



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού με εφαρμογή στην Σιβιτανίδειο Δημόσια Σχολή Τεχνών & Επαγγελμάτων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βασίλειος Γ. Κεχαγιαδάκης

Επιβλέπων: Ιωάννης Φ. Γκόνος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα: Αικατερίνη Δ. Πολυκράτη
Μέλος ΕΔΙΠ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2025



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού με εφαρμογή στην
Σιβιτανίδειο Δημόσια Σχολή Τεχνών & Επαγγέλμάτων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βασίλειος Γ. Κεχαγιαδάκης

Επιβλέπων: Ιωάννης Φ. Γκόνος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Συνεπιβλέπουσα: Αικατερίνη Δ. Πολυκράτη
Μέλος ΕΔΙΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 30η Σεπτεμβρίου 2025.

.....
Ιωάννης Φ. Γκόνος
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Χρήστος Χ. Χριστοδούλου
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Ευάγγελος Μαρινάκης
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2025

.....
Βασίλειος Γ. Κεχαγιαδάκης

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

Copyright © Βασίλειος Γ. Κεχαγιαδάκης, 2025
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσης 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 το συγγραφέα.

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

Περίληψη

Η Διπλωματική Εργασία αφορά την ενεργειακή αναβάθμιση μιας κτιριακής εγκατάστασης που βρίσκεται εντός της Σιβιτανιδείου Δημόσιας Σχολής Τεχνών & Επαγγελμάτων και συγκεκριμένα μέσω αντικατάστασης των υφιστάμενων φωτιστικών φθορισμού με αντίστοιχα τύπου LED. Στόχος είναι η εκπόνηση ολοκληρωμένης μελέτης φωτισμού για όλους τους εσωτερικούς χώρους, σύμφωνα με ευρωπαϊκά και εθνικά πρότυπα, εξασφαλίζοντας οπτική άνεση και λειτουργικότητα. Η εργασία περιλαμβάνει θεωρητικό υπόβαθρο, καθορισμό απαιτήσεων φωτισμού, περιγραφή του κτηρίου, προσομοίωση στο λογισμικό RELUX με επιλογή κατάλληλων φωτιστικών. Τέλος, εκπονείται οικονομική ανάλυση όπου τα συμπεράσματα προβάλλουν τη βιωσιμότητα της λύσης και την αξία ενεργειακής αναβάθμισης εν γένει σε δημόσια κτήρια και εγκαταστάσεις.

Λέξεις κλειδιά: ορατό φως, στερεά γωνία, φωτεινή ροή, φωτεινή ένταση, ένταση φωτισμού, συντελεστής συντήρησης, κατακόρυφος φωτισμός, δείκτης χρωματικής απόδοσης, δείκτης ομοιομορφίας, θάμβωση, λαμπτήρας φθορισμού, λαμπτήρας LED, Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), δυναμικός σχεδιασμός, ψευδοχρώματα, περίοδος αποπληρωμής, απόδοση επένδυσης, καθαρή παρούσα αξία, δείκτης αποδοτικότητας, σταθμισμένο κόστος εξοικονομούμενης ενέργειας

Abstract

The present Master's Thesis concerns the energy upgrade of a building facility located within the Sivitanidios Public School of Arts & Professions, specifically through the replacement of existing fluorescent luminaires with LED-type fixtures. The objective is to develop a comprehensive lighting study for all indoor areas, in accordance with European and national standards, ensuring visual comfort and functionality. The work includes a theoretical background, determination of lighting requirements, description of the building, and lighting simulation using RELUX software with the selection of suitable luminaires. Finally, a techno-economic analysis is conducted, with conclusions highlighting the viability of the solution and the overall value of energy upgrading in public buildings and facilities.

Keywords: visible light, solid angle, luminous flux, luminous intensity, illuminance, maintenance factor, vertical illuminance, color rendering index (CRI), uniformity ratio, glare, fluorescent lamp, LED lamp, Regulation on the Energy Performance of Buildings (KENAK), dynamic design, false colors, payback period, return on investment (ROI), net present value (NPV), profitability index (PI), levelized cost of saved energy (LCSE)

Ευχαριστίες

Με αφορμή την συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Φ. Γκόντο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε ώστε να μου αναθέσει το συγκεκριμένο θέμα και ιδιαίτερα την κα. Αικατερίνη Δ. Πολυκράτη για την διαρκή στήριξη της στην εκπόνηση της εργασίας αυτής με τις οδηγίες και κατευθύνσεις που μου έδωσε σε κάθε βήμα της συγγραφής αυτής. Θα ήταν παράλειψη μου να μην ευχαριστήσω επίσης και τον κ. Πάρη Μιχαηλίδη, καθηγητή της Σιβιτανίδειου Δημόσιας Σχολής Τεχνών & Επαγγελμάτων για το υλικό που μου παρείχε καθώς και για όλες τις πληροφορίες που μου μετέδωσε που ήταν αρωγός στην εκπόνηση των ζητημάτων που πραγματεύεται η συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία. Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου για όλα τα εφόδια που μου δώσαν ώστε να πρεσβεύω αυτό που είμαι καθώς και όλους όσους συνέβαλλαν στην πνευματική ανέλιξή μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract	6
Ευχαριστίες.....	7
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Εισαγωγή.....	15
1.1. Θεωρία τεχνολογίας φωτισμού.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Καταγραφή προδιαγραφών και απαιτήσεων φωτισμού σε σχολικές μονάδες.....	24
2.1. Απαιτήσεις φωτισμού σε δημόσια κτήρια και δομές.....	24
2.2. Ισχύον καθεστώς προτύπων και κανονισμών σχετικά με τις απαιτήσεις φωτισμού.....	26
2.3. Απαιτήσεις φωτισμού σε σχολικές μονάδες.....	27
2.3.1. Αίθουσες διδασκαλίας.....	28
2.3.2. Γραφεία καθηγητών.....	29
2.3.3. Εργαστήρια.....	30
2.3.4. Διάδρομος - κλιμακοστάσια.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Περιγραφή εξεταζόμενης κτιριακής εγκατάστασης.....	32
3.1. Ιστορικά Στοιχεία Σιβιτανίδειου Δημόσιας Σχολής Τεχνών & Επαγγελμάτων.....	33
3.2. Κατόψεις ορόφων εξεταζόμενης εγκατάστασης.....	36
3.3. Τεχνικές λεπτομέρειες σχετικά με την κτιριακή εγκατάσταση.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Διεξαγωγή μελέτης φωτισμού της εξεταζόμενης εγκατάστασης με χρήση λογισμικού RELUX.....	41
4.1. Περιγραφή του λογισμικού RELUX.....	42
4.2. Μελέτη φωτισμού χώρων Ισογείου.....	70
4.3. Μελέτη φωτισμού χώρων Α' Ορόφου.....	98
4.4. Μελέτη φωτισμού χώρων Β' Ορόφου.....	122
4.5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μελέτης φωτισμού.....	126
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Τεχνοοικονομική ανάλυση της δράσης.....	126
5.1. Κριτήρια αξιολόγησης οικονομικής επένδυσης.....	126
5.2. Οικονομική αξιολόγηση της δράσης.....	130
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Σχόλια - συμπεράσματα.....	138
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - Επιλεγθέντα φωτιστικά.....	142
Βιβλιογραφία.....	152

Πίνακας 1.1. Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή συντήρησης ανάλογα με την εκάστοτε χρήση.....	14
Πίνακας 2.1. Βασικές φωτοτεχνικές απαιτήσεις για ορισμένους δημόσιους χώρους.....	25
Πίνακας 3.1. Καταγραφή του αριθμού των φωτιστικών, του είδους των λαμπτήρων φωτιστικών και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τους χώρους του Ισογείου.....	38
Πίνακας 3.2. Καταγραφή του αριθμού των φωτιστικών, του είδους των λαμπτήρων φωτιστικών και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τους χώρους του Α' Ορόφου.....	39
Πίνακας 3.3. Καταγραφή του αριθμού των φωτιστικών, του είδους των λαμπτήρων φωτιστικών και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τους χώρους του Β' Ορόφου.....	39
Πίνακας 3.4. Υπολογισμός συνολικής υφιστάμενης εγκατεστημένης ισχύος για ανάγκες φωτισμού ανά όροφο.....	39
Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού για τους χώρους του Ισογείου	122
Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού για τους χώρους του Α' Ορόφου.....	122
Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού για τους χώρους του Β' Ορόφου.....	123
Πίνακας 4.4. Κατανομή του αριθμού των φωτιστικών που θα τοποθετηθούν για τους χώρους του Ισογείου.....	123
Πίνακας 4.5. Κατανομή του αριθμού των φωτιστικών που θα τοποθετηθούν για τους χώρους του Α' Ορόφου.....	123
Πίνακας 4.6. Κατανομή του αριθμού των φωτιστικών που θα τοποθετηθούν για τους χώρους του Β' Ορόφου.....	124
Πίνακας 4.7. Σύγκριση συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αρχικά και μετά την δράση στους χώρους του Ισογείου και υπολογισμός της εξοικονόμησης ισχύος ανά χώρο και συνολικά.....	124
Πίνακας 4.8. Σύγκριση συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αρχικά και μετά την δράση στους χώρους του Α' Ορόφου και υπολογισμός της εξοικονόμησης ισχύος ανά χώρο και συνολικά.....	125
Πίνακας 4.9. Σύγκριση συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αρχικά και μετά την δράση στους χώρους του Β' Ορόφου και υπολογισμός της εξοικονόμησης ισχύος ανά χώρο και συνολικά.....	125
Πίνακας 4.10. Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αρχικά και μετά τη δράση για τους χώρους όπου έγινε αυτή.....	125
Πίνακας 5.1. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό CDL02	131
Πίνακας 5.2. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό COMMERCIAL LINEAR -Crescent Multi Wattage 4ft	131
Πίνακας 5.3. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό Targetti Sankey - THREESIXTY.....	131
Πίνακας 5.4. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό TRAW ICE INS m1200.....	131
Πίνακας 5.5. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό TrueLevel Surface monted.....	132
Πίνακας 5.6 Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό Pacific LED gen4.....	133
Πίνακας 5.7. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό SlimBlend Square, Surface mounted.....	133
Πίνακας 5.8. Κόστη αγοράς λαμπτήρων ανά είδος και συνολικό κόστος αγοράς αυτών.....	135
Πίνακας 5.9. Εξοικονόμηση συνολικής ισχύος της κτιριακής εγκατάστασης για τις ανάγκες φωτισμού μετά την διεξαγωγή της δράσης.....	135
Πίνακας 5.10. Εξοικονόμηση ετήσιου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας της κτιριακής εγκατάστασης για τις ανάγκες φωτισμού μετά την διεξαγωγή της δράσης.....	135
Πίνακας 5.11. Συνολική εξοικονόμηση ετήσιου κόστους της κτιριακής εγκατάστασης για τις ανάγκες φωτισμού μετά την διεξαγωγή της δράσης.....	136
Πίνακας 5.12. Ανάλυση κόστους και συνολικού κόστους εγκατάστασης του νέου συστήματος φωτισμού.....	136
Πίνακας 5.13. Υπολογισμοί για τον έλεγχο βιωσιμότητας της επένδυσης.....	137
Σχήμα 1.1. Η περιοχή του ορατού φωτός στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.....	16
Σχήμα 1.2. Η στερεά γωνία.....	16
Σχήμα 1.3. Εξασφάλιση της απαιτούμενης μέσης κυλινδρικής έντασης φωτισμού	20
Σχήμα 1.4. Δομή ενός τυπικού λαμπτήρα φθορισμού.....	22
Σχήμα 1.5. Δομή ενός τυπικού λαμπτήρα L.E.D.....	23
Σχήμα 3.1. Η Σιβιτανίδειος Σχολή την δεκαετία του 1950.....	33

Σχήμα 3.2. Κάτοψη Ισόγειου Κτιρίου Πατσαβού Σιβιτανίδειου Σχολής.....	34
Σχήμα 3.3. Κάτοψη Α' Ορόφου Κτιρίου Πατσαβού Σιβιτανίδειου Σχολής.....	35
Σχήμα 3.4 Κάτοψη Β' Ορόφου Κτιρίου Πατσαβού Σιβιτανίδειου Σχολής.....	36
Σχήμα 3.5. Πανοραμική άποψη του σχολικού συγκροτήματος με χρήση του Google Maps.....	37
Σχήμα 3.6. Πανοραμική άποψη της εξεταζόμενης κτιριακής εγκατάστασης.....	37
Σχήμα 4.1. Αποτύπωση της αίθουσας Π103 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	43
Σχήμα 4.2. Αποτύπωση της αίθουσας Π103 σε απεικόνιση 3D.....	43
Σχήμα 4.3. Κάτοψη της αίθουσας Π103 με χρήση του λογισμικού Relux.....	44
Σχήμα 4.4. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π103.....	45
Σχήμα 4.5. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π103.....	45
Σχήμα 4.6. Αποτύπωση της αίθουσας Π103 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.....	46
Σχήμα 4.7. Αποτύπωση της αίθουσας Π104 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	47
Σχήμα 4.8. Αποτύπωση της αίθουσας Π104 σε απεικόνιση 3D.....	47
Σχήμα 4.9. Κάτοψη της αίθουσας Π104 με χρήση του λογισμικού Relux.....	48
Σχήμα 4.10. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π104.....	49
Σχήμα 4.11. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π104.....	49
Σχήμα 4.12. Αποτύπωση της αίθουσας Π104 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	50
Σχήμα 4.13. Αποτύπωση της αίθουσας Π105 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	51
Σχήμα 4.14. Αποτύπωση της αίθουσας Π105 σε απεικόνιση 3D	51
Σχήμα 4.15. Κάτοψη της αίθουσας Π105 με χρήση του λογισμικού Relux	52
Σχήμα 4.16. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π105	53
Σχήμα 4.17. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π105	53
Σχήμα 4.18. Αποτύπωση της αίθουσας Π105 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	54
Σχήμα 4.19. Αποτύπωση της αίθουσας Π106 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	55
Σχήμα 4.20. Αποτύπωση της αίθουσας Π106 σε απεικόνιση 3D	55
Σχήμα 4.21. Κάτοψη της αίθουσας Π106 με χρήση του λογισμικού Relux	56
Σχήμα 4.22. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π106	57
Σχήμα 4.23. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π106	57
Σχήμα 4.24.. Αποτύπωση της αίθουσας Π106 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	58
Σχήμα 4.25. Αποτύπωση της αίθουσας Π107 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	59
Σχήμα 4.26. Αποτύπωση της αίθουσας Π107 σε απεικόνιση 3D	59
Σχήμα 4.27. Κάτοψη της αίθουσας Π107 με χρήση του λογισμικού Relux	60
Σχήμα 4.28. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π107	61
Σχήμα 4.29. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π107	61
Σχήμα 4.30. Αποτύπωση της αίθουσας Π107 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	62
Σχήμα 4.31. Αποτύπωση της αίθουσας Π108 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	63
Σχήμα 4.32. Αποτύπωση της αίθουσας Π108 σε απεικόνιση 3D	63
Σχήμα 4.33. Κάτοψη της αίθουσας Π108 με χρήση του λογισμικού Relux	64
Σχήμα 4.34. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π108	65
Σχήμα 4.35. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π108	65
Σχήμα 4.36. Αποτύπωση της αίθουσας Π108 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	66
Σχήμα 4.37. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ11 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	67
Σχήμα 4.38. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ11 σε απεικόνιση 3D	67
Σχήμα 4.39. Κάτοψη του διαδρόμου ΠΔ11 με χρήση του λογισμικού Relux	67
Σχήμα 4.40. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης του διαδρόμου ΠΔ11	68
Σχήμα 4.41. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ11 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	69
Σχήμα 4.42. Αποτύπωση της αίθουσας Π202 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	70
Σχήμα 4.43. Αποτύπωση της αίθουσας Π202 σε απεικόνιση 3D	71
Σχήμα 4.44. Κάτοψη της αίθουσας Π202 με χρήση του λογισμικού Relux	72
Σχήμα 4.45. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π202.....	73
Σχήμα 4.46. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π202.....	73
Σχήμα 4.47. Αποτύπωση της αίθουσας Π202 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	74

Σχήμα 4.48. Αποτύπωση της αίθουσας Π203 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	75
Σχήμα 4.49. Αποτύπωση της αίθουσας Π203 σε απεικόνιση 3D	75
Σχήμα 4.50. Κάτοψη της αίθουσας Π203 με χρήση του λογισμικού Relux	76
Σχήμα 4.51. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π203.....	77
Σχήμα 4.52. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π203.....	77
Σχήμα 4.53. Αποτύπωση της αίθουσας Π203 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	78
Σχήμα 4.54. Αποτύπωση της αίθουσας Π204 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	79
Σχήμα 4.55. Αποτύπωση της αίθουσας Π204 σε απεικόνιση 3D	79
Σχήμα 4.56. Κάτοψη της αίθουσας Π204 με χρήση του λογισμικού Relux	80
Σχήμα 4.57. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π204.....	81
Σχήμα 4.58. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π204.....	81
Σχήμα 4.59. Αποτύπωση της αίθουσας Π204 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	82
Σχήμα 4.60. Αποτύπωση της αίθουσας Π205 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	83
Σχήμα 4.61. Αποτύπωση της αίθουσας Π205 σε απεικόνιση 3D	83
Σχήμα 4.62. Κάτοψη της αίθουσας Π205 με χρήση του λογισμικού Relux	84
Σχήμα 4.63. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π205.....	85
Σχήμα 4.64. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π205.....	85
Σχήμα 4.65. Αποτύπωση της αίθουσας Π205 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	86
Σχήμα 4.66. Αποτύπωση της αίθουσας Π206 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	87
Σχήμα 4.67. Αποτύπωση της αίθουσας Π206 σε απεικόνιση 3D	87
Σχήμα 4.68. Κάτοψη της αίθουσας Π206 με χρήση του λογισμικού Relux	88
Σχήμα 4.69. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π206.....	89
Σχήμα 4.70. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π206.....	89
Σχήμα 4.71. Αποτύπωση της αίθουσας Π206 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	90
Σχήμα 4.72. Αποτύπωση της αίθουσας Π206.1 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	91
Σχήμα 4.73. Αποτύπωση της αίθουσας Π206.1 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	91
Σχήμα 4.74. Κάτοψη της αίθουσας Π206.1 με χρήση του λογισμικού Relux	92
Σχήμα 4.75. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π206.1	93
Σχήμα 4.76. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π206.1.....	93
Σχήμα 4.77. Αποτύπωση της αίθουσας Π206.1 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	94
Σχήμα 4.78. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ21 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	95
Σχήμα 4.79. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ21 σε απεικόνιση 3D	95
Σχήμα 4.80. Κάτοψη του διαδρόμου ΠΔ21 με χρήση του λογισμικού Relux	95
Σχήμα 4.81. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης του διαδρόμου ΠΔ21	96
Σχήμα 4.82. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ21 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων	97
Σχήμα 4.83. Αποτύπωση της αίθουσας Π302 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	98
Σχήμα 4.84. Αποτύπωση της αίθουσας Π302 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού	99
Σχήμα 4.85. Κάτοψη της αίθουσας Π302 με χρήση του λογισμικού Relux.....	100
Σχήμα 4.86. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π302.....	101
Σχήμα 4.87. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π302.....	101
Σχήμα 4.88. Αποτύπωση του διαδρόμου Π302 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.....	102
Σχήμα 4.89. Αποτύπωση της αίθουσας Π303 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	103
Σχήμα 4.90. Αποτύπωση της αίθουσας Π303 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	103
Σχήμα 4.91. Κάτοψη της αίθουσας Π303 με χρήση του λογισμικού Relux.....	104
Σχήμα 4.92. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π303.....	105
Σχήμα 4.93. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π303.....	105
Σχήμα 4.94. Αποτύπωση του διαδρόμου Π303 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.....	106
Σχήμα 4.95. Αποτύπωση της αίθουσας Π304 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	107
Σχήμα 4.96. Αποτύπωση της αίθουσας Π304 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	107
Σχήμα 4.97. Κάτοψη της αίθουσας Π304 με χρήση του λογισμικού Relux.....	108
Σχήμα 4.98. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π304.....	109
Σχήμα 4.99. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π304.....	109

Σχήμα 4.100.	Αποτύπωση του διαδρόμου Π304 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.....	110
Σχήμα 4.101.	Αποτύπωση της αίθουσας Π305 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	111
Σχήμα 4.102.	Αποτύπωση της αίθουσας Π305 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	111
Σχήμα 4.103.	Κάτοψη της αίθουσας Π305 με χρήση του λογισμικού Relux.....	112
Σχήμα 4.104.	Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π305.....	113
Σχήμα 4.105.	Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π305.....	113
Σχήμα 4.106.	Αποτύπωση του διαδρόμου Π305 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.....	114
Σχήμα 4.107.	Αποτύπωση της αίθουσας Π306 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	115
Σχήμα 4.108.	Αποτύπωση της αίθουσας Π306 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	115
Σχήμα 4.109.	Κάτοψη της αίθουσας Π306 με χρήση του λογισμικού Relux.....	116
Σχήμα 4.110.	Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π306.....	117
Σχήμα 4.111.	Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π306.....	117
Σχήμα 4.112.	Αποτύπωση του διαδρόμου Π306 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.....	118
Σχήμα 4.113.	Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ31 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.....	119
Σχήμα 4.114.	Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ31 σε απεικόνιση 3D.....	119
Σχήμα 4.115.	Κάτοψη του διαδρόμου ΠΔ31 με χρήση του λογισμικού Relux.....	119
Σχήμα 4.116.	Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης του διαδρόμου ΠΔ31.....	120
Σχήμα 4.117.	Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ31 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.....	121
Σχήμα 6.1.	Διαγραμματική απεικόνιση κατανάλωσης ισχύος για τους χώρους του Ισογείου πρίν και μετά την δράση.....	139
Σχήμα 6.2.	Διαγραμματική απεικόνιση κατανάλωσης ισχύος για τους χώρους του Α΄ Ορόφου πρίν και μετά την δράση.....	139
Σχήμα 6.3.	Διαγραμματική απεικόνιση κατανάλωσης ισχύος για τους χώρους του Β΄ Ορόφου πρίν και μετά την δράση.....	140
Σχήμα ΠΑ.1.	Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού CDL02.....	143
Σχήμα ΠΑ.2.	Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840WB WH DALI.....	144
Σχήμα ΠΑ.3.	Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού TrueLevel, surface mounted.....	145
Σχήμα ΠΑ.4.	Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού TrueLevel, surface mounted.....	146
Σχήμα ΠΑ.5.	Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού COMMERCIAL LINEAR-Crescent Multi-Wattage 4ft.....	147
Σχήμα ΠΑ.6.	Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού COMMERCIAL LINEAR-Crescent Multi-Wattage 4ft.....	148
Σχήμα ΠΑ.7.	Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού Targetti Sankey - THREESIXTY.....	149
Σχήμα ΠΑ.8.	Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού SlimBlend Square, Surface mounted.....	150
Σχήμα ΠΑ.9.	Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού SlimBlend Square, Surface mounted.....	151

Πρόλογος

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονείται στο πλαίσιο της ανάγκης αναβάθμισης των υφιστάμενων ενεργειακών υποδομών σε δημόσια κτήρια, και ειδικότερα σε σχολική μονάδα δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η εργασία εστιάζει στη βελτίωση του τεχνητού φωτισμού των εσωτερικών χώρων ενός σχολικού κτηρίου, μέσω της αντικατάστασης των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων φθορισμού με νέα φωτιστικά τεχνολογίας LED.

Βασικός σκοπός της εργασίας είναι η εκπόνηση μιας ολοκληρωμένης μελέτης φωτισμού που να καλύπτει όλους τους εσωτερικούς χώρους της σχολικής εγκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές απαιτήσεις φωτισμού που προδιαγράφονται από τα υφιστάμενα ευρωπαϊκά και εθνικά πρότυπα. Μέσα από τη μελέτη αυτή, επιδιώκεται η διασφάλιση της οπτικής άνεσης και της λειτουργικότητας στους χώρους διδασκαλίας και εργασίας, καθώς και η ουσιαστική συμβολή στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και κατ' επέκταση στο λειτουργικό κόστος του κτηρίου.

Πέραν της τεχνικής τεκμηρίωσης, η εργασία περιλαμβάνει και οικονομική ανάλυση της προτεινόμενης λύσης, με στόχο την αξιολόγηση της βιωσιμότητας της επένδυσης. Η ανάλυση αυτή λαμβάνει υπόψη τόσο την εξοικονόμηση ενέργειας όσο και τη διάρκεια απόσβεσης του κόστους εγκατάστασης, ενισχύοντας την προσέγγιση ενός βιώσιμου και ρεαλιστικού σχεδίου παρέμβασης.

Η δομή της εργασίας έχει σχεδιαστεί ώστε να ακολουθεί μία σαφή και λειτουργική πορεία, ξεκινώντας από τη θεωρητική τεκμηρίωση και καταλήγοντας στην πρακτική εφαρμογή και αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης.

Αναλυτικότερα, η εργασία περιλαμβάνει:

- **Θεωρητικό υπόβαθρο**, το οποίο καλύπτει τις βασικές έννοιες του φωτισμού, τις κατηγορίες και τεχνολογίες λαμπτήρων. Επίσης περιγράφονται έννοιες όπως ο δείκτης θάμβωσης (UGR), η ομοιομορφία και η χρωματική απόδοση, όπου θα χρησιμοποιηθούν στην μελέτη που θα εκπονηθεί παρακάτω.
- **Καθορισμό απαιτήσεων φωτισμού για εκπαιδευτικά κτήρια**, βάσει των προτύπων όπως το EN 12464-1, καθώς και των προδιαγραφών σχεδιασμού ενός αποτελεσματικού φωτιστικού συστήματος ανά χώρο.

- **Περιγραφή της υπό μελέτη σχολικής εγκατάστασης**, με αναφορά στη διαρρύθμιση των χώρων με παράθεση των απαιτούμενων κατόψεων καθώς και των απαιτούμενων τεχνικών χαρακτηριστικών του κτηρίου.
- **Εκπόνηση προσομοίωσης φωτισμού** με χρήση του λογισμικού RELUX, το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό και τη βελτιστοποίηση της τοποθέτησης των φωτιστικών LED. Γίνεται επιλογή φωτιστικών βάσει τεχνικών χαρακτηριστικών και τοποθέτησής τους, με σκοπό την κάλυψη των φωτιστικών απαιτήσεων με ενεργειακά αποδοτικό τρόπο.
- **Οικονομοτεχνική αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης**, όπου εξετάζεται η αποδοτικότητα της επένδυσης, με χρήση δεικτών όπως ο χρόνος απόσβεσης και η καθαρή παρούσα αξία. Η αξιολόγηση επεκτείνεται και στις περιβαλλοντικές προεκτάσεις της παρέμβασης.
- **Συμπεράσματα και προτάσεις**, με στόχο τη συνολική αποτίμηση της παρέμβασης, τόσο από τεχνικής όσο και από οικονομικής σκοπιάς, καθώς και την προβολή της σημασίας της ενεργειακής αναβάθμισης στον τομέα της δημόσιας εκπαίδευσης.

Συνολικά, η εργασία φιλοδοξεί να αποτελέσει ένα πρακτικό παράδειγμα εφαρμογής ολοκληρωμένης μελέτης φωτισμού, το οποίο να είναι άμεσα εφαρμόσιμο και σε άλλες σχολικές μονάδες με ανάλογες ανάγκες. Μέσω της σύνδεσης τεχνικής ανάλυσης και στρατηγικού σχεδιασμού, επιδιώκεται η ανάδειξη της σημασίας της ενεργειακής αποδοτικότητας στο πλαίσιο της βιώσιμης διαχείρισης των δημοσίων κτηριακών υποδομών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° - Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, θα γίνει ανάλυση της απαιτούμενης θεωρίας που αφορά στην τεχνολογία φωτισμού.

1.1. Θεωρία τεχνολογίας φωτισμού

Η εξεταζόμενη κτιριακή εγκατάσταση όπως και κάθε κτιριακή εγκατάσταση αποτελείται από σύνολο φωτιστικών και λαμπτήρων που εξυπηρετούν στον επαρκή φωτισμό των χώρων τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Στη συνέχεια παρατίθεται βασικές έννοιες τεχνολογίας φωτισμού, ως θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας.

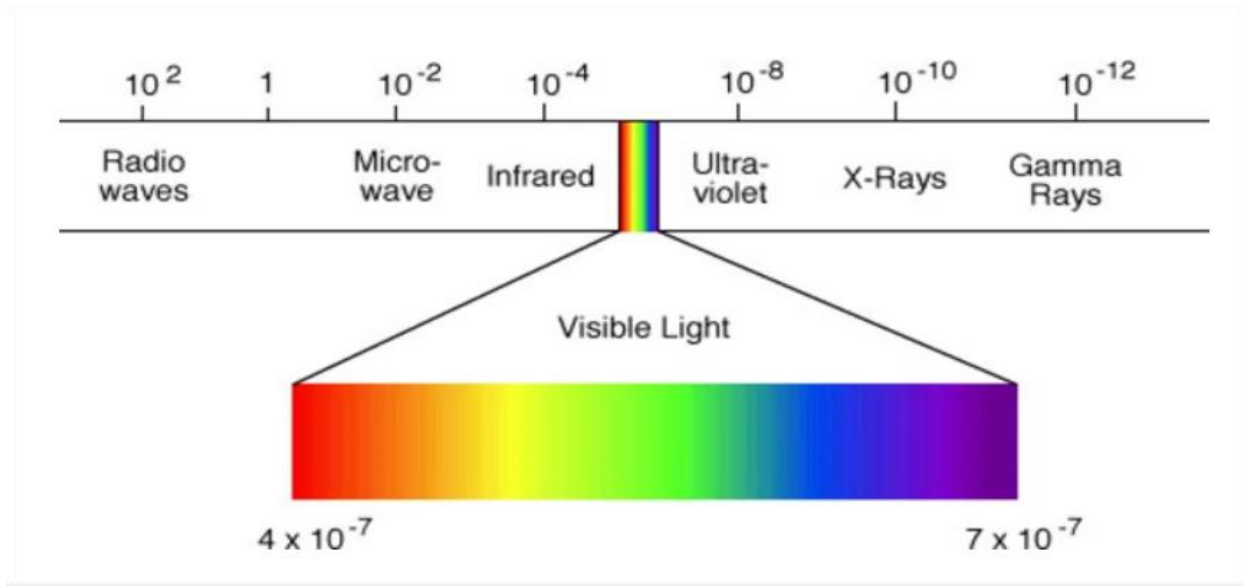
Καταρχήν θα πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι το ορατό φως είναι ένα τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και συγκεκριμένα από τα 380 nm έως τα 780 nm δηλαδή ανάμεσα στις υπέρυθρες και τις υπεριώδεις ακτινοβολίες [1]. Στο Σχήμα 1.1. αποτυπώνεται η διαβάθμιση των χρωμάτων στο διάστημα αυτό καθώς και το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Υπενθυμίζεται ότι οι τιμές αυτές αποτελούν το μήκος κύματος που υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση [1]:

$$c = \lambda * f$$

[1.1.]

όπου c είναι ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο κενό και ίση με 300.000 km/s.

Κατόπιν αυτού δίνονται οι ορισμοί της φωτεινής ροής (σε Lm), της φωτεινής έντασης (σε cd) καθώς και της έντασης φωτισμού (σε Lx), αφού πρώτα δοθεί η έννοια της στερεάς γωνίας ω .

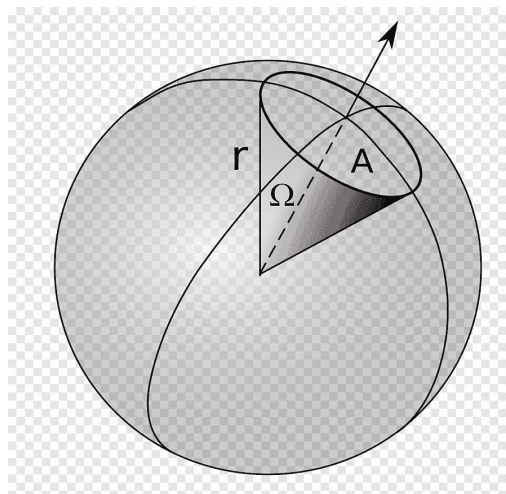


Σχήμα 1.1. Η περιοχή του ορατού φωτός στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [2].

Η στερεά γωνία ω όπως διακρίνεται στο Σχήμα 1.2. ορίζεται ως το πηλίκο του εμβαδού μιας σφαιρικής επιφάνειας A διά το τετράγωνο της ακτίνας r και μετράται σε στερεακτίνια (sterad) [1].

$$\omega = \frac{A}{r^2}$$

[1.2.]



Σχήμα 1.2. Η στερεά γωνία [3].

Η φωτεινή ροή Φ που μετράται σε Lumen (Lm) είναι η στοιχειώδης φωτεινή ενέργεια δQ , δηλαδή το τμήμα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας στο ορατό φως που γίνεται αντιληπτή από

το ανθρώπινο μάτι, που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή που τοποθετείται στην κορυφή ενός κώνου ως προς χρόνο dt , δηλαδή [1]:

$$\Phi = \frac{dQ}{dt}$$

[1.3.]

Η φωτεινή ένταση I είναι ένα διανυσματικό μέγεθος που εκφράζει το ποσό της φωτεινής ροής Φ που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή προς κάθε κατεύθυνση του στερεού χώρου, δηλαδή προς μια στερεά γωνία. Δηλαδή αποτελεί το πηλίκο της στοιχειώδους φωτεινής ροής $d\Phi$ ως προς μια στερεά γωνία $d\omega$. Μονάδα μέτρησης έχει την candela (cd) [1]:

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

[1.4.]

Τέλος ως ένταση φωτισμού E ορίζεται το πηλίκο της στοιχειώδους φωτεινής ροής $d\Phi$ που προσπίπτει κάθετα ως προς μια στοιχειώδη επιφάνεια dS δηλαδή [1]:

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

[1.5.]

Μονάδα μέτρησης της έντασης φωτισμού ή φωτισμού επιφάνειας είναι το Lux (Lx).

Οι παραπάνω έννοιες αποτελούν βασικά φωτοτεχνικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται κατά την εκπόνηση μιας μελέτης φωτισμού. Παρ' όλα αυτά, είναι σαφές ότι η φωτεινή ροή που αποδίδεται σε έναν χώρο δεν παραμένει σταθερή με την πάροδο του χρόνου, αλλά παρουσιάζει σταδιακή μείωση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε παράγοντες όπως η φυσιολογική γήρανση των φωτιστικών σωμάτων και η εναπόθεση ρύπων από το περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό, στις μελέτες φωτισμού η μέση ένταση φωτισμού ενός χώρου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη ένα χρονικό διάστημα που ξεκινά από την αρχική εγκατάσταση του συστήματος και φτάνει έως τη στιγμή που προβλέπεται η συντήρησή του. Ένας βασικός

συντελεστής που αναδεικνύει αυτή την κατάσταση αποτελεί ο συντελεστής συντήρησης του συστήματος φωτισμού f_m που υπολογίζεται όπως παρακάτω [4] :

$$f_m = \frac{\text{φωτεινή ροή κατά την συντήρηση}}{\text{φωτεινή ροή κατά την εγκατάσταση}}$$

[1.6.]

Ο συντελεστής συντήρησης f_m επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως [4]:

- η καθαρότητα του χώρου
- τα διαστήματα συντήρησης του χώρου
- οι ανακλαστικότητες των επιφανειών του χώρου
- το είδος φωτισμού των φωτιστικών σωμάτων
- ο δείκτης προστασίας των φωτιστικών σωμάτων
- τα διαστήματα συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων
- το είδος των λαμπτήρων
- οι ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων στην διάρκεια του έτους
- το διάστημα αλλαγής των λαμπτήρων
- τα διαστήματα αλλαγής όλων των λαμπτήρων ταυτόχρονα και η δυνατότητα αλλαγής μεμονωμένου λαμπτήρα σε περίπτωση που προκληθεί αστοχία

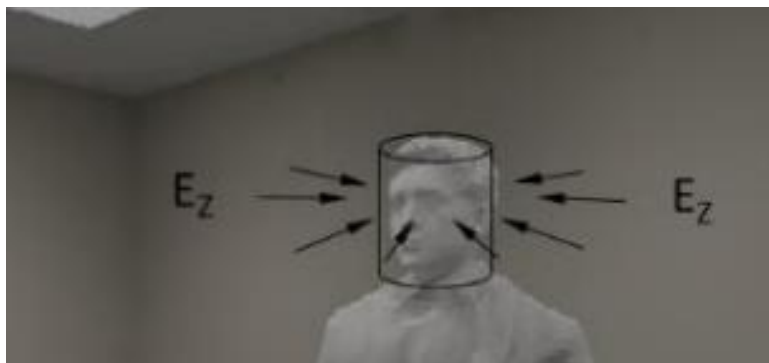
Σε γενικές γραμμές, προτείνεται η επιλογή υψηλής τιμής για τον συντελεστή συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων. Σε διαφορετική περίπτωση, η χαμηλή τιμή του συντελεστή οδηγεί σε αυξημένες απαιτήσεις κατά την αρχική εγκατάσταση, καθώς απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός φωτιστικών σωμάτων και πρόσθετος ηλεκτρολογικός εξοπλισμός. Το γεγονός αυτό δεν αυξάνει μόνο το αρχικό κόστος επένδυσης, αλλά συνεπάγεται και υψηλότερο λειτουργικό κόστος λόγω της αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας. Στον Πίνακα 1.1. δίνονται ενδεικτικές τιμές του συντελεστή συντήρησης ανάλογα με τη χρήση του χώρου [4]:

Πίνακας 1.1. Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή συντήρησης ανάλογα με την χρήση του χώρου.

Ενδεικτική τιμή συντελεστή συντήρησης fm για εσωτερικούς χώρους	Χρήσεις
0,85	Control rooms, πολύ καθαροί χώροι με χρήση φωτιστικών LED με υψηλή διάρκεια ζωής
0,80	Γραφεία, καθαροί χώροι με χρήση φωτιστικών LED με κανονική διάρκεια ζωής και χρήση συμβατικών φωτεινών πηγών με συχνή συντήρηση
0,80	Εργοστάσια μέτριας καθαριότητας με χρήση φωτιστικών LED με υψηλή διάρκεια ζωής
0,70	Εργοστάσια μέτριας καθαριότητας με χρήση συμβατικών φωτεινών πηγών με συχνή συντήρηση

Κατά τη μελέτη φωτισμού εσωτερικών χώρων, σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464-1, η ποιότητα του φωτισμού αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη λειτουργικότητα και την άνεση του χώρου. Για την επίτευξή της, λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η χρωματική απόδοση και η θερμοκρασία χρώματος του φωτός, ο περιορισμός της θάμβωσης (UGR), καθώς και η επαρκής κατανομή κατακόρυφου φωτισμού, οι οποίοι συντελούν στη βελτίωση της οπτικής άνεσης και της εργονομίας του περιβάλλοντος εργασίας.

Ο κατακόρυφος φωτισμός αποτελεί σημαντική παράμετρο σε όλους τους χώρους, καθώς διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών, αναδεικνύει την τρισδιάστατη μορφή των χαρακτηριστικών του χώρου και επηρεάζει θετικά τη βιολογική επίδραση του φωτός στους χρήστες. Παράλληλα, οι έννοιες της μέσης κυλινδρικής έντασης φωτισμού, της μοντελοποίησης της και του κατευθυντικού φωτισμού συνδέονται με τη σημασία του κατακόρυφου φωτισμού, καθώς η συνδυαστική εφαρμογή τους συμβάλλει στην επίτευξη υψηλής ποιότητας φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους [4]. Πιο συγκεκριμένα η μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού είναι η μέση τιμή της έντασης φωτισμού στην κατακόρυφη πλευρά ενός νοητού κυλίνδρου γύρω από το πρόσωπο των χρηστών όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.3.:



Σχήμα 1.3. Εξασφάλιση της απαιτούμενης μέσης κυλινδρικής έντασης φωτισμού [4].

Με βάση το πρότυπο EN 12464-7 αυτή πρέπει να έχει τιμή από 50 Lux και άνω και σε χώρους όπως σε γραφεία και αίθουσες διδασκαλίας, όπου υπάρχει συγχρωτισμός προσωπικού, αυτή μπορεί να πάρει τιμή έως και 150 Lux [4]. Ο δείκτης μοντελοποίησης εκφράζει την ισορροπία μεταξύ διάχυτου και κατευθυντικού φωτός και καθορίζεται τελικά από την αναλογία κυλινδρικής έντασης φωτισμού προς την οριζόντια ένταση φωτισμού από ένα συγκεκριμένο σημείο. Μια τιμή του συγκεκριμένου δείκτη από 0,3 έως 0,6 εκφράζει μια καλή μοντελοποίηση για μια ομοιόμορφη κατανομή κατακόρυφου φωτισμού [4]. Ο κατευθυντικός φωτισμός προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια και λεπτομέρεια κατά την εκτέλεση μιας οπτικής εργασίας, ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύει πιο καθαρά συγκεκριμένα αντικείμενα. Ωστόσο, η χρήση του απαιτεί προσοχή, καθώς μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλές σκιές, οι οποίες ενδέχεται να προκαλέσουν σύγχυση στους χρήστες του χώρου.

Όπως έχει ήδη επισημανθεί, η χρωματική πιστότητα και η ποιότητα της λευκής απόδοσης του φωτός αποτελούν βασικούς παράγοντες για την επίτευξη υψηλής ποιότητας στον φωτοτεχνικό σχεδιασμό εσωτερικών χώρων. Στο πλαίσιο του προτύπου EN 12464-7, δίνεται ιδιαίτερη σημασία στον Δείκτη Χρωματικής Απόδοσης (Colour Rendering Index – CRI), ο οποίος μετρά την ικανότητα μιας φωτεινής πηγής να αποδίδει τα χρώματα των αντικειμένων με φυσικό τρόπο, συγκρίνοντάς τα με μια πρότυπη πηγή φωτός αναφοράς που έχει την ίδια συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (CCT) [4].

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI) κυμαίνεται από 0 έως 100· όσο υψηλότερη είναι η τιμή του, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιστότητα στην απόδοση των χρωμάτων, γεγονός που ενισχύει την οπτική άνεση και την ακρίβεια διάκρισης αποχρώσεων, ιδιαίτερα σε χώρους όπου απαιτείται λεπτομερής εργασία. Αντίστοιχα, η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (CCT) εκφράζει το φασματικό χρώμα του φωτός που εκπέμπεται από την πηγή, μετρημένο σε

Kelvin (K), και βασίζεται στη σύγκρισή του με την ακτινοβολία ενός θεωρητικού μέλαν σώματος (black body radiator) [4].

Η CCT καθορίζει αν το εκπεμπόμενο φως ανήκει στην περιοχή των θερμών (π.χ. 2700–3000 K), ουδέτερων (4000–4500 K) ή ψυχρών (5000 K και άνω) λευκών αποχρώσεων, οι οποίες επιδρούν ψυχολογικά και λειτουργικά στους χρήστες του χώρου [4]. Η ορθή επιλογή των παραμέτρων CRI και CCT στον σχεδιασμό του φωτισμού δεν διασφαλίζει μόνο την αισθητική ποιότητα και την εργονομία, αλλά ενισχύει και την ενεργειακή απόδοση του συστήματος, καθιστώντας το κατάλληλο τόσο από λειτουργική όσο και από κανονιστική σκοπιά.

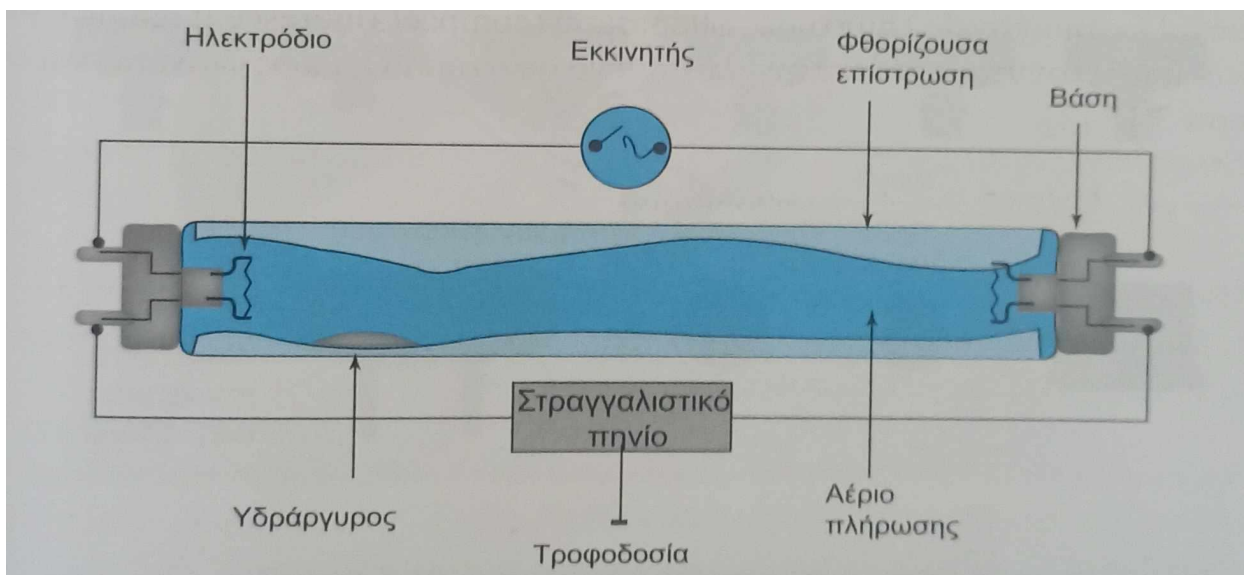
Στον σύγχρονο φωτιστικό σχεδιασμό, η μείωση των φαινομένων θάμβωσης αποτελεί βασικό παράγοντα για την επίτευξη οπτικής άνεσης και υψηλής αποδοτικότητας των χρηστών σε κάθε χώρο. Η θάμβωση εμφανίζεται όταν στο οπτικό πεδίο υπάρχουν περιοχές με υψηλή λαμπρότητα, οι οποίες υπερβαίνουν το επίπεδο προσαρμογής του ανθρώπινου ματιού, οδηγώντας είτε σε ενόχληση είτε σε μείωση της ορατότητας. Αν και υπάρχουν αντικειμενικοί δείκτες για την εκτίμηση του φαινομένου, όπως η λαμπρότητα φωτεινών πηγών και επιφανειών, η αντίληψη της θάμβωσης παραμένει σε μεγάλο βαθμό υποκειμενική, καθώς επηρεάζεται τόσο από το περιεχόμενο του οπτικού πεδίου όσο και από την κατεύθυνση παρατήρησης. [4]. Η ραγδαία εξάπλωση της χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών σε εργασιακά περιβάλλοντα έχει μεταβάλλει τη χωρική κατανομή της προσοχής, φέρνοντας στην περιφερειακή όραση φωτεινές επιφάνειες, όπως οροφές και προσόψεις. Για τον λόγο αυτό, ο φωτιστικός σχεδιασμός θα πρέπει να ενσωματώνει προβλέψεις για τον περιορισμό της θάμβωσης, μέσω κατάλληλης επιλογής φωτιστικών σωμάτων, ορθολογικής τοποθέτησης και ελέγχου της κατανομής της λαμπρότητας στον χώρο.

Τέλος, θα γίνει αναφορά σε δύο βασικές κατηγορίες φωτιστικών και πιο συγκεκριμένα στους λαμπτήρες φθορισμού και στους λαμπτήρες τύπου LED, με τις οποίες θα ασχοληθούμε στη διπλωματική εργασία.

Οι λαμπτήρες φθορισμού περιέχουν εσωτερικά ατμούς υδραργύρου σε χαμηλή πίεση με μια μικρή ποσότητα αδρανούς αερίου και το φως παράγεται από φθορίζουσες επιστρώσεις που ενεργοποιούνται από την παραγόμενη υπεριώδη ακτινοβολία που παράγεται από τόξο υδραργύρου. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.4. ένας τυπικός λαμπτήρας φθορισμού

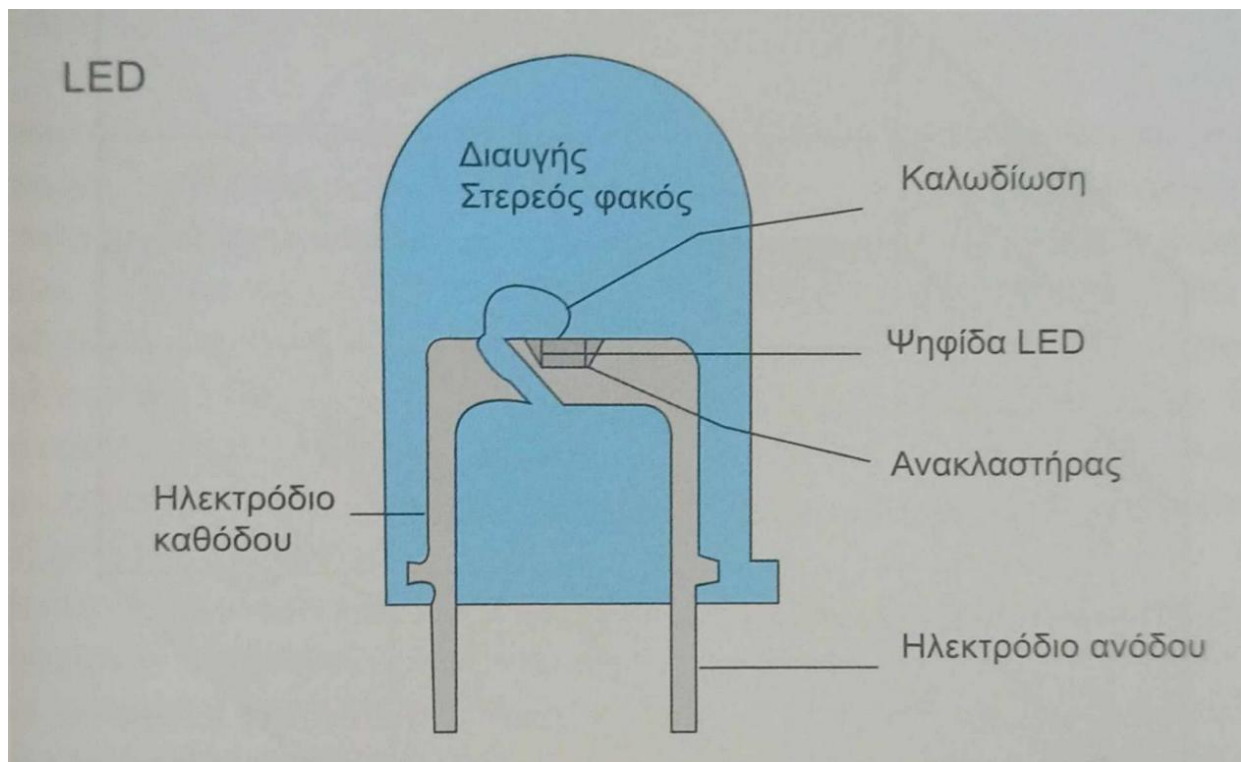
απαρτίζεται από τα ηλεκτρόδια, από το αέριο πλήρωσης, από τις φθορίζουσες επιστρώσεις καθώς και τις βάσεις [1]. Η λειτουργία έναυσης των λαμπτήρων αυτών πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο τα ηλεκτρόδια θερμαίνονται μέχρι να επιτευχθεί η απαραίτητη θερμοκρασία εκπομπής. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση ικανή να προκαλέσει τον ιονισμό του αερίου στο εσωτερικό του λαμπτήρα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία του τόξου υδραργύρου. [1]. Βέβαια να σημειωθεί ότι η μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος συνεπάγεται και την δυσχέρεια στην έναυση των λαμπτήρων φθορισμού. Επιγραμματικά τα βασικά είδη λαμπτήρων φθορισμού είναι τα κάτωθι [1]:

- λαμπτήρες φθορισμού T-12
- λαμπτήρες φθορισμού εξοικονόμησης ενέργειας
- λαμπτήρες φθορισμού T-8
- λαμπτήρες φθορισμού T-5
- συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού



Σχήμα 1.4. Δομή ενός τυπικού λαμπτήρα φθορισμού [1].

Η τελευταία κατηγορία λαμπτήρων που εξετάζεται αφορά τις φωτοεκπέμπουσες διόδους, γνωστές ως L.E.D.. Οι λαμπτήρες αυτοί αποτελούνται από ημιαγωγούς τύπου p-n, οι οποίοι όταν τροφοδοτούνται με διαφορά δυναμικού, εκπέμπουν ακτινοβολία. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μπορεί να είναι υπέρυθρη ή ορατή και καλύπτει ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος. Επιπλέον, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των LED είναι ημιαγωγοί υψηλής καθαρότητας, με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων πρόσθετων στοιχείων για τη βελτίωση των ιδιοτήτων τους. Στο Σχήμα 1.5. απεικονίζονται τα κύρια μέρη ενός τέτοιου λαμπτήρα:



Σχήμα 1.5. Δομή ενός τυπικού λαμπτήρα L.E.D [1].

Τα φωτιστικά L.E.D. τα οποία τοποθετούνται σε ολοένα και περισσότερες εγκαταστάσεις και χώρους έχουν αρκετά πλεονεκτήματα όπως [4]:

- δυνατότητα παραγωγής πληθώρας χρωμάτων
- παραγωγή φωτός χωρίς την εκπομπή υπέρυθρης ή υπεριώδους ακτινοβολίας
- ευκολία στην ρύθμιση της έντασης του παραγόμενου φωτισμού
- αντοχή σε εξωγενείς περιβαλλοντικούς παράγοντες
- παραγωγή στοχευμένου φωτισμού υψηλής έντασης
- μεγάλη διάρκεια ζωής
- μικρό κόστος συντήρησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο - Καταγραφή προδιαγραφών και απαιτήσεων φωτισμού σε σχολικές μονάδες

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές φωτοτεχνικές απαιτήσεις που οφείλει να πληροί μια δημόσια κτιριακή εγκατάσταση, προκειμένου να εξασφαλίζονται συνθήκες άνεσης, ασφάλειας και λειτουργικότητας για τους χρήστες της. Οι απαιτήσεις αυτές υπαγορεύονται από τεχνικά πρότυπα καθώς και ευρωπαϊκούς και εθνικούς κανονισμούς, τα οποία θεσπίζουν ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια σχεδιασμού φωτισμού. Τα πρότυπα αυτά αναθεωρούνται περιοδικά, ώστε να εναρμονίζονται με την τεχνολογική πρόοδο, τις εξελίξεις στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας και τις νέες απαιτήσεις στον τομέα της εργονομίας και της οπτικής άνεσης.

Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις προδιαγραφές που αφορούν τους χώρους εκπαίδευσης, καθώς οι σχολικές μονάδες αποτελούν ένα από τα πιο αντιπροσωπευτικά παραδείγματα δημόσιων κτιρίων με ποικιλία λειτουργικών χρήσεων. Οι φωτοτεχνικές απαιτήσεις σε τέτοιες εγκαταστάσεις διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος και τη χρήση του κάθε χώρου (όπως αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, διάδρομοι, χώροι υγιεινής κ.λπ.), γεγονός που επιβάλλει μια προσεκτική και εξατομικευμένη μελέτη φωτισμού.

Η εξειδίκευση των απαιτήσεων αυτών στις συνθήκες μιας σχολικής εγκατάστασης αποτελεί καθοριστικό στοιχείο για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης. Οι τεχνικές προδιαγραφές που θα αναλυθούν στη συνέχεια θα ληφθούν ως βάση για τη διαστασιολόγηση του νέου φωτιστικού εξοπλισμού, ο οποίος θα βασίζεται σε τεχνολογία LED, αντικαθιστώντας το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού με λαμπτήρες φθορισμού. Η προσέγγιση αυτή εξασφαλίζει τη συμμόρφωση με τα πρότυπα φωτισμού, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου.

