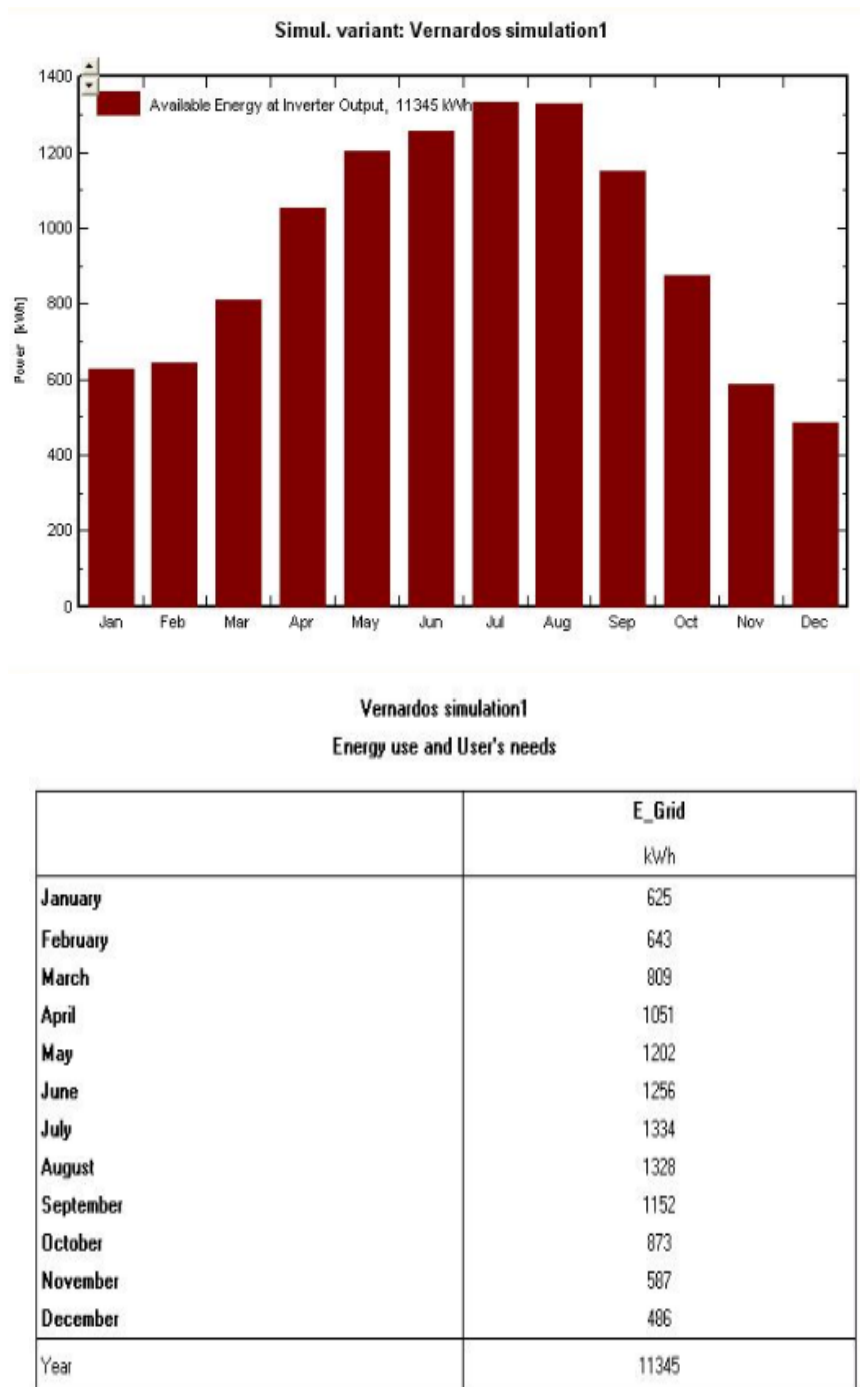
- Global System configuration:** Number of kinds of sub-fields: 1. Includes a 'Simplified Schema' button.
- Global system summary:**

Nb. of modules	36	Nominal PV Power	8.6 kWp
Module area	58 m ²	Maximum PV Power	8.2 kW/dc
Nb. of inverters	1	Nominal AC Power	8.0 kW/ac
- Homogeneous System:**
 - Presizing Help:** Enter planned power: 8.6 kWp, ... or available area: 58 m².
 - Select the PV module:** Sort by Power. Selected: 200 Wp 24V Si-poly ESP series 60, Poly Premium Exel Group. Sizing voltages: $V_{mpp}(60^{\circ}C)$ 26.6 V, $V_{oc}(-10^{\circ}C)$ 41.4 V.
 - Select the inverter:** Sort by Power. Selected: 8.0 kW 380-850 V 50/60 Hz RefuSol 08K REFU Elektronik GmbH. Nb. of inverters: 1. Operating Voltage: 380-850 V, Input maximum voltage: 1000 V, Global Inverter's power: 8.0 kW/ac.
- Design the array:**
 - Number of modules and strings:** Mod. in series: 18 (should be between 15 and 24), Nbre strings: 2. Overload loss: 0.0%, $P_{nom\ ratio}$: 1.08. Includes a 'Show sizing' button.
 - Operating conditions:**

$V_{mpp}(60^{\circ}C)$	478 V
$V_{mpp}(20^{\circ}C)$	567 V
$V_{oc}(-10^{\circ}C)$	744 V
 - Plane irradiance:** 1000 W/m². Max. in data selected. STC selected.
 - Max. operating power:** 7.9 kW at 1000 W/m² and 50°C.
 - Summary:** $I_{sc}(STC)$ 17.1 A, $I_{sc}(at\ STC)$ 16.9 A, **Array nom. Power (STC)** 8.6 kWp.

Εικόνα 12.7: Ρύθμιση παραμέτρων και επιλογή inverter.

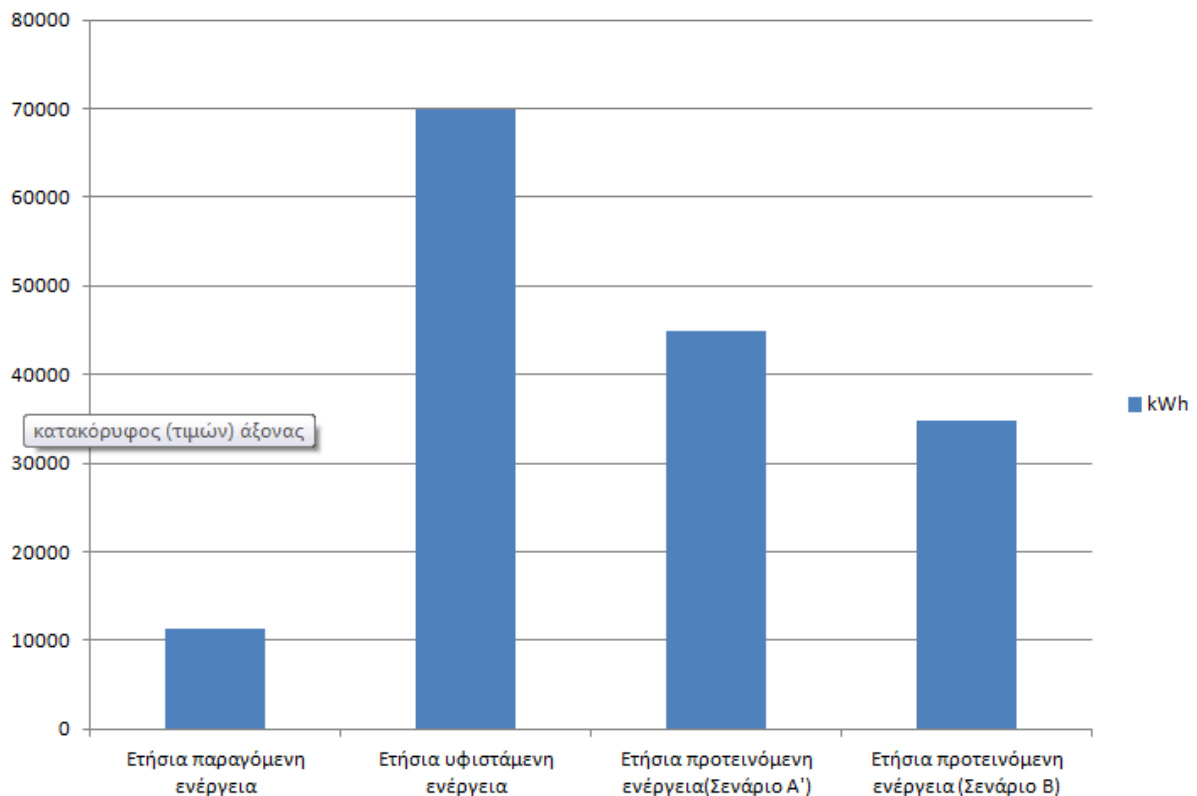
Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα με τις ενεργειακές αποδόσεις όλων των μηνών:



Εικόνα 12.8: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Με την άθροιση των μηνιαίων ηλεκτρικών παραγωγών υπολογίζεται ότι συνολικά πωλούνται στο δίκτυο της ΔΕΗ 11.345 kWh κατά την διάρκεια ενός χρόνου. Οι ενεργειακές υφιστάμενες ανάγκες του κτιρίου υπολογίστηκαν σε 69854,4 kWh και της προτεινόμενης των δύο σεναρίων Α και Β αντίστοιχα σε 44838,96 kWh και 34.699,2 kWh. Αυτά τα

νούμερα φαίνονται εικονικά και στα παρακάτω διαγράμματα όπου και φαίνεται η σύγκριση μεταξύ παραγόμενης και καταναλισκόμενης ενέργειας.



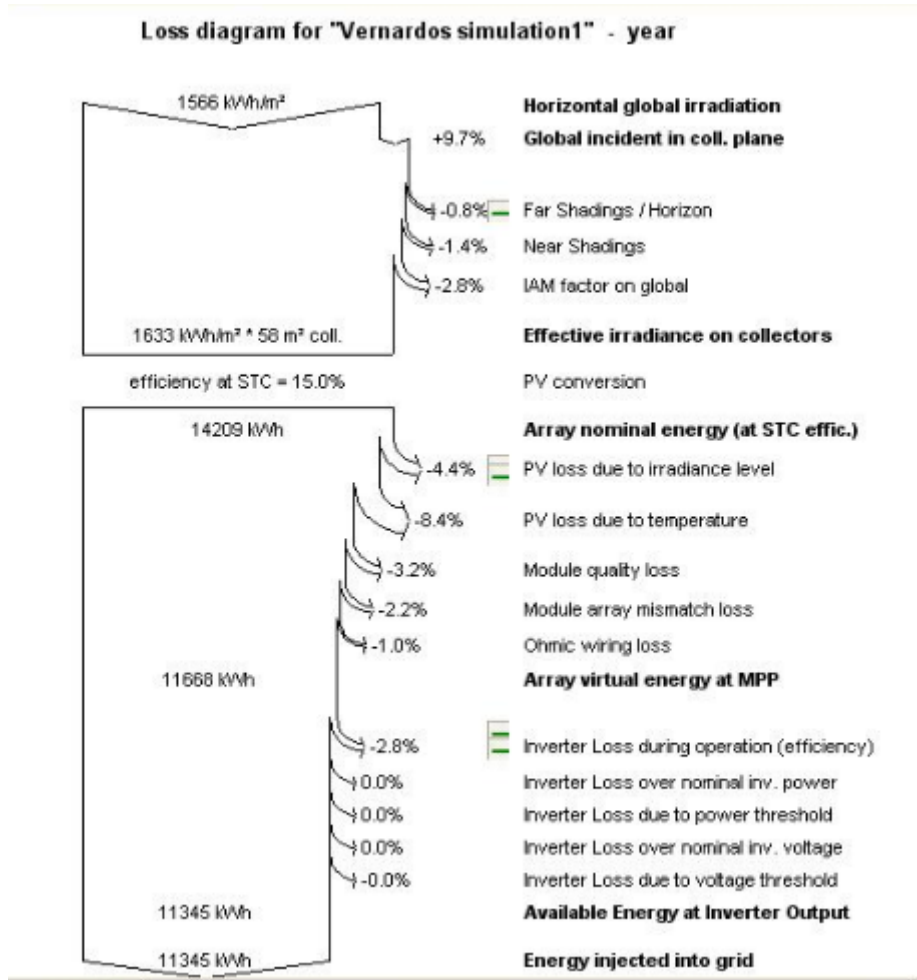
Σχήμα 12.1: Σύγκριση παραγόμενης και καταναλισκόμενης ενέργειας.

Η παραγόμενη ενέργεια είναι περίπου το 16 % της υφιστάμενης ετήσιας ενέργειας. Ακόμα και με την πρόταση αξιοποίησης φυσικού φωτισμού (Σενάριο B) υπολογίζεται ότι η ετήσια παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν αντιστοιχεί σε παραπάνω από το 33 % της υφιστάμενης ετήσιας ενέργειας και καθιστά το κτίριο ενεργειακά μη αυτόνομο.

Στις δύο εικόνες που ακολουθούν φαίνονται αναλυτικά οι παράμετροι όλης της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων, όπως παρουσιάζεται μέσω του προγράμματος PVSYS, καθώς επίσης και οι αναλυτικές απώλειες του συστήματος.

PVSYST V5.42		08/07/11		Page 1/4	
Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project :	Vernardos				
Geographical Site	Athinal	Country	Greece		
Situation	Latitude: 38.0°N	Longitude	23.4°E		
Time defined as	Legal Time: Time zone UT+2	Altitude	107 m		
	Albedo: 0.20				
Meteo data :	Athinal, Synthetic Hourly data				
Simulation variant :	Vernardos simulation1				
	Simulation date: 08/07/11 12:54				
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation	Tilt: 22°	Azimuth:	12°		
Shading	Pitch: 6.35 m	Collector width:	3.30 m		
Inactive board	Top: 0.00 m	Bottom:	0.00 m		
Sliding Intraangle	Gamma: 20.59 °	Occupation Ratio:	52.0 %		
Horizon	Average Height: 4.0°				
Near Shadings	No Sladings				
PV Array Characteristics					
PV module	Si-poly	Model:	EIP series 60, Poly Premium		
	Manufacturer:	Electronip			
Number of PV modules	In series:	16 modules	In parallel:	2 strings	
Total number of PV modules	Nb. modules:	36	Unit Nom. Power:	240 Wp	
Array global power	Nominal (STC):	8.6 kWp	At operating cond.:	7.9 Wp (50°C)	
Array operating characteristics (50°C)	U npp:	501 V	I npp:	16 A	
Total area	Module area:	58.0 m ²	Cell area:	52.6 m ²	
Inverter					
	Model:	Refu Sol 08 K			
	Manufacturer:	REFU Elektronik GmbH			
Characteristics	Operating Voltage:	380-850 V	Unit Nom. Power:	8.00 kW AC	
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor	Uc (cooling):	20.0 W/m ² K	Ua (wind):	0.0 W/m ² K/m/s	
	⇒ Nominal Oper. Cell Temp. (G=800 W/m ² , Tamb=20°C, Wind velocity= 1m/s)				
Wiring Ohmic Loss	Global array res.:	532 mΩ/m	Loss Fraction:	1.5 % at STC	
Module Quality Loss			Loss Fraction:	3.0 %	
Module Mismatch Losses			Loss Fraction:	2.0 % at MPP	
Incidence effect, ASHRAE parameterization	IRL =	1 - bi (1cos θ - 1)	bi Parameter:	0.05	
User's needs :	Unlimited load (grid)				

Εικόνα 12.9: Χαρακτηριστικά των πλαισίων και των inverter που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη .



Εικόνα 12.10: Αναλυτικές απώλειες.

Βιβλιογραφία

- [1] Green building Improved Energy Efficiency for Non-Residential Buildings, European Commission's Joint Research Centre. www.eu-greenbuilding.org.
- [2] World Energy Council <http://www.worldenergy.org>.
- [3] «Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [4] Εφημερίς της κυβέρνησης της Ελληνικής Δημοκρατίας – Τεύχος Δεύτερο /Αρ. Φύλλου 407, 9 Απριλίου 2010.
- [5] Εγκύκλιος, ΘΕΜΑ: ‘Εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)’ Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης περιβάλλοντος και ενέργειας, Ειδική Γραμματεία επιθεωρητών ενέργειας, Αθήνα 4 Οκτωβρίου 2010.
- [6] Νόμος 3661, Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων, ΚΕΝΑΚ.
- [7] Οδηγός Επιλέξιμων Δράσεων /Ενεργειών και Υποβαλλόμενων Στοιχείων ανά Άξονα Προτεραιότητας του Προγράμματος «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ».
- [8] Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης , Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) www.cres.gr.
- [9] “ Wind power for home and business” P.Gipe.Chelsea Green Publishing Company, 1993.
- [10] “Ανεμοκινητήρες”, Γ. Μπεργελές. Εκδόσεις Συμεών .
- [11] “Η ενέργεια και οι πηγές της: Τι, Πώς, Γιατί” Θ. Καλκάνης ,ΚΑΠΕ, 1997..
- [12] “Γεωθερμική Ενέργεια.Δυνατότητες ανάπτυξης γεωθερμικών εφαρμογών”, Γ. Καναβάκης, ΚΑΠΕ, 1995.
- [13] “Solar engineering of thermal processes” J. Duffie, W. Beckman , John & Sons 1991.
- [14] “ Solar thermal engineering, space heating and hot water systems”, P. J. Lunde, John Wiley & Sons, 1980.
- [15] Στάθης Τσελεπής, ‘Φωτοβολταϊκά στα κτίρια’ , Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [16] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, “ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑ” Βασικές αρχές φωτομετρίας και μελέτες φωτισμού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1994.

Βιβλιογραφία

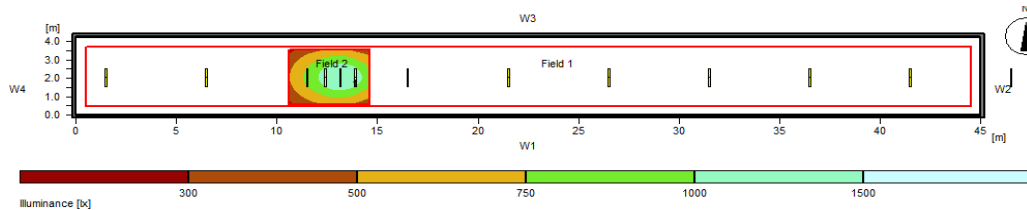
- [17] “ Daylight in Buildings” A SOURCE BOOK ON DAYLIGHTING SYSTEMS AND COMPONENTS, A report of IEA SHC Task 21/ ECBCS Annex 29, July 2000.
- [18] Λάμπρος Θ. Δούλος, Διδακτορική διατριβή, "Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού", Αθήνα, Οκτώβριος 2010.
- [19] IESNA, "The IESNA Lighting Handbook, Reference and Application", 9th edition, ISBN 0-87995-150-8, 2000.
- [20] Opdal Knut, Bjorn Brekke, Energy saving in lighting by utilisation of daylight, Newcastle, England, 1995.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό

Χώροι ισογειού:

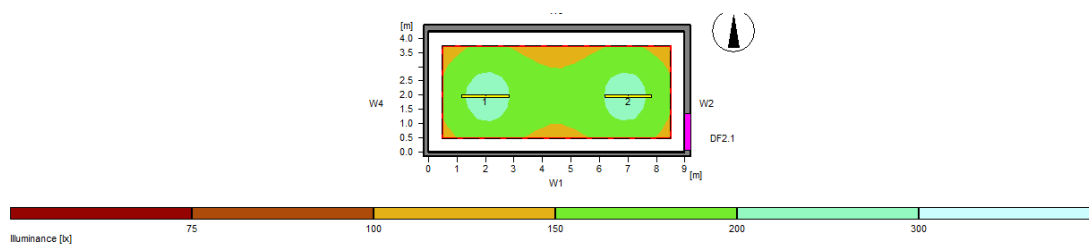
Χώρος 15



General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	80600 lm
Total power	1105 W
Total power per area (191.25 m ²)	5.78 W/m ²

Illuminance	
Average illuminance	E _{av} 770 lx
Minimum illuminance	E _{min} 282 lx
Maximum illuminance	E _{max} 1260 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _{max} 1:2.73 (0.37)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max} 1:4.45 (0.22)

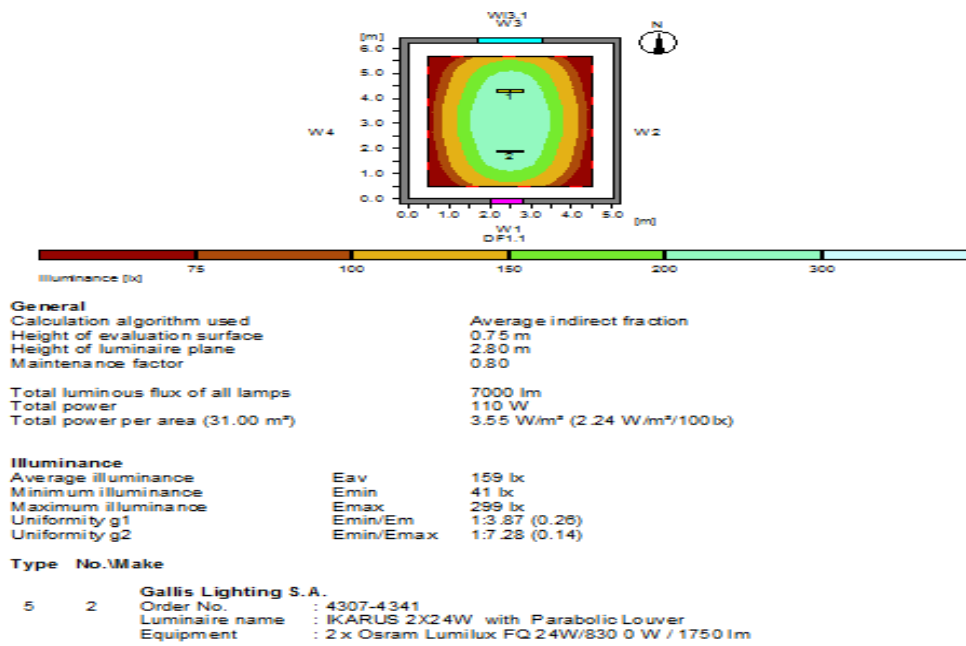
Χώρος 14



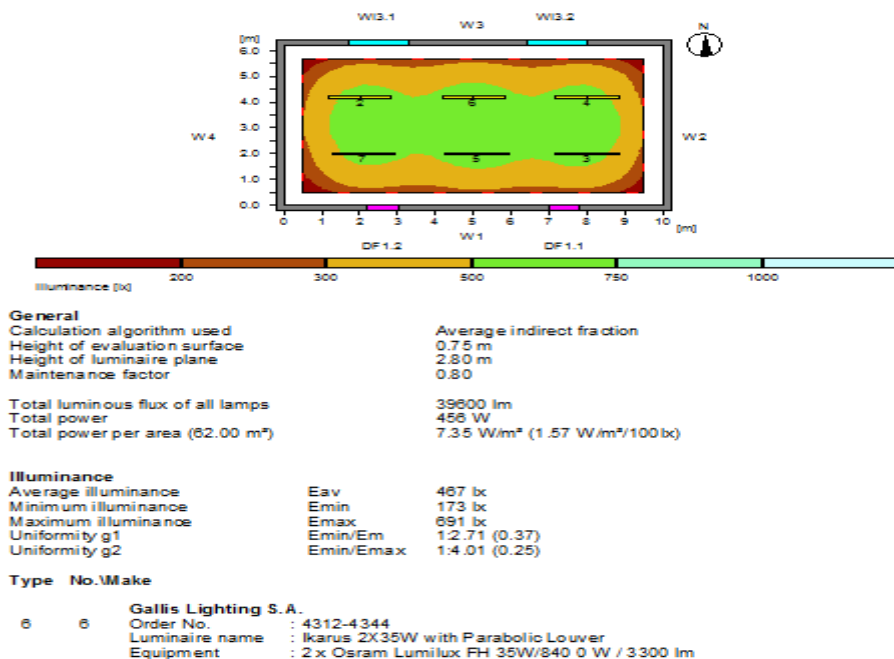
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	4.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	13200 lm
Total power	162 W
Total power per area (38.25 m ²)	3.97 W/m ² (2.35 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	E _{av} 169 lx
Minimum illuminance	E _{min} 115 lx
Maximum illuminance	E _{max} 216 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _{max} 1:1.48 (0.68)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max} 1:1.88 (0.53)