2.1. Απαιτήσεις φωτισμού σε δημόσια κτίρια και δομές

Στην καθημερινότητα το σύνολο των πολιτών συμμετέχουν σε καθημερινές διεκπαιρεωτικές διεργασίες και δραστηριότητες, όπου αυτές γίνονται σε κλειστούς δημόσιους χώρους. Ανάλογα με τη χρήση που αξιοποιείται η κάθε κτιριακή δομή είναι λογικό να υπάρχουν διαφορετικές φωτοτεχνικές απαιτήσεις. Για παράδειγμα ο φωτισμός ενός δημοτικού θεάτρου θα πρέπει να έχει διαφορετικό σχεδιασμό σε σχέση με μια νοσοκομειακή μονάδα δεδομένης της χρήσης για την οποία προορίζεται. Οι προδιαγραφές αυτές αποτελούν τόσο τεχνική όσο

και περιβαλλοντική αναγκαιότητα, με σημαντικές επιπτώσεις στην ενεργειακή αποδοτικότητα και την ποιοτική αναβάθμιση των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Στον Πίνακα 2.1. δίνονται οι βασικές φωτοτεχνικές απαιτήσεις που θα πρέπει να πληροί ένας δημόσιος χώρος με βάση την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος ΤΟΤΕΕ 20701-7/2021, όπου αναγράφεται ο χώρος, η μέση ένταση φωτισμού (Lx), το επίπεδο αναφοράς (m), ο δείκτης θάμβωσης καθώς και η ομοιομορφία του φωτισμού που πρέπει να έχει ο χώρος [4]:

Πίνακας 2.1. Βασικές φωτοτεχνικές απαιτήσεις για ορισμένους δημόσιους χώρους [4].

Χρήση χώρου	Μέση ένταση φωτισμού (Lx)	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης (m)	Δείκτης θάμβωσης R _{UGL}	Ομοιομορφία φωτισμού U _{min} /U _{average}
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	0,8	22	0,6
Βιβλιοθήκη (χώρος ανάγνωσης)	500	0,8	19	0,6
Βιβλιοθήκη (χώρος ραφιών)	200	0,9	19	0,6
Αίθουσα γυμναστηρίου-χοροδιδασκαλίας	300	0,8	22	0,4
Αίθουσα διδασκαλίας 1βάθμιας-2βάθμιας εκπαίδευσης	300	0,8	19	0,6
Αίθουσα διδασκαλίας 3βάθμιας εκπαίδευσης	500	0,8	19	0,6
Αίθουσα διδασκαλίας φροντιστηρίου	300	0,8	19	0,6
Διάδρομοι και χώροι κυκλοφορίας - εκπαίδευσης	100	0,0	25	0,4
Εργαστήρια	500	0,8	19	0,6
Κλειστά γραφεία	500	0,8	19	0,6
Ανοικτοί γραφειακοί χώροι	500	0,8	19	0,6

Σκηνή χώρου θεαμάτων	1000	0,8	19	0,6
Χαρτοπαικτική λέσχη (κυρίως αίθουσα)	300	0,8	22	0,4
Τράπεζα (χώρος συναλλαγών)	300	0,8	19	0,6
Αγροτικό ιατρείο, Υγειονομικός σταθμός	500	0,8	19	0,6
Κερκίδες κλειστού γηπέδου	100	0,0	25	0,4
Χώροι λατρείας	200	0,0	22	0,4
Κατάστημα	300	0,8	22	0,4

2.2. Ισχύον καθεστώς προτύπων και κανονισμών σχετικά με τις απαιτήσεις φωτισμού

Ο βασικός θεσμικός πυλώνας για τη μελέτη της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK), ο οποίος τίθεται σε εφαρμογή κατά την ενεργειακή επιθεώρηση. Η επιθεώρηση αυτή αποσκοπεί στην αποτίμηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου και την τεκμηρίωση προτάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς.

Η εφαρμογή του KENAK υποστηρίζεται από την TOTEE 20701-7/2021, η οποία προσδιορίζει τη μεθοδολογία εκπόνησης μελετών φωτισμού και τις τεχνικές απαιτήσεις ανά χρήση χώρου, με στόχο την ασφάλεια, την εργονομία και την αποδοτικότητα. Επιπροσθέτως, στην εν λόγω οδηγία παρατίθεται η διαδικασία υπολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας και της αναμενόμενης εξοικονόμησης, καθώς και η μεθοδολογία οικονομοτεχνικής αξιολόγησης της επεμβάσεως, καθώς κάθε τεχνική λύση οφείλει να είναι παράλληλα και οικονομικά βιώσιμη [4].

Καθοριστικό ρόλο σε μια μελέτη φωτισμού έχει και το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464-1:2021, το οποίο αποτελεί μέρος του εθνικού και ευρωπαϊκού κανονιστικού πλαισίου και αφορά τον τεχνητό φωτισμό εσωτερικών χώρων εργασίας. Το πρότυπο αυτό ορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις φωτισμού, τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές, για κάθε χώρο ανάλογα με τη χρήση του. Μεταξύ των βασικών παραμέτρων που περιλαμβάνονται είναι η ελάχιστη ένταση φωτισμού (lux), η ομοιομορφία κατανομής του φωτός, ο δείκτης χρωματικής

απόδοσης (CRI) και η θερμοκρασία χρώματος (CCT). Οι παράμετροι αυτοί σχετίζονται άμεσα με την οπτική άνεση, την αποδοτικότητα αλλά και την ασφάλεια των χρηστών.

Η ανάγκη για την παρούσα παρέμβαση γίνεται ακόμη πιο σημαντική λόγω δύο κανονισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που έχουν ενσωματωθεί στην ελληνική νομοθεσία και προωθούν τη χρήση τεχνολογιών με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2019/2020 θέτει κανόνες για τον οικολογικό σχεδιασμό των φωτιστικών προϊόντων, όπως ελάχιστα επίπεδα απόδοσης, δυνατότητα αποσυναρμολόγησης για λόγους συντήρησης και ανακύκλωσης, αλλά και την προοδευτική κατάργηση των παλαιών, ενεργοβόρων τεχνολογιών. Παράλληλα, ο Κανονισμός RoHS 2011/65/ΕΕ περιορίζει τη χρήση επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρολογικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και το κάδμιο, που συναντώνται συχνά σε παλαιότερους λαμπτήρες, κυρίως φθορισμού.

Συνεπώς, η επιλογή φωτιστικών τύπου LED στην υπό εξέταση εγκατάσταση δεν αποτελεί απλώς τεχνικά ή περιβαλλοντικά ευνοϊκή λύση, αλλά εντάσσεται πλήρως σε ένα ευρύτερο θεσμικό, ενεργειακό και περιβαλλοντικό πλαίσιο, το οποίο επιβάλλει την υιοθέτηση βιώσιμων και αποδοτικών τεχνολογιών φωτισμού.

2.3. Απαιτήσεις φωτισμού σε σχολικές μονάδες

Ο φωτοτεχνικός σχεδιασμός των χώρων πρέπει να συμβάλλει στην ενίσχυση της διδασκαλίας, διασφαλίζοντας συνθήκες ασφάλειας, εργονομίας και οπτικής άνεσης, καθώς και τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος που ευνοεί τη συγκέντρωση, την ευεξία και την αποδοτικότητα όλων των χρηστών.

Στο πλαίσιο αυτό, ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση των απαιτούμενων φωτοτεχνικών προδιαγραφών για κάθε κατηγορία χώρου μιας τυπικής σχολικής μονάδας δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στους εξειδικευμένους εργαστηριακούς χώρους που φιλοξενούν τεχνικά και επαγγελματικά μαθήματα, καθώς οι ιδιαίτερες ανάγκες τους σε φωτισμό διαφοροποιούνται από εκείνες των γενικών αιθουσών διδασκαλίας και απαιτούν ειδικότερη μελέτη.

2.3.1. Αίθουσες διδασκαλίας

Η αίθουσα διδασκαλίας είναι ο βασικός χώρος μιας σχολικής μονάδας όπου γίνεται η διδασκαλία των περισσότερων μαθημάτων. Τόσο οι μαθητές όσο και το διδακτικό προσωπικό

περνούν αρκετές διδακτικές ώρες στην διάρκεια της ημέρας, για αυτό είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει σωστός φωτισμός για την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας και τη συνολική άνεση των χρηστών. Η ύπαρξη ομοιόμορφου, άνετου και επαρκούς φωτισμού είναι αναγκαία προκειμένου να φαίνονται καθαρά τα εκπαιδευτικά μέσα (όπως πίνακας, σημειώσεις κλπ.) από οποιοδήποτε σημείο της αίθουσας. Επιπλέον, ο σωστός φωτισμός βοηθά στην συγκέντρωση και στην αποφυγή της κόπωσης που προκύπτει από την παραμονή στην αίθουσα για αρκετή ώρα.

Είναι σημαντικό να μην αποσπάται η προσοχή των μαθητών από το μάθημα. Προκειμένου να έχουν καλύτερη συγκέντρωση και βλέπουν ξεκούραστα στη διάρκεια του μαθήματος θα πρέπει να προτιμώνται στο χρώμα των εσωτερικών επιφανειών, κυρίως των τοίχων και της οροφής, οι ανοιχτόχρωμες αποχρώσεις που ενισχύουν την αντανάκλαση και διάχυση του φωτός, χωρίς να προκαλούνται ανεπιθύμητες αντανακλάσεις. Εξίσου σημαντική είναι η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, ο οποίος, σε συνδυασμό με τον τεχνητό φωτισμό της αίθουσας, βελτιώνει την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος και βοηθά ακόμη στο να μην καταναλώνεται αρκετή ενέργεια. Για τον σκοπό αυτό συνίσταται η χρήση κουρτινών, περσίδων ή φωτορυθμιστικών συστημάτων ώστε να ελέγχεται το φως μέσα στην τάξη.

Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα φωτοτεχνικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να πληροί μια αίθουσα διδασκαλίας με βάση το πρότυπο EN 12464-1 [4] :

- ένταση φωτισμού: 300 Lux
- ομοιομορφία: 0,6
- χαμηλή θάμβωση $UGR = 19$
- δείκτης χρωματικής απόδοσης $CRI \geq 80$
- φωτισμός πίνακα ≥ 500 Lux
- τοίχοι ≥ 75 Lux
- οροφή ≥ 50 Lux

2.3.2. Γραφεία καθηγητών

Τα γραφεία των καθηγητών είναι οι χώροι όπου συγκεντρώνεται το διδακτικό προσωπικό σε ώρες που δεν έχουν μαθήματα. Εκεί οι καθηγητές περνούν αρκετές ώρες προετοιμάζοντας μαθήματα, διορθώνοντας εργασίες και διαγωνίσματα ή συνεργάζονται μεταξύ τους, είναι πολύ σημαντικό ο φωτισμός να είναι σωστά μελετημένος. Ο χώρος πρέπει να φωτίζεται

ομοιόμορφα, χωρίς σκοτεινές γωνιές ή ενοχλητικές σκιές, ώστε να μην κουράζονται τα μάτια και να διευκολύνεται η εργασία.

Ειδικά όταν γίνεται χρήση υπολογιστή, ή όταν χρειάζεται να διαβάσουν και να γράψουν, η ένταση του φωτός πρέπει να είναι τέτοια που να μην δυσκολεύει την όραση. Το ίδιο ισχύει και για την απόδοση των χρωμάτων – είναι καλό να φαίνονται καθαρά τα κείμενα και τα γραφήματα, χωρίς παραμορφώσεις καθώς κάτι τέτοιο θα προκαλούσε δυσλειτουργίες στην εργασία τους. Σημαντικό ρόλο παίζουν και τα χρώματα των τοίχων και της οροφής. Αν είναι σε ανοιχτές αποχρώσεις, βοηθούν το φως να μοιράζεται καλύτερα στον χώρο και τον κάνουν να δείχνει πιο ευχάριστος. Τέλος, επειδή πολλοί καθηγητές μένουν εκεί για ώρες, ο φωτισμός πρέπει να είναι ξεκούραστος για τα μάτια και γενικά να δημιουργεί ένα άνετο περιβάλλον. Δεν πρέπει να απαιτείται συνεχής συντήρηση ή αλλαγή λαμπτήρων – η αξιοπιστία του εξοπλισμού είναι επίσης κάτι που αξίζει να ληφθεί υπόψη.

Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα φωτοτεχνικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να πληροί μια αίθουσα γραφείων καθηγητών με βάση το πρότυπο EN 12464-1 [4] :

- ένταση φωτισμού: 500 Lux
- ομοιομορφία: 0,6
- χαμηλή θάμβωση $UGR = 19$
- δείκτης χρωματικής απόδοσης $CRI \geq 80$
- τοίχοι ≥ 50 Lux
- οροφή ≥ 30 Lux

2.3.3. Εργαστήρια

Σε μια σχολική κτιριακή εγκατάσταση δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης υπάρχει και ένας αριθμός εργαστηριακών χώρων. Εκεί διενεργούνται ένα σύνολο προσομοιώσεων και εργαστηριακών ασκήσεων για την καλύτερη εμπέδωση της διδακτέας ύλης αλλά και για την βαθύτερη κατανόηση του εκάστοτε φαινομένου σε σχέση με την πραγματικότητα. Επειδή σε αυτούς τους χώρους υπάρχει συνήθως μεγάλος αριθμός ατόμων, μετακινήσεις του προσωπικού αλλά και ανάγκη να κινούνται στους χώρους του εργαστηρίου με προσοχή χρειάζεται να γίνεται ορθός φωτοτεχνικός σχεδιασμός ώστε να εργάζονται όλοι με άνεση και ασφάλεια.

Κατ' αρχάς, είναι σημαντικό να κατανέμεται ομοιόμορφα ο φωτισμός σε ολόκληρο τον χώρο, ώστε να μην δημιουργούνται σκιές ή τυχόν τυφλά σημεία πράγμα που επηρεάζει την ασφάλεια και την απόδοση των εργασιών. Παράλληλα, ο συνολικός φωτισμός οφείλει να είναι ισχυρός και επαρκής, ώστε να μπορούν οι μαθητές να εκτελούν τις εργαστηριακές ασκήσεις με άνεση αλλά και να παρατηρούν λεπτομέρειες που πιθανόν είναι σημαντικές για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Οι περισσότερες εργαστηριακές ασκήσεις γίνονται σε επιφάνειες εργασίας όπως πάγκοι πειραμάτων ή σχεδιαστήρια πράγμα που σημαίνει ότι ο φωτισμός θα πρέπει να εστιάζει σε αυτά τα σημεία με αποφυγή ανεπιθύμητων αντανακλάσεων και θάμβωσης, ιδίως σε οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών και γυαλιστερές επιφάνειες, ώστε να ενισχύεται η οπτική άνεση και να προλαμβάνεται η κόπωση η οποία εγκυμονεί συχνά κινδύνους, ειδικά αν γίνεται χρήση επικίνδυνων ουσιών ή φωτιάς.

Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα φωτοτεχνικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να πληροί μια αίθουσα εργαστηρίου με βάση το πρότυπο EN 12464-1 [4] :

- ένταση φωτισμού: 500 Lux
- ομοιομορφία: 0,6
- χαμηλή θάμβωση $UGR = 19$
- δείκτης χρωματικής απόδοσης $CRI \geq 80$
- τοίχοι ≥ 75 Lux
- οροφή ≥ 50 Lux

2.3.4. Διάδρομος - κλιμακοστάσια

Όπως συμβαίνει σε κάθε κτιριακή εγκατάσταση, έτσι και στα σχολικά κτήρια, υπάρχουν διάδρομοι και κλιμακοστάσια που συνδέουν τους διάφορους χώρους μεταξύ τους. Μέσα από αυτούς πραγματοποιείται η καθημερινή μετακίνηση των μαθητών αλλά και του διδακτικού και διοικητικού προσωπικού από και προς τις αίθουσες. Προκειμένου να διασφαλίζεται η ασφάλεια των μετακινήσεων θα πρέπει να πληρούνται οι προδιαγραφές φωτισμού.

Ο φωτισμός στα κλιμακοστάσια και τους διαδρόμους πρέπει να είναι ομοιόμορφος ώστε να καλύπτεται ολόκληρος ο χώρος χωρίς σκοτεινά σημεία ή σκιές που μειώνουν την ένταση φωτισμού και υποβαθμίζουν την αισθητική του χώρου. Συνάμα ο φωτισμός θα πρέπει να

είναι σταθερός χωρίς διακυμάνσεις ή τρεμοπαίγματα καθώς κάτι τέτοιο μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στο προσωπικό που κυκλοφορεί και να προκληθεί ατύχημα.

Οι ανοιχτές αποχρώσεις τόσο στους τοίχους όσο και την οροφή, όπως το λευκό ή το γκρι, βοηθούν σημαντικά στη διάχυση του φωτός μέσα στον χώρο. Χάρη στην ανακλαστικότητα τους, ενισχύουν την ένταση φωτισμού που προέρχεται από το φυσικό φως και κάνουν τον χώρο να φαίνεται πιο καθαρός και ευχάριστος.

Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα φωτοτεχνικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να πληροί μια αίθουσα εργαστηρίου με βάση το πρότυπο EN 12464-1 [4] :

- ένταση φωτισμού διαδρόμων: 100 Lux
- ένταση φωτισμού κλιμακοστασίων: 150 Lux
- ομοιομορφία: 0,4
- χαμηλή θάμβωση $UGR = 25$
- δείκτης χρωματικής απόδοσης $CRI \geq 80$
- τοίχοι ≥ 50 Lux
- οροφή ≥ 30 Lux

Είναι σημαντικό σε όλους τους χώρους του σχολείου να χρησιμοποιούνται λύσεις που εξοικονομούν ενέργεια. Αυτό βοηθά όχι μόνο στο να μειωθούν τα έξοδα λειτουργίας, αλλά και στο να γίνεται πιο ορθή διαχείριση των πόρων. Όπως θα αναλυθεί και παρακάτω θα αντικατασταθεί ο υφιστάμενος φωτισμός παλαιότερης τεχνολογίας με αντίστοιχο τεχνολογίας LED, ενώ όπου υπάρχει δυνατότητα, καλό είναι να αξιοποιείται και το φυσικό φως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - Περιγραφή εξεταζόμενης κτιριακής εγκατάστασης

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται περιγραφή της εξεταζόμενης κτιριακής εγκατάστασης, δηλαδή της Σιβιτανιδείου Δημόσιας Σχολής Τεχνών & Επαγγελμάτων που εδρεύει στην Καλλιθέα Αττικής. Αρχικά, παρατίθενται ορισμένα ιστορικά στοιχεία της Σχολής και στη συνέχεια οι κατόψεις των ορόφων του κτιρίου καθώς και τεχνικές λεπτομέρειες της εγκατάστασης.

3.1. Ιστορικά Στοιχεία Σιβιτανιδείου Δημόσιας Σχολής Τεχνών & Επαγγελμάτων

Η Σιβιτανίδειος Δημόσια Σχολή Τεχνών & Επαγγελμάτων εδρεύει στην Καλλιθέα Αττικής και η βασική της αποστολή είναι η εκπαίδευση υποψήφιων τεχνιτών και επαγγελματιών σε διάφορες παραγωγικές δραστηριότητες όπως ηλεκτρολόγοι, κομμωτές, ποδολόγοι κ.λπ. [5]. Περιλαμβάνει χώρους θεωρητικής εκπαίδευσης καθώς και έναν μεγάλο αριθμό εργαστηρίων προκειμένου να διενεργείται η πρακτική εκπαίδευση των εκπαιδευομένων.

Η ιστορία της Σχολής ξεκινάει το 1921 με το άνοιγμα της διαθήκης του Βασιλείου Σιβιτανίδη, του οποίου πήρε το όνομα η συγκεκριμένη σχολή, όπου ιδρύεται με βάση την Παρισινή Σχολή «Arts et Metiers». Αρχικά λειτούργησε με 200 περίπου μαθητές και 5 ειδικότητες, όπου σταδιακά πολλαπλασιάστηκαν ώστε να φτάσουν στον αριθμό των 44 ειδικοτήτων και οι μαθητές να ξεπεράσουν τους 1200. Κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο υπέστη πολλαπλές καταστροφές, όπου από το 1948 και ύστερα καθίσταται προσπάθεια ανασυγκρότησης τόσο σε εργαστηριακό όσο και σε υλικοτεχνικό εξοπλισμό [5]. Στο Σχήμα 3.1. φαίνεται η Σχολή κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1950.

Κατά την δεκαετία του 1960 η Σιβιτανίδειος Σχολή λειτουργεί ως Κέντρο Ανωτέρας Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης (ΚΑΤΕΕ) και την δεκαετία του 1970 εξισώνεται με τα υπόλοιπα επαγγελματικά σχολεία διατηρώντας ωστόσο την υπόστασή της.



Σχήμα 3.1. Η Σιβιτανίδειος Σχολή την δεκαετία του 1950 [5].

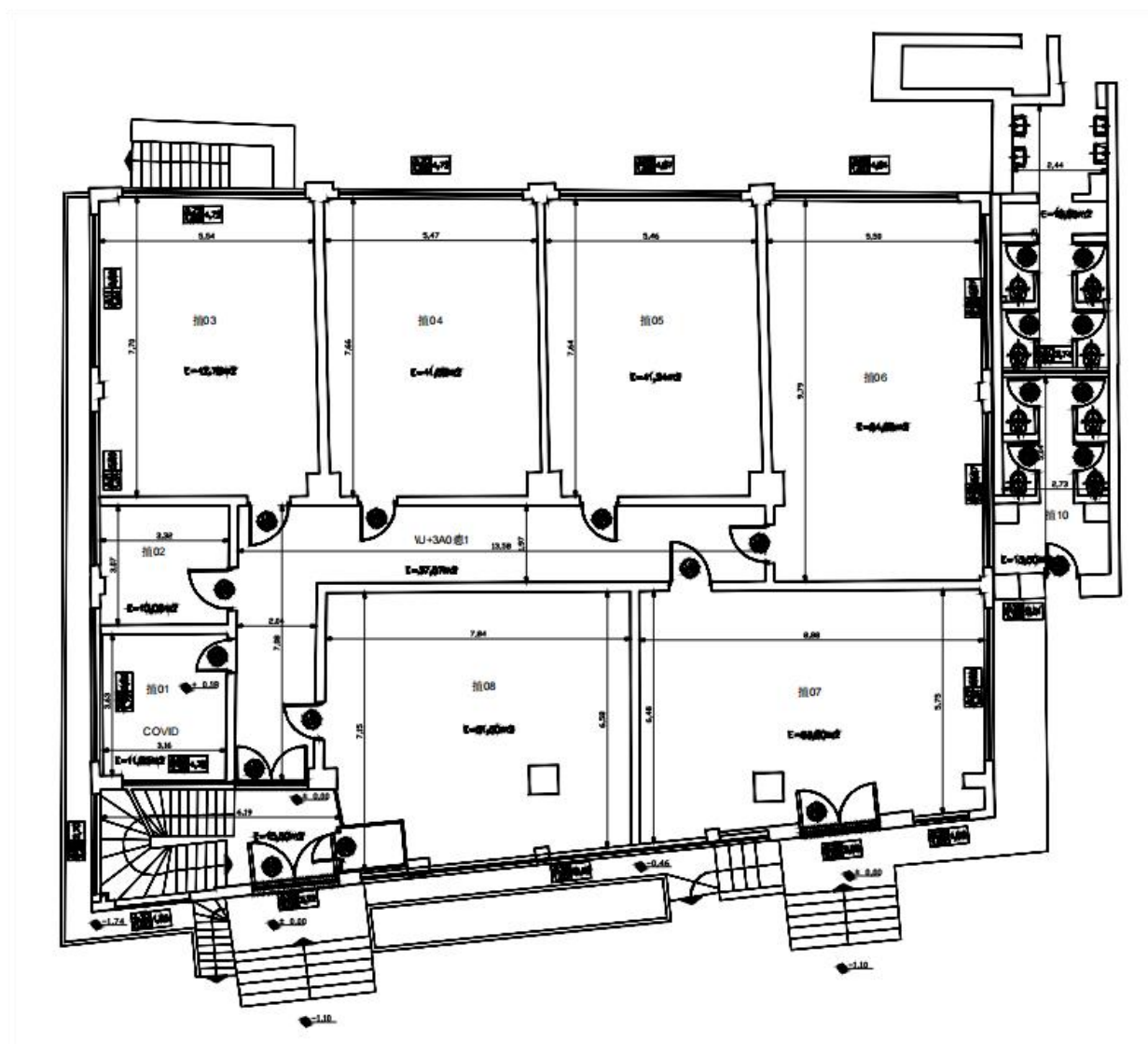
Την δεκαετία του 1980 η Σχολή άλλαξε την οργανωτική δομή της, όπου περιλάμβανε 3 Τεχνικά Επαγγελματικά Λύκεια (Τ.Ε.Λ.), 2 απογευματινές Τεχνικές Σχολές (Τ.Ε.Σ.) και ένα Ενιαίο Πολυκλαδικό Λύκειο. Από το 1998 και έως το 2009 υπάρχουν 5 Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια (Τ.Ε.Ε.) και ένα Ενιαίο Λύκειο [5].

Σήμερα η Σχολή λειτουργεί με 4 Επαγγελματικά Λύκεια (ΕΠΑ.Λ.) και με την κατάλληλη εκπαίδευση και κατάρτιση που παρέχει δύναται να δημιουργήσει ικανά στελέχη που μπορούν να απορροφηθούν από την αγορά εργασίας και να αντιμετωπίσουν τις τεχνολογικές προκλήσεις που υπάρχουν με βάση την ειδικότητα στην οποία έχουν εκπαιδευτεί [5].

3.2. Κατόψεις ορόφων εγκατάστασης

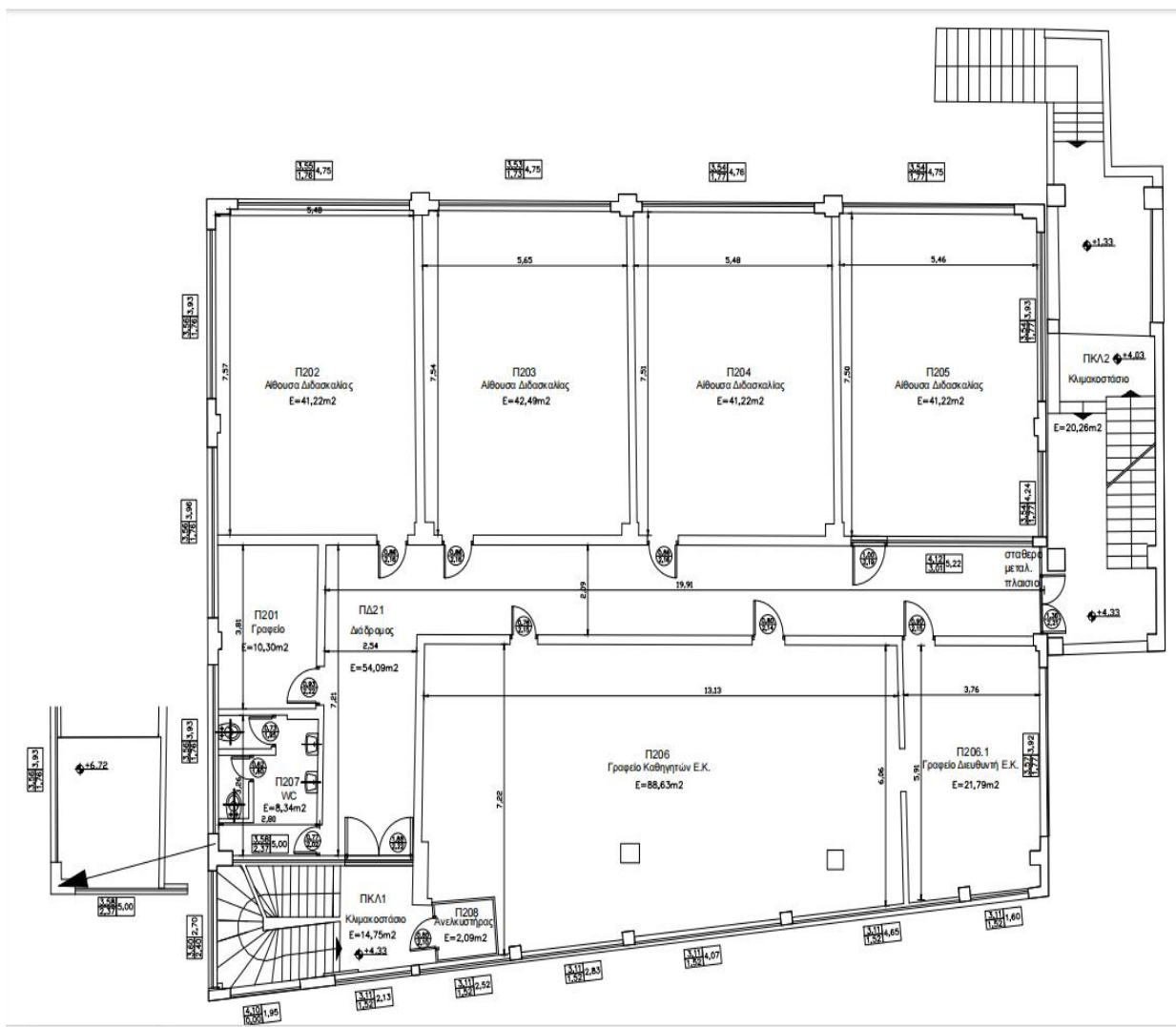
Παρακάτω απεικονίζονται οι κατόψεις από το Κτήριο Πατσαβού της Σιβιτανιδείου Σχολής για το οποίο θα διενεργηθεί η μελέτη φωτισμού στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Στο Σχήμα 3.2. φαίνεται η κάτοψη του ισογείου του εξεταζόμενου κτιρίου που περιλαμβάνει συνολικά 6 αίθουσες, κλιμακοστάσιο καθώς και διάδρομο.



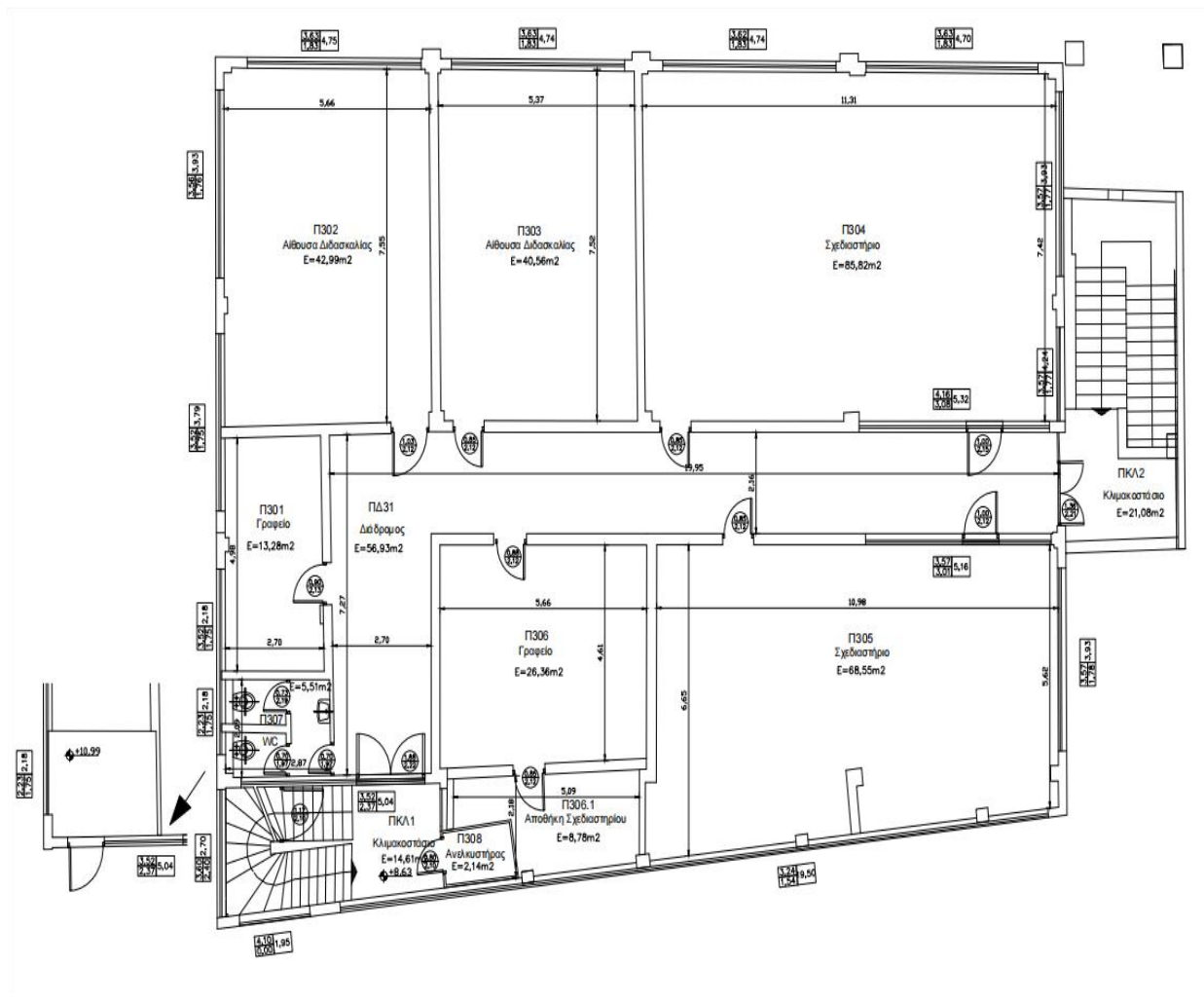
Σχήμα 3.2. Κάτοψη Ισόγειου Κτιρίου Πατσαβού Σιβιτανίδειου Σχολής.

Στο Σχήμα 3.3. φαίνεται η κάτοψη του 1ου Ορόφου του εξεταζόμενου κτιρίου που περιλαμβάνει συνολικά 4 αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία καθηγητών και διευθυντή, κλιμακοστάσιο καθώς και διάδρομο.



Σχήμα 3.3. Κάτοψη Α' Ορόφου Κτιρίου Πατσαβού Σιβιτανίδειου Σχολής.

Στο Σχήμα 3.4. φαίνεται ο 2ος Όροφος του εξεταζόμενου κτιρίου που περιλαμβάνει συνολικά 2 αίθουσες διδασκαλίας, γραφείο, 2 αίθουσες σχεδιαστηρίου, κλιμακοστάσιο καθώς και διάδρομο:

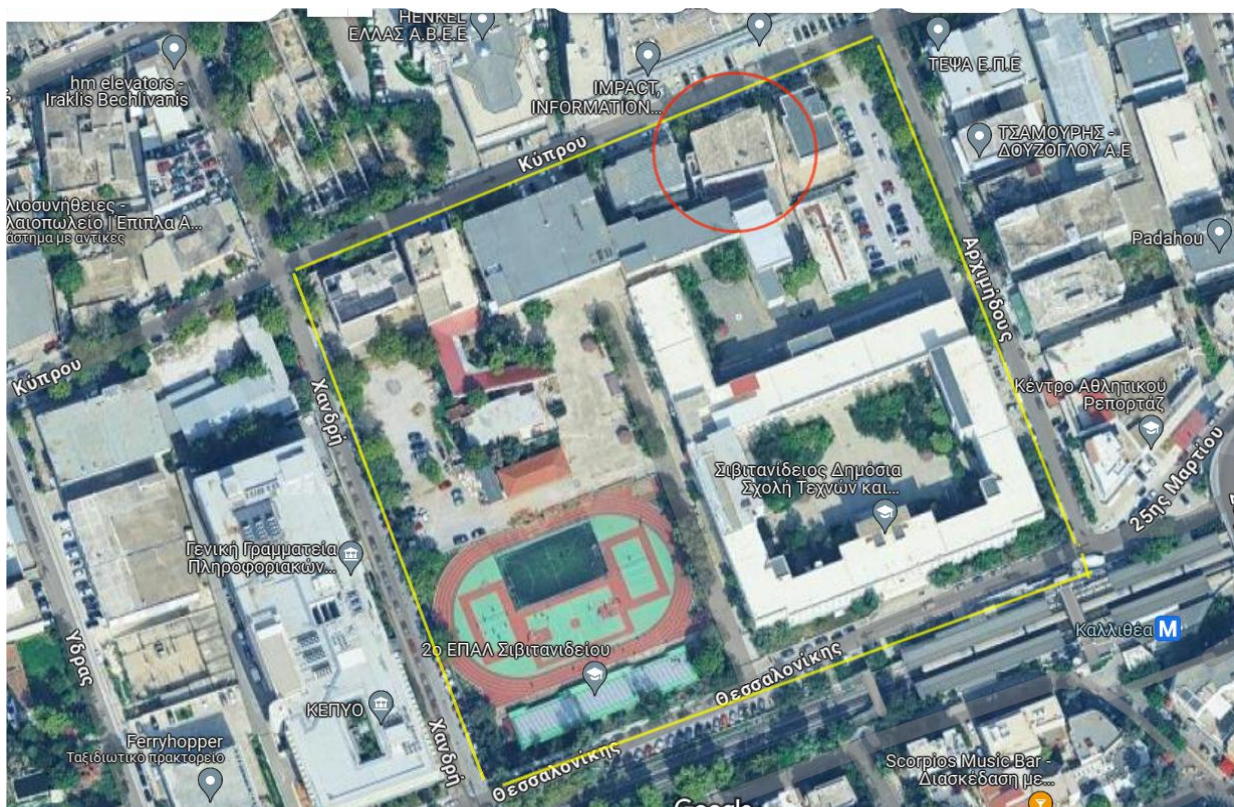


Σχήμα 3.4. Κάτοψη Β' Ορόφου Κτιρίου Πατσαβού Σιβιτανίδειου Σχολής.

3.3. Τεχνικές λεπτομέρειες σχετικά με την κτιριακή εγκατάσταση

Στα Σχήματα 3.5. και 3.6. απεικονίζονται πανοραμικά το σχολικό συγκρότημα και η κτιριακή εγκατάσταση αντίστοιχα όπως φαίνεται από την ψηφιακή διαδικτυακή πλατφόρμα γεωγραφικής χαρτογράφησης και πλοήγησης Google Maps. Πρόκειται για ένα κτίριο όπου η πρόσοψη του κτηρίου είναι βορειοανατολικά (ΒΑ). Λειτουργεί σε όλη την διάρκεια του ημερολογιακού έτους με εξαίρεση τον μήνα Ιούλιο και Αύγουστο όπου είναι η περίοδος των καλοκαιρινών διακοπών καθώς και την περίοδο των διακοπών των Χριστουγέννων και του Πάσχα. Το ωράριο λειτουργίας είναι τις καθημερινές ημέρες (Δευτέρα έως Παρασκευή) από τις 08:00 έως 14:00 και από 15:00 έως 20:30 όπου γίνεται η διδασκαλία των μαθημάτων καθώς και η διεξαγωγή των εργαστηριακών ασκήσεων [5]. Το κτήριο αποτελείται από το ισόγειο, τον 1ο καθώς και τον 2ο όροφο καθώς και τον χώρο του υπογείου. Παρακάτω

παρατίθενται ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά σχετικά με την διαστασιολόγηση των ορόφων του κτιρίου :



Σχήμα 3.5. Πανοραμική άποψη του σχολικού συγκροτήματος με χρήση του Google Maps [6].



Σχήμα 3.6. Πανοραμική άποψη της εξεταζόμενης κτιριακής εγκατάστασης [6].

- τοποθεσία: Αθήνα
- εμβαδόν Υπογείου: 359,87 m²
- εμβαδόν Ισογείου: 360,52 m²
- εμβαδόν 1ου ορόφου: 360,52 m²
- εμβαδόν 2ου ορόφου: 360,52 m²
- ύψος ισογείου: 4,33 m
- ύψος 1ου ορόφου: 4,30 m
- ύψος 2ου ορόφου: 4,26 m
- συνολική επιφάνεια: 1441,43 m
- αριθμός ορόφων: 4 (υπόγειο, ισόγειο, 1ος και 2ος όροφος)

Στους Πίνακες 3.1, 3.2 και 3.3 φαίνεται η υφιστάμενη κατάσταση του αριθμού και του είδους των λαμπτήρων ανά χώρο στην κτιριακή εγκατάσταση για κάθε όροφο ξεχωριστά. Επίσης δίνεται η ισχύς ανά φωτιστικό σε W και με βάση τον αριθμό των φωτιστικών που περιέχει κάθε χώρος υπολογίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά χώρο σε W. Οι γραμμές των Πινάκων 3.1, 3.2 και 3.3 που εμφανίζονται σκιασμένες με γκρι χρώμα αντιστοιχούν σε χώρους για τους οποίους δεν εκπονήθηκε μελέτη φωτισμού με σκοπό την αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών. Ο λόγος είναι ότι πρόκειται για χώρους μικρής έκτασης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται περιστασιακά και εξυπηρετούν ανάγκες του προσωπικού εκ περιτροπής. Στον Πίνακα 3.4. υπολογίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε W για ανάγκες φωτισμού της κτιριακής εγκατάστασης:

Πίνακας 3.1. Καταγραφή του αριθμού των φωτιστικών, του είδους των λαμπτήρων φωτιστικών και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τους χώρους του Ισογείου.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Είδος λαμπτήρων φωτιστικού	Ισχύς ανά φωτιστικό (W)	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W)
Π101	4	φθορισμού	72,00	288,00
Π102	4	φθορισμού	36,00	144,00
Π103	6	φθορισμού	72,00	432,00
Π104	12	φθορισμού	36,00	432,00
Π105				
Π106	12	φθορισμού	38,00	456,00
Π107	6	φθορισμού	72,00	432,00
	20	πυρακτώσεως	30,00	600,00
Π108	12	φθορισμού	72,00	864,00
ΠΔ11	3	φθορισμού	108,00	324,00
ΠΚΛ1	1	φθορισμού	108,00	108,00
ΣΥΝΟΛΟ				4.080,00

Πίνακας 3.2. Καταγραφή του αριθμού των φωτιστικών, του είδους των λαμπτήρων φωτιστικών και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τους χώρους του Α' Ορόφου.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Είδος λαμπτήρων φωτιστικού	Ισχύς ανά φωτιστικό (W)	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W)
Π201	1	φθορισμού	72,00	72,00
Π202	6	φθορισμού	72,00	432,00
Π203	6	φθορισμού	72,00	432,00
Π204	6	φθορισμού	72,00	432,00
Π205	6	φθορισμού	116,00	696,00
Π206	15	φθορισμού	240,00	3.600,00
Π206.1	3	φθορισμού	240,00	720,00
Π207	1	L.E.D.	18,00	18,00
	3	φθορισμού	18,00	54,00
ΠΔ21	4	φθορισμού	108,00	432,00
ΠΚΛ2	1	φθορισμού	108,00	108,00
ΣΥΝΟΛΟ				6.996,00

Πίνακας 3.3. Καταγραφή του αριθμού των φωτιστικών, του είδους των λαμπτήρων φωτιστικών και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τους χώρους του Β' Ορόφου.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Είδος λαμπτήρων φωτιστικού	Ισχύς ανά φωτιστικό (W)	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W)
Π301	1	φθορισμού	72,00	72,00
Π302	4	φθορισμού	72,00	288,00
Π303	4	φθορισμού	72,00	288,00
Π304	12	φθορισμού	116,00	1.392,00
Π305	12	φθορισμού	116,00	1.392,00
Π306	3	φθορισμού	72,00	216,00
Π306.1	1	φθορισμού	108,00	108,00
Π307	3	L.E.D.	18,00	54,00
ΠΔ31	5	φθορισμού	108,00	540,00
ΠΚΛ3	1	φθορισμού	108,00	108,00
ΣΥΝΟΛΟ				4.458,00

Πίνακας 3.4. Υπολογισμός συνολικής υφιστάμενης εγκατεστημένης ισχύος για ανάγκες φωτισμού ανά όροφο.

Όροφος	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W)
Ισόγειο	4.080,00
Α' Όροφος	6.996,00
Β' Όροφος	4.458,00
ΣΥΝΟΛΟ	15.534,00

Η ισχύς των φωτιστικών που αναφέρεται στους Πίνακες 3.1, 3.2, 3.3. υπολείπεται σε ένα βαθμό από την πραγματική ισχύ, δηλαδή η συνολική ισχύς που καναλίσκεται στους χώρους της εγκατάστασης είναι μεγαλύτερη από τα 15,534 kW που υπολογίστηκαν. Αυτό συμβαίνει καθώς οι λαμπτήρες παλαιότερης τεχνολογίας (φθορισμού, πυρακτώσεως) εμπεριέχουν το στραγγαλιστικό πηνίο (ballast) που ως αποστολή έχει την δημιουργία της τάσης που χρειάζεται προκειμένου να προκληθεί έναυση της εκκένωσης του αερίου που βρίσκεται εντός του λαμπτήρα και τελικά την σταθεροποίηση του ρεύματος λειτουργίας αυτού. Έτσι γίνεται

αντιληπτό ότι απαιτείται η κατανάλωση επιπλέον ισχύος από τους λαμπτήρες εκτός από της αναγραφόμενης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Διεξαγωγή μελέτης φωτισμού της εγκατάστασης με χρήση λογισμικού RELUX

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η φωτοτεχνική ανάλυση των χώρων της εξεταζόμενης εγκατάστασης με χρήση του λογισμικού RELUX. Αφού δοθεί η περιγραφή του λογισμικού που χρησιμοποιείται ακολουθεί η μελέτη φωτισμού για τους χώρους του ισογείου καθώς και για τους χώρους του Α' και Β' Ορόφου. Τα αποτελέσματα παρατίθενται και συγκεντρωτικά στο τέλος του κεφαλαίου.

4.1. Περιγραφή του λογισμικού RELUX

Το λογισμικό RELUX που χρησιμοποιείται στην μελέτη φωτισμού της εγκατάστασης έχει αναπτυχθεί από την RELUX Informatik AG που εδρεύει στην Ελβετία και χρησιμοποιείται κυρίως για την προσομοίωση εσωτερικών και εξωτερικών χώρων στα πλαίσια μιας μελέτης φωτισμού [7]. Πιο συγκεκριμένα γίνεται ο σχεδιασμός των χώρων ή αντλούνται δεδομένα από κατόψεις μιας εγκατάστασης εάν υπάρχουν και αφού γίνει η εισαγωγή των απαιτούμενων δεδομένων, όπως χρώμα και υλικά των δομικών στοιχείων καθώς και των φωτιστικών στοιχείων προκύπτει ο υπολογισμός των φωτοτεχνικών μεγεθών με χρήση κάποιου προτύπου καθώς και μελετάται και η θέση που θα τοποθετηθούν τα φωτιστικά σώματα ώστε να πληρούνται οι απαιτούμενες προδιαγραφές.

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα χρησιμοποιείται για τον φωτιστικό σχεδιασμό γραφείων και δημόσιων χώρων όπως νοσοκομεία, σχολεία κ.λπ. Ακόμη χρησιμοποιείται και για μελέτη φωτισμού εξωτερικών χώρων όπως δρόμοι, σήραγγες όπου όπως γίνεται αντιληπτό αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την εξαγωγή μιας ορθής φωτοτεχνικής μελέτης.

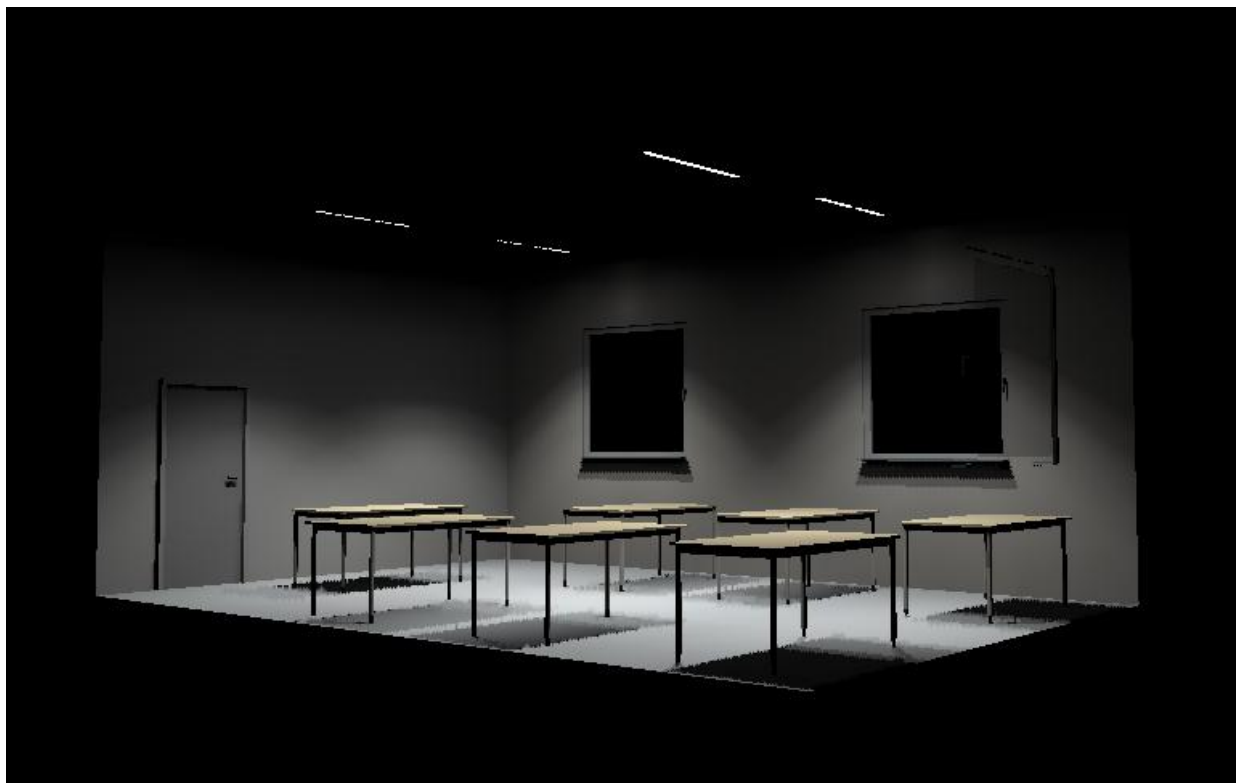
Το συγκεκριμένο λογισμικό με το πέρασμα του χρόνου υφίσταται διαρκείς αναβαθμίσεις όπου προσαρμόζεται στις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις της αγοράς. Υπάρχουν αρκετές εκδοχές του λογισμικού ανάλογα με την χρήση που απαιτείται όπως το Relux Tunnel όπου χρησιμοποιείται για τον φωτιστικό σχεδιασμό σηράγγων, το Relux Energy που αποτελεί ένα εργαλείο για την ενεργειακή αξιολόγηση και βελτιστοποίηση φωτισμού σε διάφορους χώρους καθώς και το Relux Desktop όπου είναι το πλέον γνωστό πρόγραμμα της εταιρείας και είναι αυτό που θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας [7].

4.2. Μελέτη φωτισμού χώρων Ισογείου

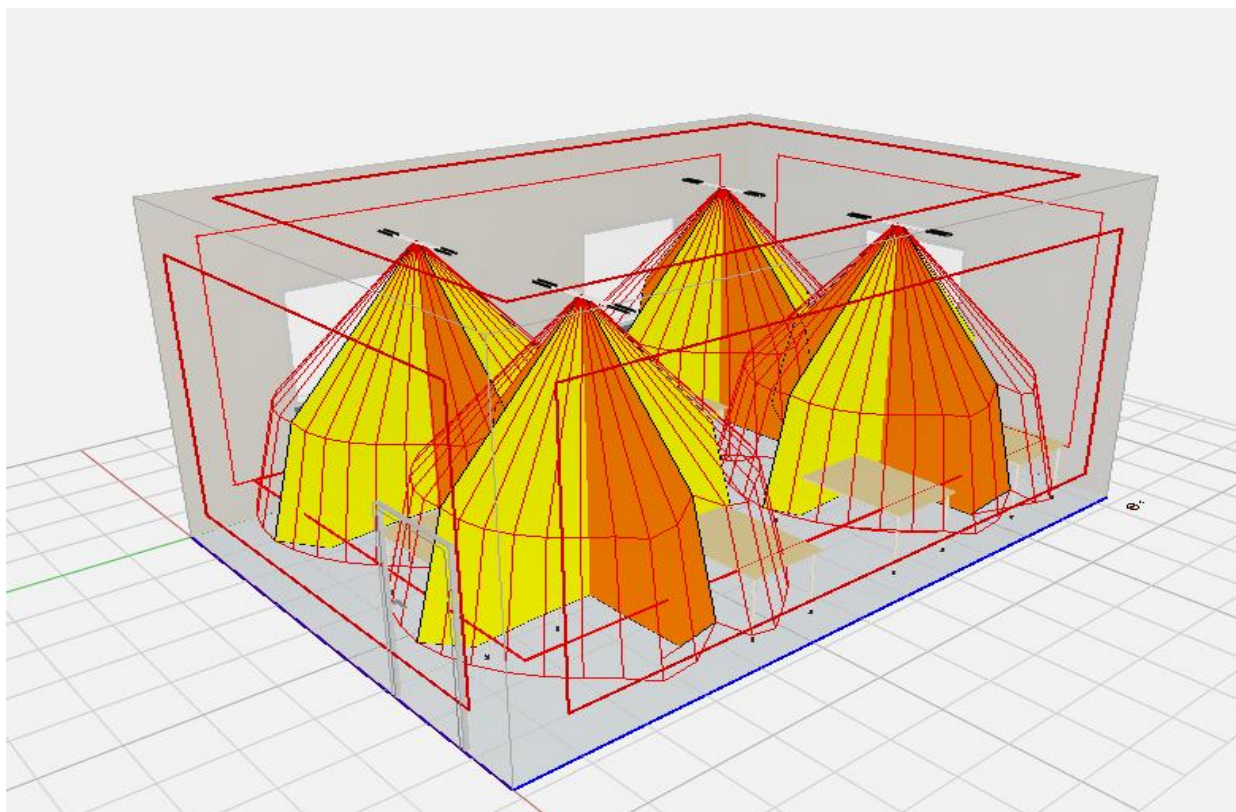
Στην παράγραφο αυτή θα δοθούν τα αποτελέσματα της μελέτης φωτισμού για τους χώρους του ισογείου. Σύμφωνα με την κάτοψη του Σχήματος 3.2 στο ισόγειο υπάρχει ο διάδρομος, το κλιμακοστάσιο καθώς επίσης και 5 αίθουσες διδασκαλίας και 1 εργαστήριο κομμωτικής. Στο κεφάλαιο 2 αναφέρθηκαν οι απαιτήσεις φωτισμού που πρέπει να πληρούν οι χώροι με βάση το πρότυπο TOTEE 20701-7/2021. Αρχικά στο πρόγραμμα, έγινε ο σχεδιασμός των χώρων σύμφωνα με τις διαστάσεις τους (μήκος, πλάτος, ύψος) και ακολούθως η εισαγωγή των φωτοτεχνικών μεγεθών. Στη συνέχεια, με χρήση της επιλογής Easylux έγινε ο υπολογισμός του συνολικού αριθμού των φωτιστικών τύπου L.E.D. που απαιτούνται σε κάθε χώρο ώστε να καλύπτεται η απαιτούμενη ένταση φωτισμού. Ο συντελεστής συντήρησης έχει τεθεί ίσος με 0,8, ο συντελεστής ανάκλασης της οροφής ίσος με 0,75, του δαπέδου ίσος με 0,25 και των τοίχων ίσος με 0,55. Στη μελέτη φωτισμού τόσο του ισογείου όσο και των υπόλοιπων ορόφων έχουν συμπεριληφθεί αίθουσες όπου παρατηρείται αρκετά μεγάλη συγκέντρωση προσωπικού όπως οι αίθουσες διδασκαλίας, ο διάδρομος που ενώνει τις αίθουσες μεταξύ τους, τα εργαστήρια, τα σχεδιαστήρια καθώς και οι αίθουσες των καθηγητών.

Στους χώρους του Ισογείου στα Σχήματα 4.1, 4.7, 4.13, 4.19, 4.25, 4.31 και 4.37 δίνεται η αποτύπωση των χώρων Π103, Π104, Π105, Π106, Π107, Π108 και ΠΔ11 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού και στα Σχήματα 4.2, 4.8, 4.14, 4.20, 4.26, 4.32 και 4.38 φαίνεται η αποτύπωση των αντίστοιχων χώρων σε 3D. Ακόμη δίνονται οι κατόψεις των αντίστοιχων χώρων και η θέση των φωτιστικών σωμάτων όπως στα Σχήματα 4.3, 4.9, 4.15, 4.21, 4.27, 4.33 και 4.39. Στα Σχήματα 4.4, 4.10, 4.16, 4.22, 4.28, 4.34 και 4.40 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά αποτελέσματα με την ένταση φωτισμού, τον συντελεστή ομοιομορφίας καθώς και την συνολική κατανάλωση ενέργειας των φωτιστικών στους αντίστοιχους χώρους. Η κατανομή της έντασης φωτισμού για τους αντίστοιχους χώρους φαίνεται στα Σχήματα 4.5, 4.11, 4.17, 4.23, 4.29 και 4.35. Τέλος στα Σχήματα 4.6, 4.12, 4.18, 4.24, 4.30, 4.36 και 4.41 με την βοήθεια του προγράμματος αποτυπώνεται η ένταση φωτισμού στους αντίστοιχους χώρους με χρήση ψευδοχρωμάτων.

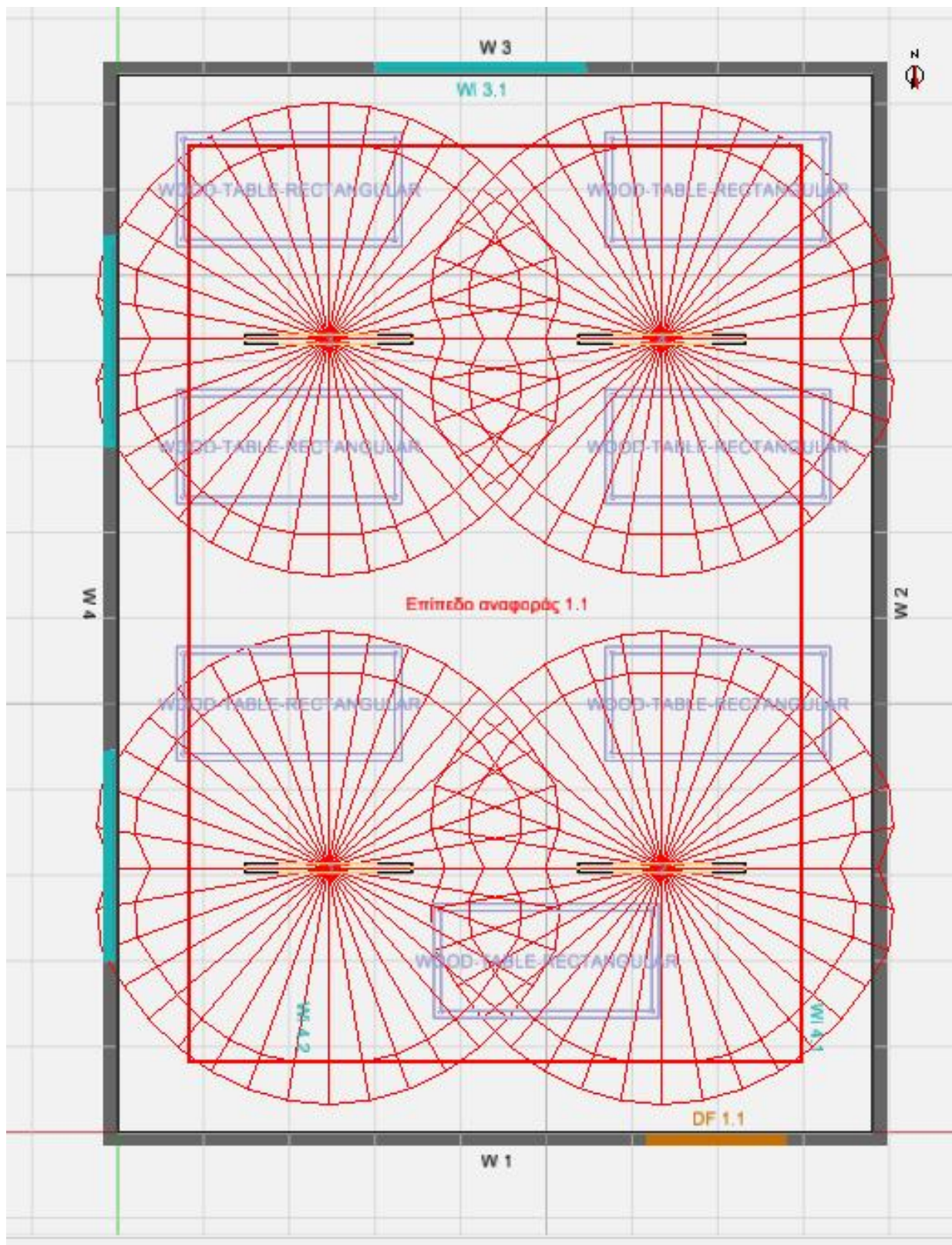
Π103 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.1. Αποτύπωση της αίθουσας Π103 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.2.. Αποτύπωση της αίθουσας Π103 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.3. Κάτοψη της αίθουσας Π103 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.46 m
0.80

Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (40.36 m²)

13400 lm
84.0 W
2.08 W/m² (0.66 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

$\bar{E}_m$
 E_{min}
 $E_{min}/\bar{E}_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση
 $R_{UG} (2.4H \ 3.3H)$
Φωτιστικό:
(TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840 WB WH DALI, 2005.5042)

Οριζόντιος
316 lx
240 lx
0.76
0.60
0.75 m
≤17.8

κυλινδρικός
142 lx
113 lx
0.79
0.41
1.20 m

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

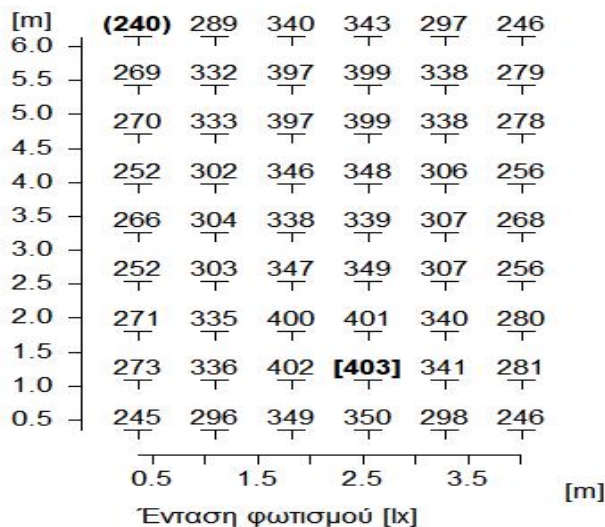
$\bar{E}_m$
101 lx
122 lx
133 lx
119 lx
134 lx

U_o
0.79
0.61
0.53
0.61
0.52

ΤύποςΑριθ.Κατασκ.

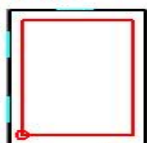
1	4 x	Regent	
		Αρ. Παραγγελίας	: 2005.5042
		Όνομα φωτιστικού	: TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840 WB WH DALI
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 21 W / 3350 lm

Σχήμα 4.4. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π103.

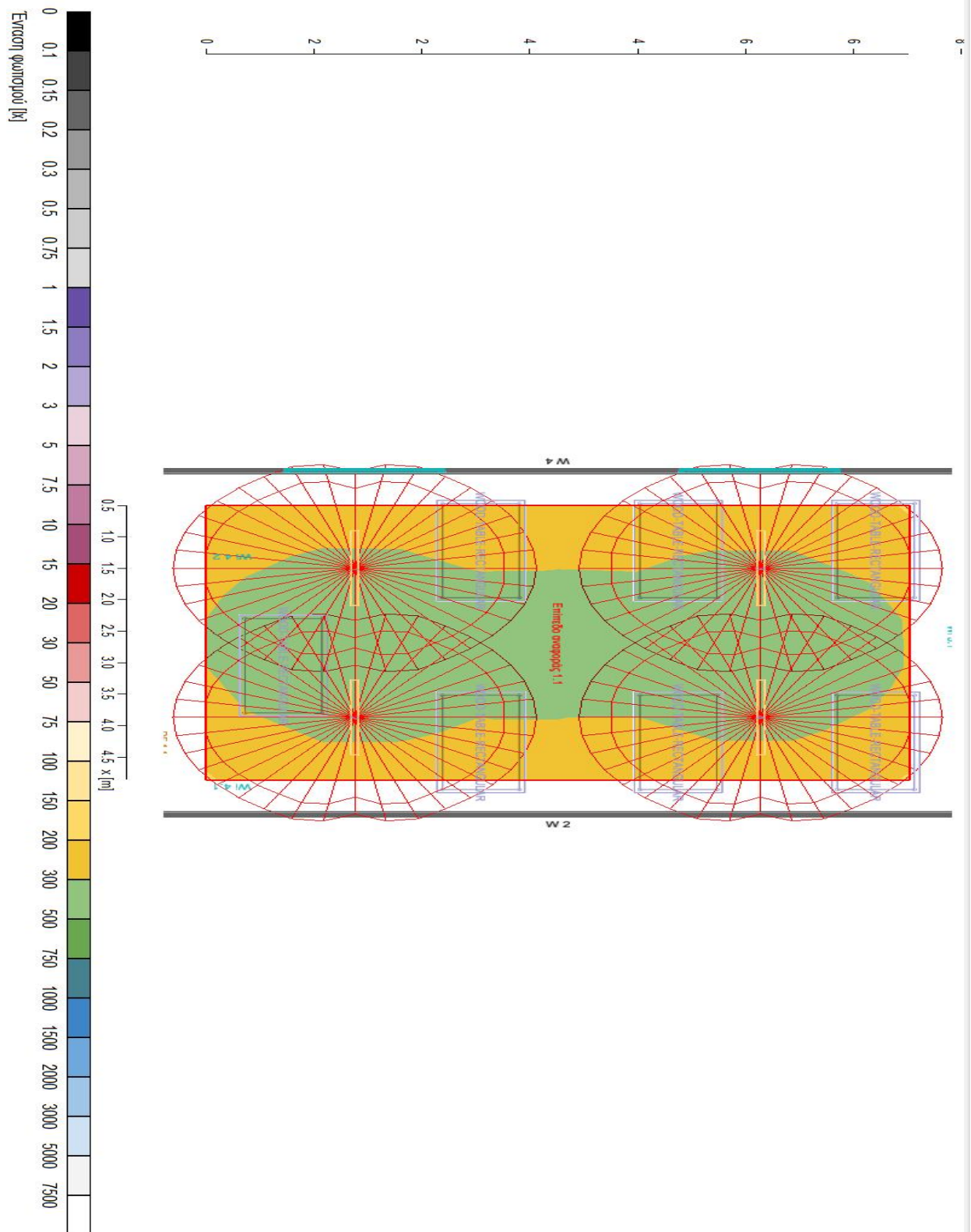


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 $\bar{E}_m$: 316 lx
 E_{min} : 240 lx
 E_{max} : 403 lx
 $E_{min}/\bar{E}_m$: 1 : 1.32 (0.76)



Σχήμα 4.5. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π103.

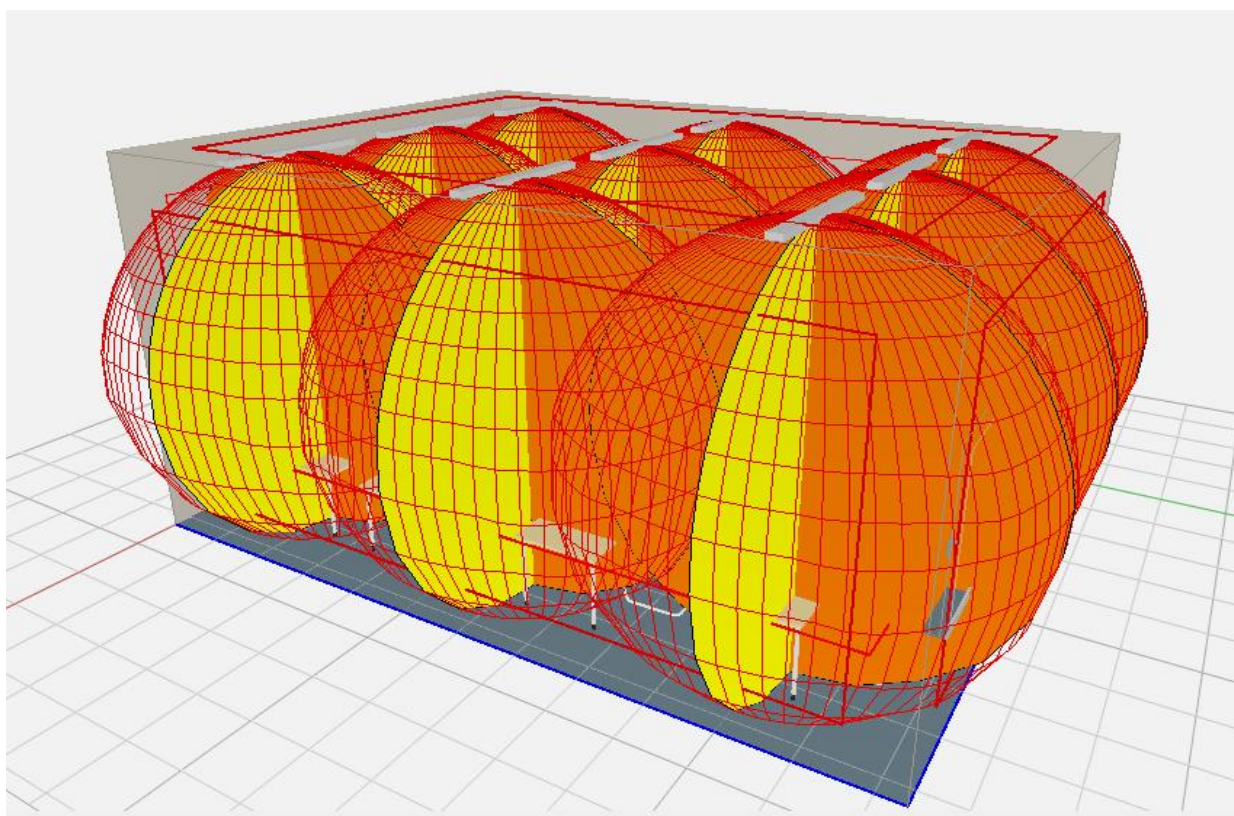


Σχήμα 4.6. Αποτύπωση της αίθουσας Π103 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

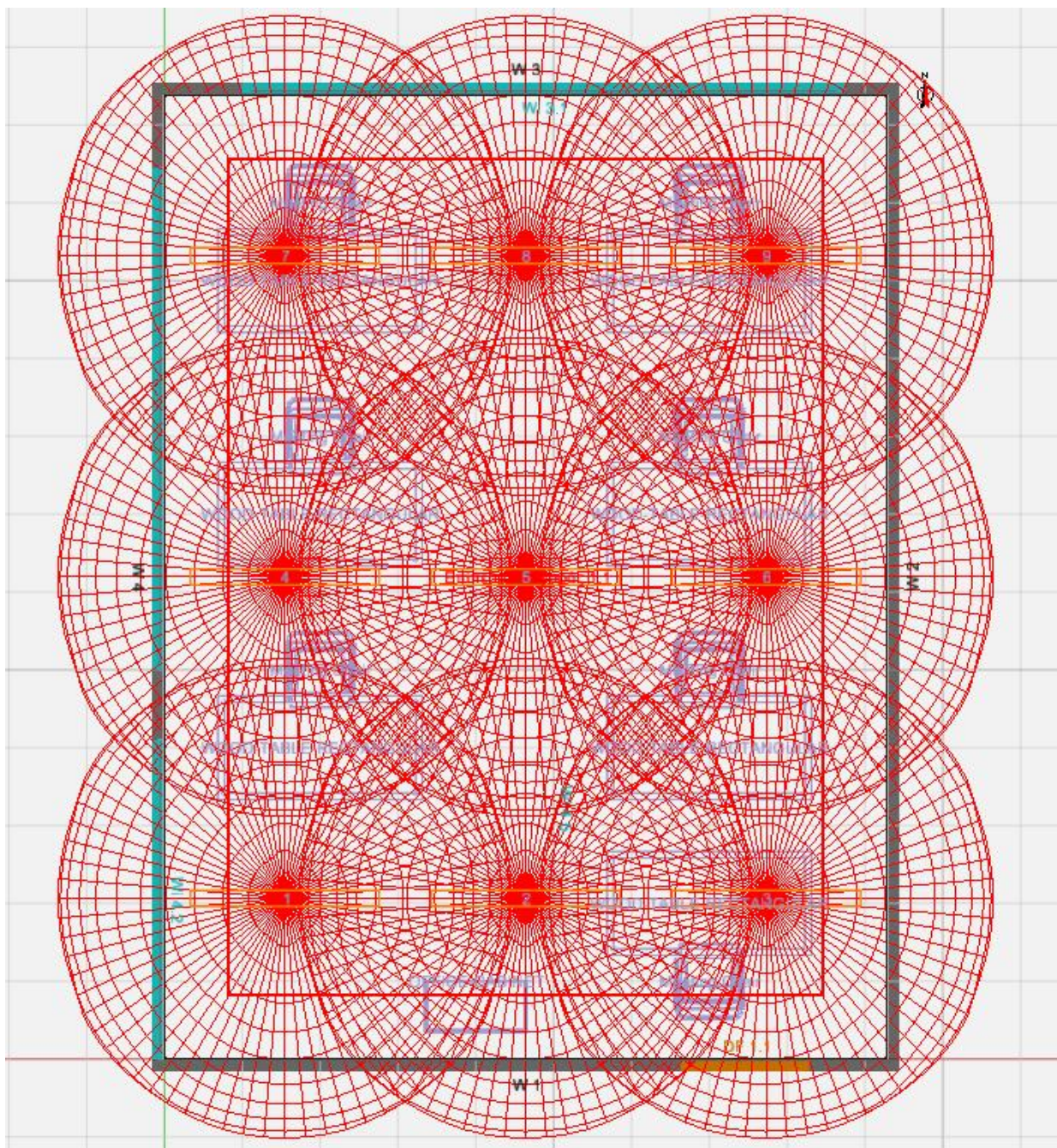
Π104 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.7. Αποτύπωση της αίθουσας Π104 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.8. Αποτύπωση της αίθουσας Π104 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.9. Κάτοψη της αίθουσας Π104 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.96 m
0.80

Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (42.71 m²)

27900 lm
274.5 W
6.43 W/m² (1.87 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m	Οριζόντιος	κυλινδρικός
E_{min}	344 lx	132 lx
$E_{min}/E_m (U_o)$	263 lx	104 lx
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.76	0.78
E_z/E_h	0.66	
Θέση		0.35
$R_{UG} (2.1H \ 2.8H)$	0.77 m	1.20 m
$R_{UG} (2.1H \ 2.8H)$	≤ 22.9	
Φωτιστικό:		
(TrueLevel, surface mounted, SM541C PSD L1480_840)		

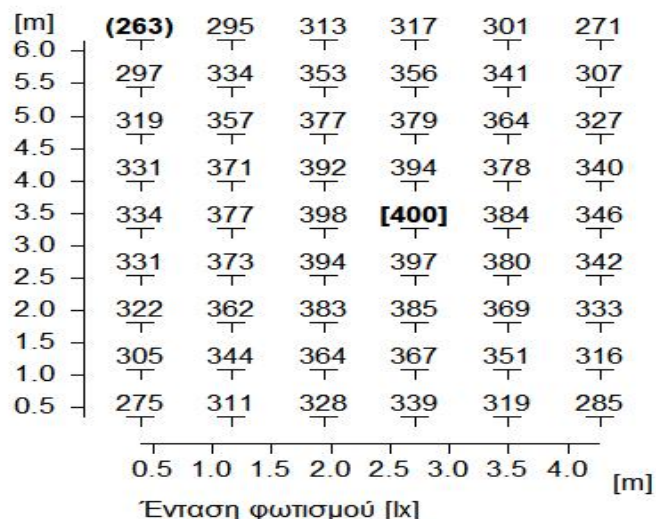
Μέγιστες επιφάνειες

Μετρήσεις επιφανείας	E_m	U_o
m 1.5 (Οροφή)	75 lx	0.87
m 1.1 (Τοίχος)	225 lx	0.68
m 1.2 (Τοίχος)	217 lx	0.60
m 1.3 (Τοίχος)	223 lx	0.66
m 1.4 (Τοίχος)	220 lx	0.60

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

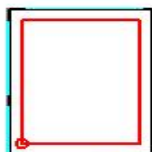
4	9 x	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: SM541C PSD L1480_840/SM541C PSD L1480 1 xLED31S/840 NOC
		Όνομα φωτιστικού	: TrueLevel, surface mounted
		Εξοπλισμός	: 1 x LED31S/840 30.5 W / 3100 lm

Σχήμα 4.10. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π1104.

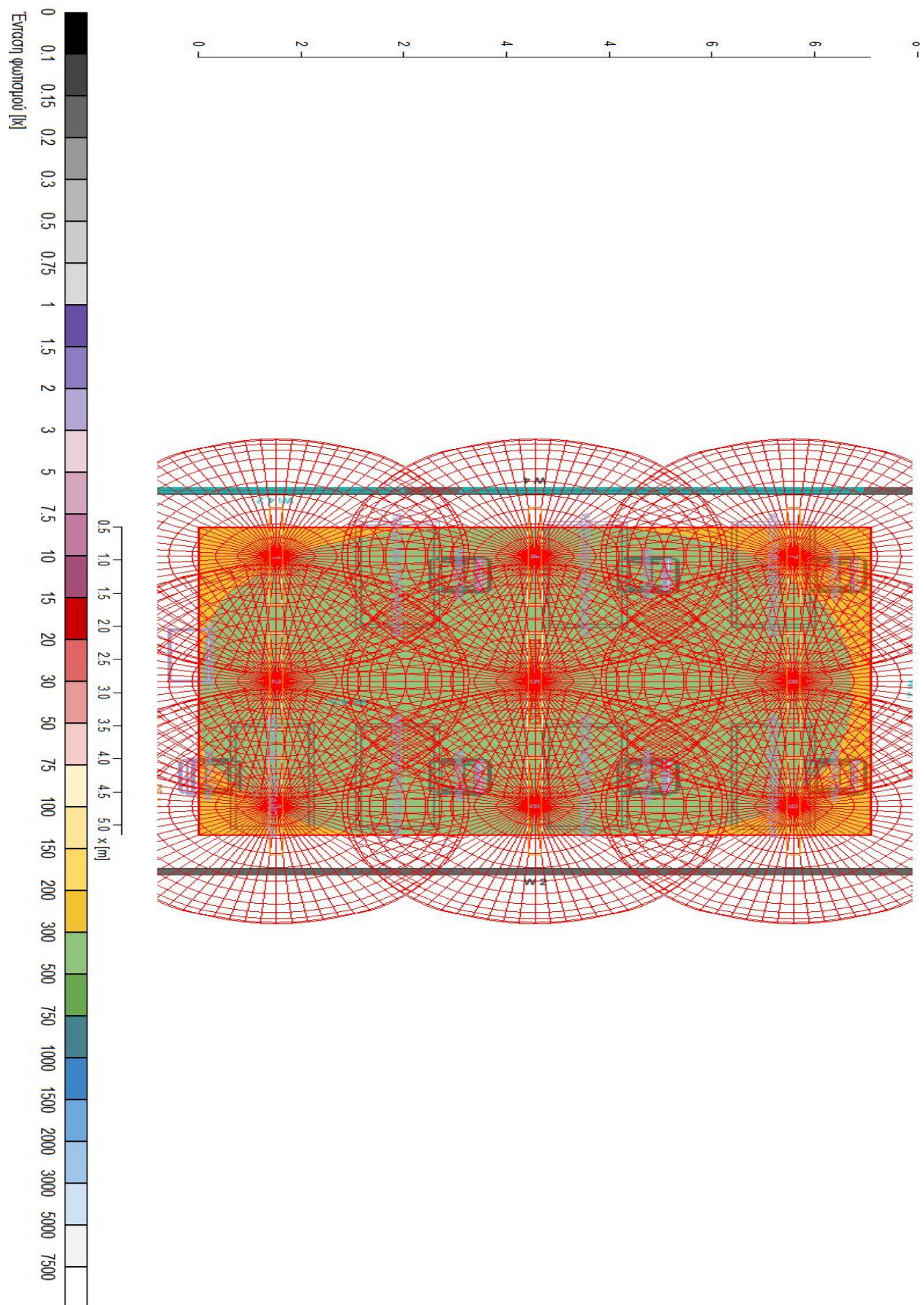


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.77 m
 E_m : 344 lx
 E_{min} : 263 lx
 E_{max} : 400 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.31 (0.76)



Σχήμα 4.11. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π1104.

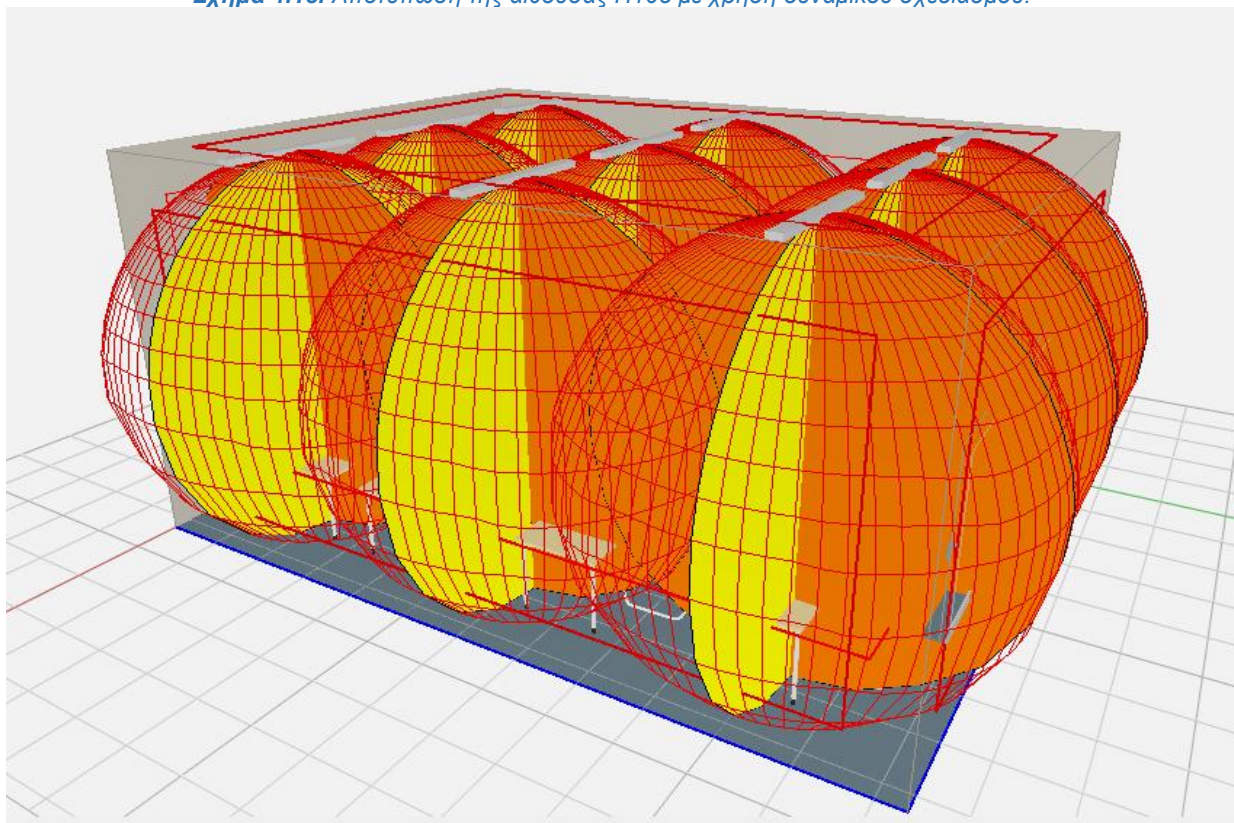


Σχήμα 4.12.. Αποτύπωση της αίθουσας Π104 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

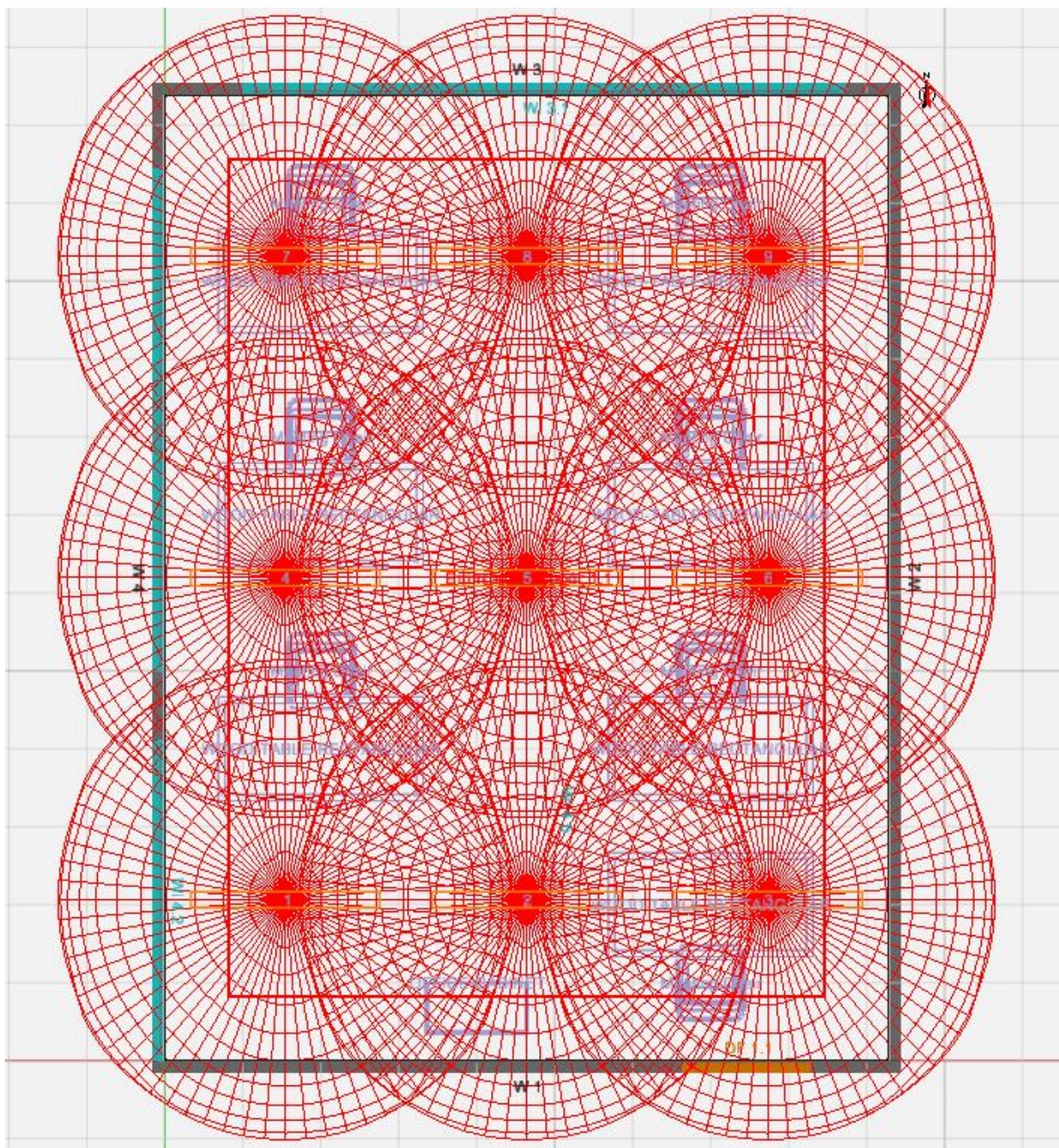
Π105 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.13. Αποτύπωση της αίθουσας Π105 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.14. Αποτύπωση της αίθουσας Π105 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.15. Κάτοψη της αίθουσας Π105 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.96 m
0.80

Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (42.71 m²)

27900 lm
274.5 W
6.43 W/m² (1.87 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση
 $R_{UG} (2.1H \ 2.8H)$
Φωτιστικό:
(TrueLevel, surface mounted, SM541C PSD L1480_840)

Οριζόντιος
344 lx
263 lx
0.76
0.66
0.77 m
≤22.9

κυλινδρικός
132 lx
104 lx
0.78
0.35
1.20 m

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

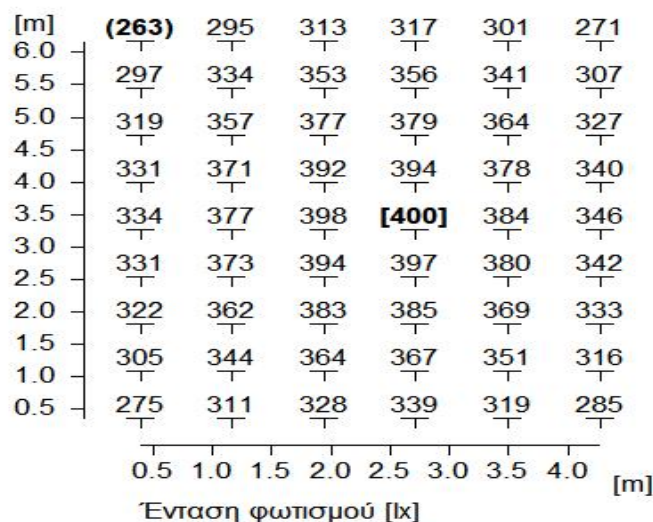
E_m
75 lx
225 lx
217 lx
223 lx
220 lx

U_o
0.87
0.68
0.60
0.66
0.60

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

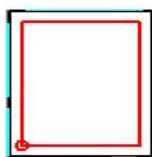
4	9 x	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: SM541C PSD L1480_840/SM541C PSD L1480 1 xLED31S/840 NOC
		Όνομα φωτιστικού	: TrueLevel, surface mounted
		Εξοπλισμός	: 1 x LED31S/840 30.5 W / 3100 lm

Σχήμα 4.16. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π105.

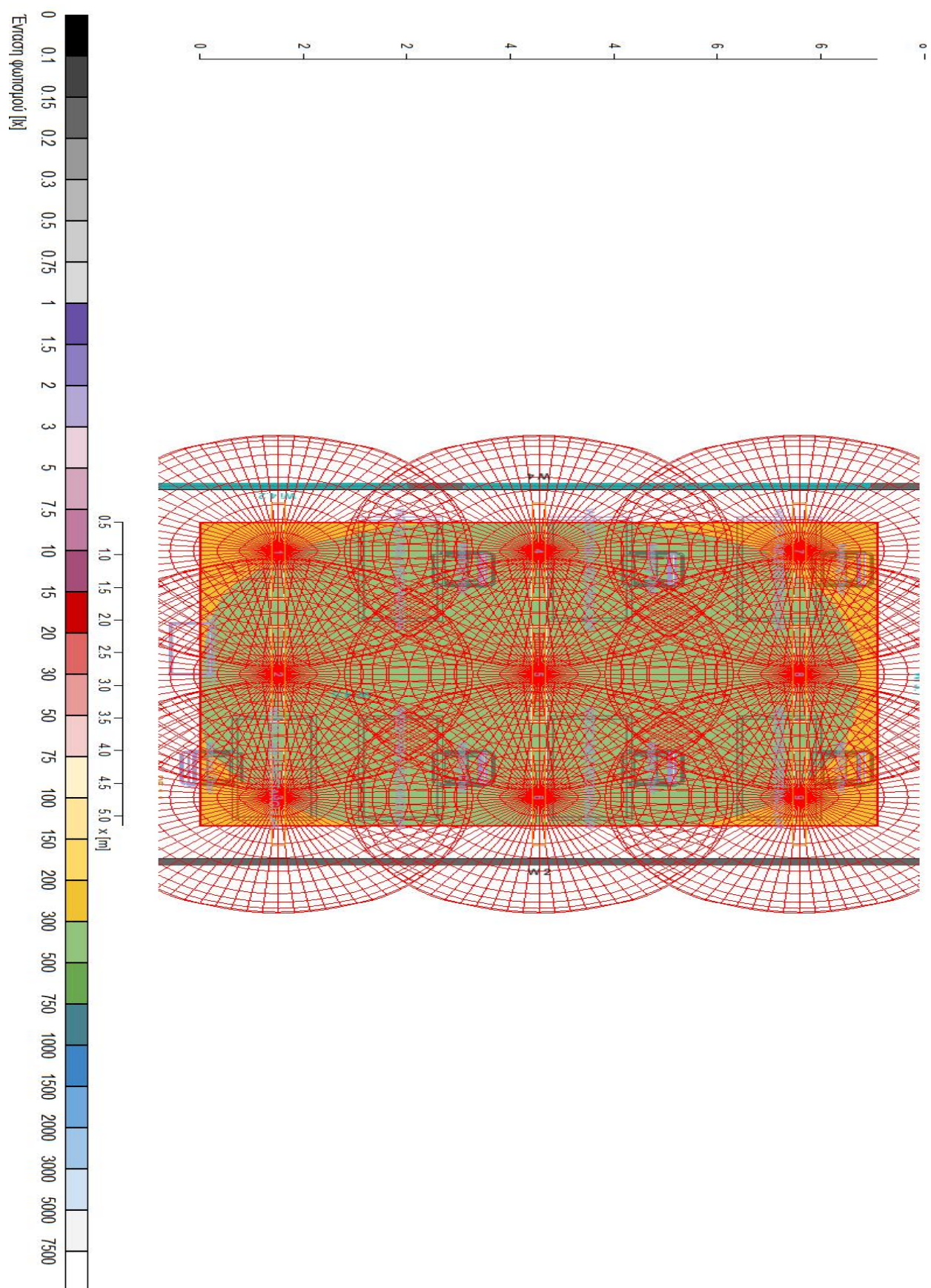


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.77 m
: 344 lx
: 263 lx
: 400 lx
: 1 : 1.31 (0.76)

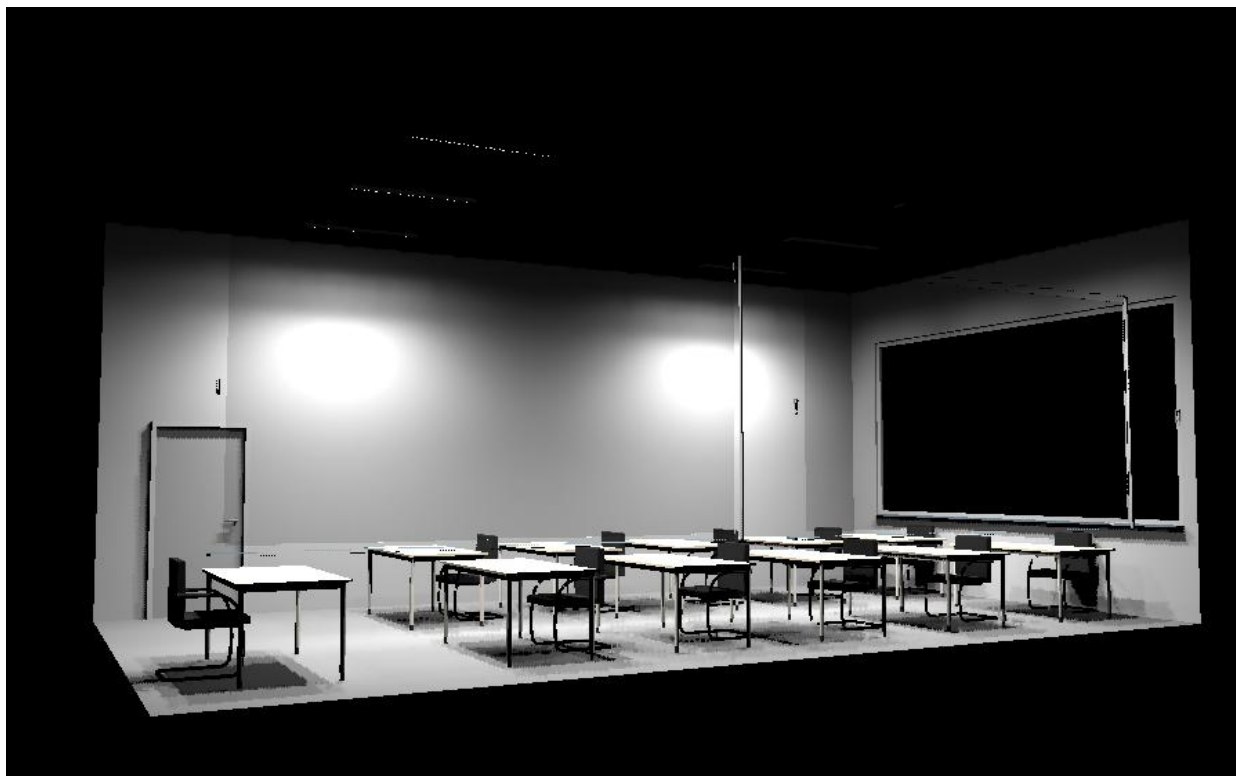


Σχήμα 4.17. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π105.

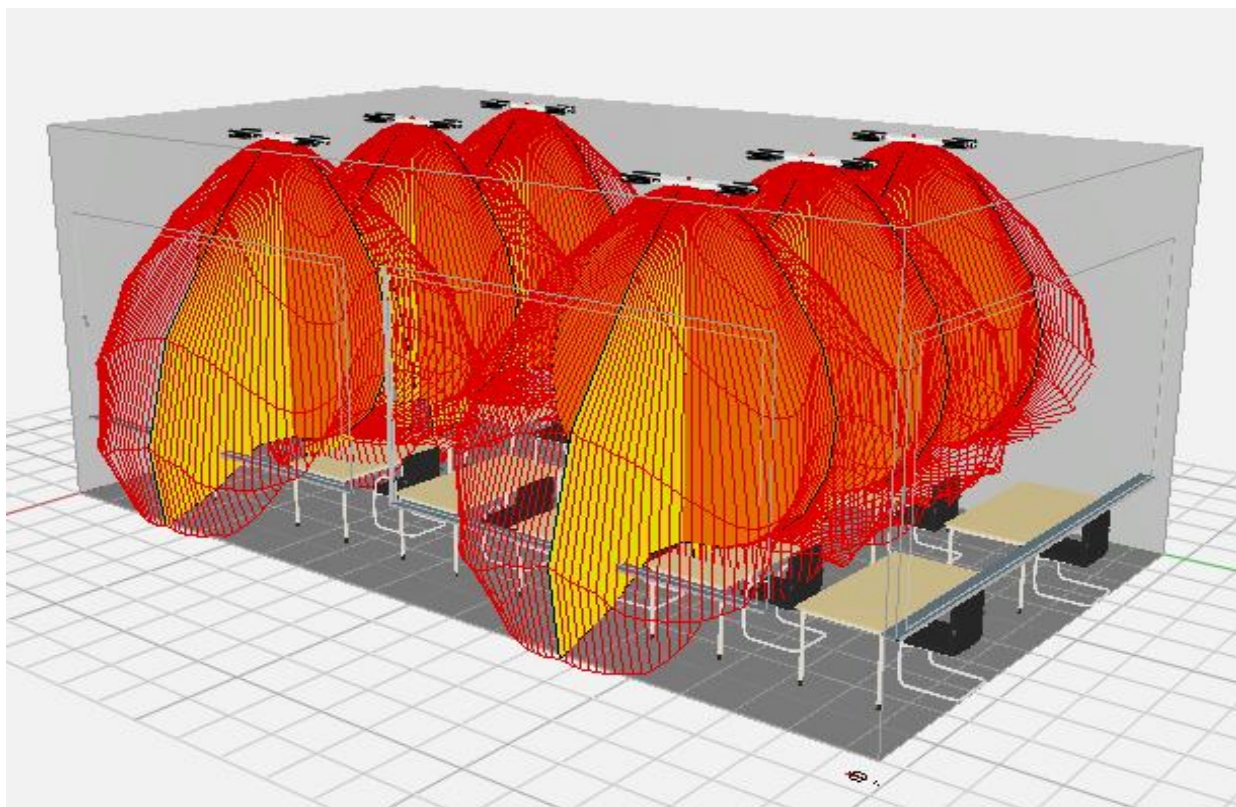


Σχήμα 4.18. Αποτύπωση της αίθουσας Π105 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

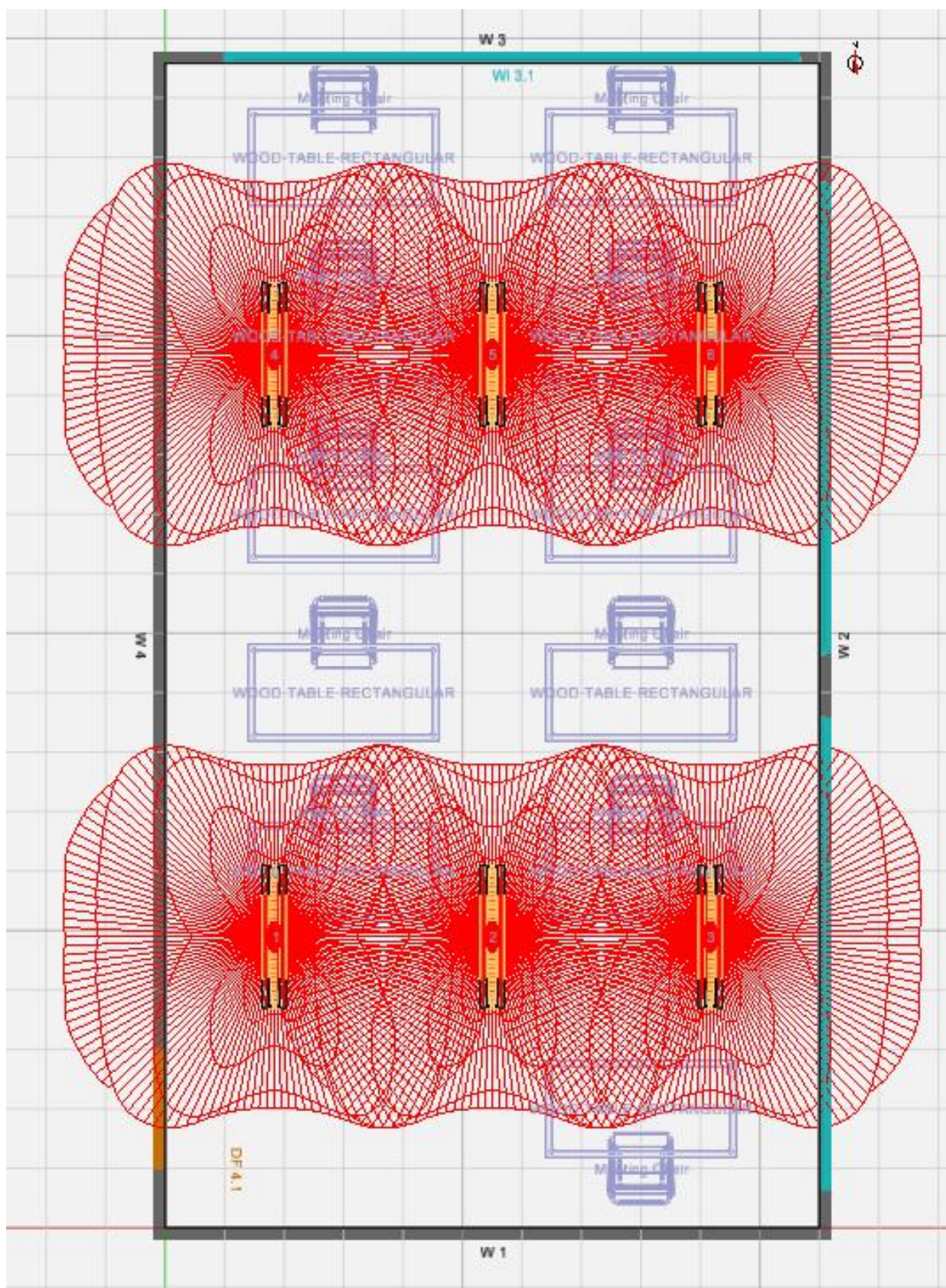
Π106 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.19. Αποτύπωση της αίθουσας Π106 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.20. Αποτύπωση της αίθουσας Π106 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.21. Κάτοψη της αίθουσας Π106 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
4.33 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (53.85 m²)

29358 lm
25523 lm
182.9 W
3.40 W/m² (1.07 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση
 $R_{UG} (1.8H \ 3.1H)$

Οριζόντιος
317 lx
222 lx
0.70
0.54
0.75 m
<=17.9

κυλινδρικός
104 lx
79 lx
0.76
0.30
1.20 m

Φωτιστικό:
(COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K, ACRESLED4 (4000K 30W))

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

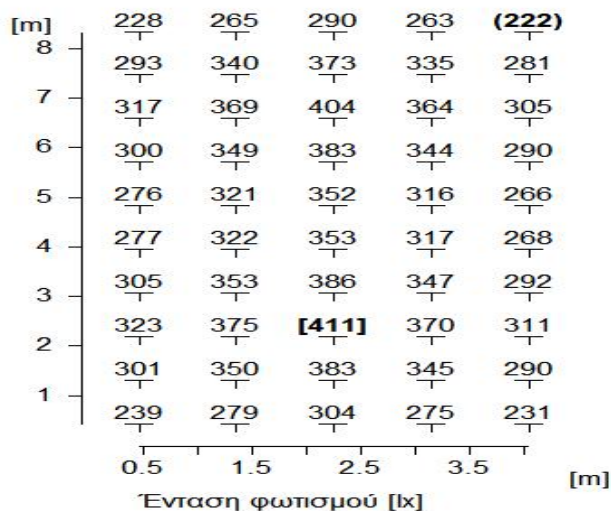
E_m
50 lx
127 lx
141 lx
123 lx
136 lx

U_o
0.76
0.50
0.35
0.50
0.35

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

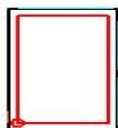
4	6 x	ANSELL	
		Αρ. Παραγγελίας	: ACRESLED4 (4000K 30W)
		Όνομα φωτιστικού	: COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 30.49 W / 4893 lm

Σχήμα 4.22. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π106.

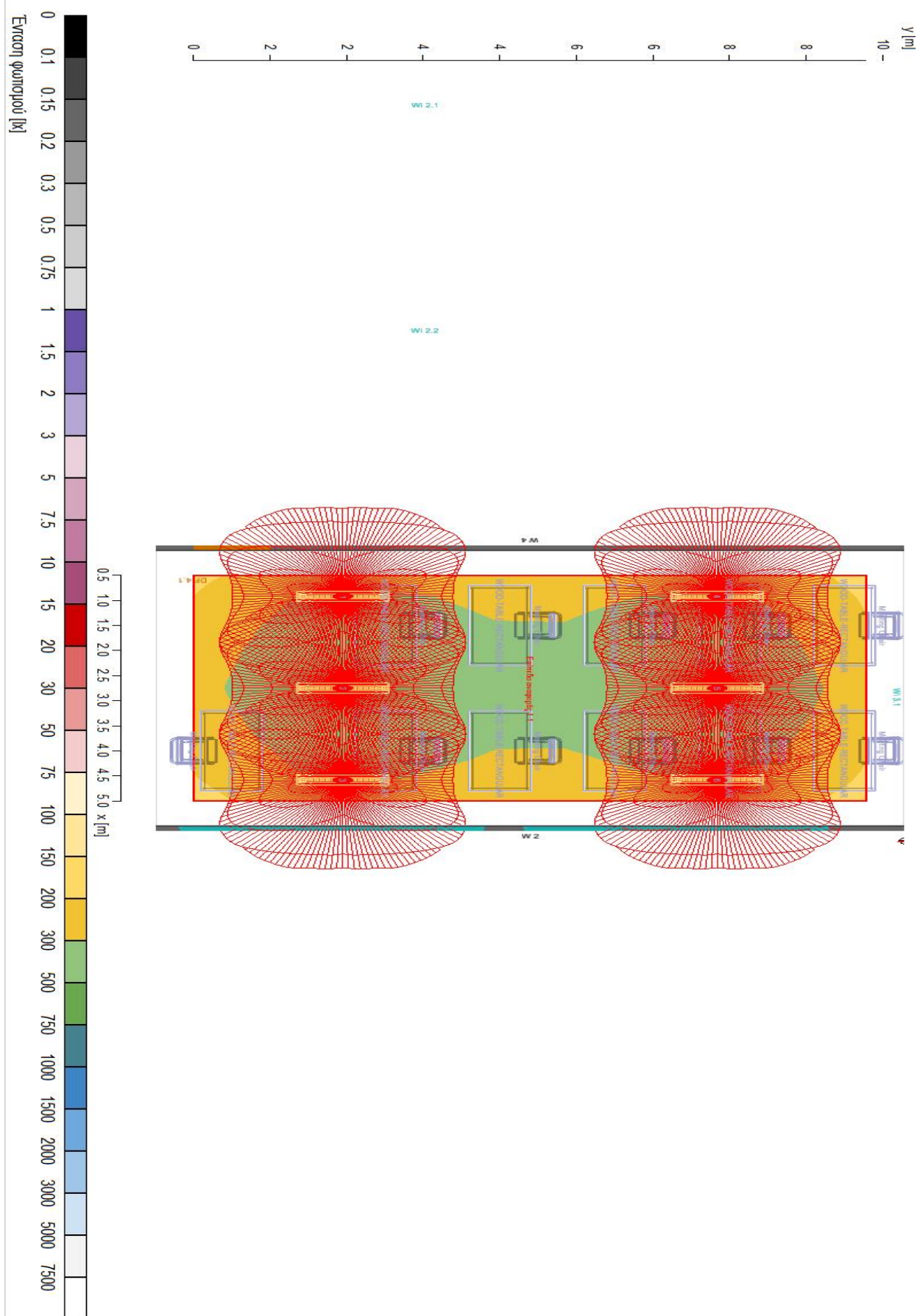


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 317 lx
 E_{min} : 222 lx
 E_{max} : 411 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.43 (0.70)

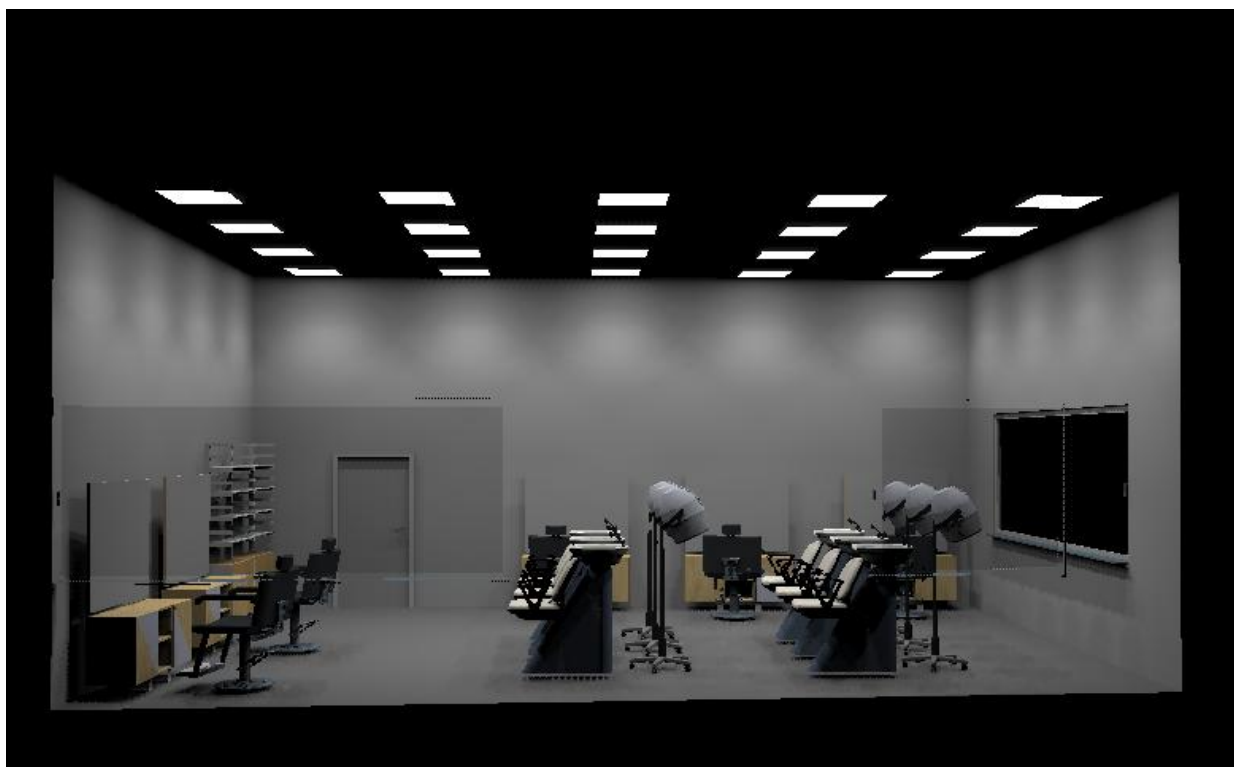


Σχήμα 4.23. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π106.