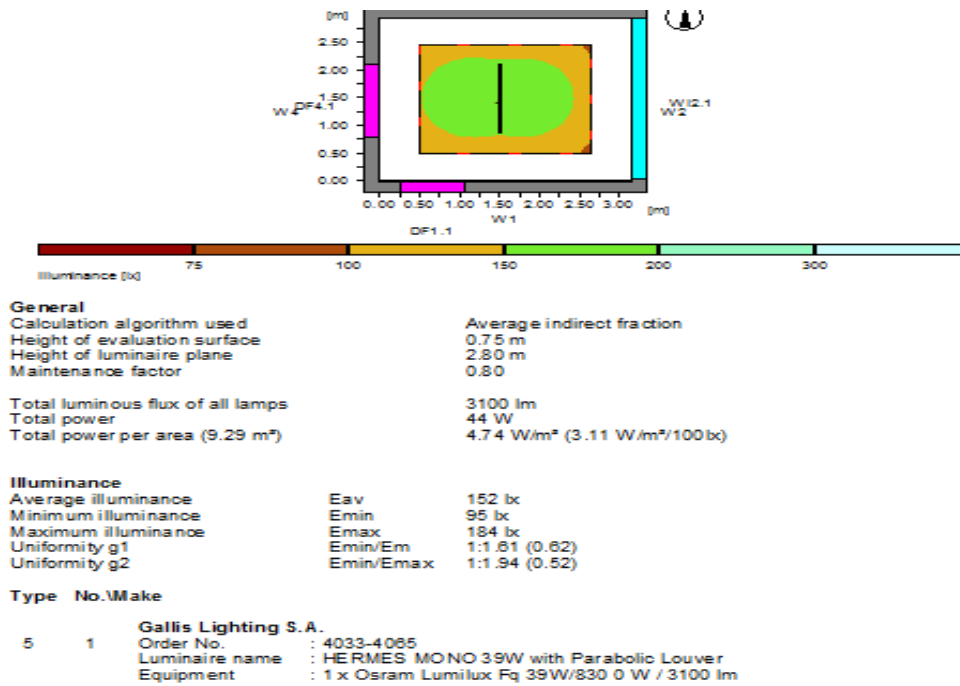
Χώρος 16



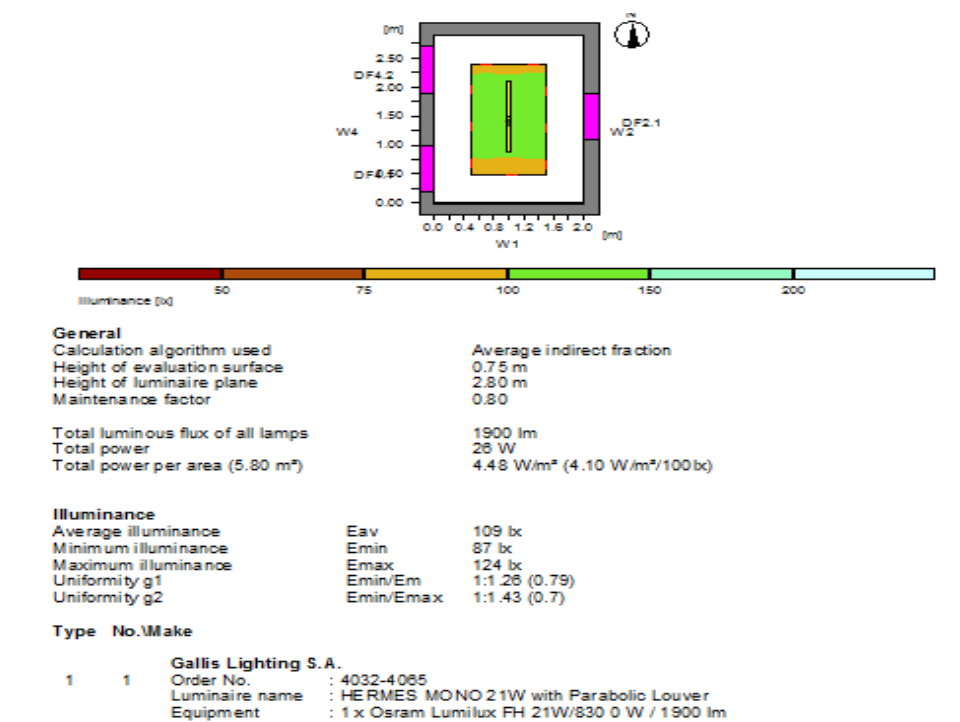
Χώρος 72



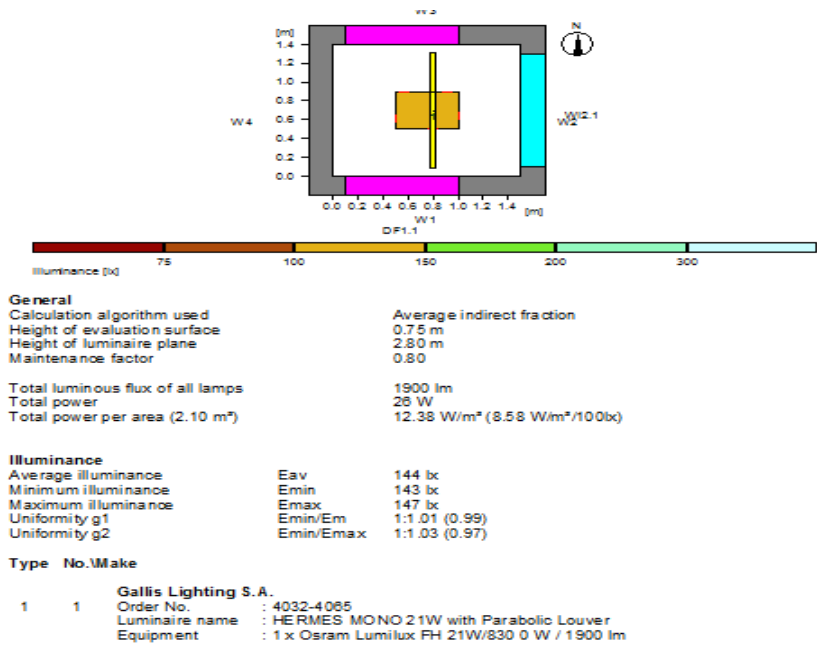
Χώρος 74



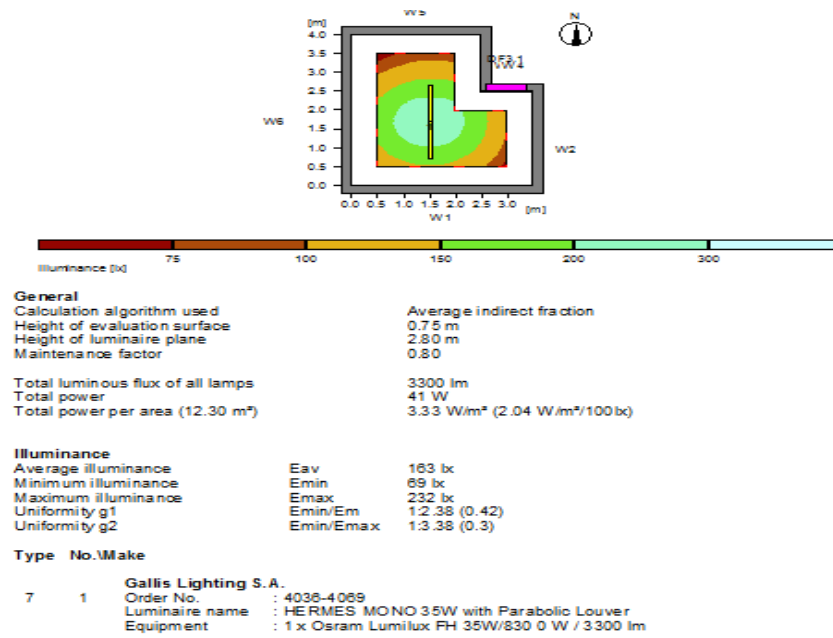
Χώρος 75



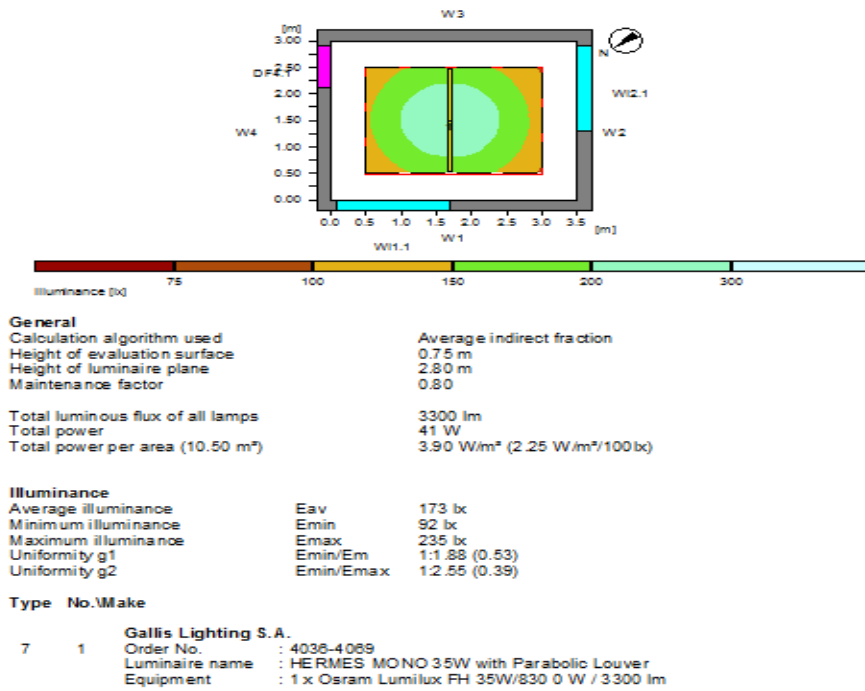
Χώρος 76



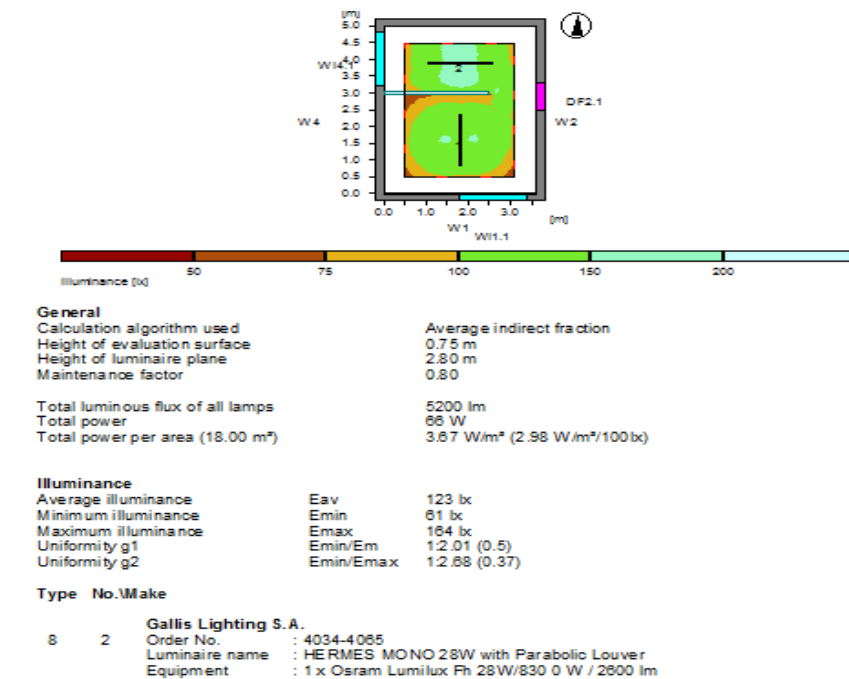
Χώρος 77



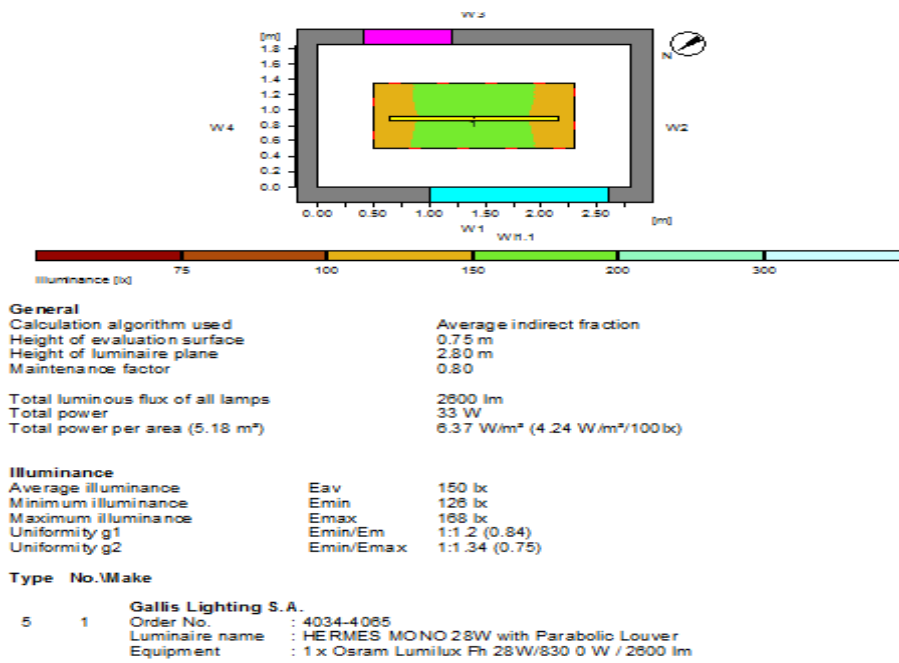
Χώρος 78



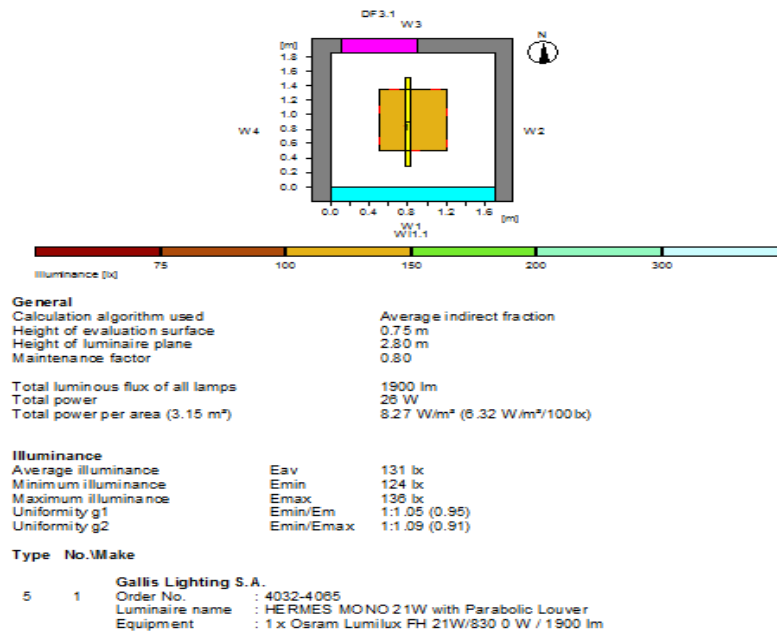
Χώρος 79



Χώρος 80

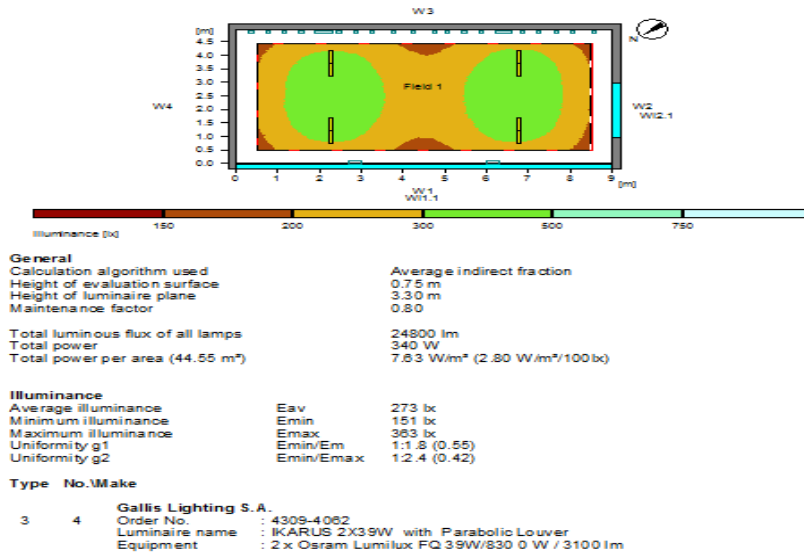


Χώρος 81

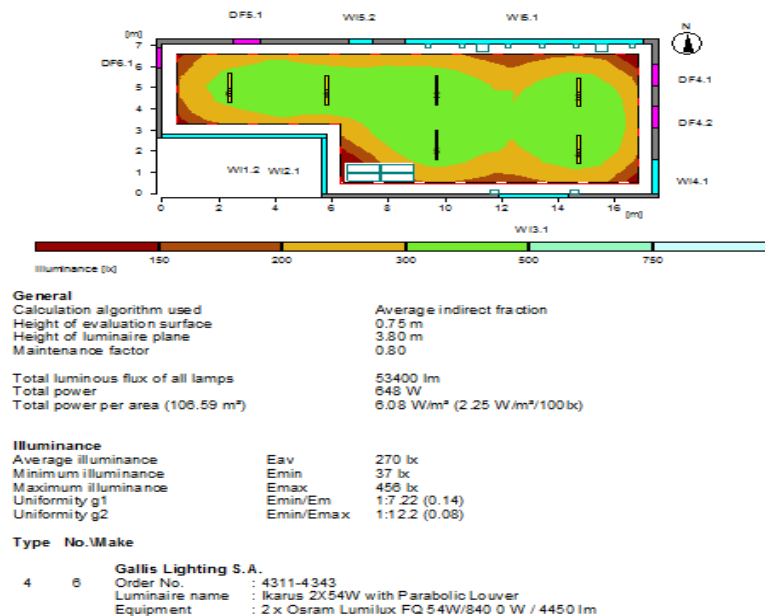


Χώροι ισογείου:

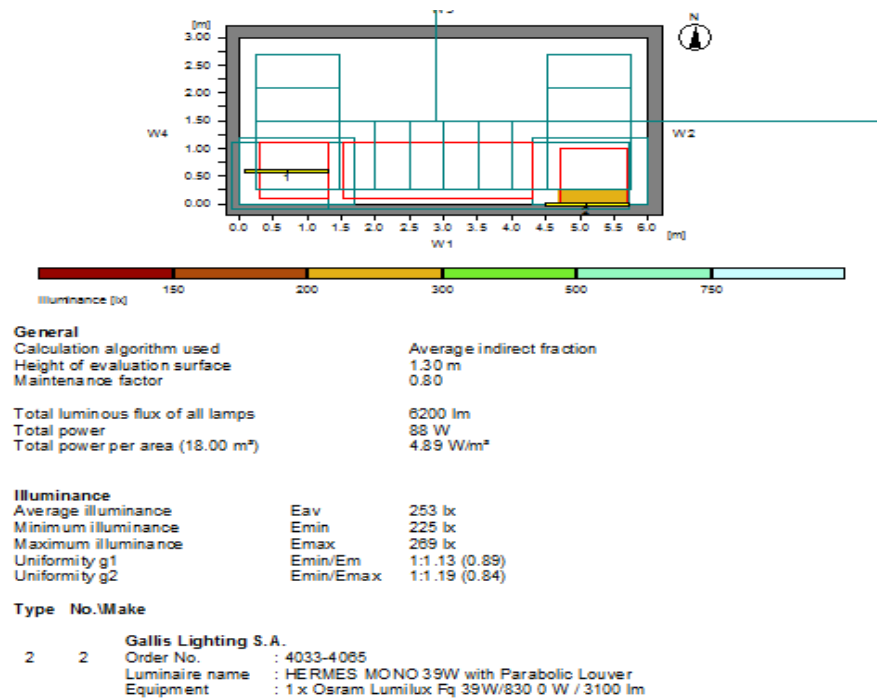
Χώρος 0



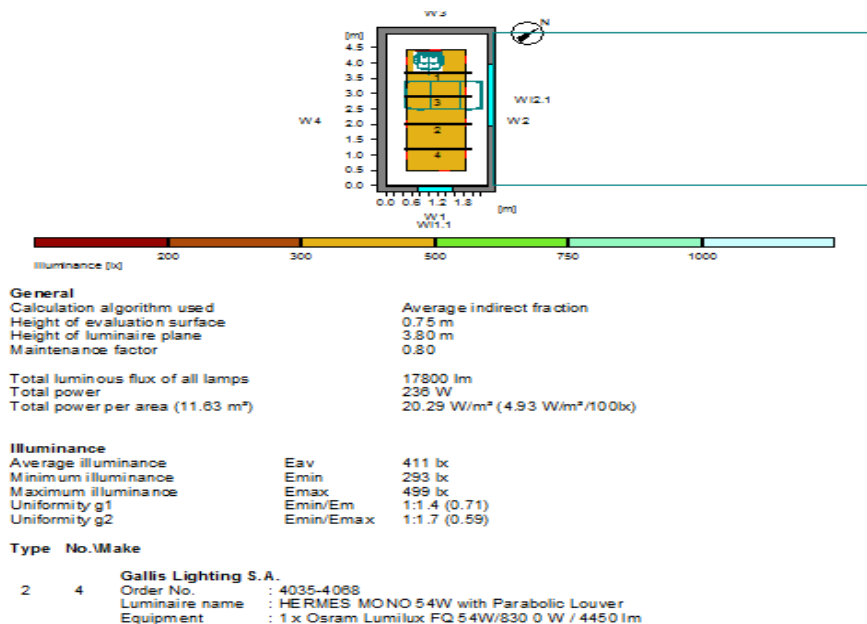
Χώρος 1



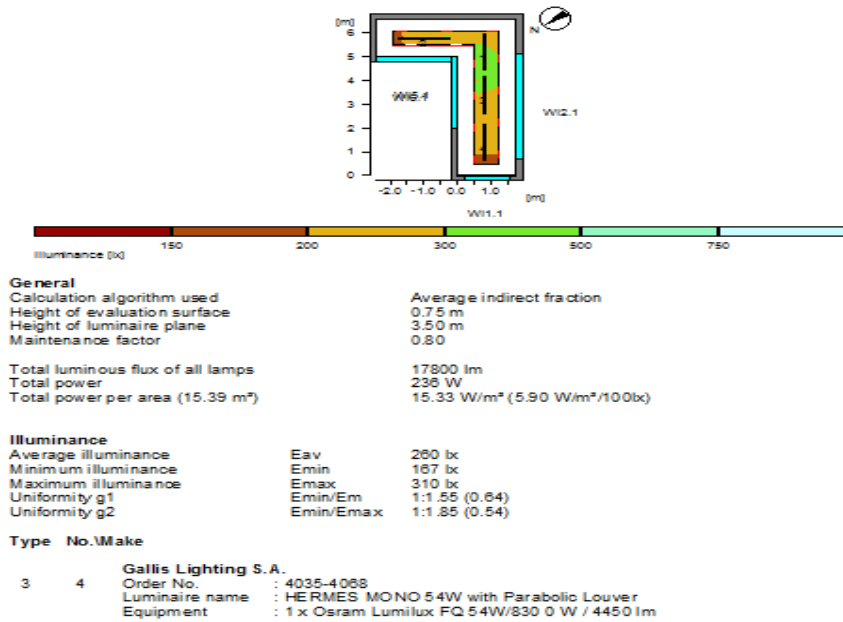
Σκάλες ισογείου



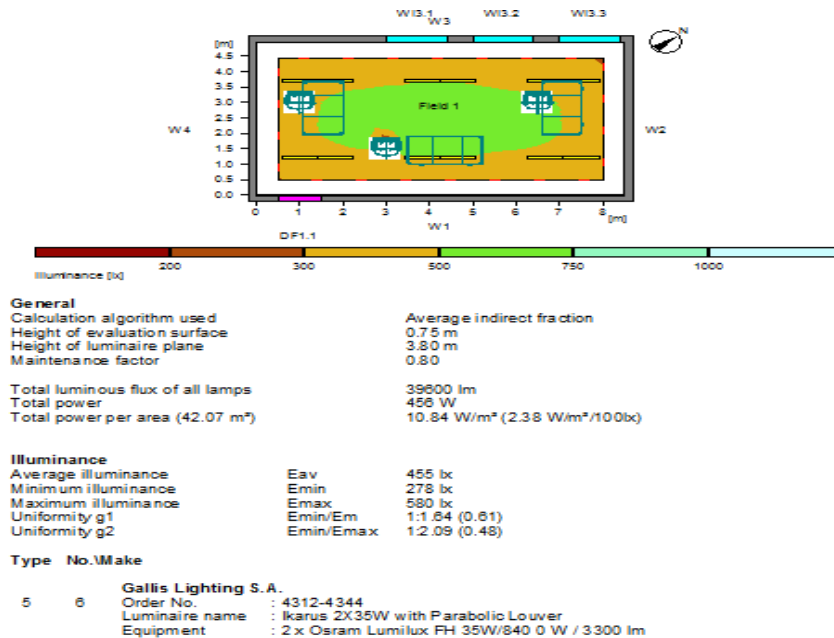
Χώρος 2



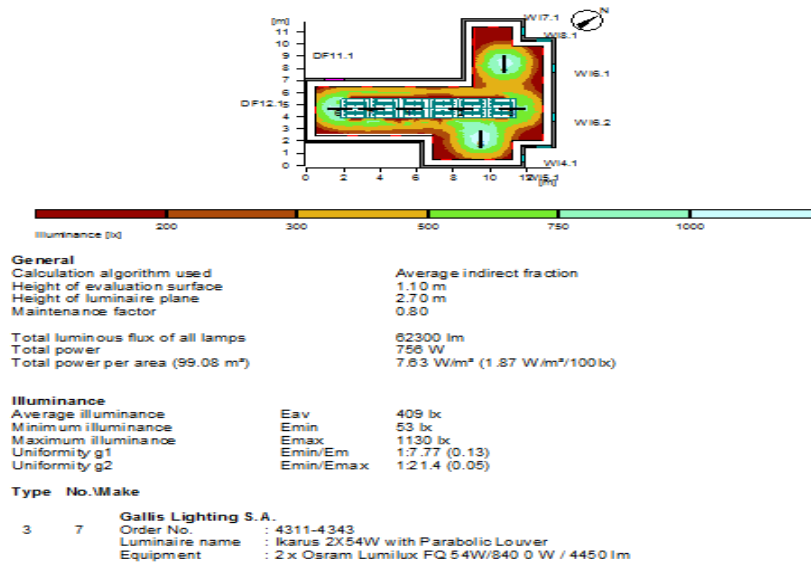
Χώρος 5



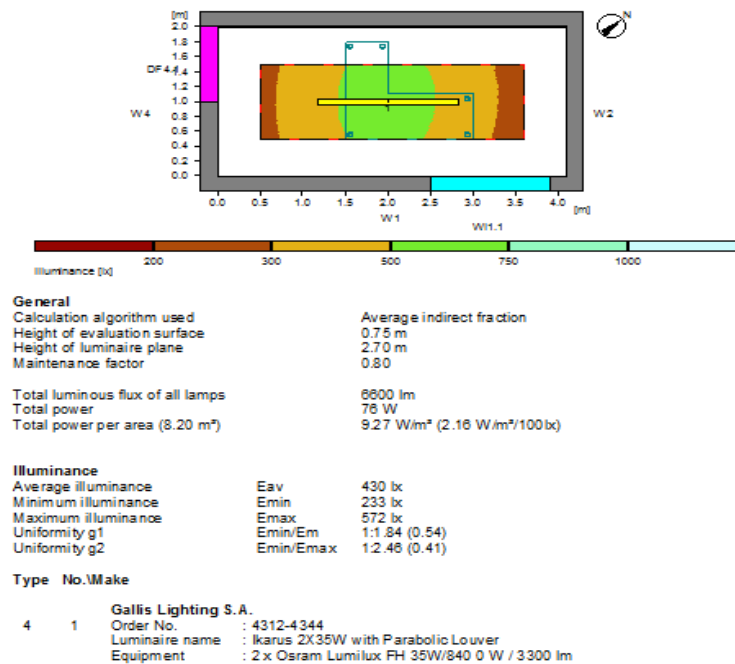
Χώρος 6



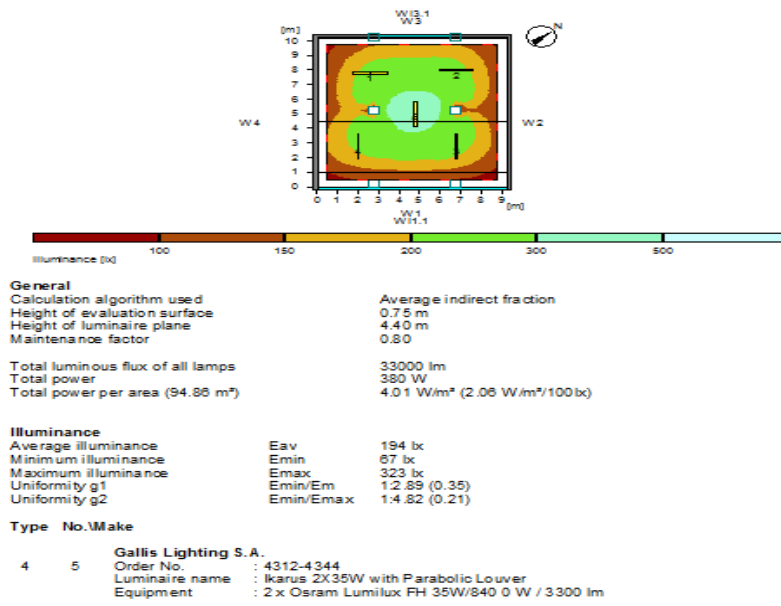
Χώρος 7



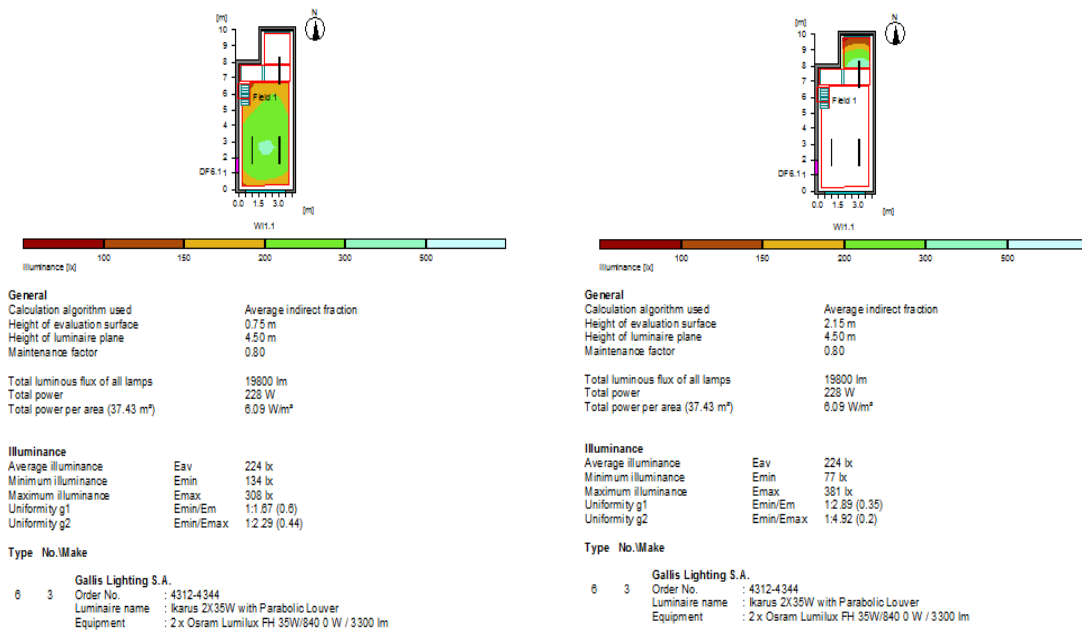
Χώρος 8



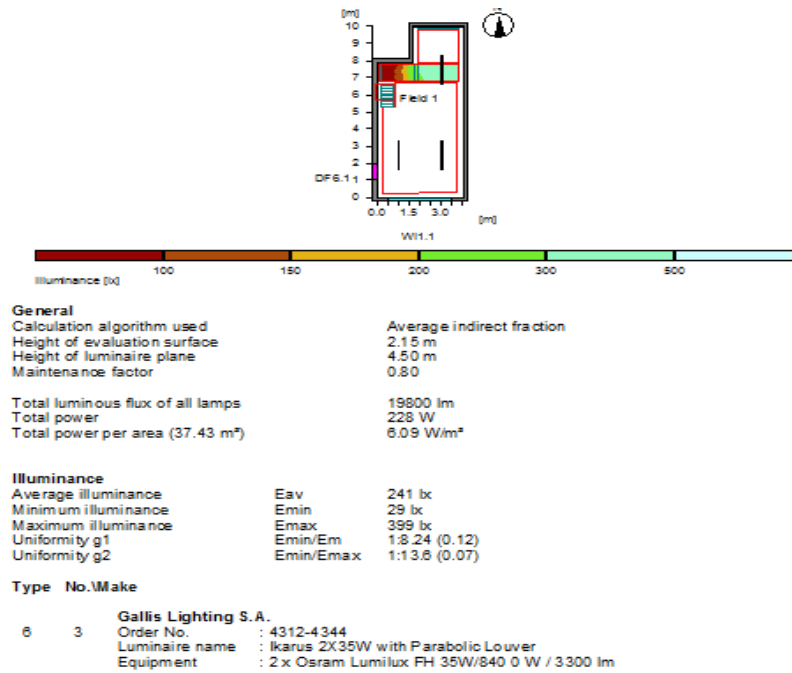
Χώρος 10



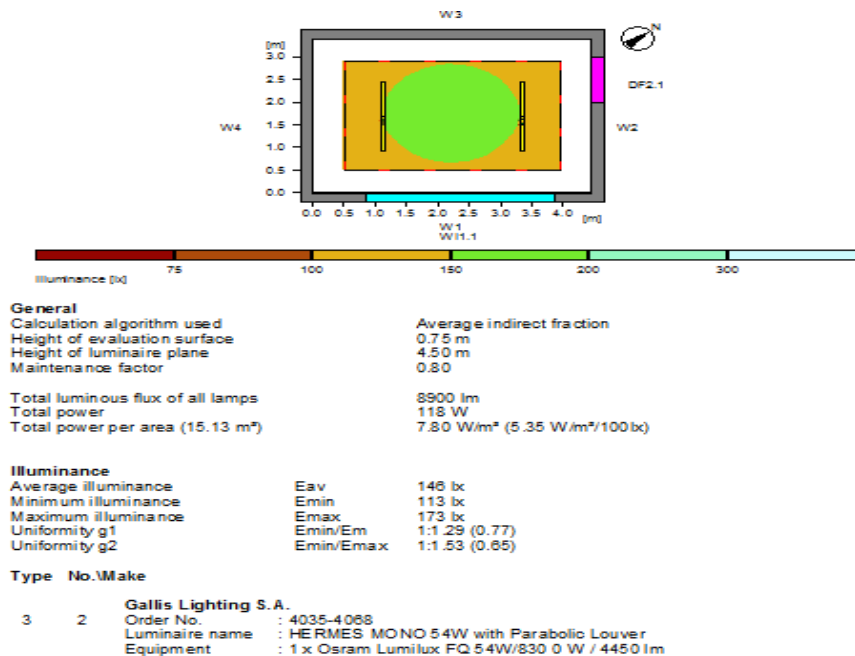
Χώρος 12



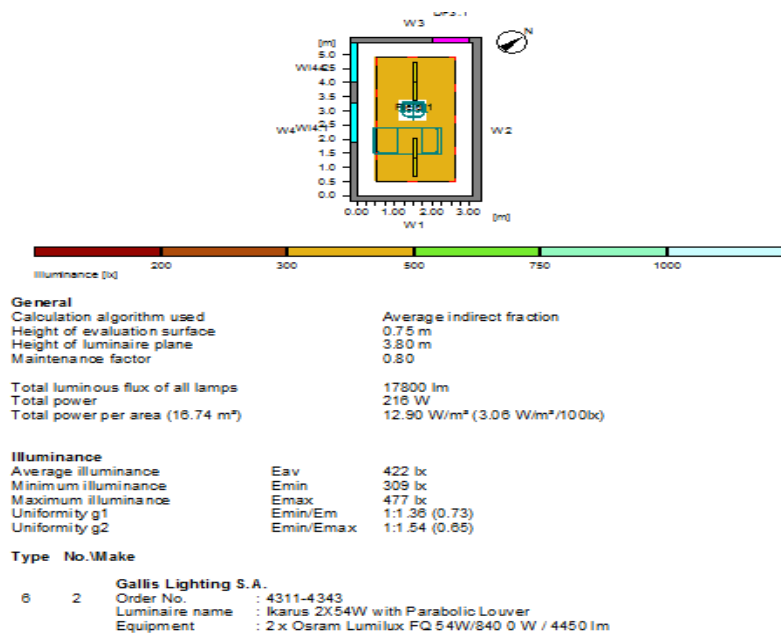
Χώρος 12 (2^ο επίπεδο)