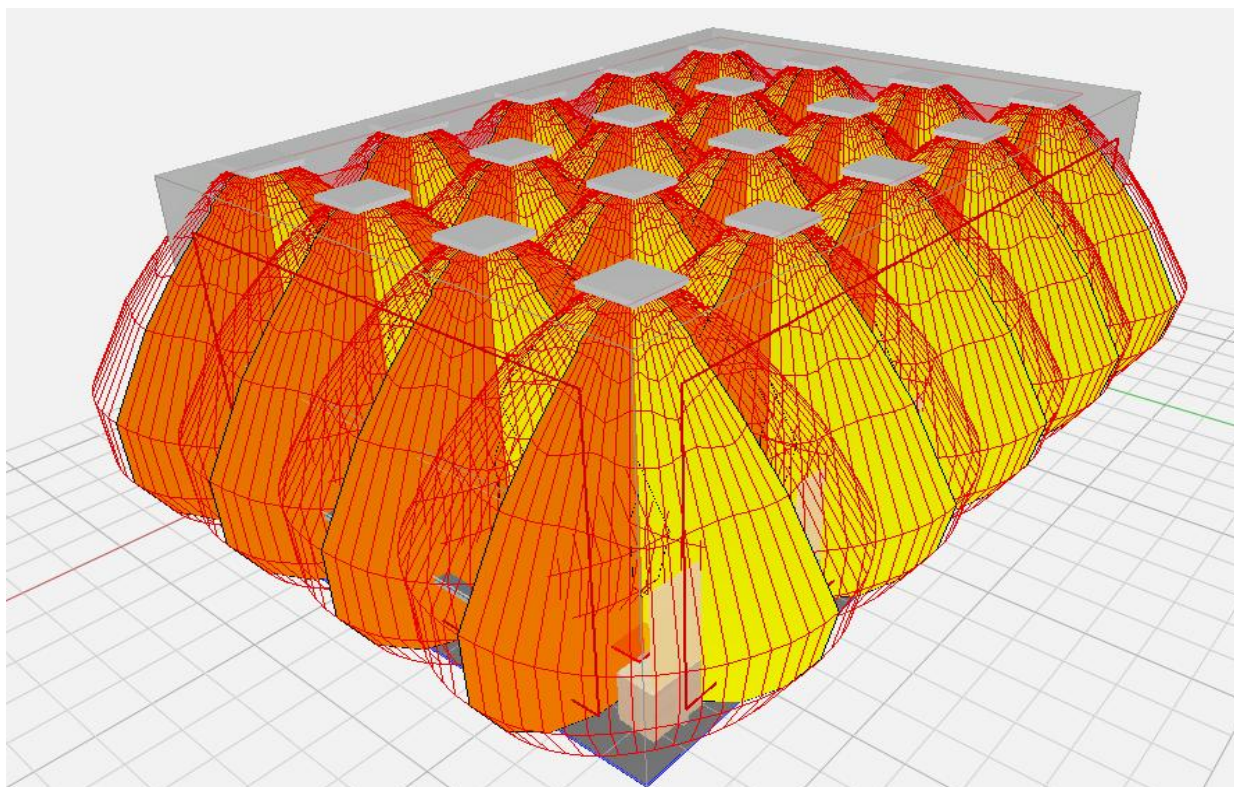


Σχήμα 4.24. Αποτύπωση της αίθουσας Π106 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

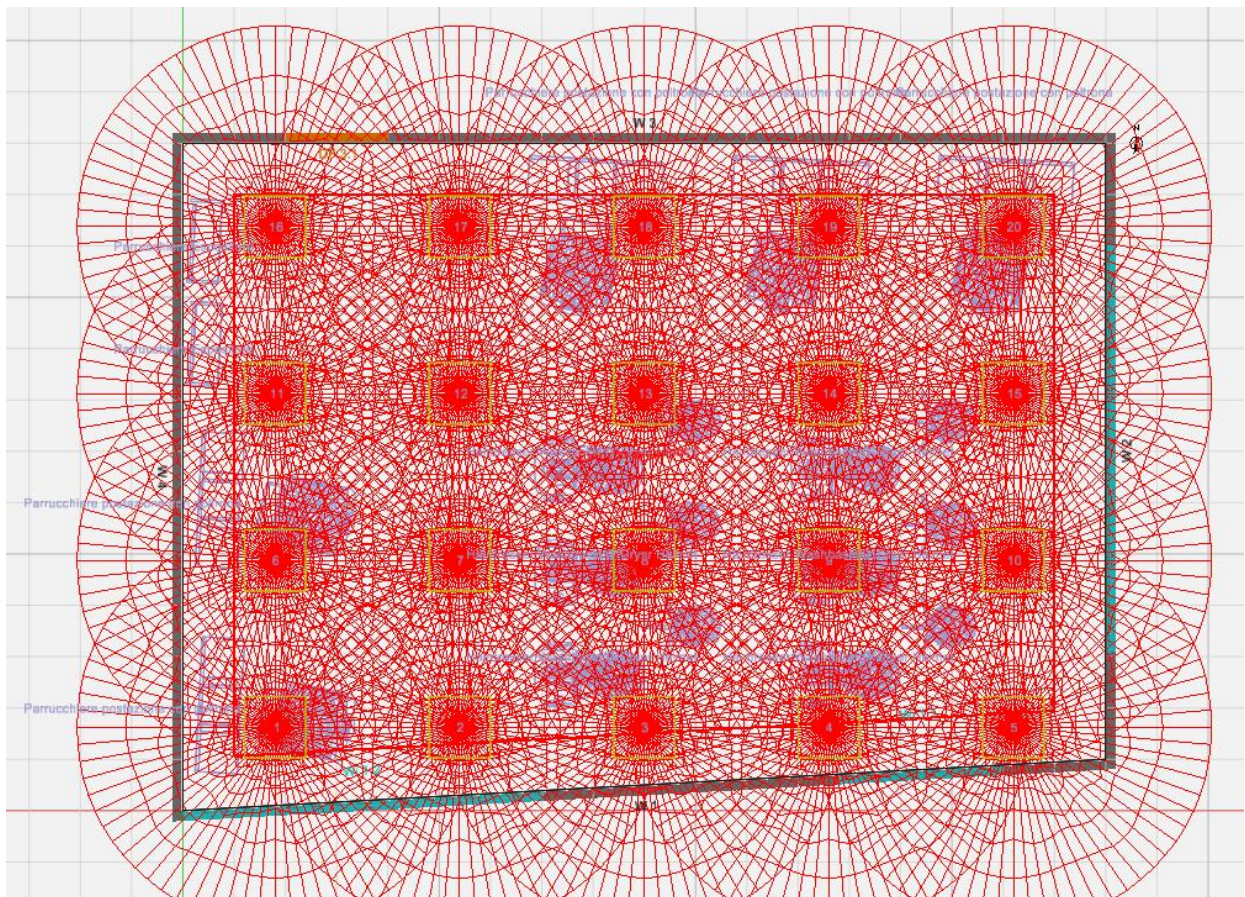
Π107 (Εργαστήριο Κομμωτικής)



Σχήμα 4.25. Αποτύπωση της αίθουσας Π107 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.26. Αποτύπωση της αίθουσας Π107 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.27. Κάτοψη της αίθουσας Π107 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
4.33 m
0.80

Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (56.25 m²)

56000 lm
540.0 W
9.60 W/m² (1.68 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m	572 lx	κυλινδρικός
E_{min}	376 lx	213 lx
$E_{min}/E_m (U_o)$	0.66	143 lx
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.52	0.67
E_z/E_h		0.35
Θέση	0.75 m	1.20 m
$R_{UG} (2.1H \ 2.9H)$	≤ 14.4	

Φωτιστικό:

(SlimBlend Square, surface mounted, SM400C POE W60L60_830)

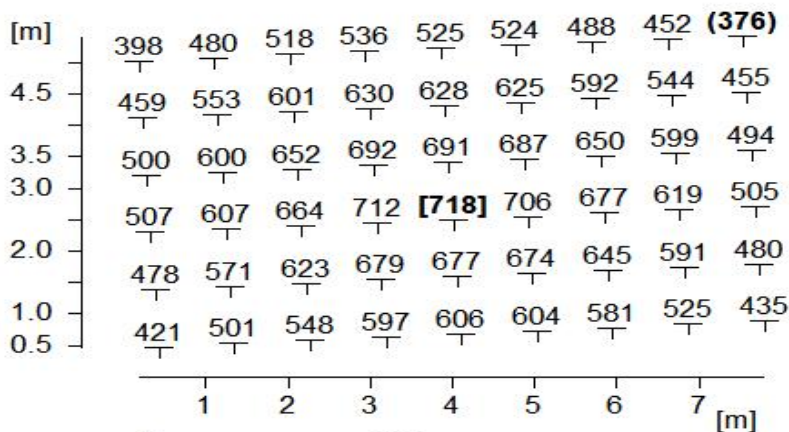
Μέγιστες επιφάνειες

Μέγιστες επιφάνειες	E_m	U_o
m 1.5 (Οροφή)	131 lx	0.95
m 1.1 (Τοίχος)	323 lx	0.57
m 1.2 (Τοίχος)	308 lx	0.68
m 1.3 (Τοίχος)	309 lx	0.62
m 1.4 (Τοίχος)	308 lx	0.70

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

1	20 x	Philips	
		Αρ. Παραγγελίας	: SM400C POE W60L60_830/SM400C POE W60L60 1 xLED28S/830
		Όνομα φωτιστικού	: SlimBlend Square, surface mounted
		Εξοπλισμός	: 1 x LED28S/830 27 W / 2800 lm

Σχήμα 4.28. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π107.



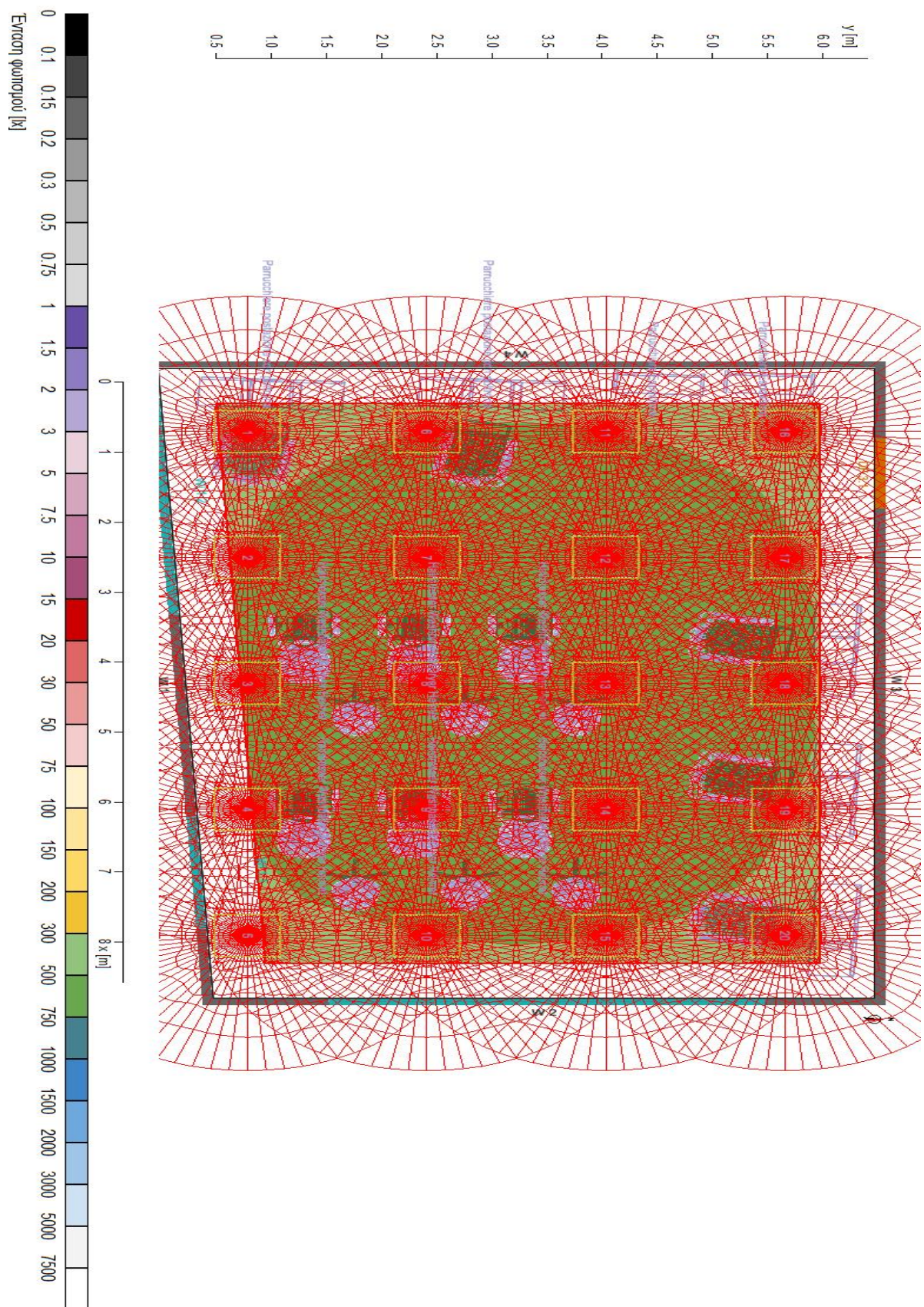
Ένταση φωτισμού [lx]

Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 572 lx
 E_{min} : 376 lx
 E_{max} : 718 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.52 (0.66)



Σχήμα 4.29. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π107.

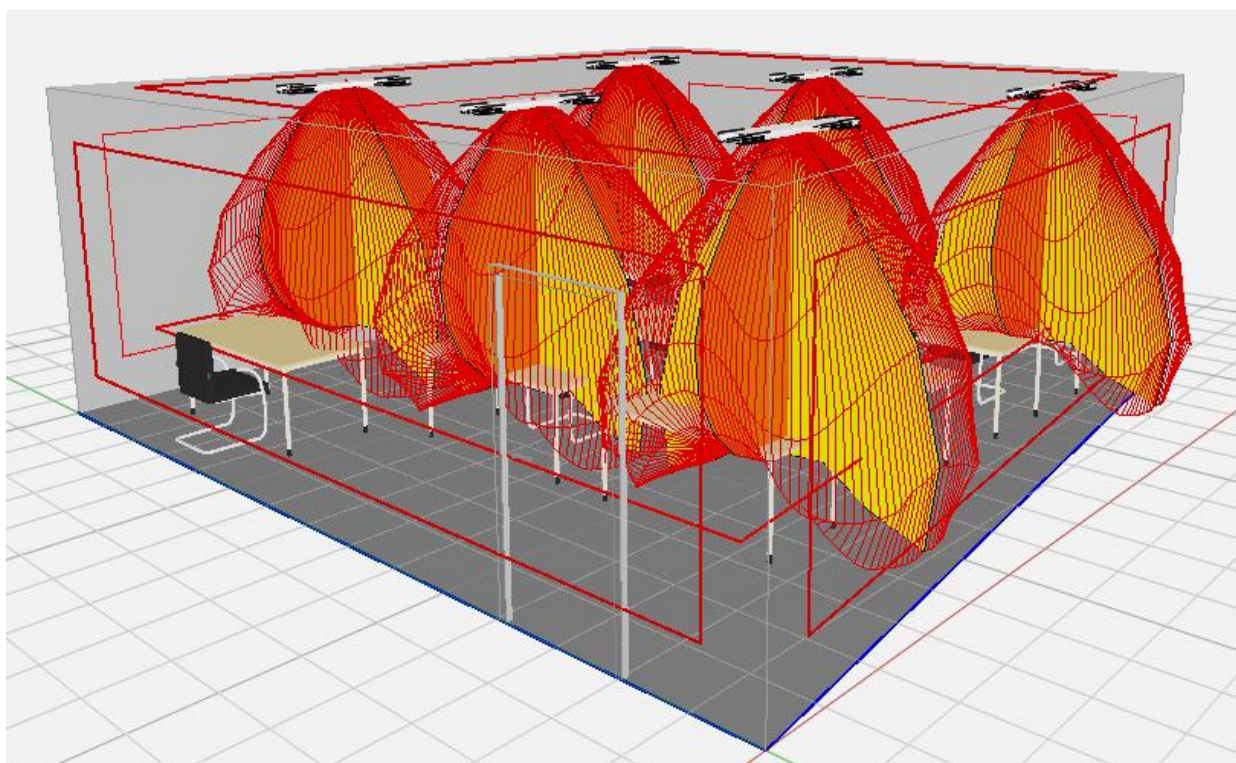


Σχήμα 4.30. Αποτύπωση της αίθουσας Π107 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

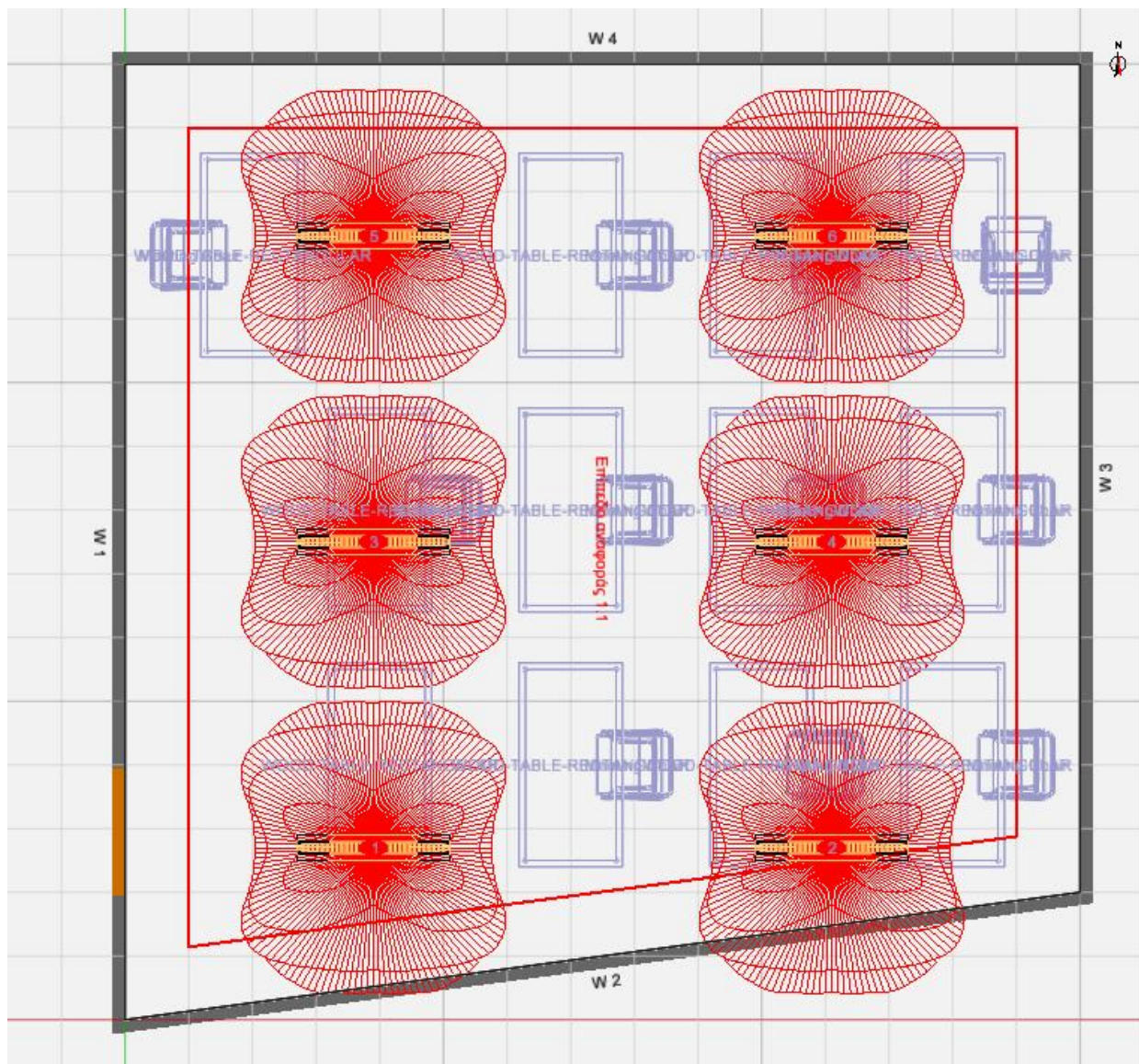
Π108 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.31. Αποτύπωση της αίθουσας Π108 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.32. Αποτύπωση της αίθουσας Π108 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.33. Κάτοψη της αίθουσας Π108 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
2.80 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (52.50 m²)

29358 lm
25523 lm
182.9 W
3.48 W/m² (0.79 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m	Οριζόντιος	κυλινδρικός
E_{min}	441 lx	156 lx
$E_{min}/E_m (U_o)$	297 lx	124 lx
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.67	0.79
E_z/E_h	0.49	
Θέση		0.33
$R_{UG} (4.7H \ 4.7H)$	0.75 m	1.20 m
	≤ 17.8	

Φωτιστικό:

(COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K, ACRESLED4 (4000K 30W))

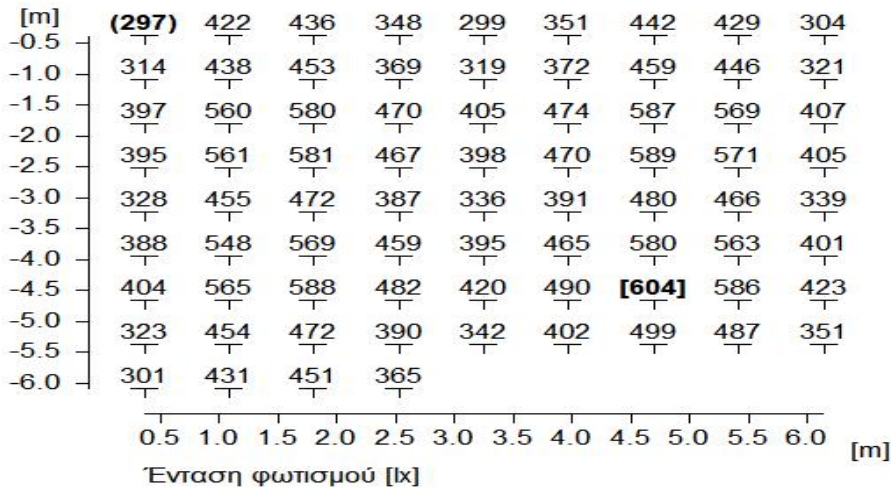
Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)	66 lx	0.84
m 1.1 (Τοίχος)	145 lx	0.45
m 1.2 (Τοίχος)	204 lx	0.29
m 1.3 (Τοίχος)	148 lx	0.47
m 1.4 (Τοίχος)	136 lx	0.45

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

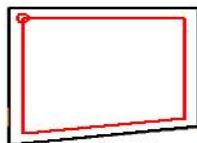
1	6 x	ANSELL	
		Αρ. Παραγγελίας	: ACRESLED4 (4000K 30W)
		Όνομα φωτιστικού	: COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 30.49 W / 4893 lm

Σχήμα 4.34. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π108.

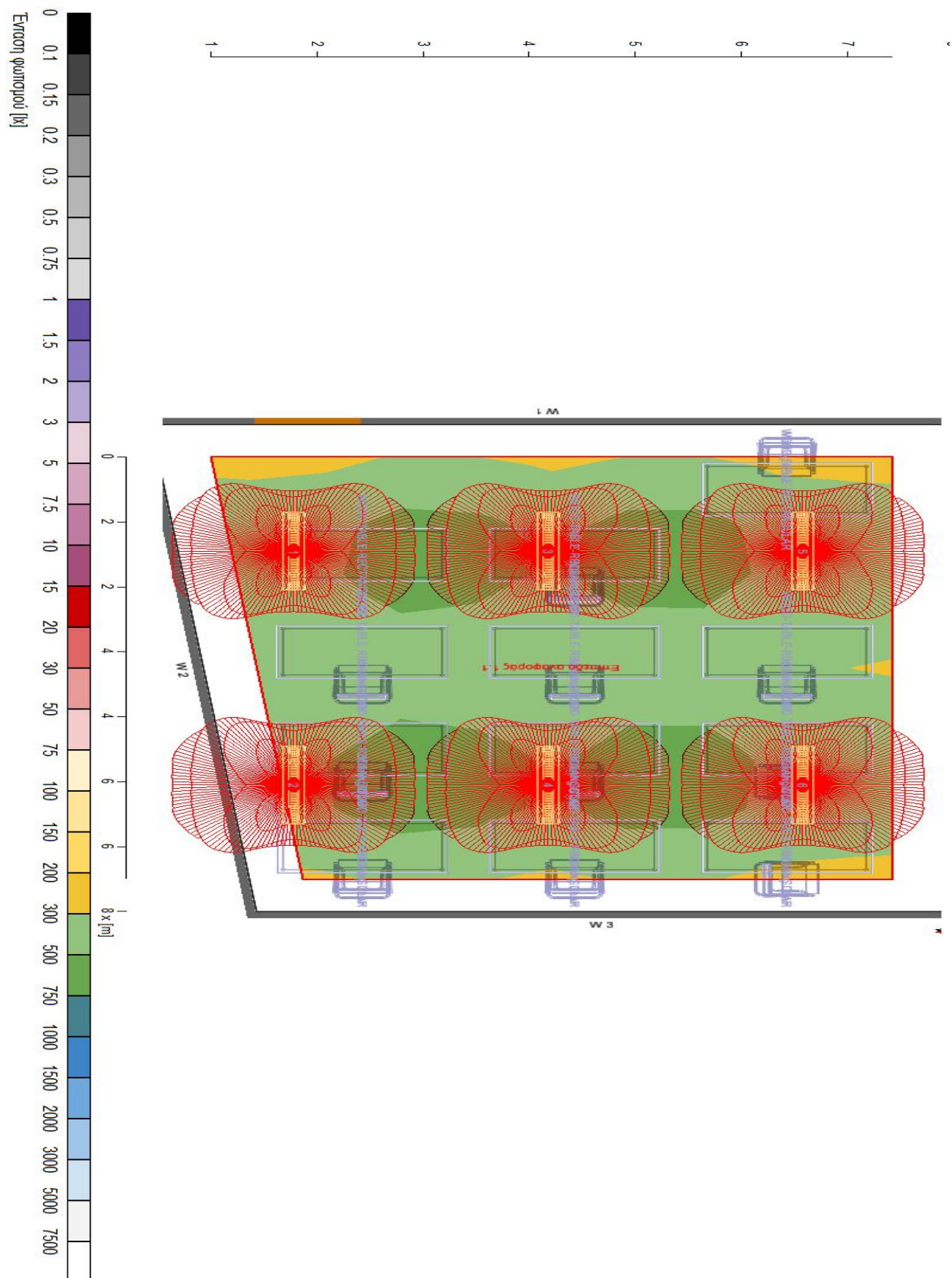


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
: 441 lx
: 297 lx
: 604 lx
: 1 : 1.49 (0.67)



Σχήμα 4.35. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π108.

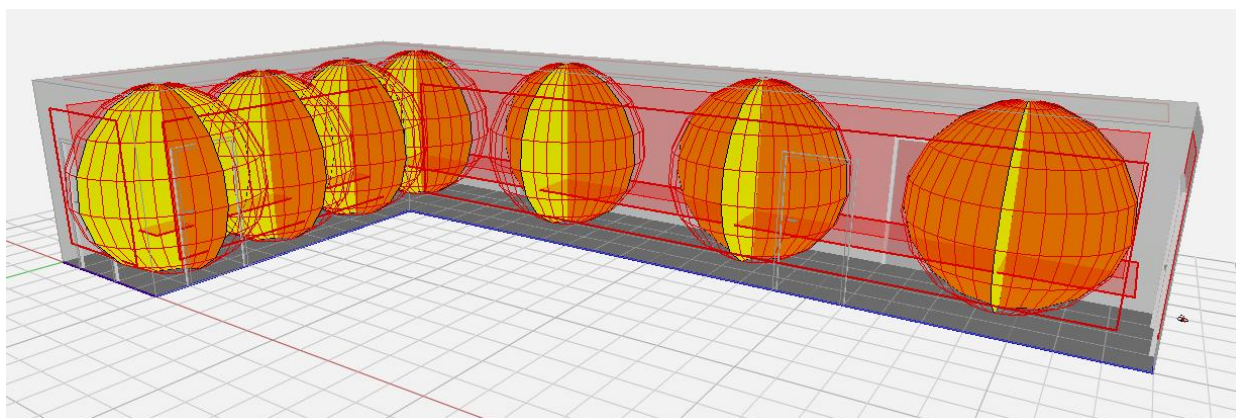


Σχήμα 4.36. Αποτύπωση της αίθουσας Π108 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

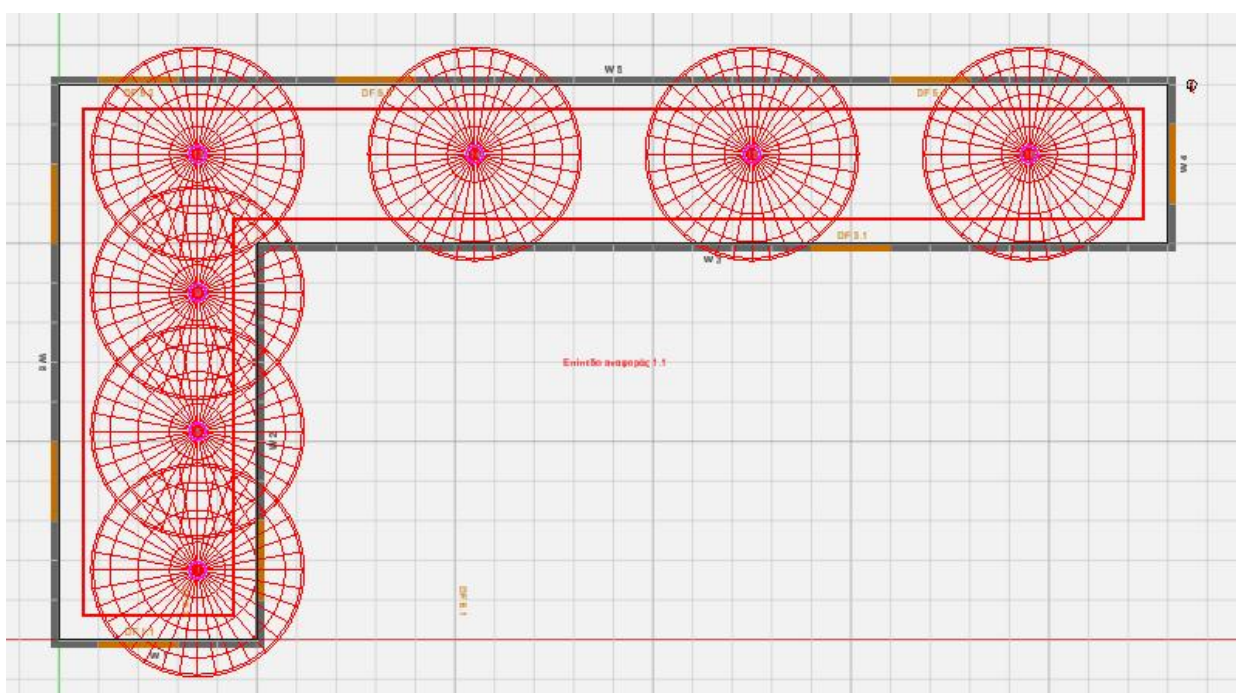
ΠΔ11 (Διάδρομος Ισογείου)



Σχήμα 4.37. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ11 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.38. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ11 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.39. Κάτοψη του διαδρόμου ΠΔ11 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται	Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
Ύψος επιπέδου φωτιστικού	2.80 m
Συντελεστής συντήρησης	0.80
Total lamp luminous flux	8750 lm
Luminaire luminous flux	8739 lm
Συνολική ισχύς	84.0 W
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (40.50 m ²)	2.07 W/m ² (1.84 W/m ² /100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

	Οριζόντιος	κυλινδρικός
$\bar{E}_m$	113 lx	50 lx
E_{min}	55 lx	27 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_o)$	0.49	0.53
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.31	
E_z/E_h		0.38
Θέση	0.75 m	1.20 m
$R_{UG} (--- ---)$	---	

Hints:

- Room dimensions deviate too much from a rectangular room.

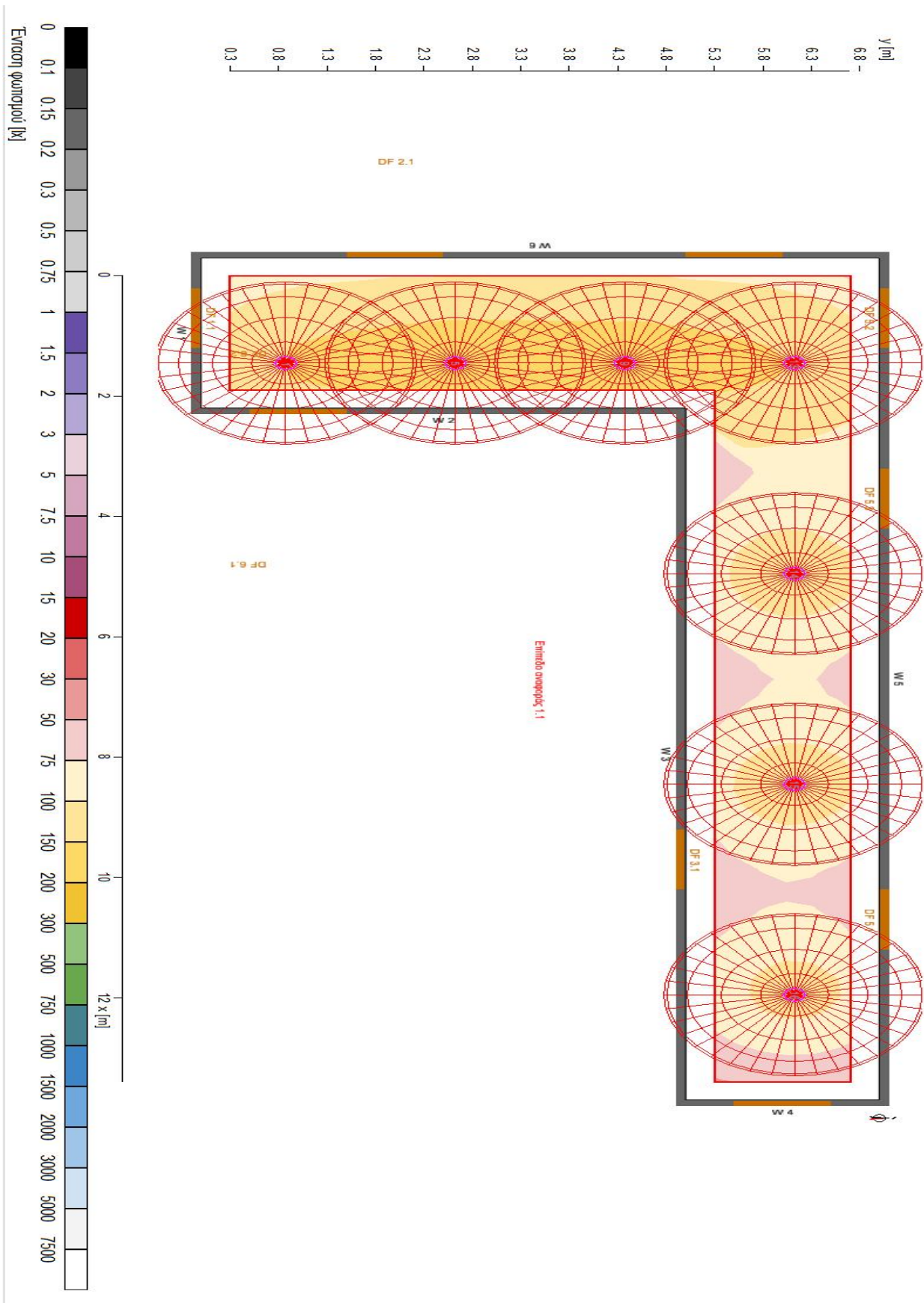
Μέγιστες επιφάνειες

	$\bar{E}_m$	U_o
m 1.7 (Οροφή)	28.4 lx	0.60
m 1.1 (Τοίχος)	94.1 lx	0.61
m 1.2 (Τοίχος)	111 lx	0.48
m 1.3 (Τοίχος)	56.9 lx	0.56
m 1.4 (Τοίχος)	45.1 lx	0.77
m 1.5 (Τοίχος)	65.9 lx	0.45
m 1.6 (Τοίχος)	79.4 lx	0.72

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

		Collingwood Lighting	
2	7 x	Αρ. Παραγγελίας	: CDL0218S/CCT - 3000K - CRI 80
		Όνομα φωτιστικού	: CDL02
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 12 W / 1250 lm

Σχήμα 4.40. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης του διαδρόμου ΠΔ11.



Σχήμα 4.41. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ11 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

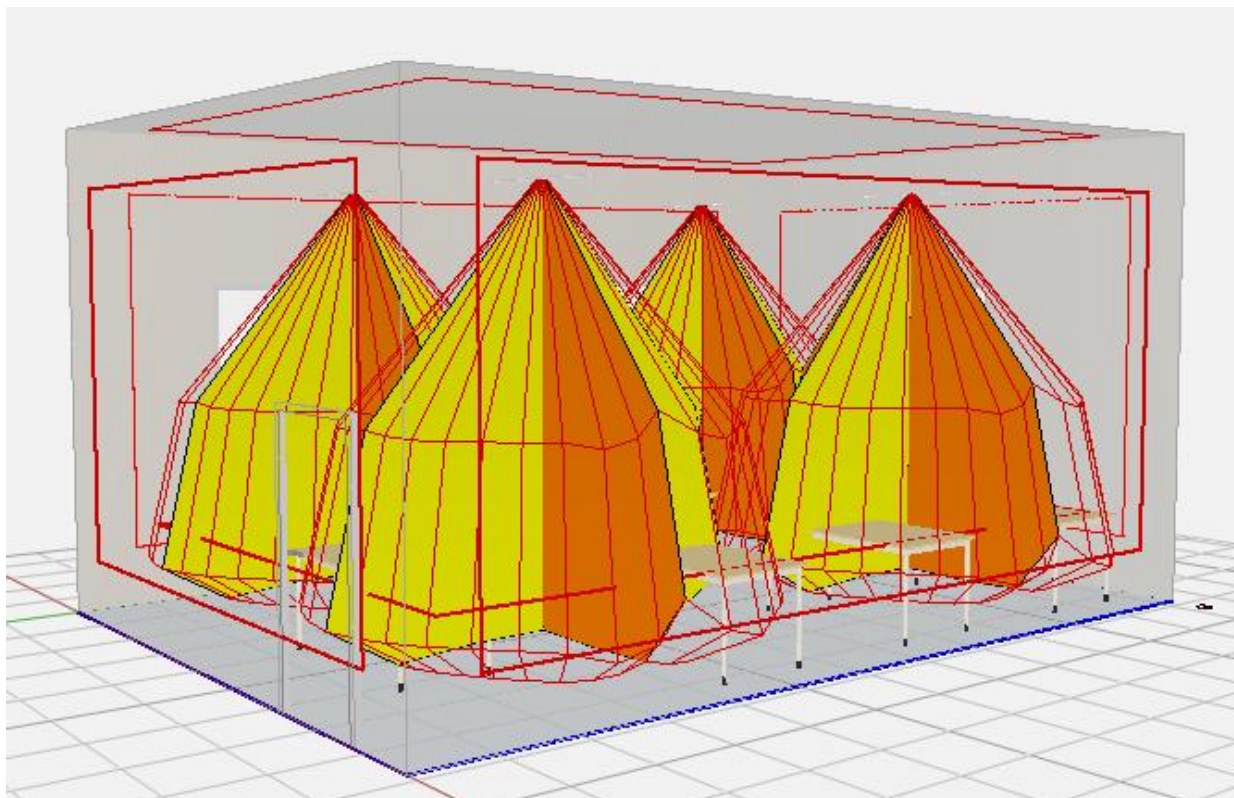
4.3. Μελέτη φωτισμού χώρων Α' Ορόφου

Στους χώρους του Α' Ορόφου στα Σχήματα 4.42, 4.48, 4.54, 4.60, 4.66, 4.72 και 4.78 δίνεται η αποτύπωση των χώρων Π202, Π203, Π204, Π205, Π206, Π206.1 και ΠΔ21 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού και αντίστοιχα στα Σχήματα 4.43, 4.49, 4.55, 4.61, 4.67, 4.73 και 4.79 φαίνεται η αποτύπωση των αντίστοιχων χώρων σε 3D. Ακόμη δίνονται οι κατόψεις των αντίστοιχων χώρων και η θέση των φωτιστικών σωμάτων όπως στα Σχήματα 4.44, 4.50, 4.56, 4.62, 4.68, 4.74 και 4.80. Στα Σχήματα 4.45, 4.51, 4.57, 4.63, 4.64, 4.75 και 4.81 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά αποτελέσματα με την ένταση φωτισμού, τον συντελεστή ομοιομορφίας καθώς και την συνολική κατανάλωση ενέργειας των φωτιστικών στους αντίστοιχους χώρους. Η κατανομή της έντασης φωτισμού στους αντίστοιχους χώρους φαίνεται στα Σχήματα 4.46, 4.52, 4.58, 4.64, 4.70 και 4.76. Τέλος στα Σχήματα 4.47, 4.53, 4.59, 4.65, 4.71, 4.77 και 4.82 με την βοήθεια του προγράμματος αποτυπώνεται η ένταση φωτισμού σε στους αντίστοιχους χώρους με χρήση ψευδοχρωμάτων.

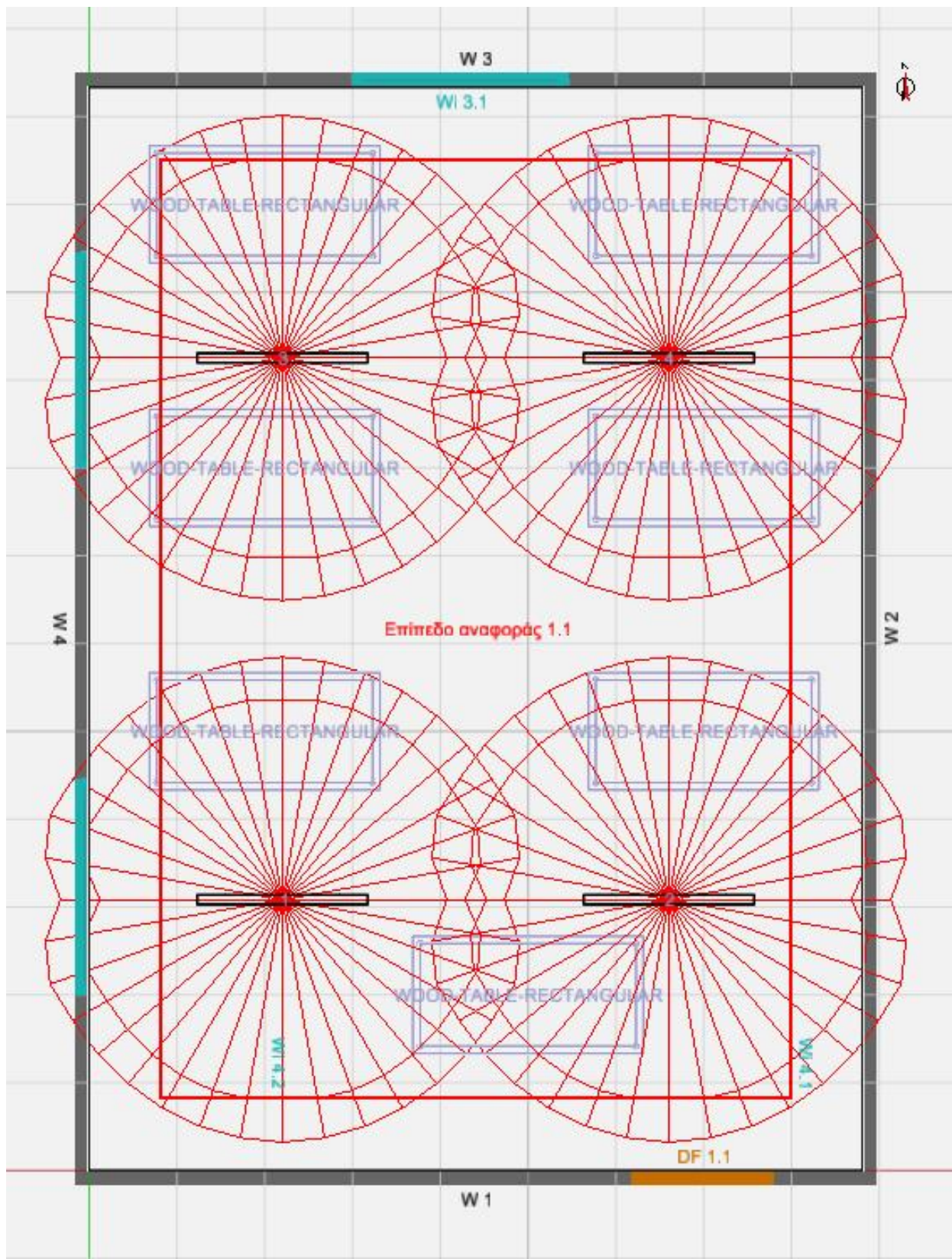
Π202 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.42. Αποτύπωση της αίθουσας Π202 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.43. Αποτύπωση της αίθουσας Π202 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.44. Κάτοψη της αίθουσας Π202 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.46 m
0.80

Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (40.36 m²)

13400 lm
84.0 W
2.08 W/m² (0.69 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση
 $R_{UG} (2.4H \ 3.3H)$
Φωτιστικό:
(TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840 WB WH DALI, 2005.5042)

Οριζόντιος
304 lx
244 lx
0.80
0.64
0.75 m
≤17.8

κυλινδρικός
137 lx
106 lx
0.77
0.41
1.20 m

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

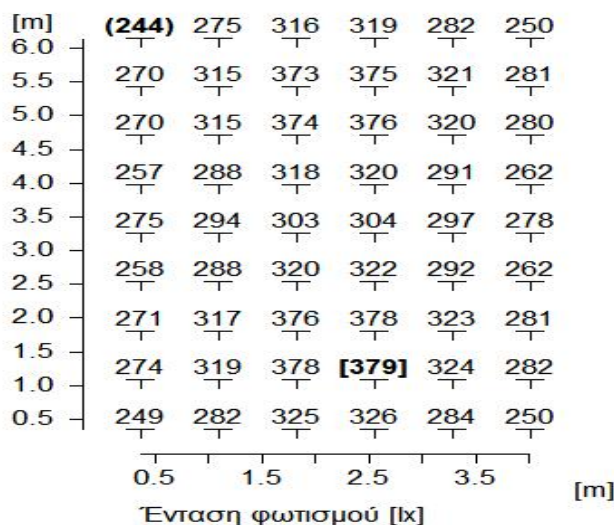
E_m
98 lx
119 lx
138 lx
115 lx
139 lx

U_o
0.78
0.62
0.49
0.62
0.48

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

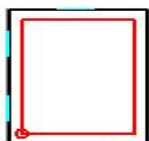
1	4 x	Regent	
		Αρ. Παραγγελίας	: 2005.5042
		Όνομα φωτιστικού	: TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840 WB WH DALI
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 21 W / 3350 lm

Σχήμα 4.45. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π202.

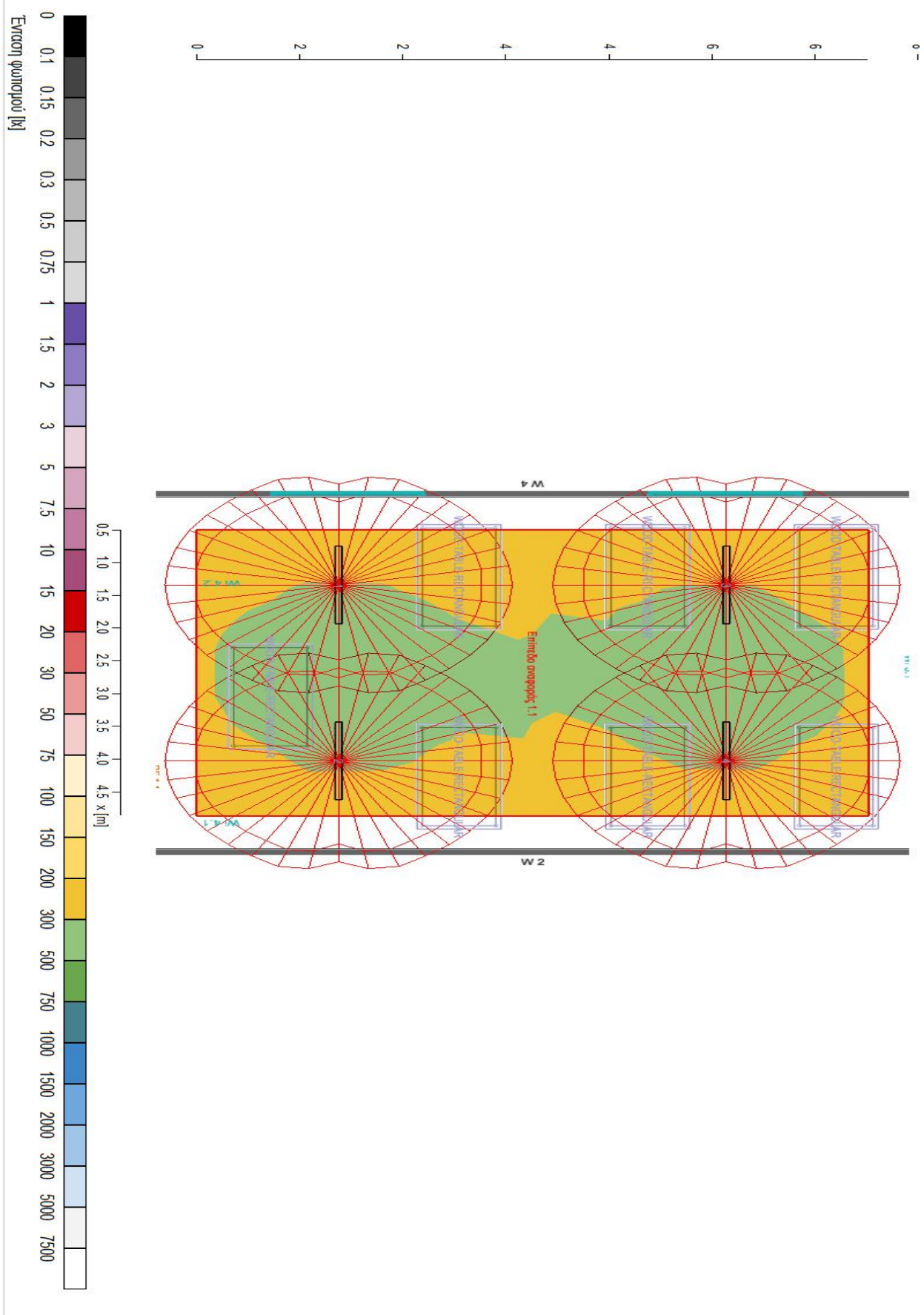


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 304 lx
 E_{min} : 244 lx
 E_{max} : 379 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.25 (0.80)



Σχήμα 4.46. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π202.

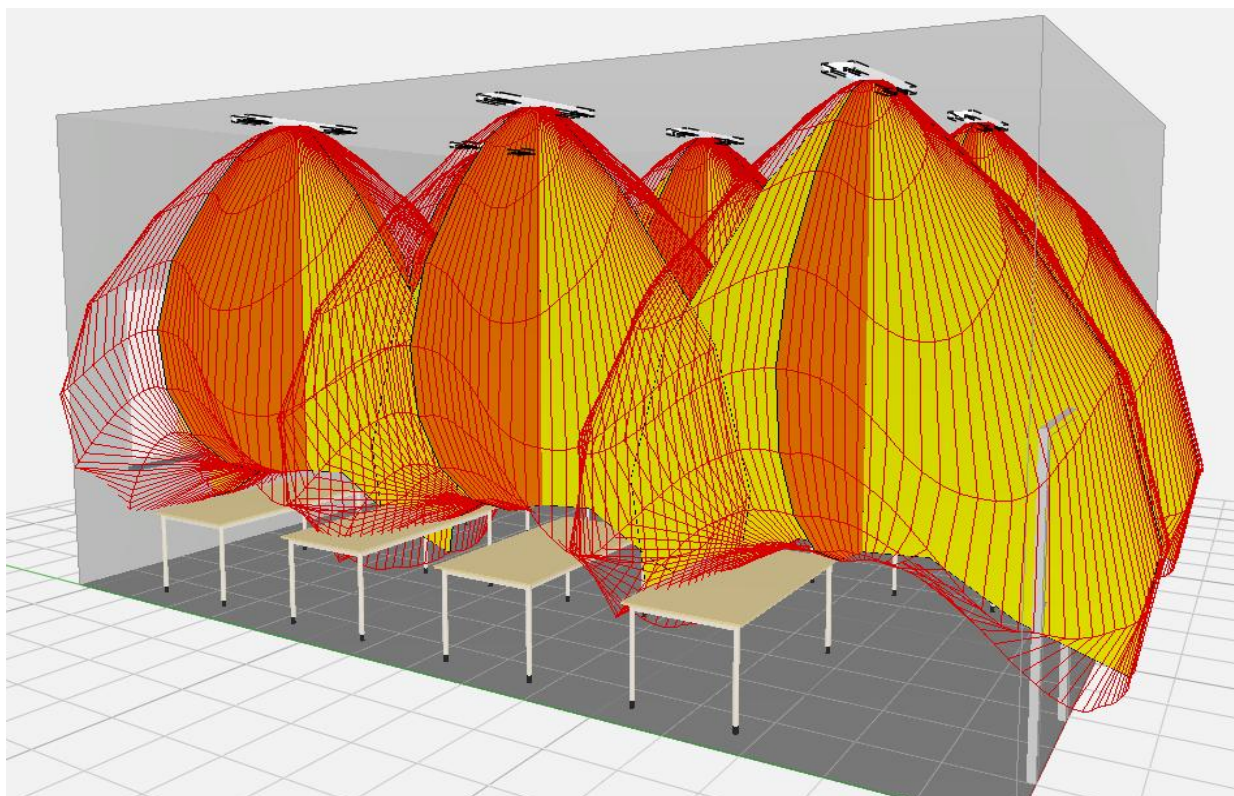


Σχήμα 4.47. Αποτύπωση της αίθουσας Π202 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

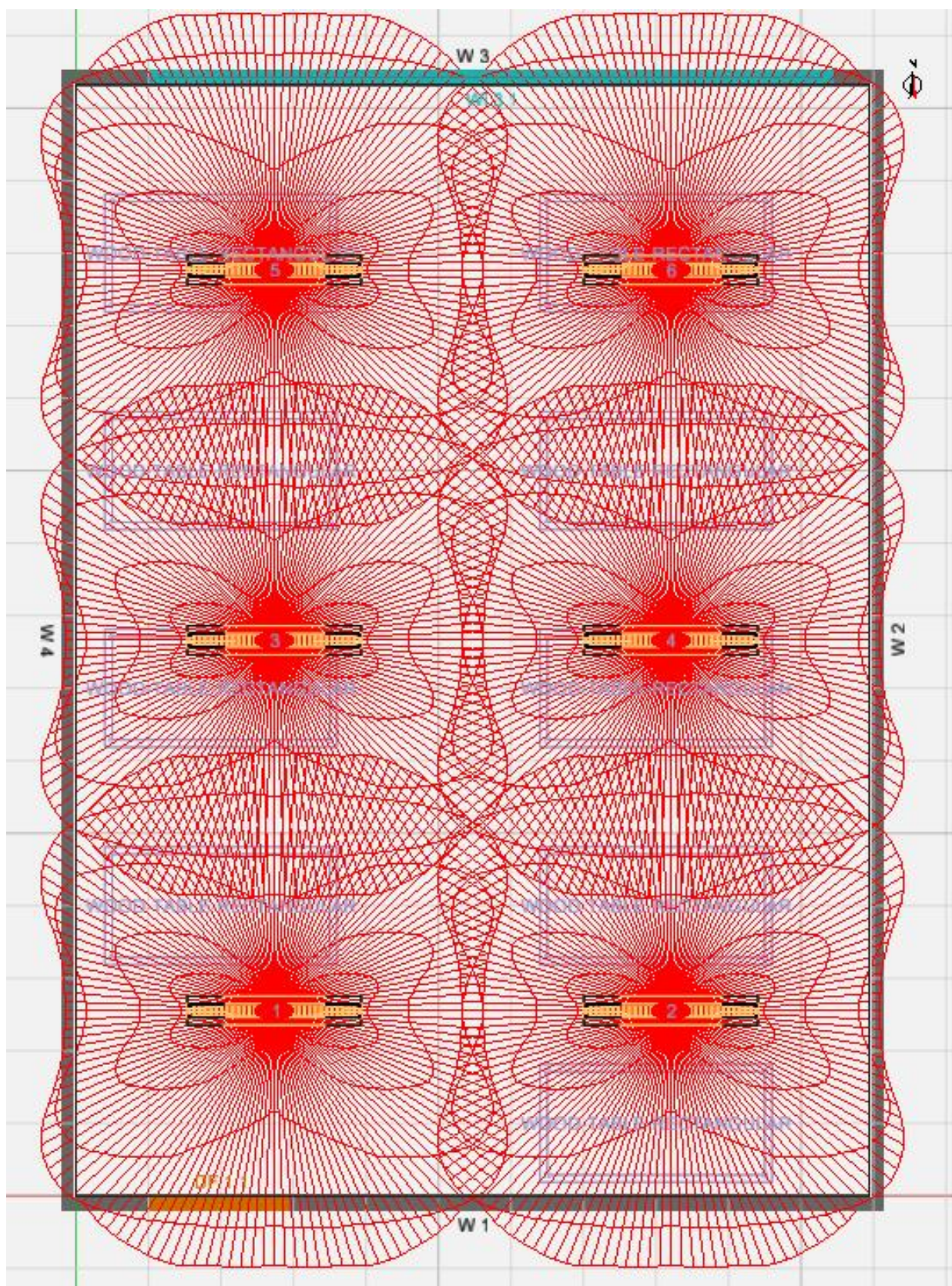
Π203 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.48. Αποτύπωση της αίθουσας Π203 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.49. Αποτύπωση της αίθουσας Π203 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.50. Κάτοψη της αίθουσας Π203 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
4.33 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (41.90 m²)

29358 lm
25523 lm
182.9 W
4.37 W/m² (1.13 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση

Οριζόντιος
385 lx
265 lx
0.69
0.56
0.75 m

κυλινδρικός
135 lx
97 lx
0.72
0.33
1.20 m

RUG (1.7H 2.4H)

<=17.6

Φωτιστικό:

(COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K, ACRESLED4 (4000K 30W))

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

E_m
78 lx
175 lx
196 lx
176 lx
197 lx

U_o
0.91
0.56
0.47
0.57
0.48

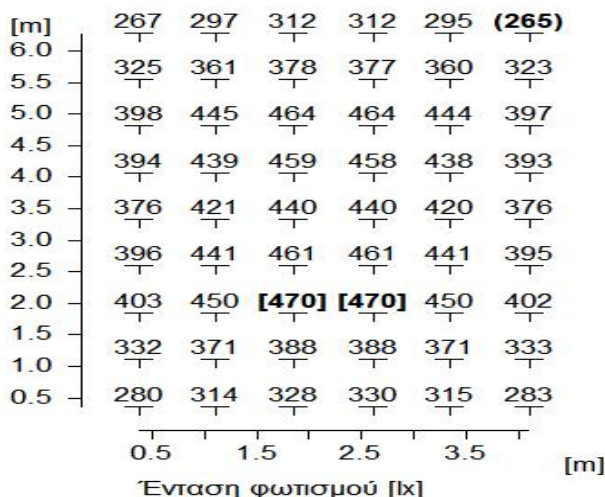
ΤύποςΑριθ.Κατασκ.