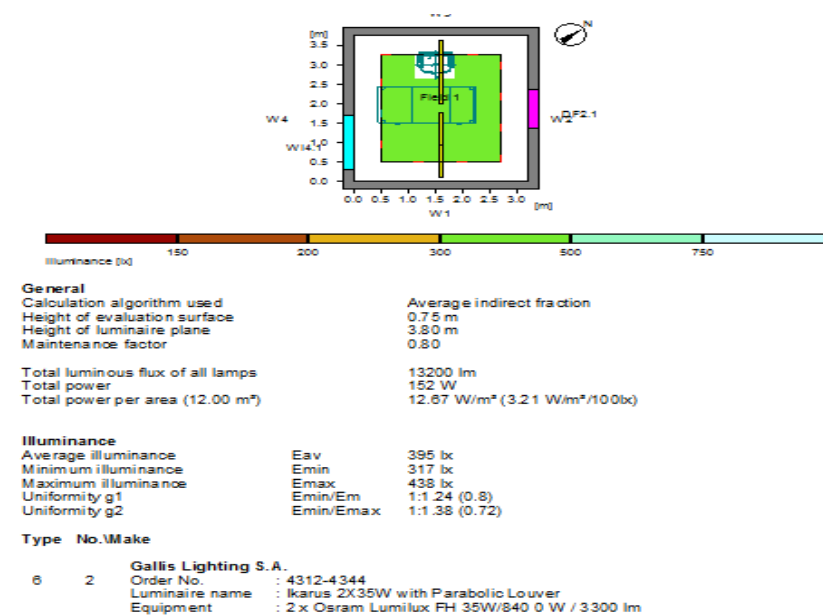
Χώρος 13



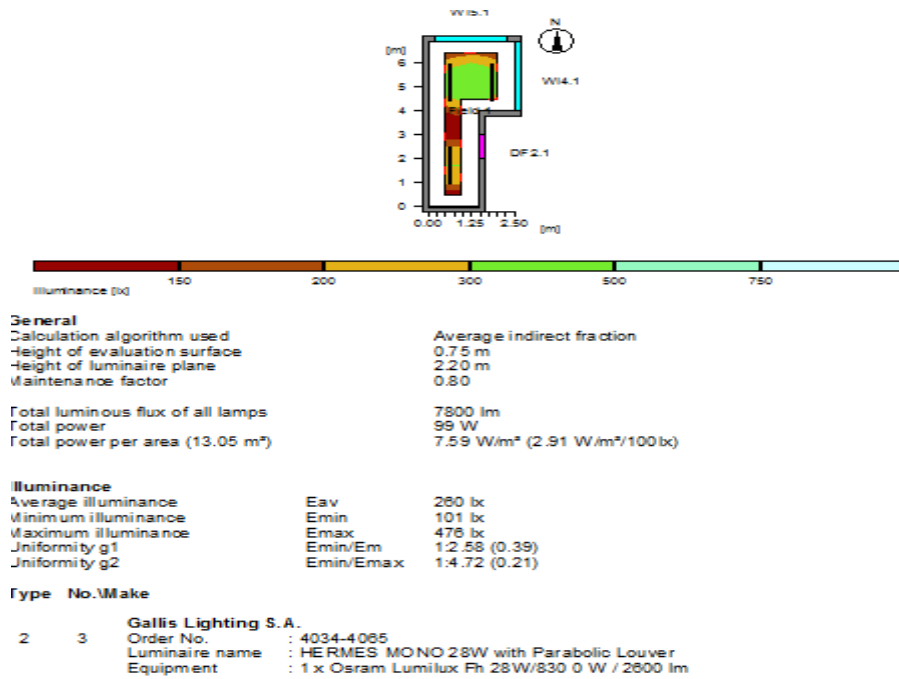
Χώρος 84



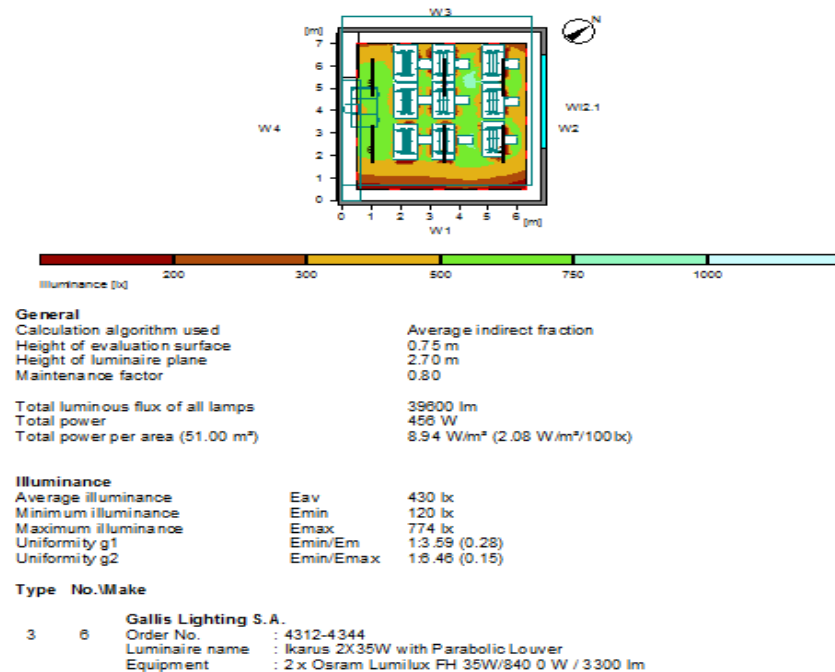
Χώρος 85



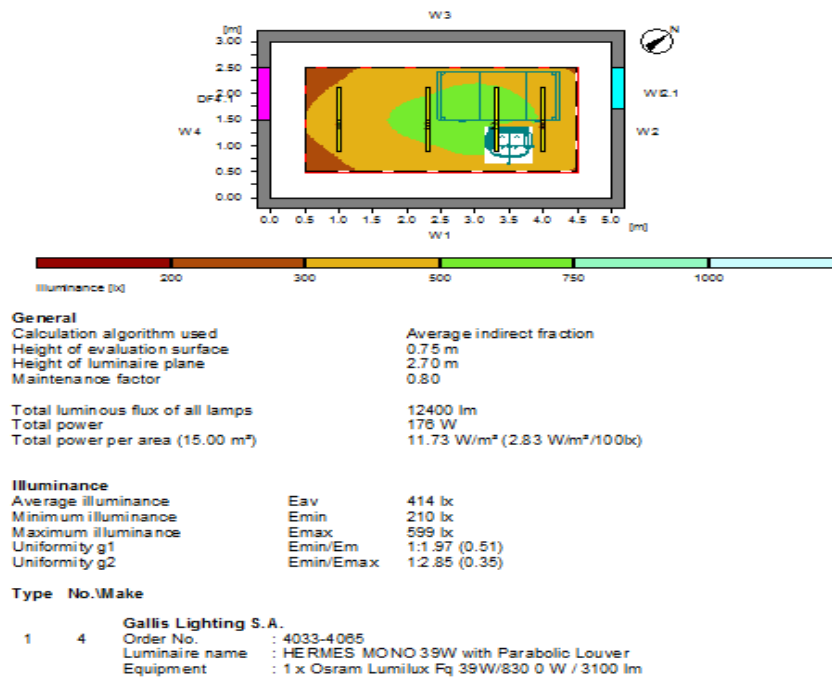
Νέος χώρος διάδρομος



Νέος χώρος διδασκαλίας

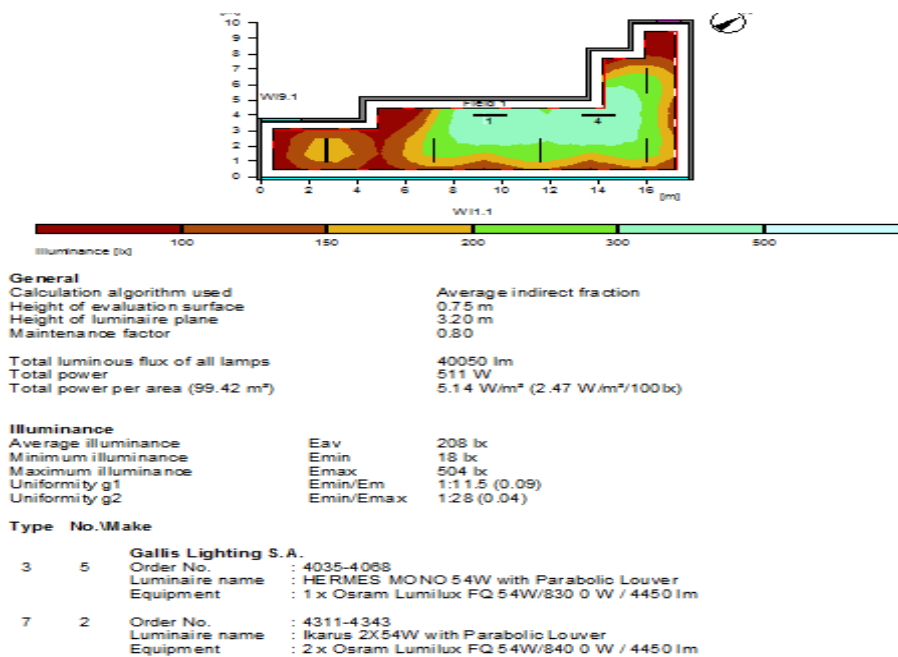


Νέος χώρος γραφείου

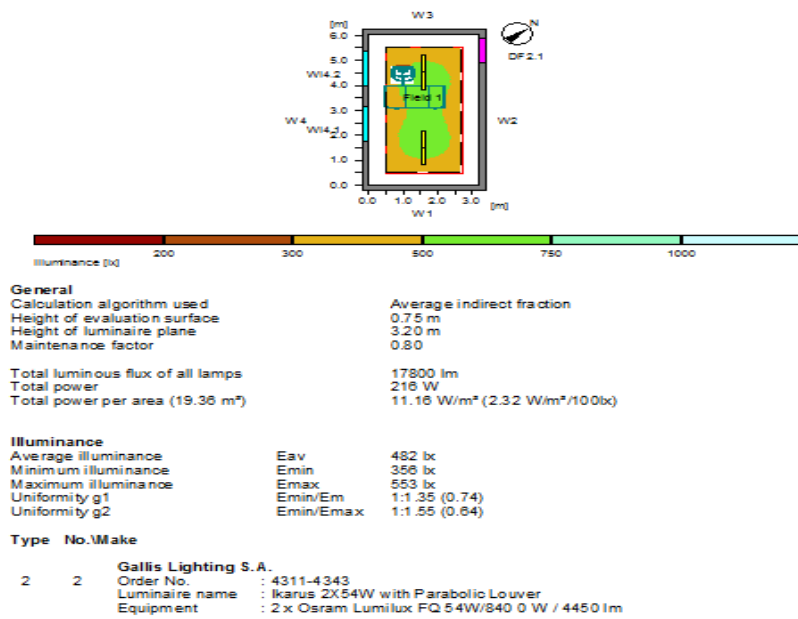


Χώροι Α' ορόφου:

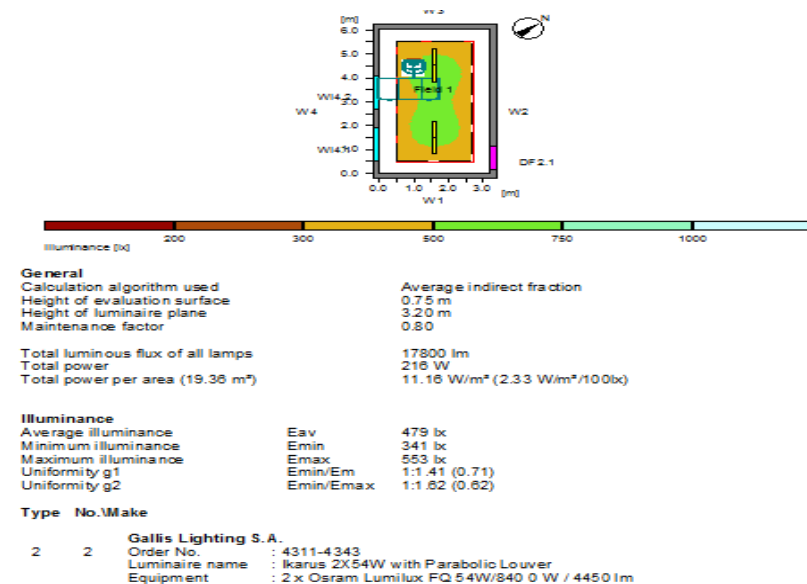
Χώρος 19



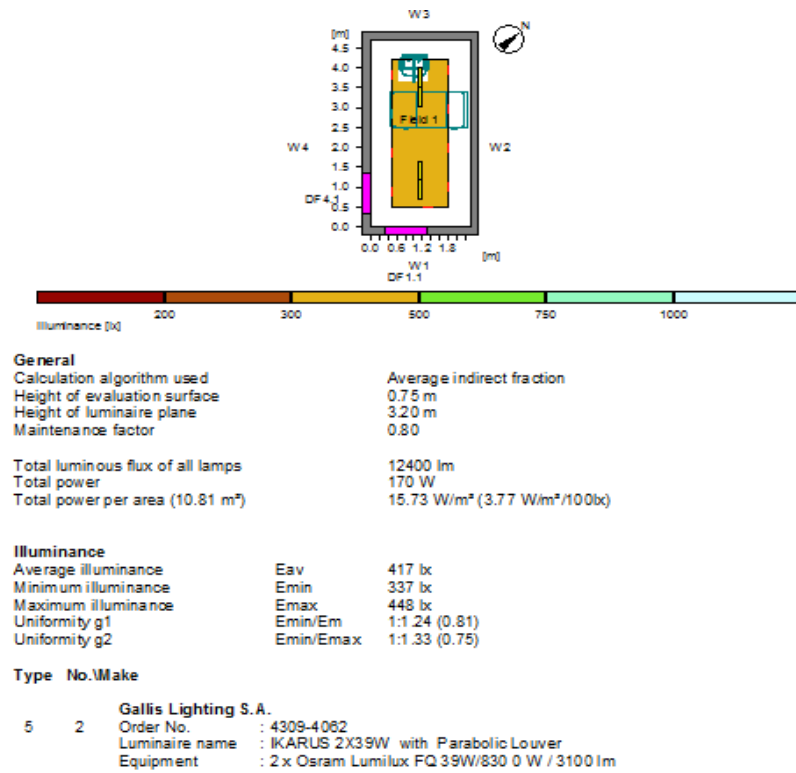
Χώρος 20



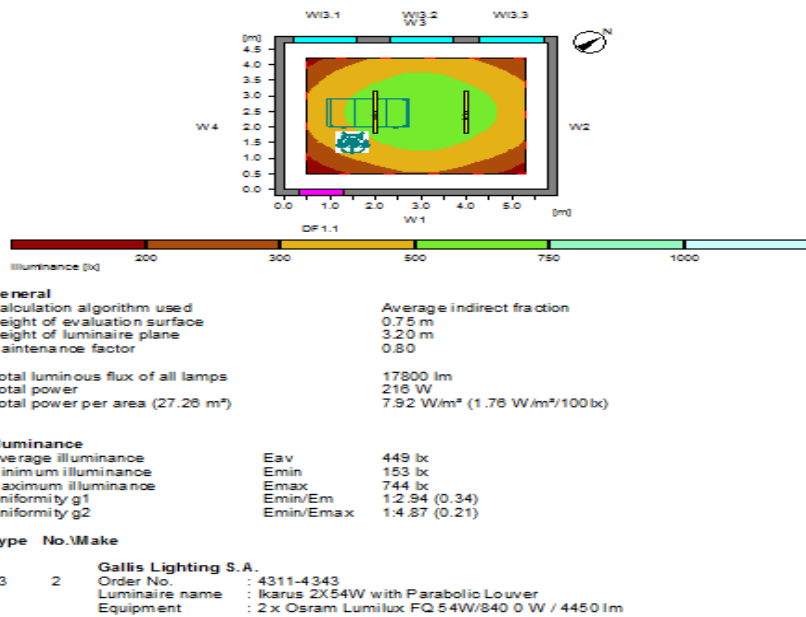
Χώρος 21



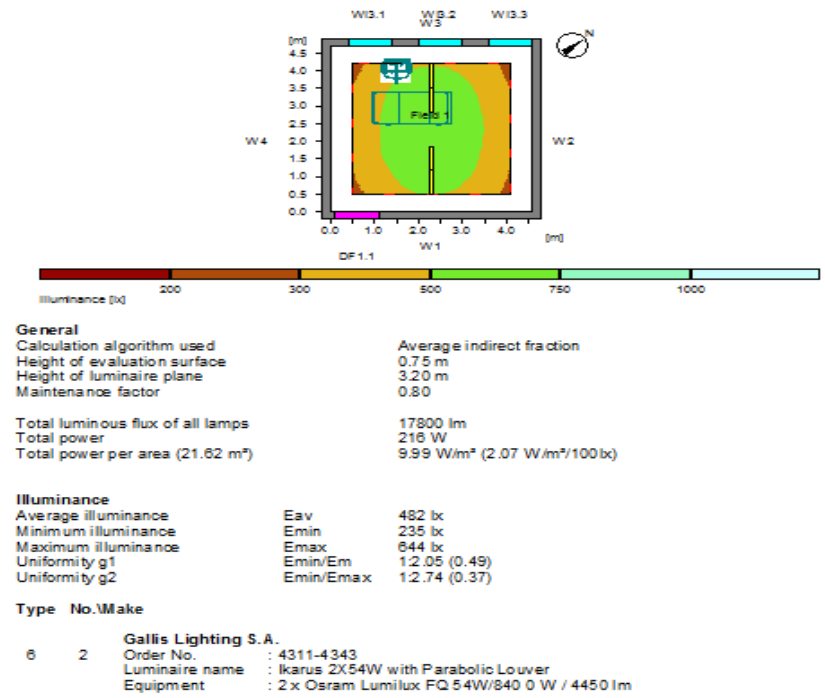
Χώρος 22



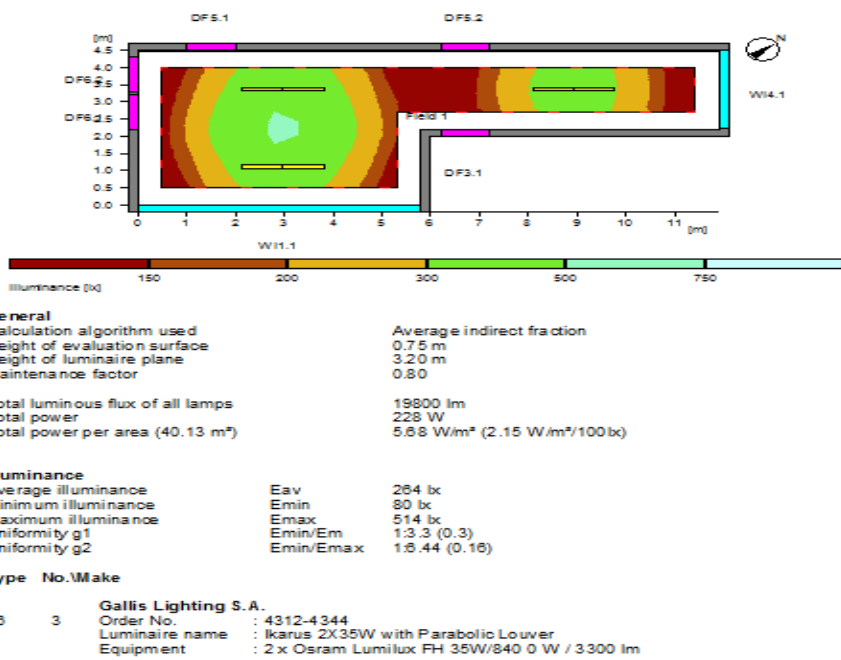
Χώρος 23



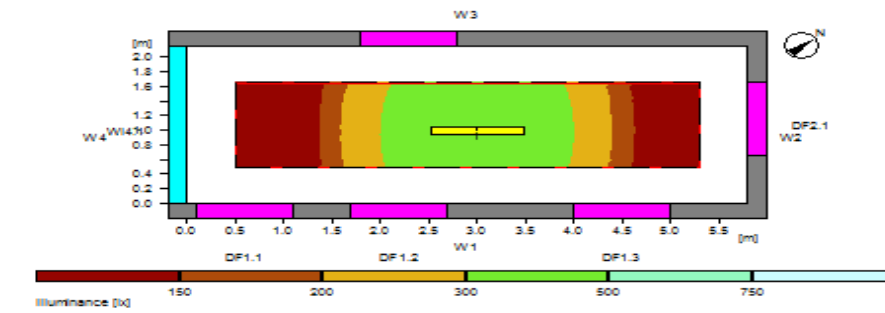
Χώρος 24



Χώρος 25



Χώρος 26

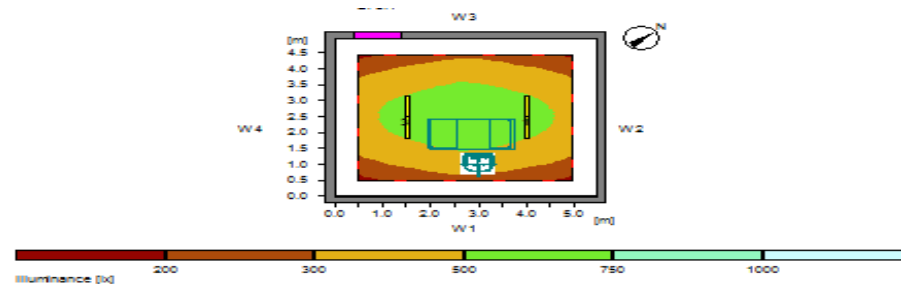


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.70 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	6200 lm
Total power	85 W
Total power per area (12.47 m ²)	6.82 W/m ² (2.69 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 254 lx
Minimum illuminance	Emin 42 lx
Maximum illuminance	Emax 485 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:8.03 (0.17)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:11.5 (0.09)

Type	No.	Make
		Gallis Lighting S.A.
3	1	Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 39W/830 0 W / 3100 lm

Χώρος 30

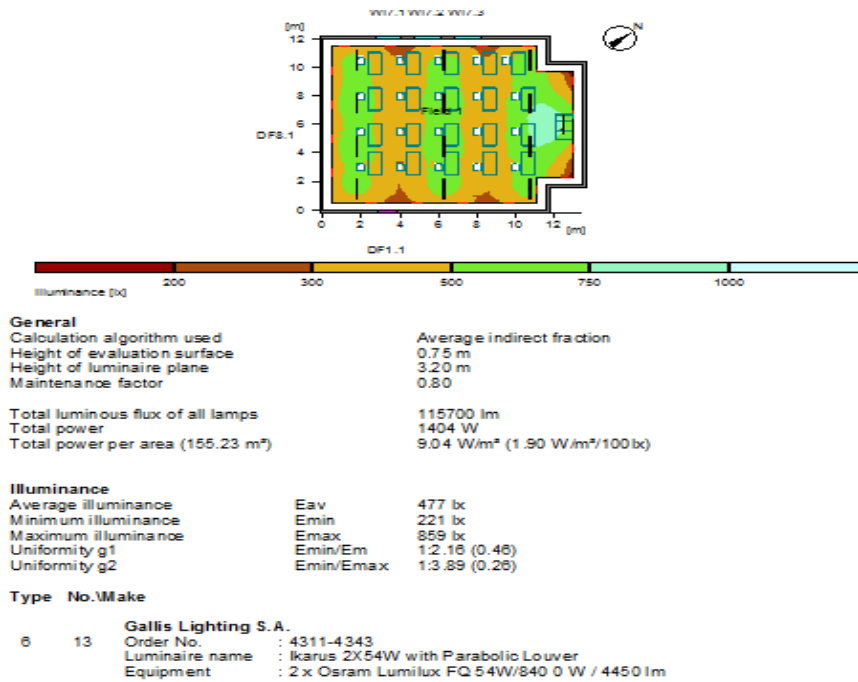


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.20 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (26.98 m ²)	8.01 W/m ² (1.92 W/m ² /100lx)

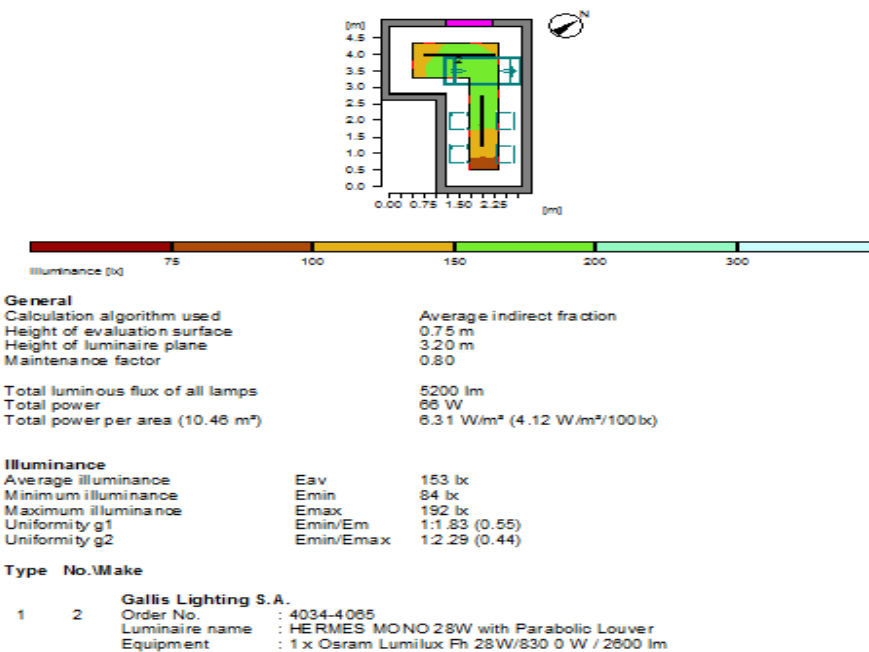
Illuminance	
Average illuminance	Eav 416 lx
Minimum illuminance	Emin 171 lx
Maximum illuminance	Emax 670 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.43 (0.41)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.91 (0.26)

Type	No.	Make
		Gallis Lighting S.A.
7	2	Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

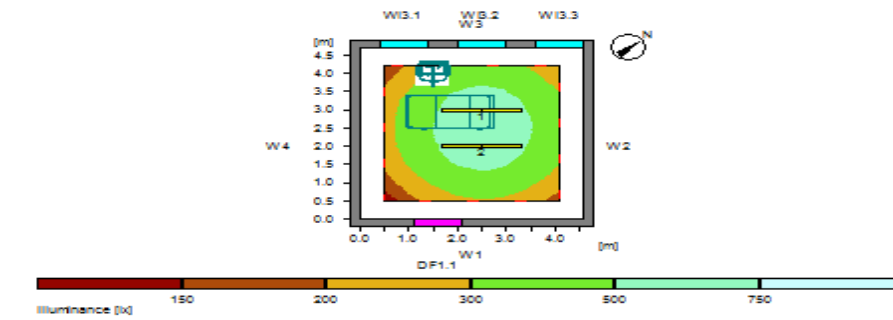
Χώρος 31



Χώρος 32



Χώρος 34

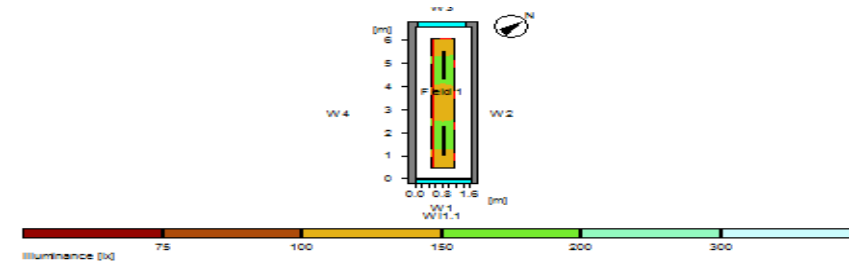


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.20 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	13200 lm
Total power	152 W
Total power per area (21.82 m ²)	7.03 W/m ² (1.77 W/m ² /100 lx)

Illuminance		
Average illuminance	Eav	397 lx
Minimum illuminance	Emin	121 lx
Maximum illuminance	Emax	654 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:3.27 (0.31)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:5.39 (0.19)

Type	No.	Make
5	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος 35

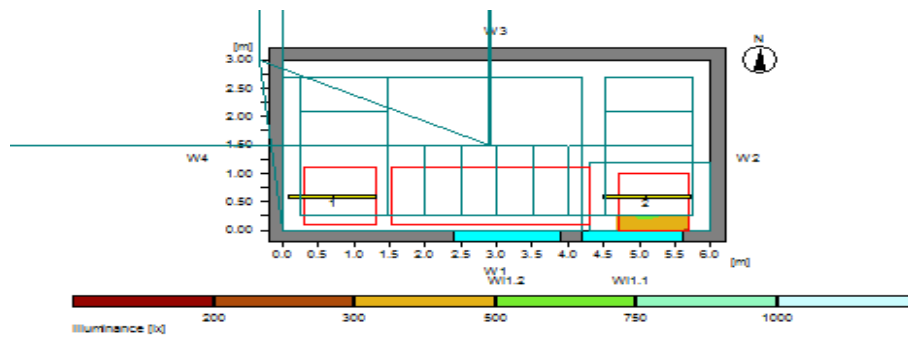


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.20 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	6200 lm
Total power	88 W
Total power per area (10.89 m ²)	8.08 W/m ² (5.55 W/m ² /100 lx)

Illuminance		
Average illuminance	Eav	146 lx
Minimum illuminance	Emin	114 lx
Maximum illuminance	Emax	162 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.28 (0.78)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.42 (0.7)

Type	No.	Make
1	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4033-4085
		Luminaire name : HERMES MONO 39W with Parabolic Louver
		Equipment : 1 x Osram Lumilux Fq 39W/830 0 W / 3100 lm

Χώρος 36 (σκάλες)



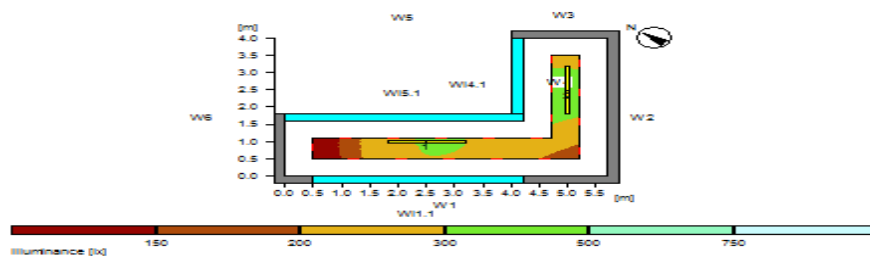
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	1.85 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	6200 lm
Total power	88 W
Total power per area (18.00 m ²)	4.89 W/m ²

Illuminance	
Average illuminance	E _{av} 431 lx
Minimum illuminance	E _{min} 315 lx
Maximum illuminance	E _{max} 519 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _{av} 1:1.37 (0.73)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max} 1:1.65 (0.61)

Type	No.	Make
2	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4033-4065
		Luminaire name : HERMES MONO 39W with Parabolic Louver
		Equipment : 1 x Osram Lumilux Fq 39W/830 0 W / 3100 lm

Χώροι Β' ορόφου:

Χώρος 39

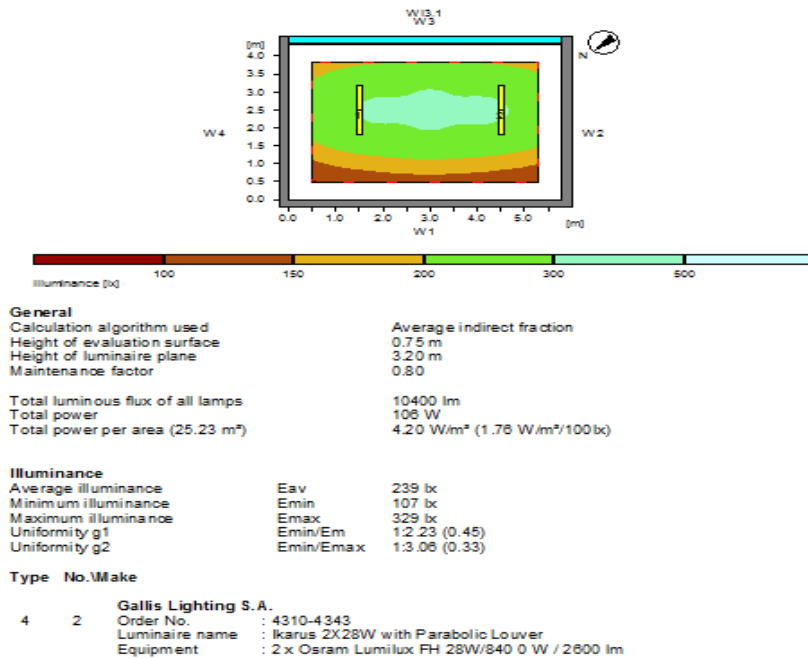


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.20 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10400 lm
Total power	106 W
Total power per area (12.72 m ²)	8.33 W/m ² (3.24 W/m ² /100lx)

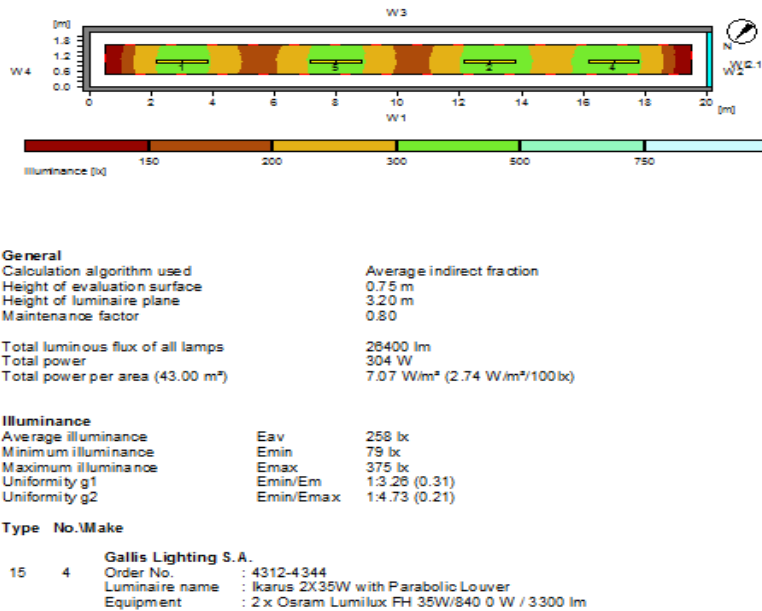
Illuminance	
Average illuminance	E _{av} 257 lx
Minimum illuminance	E _{min} 103 lx
Maximum illuminance	E _{max} 341 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _{av} 1:2.49 (0.4)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max} 1:3.3 (0.3)

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

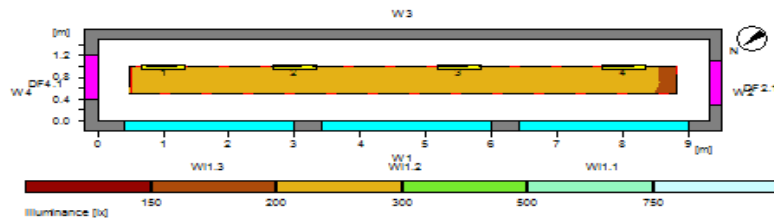
Χώρος 37



Χώρος 38



Χώρος 40



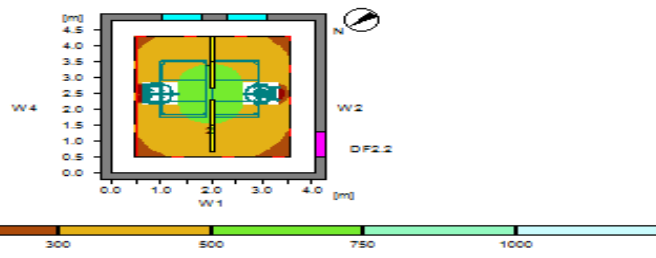
General		
Calculation algorithm used		Average indirect fraction
Height of evaluation surface		0.75 m
Height of luminaire plane		3.20 m
Maintenance factor		0.80
Total luminous flux of all lamps		14000 lm
Total power		220 W
Total power per area (13.95 m ²)		15.77 W/m ² (6.18 W/m ² /100lx)

Illuminance		
Average illuminance	Eav	255 lx
Minimum illuminance	Emin	175 lx
Maximum illuminance	Emax	299 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.46 (0.69)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.71 (0.59)

Type No./Make

		Gallis Lighting S.A.
1	4	Order No. : 4307-4341
		Luminaire name : IKARUS 2X24W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 24W/830 0 W / 1750 lm

Χώρος 41



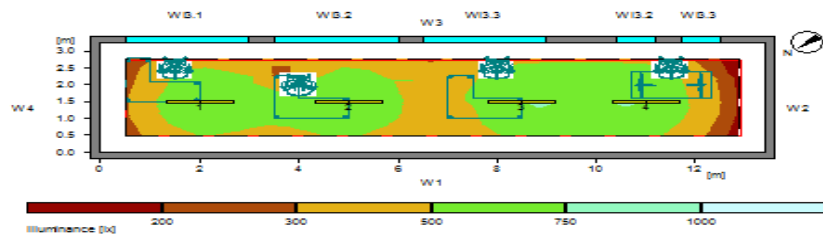
General		
Calculation algorithm used		Average indirect fraction
Height of evaluation surface		0.75 m
Height of luminaire plane		3.20 m
Maintenance factor		0.80
Total luminous flux of all lamps		13200 lm
Total power		152 W
Total power per area (19.44 m ²)		7.82 W/m ² (1.94 W/m ² /100lx)

Illuminance		
Average illuminance	Eav	403 lx
Minimum illuminance	Emin	213 lx
Maximum illuminance	Emax	543 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.89 (0.53)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.56 (0.39)

Type No./Make

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

Χώρος 42

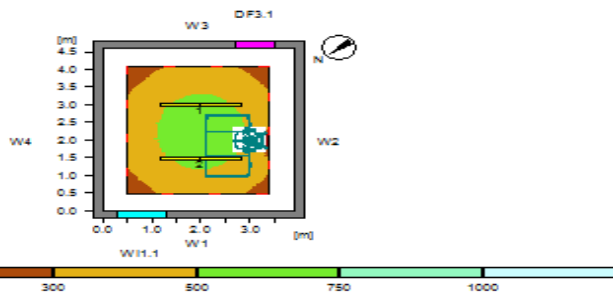


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35800 lm
Total power	432 W
Total power per area (43.55 m ²)	9.92 W/m ² (2.15 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 461 lx
Minimum illuminance	Emin 126 lx
Maximum illuminance	Emax 740 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.65 (0.27)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.88 (0.17)

Type	No.	Make
5	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Χώρος 43

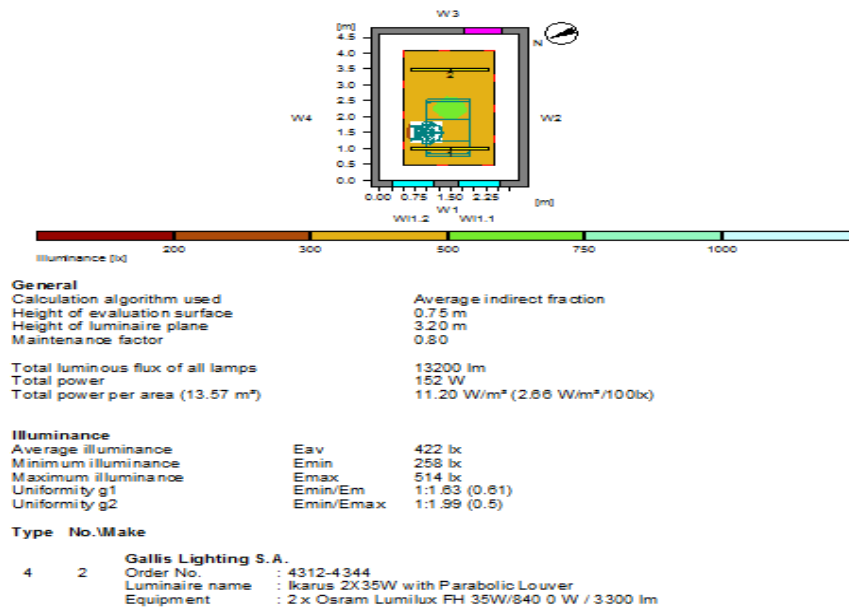


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.20 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	13200 lm
Total power	152 W
Total power per area (17.94 m ²)	8.47 W/m ² (2.06 W/m ² /100lx)

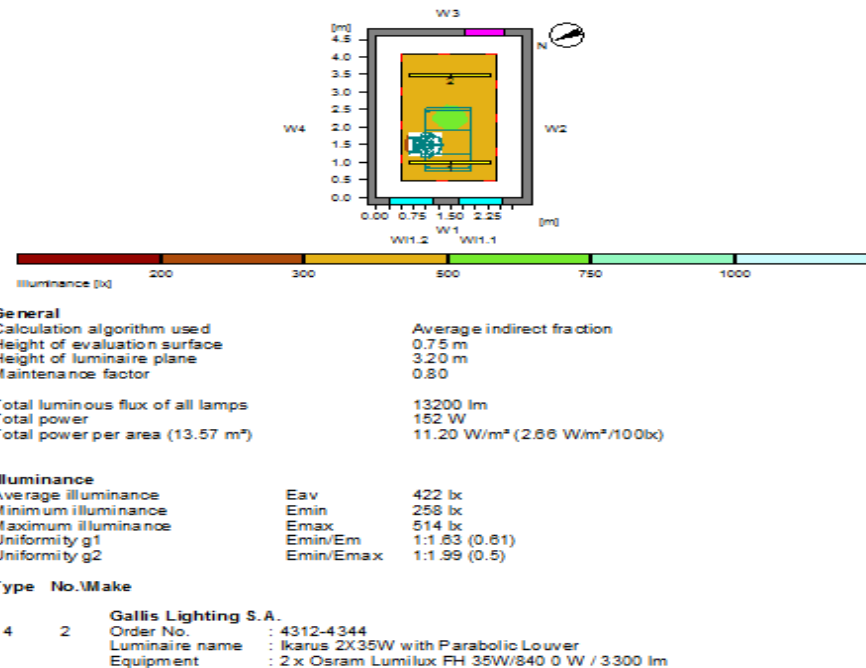
Illuminance	
Average illuminance	Eav 410 lx
Minimum illuminance	Emin 184 lx
Maximum illuminance	Emax 608 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.23 (0.45)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.31 (0.3)

Type	No.	Make
15	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

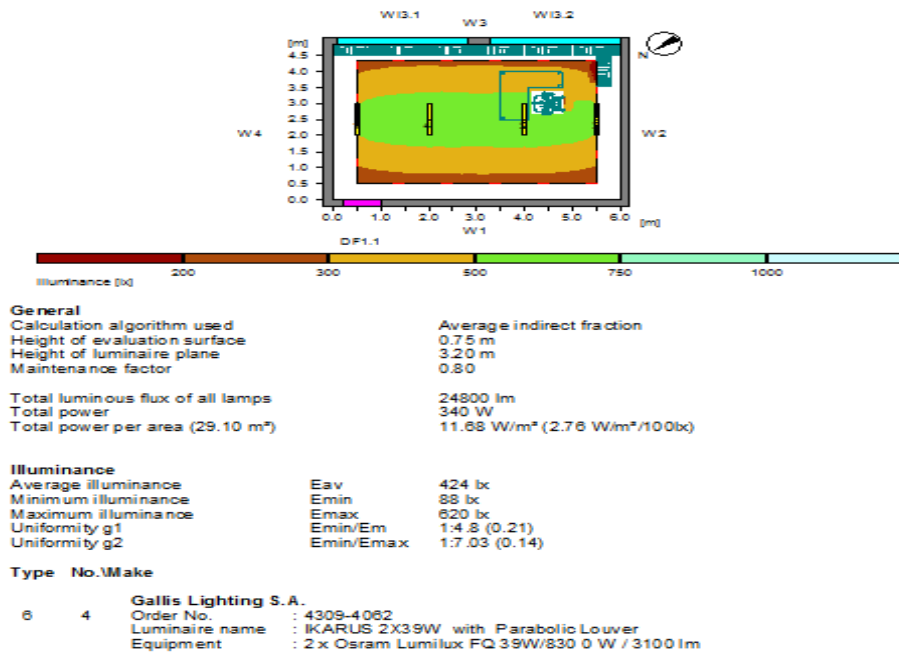
Χώρος 44



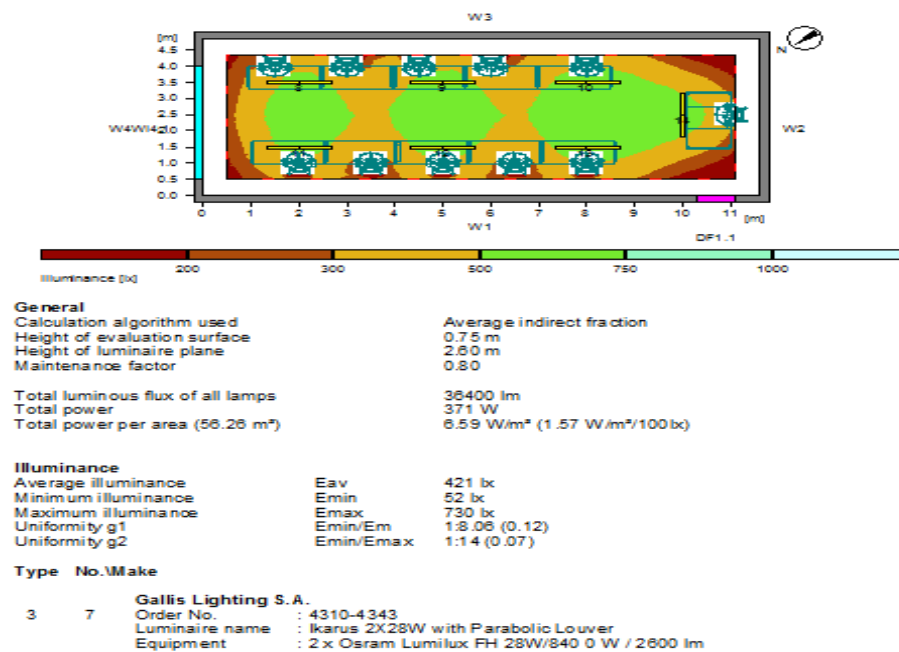
Χώρος 45



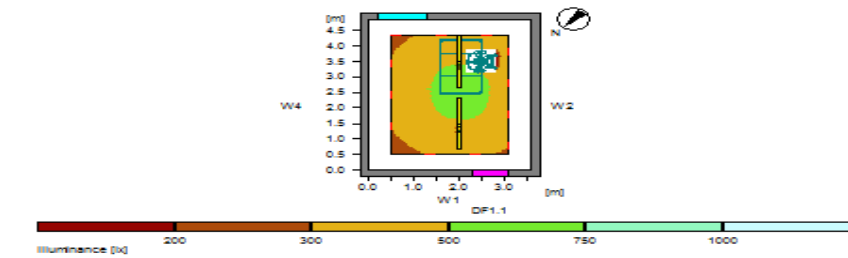
Χώρος 47



Χώρος 48



Χώρος 49

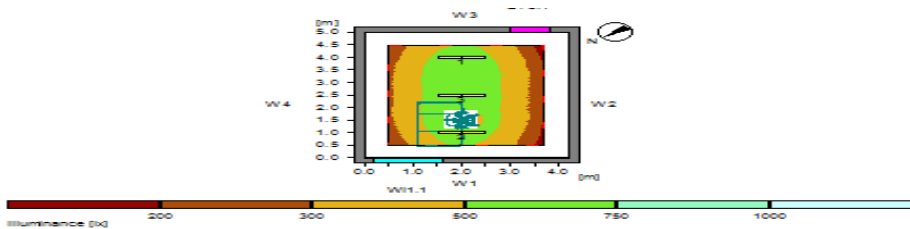


General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Height of luminaire plane : 3.20 m
 Maintenance factor : 0.80
 Total luminous flux of all lamps : 13200 lm
 Total power : 152 W
 Total power per area (17.46 m²) : 8.71 W/m² (2.05 W/m²/100lx)

Illuminance
 Average illuminance : Eav 425 lx
 Minimum illuminance : Emin 238 lx
 Maximum illuminance : Emax 538 lx
 Uniformity g1 : Emin/Emax 1:1.79 (0.56)
 Uniformity g2 : Emin/Emax 1:2.26 (0.44)

Type No. Make
 5 2 **Gallis Lighting S.A.**
 Order No. : 4312-4344
 Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
 Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος 50

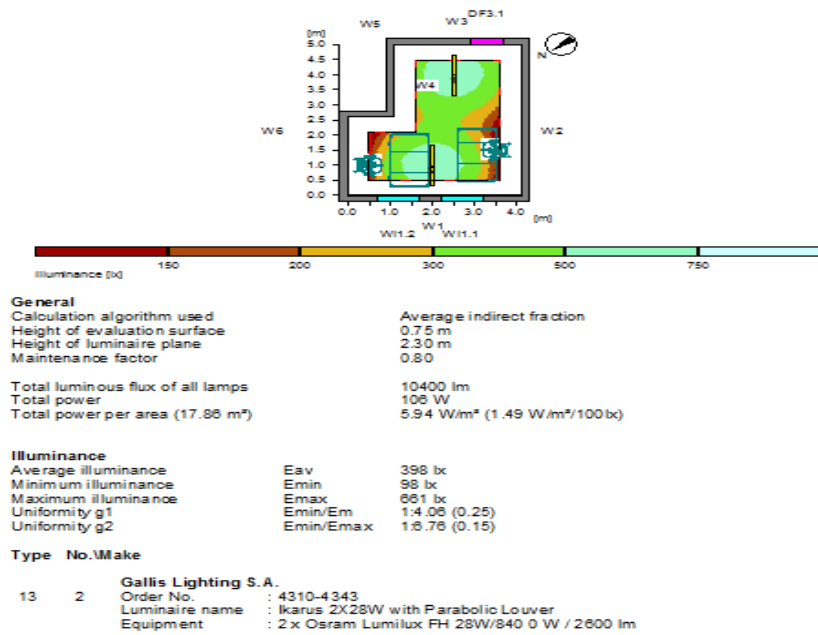


General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Height of luminaire plane : 2.70 m
 Maintenance factor : 0.80
 Total luminous flux of all lamps : 16200 lm
 Total power : 219 W
 Total power per area (21.00 m²) : 10.43 W/m² (2.44 W/m²/100lx)

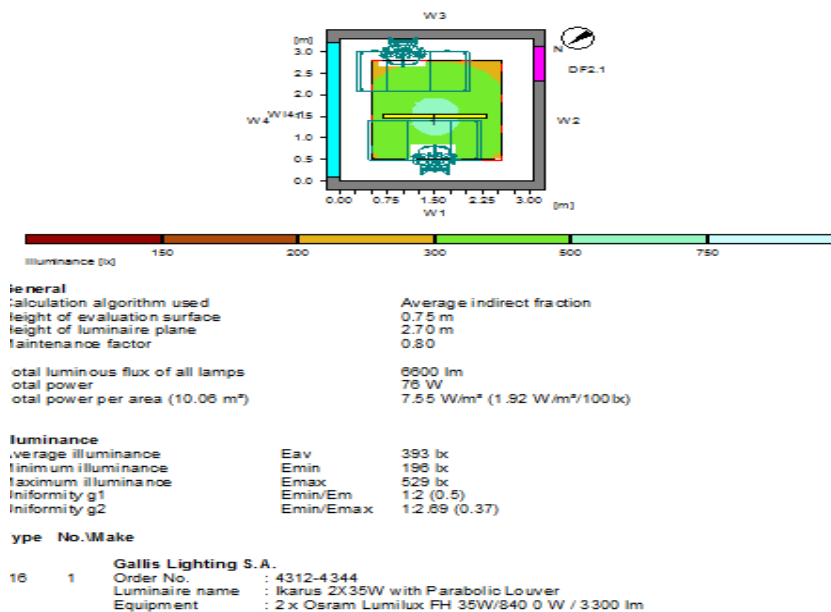
Illuminance
 Average illuminance : Eav 427 lx
 Minimum illuminance : Emin 156 lx
 Maximum illuminance : Emax 668 lx
 Uniformity g1 : Emin/Emax 1:2.73 (0.37)
 Uniformity g2 : Emin/Emax 1:4.27 (0.23)

Type No. Make
 11 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
 12 2 : 4309-4062
 Luminaire name : IKARUS 2X39W with Parabolic Louver
 Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 39W/830 0 W / 3100 lm