1 6 x


ANSELL

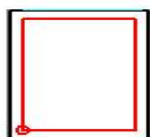
Αρ. Παραγγελίας : ACRESLED4 (4000K 30W)
Όνομα φωτιστικού : COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K
Εξοπλισμός : 1 x LED 30.49 W / 4893 lm

Σχήμα 4.51. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π203.

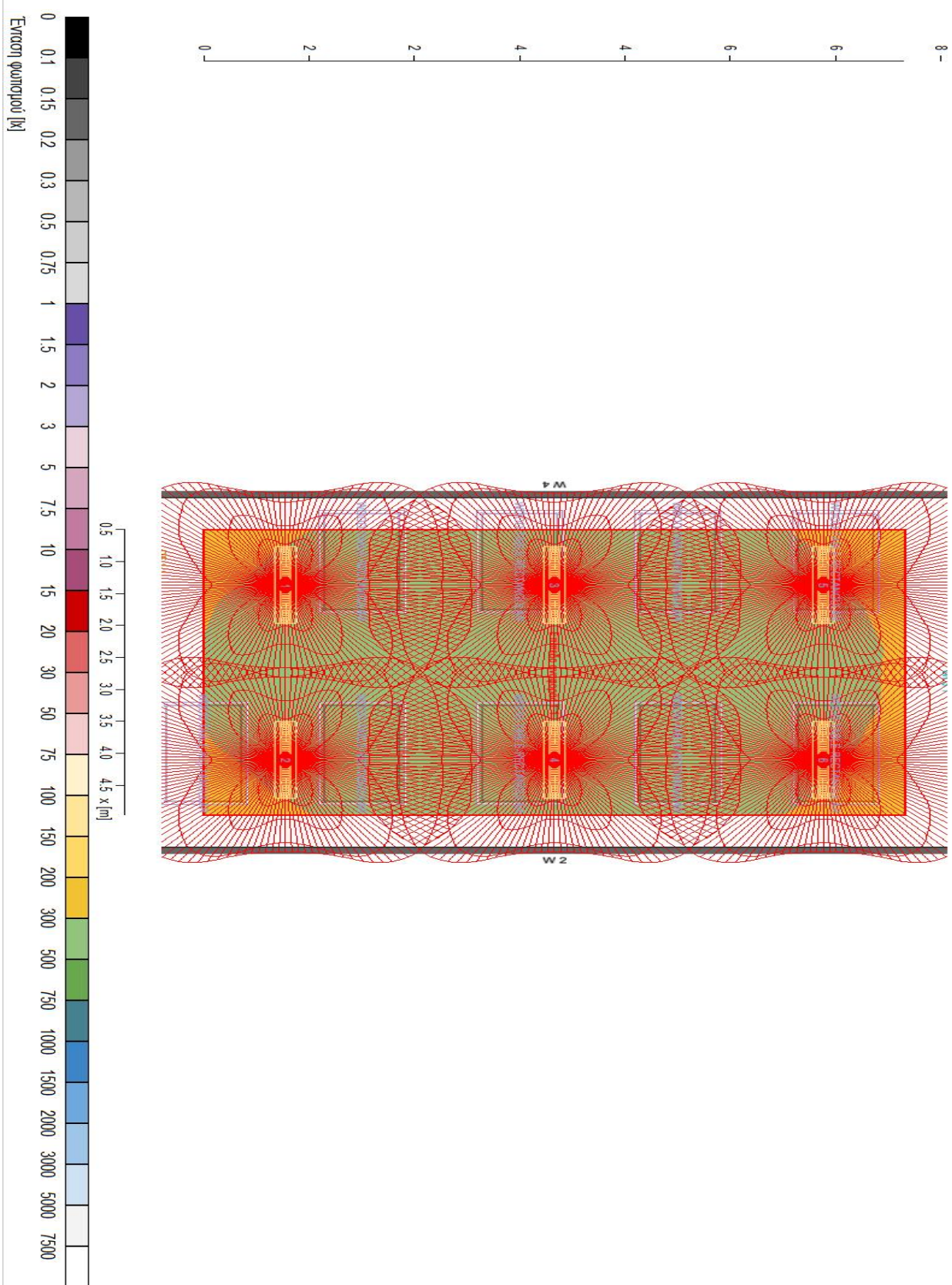


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 385 lx
 E_{min} : 265 lx
 E_{max} : 470 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.45 (0.69)



Σχήμα 4.52. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π203.

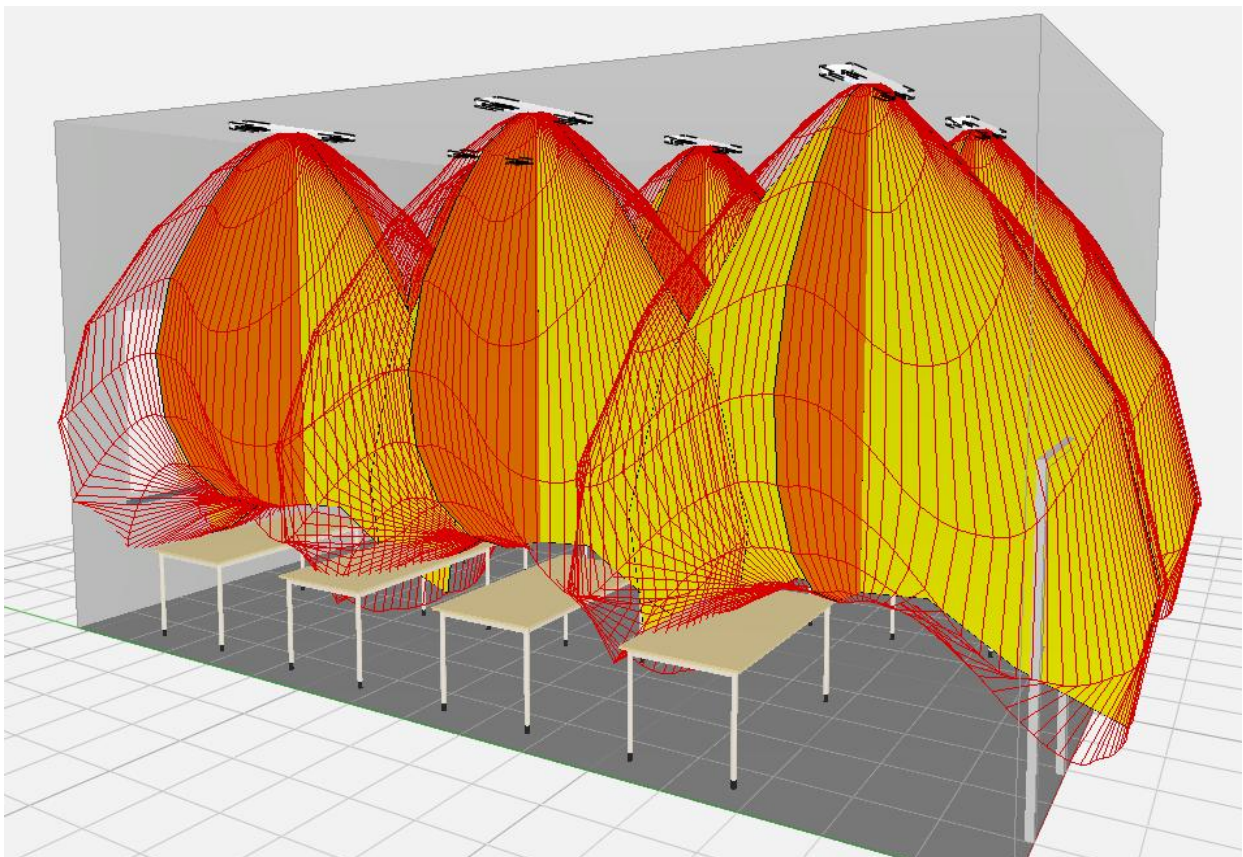


Σχήμα 4.53. Αποτύπωση της αίθουσας Π203 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

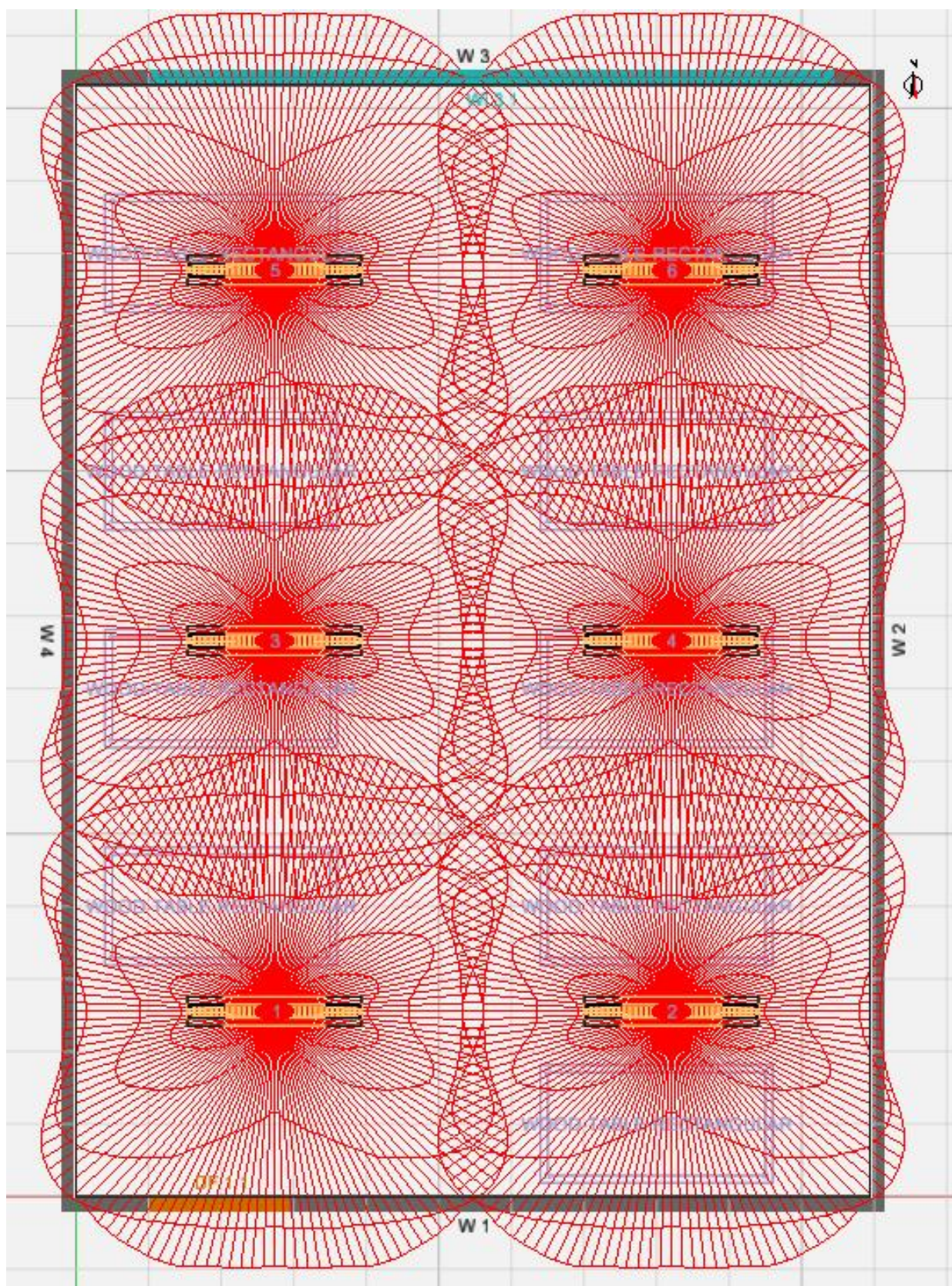
Π204 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.54. Αποτύπωση της αίθουσας Π204 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.55. Αποτύπωση της αίθουσας Π204 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.56. Κάτοψη της αίθουσας Π204 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
4.33 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (41.90 m²)

29358 lm
25523 lm
182.9 W
4.37 W/m² (1.13 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m	Οριζόντιος	κυλινδρικός
E_{min}	385 lx	135 lx
$E_{min}/E_m (U_o)$	265 lx	97 lx
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.69	0.72
E_z/E_h	0.56	0.33
Θέση	0.75 m	1.20 m
$R_{UG} (1.7H \ 2.4H)$	≤ 17.6	
Φωτιστικό: (COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K, ACRESLED4 (4000K 30W))		

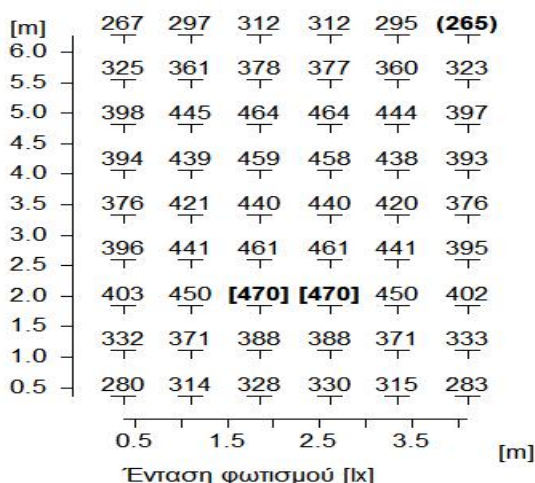
Μέγιστες επιφάνειες

Μέγιστες επιφάνειες	E_m	U_o
m 1.5 (Οροφή)	78 lx	0.91
m 1.1 (Τοίχος)	175 lx	0.56
m 1.2 (Τοίχος)	196 lx	0.47
m 1.3 (Τοίχος)	176 lx	0.57
m 1.4 (Τοίχος)	197 lx	0.48

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

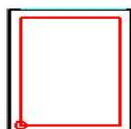
1	6 x	ANSELL	
		Αρ. Παραγγελίας	: ACRESLED4 (4000K 30W)
		Όνομα φωτιστικού	: COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 30.49 W / 4893 lm

Σχήμα 4.57. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π204.

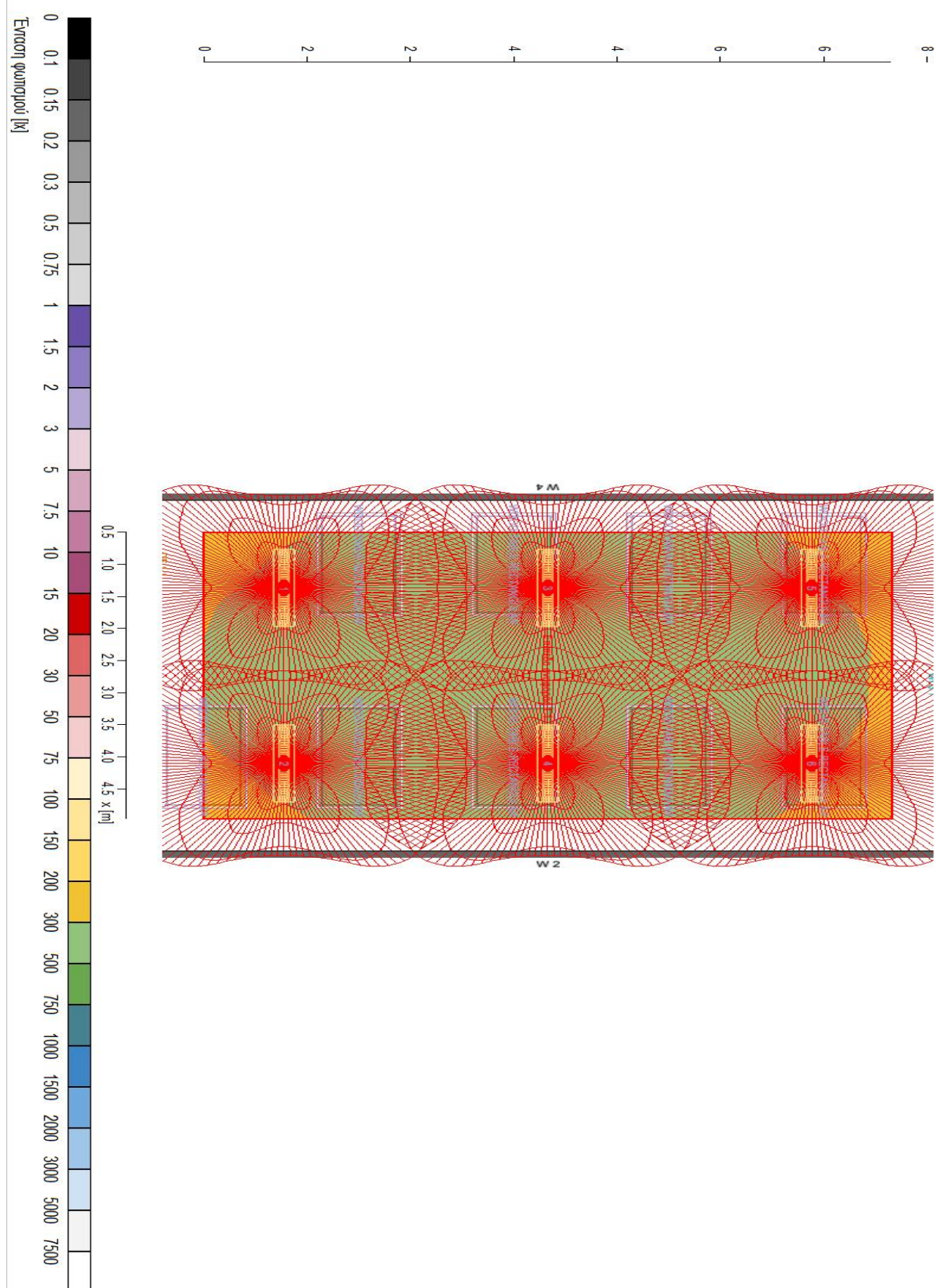


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 385 lx
 E_{min} : 265 lx
 E_{max} : 470 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.45 (0.69)

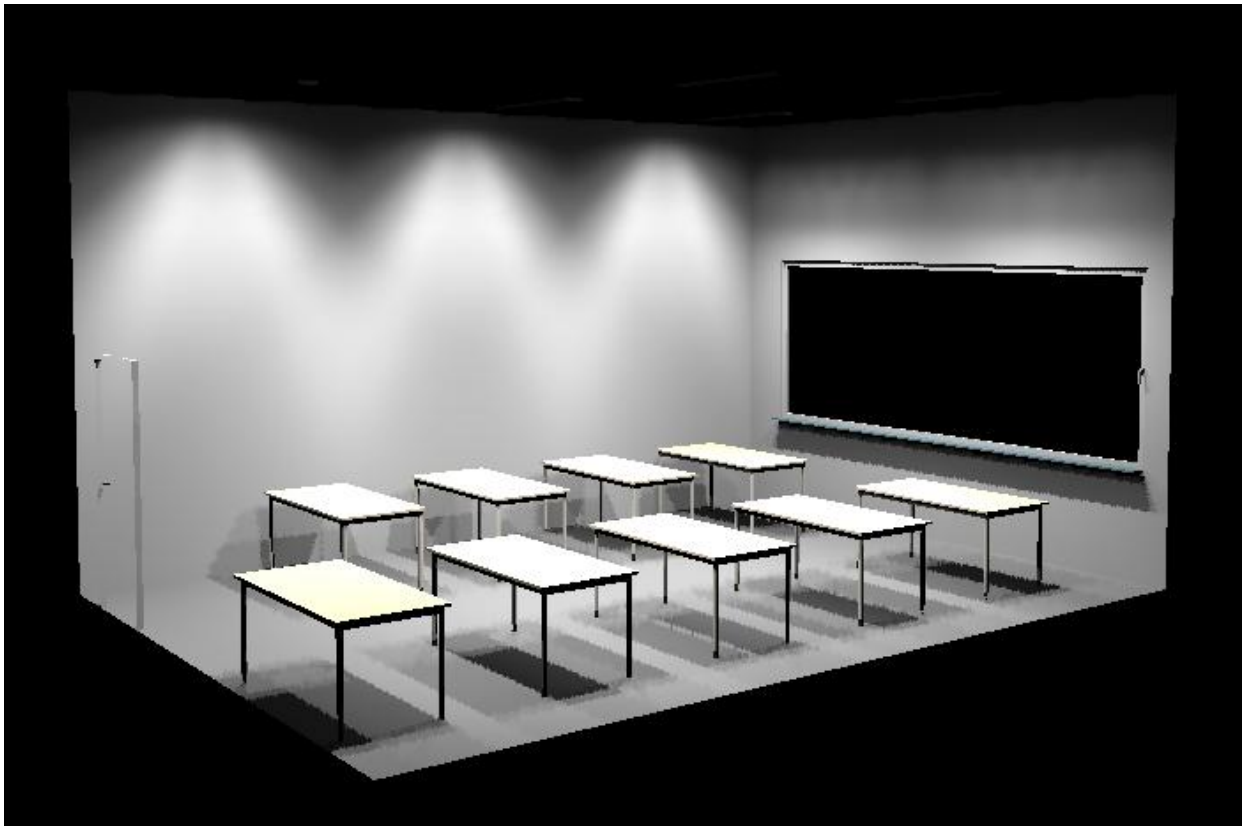


Σχήμα 4.58. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π204.

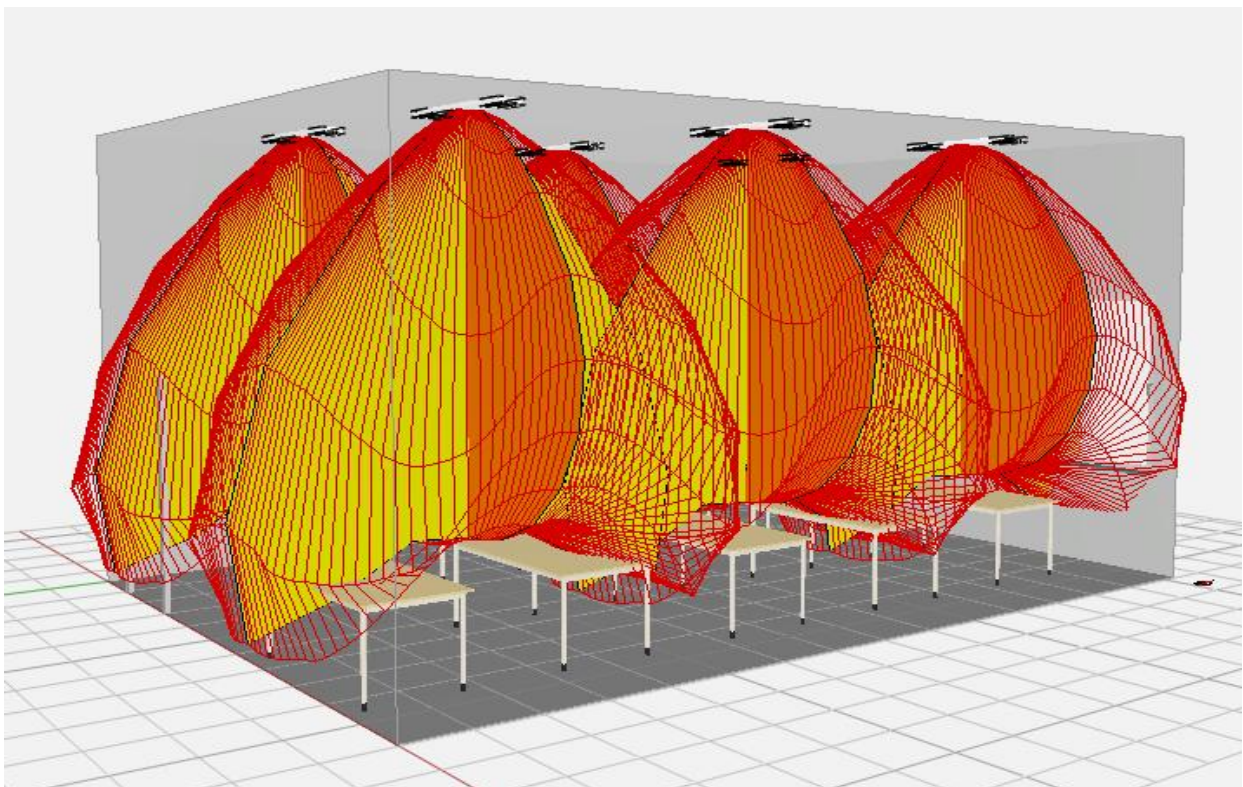


Σχήμα 4.59. Αποτύπωση της αίθουσας Γ204 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

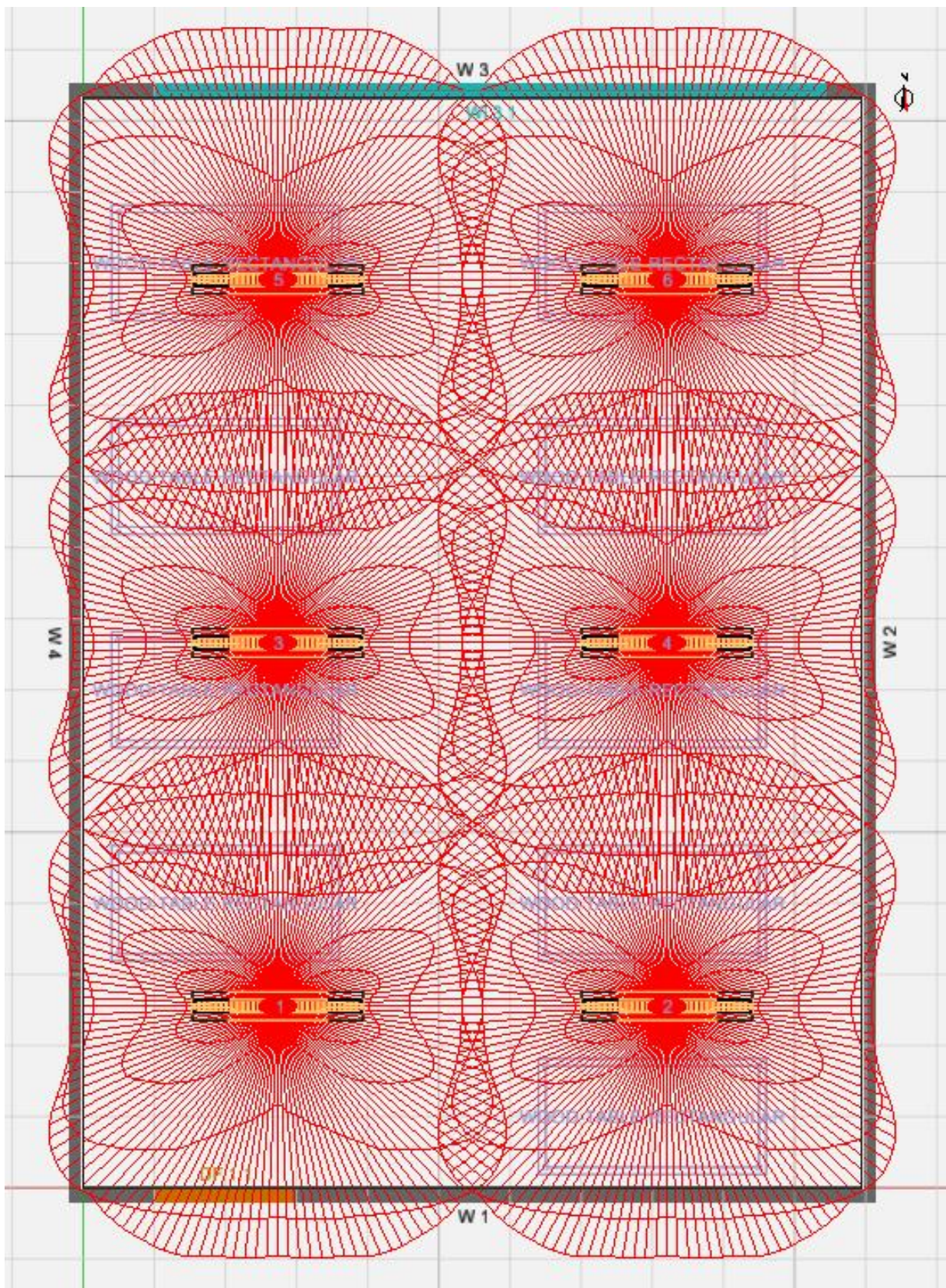
Π205 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.60. Αποτύπωση της αίθουσας Π205 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.61. Αποτύπωση της αίθουσας Π205 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.62. Κάτοψη της αίθουσας Π205 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
4.33 m
0.80

Total lamp luminous flux

29358 lm

Luminaire luminous flux

25523 lm

Συνολική ισχύς

182.9 W

Συνολική ισχύς ανά περιοχή (41.90 m²)

4.37 W/m² (1.13 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m

Οριζόντιος

κυλινδρικός

E_{min}

385 lx

135 lx

$E_{min}/E_m (U_o)$

265 lx

97 lx

$E_{min}/E_{max} (U_d)$

0.69

0.72

E_z/E_h

0.56

0.33

Θέση

0.75 m

1.20 m

$R_{UG} (1.7H \ 2.4H)$

≤ 17.6

Φωτιστικό:

(COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K, ACRESLED4 (4000K 30W))

Μέγιστες επιφάνειες

E_m

U_o

m 1.5 (Οροφή)

78 lx

0.91

m 1.1 (Τοίχος)

175 lx

0.56

m 1.2 (Τοίχος)

196 lx

0.47

m 1.3 (Τοίχος)

176 lx

0.57

m 1.4 (Τοίχος)

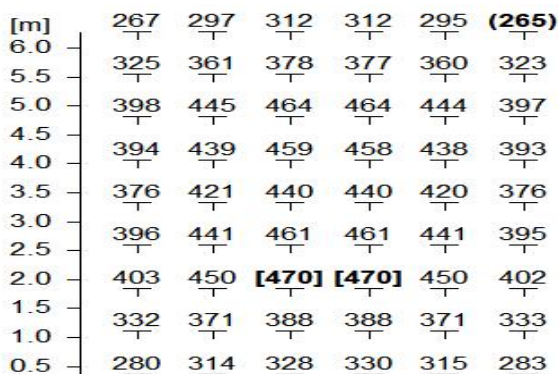
197 lx

0.48

Τύπος Αριθ. \Κατασκ.

1	6 x	ANSELL	
		Αρ. Παραγγελίας	: ACRESLED4 (4000K 30W)
		Όνομα φωτιστικού	: COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 30.49 W / 4893 lm

Σχήμα 4.63. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π205.



Ένταση φωτισμού [lx]

[m]

Ύψος επιπέδου αναφοράς

Μέση ένταση φωτισμού

Ελάχιστη ένταση φωτισμού

Μέγιστη ένταση φωτισμού

Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m

E_m : 385 lx

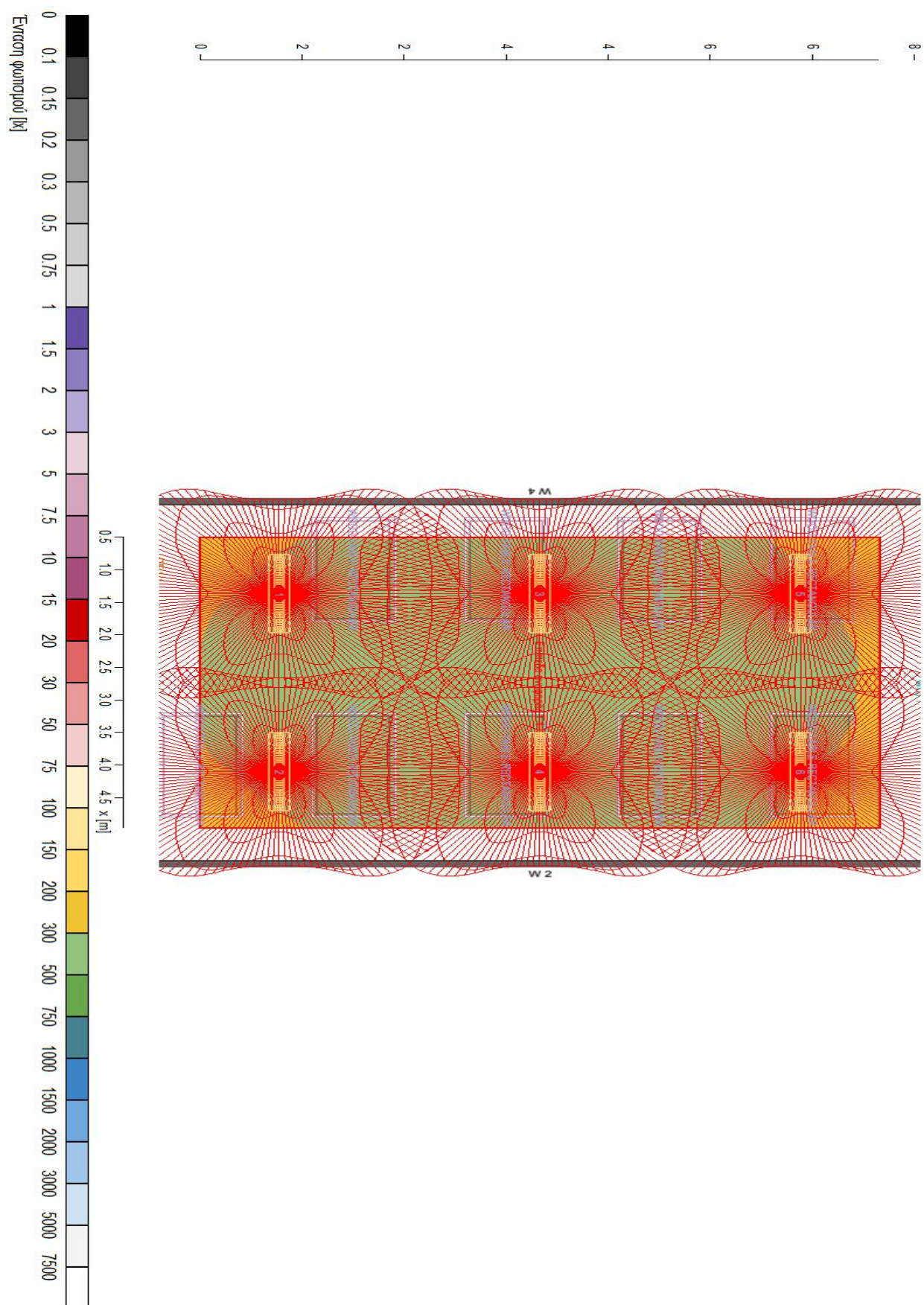
E_{min} : 265 lx

E_{max} : 470 lx

E_{min}/E_m : 1 : 1.45 (0.69)



Σχήμα 4.64. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π205.

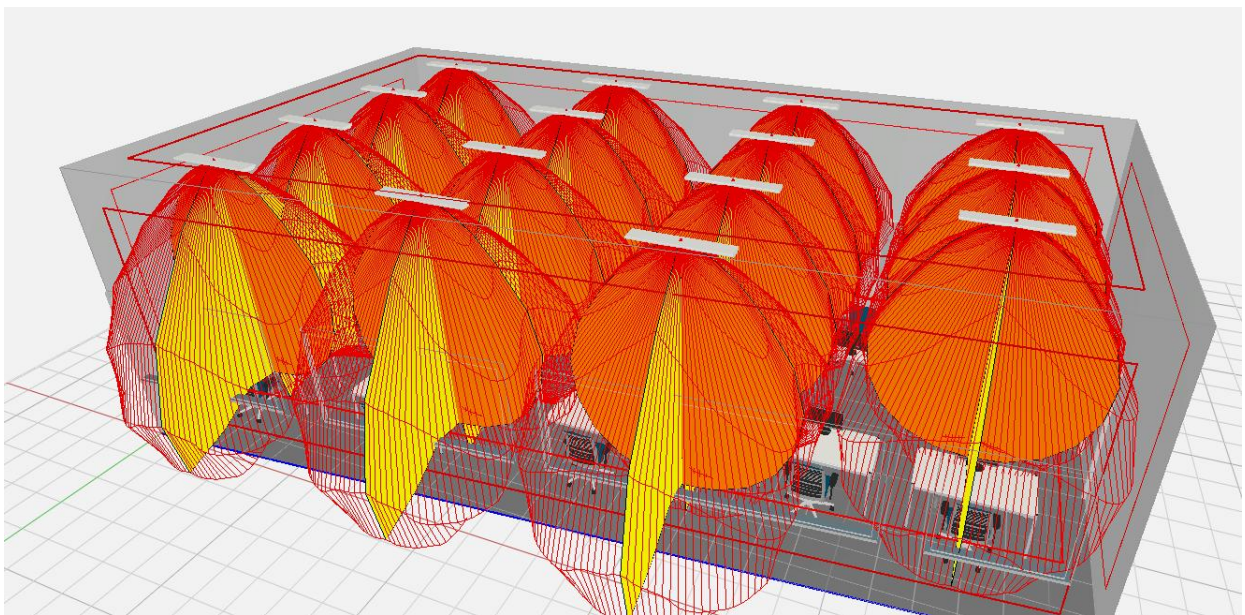


Σχήμα 4.65. Αποτύπωση της αίθουσας Π205 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

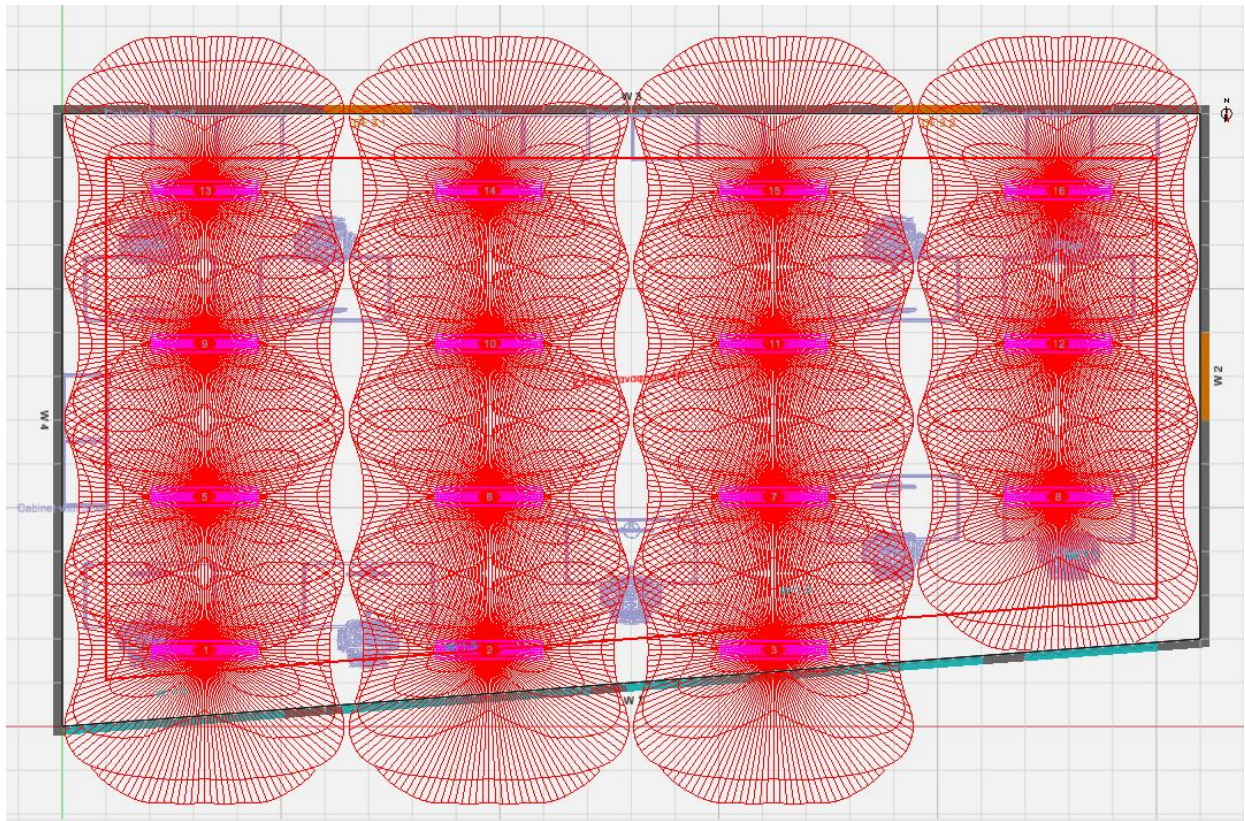
Π206 (Γραφείο Καθηγητών Ε.Κ.)



Σχήμα 4.66. Αποτύπωση της αίθουσας Π206 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.67. Αποτύπωση της αίθουσας Π206 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.68. Κάτοψη της αίθουσας Π206 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
4.30 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (84.50 m²)

73395 lm
63808 lm
457.3 W
5.41 W/m² (1.06 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h

Οριζόντιος
511 lx
299 lx
0.59
0.47

κυλινδρικός
182 lx
112 lx
0.61
0.34
1.20 m

Θέση
RUG (2.3H 4.2H)

0.75 m
<=17.9

Φωτιστικό:
(COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K, ACRESLED4 (4000K 30W))

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

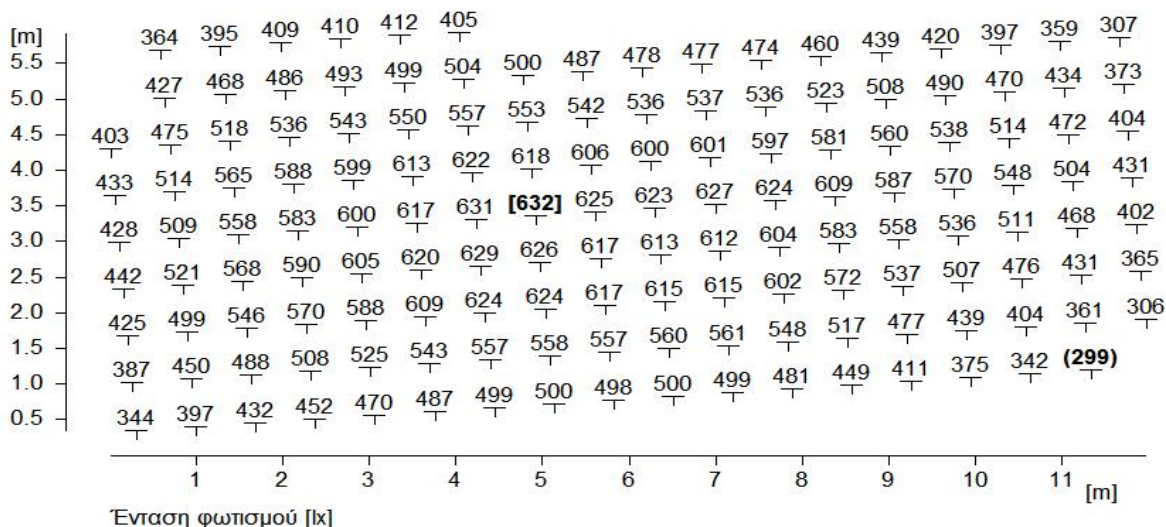
E_m
96 lx
217 lx
214 lx
220 lx
233 lx

U_o
0.72
0.33
0.46
0.48
0.60

Τύπος Αριθ. Κατασκ.

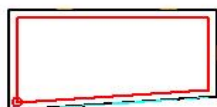
1	15 x	ANSELL	
		Αρ. Παραγγελίας	: ACRESLED4 (4000K 30W)
		Όνομα φωτιστικού	: COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 30.49 W / 4893 lm

Σχήμα 4.69. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π206.

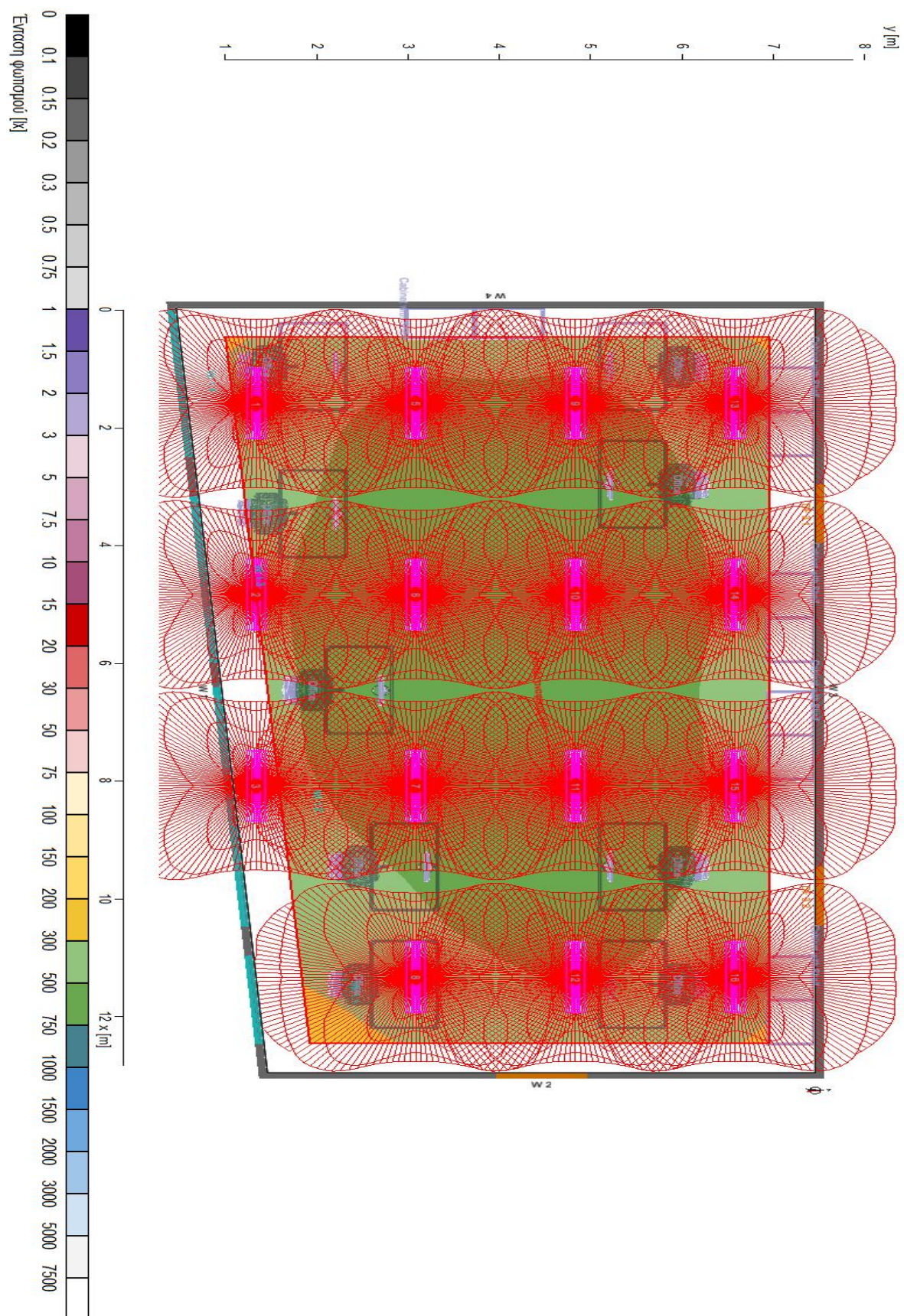


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 511 lx
 E_{min} : 299 lx
 E_{max} : 632 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.71 (0.59)



Σχήμα 4.70.. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π206.

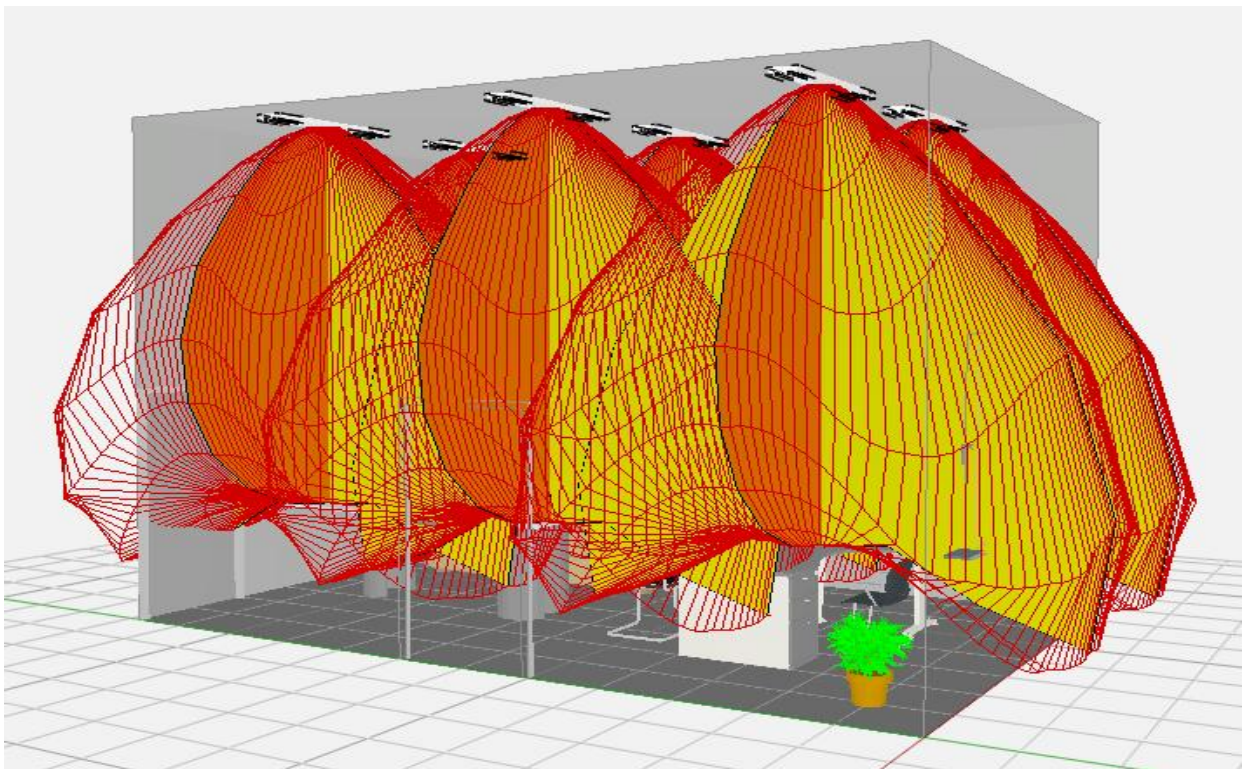


Σχήμα 4.71. Αποτύπωση της αίθουσας Π206 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

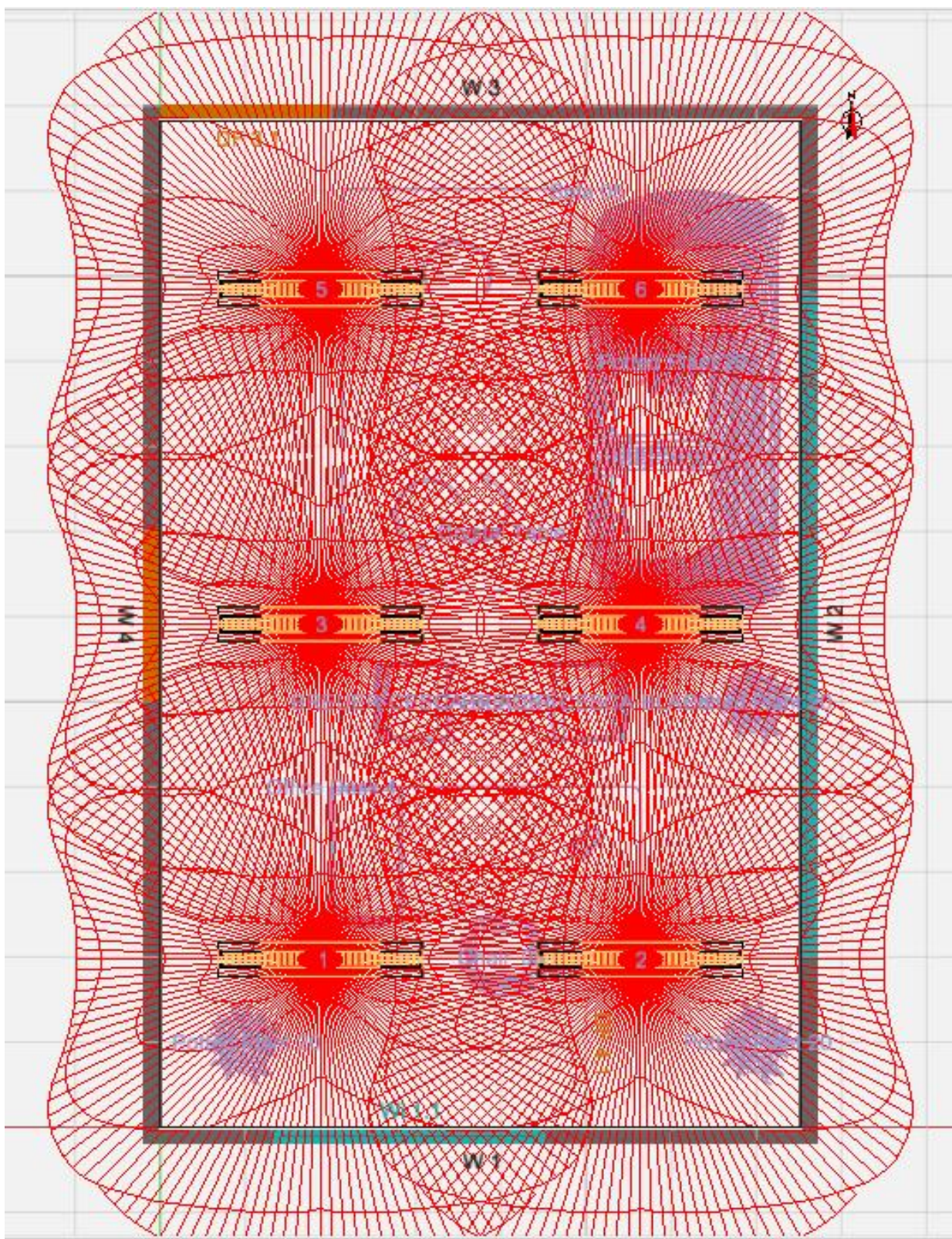
Π206.1 (Γραφείο Διευθυντή Ε.Κ.)



Σχήμα 4.72. Αποτύπωση της αίθουσας Π206.1 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.73. Αποτύπωση της αίθουσας Π206.1 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.74. Κάτοψη της αίθουσας Π206.1 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
4.30 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (22.22 m²)

29358 lm
25523 lm
182.9 W
8.23 W/m² (1.51 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση
 $R_{UG} (1.2H \ 1.9H)$

Οριζόντιος
546 lx
418 lx
0.77
0.65
0.31
0.75 m
10.0

κυλινδρικός
187 lx
147 lx
0.78
0.31
1.20 m

Φωτιστικό:

(COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K, ACRESLED4 (4000K 30W))

Hints:

- Encountered room dimensions less than 2H. RUG value has been set to 10 as lower limit.

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

E_m
123 lx
272 lx
324 lx
274 lx
313 lx

U_o
0.92
0.61
0.55
0.62
0.55

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

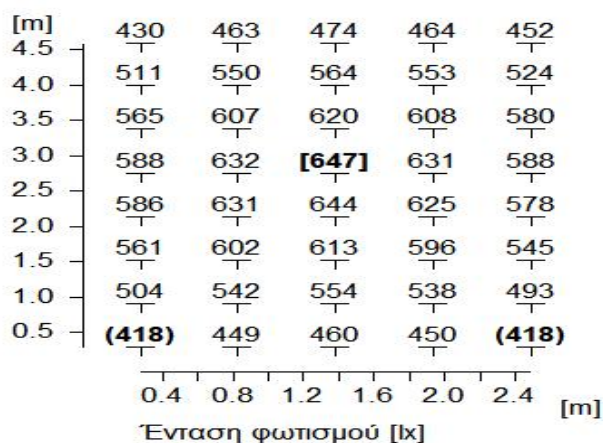
1 6 x


ANSELL

Αρ. Παραγγελίας
Όνομα φωτιστικού
Εξοπλισμός

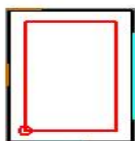
: ACRESLED4 (4000K 30W)
: COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K
: 1 x LED 30.49 W / 4893 lm

Σχήμα 4.75. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π206.1



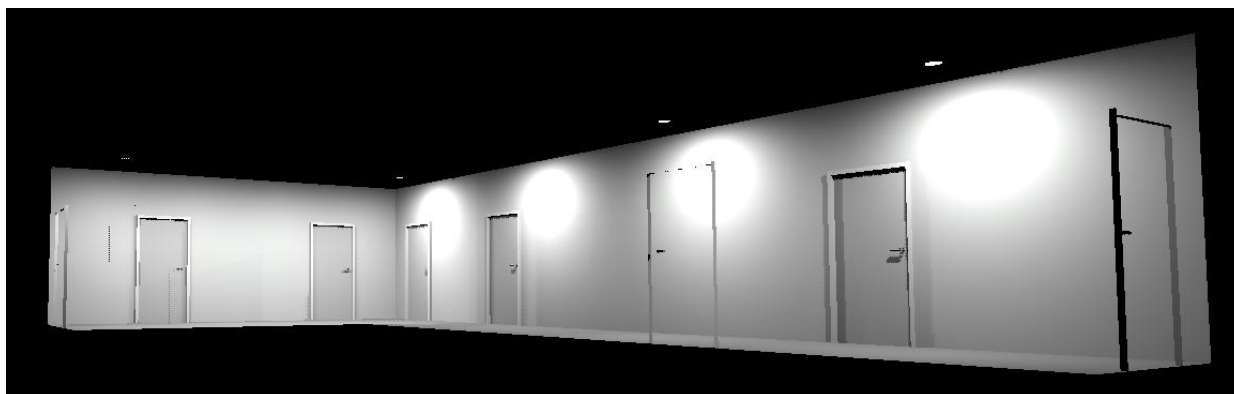
Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 546 lx
 E_{min} : 418 lx
 E_{max} : 647 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.31 (0.77)

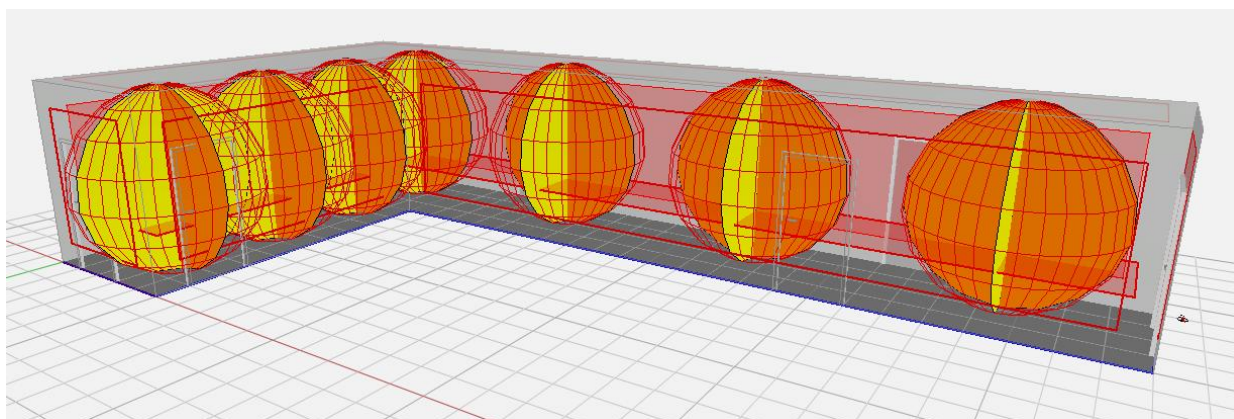


Σχήμα 4.76. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π206.1.

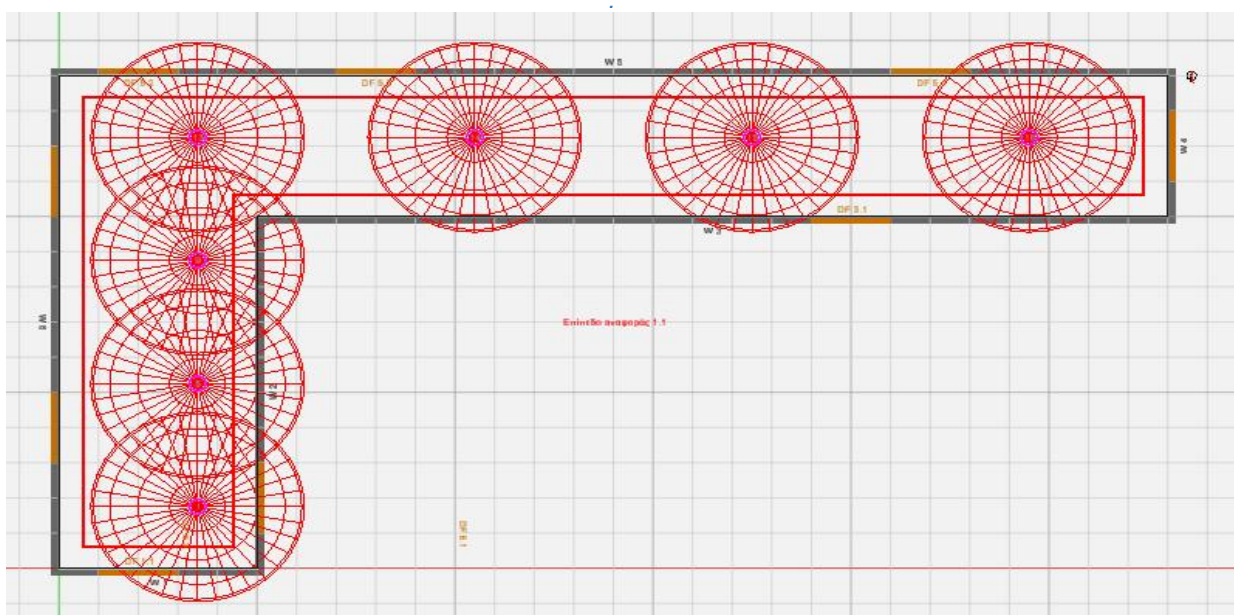
ΠΔ21 (Διάδρομος Α' Ορόφου)



Σχήμα 4.78. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ21 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.79. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ21 σε απεικόνιση 3D



Σχήμα 4.80. Κάτοψη του διαδρόμου ΠΔ21 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
 Ύψος επιπέδου φωτιστικού
 Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
 2.80 m
 0.80

Total lamp luminous flux

8750 lm

Luminaire luminous flux

8739 lm

Συνολική ισχύς

84.0 W

Συνολική ισχύς ανά περιοχή (40.50 m²)

2.07 W/m² (1.84 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1**Επίπεδο αναφοράς 1.1**

$\bar{E}_m$
 E_{min}
 $E_{min}/\bar{E}_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
 Θέση
 $R_{UG} (--- ---)$

Οριζόντιος
 113 lx
 55 lx
 0.49
 0.31
 0.75 m

κυλινδρικός
 50 lx
 27 lx
 0.53
 0.38
 1.20 m

Hints:

- Room dimensions deviate too much from a rectangular room.

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.7 (Οροφή)
 m 1.1 (Τοίχος)
 m 1.2 (Τοίχος)
 m 1.3 (Τοίχος)
 m 1.4 (Τοίχος)
 m 1.5 (Τοίχος)
 m 1.6 (Τοίχος)

$\bar{E}_m$
 28.4 lx
 94.1 lx
 111 lx
 56.9 lx
 45.1 lx
 65.9 lx
 79.4 lx

U_o
 0.60
 0.61
 0.48
 0.56
 0.77
 0.45
 0.72

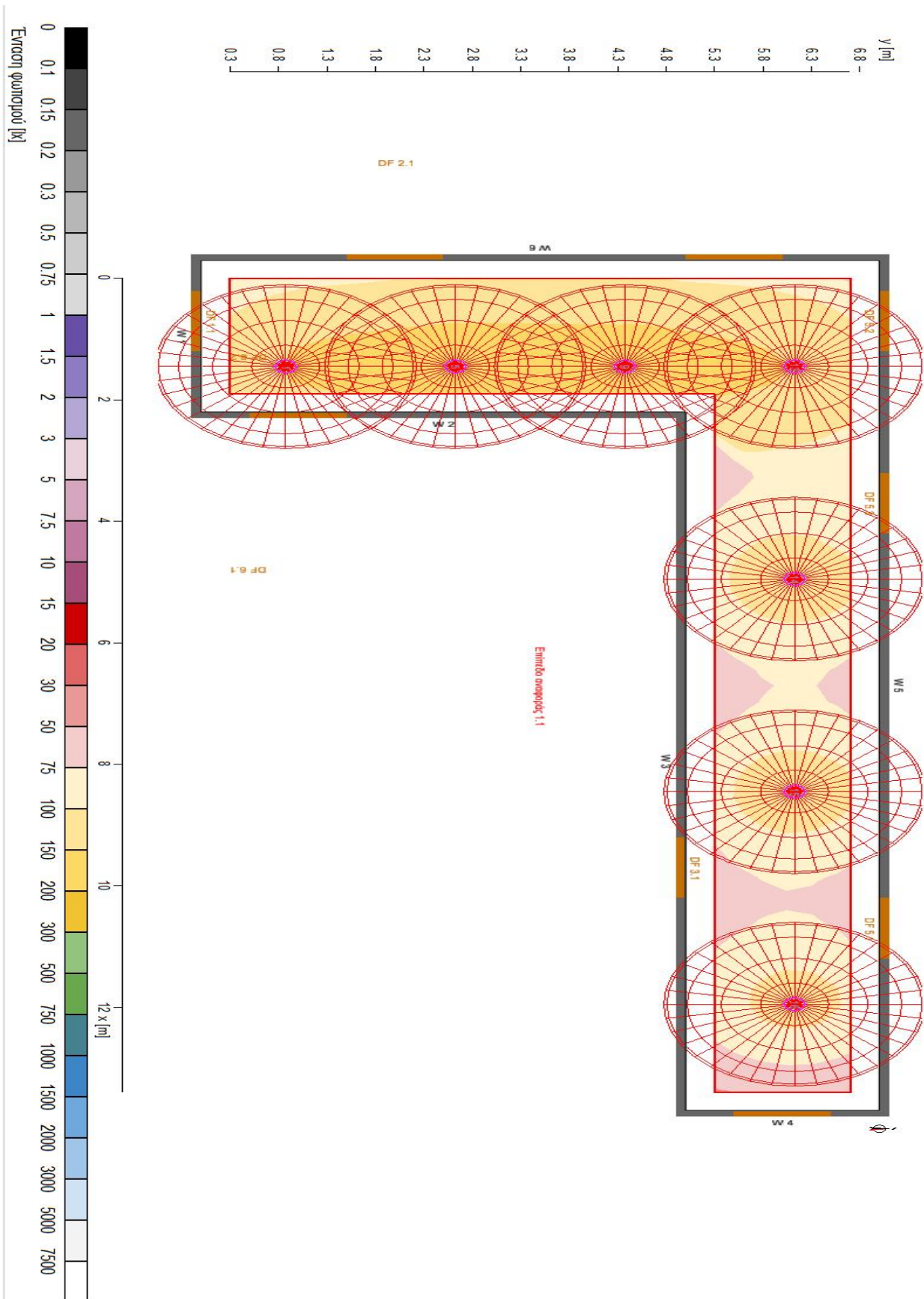
Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

2 7 x

Collingwood Lighting

Αρ. Παραγγελίας : CDL0218S/CCT - 3000K - CRI 80
 Όνομα φωτιστικού : CDL02
 Εξοπλισμός : 1 x LED 12 W / 1250 lm

Σχήμα 4.81. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης του διαδρόμου ΠΔ21.



Σχήμα 4.82. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ21 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

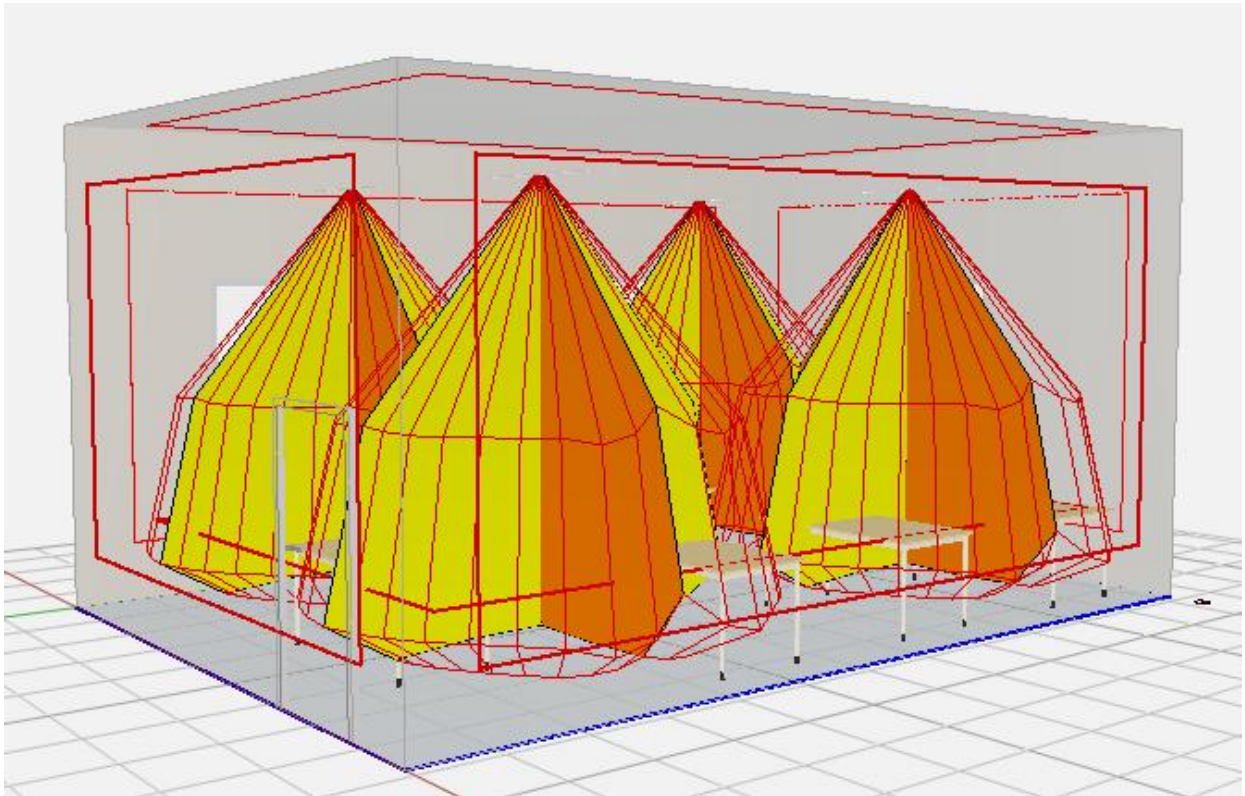
4.4. Μελέτη φωτισμού χώρων Β' Ορόφου

Στους χώρους του Β' Ορόφου στα Σχήματα 4.83, 4.89, 4.95, 4.101, 4.107 και 4.113 δίνεται η αποτύπωση των χώρων Π302, Π303, Π304, Π305, Π306 και ΠΔ31 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού και αντίστοιχα στα Σχήματα 4.84, 4.90, 4.96, 4.102, 4.108 και 4.114 φαίνεται η αποτύπωση των αντίστοιχων χώρων σε 3D. Ακόμη δίνονται οι κατόψεις των αντίστοιχων χώρων και η θέση των φωτιστικών σωμάτων όπως στα Σχήματα 4.85, 4.91, 4.97, 4.103, 4.104 και 4.115. Στα Σχήματα 4.86, 4.92, 4.98, 4.104, 4.110 και 4.116 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά αποτελέσματα με την ένταση φωτισμού, τον συντελεστή ομοιομορφίας καθώς και την συνολική κατανάλωση ενέργειας των φωτιστικών στους αντίστοιχους χώρους. Η κατανομή της έντασης φωτισμού στους αντίστοιχους χώρους φαίνεται στα Σχήματα 4.5, 4.87, 4.93, 4.99, 4.105, 4.111 και 4.118. Τέλος στα Σχήματα 4.88, 4.94, 4.100, 4.106, και 4.112 με την βοήθεια του προγράμματος αποτυπώνεται η ένταση φωτισμού στους αντίστοιχους χώρους με χρήση ψευδοχρωμάτων.

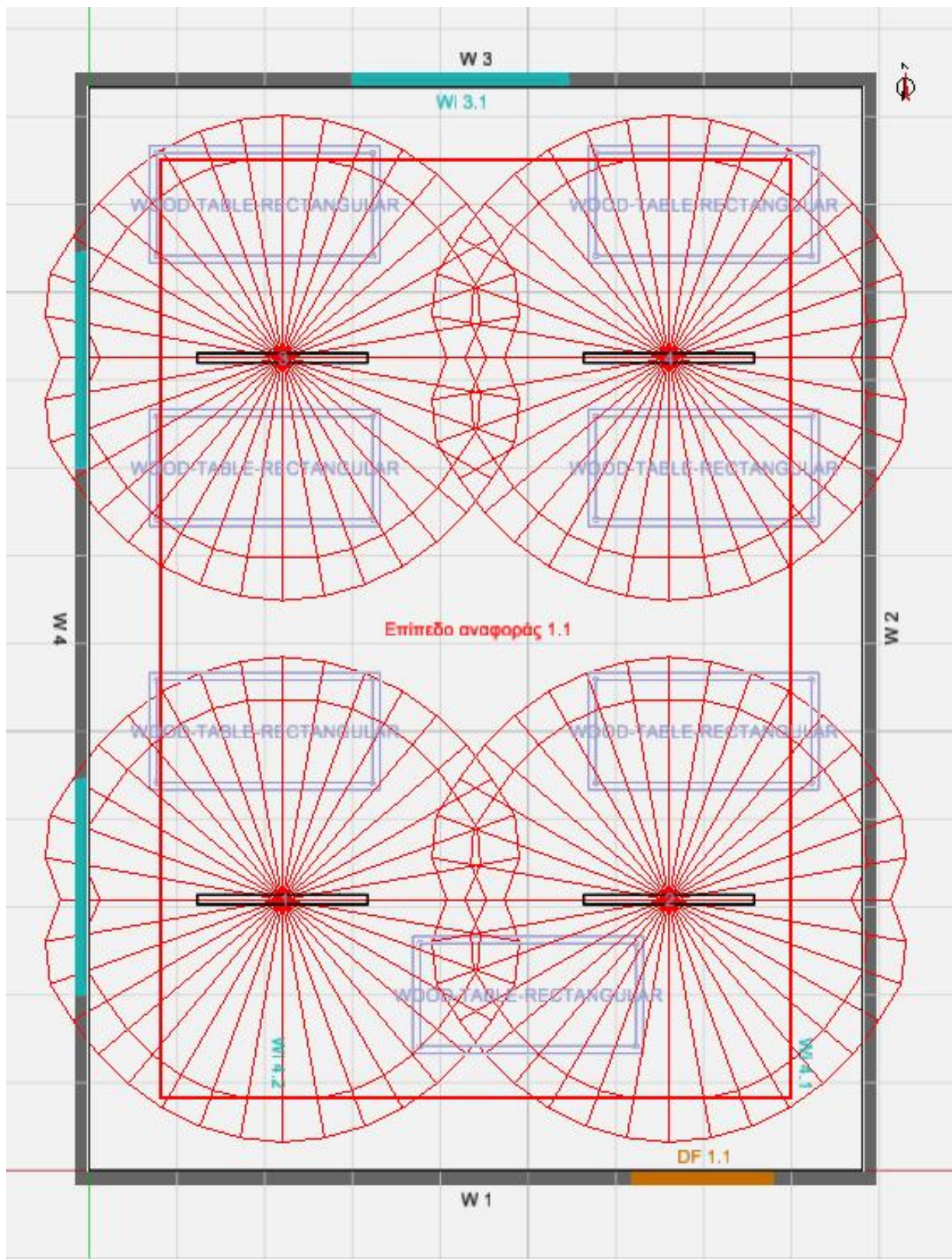
Π302 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.83. Αποτύπωση της αίθουσας Π302 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.84. Αποτύπωση της αίθουσας Π302 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.85. Κάτοψη της αίθουσας Π302 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.46 m
0.80

Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (40.36 m²)

13400 lm
84.0 W
2.08 W/m² (0.69 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση
 $R_{UG} (2.4H \ 3.3H)$

Οριζόντιος
304 lx
244 lx
0.80
0.64
0.75 m
<=17.8

κυλινδρικός
137 lx
106 lx
0.77
0.41
1.20 m

Φωτιστικό:
(TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840 WB WH DALI, 2005.5042)

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

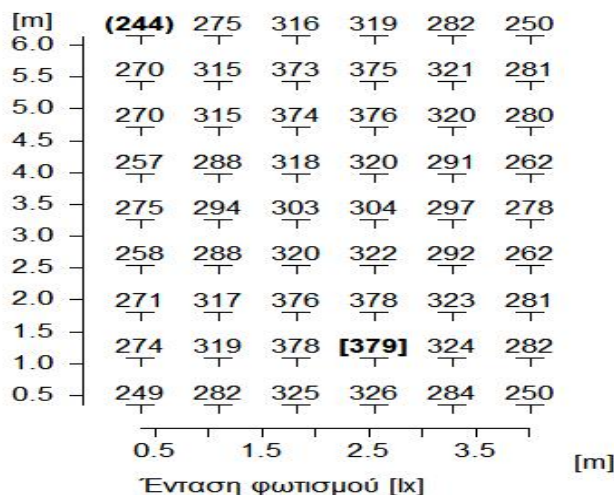
E_m
98 lx
119 lx
138 lx
115 lx
139 lx

U_o
0.78
0.62
0.49
0.62
0.48

Τύπος Αριθ. Κατασκ.

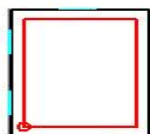
1	4 x	Regent	
		Αρ. Παραγγελίας	: 2005.5042
		Όνομα φωτιστικού	: TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840 WB WH DALI
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 21 W / 3350 lm

Σχήμα 4.86. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π302

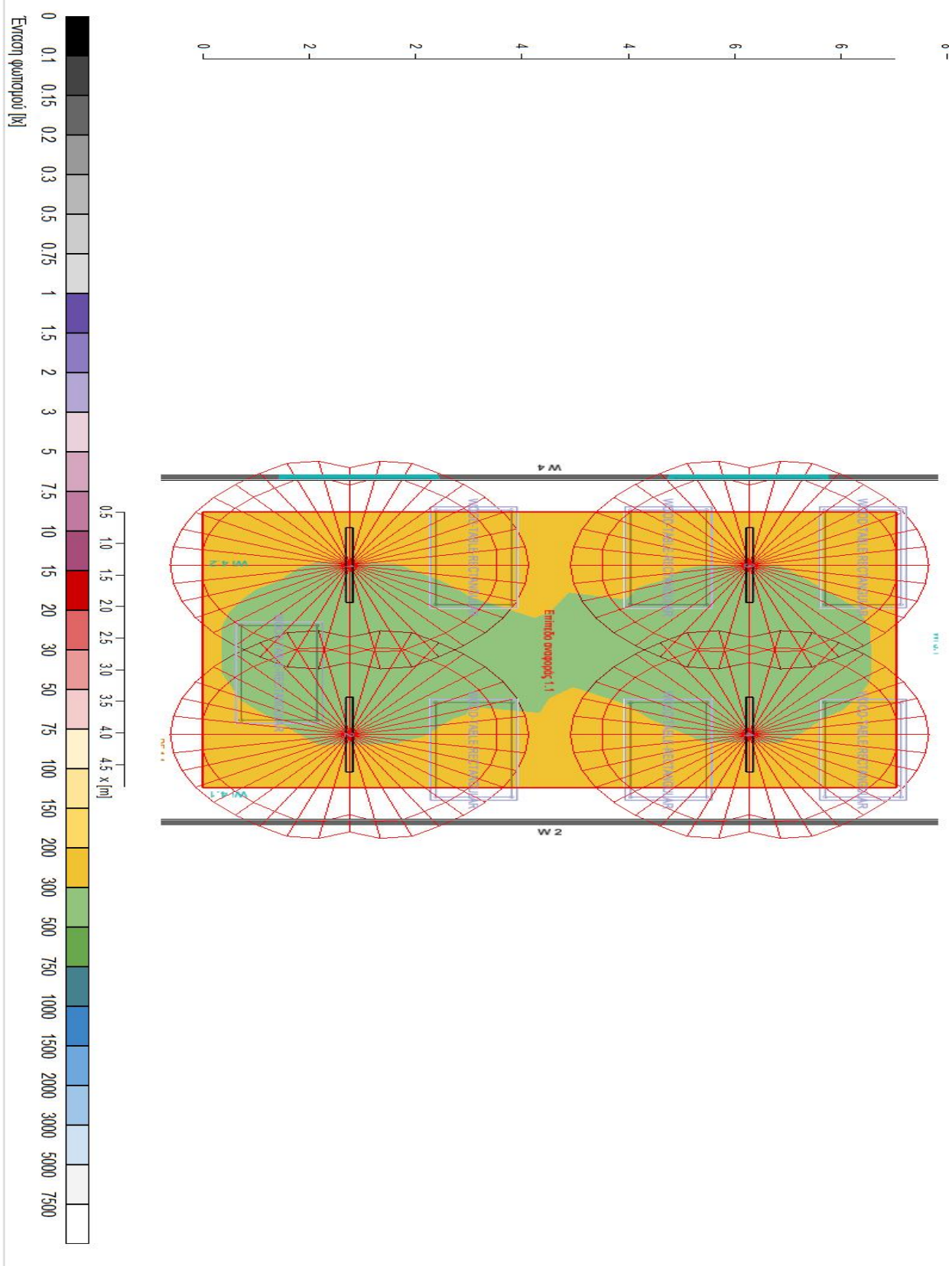


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 304 lx
 E_{min} : 244 lx
 E_{max} : 379 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.25 (0.80)



Σχήμα 4.87. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π302.

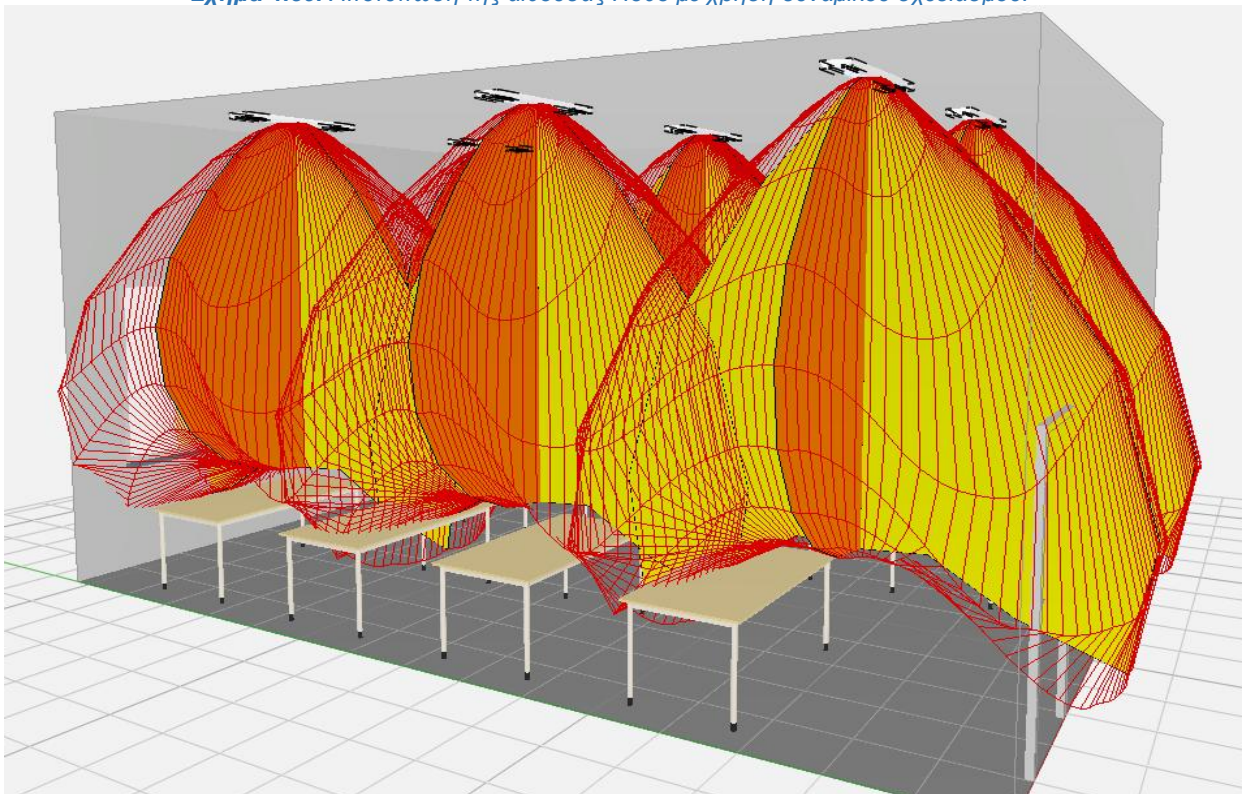


Σχήμα 4.88. Αποτύπωση του διαδρόμου Π302 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

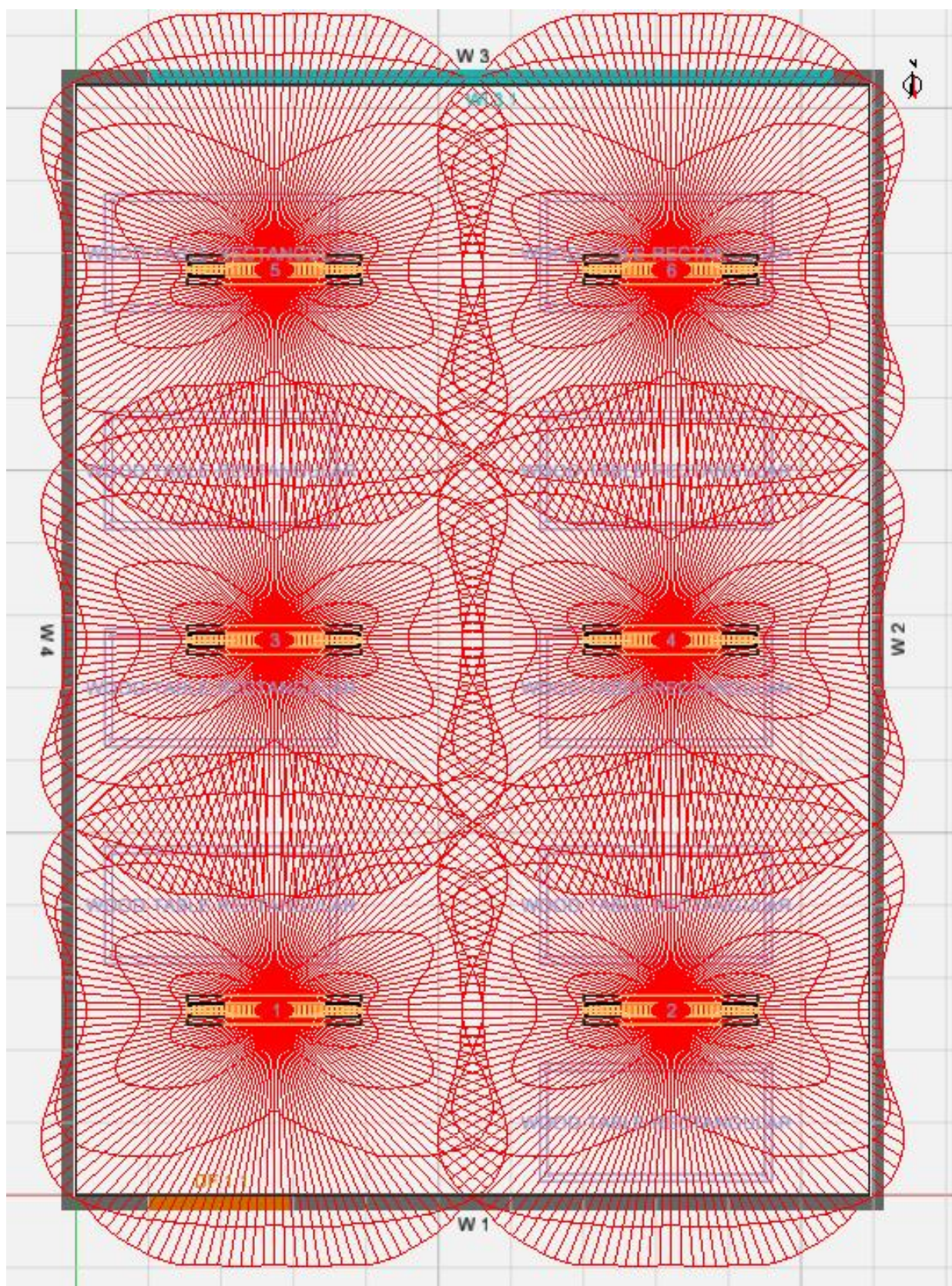
Π303 (Αίθουσα Διδασκαλίας)



Σχήμα 4.89. Αποτύπωση της αίθουσας Π303 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.90. Αποτύπωση της αίθουσας Π303 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.91. Κάτοψη της αίθουσας Π303 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
4.33 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (41.90 m²)

29358 lm
25523 lm
182.9 W
4.37 W/m² (1.13 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση
 $R_{UG} (1.7H \ 2.4H)$

Οριζόντιος
385 lx
265 lx
0.69
0.56
0.75 m
≤17.6

κυλινδρικός
135 lx
97 lx
0.72
0.33
1.20 m

Φωτιστικό:
(COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K, ACRESLED4 (4000K 30W))

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

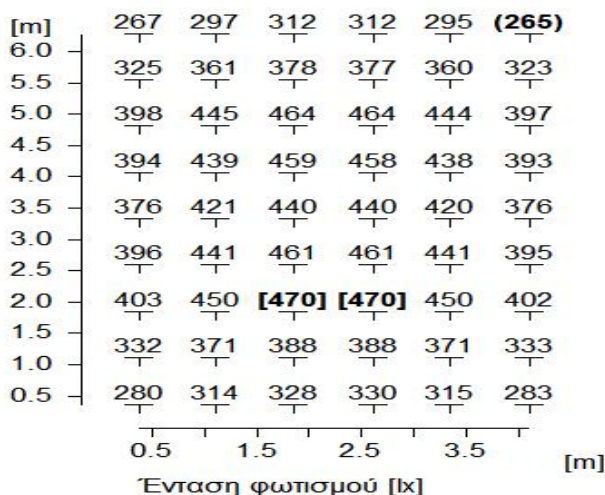
E_m
78 lx
175 lx
196 lx
176 lx
197 lx

U_o
0.91
0.56
0.47
0.57
0.48

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.

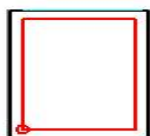
1	6 x	ANSELL	
		Αρ. Παραγγελίας	: ACRESLED4 (4000K 30W)
		Όνομα φωτιστικού	: COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 30.49 W / 4893 lm

Σχήμα 4.92. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π303

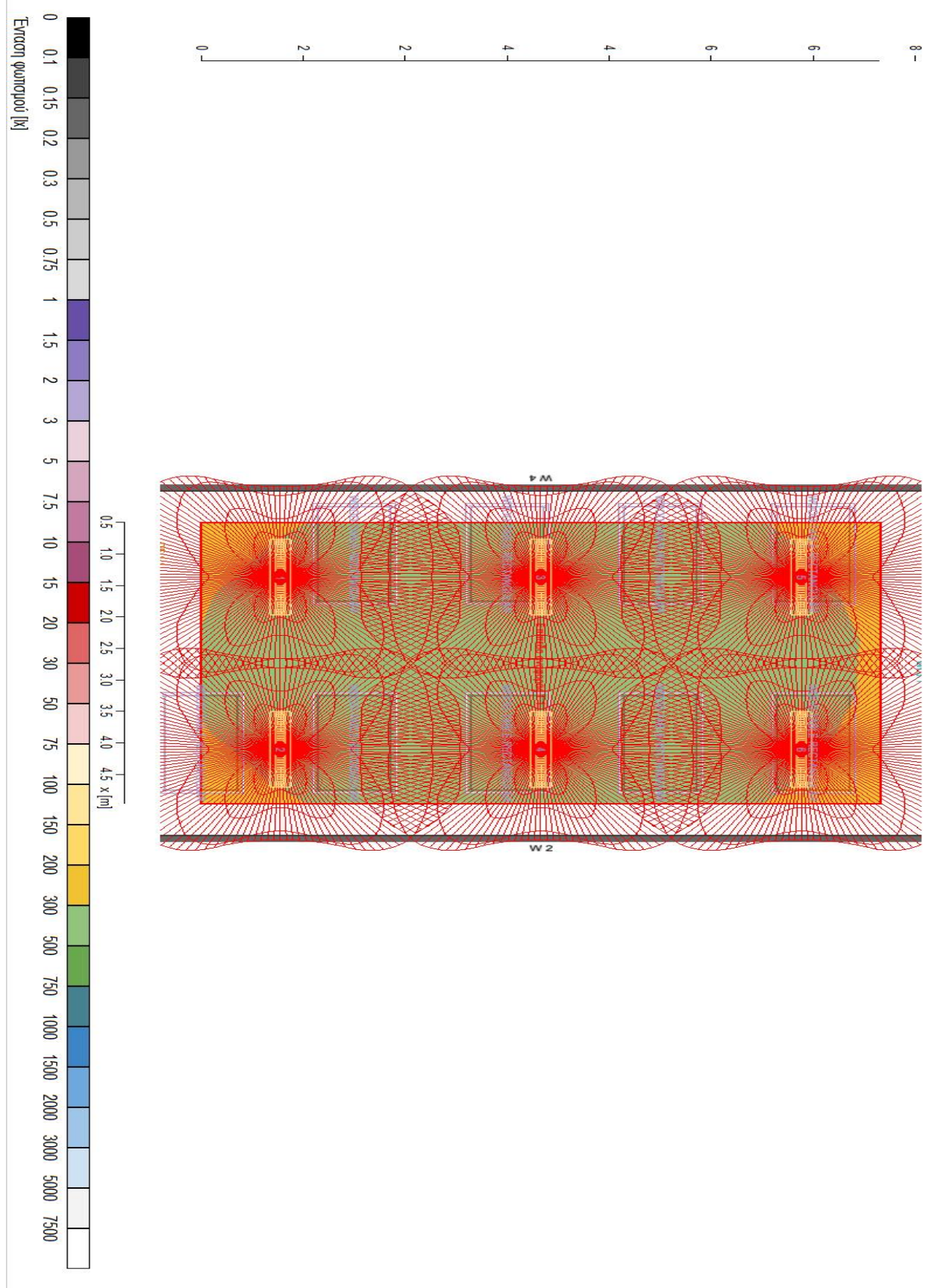


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 385 lx
 E_{min} : 265 lx
 E_{max} : 470 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.45 (0.69)

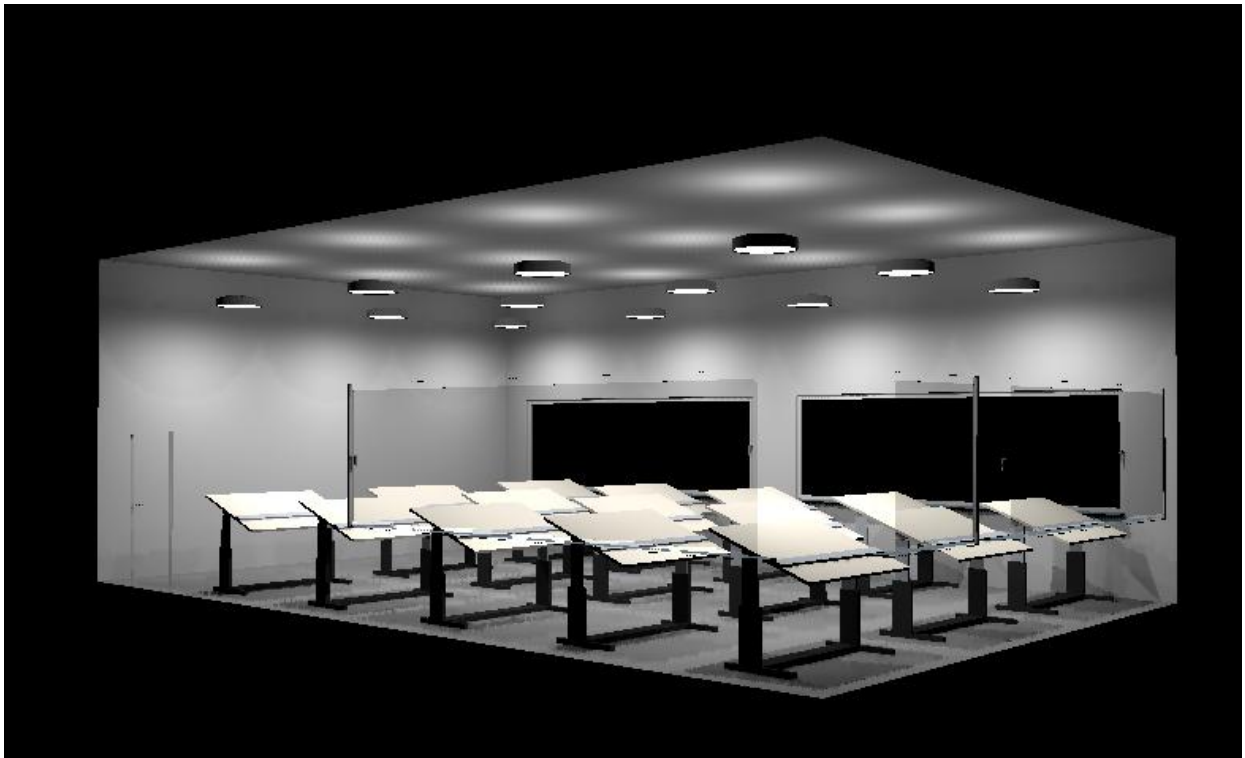


Σχήμα 4.93. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π303.

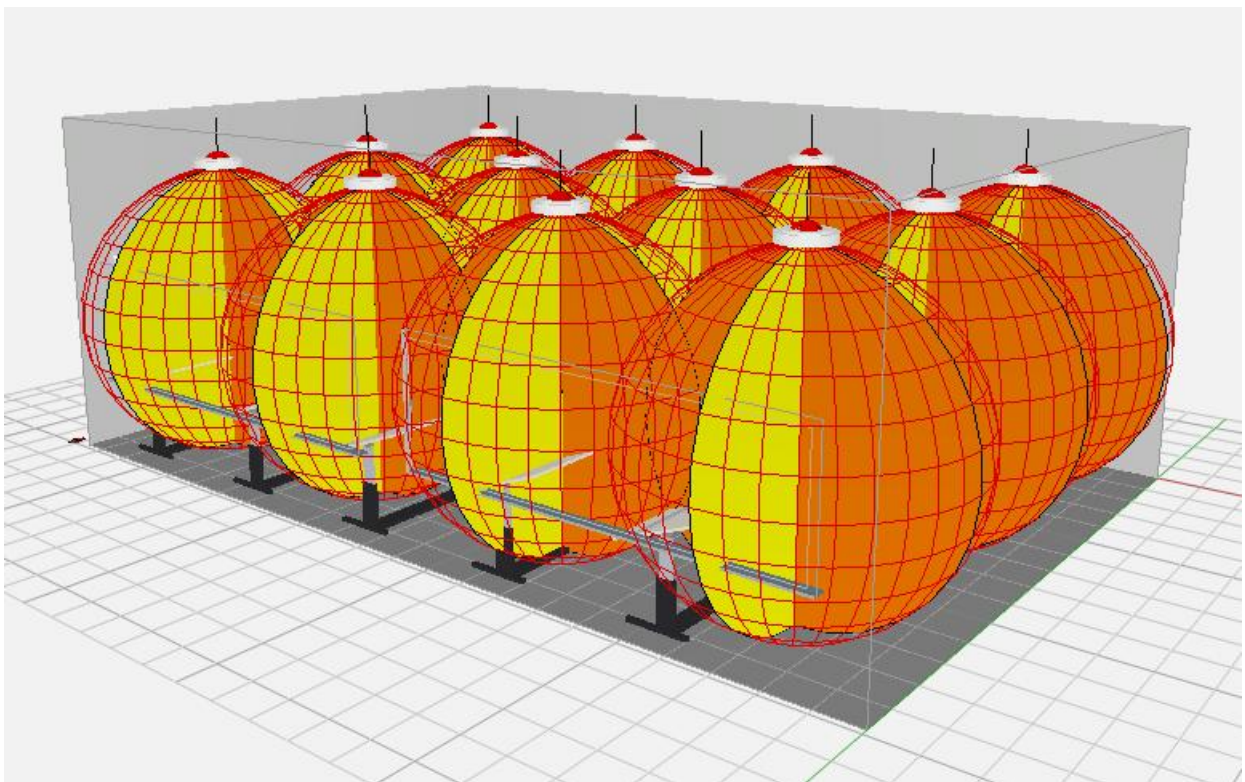


Σχήμα 4.94. Αποτύπωση του διαδρόμου Π303 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

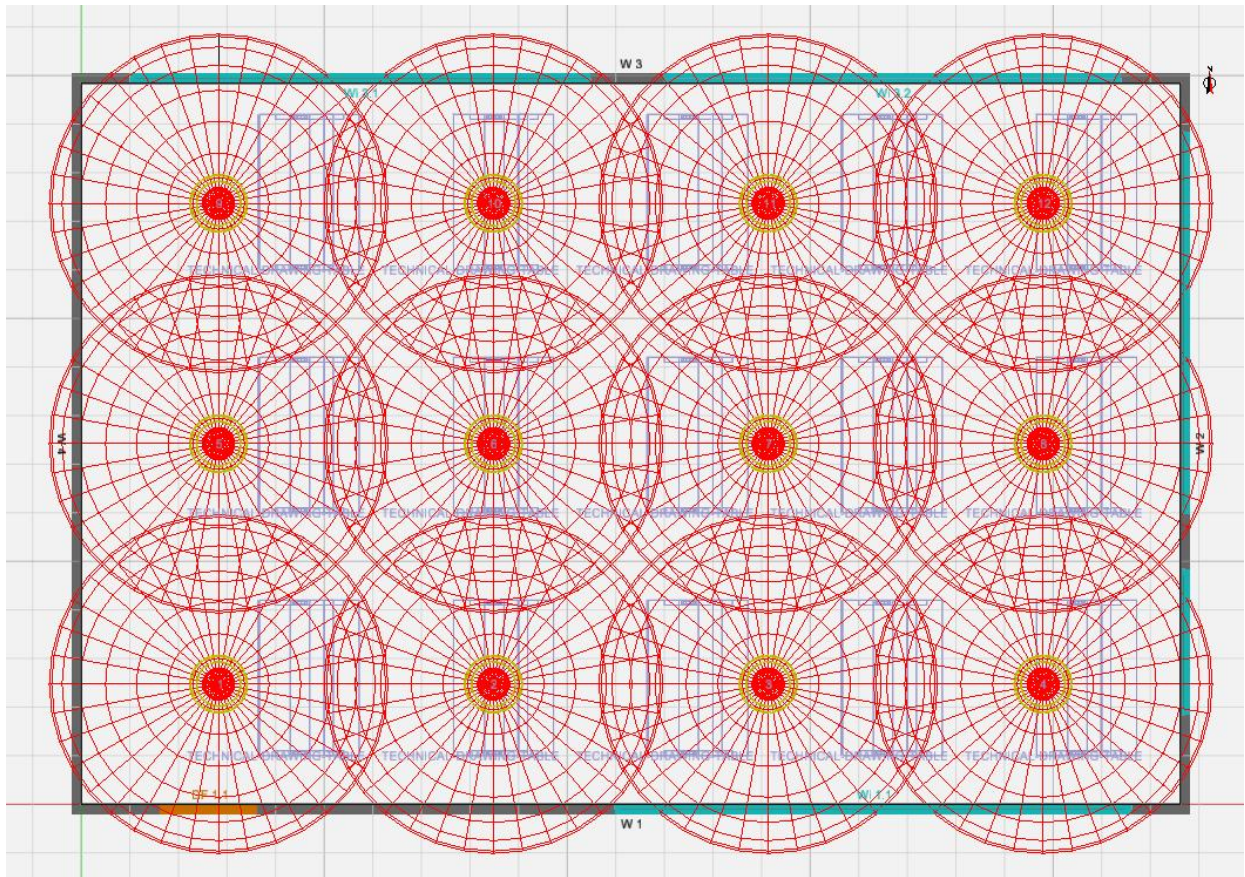
Π304 (Σχεδιαστήριο)



Σχήμα 4.95. Αποτύπωση της αίθουσας Π304 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.96. Αποτύπωση της αίθουσας Π304 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.97. Κάτοψη της αίθουσας Π304 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.76 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (83.92 m²)

127572 lm
80591 lm
1171.2 W
13.96 W/m² (2.32 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m	Οριζόντιος	κυλινδρικός
E_{min}	602 lx	250 lx
$E_{min}/E_m (U_o)$	462 lx	182 lx
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.77	0.73
E_z/E_h	0.66	
Θέση	0.39	
$R_{UG} (3.0H \ 4.6H)$	0.80 m	1.20 m
Φωτιστικό:	≤ 21.5	
(Targetti Sankey - THREESIXTY, Targetti Sankey - 1T6156DA - THREESIXTY)		

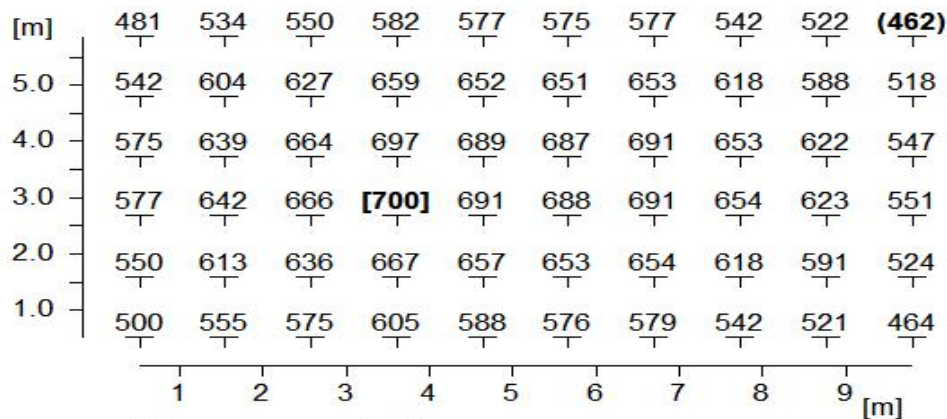
Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)	183 lx	0.76
m 1.1 (Τοίχος)	342 lx	0.50
m 1.2 (Τοίχος)	327 lx	0.65
m 1.3 (Τοίχος)	344 lx	0.50
m 1.4 (Τοίχος)	336 lx	0.66

Τύπος Αριθ. Κατασκ.

1	12 x	3F Filippi	
		Αρ. Παραγγελίας	: Targetti Sankey - 1T6156DA - THREESIXTY
		Όνομα φωτιστικού	: Targetti Sankey - THREESIXTY
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 97.6 W / 10631 lm

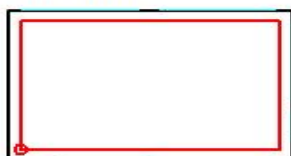
Σχήμα 4.98. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π304



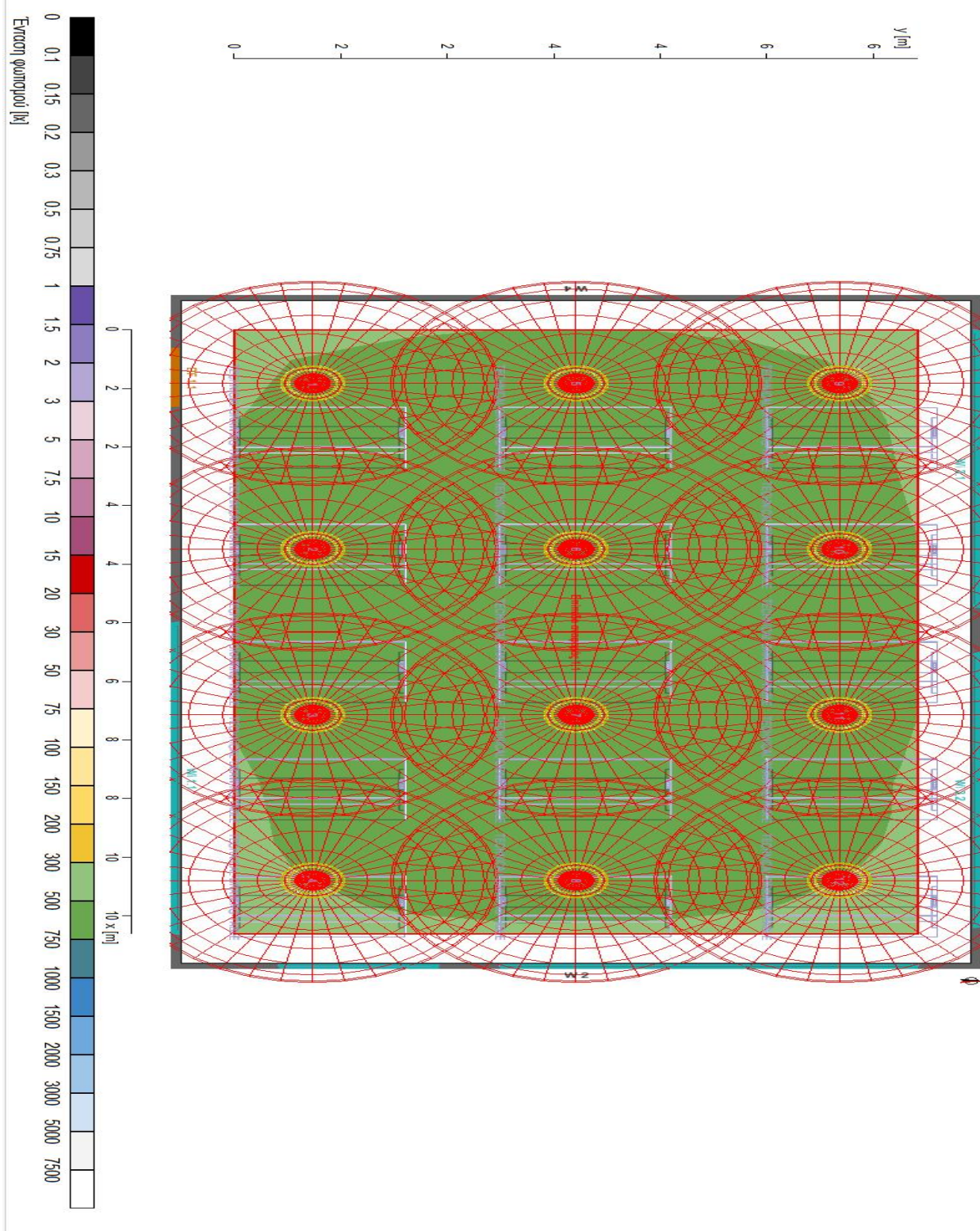
Ένταση φωτισμού [lx]

Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.80 m
 E_m : 602 lx
 E_{min} : 462 lx
 E_{max} : 700 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.30 (0.77)



Σχήμα 4.99. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π304.