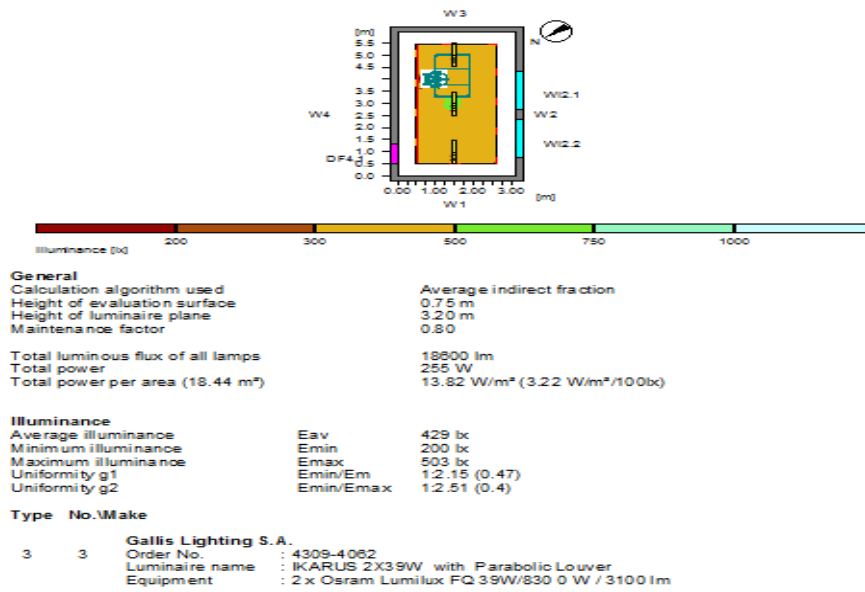
Χώρος 51



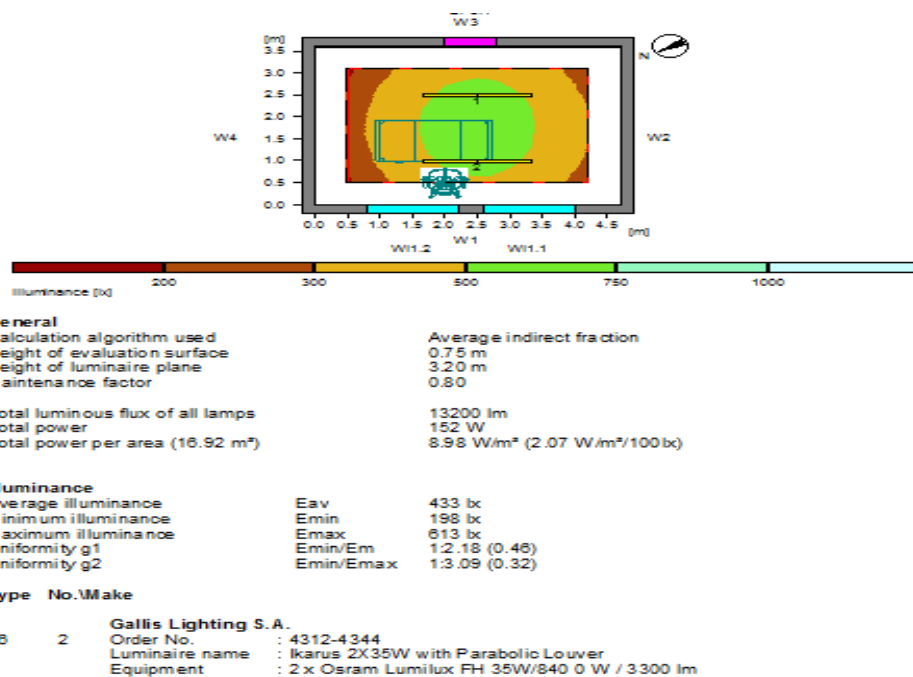
Χώρος 52



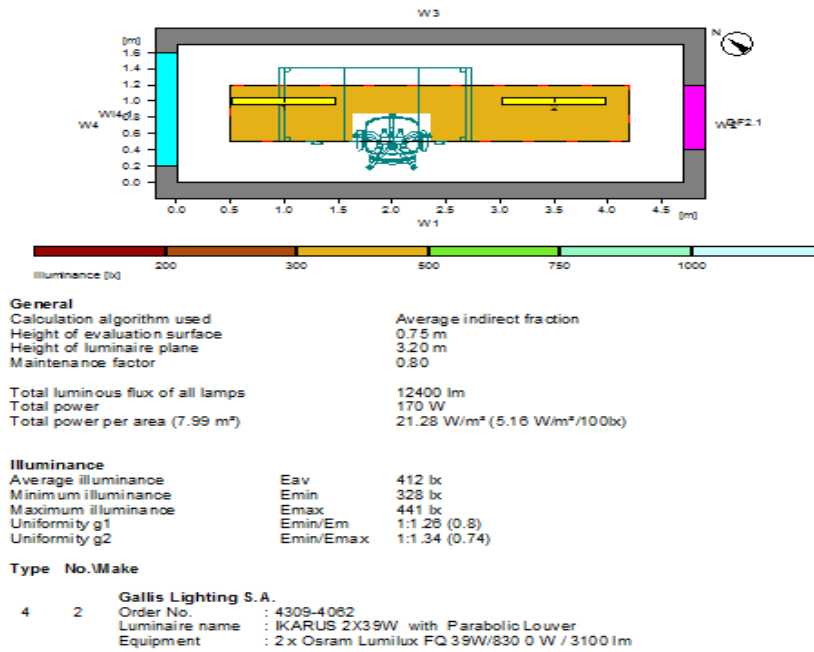
Χώρος 53



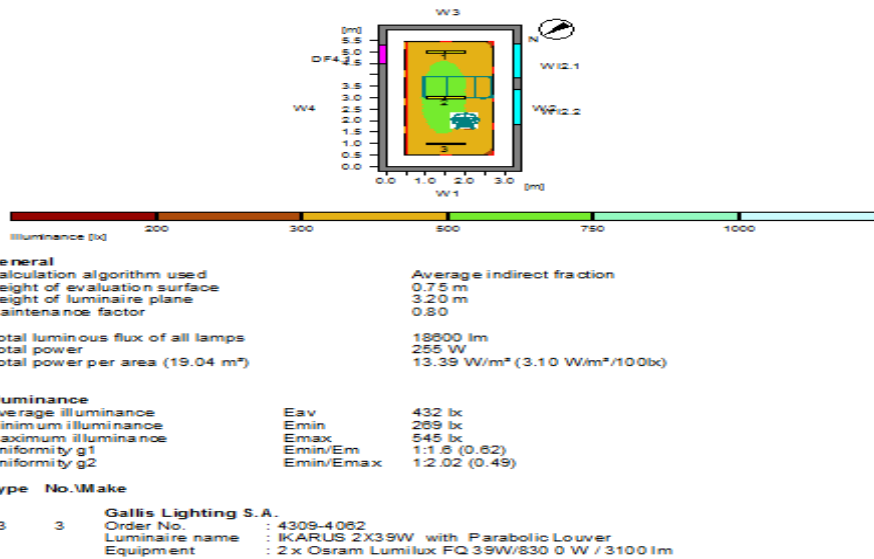
Χώρος 82



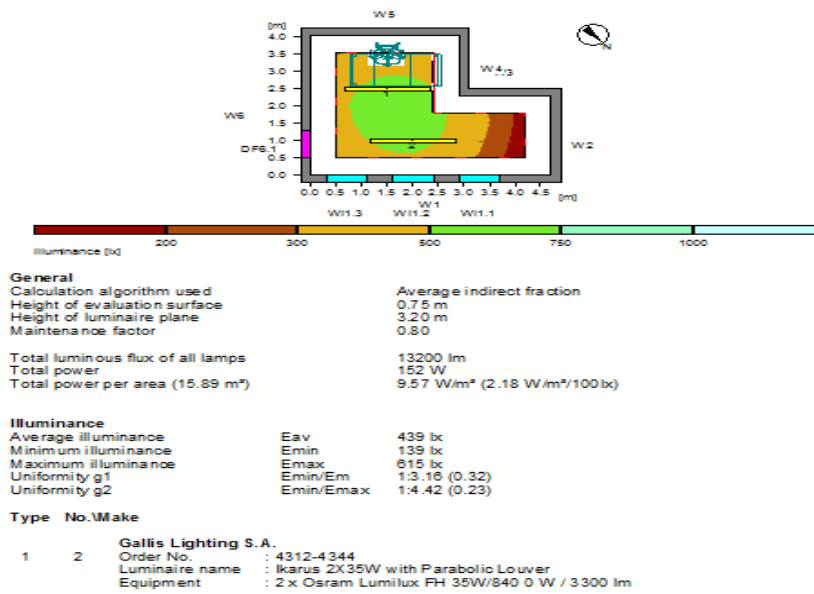
Χώρος 83



Χώρος 86

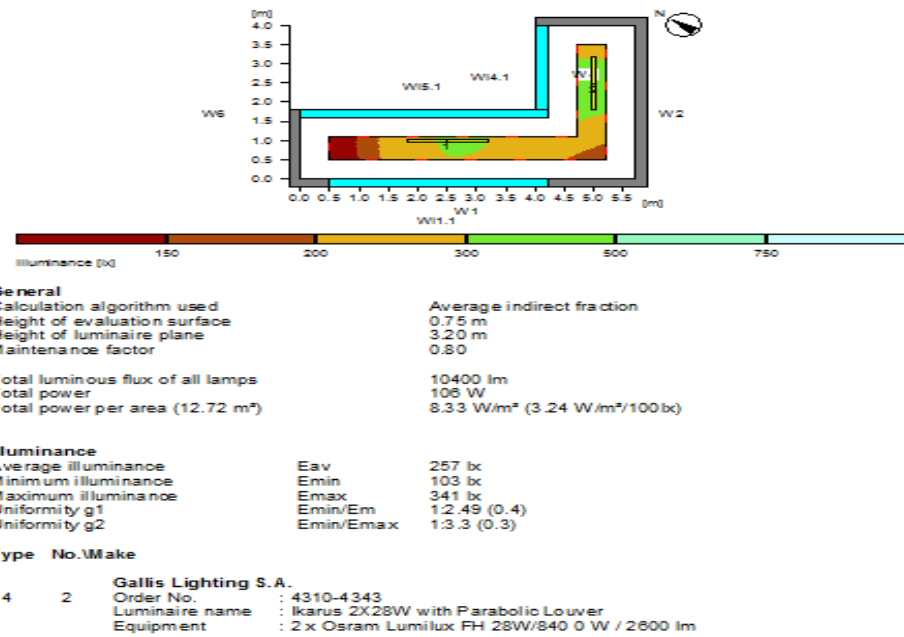


Χώρος 87

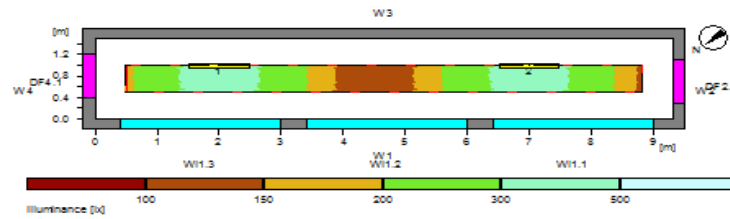


Χώροι Γ' ορόφου:

Χώρος 55



Χώρος 57



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.20 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	12400 lm
Total power	170 W
Total power per area (13.95 m ²)	12.19 W/m ² (5.02 W/m ² /100lx)

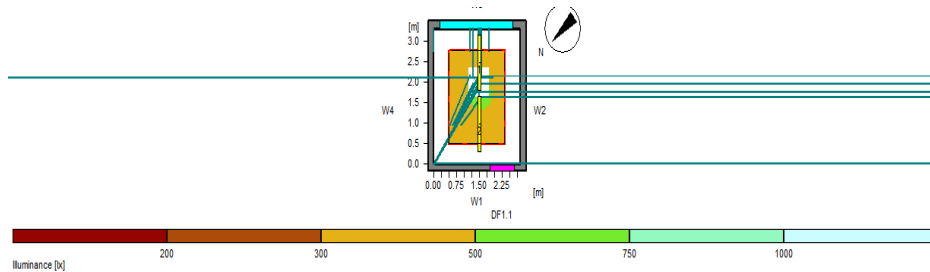
Illuminance

Average illuminance	Eav	243 lx
Minimum illuminance	Emin	119 lx
Maximum illuminance	Emax	347 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1.2.04 (0.49)
Uniformity g2	Emin/Emax	1.2.92 (0.34)

Type No./Make

1	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 39W/830 0 W / 3100 lm

Χώρος 58



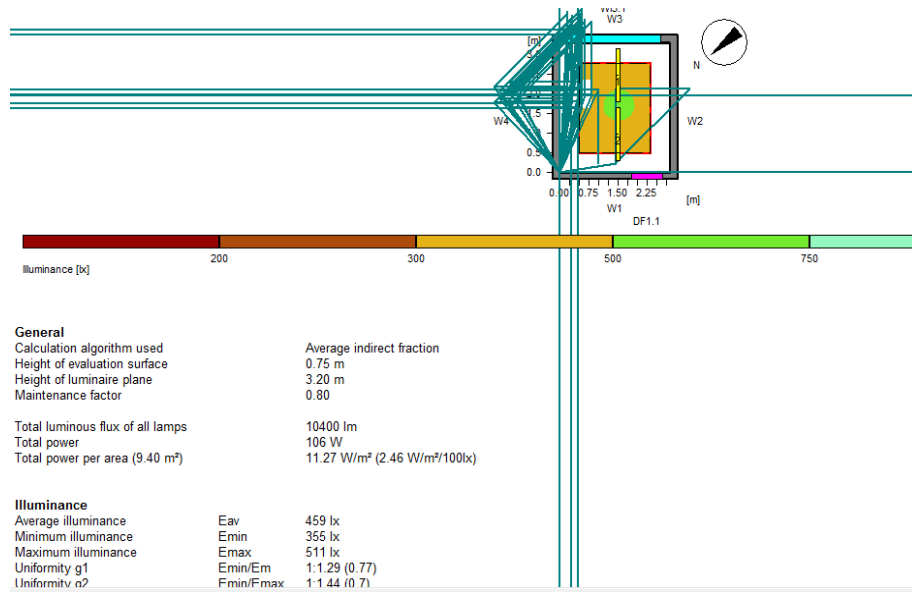
General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.20 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	10400 lm
Total power	106 W
Total power per area (9.40 m ²)	11.27 W/m ² (2.50 W/m ² /100lx)

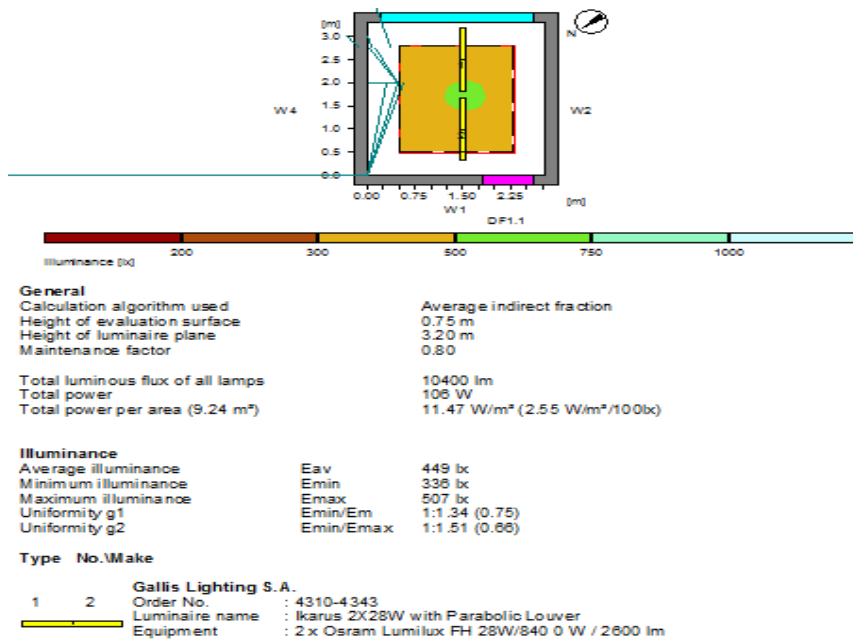
Illuminance

Average illuminance	Eav	451 lx
Minimum illuminance	Emin	354 lx
Maximum illuminance	Emax	506 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.27 (0.78)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.43 (0.7)

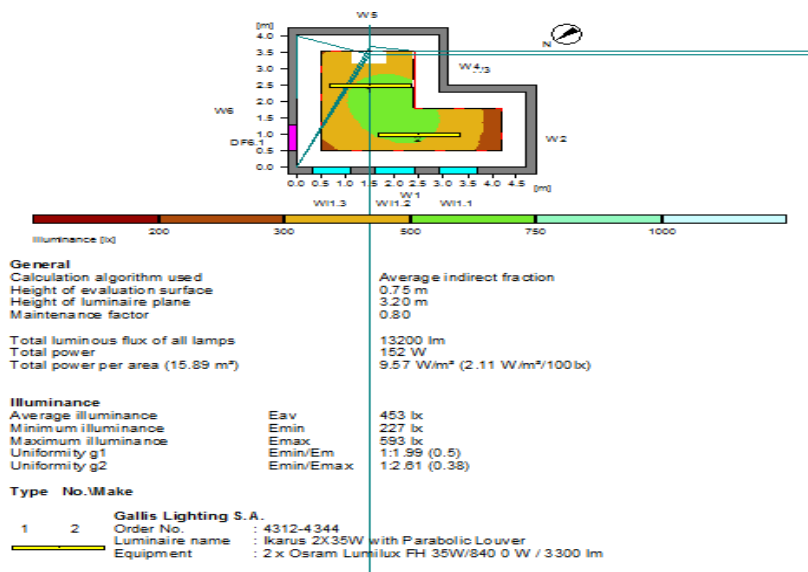
Χώρος 59



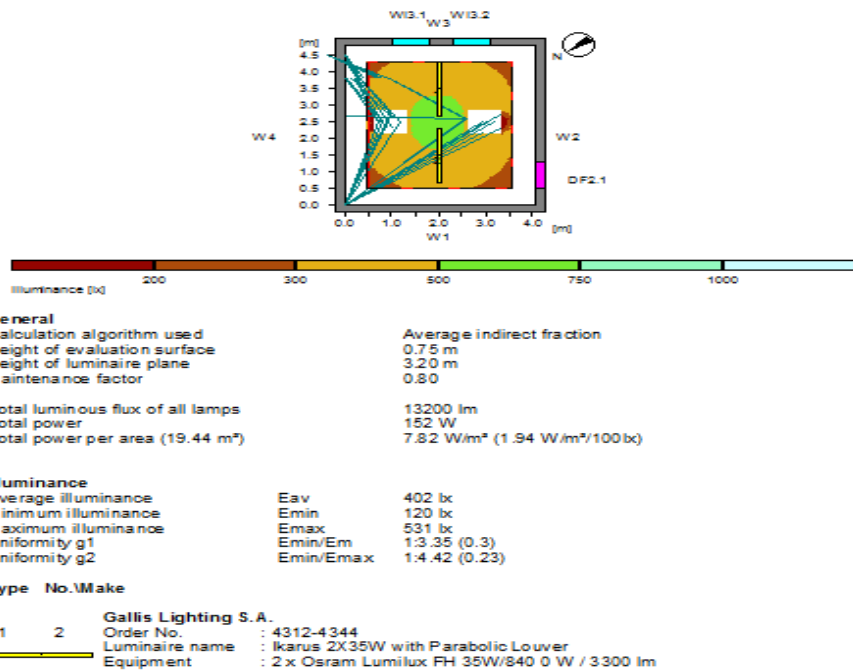
Χώρος 60



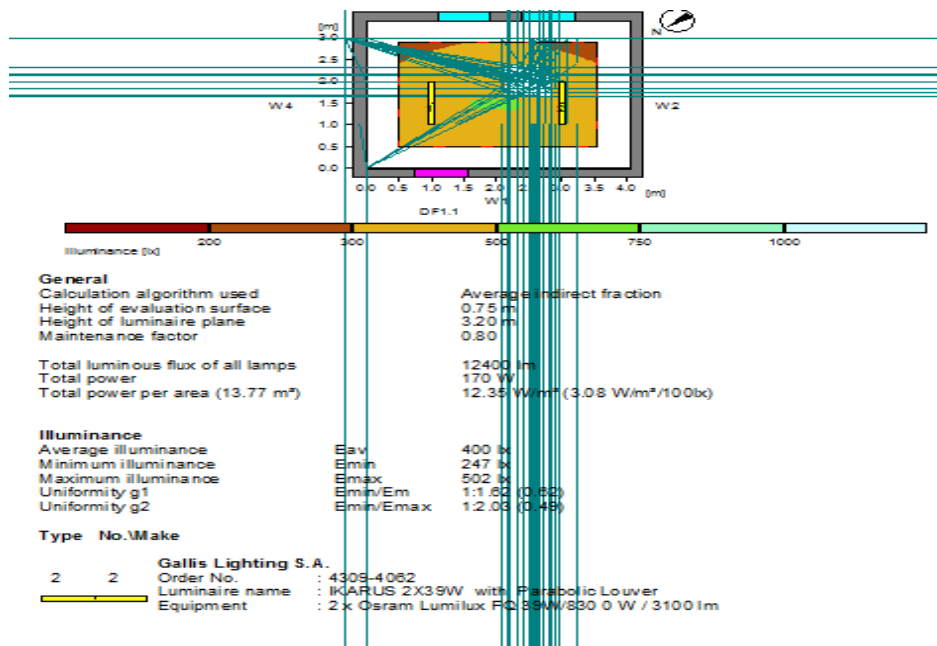
Χώρος 61



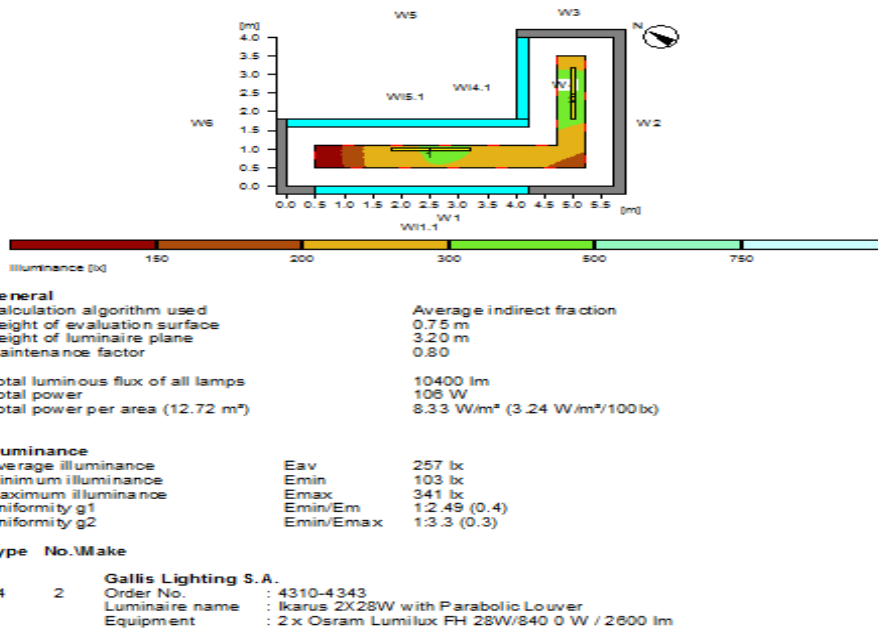
Χώρος 62



Χώρος 63

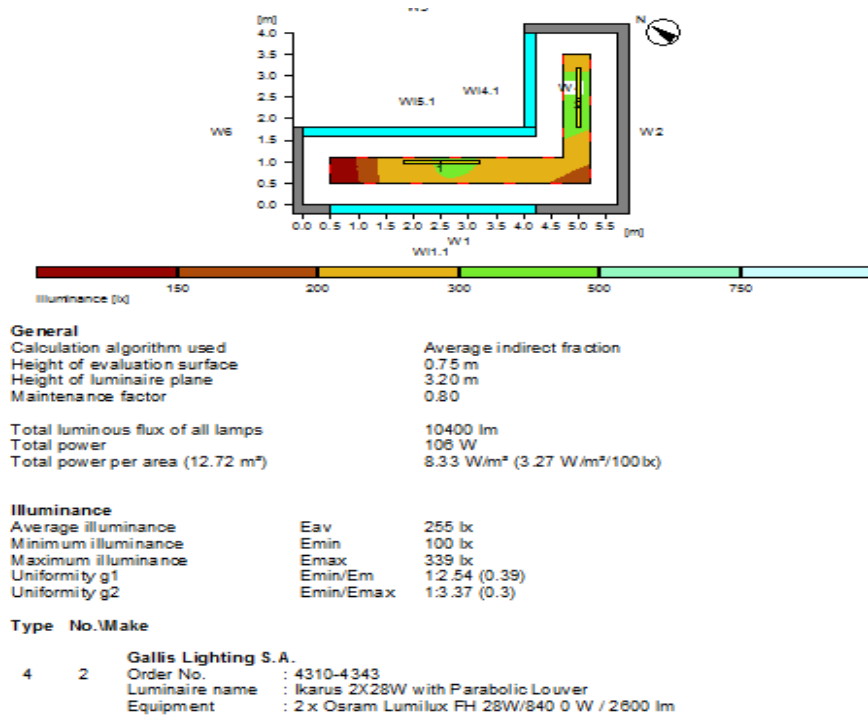


Χώρος 64

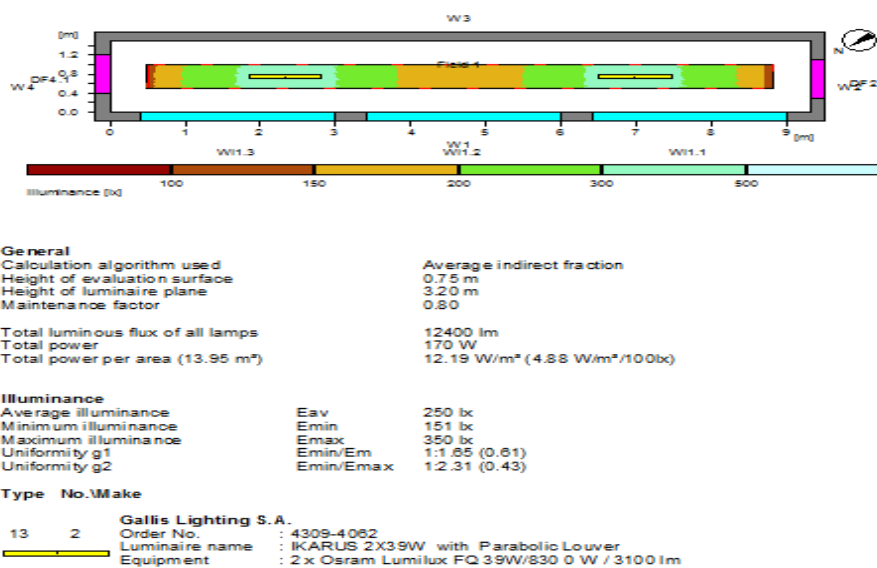


Χώροι Δ' ορόφου:

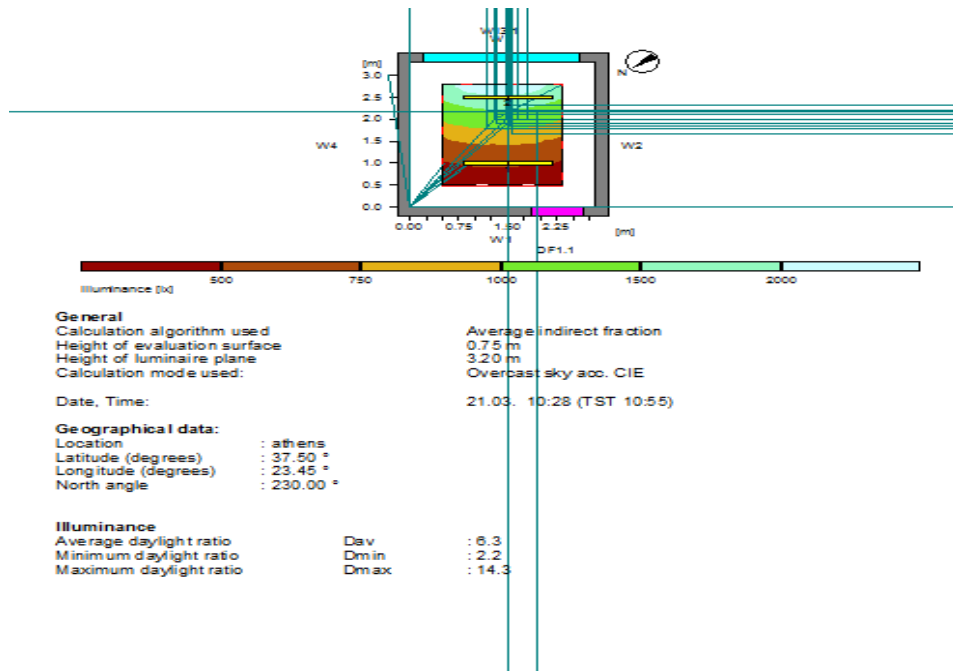
Χώρος 64



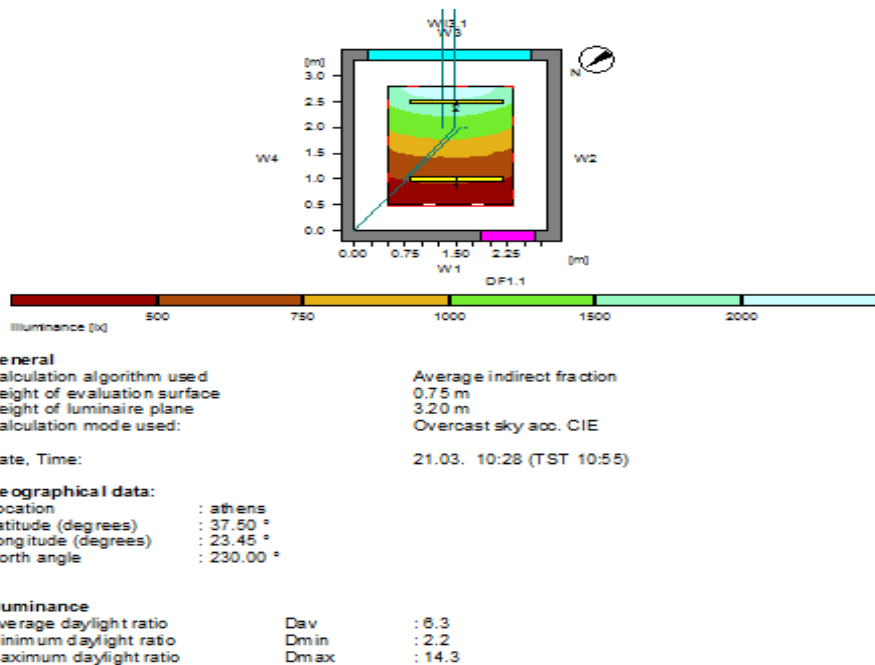
Χώρος 65



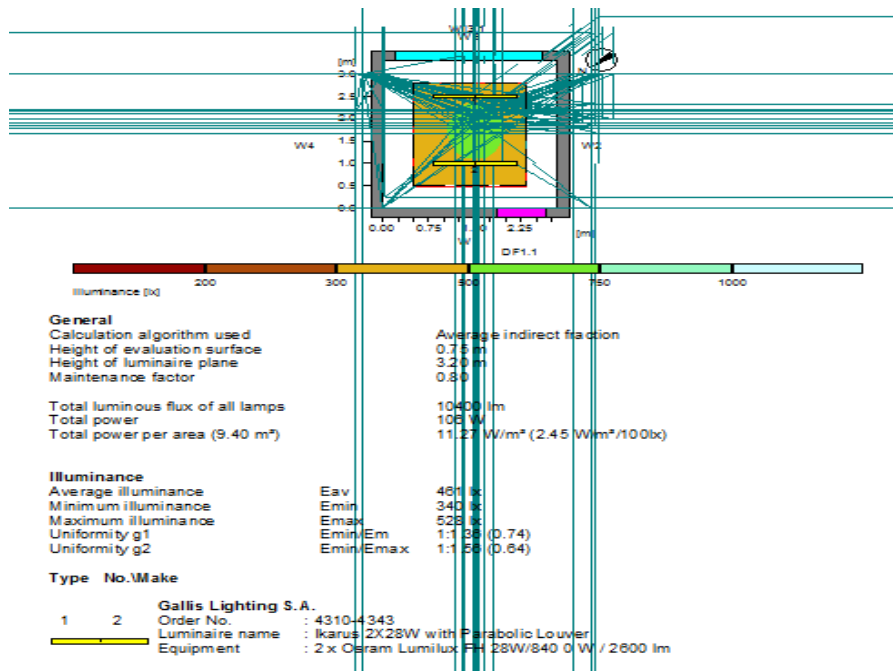
Χώρος 66



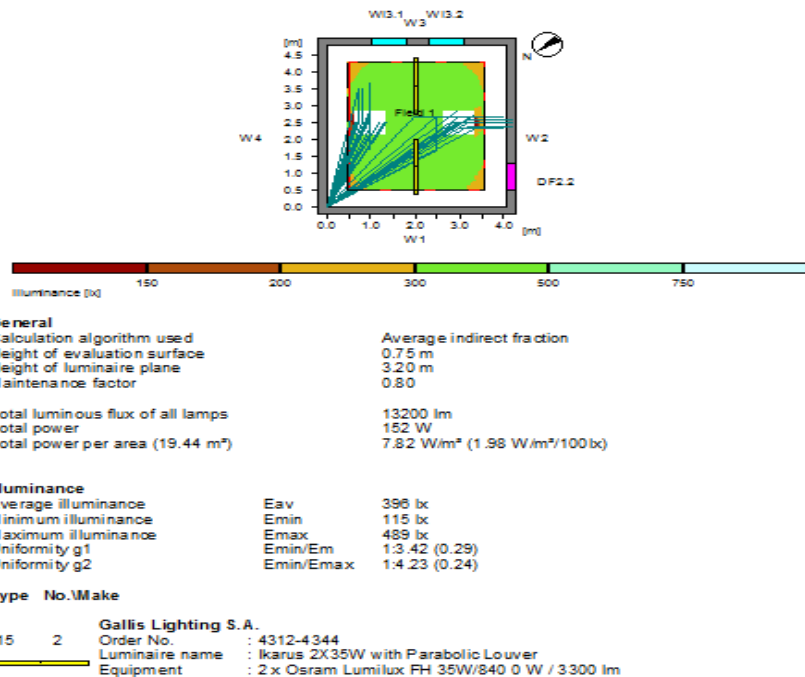
Χώρος 67



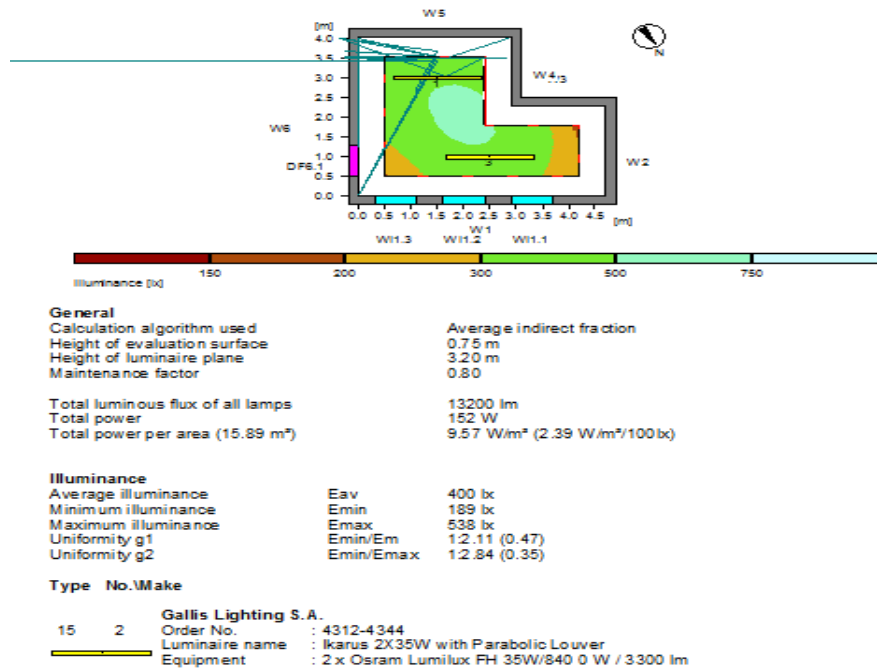
Χώρος 68



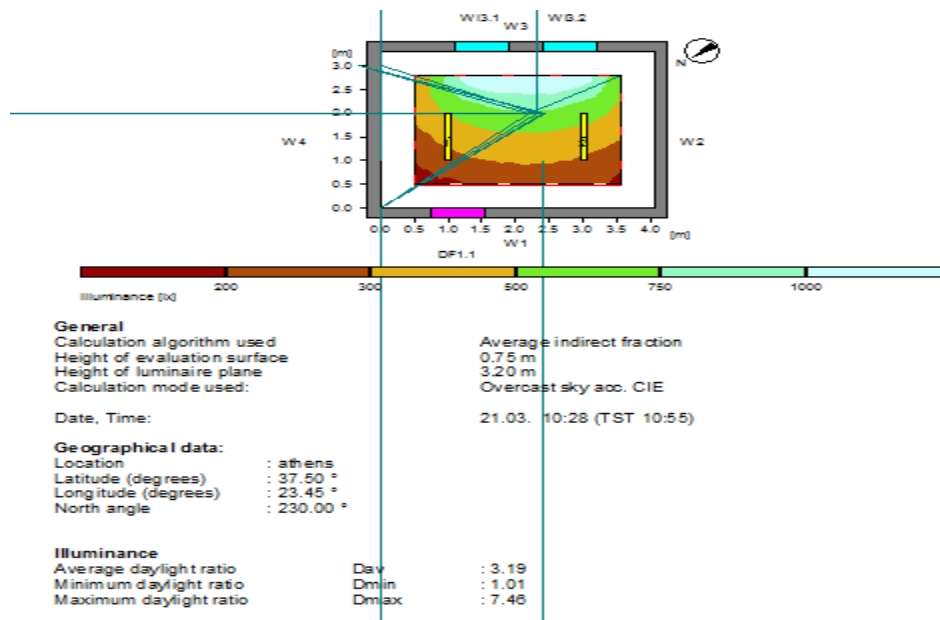
Χώρος 69



Χώρος 70



Χώρος 71

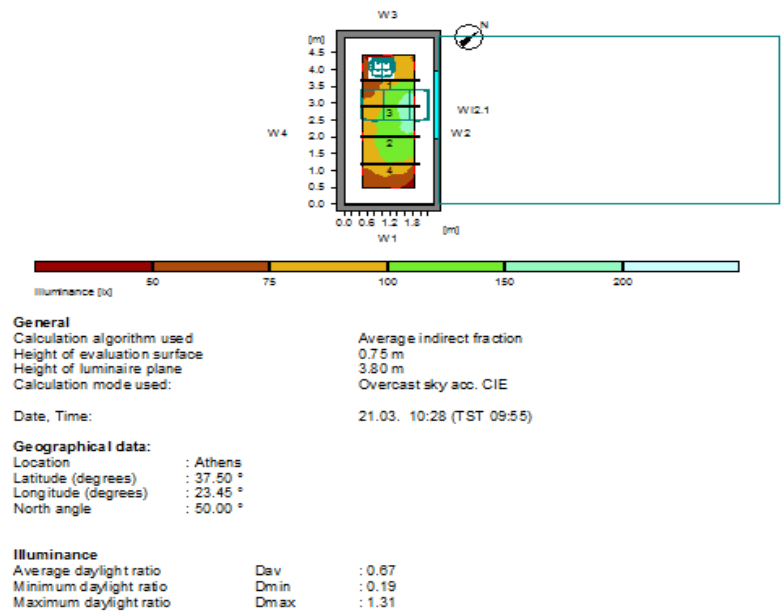


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

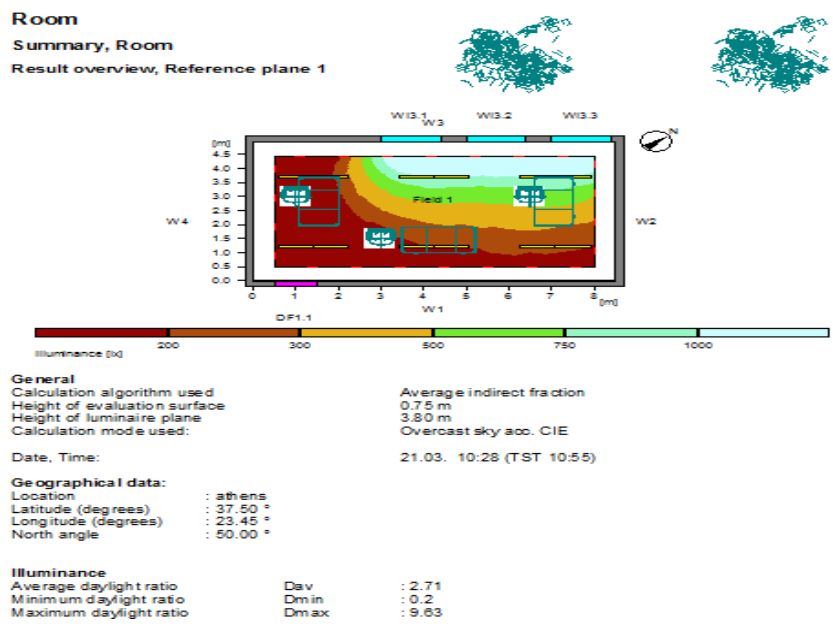
Αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό

Χώροι ισογείου:

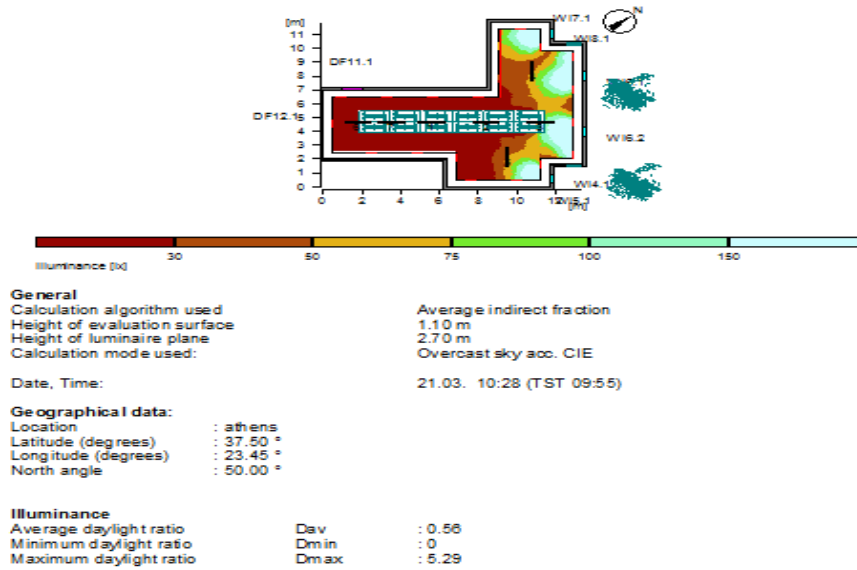
Χώρος 2



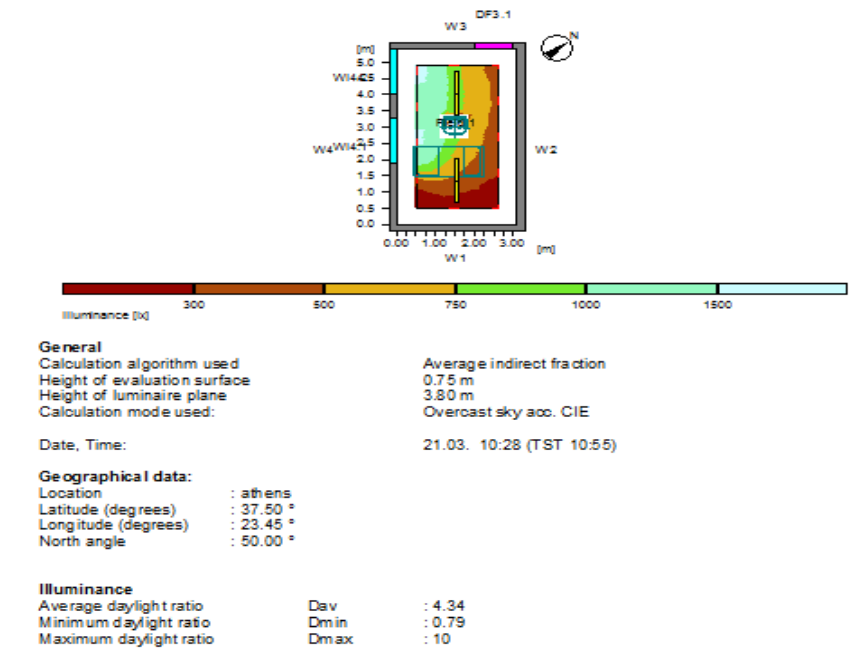
Χώρος 6



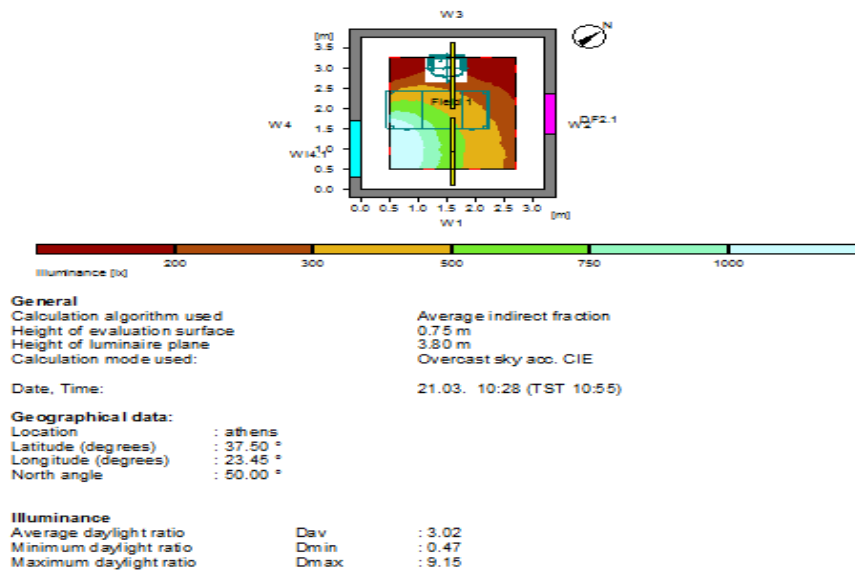
Χώρος 7



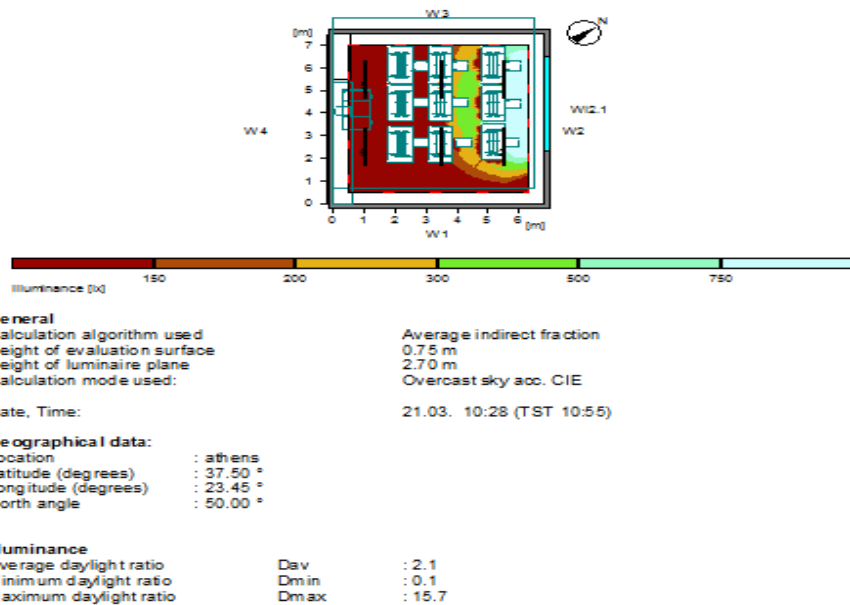
Χώρος 84



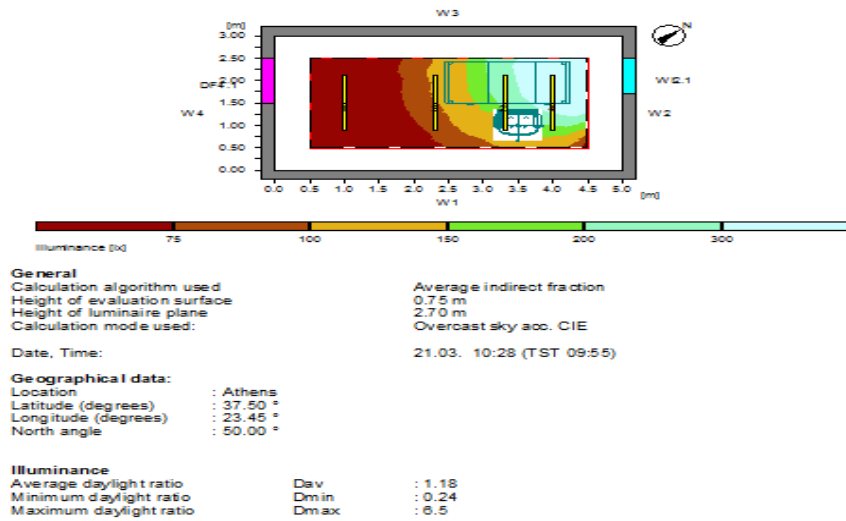
Χώρος 85



Νέος χώρος διδασκαλίας (ισόγειο)

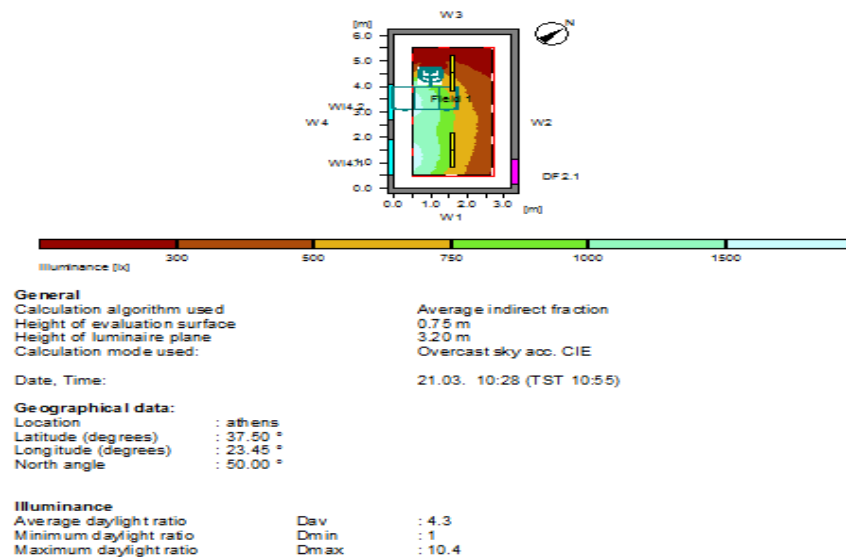


Νέος χώρος γραφείου (ισόγειο)

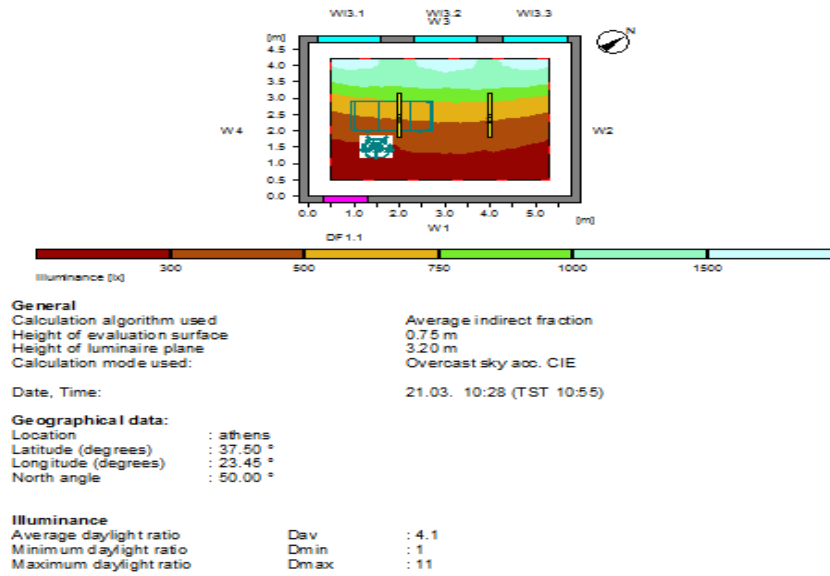


Χώροι Α΄ ορόφου:

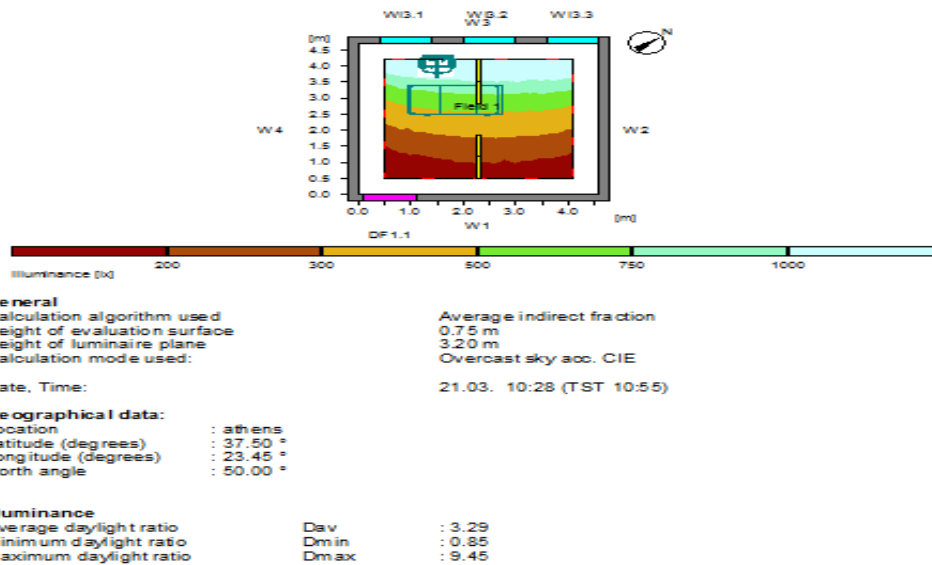
Χώροι 20, 21



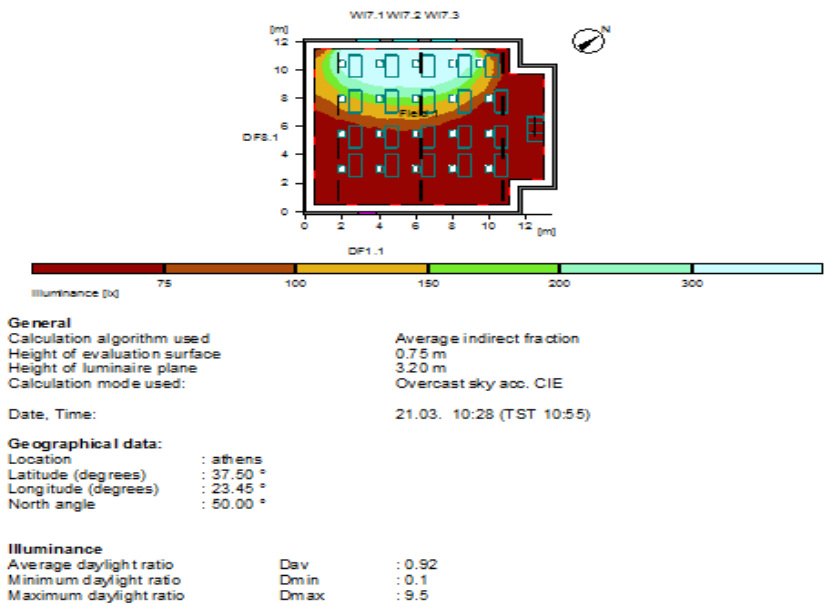
Χώρος 23



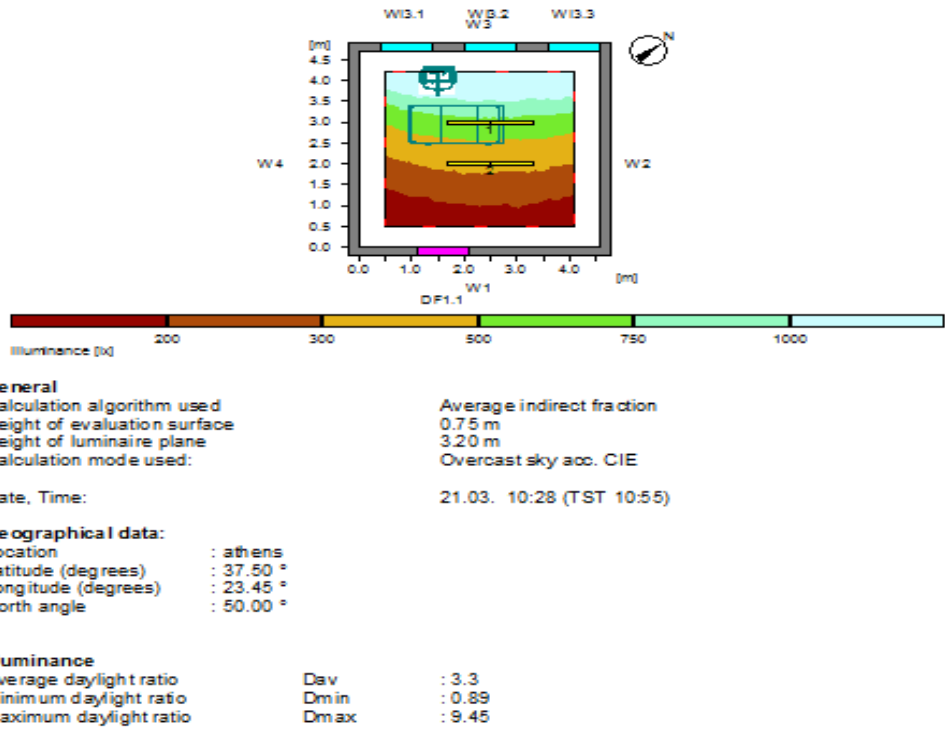
Χώρος 24



Χώρος 31

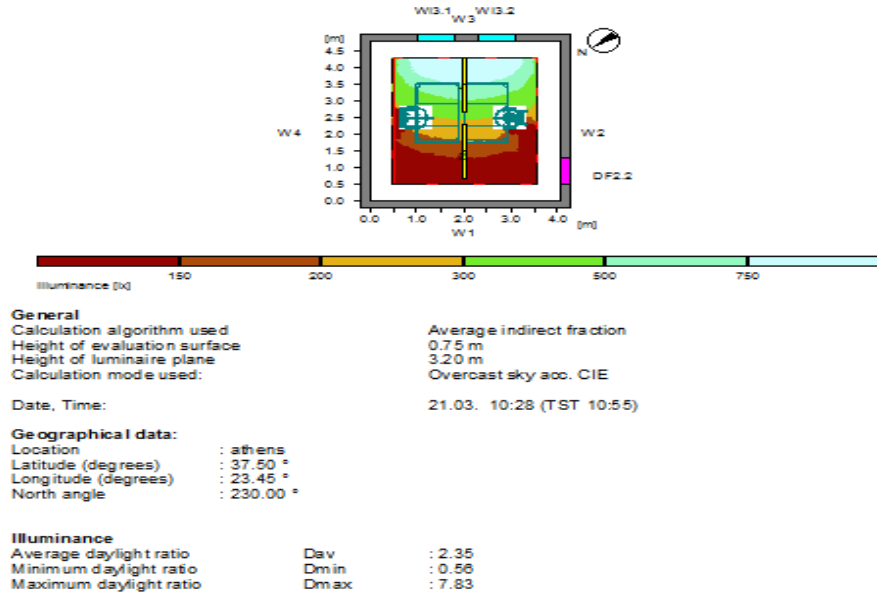


Χώρος 34

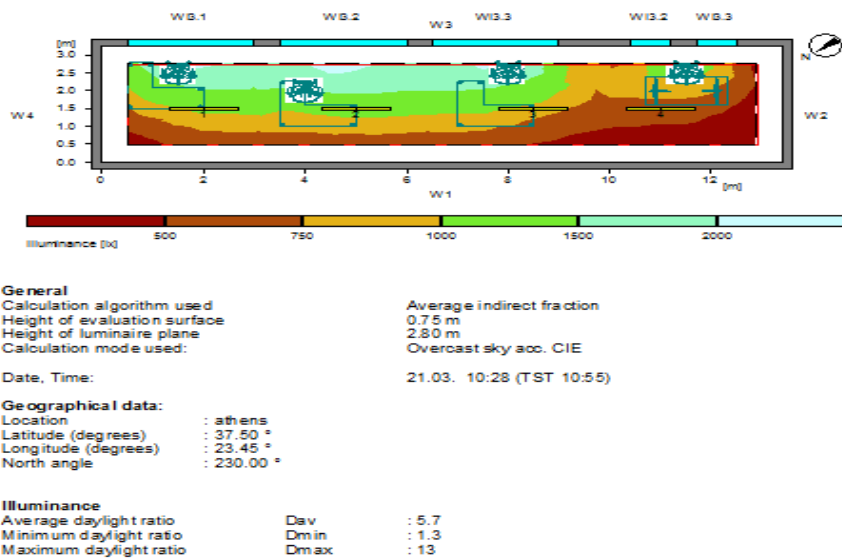


Χώροι Β' ορόφου:

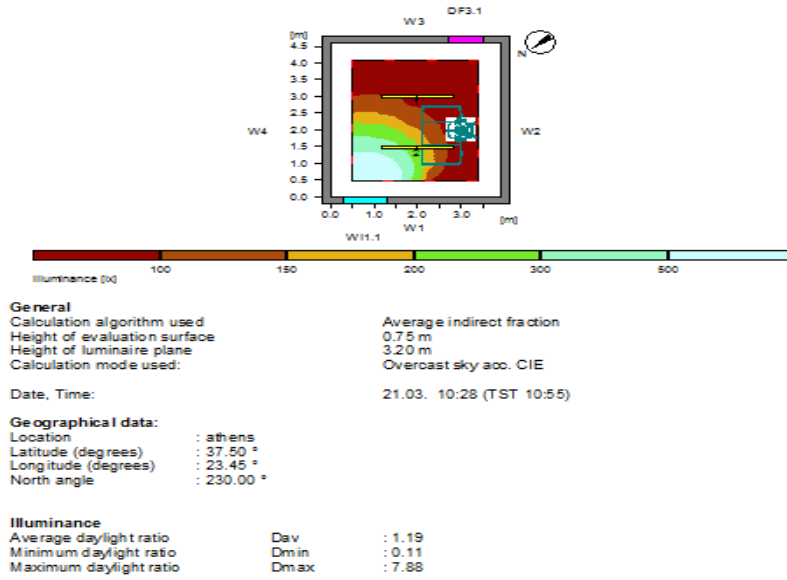
Χώρος 41



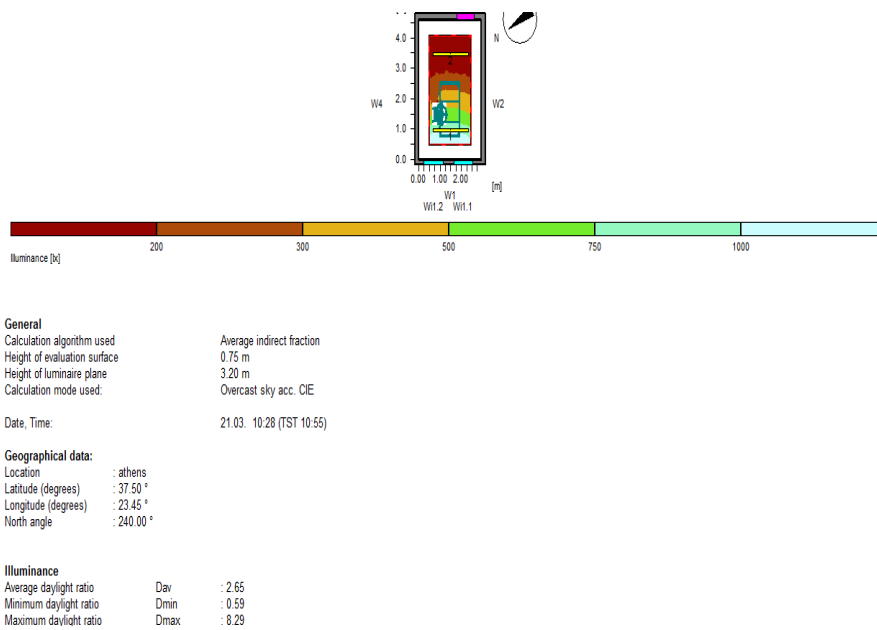
Χώρος 42



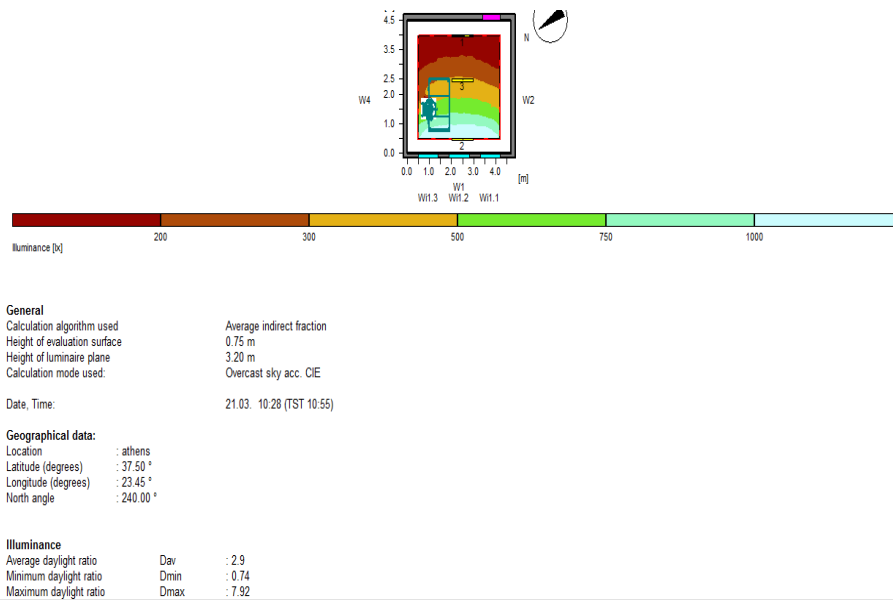
Χώρος 43



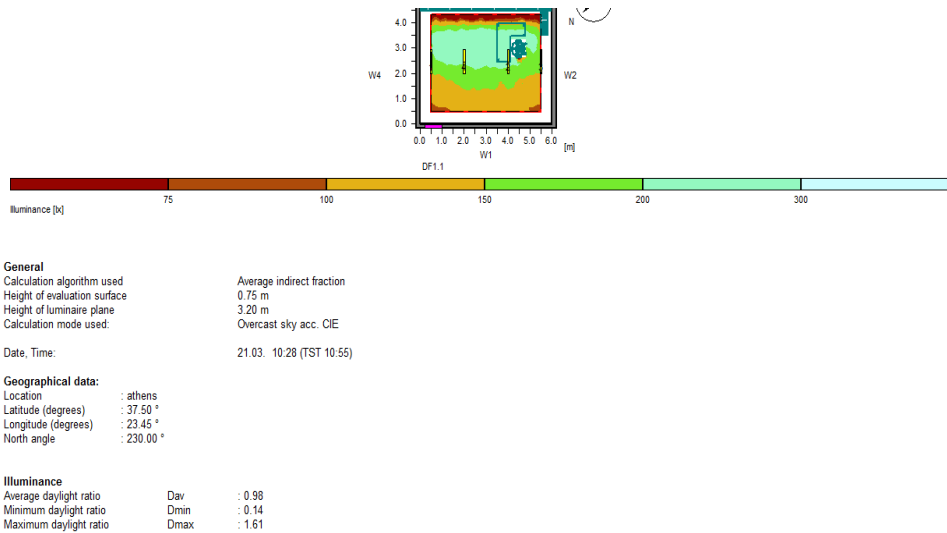
Χώρος 44



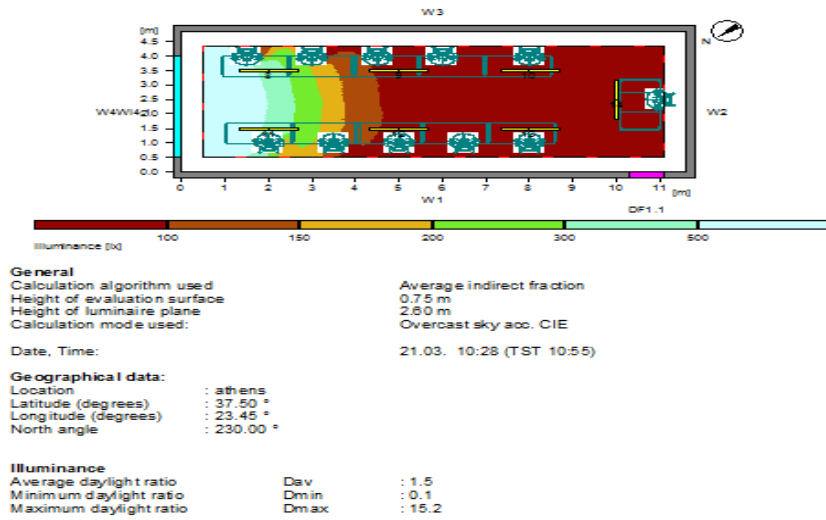
Χώρος 45



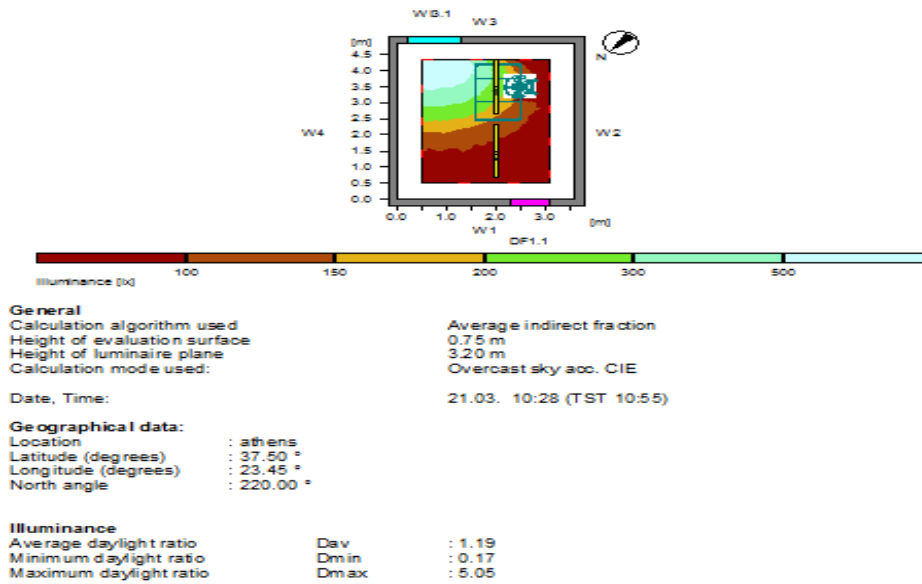
Χώρος 47



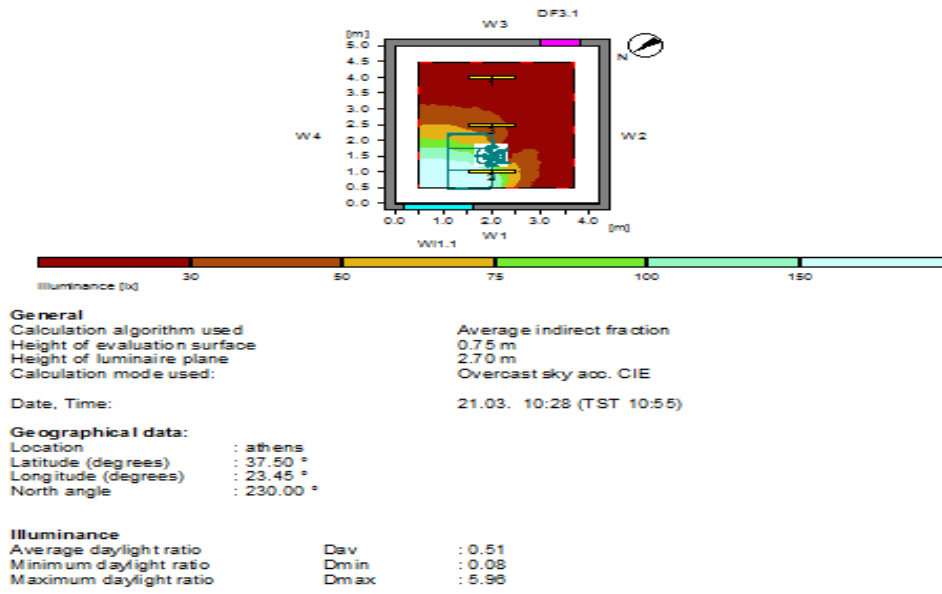
Χώρος 48



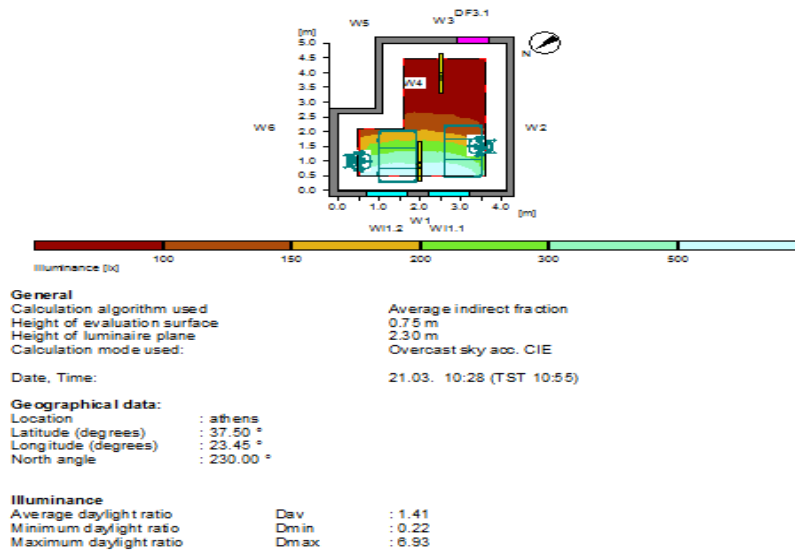
Χώρος 49



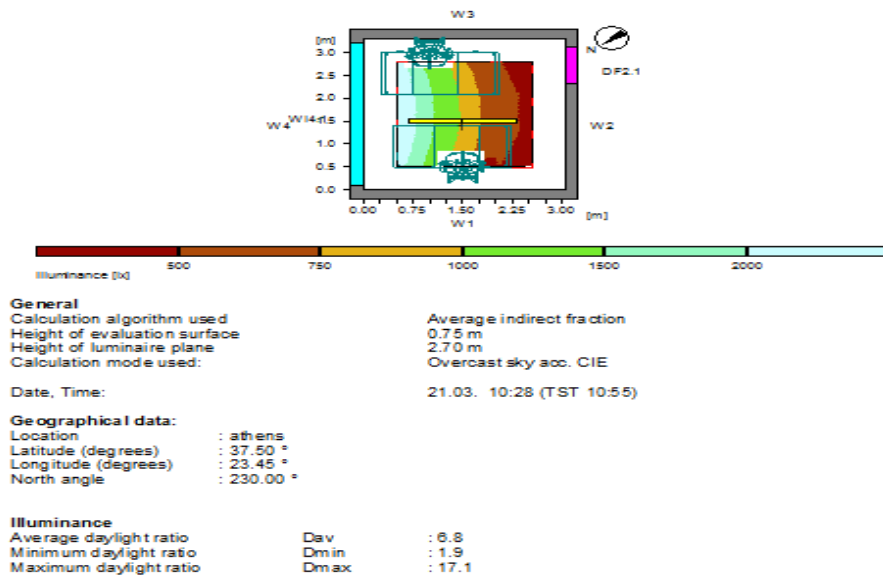
Χώρος 50



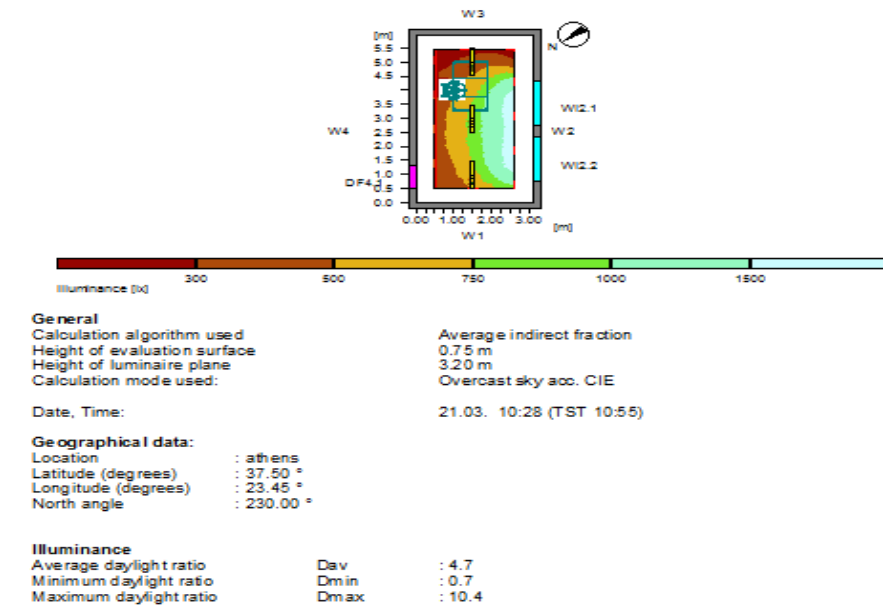
Χώρος 51



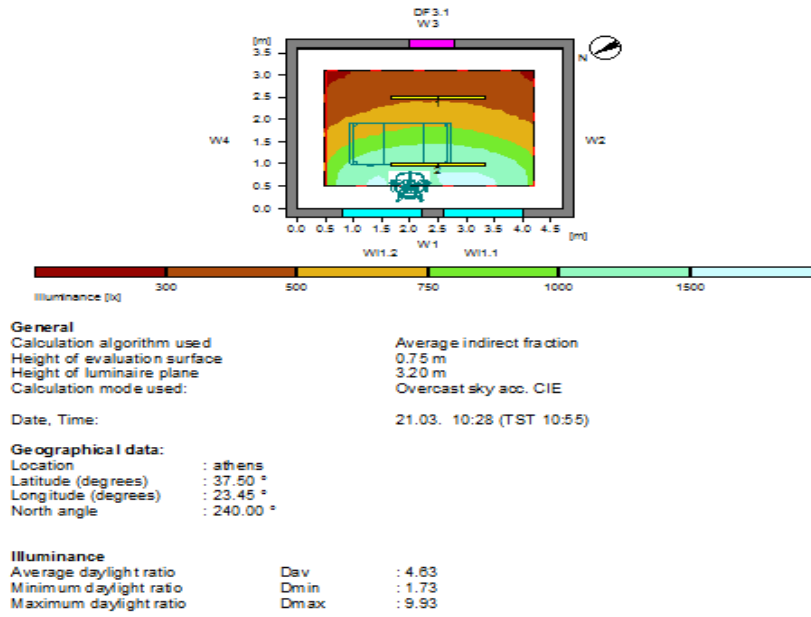
Χώρος 52



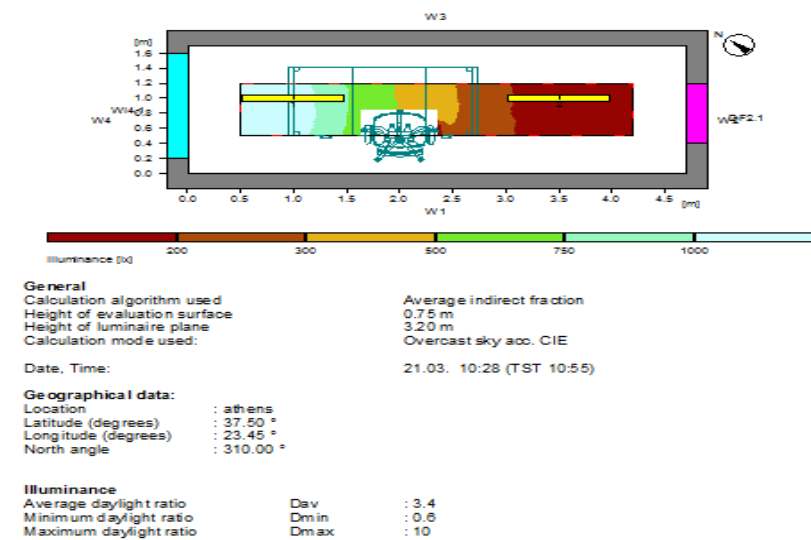
Χώρος 53



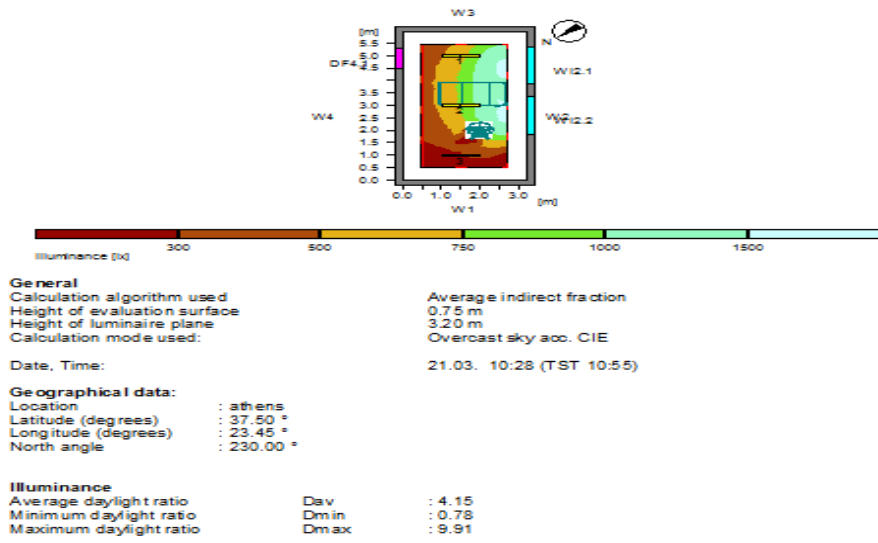
Χώρος 82



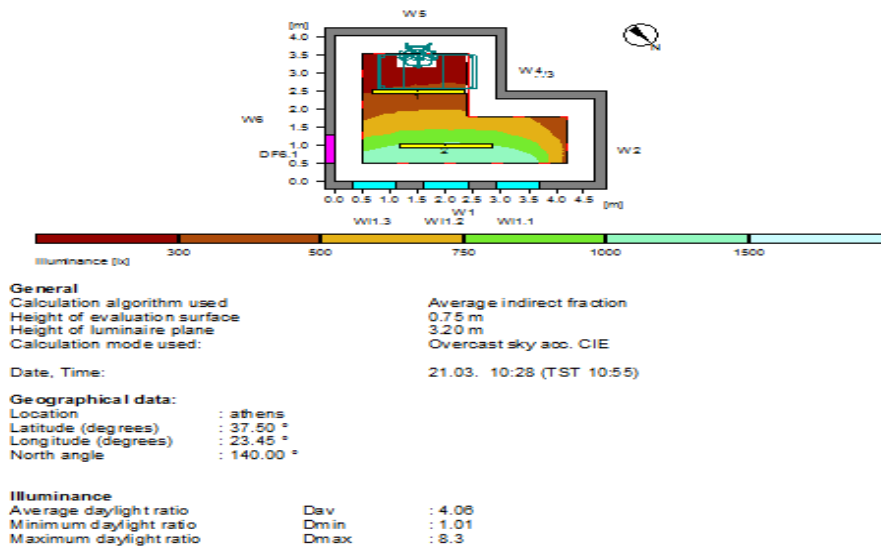
Χώρος 83



Χώρος 86

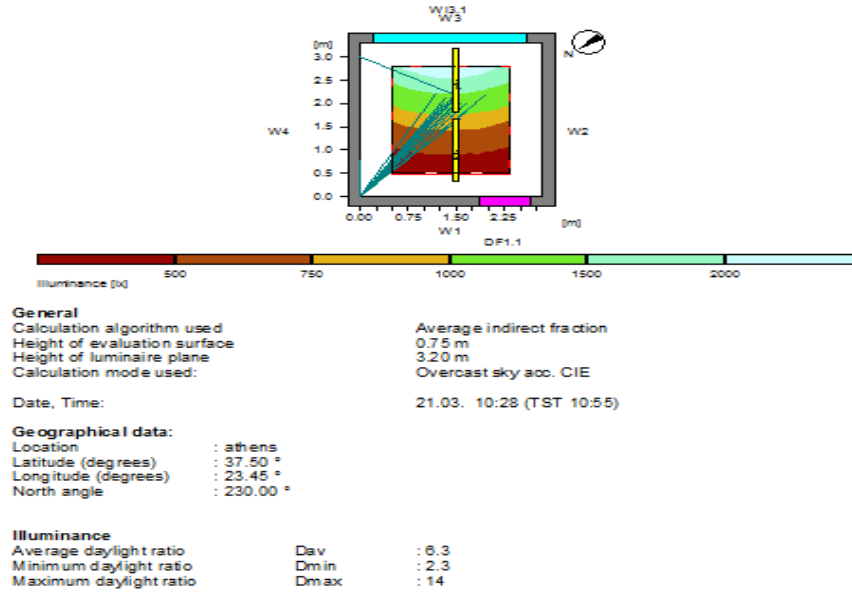


Χώρος 87

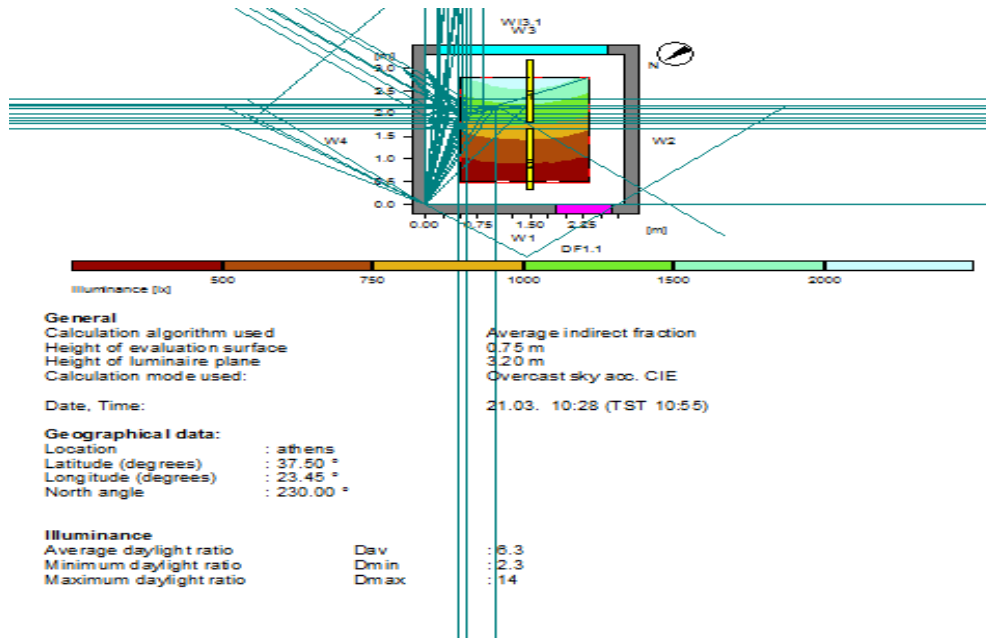


Χώροι Γ' ορόφου:

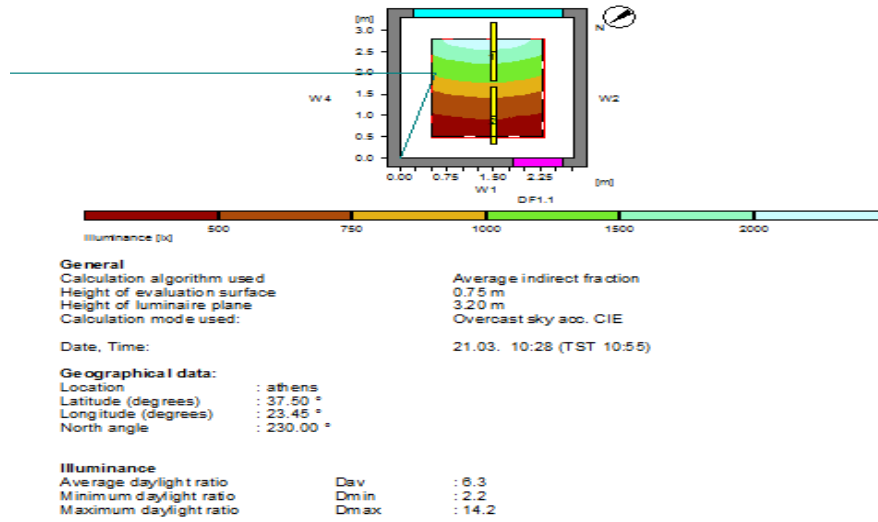
Χώρος 58



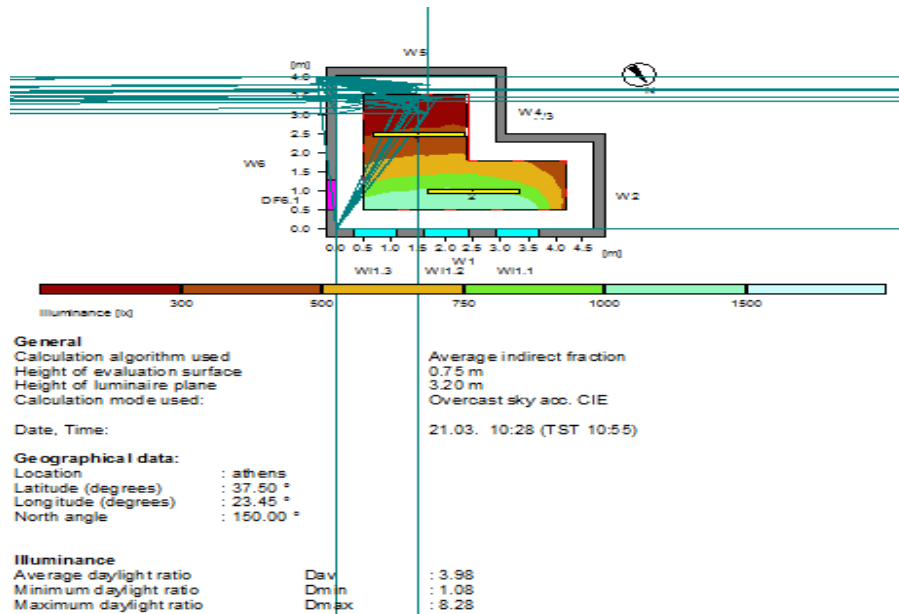
Χώρος 59



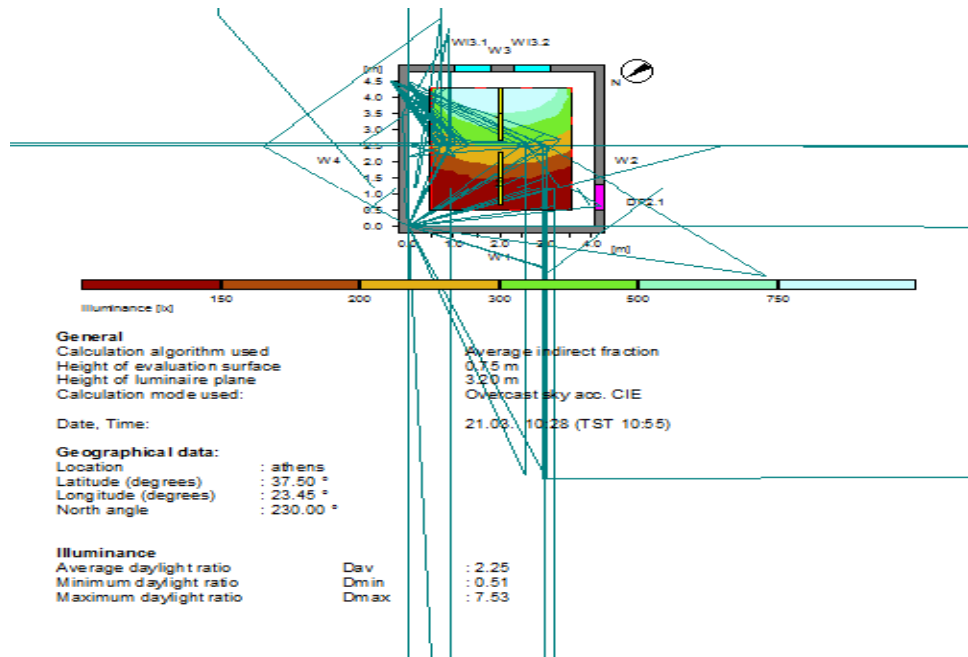
Χώρος 60



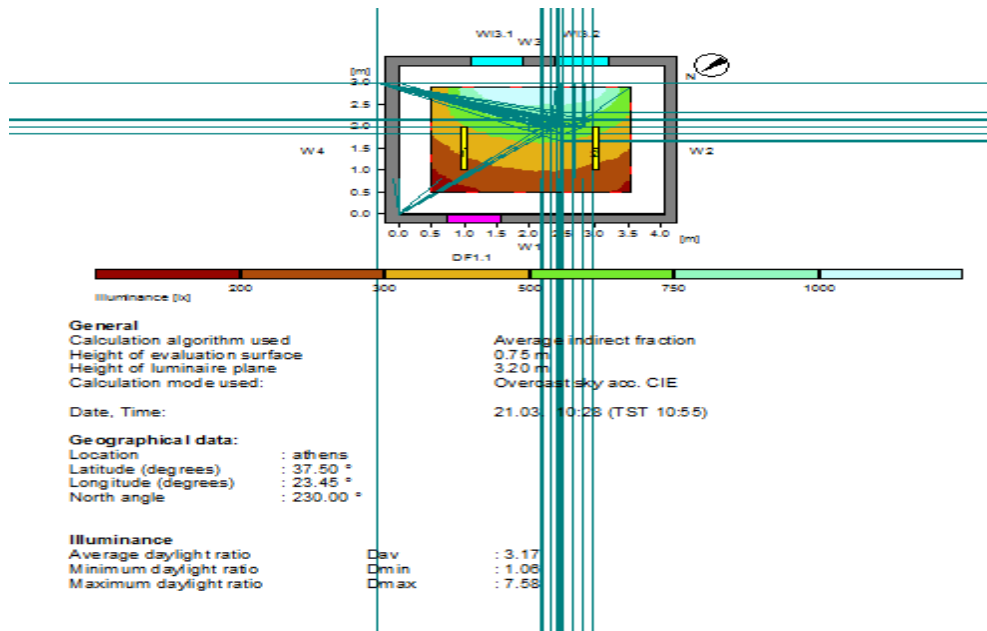
Χώρος 61



Χώρος 62

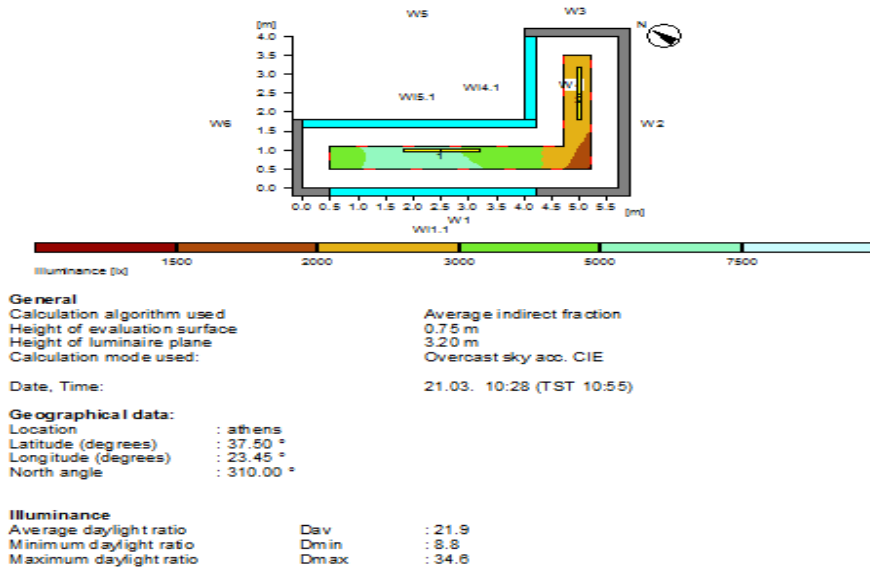


Χώρος 63

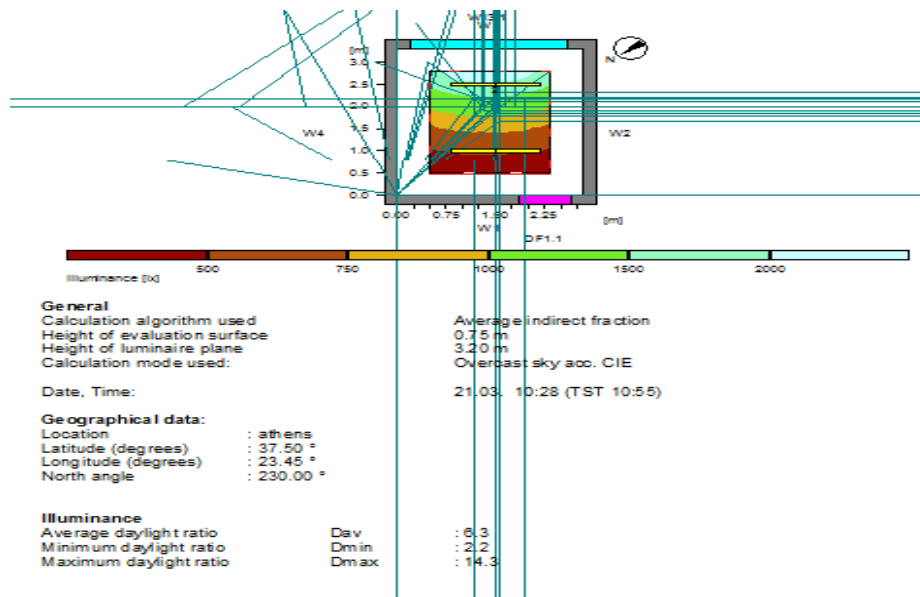


Χώροι Δ' ορόφου

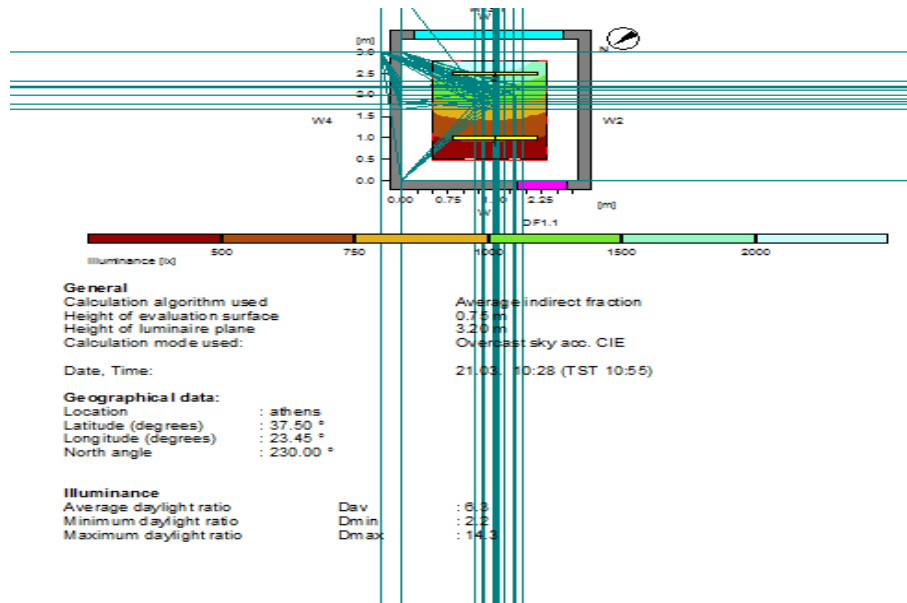
Χώρος 64



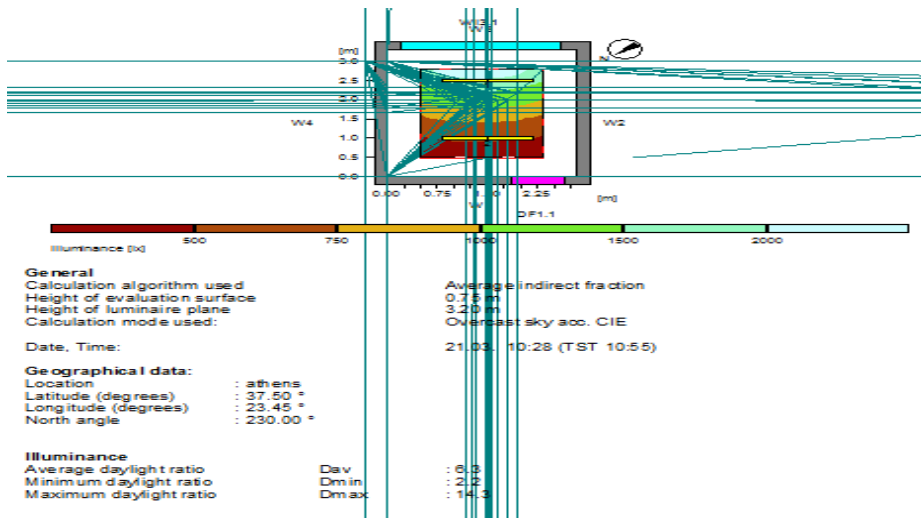
Χώρος 66



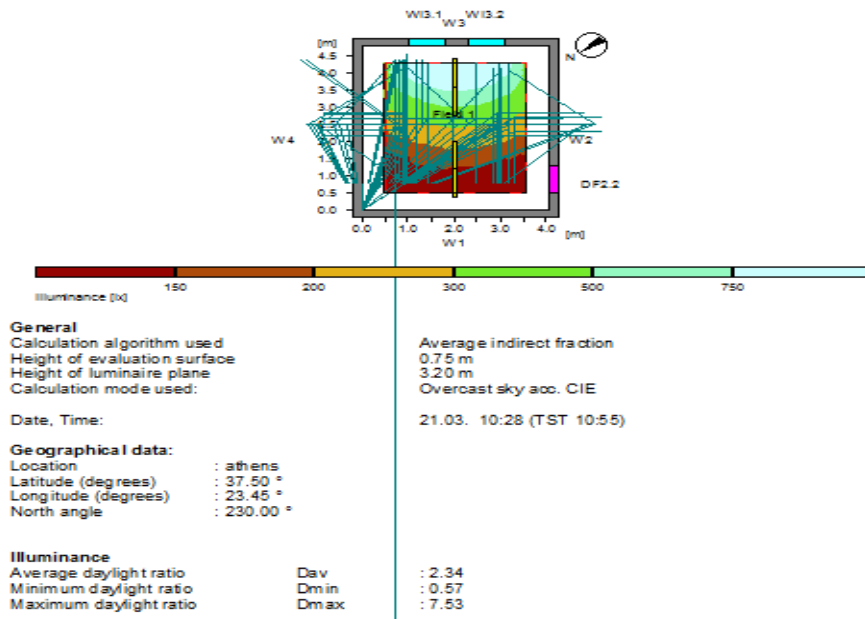
Χώρος 67



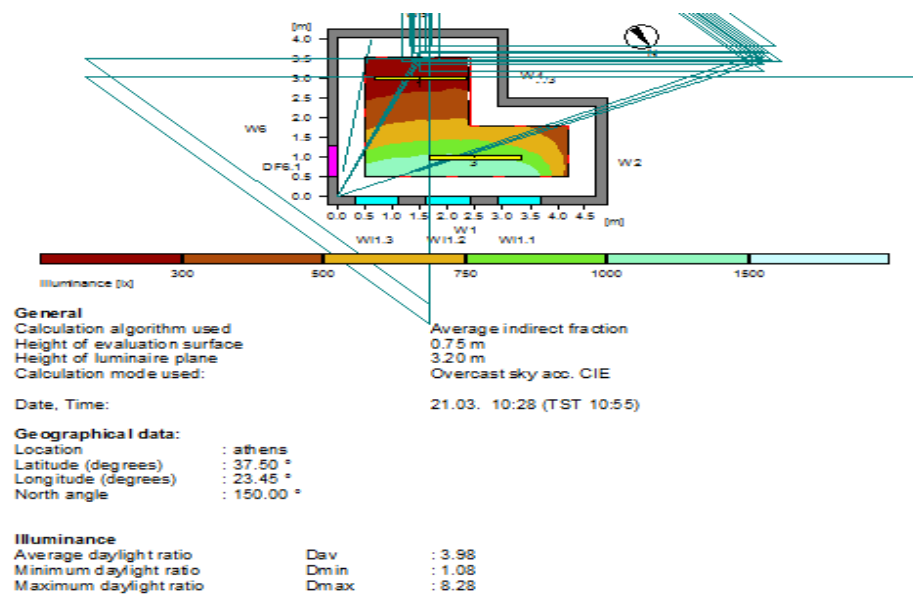
Χώρος 68



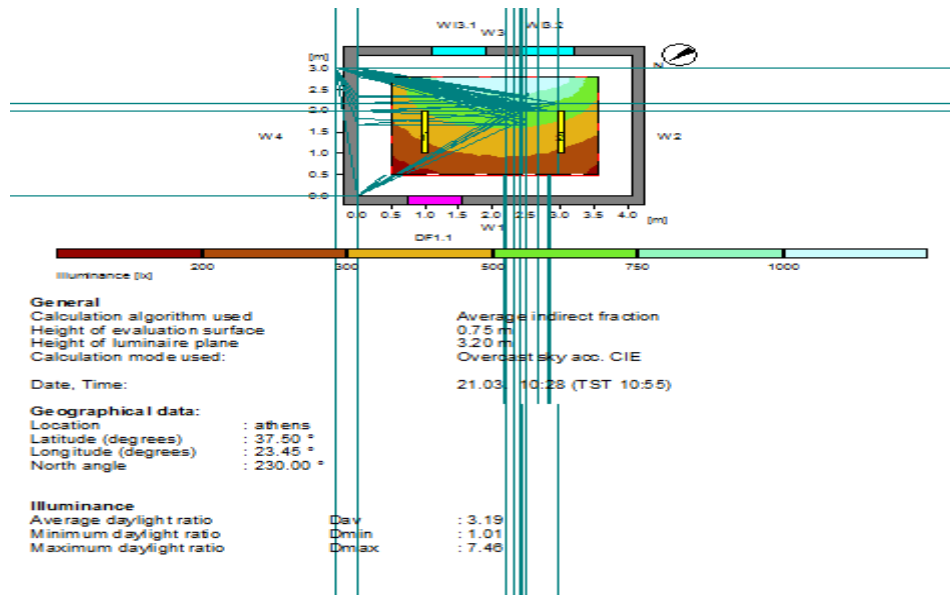
Χώρος 69



Χώρος 70



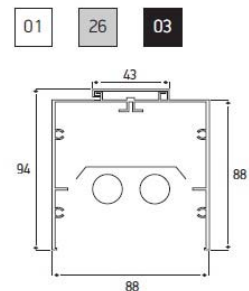
Χώρος 71



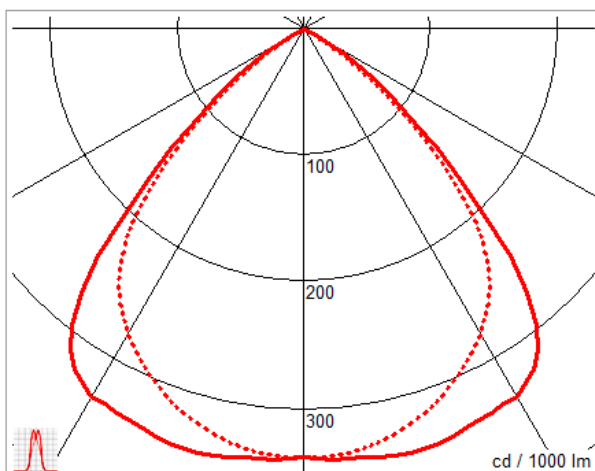
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία	: Γαλλής - Fotismos.
Μοντέλο	: Ikarus T16 G5, 4306.
Τύπος φωτιστικού	: Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4341 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
Τεχνικά χαρακτηριστικά	: Φθορισμού T16 G5 2x14 W, μήκους: 660mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4306	2x 14W T16 G5	88x660x94	1,2

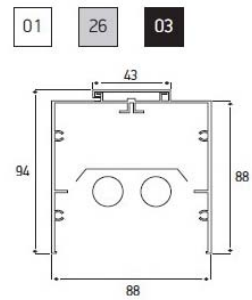


Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 580mm, 4341

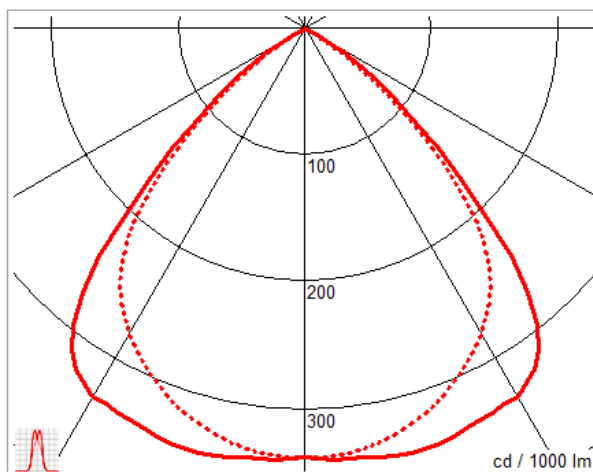


Παράρτημα Γ. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
 Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4307.
 Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4341 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
 Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x24 W, μήκους: 660mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4307	2x 24W T16 G5	88x660x94	1,2

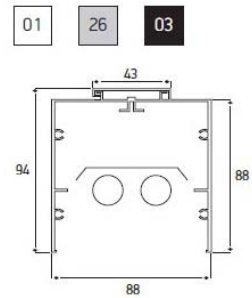


Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 580mm, 4341

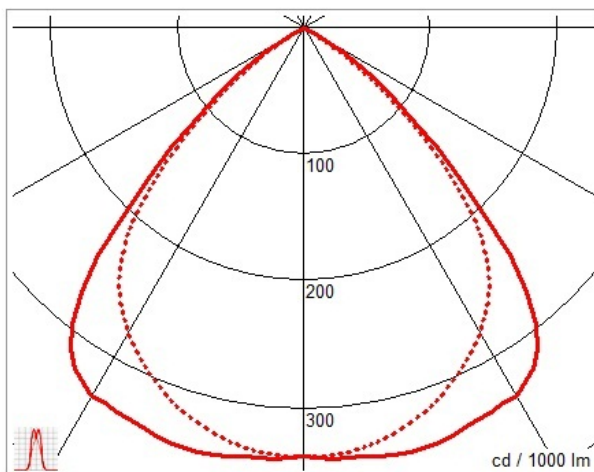


Παράρτημα Γ. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
 Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4308.
 Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4342 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
 Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x21 W, μήκους: 960mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4308	2x 21W T16 G5	88x960x94	1,6

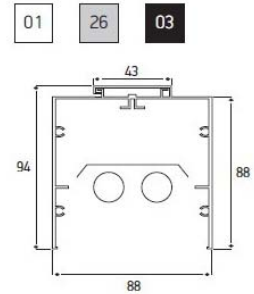


Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 880 mm 4342

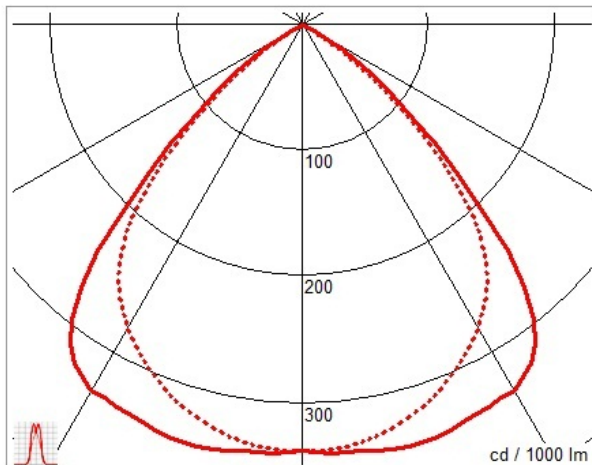


Παράρτημα Γ. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
 Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4309.
 Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4342 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
 Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4309	2x 39W T16 G5	88x960x94	1,6



Παραβολική Περσίδα Αλουμινιο 880 mm 4342

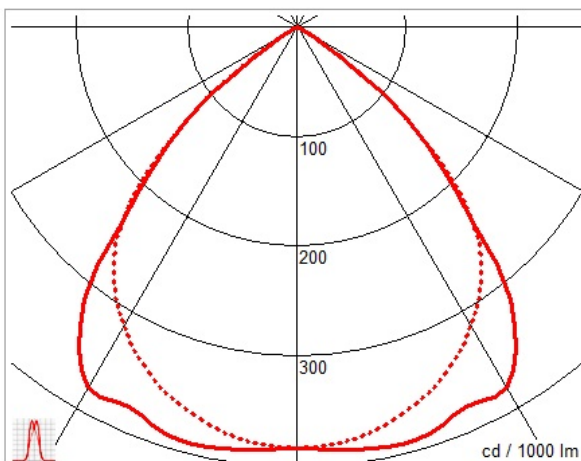
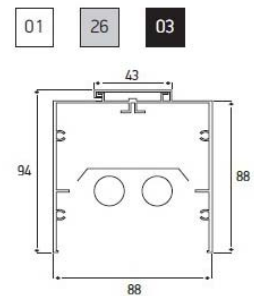


Παράρτημα Γ. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4310.
Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4343 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x28 W, μήκους: 1.260mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4310	2x 28W T16 G5	88x1260x94	2,0



Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 1180 mm, 4343

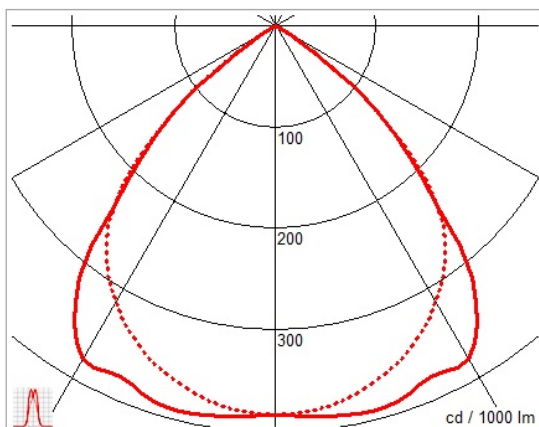
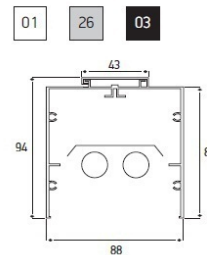


Παράρτημα Γ. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4311.
Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4343 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x54 W, μήκους: 1.260mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4311	2x 54W T16 G5	88x1260x94	2,0

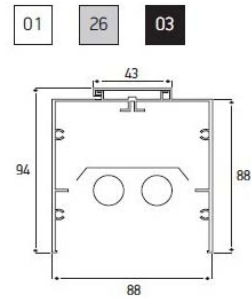


Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 1180 mm, 4343

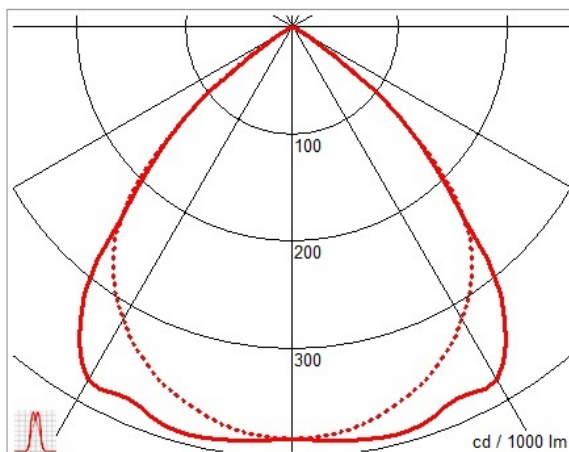


Παράρτημα Γ. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
 Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4312.
 Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
 Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x35 W, μήκους: 1.560mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4312	2x 35W T16 G5	88x1560x94	2,4



Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 1480 mm, 4344

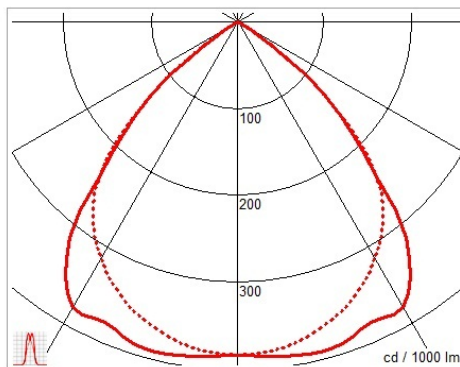
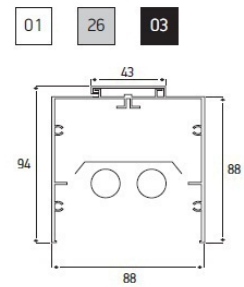


Παράρτημα Γ. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
 Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4313.
 Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
 Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x80 W, μήκους: 1.560mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4313	2x 80W T16 G5	88x1560x94	2,4

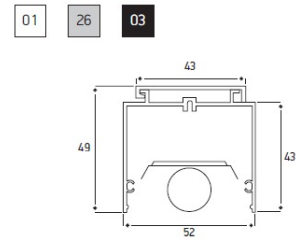


Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 1480 mm, 4344

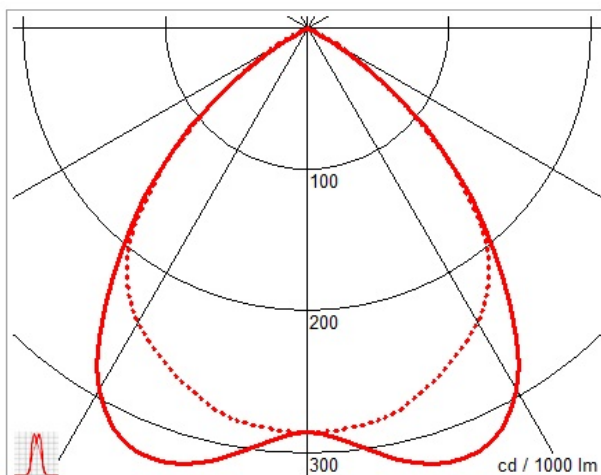


Παράρτημα Γ. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
- Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4032.
- Τύπος φωτιστικού : Μονόφωτο σώμα οροφής από διελασμένο αλουμίνιο βαμμένο ηλεκτροστατικά με επιλογή παραβολικής περσίδας 4065 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
- Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 1x21 W, μήκους: 1.220mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4032	1x 21W T16 G5	52x1220x49	1,5



Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 880 mm 4065



Παράρτημα Γ. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

Εταιρεία : Tridonic - Fotismos.
Μοντέλο : Αισθητήρας φωτισμού
SMART LS II / SMART LS II Ip