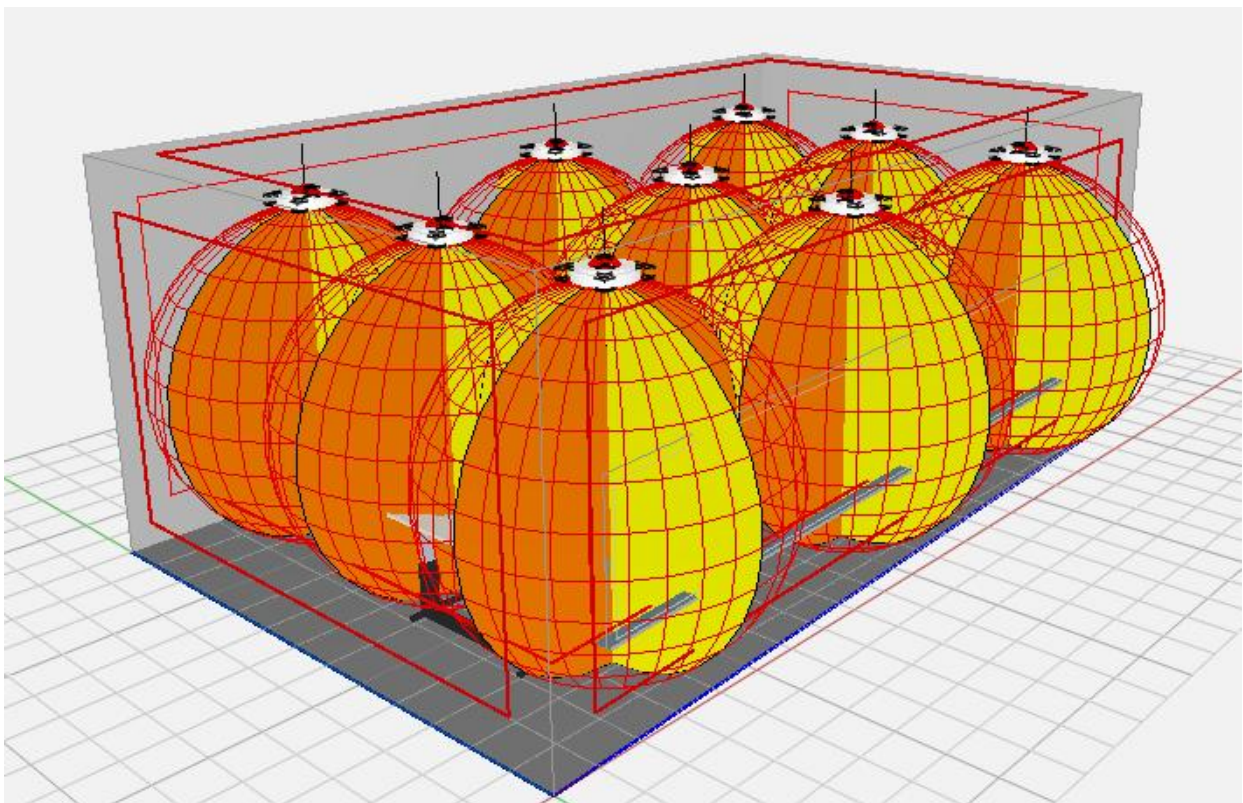


Σχήμα 4.100. Αποτύπωση του διαδρόμου Γ304 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

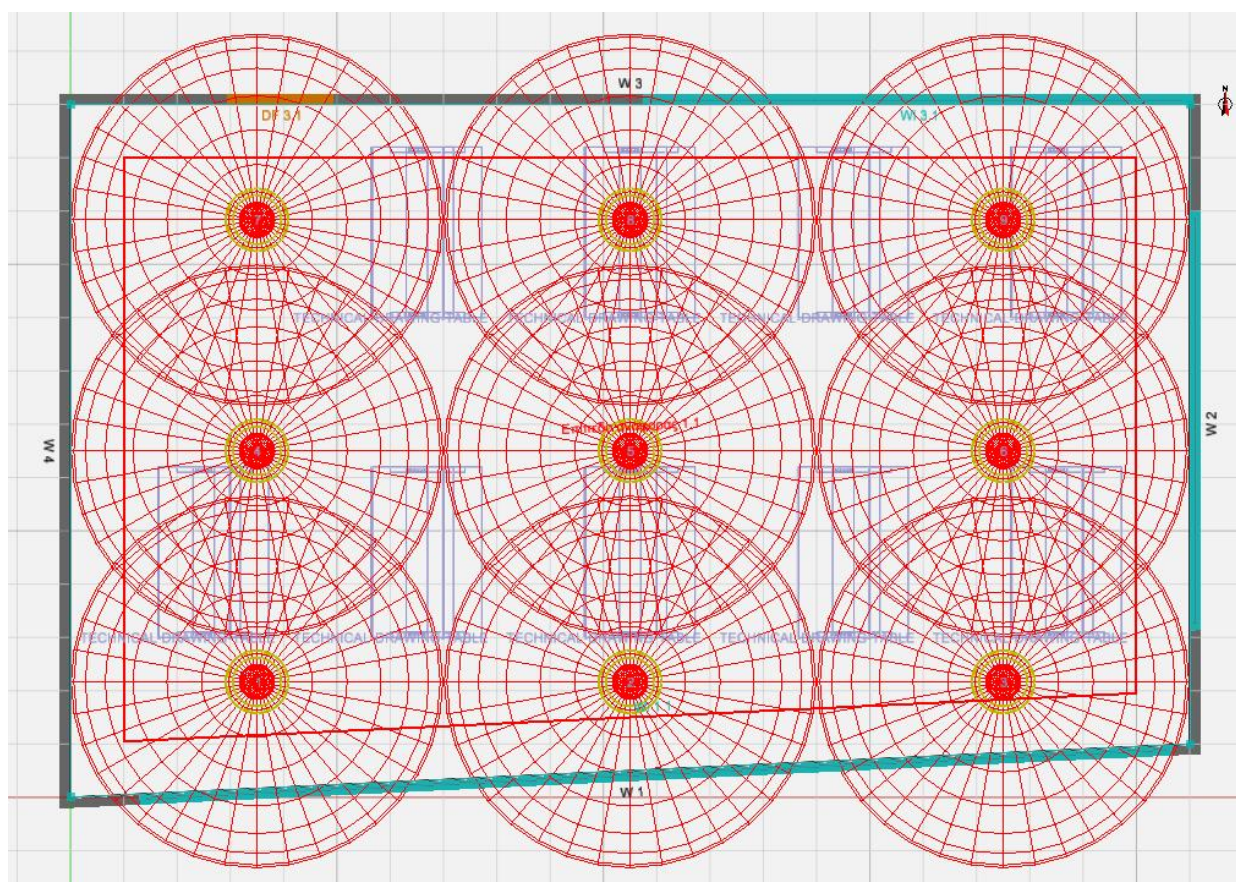
Π305 (Σχεδιαστήριο)



Σχήμα 4.101. Αποτύπωση της αίθουσας Π305 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.102. Αποτύπωση της αίθουσας Π305 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.103. Κάτοψη της αίθουσας Π305 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.76 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (65.63 m²)

95679 lm
60444 lm
878.4 W
13.39 W/m² (2.67 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση
 $R_{UG} (2.7H \ 4.3H)$

Οριζόντιος
501 lx
352 lx
0.70
0.59
0.37
0.75 m
 ≤ 21.4

κυλινδρικός
201 lx
151 lx
0.75
0.37
1.20 m

Φωτιστικό:

(Targetti Sankey - THREESIXTY, Targetti Sankey - 1T6156DA - THREESIXTY)

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

E_m
153 lx
323 lx
267 lx
296 lx
271 lx

U_o
0.69
0.39
0.55
0.43
0.57

Τύπος Αριθ. \ Κατασκ.



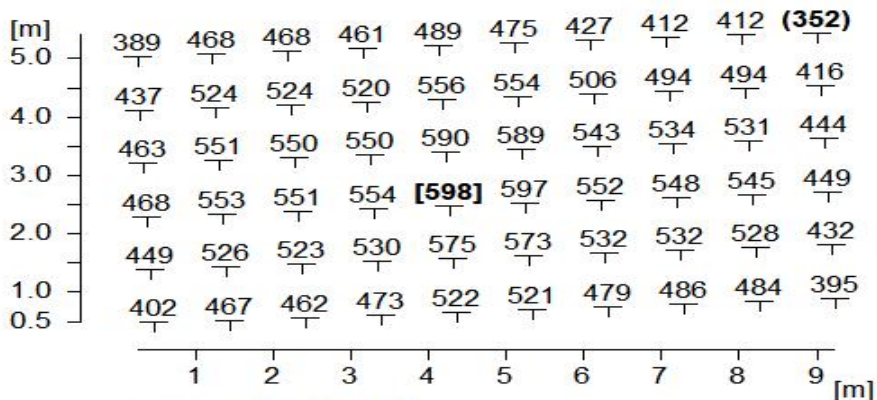
9 x

3F Filippi

Αρ. Παραγγελίας
Όνομα φωτιστικού
Εξοπλισμός

: Targetti Sankey - 1T6156DA - THREESIXTY
: Targetti Sankey - THREESIXTY
: 1 x LED 97.6 W / 10631 lm

Σχήμα 4.104. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π305



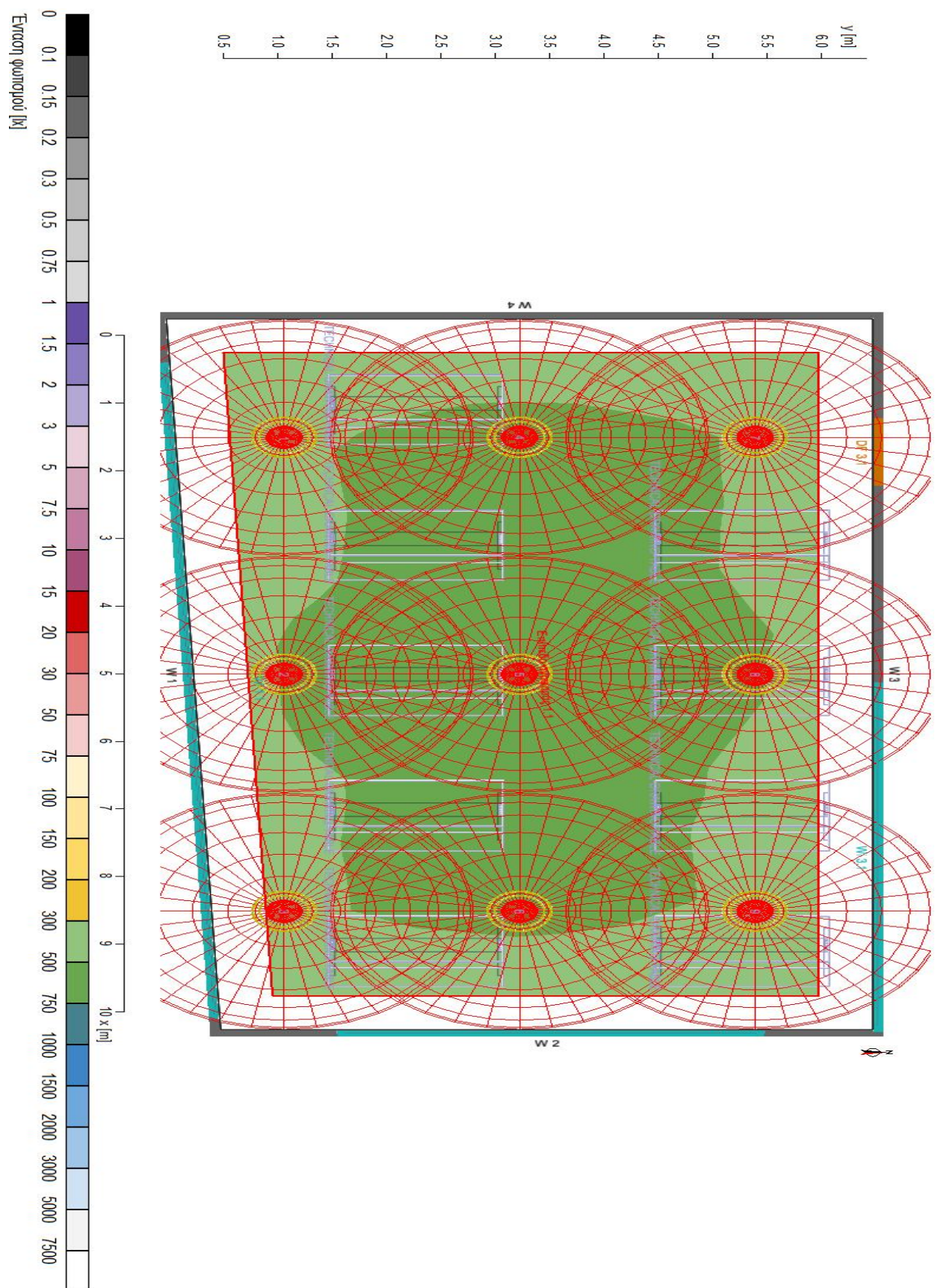
Ένταση φωτισμού [lx]

Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 501 lx
 E_{min} : 352 lx
 E_{max} : 598 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.42 (0.70)



Σχήμα 4.105. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π305.

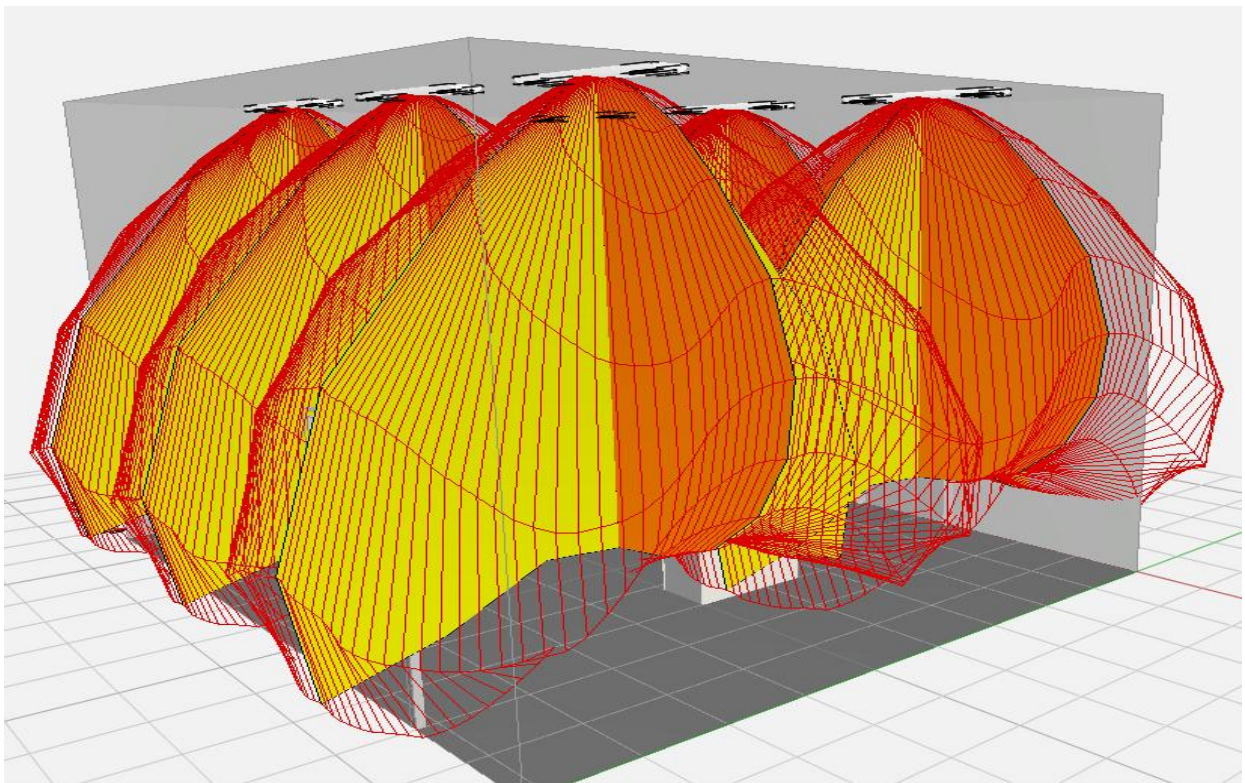


Σχήμα 4.106. Αποτύπωση του διαδρόμου Π305 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

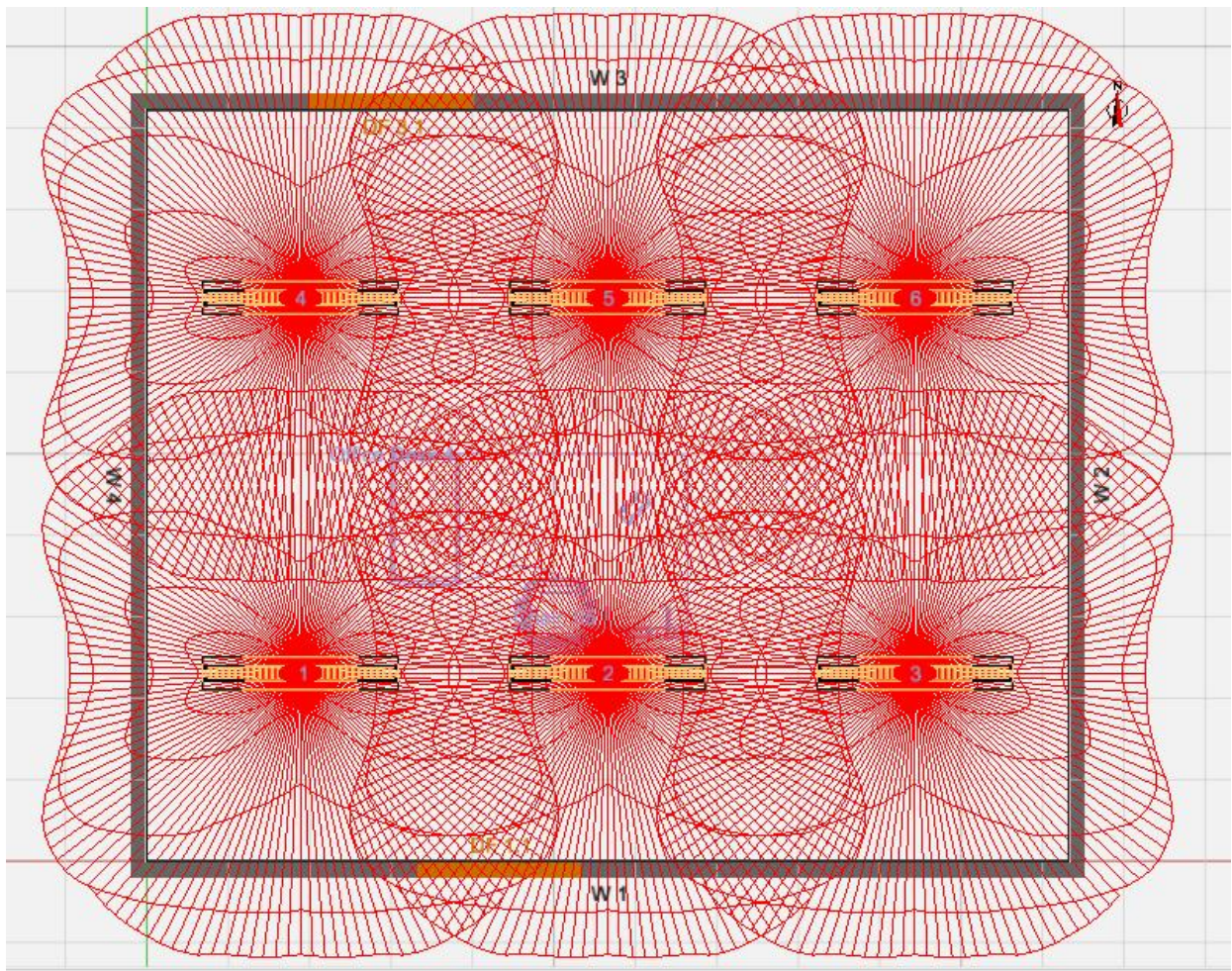
Π306 (Γραφείο)



Σχήμα 4.107. Αποτύπωση της αίθουσας Π306 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.108. Αποτύπωση της αίθουσας Π306 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.109. Κάτοψη της αίθουσας Π306 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
4.26 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (26.09 m²)

29358 lm
25523 lm
182.9 W
7.01 W/m² (1.33 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Θέση
 $R_{UG} (1.8H \text{ } 1.5H)$

Οριζόντιος
527 lx
399 lx
0.76
0.61
0.75 m
10.0

κυλινδρικός
188 lx
151 lx
0.80
0.33
1.20 m

Φωτιστικό:
(COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K, ACRESLED4 (4000K 30W))
Hints:
- Encountered room dimensions less than 2H. RUG value has been set to 10 as lower limit.

Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

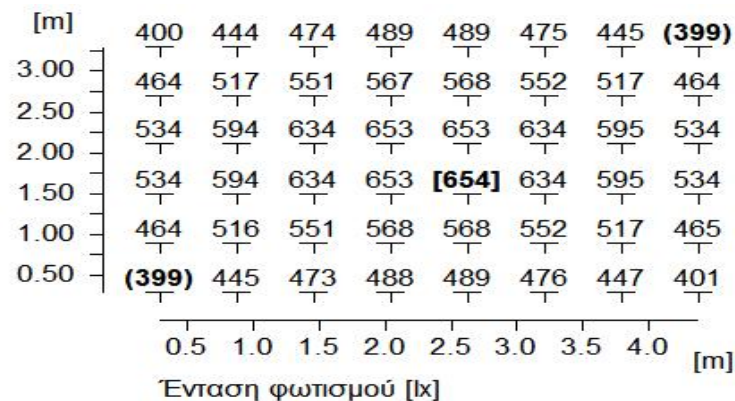
E_m
112 lx
257 lx
293 lx
256 lx
294 lx

U_o
0.93
0.57
0.44
0.57
0.44

Τύπος Αριθ. \Κατασκ.

3	6 x	ANSELL	
		Αρ. Παραγγελίας	: ACRESLED4 (4000K 30W)
		Όνομα φωτιστικού	: COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi-Wattage 4ft 4000K
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 30.49 W / 4893 lm

Σχήμα 4.110. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης της αίθουσας Π306

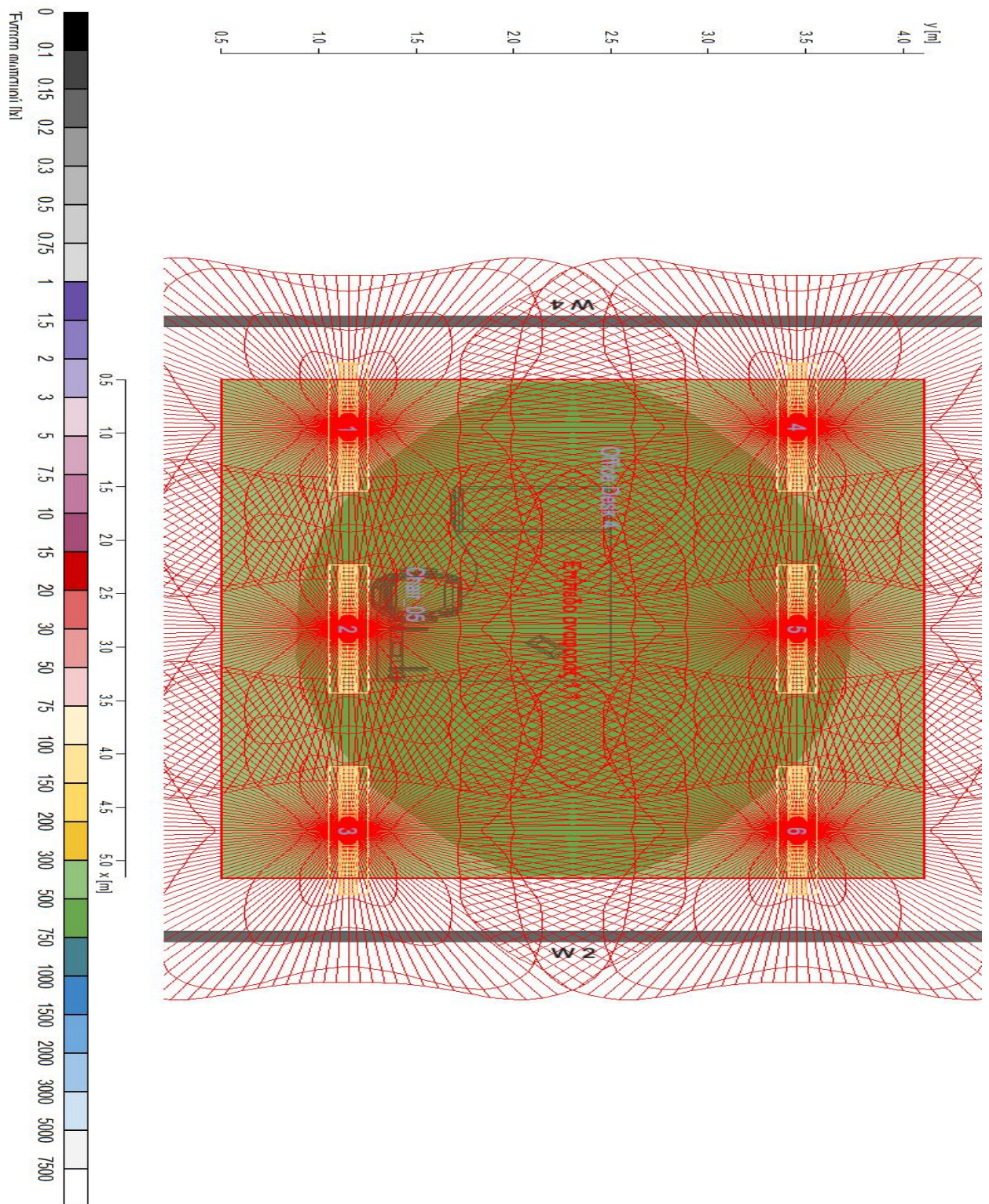


Ύψος επιπέδου αναφοράς
Μέση ένταση φωτισμού
Ελάχιστη ένταση φωτισμού
Μέγιστη ένταση φωτισμού
Ομοιομορφία U_o

: 0.75 m
 E_m : 527 lx
 E_{min} : 399 lx
 E_{max} : 654 lx
 E_{min}/E_m : 1 : 1.32 (0.76)

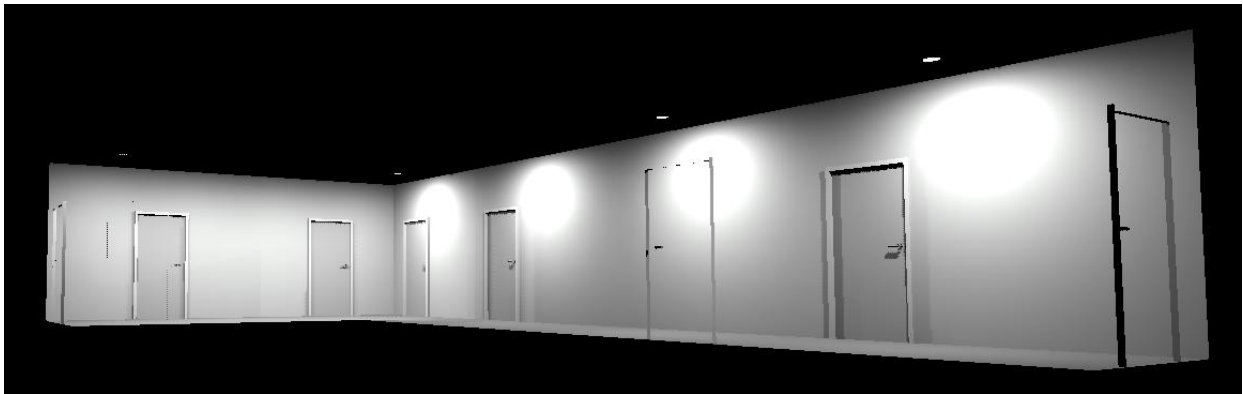


Σχήμα 4.111. Πίνακες κατανομής έντασης φωτισμού της αίθουσας Π306.

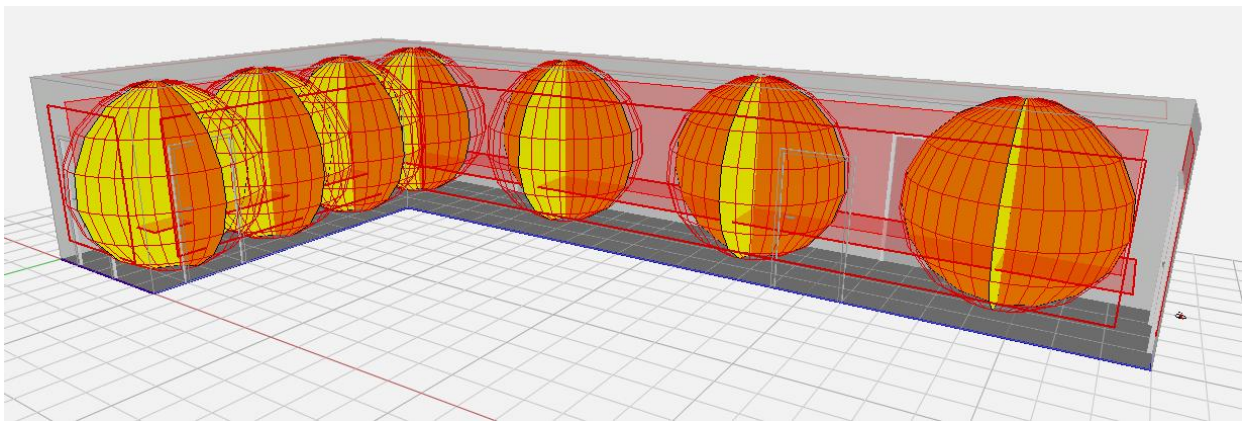


Σχήμα 4.112. Αποτύπωση του διαδρόμου Π306 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

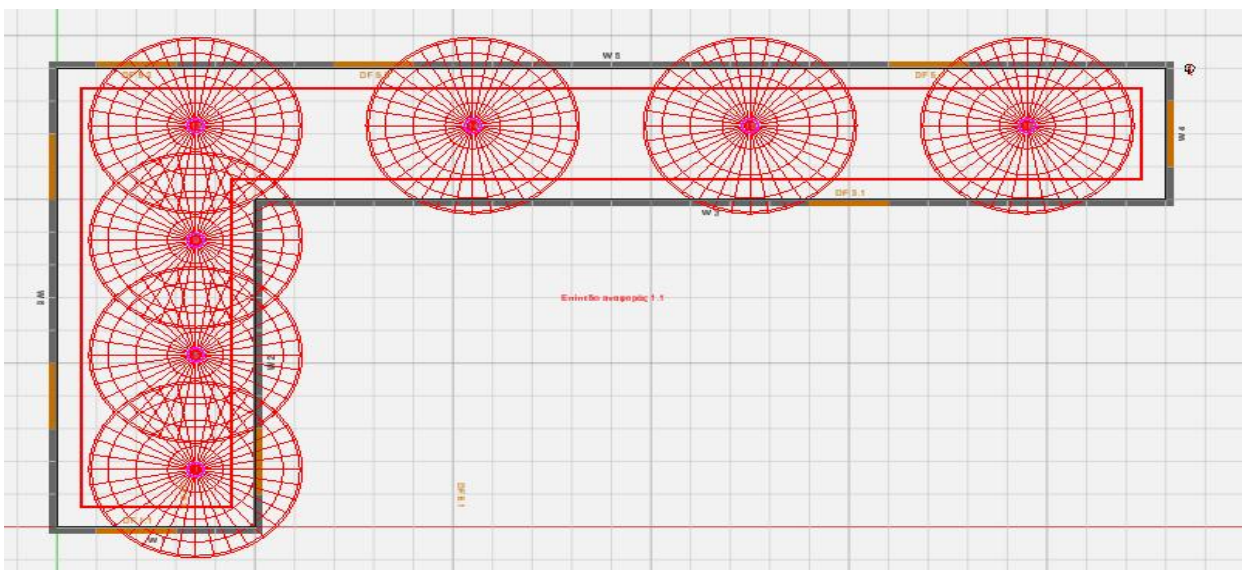
ΠΔ31 (Διάδρομος Β' Ορόφου)



Σχήμα 4.113. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ31 με χρήση δυναμικού σχεδιασμού.



Σχήμα 4.114. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ31 σε απεικόνιση 3D.



Σχήμα 4.115. Κάτοψη του διαδρόμου ΠΔ31 με χρήση του λογισμικού Relux.

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται	Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
Ύψος επιπέδου φωτιστικού	2.80 m
Συντελεστής συντήρησης	0.80
Total lamp luminous flux	8750 lm
Luminaire luminous flux	8739 lm
Συνολική ισχύς	84.0 W
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (40.50 m ²)	2.07 W/m ² (1.84 W/m ² /100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1**Επίπεδο αναφοράς 1.1**

	Οριζόντιος	κυλινδρικός
E_m	113 lx	50 lx
E_{min}	55 lx	27 lx
$E_{min}/E_m (U_o)$	0.49	0.53
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.31	
E_z/E_h		0.38
Θέση	0.75 m	1.20 m
$R_{UG} (--- ---)$	---	

Hints:

- Room dimensions deviate too much from a rectangular room.

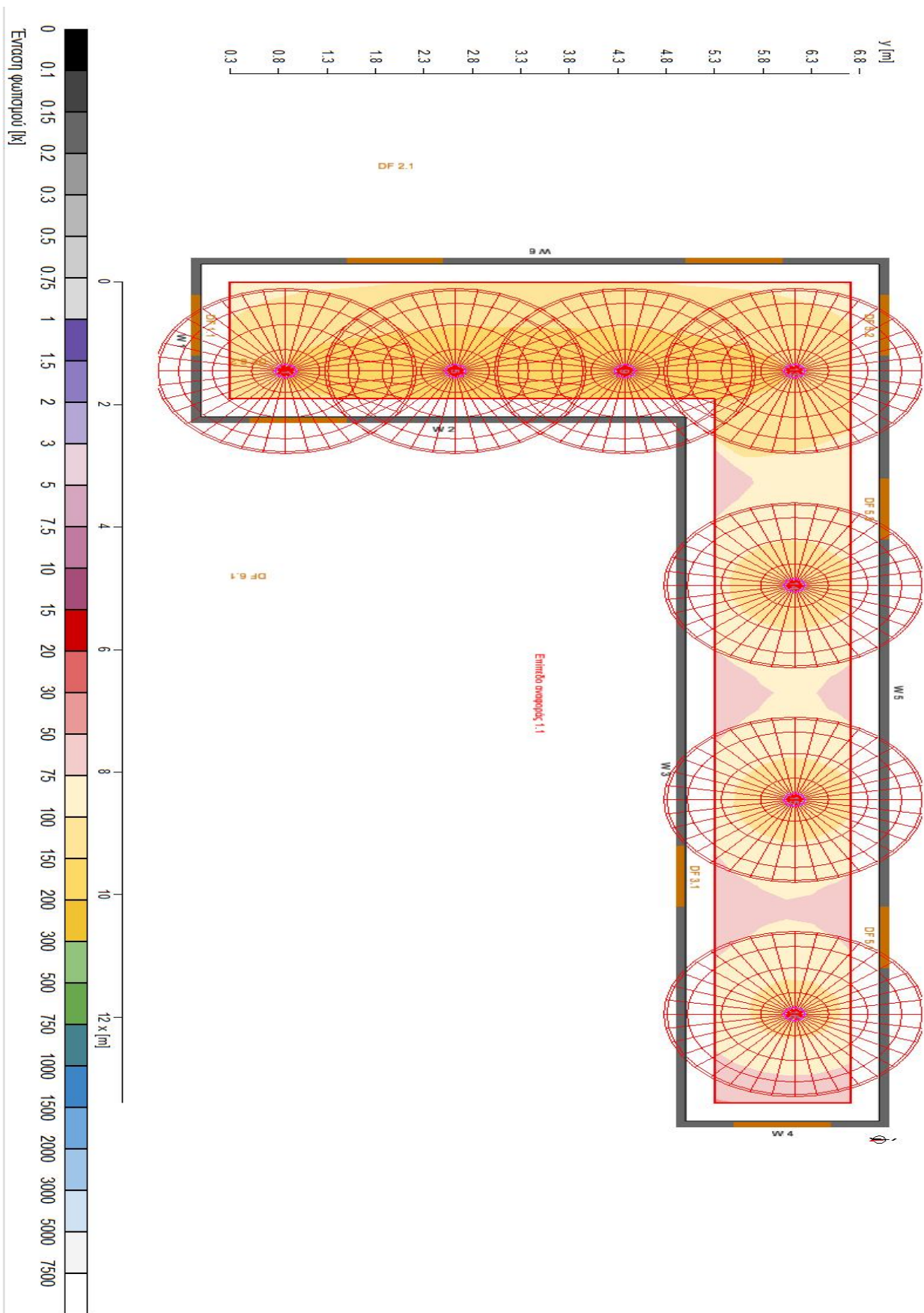
Μέγιστες επιφάνειες

	E_m	U_o
m 1.7 (Οροφή)	28.4 lx	0.60
m 1.1 (Τοίχος)	94.1 lx	0.61
m 1.2 (Τοίχος)	111 lx	0.48
m 1.3 (Τοίχος)	56.9 lx	0.56
m 1.4 (Τοίχος)	45.1 lx	0.77
m 1.5 (Τοίχος)	65.9 lx	0.45
m 1.6 (Τοίχος)	79.4 lx	0.72

Τύπος Αριθ. \Κατασκ.

		Collingwood Lighting	
2	7 x	Αρ. Παραγγελίας	: CDL0218S/CCT - 3000K - CRI 80
		Όνομα φωτιστικού	: CDL02
		Εξοπλισμός	: 1 x LED 12 W / 1250 lm

Σχήμα 4.116. Επισκόπηση αποτελεσμάτων φωτοτεχνικής ανάλυσης του διαδρόμου ΠΔ31.



Σχήμα 4.117. Αποτύπωση του διαδρόμου ΠΔ31 με εφαρμογή ψευδοχρωμάτων.

4.5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μελέτης φωτισμού

Τα αποτελέσματα της μελέτης φωτισμού για το Ισόγειο, τον Α' Όροφο και τον Β' Όροφο της εξεταζόμενης κτιριακής εγκατάστασης και πιο συγκεκριμένα ο αριθμός των φωτιστικών που υπολογίστηκε σε κάθε χώρο, η μέση ένταση φωτισμού, η συνολική φωτεινή ροή διάταξης καθώς και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φαίνονται στους Πίνακες 4.1., 4.2 και 4.3. αντίστοιχα. Επίσης δίνονται οι συντελεστές E_{min}/E_m και E_{min}/E_{max} ανά χώρο στους αντίστοιχους Πίνακες:

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού για τους χώρους του Ισογείου.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Μέση ένταση φωτισμού (Lux)	E_{min}/E_m	E_{min}/E_{max}	Συνολική φωτεινή ροή διάταξης (Lm)	Συνολική ισχύς εγκατάστασης (W)
Π103	4	316,00	0,76	0,60	13.400,00	84,00
Π104	9	314,00	0,76	0,66	27.900,00	274,50
Π105	9	344,00	0,76	0,66	27.900,00	274,50
Π106	6	317,00	0,70	0,54	29.358,00	182,90
Π107	20	572,00	0,66	0,52	56.000,00	540,00
Π108	6	441,00	0,67	0,49	22.358,00	182,90
ΠΔ11	7	113,00	0,49	0,31	8.750,00	84,00

Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού για τους χώρους του Α' Ορόφου.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Μέση ένταση φωτισμού (Lux)	E_{min}/E_m	E_{min}/E_{max}	Συνολική φωτεινή ροή διάταξης (Lm)	Συνολική ισχύς εγκατάστασης (W)
Π202	4	304,00	0,80	0,64	13.400,00	84,00
Π203	6	385,00	0,69	0,56	29.358,00	182,90
Π204	6	385,00	0,69	0,56	29.358,00	182,90
Π205	6	385,00	0,69	0,56	29.358,00	182,90
Π206	15	511,00	0,59	0,47	73.395,00	457,30
Π206.1	6	546,00	0,77	0,65	29.358,00	182,90
ΠΔ21	7	113,00	0,49	0,31	8.750,00	84,00

Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα μελέτης φωτισμού για τους χώρους του Β' Ορόφου.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Μέση ένταση φωτισμού (Lux)	E_{min}/E_m	E_{min}/E_{max}	Συνολική φωτεινή ροή διάταξης (Lm)	Συνολική ισχύς εγκατάστασης (W)
Π302	4	304,00	0,80	0,64	13.400,00	84,00
Π303	6	385,00	0,64	0,56	29.358,00	182,90
Π304	12	802,00	0,77	0,66	127.572,00	1.171,20
Π305	9	501,00	0,70	0,59	95.679,00	878,40
Π306	6	527,00	0,76	0,61	29.358,00	182,90
ΠΔ31	7	113,00	0,49	0,31	8.750,00	84,00

Στους Πίνακες 4.4., 4.5. και 4.6. φαίνεται ο αριθμός και το είδος των φωτιστικών που θα τοποθετηθούν στα πλαίσια της παρέμβασης στην κτιριακή εγκατάσταση. Υπενθυμίζεται ο ο

αριθμός των φωτιστικών ανά χώρο προέκυψε σύμφωνα με την μελέτη φωτισμού ώστε να πληρούνται οι απαιτούμενες προδιαγραφές.

Πίνακας 4.4. Κατανομή του αριθμού των φωτιστικών που θα τοποθετηθούν για τους χώρους του Ισογείου.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Ονομασία φωτιστικού
Π103	4	TRAQ ICE INS m1200 LED 3350-840 WB WH DALI
Π104	9	TrueLevel Surface mounted (1xLED 31S/840 30,5W/3100 Lumen)
Π105	9	TrueLevel Surface mounted (1xLED 31S/840 30,5W/3100 Lumen)
Π106	6	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi -Wattage 4ft
Π107	20	SlimBlend Square, Surface mounted (1xLED 28S/830 27W/2800 Lumen)
Π108	6	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi -Wattage 4ft
ΠΔ11	7	CDLO2 (1xLED 12W / 1250 Lumen)

Πίνακας 4.5. Κατανομή του αριθμού των φωτιστικών που θα τοποθετηθούν για τους χώρους του Α' Ορόφου.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Ονομασία φωτιστικού
Π202	4	TRAQ ICE INS m1200 LED 3350-840 WB WH DALI
Π203	6	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi -Wattage 4ft
Π204	6	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi -Wattage 4ft
Π205	6	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi -Wattage 4ft
Π206	15	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi -Wattage 4ft
Π206.1	6	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi -Wattage 4ft
ΠΔ21	7	CDLO2 (1xLED 12W / 1250 Lumen)

Πίνακας 4.6. Κατανομή του αριθμού των φωτιστικών που θα τοποθετηθούν για τους χώρους του Β' Ορόφου.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Ονομασία φωτιστικού
Π302	4	TRAQ ICE INS m1200 LED 3350-840 WB WH DALI
Π303	6	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi -Wattage 4ft
Π304	12	Targetti Sankey - THREESIXTY (1xLED 97,6 W / 10631 Lumen)
Π305	9	Targetti Sankey - THREESIXTY (1xLED 97,6 W / 10631 Lumen)
Π306	6	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi -Wattage 4ft
ΠΔ31	7	CDLO2 (1xLED 12W / 1250 Lumen)

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα παραπάνω η επιλογή του τύπου, του αριθμού και της θέσης των φωτιστικών έγινε με κριτήριο την επίτευξη της κάλυψης της απαιτούμενης μέσης έντασης φωτισμού καθώς και της ομοιομορφίας (E_{min}/E_m). Στο Παράρτημα Α, για λόγους πληρότητας, παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών τύπου LED που επιλέχθηκαν. Στον Πίνακα 4.7. φαίνεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά χώρο και συνολικά για το Ισόγειο όπου υπολογίζεται και η ισχύς που εξοικονομείται από την συγκεκριμένη δράση:

Πίνακας 4.7. Σύγκριση συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αρχικά και μετά την δράση στους χώρους του Ισογείου και υπολογισμός της εξοικονόμησης ισχύος ανά χώρο και συνολικά.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών αρχικά	Είδος λαμπτήρων φωτιστικού αρχικά	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W) αρχικά	Αριθμός φωτιστικών μετά την δράση	Είδος λαμπτήρων φωτιστικού μετά την δράση	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W) μετά την δράση	Εξοικονόμηση ισχύος (%)
Π103	6	φθορισμού	432,00	4	L.E.D.	84,00	80,56%
Π104	12	φθορισμού	432,00	9	L.E.D.	274,50	-27,08%
Π105				9		274,50	
Π106	12	φθορισμού	456,00	6	L.E.D.	182,90	59,89%
Π107	6	φθορισμού	432,00	20	L.E.D.	540,00	47,67%
	20	πυρακτώσεως	600,00				
Π108	12	φθορισμού	864,00	6	L.E.D.	182,90	78,83%
ΠΔ11	3	φθορισμού	324,00	7	L.E.D.	84,00	74,07%
ΣΥΝΟΛΟ			3.540,00	ΣΥΝΟΛΟ		1.622,80	54,15%

Στους Πίνακες 4.8. και 4.9. φαίνονται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά χώρο και συνολικά για τον Α' και Β' όροφο αντίστοιχα όπου υπολογίζεται και η ισχύς που εξοικονομείται από την συγκεκριμένη δράση ξεχωριστά για κάθε όροφο:

Πίνακας 4.8. Σύγκριση συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αρχικά και μετά την δράση στους χώρους του Α' Ορόφου και υπολογισμός της εξοικονόμησης ισχύος ανά χώρο και συνολικά.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών αρχικά	Είδος λαμπτήρων φωτιστικού αρχικά	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W) αρχικά	Αριθμός φωτιστικών μετά την δράση	Είδος λαμπτήρων φωτιστικού μετά την δράση	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W) μετά την δράση	Εξοικονόμηση ισχύος (%)
Π202	6	φθορισμού	432,00	4	L.E.D.	84,00	80,55%
Π203	6	φθορισμού	432,00	6	L.E.D.	182,90	57,66%
Π204	6	φθορισμού	432,00	6	L.E.D.	182,90	57,66%
Π205	6	φθορισμού	696,00	6	L.E.D.	182,90	73,85%
Π206	15	φθορισμού	3.600,00	15	L.E.D.	457,30	87,30%
Π206.1	3	φθορισμού	720,00	6	L.E.D.	182,90	74,60%
ΠΔ21	4	φθορισμού	432,00	7	L.E.D.	84,00	80,55%
ΣΥΝΟΛΟ			6.744,00	ΣΥΝΟΛΟ		1.356,90	79,87%

Πίνακας 4.9. Σύγκριση συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αρχικά και μετά την δράση στους χώρους του Β' Ορόφου και υπολογισμός της εξοικονόμησης ισχύος ανά χώρο και συνολικά.

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών αρχικά	Είδος λαμπτήρων φωτιστικού αρχικά	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W)	Αριθμός φωτιστικών μετά την δράση	Είδος λαμπτήρων φωτιστικού μετά την δράση	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W) μετά την δράση	Εξοικονόμηση ισχύος (%)
Π302	4	φθορισμού	288,00	4	L.E.D.	84,00	70,83%
Π303	4	φθορισμού	288,00	6	L.E.D.	182,90	36,49%
Π304	12	φθορισμού	1.392,00	12	L.E.D.	1.171,20	15,86%
Π305	12	φθορισμού	1.392,00	9	L.E.D.	878,40	36,89%
Π306	3	φθορισμού	216,00	6	L.E.D.	182,90	15,32%
ΠΔ31	5	φθορισμού	540,00	7	L.E.D.	84,00	84,44%
ΣΥΝΟΛΟ			4.116,00	ΣΥΝΟΛΟ		2.583,40	37,23%

Στον Πίνακα 4.10. φαίνονται συγκεντρωτικά οι καταναλώσεις σε κάθε όροφο και συνολικά πριν και μετά την δράση μόνο για τους χώρους όπου έγινε η μελέτη φωτισμού με σκοπό την αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών με αντίστοιχα τύπου L.E.D.:

Πίνακας 4.10. Συγκεντρωτικός πίνακας συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αρχικά και μετά την δράση για τους χώρους όπου έγινε αυτή.

Όροφος	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W) αρχικά	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (W) μετά την δράση
Ισόγειο	3.540,00	1.622,80
Α' Όροφος	6.744,00	1.356,90
Β' Όροφος	4.116,00	2.583,40
ΣΥΝΟΛΟ	14.400,00	5.563,1

Με βάση τον πίνακα παραπάνω προκύπτει ότι η συνολική εξοικονόμηση ισχύος που επιτυγχάνεται με την συγκεκριμένη δράση υπολογίζεται στα 60,67%. Αυτό το δεδομένο είναι χρήσιμο καθώς θα χρησιμοποιηθεί στο επόμενο κεφάλαιο προκειμένου να αξιολογηθεί η δράση από τεχνοοικονομικής πλευράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο - Τεχνοοικονομική ανάλυση της δράσης

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η δράση της αντικατάστασης των υφιστάμενων φωτιστικών της κτιριακής εγκατάστασης με αντίστοιχα τύπου LED από οικονομικής πλευράς. Ειδικότερα, αφού αναφερθούν τα κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογείται μία επένδυση, υπολογίζεται το συνολικό κόστος της δράσης και εξετάζεται με τη βοήθεια των κριτηρίων κατά πόσο είναι βιώσιμη η δράση ή όχι.

5.1. Κριτήρια αξιολόγησης οικονομικής επένδυσης

Προκειμένου να αξιολογηθεί μια δράση σε μια κτιριακή εγκατάσταση με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, θα πρέπει να υπάρχουν ορισμένα κριτήρια προκειμένου να δείξουν κατά πόσο μια επένδυση είναι βιώσιμη. Αυτά τα κριτήρια συγκεκριμένα είναι τα παρακάτω [8]:

- περίοδος αποπληρωμής
- απόδοση επένδυσης
- καθαρή παρούσα αξία (Κ.Π.Α.)
- δείκτης αποδοτικότητας (Δ.Α.)
- σταθμισμένο κόστος εξοικονομούμενης ενέργειας (Σ.Κ.Ε.Ε.)

Προτού αναλυθεί ο τρόπος υπολογισμού των ανωτέρω δεικτών είναι κρίσιμο να παρατεθεί ο τρόπος υπολογισμού ορισμένων μεγεθών και συγκεκριμένα του κόστους της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας, του ετήσιου λειτουργικού κόστους καθώς και του ετήσιου οικονομικού οφέλους (Ε.Ο.Ο.).

Το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση [8]:

$$\text{Κόστος}_{\text{ετήσιο}}^{\text{ενέργειας}} = E_{\text{ετήσια}} * \text{Τιμή (ευρώ)}$$

[5.1.]

Το ετήσιο κόστος συνολικά προκύπτει αν αθροιστεί το ετήσιο κόστος ενέργειας με το κόστος συντήρησης που τυχόν θα απαιτείται για την εκάστοτε δράση, δηλαδή [8]:

$$Κόστος = Κόστος_{ετήσιο}^{ενέργειας} + Κόστος_{συντήρησης}$$

[5.2.]

Τέλος, ανάλογα με τις εναλλακτικές λύσεις θα προκύψει και το Ετήσιο Οικονομικό Όφελος (Ε.Ο.Ο.) που υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση [8] :

$$ΕΟΟ_{i-εναλλακτική} = Κόστος_{ετήσιο}^{υφιστάμενο} - Κόστος_{ετήσιο}^{i-εναλλακτική}$$

[5.3.]

Είναι αυτονόητο ότι το Ετήσιο Οικονομικό Όφελος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο του μηδενός καθώς αρνητική τιμή συνεπάγεται ύπαρξη ζημίας και καθιστά την εναλλακτική ως μια μη βιώσιμη δράση.

Η περίοδος αποπληρωμής είναι ένα κριτήριο με το οποίο μπορεί να αξιολογηθεί μια δράση και αναφέρεται ουσιαστικά στο απαιτούμενο χρονικό διάστημα που χρειάζεται ώστε μια επένδυση να επιστρέψει το κόστος υλοποίησής της και δίνεται από τη σχέση 5.4 [8] :

$$ΠΑ_{i-εναλλακτική} = \frac{Κόστος\ επένδυσης\ i-εναλλακτική}{ΕΟΟ_{i-εναλλακτική}} \text{ (σε έτη)}$$

[5.4.]

Με βάση την ανωτέρω σχέση είναι δυνατόν να ελεγχθεί κατά πόσο μια επένδυση είναι βιώσιμη. Καταρχάς απορρίπτονται οι εναλλακτικές που εμφανίζουν περίοδο αποπληρωμής μεγαλύτερη από τη διάρκεια ζωής της επένδυσης και από τις υπόλοιπες, επιλέγεται εκείνη η οποία εμφανίζει τη μικρότερη περίοδο αποπληρωμής σε έτη.

Το κριτήριο της απόδοσης επένδυσης εκφράζει το μέγεθος του κέρδους που προκύπτει ανά μονάδα επενδυόμενου κεφαλαίου. Ο υπολογισμός του βασίζεται στη σχέση 5.5 και λειτουργεί ως άμεσος δείκτης του οικονομικού οφέλους μιας επένδυσης. Για την επιλογή της οικονομικά βέλτιστης λύσης, αρχικά απορρίπτονται οι εναλλακτικές με τιμή μικρότερη της μονάδας, ενώ από τις υπόλοιπες προτιμάται εκείνη που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απόδοση. [8]:

$$ROI = \frac{EOO_{i-εναλλακτική} + ΔZE_{i-εναλλακτική}}{Κόστος επένδυσης}$$

[5.5.]

όπου :

- $ΔZE_{I-εναλλακτική}$ = η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης σε έτη
- Κόστος επένδυσης = το αρχικό κόστος που χρειάζεται προκειμένου να υλοποιηθεί η επένδυση
- $EOO_{I-εναλλακτική}$ = το ετήσιο οικονομικό όφελος της εκάστοτε εναλλακτικής

Ένα από τα βασικά οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων είναι η Καθαρή Παρούσα Αξία (Κ.Π.Α.). Σε αντίθεση με τα κριτήρια της περιόδου αποπληρωμής και της απόδοσης επένδυσης, τα οποία δεν λαμβάνουν υπόψη τη διαχρονική μεταβολή της αξίας του χρήματος, η Κ.Π.Α. ενσωματώνει αυτή τη διάσταση. Ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του αρχικού κόστους επένδυσης και της παρούσας αξίας των αναμενόμενων ετήσιων οικονομικών οφελών που προκύπτουν από αυτήν. Με τον τρόπο αυτό αποτυπώνει τη σημερινή αξία μιας επένδυσης λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική αξία του χρήματος και υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$ΚΠΑ = - Κόστος Επένδυσης + \sum_{\tau=1}^{\Delta ZE} \frac{K_{ετήσιο}^{υφιστάμενο} - K_{ετήσιο}^{επένδυσης}}{(1+i)^{\tau}}$$

[5.6.]

όπου :

- $ΔZE$ = η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης σε έτη
- i = το προεξοφλητικό επιτόκιο (κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου)
- τ = το κάθε έτος από 1 έως $ΔZE$
- $K_{ετήσιο}^{υφιστάμενο}$ = το υφιστάμενο ετήσιο λειτουργικό κόστος
- $K_{ετήσιο}^{επένδυσης}$ = το ετήσιο λειτουργικό κόστος μετά την επένδυση

Έτσι με βάση το εν λόγω οικονομικό κριτήριο επιλέγεται η εναλλακτική με την μεγαλύτερη Καθαρή Παρούσα Αξία, αφού απορριφθούν οι εναλλακτικές που εμφανίζουν αρνητική τιμή ως μη βιώσιμες.

Ο δείκτης αποδοτικότητας (ΔΑ) λειτουργεί όπως και η απόδοση επένδυσης δείχνοντας την απόδοση της επένδυσης ανά μονάδα κεφαλαίου με τη διαφορά ότι λαμβάνεται υπόψη η χρονική μεταβολή της αξίας του χρήματος. Υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση [8]:

$$\Delta A = \frac{\sum_{\tau=1}^{\Delta ZE} \frac{EOO}{(1+i)^{\tau}}}{\text{Κόστος επένδυσης}}$$

[5.7.]

όπου :

- ΔZE = η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης σε έτη
- i = το προεξοφλητικό επιτόκιο (κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου)
- τ = το κάθε έτος από 1 έως ΔZE
- Κόστος επένδυσης = το αρχικό κόστος που χρειάζεται προκειμένου να υλοποιηθεί η επένδυση

Έτσι με βάση το εν λόγω οικονομικό κριτήριο επιλέγεται η εναλλακτική με τον μεγαλύτερο Δείκτη Αποδοτικότητας, αφού απορριφθούν οι εναλλακτικές που εμφανίζουν αρνητική τιμή ως μη βιώσιμες.

Το τελευταίο οικονομικό κριτήριο που εξετάζεται είναι το Σταθμισμένο Κόστος Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΣΚΕΕ). Ορίζεται ως το πηλίκο μεταξύ του αθροίσματος του ετήσιου λειτουργικού κόστους και της προεξοφλημένης αξίας του κόστους επένδυσης στη διάρκεια ζωής του έργου, προς την ετήσια εξοικονομούμενη ενέργεια. Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι επιτρέπει τη σύγκριση λύσεων με διαφορετικό χρόνο ζωής και αποτυπώνει το συνολικό κόστος που απαιτείται για την εξοικονόμηση μιας μονάδας ενέργειας.

$$\Sigma K E E = \frac{\text{Κόστος επένδυσης} * \frac{i * (1+i)^{\Delta ZE}}{(1+i)^{\Delta ZE} - 1} + K_{\text{επένδυσης}}}{E_{\text{ετήσια}}^{\text{υφιστάμενη}} - E_{\text{ετήσια}}^{\text{επένδυσης}}}$$

[5.8.]

όπου :

- ΔZE = η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης σε έτη
- i = το προεξοφλητικό επιτόκιο (κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου)
- Κόστος επένδυσης = το αρχικό κόστος που χρειάζεται προκειμένου να υλοποιηθεί η επένδυση
- $K_{\text{ετήσιο}}^{\text{επένδυσης}}$ = το ετήσιο κόστος λειτουργίας μετά την επένδυση
- $E_{\text{ετήσια}}^{\text{υφιστάμενη}}$ = η υφιστάμενη ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια
- $E_{\text{ετήσια}}^{\text{επένδυσης}}$ = η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια μετά την επένδυση

5.2. Οικονομική αξιολόγηση της δράσης

Προκειμένου να αξιολογήσουμε από οικονομικής πλευράς, κατά πόσο βιώσιμη ή μη είναι η συγκεκριμένη δράση, θα πρέπει να γίνει η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων και πληροφοριών ώστε με την κατάλληλη επεξεργασία τους να εξαχθούν ορθά συμπεράσματα.

Δεδομένου ότι η εξεταζόμενη σχολική μονάδα λειτουργεί για 185 ημέρες περίπου, όπου συμπεριλαμβάνονται οι διδακτικές ημέρες καθώς και οι ημέρες για εργασίες διοικητικής φύσεως και ότι τα φωτιστικά δουλεύουν 11,5 ώρες ημερησίως, η ετήσια λειτουργία τους θα είναι 2.127,5 ώρες. Η εν λόγω επένδυση λαμβάνεται σε χρονικό ορίζοντα διετίας και το επιτόκιο αναγωγής λαμβάνεται ίσο με 5%. Στον υπολογισμό του συνολικού κόστους της συγκεκριμένης δράσης υπολογίζεται το κόστος αρχικής εγκατάστασης, όπου περιλαμβάνει την αγορά των φωτιστικών καθώς και το κόστος της εργασίας. Επίσης λαμβάνεται και το ετήσιο κόστος συντήρησης του συστήματος φωτισμού το οποίο είναι στο ύψος των 1.000€. Σημειώνεται ότι το ποσό αυτό παραμένει σταθερό και μετά την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης δράσης.

Εκτός των ανωτέρω θα πρέπει να αναφερθεί η τιμή της μονάδας εκάστου φωτιστικού τύπου LED καθώς και η τιμή της χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh. Οι τιμές για κάθε τύπο φωτιστικού είναι ενδεικτικές σε σχέση με την ελληνική αγορά. Με βάση τα σημερινά δεδομένα η τιμή χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας με βάση το τιμολόγιο Γ21 αποδίδεται ως 0,1677€/kWh. Στους Πίνακες 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 και 5.6 παρουσιάζονται βασικές πληροφορίες σχετικά με τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη φωτισμού, όπου με βάση αυτές υπολογίζεται το συνολικό κόστος αγοράς αυτών:

Πίνακας 5.1. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό CDL02.

Τύπος φωτιστικού	CDL02 (1xLED 12W / 1250 Lumen)
Αριθμός φωτιστικών	21
Συνολικές ώρες λειτουργίας	2.035
Διάρκεια ζωής	50.000 h
Αριθμός φωτιστικών που αντικαταστάθηκαν	18
Τιμή μονάδας	20,00 €

Πίνακας 5.2. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό COMMERCIAL LINEAR -Crescent Multi Wattage 4ft.

Τύπος φωτιστικού	COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi Wattage 4ft 4000K (1xLED 30,49 W / 4893 Lumen)
Αριθμός φωτιστικών	63
Συνολικές ώρες λειτουργίας	2.035
Διάρκεια ζωής	50.000 h
Αριθμός φωτιστικών που αντικαταστάθηκαν	50
Τιμή μονάδας	27,50 €

Πίνακας 5.3. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό Targetti Sankey - THREESIXTY..

Τύπος φωτιστικού	Targetti Sankey - THREESIXTY (1xLED 97,6 W / 10631 Lumen)
Αριθμός φωτιστικών	21
Συνολικές ώρες λειτουργίας	2.035
Διάρκεια ζωής	50.000 h
Αριθμός φωτιστικών που αντικαταστάθηκαν	19
Τιμή μονάδας	22,99 €

Πίνακας 5.4. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό TRAW ICE INS m1200..

Τύπος φωτιστικού	TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840WB WH DALI (1xLED 21W/3350 Lumen)
Αριθμός φωτιστικών	12
Συνολικές ώρες λειτουργίας	2.035
Διάρκεια ζωής	50.000 h
Αριθμός φωτιστικών που αντικαταστάθηκαν	8
Τιμή μονάδας	18,99 €

Πίνακας 5.5. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό TrueLevel Surface mounted.

Τύπος φωτιστικού	TrueLevel Surface mounted (1xLED 31S/840 30,5W/3100 Lumen)
Αριθμός φωτιστικών	18
Συνολικές ώρες λειτουργίας	2.035
Διάρκεια ζωής	50.000 h
Αριθμός φωτιστικών που αντικαταστάθηκαν	5
Τιμή μονάδας	24,97 €

Πίνακας 5.6. Βασικές πληροφορίες για το φωτιστικό SlimBlend Square, Surface mounted..

Τύπος φωτιστικού	SlimBlend Square, Surface mounted (1xLED 28S/830 27W/2800 Lumen)
Αριθμός φωτιστικών	20
Συνολικές ώρες λειτουργίας	2.035
Διάρκεια ζωής	50.000 h
Αριθμός φωτιστικών που αντικαταστάθηκαν	20
Τιμή μονάδας	21,99 €

Στον Πίνακα 5.7. φαίνονται τα κόστη αγοράς των φωτιστικών ανά μονάδα, την απαιτούμενη ποσότητα καθώς και το συνολικό κόστος αγοράς αυτών και στον Πίνακα 5.8. φαίνεται το συνολικό κόστος της ενέργειας που υπολογίζεται να καταναλωθεί, από τους λαμπτήρες τύπου L.E.D. που θα τοποθετηθούν στους χώρους σε αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού. Με την βοήθεια των δεδομένων αυτών θα υπολογιστεί το συνολικό ποσό που απαιτείται για την αγορά των λαμπτήρων που θα αντικαταστήσουν τους ήδη υπάρχοντες καθώς και το συνολικό ποσό ενέργειας που θα καταναλώνεται στην διάρκεια του έτους με δεδομένες τις ώρες λειτουργίας της κτιριακής εγκατάστασης όπου οι λαμπτήρες βρίσκονται σε λειτουργία, την ισχύ που καταναλώνει το κάθε φωτιστικό, τον συνολικό αριθμό των φωτιστικών καθώς και την τιμή της μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να υπολογιστεί το συνολικό κόστος:

Πίνακας 5.7. Κόστη αγοράς λαμπτήρων ανά είδος και συνολικό κόστος αγοράς αυτών.

Τύπος φωτιστικού	Τιμή μονάδος €	Ποσότητα	Συνολικό ποσό €
CDLO2 (1xLED 12W / 1250 Lumen)	20,00€	21	420,00 €
COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi Wattage 4ft 4000K (1xLED 30,49 W / 4893 Lumen)	27,50€	63	1.732,50 €
Targetti Sankey - THREESIXTY (1xLED 97,6 W / 10631 Lumen)	22,99€	21	505,78 €
TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840WB WH DALI (1xLED 21W/3350 Lumen)	18,99€	12	227,88 €
TrueLevel Surface mounted (1xLED 31S/840 30,5W/3100 Lumen)	24,97€	18	449,46 €
SlimBlend Square, Surface mounted (1xLED 28S/830 27W/2800 Lumen)	21,99€	20	439,80 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟ			3.775,42 €

Πίνακας 5.8. Καταναλώσεις φωτιστικών στην διάρκεια του έτους και συνολικό κόστος κατανάλωσης ενέργειας αυτών.

Τύπος φωτιστικού	Ισχύς φωτιστικού W	Ώρες λειτουργίας	Αριθμός φωτιστικών	Καταναλειτουργία είσα ενέργεια kWh	Συνολικό κόστος €
CDLO2 (1xLED 12W / 1250 Lumen)	12 W	2.127,5	21	439,56	89,91€
COMMERCIAL LINEAR - Crescent Multi	30,49 W	2.127,5	63	4.086,65	685,33€

Wattage 4ft 4000K (1xLED 30,49 W / 4893 Lumen)					
Targetti Sankey - THREESIXTY (1xLED 97,6 W / 10631 Lumen)	97,6 W	2.127,5	21	4.360,52	731,259€
TRAQ ICE INS m1200 LED3350- 840WB WH DALI (1xLED 21W/3350 Lumen)	21 W	2.127,5	12	536,13	89,91€
TrueLevel Surface mounted (1xLED 31S/840 30,5W/3100 Lumen)	30,50 W	2.127,5	18	1.167,99	195,87€
SlimBlend Square, Surface mounted (1xLED 28S/830	27 W	2.127,5	20	1.148,85	192,66€

27W/2800 Lumen)					
ΣΥΝΟΛΟ					1.895,03 €

Με βάση την καταγραφή του υφιστάμενου φωτοτεχνικού εξοπλισμού που παρατίθεται στο Κεφάλαιο 4 η αντικατάσταση των φωτιστικών θα επιφέρει ποσοστιαία εξοικονόμηση ισχύος της τάξης του 60,67 % όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.9:

Πίνακας 5.9. Εξοικονόμηση συνολικής ισχύος της κτιριακής εγκατάστασης για τις ανάγκες φωτισμού μετά την διεξαγωγή της δράσης.

Συνολική εγκατεστημένη ισχύς κτιριακής εγκατάστασης αρχικά (W)	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς κτιριακής εγκατάστασης μετά την δράση (W)	Εξοικονόμηση ισχύος %
14.400,00	5.5663,1	60,67%

Δεδομένου ότι όπως προαναφέρθηκε η τιμή χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι 0,1677€/kWh στον Πίνακα 5.10 υπολογίζεται η συνολική χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας για ανάγκες φωτισμού πριν και μετά την δράση στην διάρκεια του έτους (2.127,5 ώρες ετησίως) καθώς και η ποσοστιαία εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από οικονομικής πλευράς:

Πίνακας 5.10. Εξοικονόμηση ετήσιου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας της κτιριακής εγκατάστασης για τις ανάγκες φωτισμού μετά την διεξαγωγή της δράσης.

Κόστος ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας για ανάγκες φωτισμού αρχικά (€)	Κόστος ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας για ανάγκες φωτισμού μετά την δράση (€)	Εξοικονόμηση κόστους %
5.137,66	2.020,49	60,67%

Στον Πίνακα 5.11 υπολογίζεται το συνολικό ετήσιο κόστος για τις ανάγκες φωτισμού πριν και μετά την διεξαγωγή της δράσης με πρόσθεση 1000 € ως ετήσιο κόστος συντήρησης του συστήματος φωτισμού της εγκατάστασης στην αρχική περίπτωση και πρόσθεση 400 € ως ετήσιο κόστος συντήρησης μετά την αντικατάσταση των φωτιστικών δεδομένου ότι ο αρκετά

μεγάλος χρόνος ζωής των φωτιστικών L.E.D. απαιτεί μικρότερο κόστος συντήρησης καθώς και η τελική ποσοστιαία εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από οικονομικής πλευράς:

Πίνακας 5.11. Συνολική εξοικονόμηση ετήσιου κόστους της κτιριακής εγκατάστασης για τις ανάγκες φωτισμού μετά την διεξαγωγή της δράσης.

Συνολικό ετήσιο κόστος για ανάγκες φωτισμού αρχικά (€)	Συνολικό ετήσιο κόστος για ανάγκες φωτισμού μετά την δράση (€)	Εξοικονόμηση συνολικού ετήσιου κόστους %
6.137,66	2.420,49	60,56%

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 5.12. μετά την αντικατάσταση των υπαρχόντων φωτιστικών με αντίστοιχα τύπου L.E.D. θα επιτευχθεί η συνολική εξοικονόμηση σε ετήσια βάση $6.137,66 - 2.420,49 = 3.717,17$ €.

Θεωρώντας ότι το κόστος της εγκατάστασης του απαιτούμενου εξοπλισμού είναι στα 1.500 € στον Πίνακα 5.12. φαίνεται το συνολικό κόστος που απαιτείται για την υλοποίηση της δράσης :

Πίνακας 5.12. Ανάλυση κόστους και συνολικού κόστους εγκατάστασης του νέου συστήματος φωτισμού.

Είδος δράσης	Κόστος €
Συνολικό κόστος αγοράς φωτιστικών τύπου LED	3.775,42 €
Συνολικό κόστος εγκατάστασης εξοπλισμού	1.500 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟ	5.275,42 €

Στον Πίνακα 5.13. φαίνεται η οικονομοτεχνική ανάλυση της δράσης με χρήση του κριτηρίου της Καθαρής Παρούσας Αξίας δεδομένου ότι η επένδυση επεκτείνεται σε χρόνο 2 ετών όπου το επιτόκιο αναγωγής είναι 5% :

Πίνακας 5.13. Υπολογισμοί για τον έλεγχο βιωσιμότητας της επένδυσης.

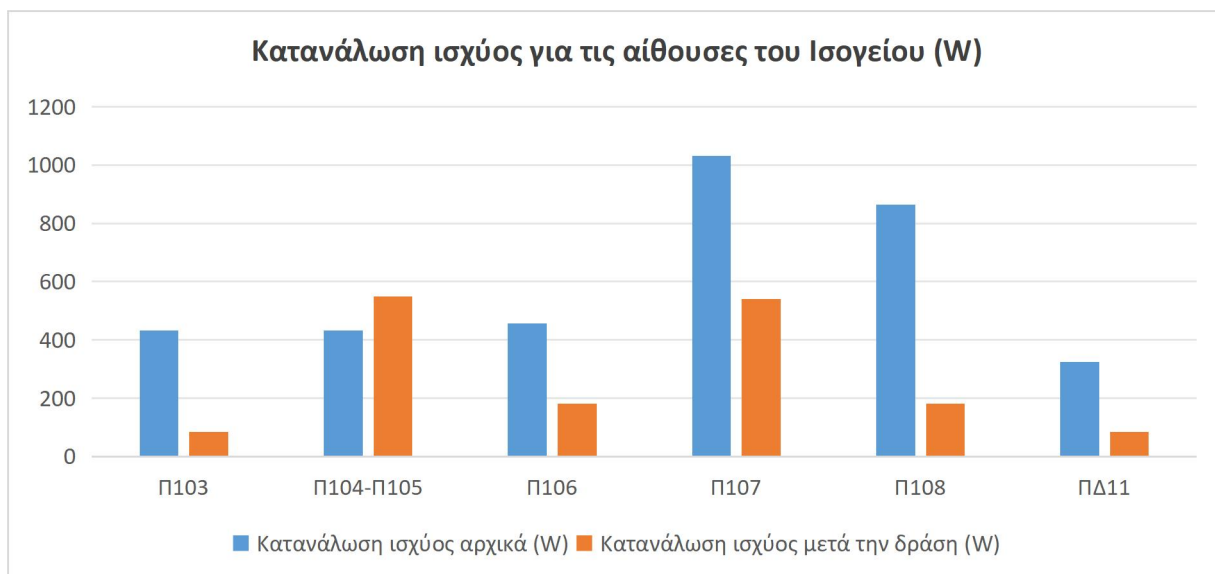
Χρόνος t (έτη)	1,05 ^t	3.717,17/ 1,05 ^t	Άθροισμα	Κ.Π.Α. €
0	-	-	-	-5.275,42
1	1,05	3.540,16	3.540,16	-1.735,25
2	1,10	3.371,58	6.911,74	1.636,32
3	1,15	3.211,03	10.122,77	4.847,35
4	1,21	3.058,12	13.180,90	7.905,48
5	1,27	2.912,49	16.093,40	10.817,98
6	1,34	2.773,80	18.867,21	13.591,79
7	1,40	2.641,72	21.508,93	16.233,51
8	1,47	2.515,92	24.024,86	18.749,44
9	1,55	2.396,12	26.420,98	21.145,56
10	1,62	2.282,01	28.703,00	23.427,58
11	1,71	2.173,35	30.763,33	25.600,93
12	1,79	2.069,85	32.946,21	27.670,79
13	1,88	1.971,29	34.917,50	29.642,08
14	1,97	1.877,42	36.794,93	31.519,51
15	2,07	1.788,02	38.582,95	33.307,53

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα στο τέλος του 2ου έτους η Καθαρή Παρούσα Αξία της επένδυσης λαμβάνει θετική τιμή, ήτοι 1.636,32 €, οπότε καθίσταται βιώσιμη. Στο τέλος του 10ου έτους από τον Πίνακα 5.13. παρατηρούμε ότι το κέρδος από την επένδυση αυτή θα είναι 23.427,58 € και στο τέλος του 15ου έτους το κέρδος αυτό θα φτάσει τα 33.307,53 €. Αυτό δείχνει ότι η συγκεκριμένη δράση δύναται στο μεσοπρόθεσμο μέλλον να καταστεί κερδοφόρα προς την υπηρεσία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο - Σχόλια- συμπεράσματα

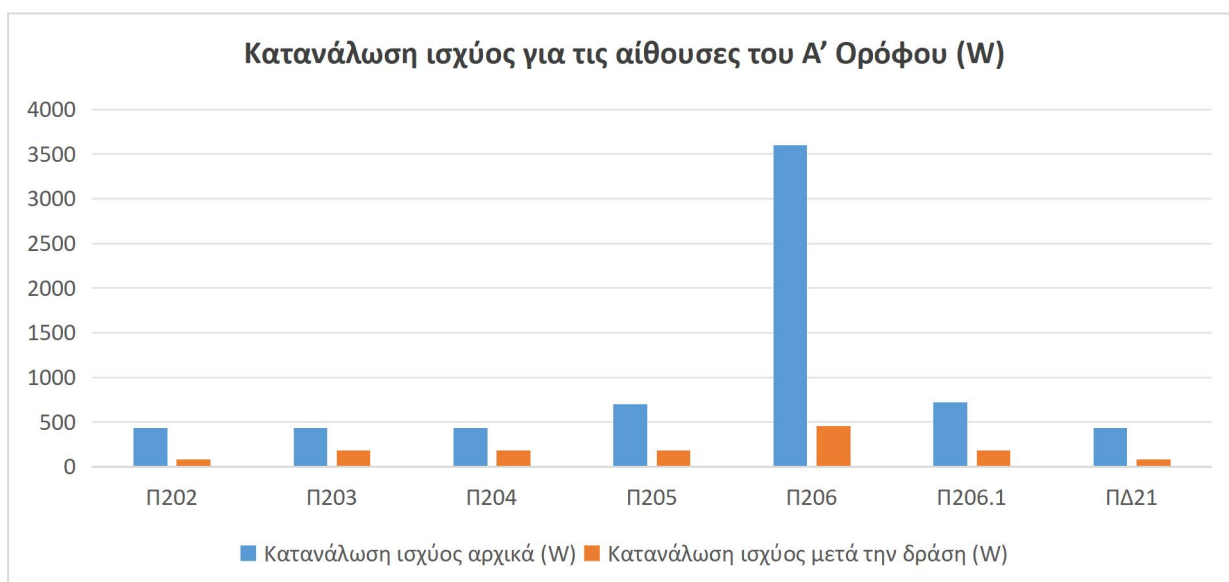
Στα πλαίσια της ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου παρουσιάστηκε η εκπόνηση μελέτης της αντικατάστασης των υφιστάμενων φωτιστικών με αντίστοιχα τύπου LED σε επιλεγμένους χώρους του κτιρίου Πατσαβού της Σιβιτανιδείου Δημόσιας Σχολής Τεχνών & Επαγγελματιών καθώς και οικονομοτεχνική ανάλυση για το εάν η δράση αυτή είναι βιώσιμη ή όχι.

Αρχικά παρουσιάζεται μια ενεργειακή αποτίμηση της ισχύος που εξοικονομείται μετά την συγκεκριμένη δράση. Στα Σχήματα 6.1, 6.2 και 6.3 φαίνεται η κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος για ανάγκες φωτισμού ανά αίθουσα αρχικά και μετά την αντικατάσταση των υπαρχόντων φωτιστικών με αντίστοιχα L.E.D. Σημειώνεται ότι στους χώρους και αίθουσες όπου δεν υπάρχει μεταβολή ως προς την ισχύ, δεν υπήρξε πρόβλεψη για αντικατάσταση φωτιστικών, συνεπώς και δεν εκπονήθηκε μελέτη φωτισμού εκεί. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.1. για τους χώρους του Ισογείου η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ισχύος φαίνεται να γίνεται στις αίθουσες Π103 και Π108 σε ποσοστό 80,56% και 78,83% αντίστοιχα. Η μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας φαίνεται στη αίθουσα Π107 σε ποσοστό 47,67%. Στις αίθουσες Π104-Π105 φαίνεται ότι μετά την δράση υπάρχει κατανάλωση επιπλέον ισχύος. Αυτό οφείλεται στην ανακατάταξη του αριθμού των φωτιστικών στους χώρους όπου αρχικά υπήρχαν 12 φωτιστικά και μετά την δράση θα υπάρχουν συνολικά 18 φωτιστικά (9 φωτιστικά για την αίθουσα Π104 και Π105 αντίστοιχα). Οι συγκεκριμένοι χώροι υποφωτιζόταν, δηλαδή διέθεταν λιγότερους λαμπτήρες από αυτούς που απαιτούνται και κατά συνέπεια δεν πληρούσαν τις απαιτούμενες προδιαγραφές της απαιτούμενης έντασης φωτισμού και ομοιομορφίας, πράγμα που καθιστούσε αυτούς δυσλειτουργικούς για την επίτευξη της αποστολής τους. Έτσι με την προσθήκη επιπλέον φωτιστικών παρόλο που καταγράφεται φαινομενικά μία αύξηση της καταναλισκόμενης ισχύος μετά την αντικατάσταση με φωτιστικά LED, η επιλογή αυτή εξασφαλίζει υψηλότερα επίπεδα οπτικής άνεσης και ομοιομορφίας στον φωτισμό των συγκεκριμένων χώρων καθιστώντας τους χώρους αυτούς βελτιωμένους ποιοτικά από άποψη φωτισμού. Δηλαδή αυτό οδήγησε πρακτικά στην βελτίωση των συνθηκών διδασκαλίας και κατ' επέκταση στην αποτελεσματικότερη διεξαγωγή των μαθημάτων επιτελώντας την σκοπιμότητα της ύπαρξης των συγκεκριμένων χώρων.



Σχήμα 6.1. Διαγραμματική απεικόνιση κατανάλωσης ισχύος για τους χώρους του Ισογείου πριν και μετά την δράση.

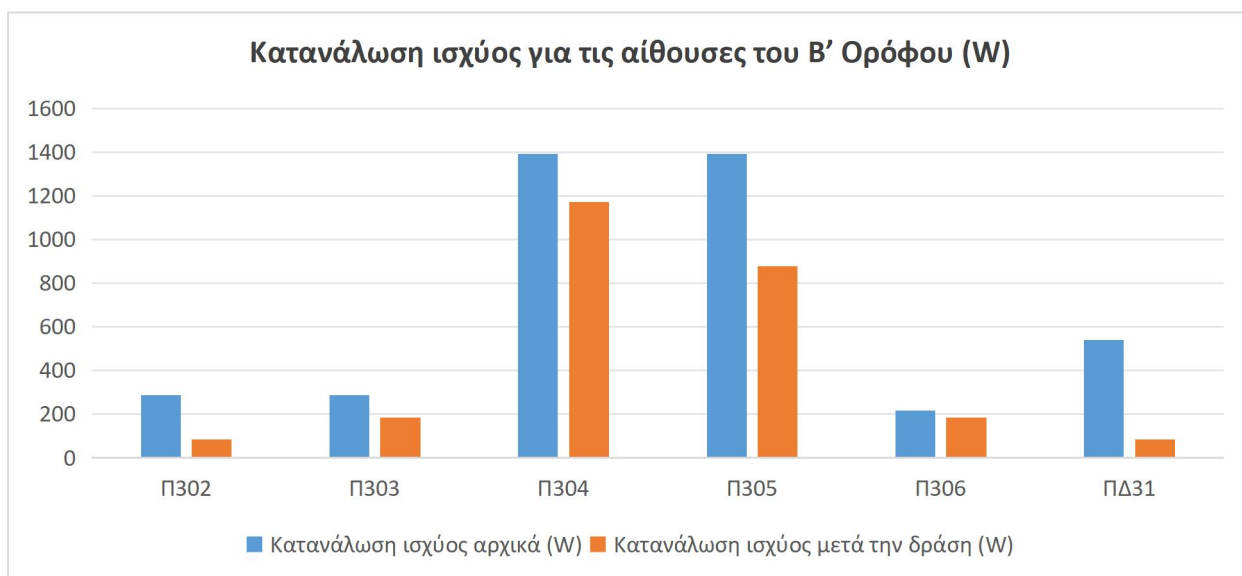
Στο Σχήμα 6.2. για τους χώρους του Α' Ορόφου η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ισχύος φαίνεται χαρακτηριστικά στην αίθουσα Π206 σε ποσοστό 87,30% όπου σε αυτή την αίθουσα έχουν τοποθετηθεί φωτιστικά αρκετά χαμηλής ισχύος και συγκεκριμένα 30,49 W για κάθε φωτιστικό. Η μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας φαίνεται στις αίθουσες Π203 και Π204 σε ποσοστό 57,66% έκαστο.



Σχήμα 6.2. Διαγραμματική απεικόνιση κατανάλωσης ισχύος για τους χώρους του Α' Ορόφου πριν και μετά την δράση.

Τέλος στο Σχήμα 6.3. για τους χώρους του Β' Ορόφου η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ισχύος προκύπτει στον χώρο ΠΔ31 σε ποσοστό 84,44%. Η μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας φαίνεται στις αίθουσες Π304 και Π306 σε ποσοστά 15,86% και 15,32% αντίστοιχα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η αίθουσα Π206 όπου φαίνεται να υπάρχει η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ισχύος μεταξύ όλων των υπόλοιπων χώρων της εξεταζόμενης κτιριακής εγκατάστασης αφορά το Γραφείο των Καθηγητών το οποίο καλύπτει συνολική επιφάνεια 88,63 m² η οποία είναι η μεγαλύτερη μεταξύ των υπόλοιπων αιθουσών της εγκατάστασης.



Σχήμα 6.3. Διαγραμματική απεικόνιση κατανάλωσης ισχύος για τους χώρους του Β' Ορόφου πριν και μετά την δράση.

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 4 η εξοικονόμηση ισχύος ουσιαστικά είναι μεγαλύτερη από αυτή που έχει υπολογιστεί καθώς δεν έχει συνυπολογιστεί η απαιτούμενη επιπλέον ισχύς που απαιτείται για την λειτουργία των ballasts. Έτσι φαίνεται ότι η τοποθέτηση των φωτιστικών τύπου L.E.D. δύναται να προσφέρει και μεγαλύτερο κέρδος από αυτό που έχει υπολογιστεί στο Κεφάλαιο 5 στα πλαίσια της οικονομοτεχνικής ανάλυσης της δράσης.

Από άποψη οικονομοτεχνικής ανάλυσης στο συνολικό κόστος υπολογίστηκε το ενεργειακό κόστος των φωτιστικών σε ετήσια βάση καθώς και το κόστος της αρχικής τους εγκατάστασης. Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας, έδειξε ότι η επένδυση αυτή καθίσταται βιώσιμη σε μικρό χρονικό διάστημα με επιτόκιο αναγωγής 5%.

Θα μπορούσαν να γίνουν και πρόσθετες παρεμβάσεις στο σύστημα φωτισμού με τοποθέτηση έξυπνων αισθητήρων φωτισμού καθώς και ρυθμιστών έντασης (dimmers). Πιο συγκεκριμένα,

οι τελευταίοι είναι συσκευές οι οποίες ελέγχουν το ποσό της τάσης που τροφοδοτεί κάποιο φωτιστικό σώμα και με αυτές εκτός από το γεγονός ότι εξοικονομείται ενέργεια, προσαρμόζεται ο φωτισμός κατάλληλα στους ενδιαφερόμενους χώρους με αποτέλεσμα να παρέχεται το πλεονέκτημα της ευελιξίας και της βελτίωσης της παραγωγικότητας [9]. Οι έξυπνοι αισθητήρες φωτισμού δρουν επικουρικά στο σύστημα φωτισμού καθώς επιτρέπουν τη λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων όταν ανιχνεύεται ανθρώπινη παρουσία με εφαρμογή τεχνολογίας υπέρυθρων ακτινοβολιών ή μικροκυμάτων. Αυτό γίνεται με αυτοματοποιημένο τρόπο που εκτός από την ασφάλεια που παρέχεται εξοικονομείται και ενέργεια καθώς οι λαμπτήρες είναι αναμμένοι στο διάστημα που πραγματικά εξυπηρετούν την αποστολή που διενεργούν. Επίσης με τη χρήση των ρυθμιστών έντασης φωτισμού (dimmers) υπάρχει η δυνατότητα δυναμικότητας στην παρεχόμενη ένταση σε κάθε αίθουσα ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετεί καθώς και με το πλήθος των εκπαιδευομένων που υπάρχουν σε αυτήν.

Η αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών με αντίστοιχα τεχνολογίας LED, στους χώρους όπου προβλέπεται η συγκεκριμένη παρέμβαση, δεν περιορίζεται μόνο στην επίτευξη σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας. Παράλληλα, αναβαθμίζει ουσιαστικά και την ποιότητα του φωτισμού, προσφέροντας καλύτερη οπτική άνεση, ομοιομορφία φωτισμού και βελτιωμένη απόδοση χρωμάτων. Επιπλέον, η μελέτη έχει εκπονηθεί σε πλήρη εναρμόνιση με τα ισχύοντα πρότυπα και τις σχετικές οδηγίες, τα οποία καθορίζουν τις φωτοτεχνικές απαιτήσεις κάθε χώρου ανάλογα με τη χρήση του. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται όχι μόνο η ενεργειακή αποδοτικότητα της εγκατάστασης αλλά και η βελτιστοποίηση των συνθηκών εργασίας και ασφάλειας των χρηστών.

Εν κατακλείδι, το γεγονός ότι με την παρούσα δράση επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, με ταυτόχρονη ταχεία απόσβεση του κόστους επένδυσης και ουσιαστική αναβάθμιση της ενεργειακής, οικονομικής και ποιοτικής διάστασης των χώρων, μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για την υλοποίηση αντίστοιχων παρεμβάσεων και σε άλλους δημόσιους χώρους και υπηρεσίες. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η ποιότητα ζωής των πολιτών, ενισχύονται οι συνθήκες ορθής δημοσιονομικής διαχείρισης και παράλληλα προάγεται η προστασία του περιβάλλοντος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α- Επιλεγθέντα φωτιστικά

Στο Παράρτημα Α παρατίθενται τα φύλλα δεδομένων των φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης φωτισμού της κτιριακής εγκατάστασης. Σε κάθε φύλλο παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε φωτιστικού, όπως οι διαστάσεις και το βάρος του, καθώς και στοιχεία φωτοτεχνικού και ενεργειακού ενδιαφέροντος, όπως ο δείκτης χρωματικής απόδοσης, η ένταση φωτισμού, η καταναλισκόμενη ισχύς και η διάρκεια ζωής. Τα δεδομένα αυτά αποτέλεσαν τη βάση για την επιλογή του κατάλληλου φωτιστικού σε κάθε χώρο, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες του προσωπικού που εργάζεται σε αυτόν. Συγκεκριμένα:

- Στο Σχήμα ΠΑ.1 αποδίδονται τα χαρακτηριστικά του φωτιστικού CDL02, το οποίο χρησιμοποιήθηκε κυρίως στους διαδρόμους.
- Στο Σχήμα ΠΑ.2 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του φωτιστικού TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840WB WH DALI, που τοποθετήθηκε στις αίθουσες διδασκαλίας Π103, Π202 και Π302.
- Στα Σχήματα ΠΑ.3 και ΠΑ.4 δίνονται οι τεχνικές περιγραφές των φωτιστικών TrueLevel, τα οποία επιλέχθηκαν για τις αίθουσες Π104 και Π105.
- Στις περισσότερες αίθουσες του κτηρίου (Π106, Π108, Π203, Π204, Π205, Π206, Π206.1, Π303 και Π304) χρησιμοποιήθηκαν τα φωτιστικά COMMERCIAL LINEAR – Crescent Multi-Wattage 4ft, με τα φύλλα δεδομένων να παρουσιάζονται στα Σχήματα ΠΑ.5 και ΠΑ.6.
- Στο Σχήμα ΠΑ.7 παρατίθενται τα χαρακτηριστικά του φωτιστικού Targetti Sankey – THREESIXTY, που εφαρμόστηκε στους χώρους των Σχεδιαστηρίων.
- Τέλος, στα Σχήματα ΠΑ.8 και ΠΑ.9 παρουσιάζονται τα τεχνικά στοιχεία του φωτιστικού SlimBlend Square, Surface mounted, το οποίο χρησιμοποιείται στην αίθουσα Π107.



CDL02

Colour and wattage switchable commercial downlight

Features

IP rating	IP44
CSP switchable	Switchable CCT
UGR	27
Sensor option	No
Dimmable option	No
Input	220-240V 50/60Hz
LED lifetime	50,000h L70
CRI	80 Ra
SDCM	5 SDCM
Emergency option	No

Installation information

Install connector type	Flying lead
Insulation coverable	No
Cut out size	120-200mm
Inrush current	12.3A, 0.1ms
Construction material	Lens: acrylic, body: nylon, bracket: steel
Weight	500g
Maximum ambient temperature	40°C
Electric class (1, 2, 3)	2

Photometrics @ 25°C

Product code	Feature	Finish	W	CCT	Beam angle	lm	lm/W	Energy
CDL02185	Switchable wattage & switchable CCT	Matt white	12W	3000K	110°	1250	104	
				4000K	110°	1450	120	
				6000K	110°	1400	116	
			18W	3000K	110°	1650	92	
				4000K	110°	2000	111	
				6000K	110°	1800	100	

Wiring information

Cable / flying lead	Flying lead 2x 0.75mm², 155mm
Type of wiring required	Parallel

Accessories

N/A	No accessories required
-----	-------------------------

Commercial Downlights

Colour switchable between 3000K, 4000K & 6500K

Wattage switchable between 12W & 18W

High efficacy of up to 120lm/W

Guarantee

3 years

Features & benefits

Bracket that fits cut-outs from 120 to 200mm, surface mount and Besa box, ideal for any installation requirements

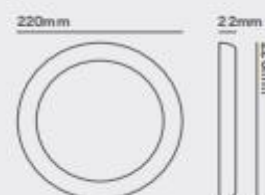
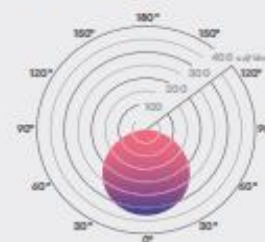
Flicker free, making it comfortable on the eye

Has a slim profile for an aesthetic finish

IP44 rating makes it suitable for use in kitchens and bathrooms

Tool free twist and lock bracket for ease of installation

Beam angle: 110°



Σχήμα ΠΑ-1. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού CDL02 [10].

Product data sheet

SYSTEM BATTEN LUMINAIRE TRAQ ICE M1200 21W 3350LM CRI > 80

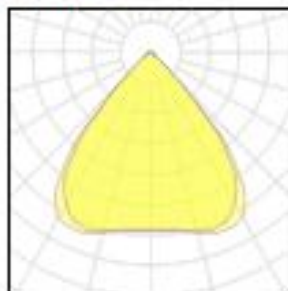
2005.5043 - TRAQ ICE INS M1200 LED3350-840 WB WH QNF

REGENT



System batten luminaire Traq ICE m1200, for mounting on ICE mounting rail, with LED, system power: 21 W, standby power 0 W, luminous flux of luminaire 3350 lm, colour rendering index CRI > 80, colour temperature 4000 K, neutral white, colour tolerances SDCM 3, lifetime LED L80 T2'000 h, photobiological safety: the luminaire poses no danger (RG0), 230 V, direct light emission, gear tray made of aluminium white similar to RAL 9016 with UV-resistant LED optics in polymethyl methacrylate (PMMA), wide beam, 1 integral control gear, ON/OFF, with halogen-free wiring, support profile and system components to be ordered separately protection class I, ingress protection IP20, impact strength IK 05, for ambient temperatures 0 to +35 °C, this product contains a light source of energy efficiency class B and EPREL registration number: 1249135 L = 1186 mm, B = 65 mm, H = 65 mm

Light output 1



1 x LED

Nominal lamp power	23 W	LOR	100%
Lamp flux	3350 lm	Total flux	3357 lm
Luminous efficacy	146 lm/W	Total power	21 W
CCT	4000 K		
CRI	80		

Mounting mode

Ceiling mounted, Contact rail

Shape and measurements

Length: 46.69 in

Width: 2.56 in

Height: 0.43 in

Weight: 1.792 kg

Adjustability

Fixed

Design

Color of housing: White

Electric

System power: 21 W

Appliance Class: I

Protection

IP: 20

IK: 05

Σχήμα ΠΑ.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού TRAQ ICE INS m1200 LED3350-840WB WH DALI [11].



TrueLevel, surface mounted

SM540C LED31S/840 PSD PIP L1480 9003

TrueLevel - LED Module, system flux 3100 lm - 840 neutral white - Power supply unit with DALI interface - - - Push-in connector and pull relief - Signal white - Office compliant version

Today's lighting fixtures need to deliver more than just light. In offices the ideal fixture needs to enable savings, and is expected to be ready for future advances. It must also be ready to be paired with lighting controls and systems. Moreover, the ideal office lighting fixture should also complement the interior design of the office space. Philips TrueLevel fulfills all these requirements and more! Building on the strengths of Philips TrueLine a superior light line technology for offices, TrueLevel's high efficiency, superior office-compliant lighting and readiness to be potentially paired with lighting systems makes it an excellent choice for offices. In addition, TrueLevel's stylish, minimalist, clean design complements the interior architecture and can become a design element on its own.

Product data

General Information		Gear	
Number of light sources	1 pc	Driver/power unit/transformer	Power supply unit with DALI interface
Lamp family code	LED215 (LED Module, system flux 3100 lm)	Driver included	Yes
Beam angle of light source	- °	Optic type	-
Light source color	840 neutral white	Optical cover/lens type	Polymethylmethacrylate base/cover
Cap-Bore	- [-]	Luminaire light beam spread	100°
Light source replaceable	No	Embedded control	-
Number of gear units	1 unit	Control interface	DALI

Σχήμα ΠΑ.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού TrueLevel, surface mounted [12].

TrueLevel, surface mounted

Connection	Push-in connector and pull relief
Cable	-
Protection class IEC	Safety class I
Standard RAL color	Signal white
Glow-wire test	Temperature 550°C, duration 5 s
Flammability mark	For mounting on normally flammable surfaces
Type description	Office compliant version
CE mark	CE mark
ENEC mark	ENEC plus mark
UL mark	-
Warranty period	5 years
Remarks	* Per Lighting Europe guidance paper † Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018†: statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Constant light output	No
Number of production MOs of 16 A type II	24
RoHS mark	RoHS mark
WEEE mark	WEEE mark
Accessory PFC	N/A
Product family code	SMS-80C (TrueLevel)
Unified glare rating CEN	19
Operating and Electrical	
Input Voltage	220-240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Control signal voltage	0-16 VDC DALI
Inrush current	12 A
Inrush time	0.28 ms
Power Factor (Min)	0.9
Controls and Dimming	
Dimmable	Yes
Mechanical and Housing	
Geometry	-
Housing Material	Steel
Reflector material	-
Optic material	-
Optical cover/lens material	Polymethyl methacrylate
Gear tray material	Steel

Reaction material	Steel
Optical cover/lens finish	Frosted
Overall length	1480 mm
Overall width	125 mm
Overall height	64 mm
Color	White
Approval and Application	
Ingress protection code	IP40 (Wire-protected)
Mech. impact protection code	IK02 (0.2 J standard)
Initial Performance (IEC Compliant)	
Initial luminous flux (system flux)	300 lm
Luminous flux tolerance	+/-10%
Initial LED luminaires efficacy	19 lm/W
Init. Corr. Color Temperature	4000K
Init. Color Rendering Index	880
Initial chromaticity	(0.28, 0.28) SDCM <3
Initial input power	20.5 W
Power consumption tolerance	+/-10%
Over Time Performance (IEC Compliant)	
Control gear failure rate at median useful	5 %
Life 50000 h	
Lumen maintenance at median useful life* L80	
50000 h	
Application Conditions	
Ambient temperature range	+10 to +40 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Maximum drive level	1%
Suitable for random switching	No
Product Data	
Full product code	87986 990 71030 0
Order product name	SMS-80C LE DALI/040 P-SD R/P L3480 9003
EAN/UPC - Product	87986 990 7103
Order code	91050-4TH50 3
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Pairs per outer box	1
Material Nr. (DIN)	91050-4TH50 3
Net Weight (Piece)	5.500 kg



Σχήμα ΠΑ.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού TrueLevel, surface mounted [12].



ACRESLED4

Crescent CCT Surface/Suspended Linear 21-35W



Features

High specification fully enclosed linear luminaire suitable for most commercial and educational applications

Steel powder coated body for enhanced durability

Polycarbonate diffuser and polished louvre for excellent photometric performance

Integral switches for multiple wattages and selectable CCT

CCT selectable between 3000K and 4000K

Suitable for surface mounting and suspension

Powered by Philips

General Information

IP Rating	IP20
Class Protection	1
Internal / External	Internal
Surface / Recessed / Suspended	Surface/Suspended
Lifetime (Hrs)	L70 54,000
Warranty (Years)	5
Length (mm)	1200
Width (mm)	200
Depth (mm)	55
Accessories	ASK1

Technical Information

Wattage	21-35W
Lumens Delivered	3100-4900lm (4000K)
Lm/W	146-139lm (4000K)
Beam Angle	80
CRI	Ra 80
CCT	3000K/4000K
Input	220-240V
Hertz	50/60Hz
Operating Temp	-20°C to 50°C
SDCM	3
UGR	18

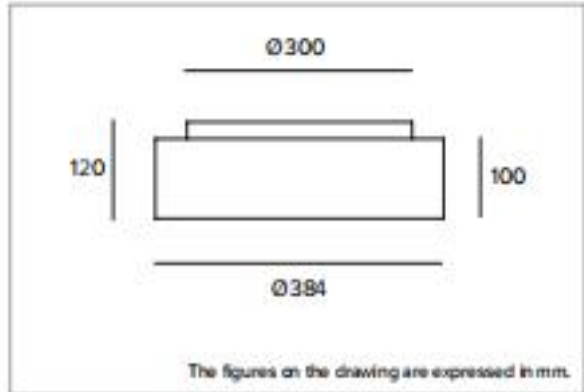
Datasheet generated from <https://onetimepim.com> last updated Tuesday, July 5, 2022 2:23:27 PM

1T6085DA | THREESIXTY

Circular LED fixture for ceiling, recessed, semi-recessed and wall mounted installations



	4000K	m(m)	D(m)	Emax(h)
Ra80			134°	
Fixture Power	48W	3	3.09	890
Source Flux	4819lm	2	6.18	223
Fixture flux	3141lm	3	9.26	99
Efficacy	65lm/W	4	12.35	56
TS1515	max 1850lm/area	5	15.44	36

**SOURCE**

The LED Engine is made up of self-cooling circular boards. Tunable White version available on request.

Energy efficiency class: D, F

Nominal power: 48W

Nominal flux: 4819lm

Colour rendering index: 80

R_a: 82.6

R_g: 95.7

CCT nominal: 4000K

SDCM: 3

Lifetime 30000h tq+25°C: L95/B10

Lifetime 50000h tq+25°C: L94/B10

ILLUMINOTECHNICAL CHARACTERISTICS

OPAL Direct + HALO effect Version: High luminance transmission and light diffusion opaline polycarbonate lower diffusive screen. Small indirect light component for a bacelit effect.

Emission: OPAL + HALO

Optical efficiency: 65%

Fixture flux: 3141lm

Luminous efficacy: 65lm/W

Photobiological safety: Compliant with RG1 low risk group

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Calendered extruded aluminium body.

Colour and finish: Plaster white

Dimensions: D=384mm

Weight: 4.6Kg

Degree of protection: IP20 for recessed part

Degree of protection: IP40 for exposed part

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Integrated DALI power supply. Emergency Pack available on request.

Equipped with a rapid connector for mains connection. Luminaire

compliant with EN 60598-2-22 for power supply from a centralised

emergency system CPSS (Central Power Supply System) not

incorporated in the luminaire - high risk areas excluded. The default

power and flux are 100% in AC and 100% in DC.

Fixture Power: 48W

Power supply: 220-240Vac 50/60Hz

Insulation Class: CLASS 1

Type of driver / Control: DALI

Driver included: YES

Class F: YES

SAFETY FLICKER: PstLM<1 and SVM<0.4 (IEC TR 61547-1 and IEC TR

63158) to ensure a more comfortable and safe light

Ambient temperature: 0°C / +25°C

INSTALLATION

Polycarbonate fixing system is pre-set for ceiling or wall mounted installations. Recessed installation is possible using a special accessory to be ordered separately.

NOTES

Casambi control system available using a dedicated accessory. Check mounting instructions to verify the quantity of DALI drivers installed. 110-277Vac version available on request.

WARRANTY

5 years.

WARNING

Luminaire designed for disposal/recycling at end-of-life. Replaceable (LED only) light source by a professional. Replaceable control gear by a professional.

Σχήμα ΠΑ.7. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού Targetti Sankey - THREESIXTY [14].



SlimBlend Square, surface mounted

SM400C LED36S/830 PSU W60L60

SlimBlend mounted module 600, 830 warm white, Power supply unit (On/Off), Push-in connector and pull relief

Office norm-compliant lighting with good quality of light is in demand. Moreover, there is also an increasing need for comfort-enhancing effects such as diffused lighting and lighting smoothly blending into the ceiling architecture. That's why 'surface of light' solutions are becoming more and more popular. But parallel to these needs, are the demands to reduce energy and maintenance costs. SlimBlend answers all these needs and more. Not only does it provide glare-free comfort with a diffuse effect and clutter-free aesthetics thanks to integrated control options, it also creates a special blending of light. It uses the 'trapped' light under the masking to create a subtle glow, with a soft transition to the edge, lowering the brightness perception and blending the light into the ceiling. SlimBlend can also be part of a connected lighting system and integrated into the IT infrastructure enabling data on usage to be collected to help reduce energy costs and enhance employee comfort further. Also, thanks to the slim design, it enables technical equipment to be more easily installed in the plenum. Moreover, thanks to the variety of ways of mounting, various ceiling types can take advantage of this luminaire family. SlimBlend comes in square, rectangular and can be either recessed, surface-mounted, suspended. It offers a good balance between initial cost and ROI, making it the ideal choice for delivering excellent quality of light and a fast Return on Investment for offices.

Product data

General information		Driver included	
Light source replaceable	No	Remarks	Yes
Number of gear units	1 unit		*-Per Lighting Europe guidance paper
			*Evaluating performance of LED based

Datasheet, 2023, September 5

data subject to change

Σχήμα ΠΑ.8. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού SlimBlend Square, Surface mounted [15].

SlimBlend Square, surface mounted

	luminaires - January 2018*: statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore, the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Service tag	Yes
Product family code	SM400C [SlimBlend mounted module 600]
Lighting Technology	LED
Value ladder	Specification
CE mark	Yes
Warranty period	5 years
Flammability mark	For mounting on normally flammable surfaces
ENEC mark	ENEC mark
Glow-wire test	Temperature 650 °C, duration 5 s
EU RoHS compliant	Yes
Light Technical	
Luminous Flux	3,600 lm
Correlated Color Temperature (Nom)	3000 K
Luminous Efficacy (rated) (Nom)	100 lm/W
Color rendering index (CRI)	80
Beam angle of light source	120 degree(s)
Light source color	830 warm white
Optic type	-
Luminaire light beam spread	120°
Unified glare rating CEN	19
Operating and Electrical	
Input Voltage	220-240 V
Line Frequency	50 to 60 Hz
Inrush current	18 A
Inrush time	0.250 ms
Power Consumption	36 W
Power Factor (Fraction)	0.9
Connection	Push-in connector and pull relief
Cable	-
Number of products on MCB of 16 A type B 30	
Temperature	
Ambient temperature range	+10 to +40 °C
Controls and Dimming	
Dimmable	No
Driver/power unit/transformer	Power supply unit (On/Off)
Constant light output	No

Mechanical and Housing	
Housing Material	Stainless steel
Reflector material	-
Optic material	Polymethyl methacrylate
Optical cover material	Polymethyl methacrylate
Fixation material	Steel
Housing Color	White
Optical cover finish	Textured
Overall length	600 mm
Overall width	600 mm
Overall height	52 mm
Dimensions (Height x Width x Depth)	52 x 600 x 600 mm
Approval and Application	
Ingress protection code	IP20 [Finger-protected]
Mech. impact protection code	IK02 [0.2 J standard]
Protection class IEC	Safety class II
Initial Performance (IEC Compliant)	
Luminous flux tolerance	+/-10%
Initial chromaticity	(0.43, 0.40) SDCM<3
Power consumption tolerance	+/-10%
Over Time Performance (IEC Compliant)	
Control gear failure rate at median useful life 50000 h	5 %
Lumen maintenance at median useful life* 50000 h	L80
Application Conditions	
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Suitable for random switching	Yes
Product Data	
Order product name	SM400C LED36 S/830 PSU W60L60
Full product name	SM400C LED36 S/830 PSU W60L60
Full product code	871869917711900
Order code	910500459964
Material Nr. (12NC)	910500459964
Numerator - Quantity Per Pack	1
EAN/UPC - Product/Case	8718699177119
Numerator - Packs per outer box	1
EAN/UPC - Case	8718699177119

Βιβλιογραφία

- [1] Φ. Β. Τοπαλής, Λ. Οικονόμου & Σ. Κουρτέση, *Φωτοτεχνία*. Εκδόσεις Τζιόλα, 2021.
- [2] F. contributors, “Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία,” *Science Wiki*, 2024.
https://science.fandom.com/el/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%91%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CE%B1
- [3] “Στερεά γωνία Steradian Sphere Στερεά γεωμετρία, διάφορες γωνίες, γωνία, κύκλος png | PNGegg,” *Pngegg.com*, 2025. <https://www.pngegg.com/el/png-ejlgj>
- [4] T.E.E., “Τεχνητός και Φυσικός Φωτισμός Κτηρίων,” Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα, Apr. 2021. Available: <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/TOTEE-20701-7-2021.pdf>
- [5] Σιβιτανίδειος Δημόσια Σχολή Τεχνών & Επαγγελματιών, “Σιβιτανίδειος Δημόσια Σχολή Τεχνών & Επαγγελματιών,” *Sivitanidios.edu.gr*, 2025. <https://www.sivitanidios.edu.gr/>
- [6] Google Maps, “Σιβιτανίδειος Δημόσια Σχολή Τεχνών & Επαγγελματιών,” 2025. Available: https://www.google.com/maps/place/%CE%A3%CE%B9%CE%B2%CE%B9%CF%84%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%B4%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CF%82+%CE%94%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%B1+%CE%A3%CF%87%CE%BF%CE%BB%CE%AE+%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CF%8E%CE%BD+%CE%BA%CE%B1%CE%B9+%CE%95%CF%80%CE%B1%CE%B3%CE%B3%CE%B5%CE%BB%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD/@37.961809,23.6952149,694m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x14a1bc5f7a486dd9:0x5b8a9de38e8f69ed!8m2!3d37.9607319!4d23.696289!16s%2Fg%2F12384rz_?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MTAwMS4wIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D
- [7] RELUX Informatik AG, “Home | RELUX Informatik AG,” *RELUX Informatik AG*, 2025. <https://www.relux.com/>

[8]Ι. Ψαρράς, Β. Μαρινάκης & Χ. Δούκας, *Διαχείριση Ενέργειας & Περιβαλλοντική Πολιτική*. Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2022.

[9]Σ. Σαμολαδάς, “Study on the Problems That Current Harmonics Cause on Theatrical Lighting,” 2004. Accessed: Jun. 30, 2004. [Online]. Available: <http://ikee.lib.auth.gr/record/291128/files/Diplwmatiki.pdf>

[10]Collingwood, “Commercial Industrial,” Jul. 2004. Available: <https://www.collingwoodlighting.com/wp-content/uploads/2024/07/BRO-COM-UK-JUL2024.pdf>

[11]luminaires.dialux.com, *Product Data Sheet-SYSTEM BATTEN LUMINAIRE TRAQ ICE M1200 21W 3350LM CRI > 80 2005.5042 - TRAQ ICE INS M1200 LED3350-840 WB WH DALI*. 2025. Available: https://luminaires.dialux.com/en-US/article/pdf/t_7XvvMATUKqglLRVYRpvg

[12]PHILIPS, *TrueLevel, Surface Mounted*. 2019. Accessed: Jul. 09, 2019. [Online]. Available: <https://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp910504114503-pss-global>

[13]Downlights Direct, “Ansell Crescent CCT LED Surface Linear,” *DownlightsDirect*, 2022. <https://www.downlightsdirect.co.uk/ansell-crescent-cct-led-surface-linear.html> (accessed Oct. 04, 2025).

[14]Targetti Sankey S.r.l, *1T6139DA | THREESIXTY Circular LED Fixture for Ceiling mounted, suspension, recessed, semi-recessed and Wall Mounted Installations*. 2024. Accessed: Oct. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.targetti.com/media/item/datasheet/en/1T6139DA%20-%20datasheet%20-%20en.pdf>

[15]PHILIPS, *SlimBlend Square, Surface Mounted*. 2023. Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: https://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp910500459964-pss-en_gb

