



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Μελέτη φωτισμού εσωτερικών και εξωτερικών χώρων του Μουσείου του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου που θα στεγαστεί στον πρώην χώρο Μηχανουργείου

Διπλωματική Εργασία

του φοιτητή

Καλάκου Αθανάσιου

Επιβλέπων: Δρ. Λάμπρος Θ. Δούλος
Επιβλέπων Καθηγητής: Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Αθήνα, Μάρτιος 2023



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

Μελέτη φωτισμού εσωτερικών και εξωτερικών χώρων του
Μουσείου του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου
Λαυρίου που θα στεγαστεί στον πρώην χώρο
Μηχανουργείου

Διπλωματική Εργασία

του φοιτητή

Καλάκου Αθανάσιου

Επιβλέπων Καθηγητής: Φραγκίσκος Β.Τοπαλής

Καθηγητής ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20/03/2023.

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Ιωάννης Φ. Γκόνοσ

Ευάγγελος Κορρές

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2023

Καλάκος Αθανάσιος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Καλάκος Αθανάσιος, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία ασχολείται με μια φωτοτεχνική μελέτη στο μελλοντικό Μουσείο του Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου, πρώην Μηχανουργείο, στο πλαίσιο της οποίας εφαρμόστηκαν όλες οι αρχές λειτουργίας και τα πρότυπα φωτισμού. Η εργασία βασίστηκε σε εκτεταμένη έρευνα και μελέτη των παραμέτρων που επηρεάζουν τον φωτισμό σε μουσεία. Για την υλοποίηση της μελέτης, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Dialux, το οποίο βοήθησε στην προσομοίωση και την αξιολόγηση του φωτισμού σε διάφορες περιπτώσεις. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτίωση του σχεδιασμού του φωτισμού στο μουσείο, με στόχο τη βελτίωση της εμπειρίας των επισκεπτών και τη διατήρηση των εκθεμάτων. Επιπλέον, για την κατασκευή των σχεδίων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Autocad, το οποίο επέτρεψε τη δημιουργία ακριβών σχεδίων του μουσείου και των εκθεμάτων του. Πέρα από τη βελτίωση του φωτισμού και τη σχεδίαση του μουσείου, η διπλωματική εργασία εξέτασε επίσης τον επικοινωνιακό ρόλο του φωτισμού στην ανάδειξη των εκθεμάτων και την ενίσχυση της επικοινωνίας τους με το κοινό. Μέσω της έρευνας και των αναλύσεων, διαπιστώθηκε ότι ο φωτισμός μπορεί να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παρουσίαση των εκθεμάτων και τη δημιουργία μιας εντυπωσιακής ατμόσφαιρας που θα εντυπωσιάζει τους επισκέπτες. Η μελέτη αυτή αποτελεί επίσης μια προσπάθεια για την ενσωμάτωση των αρχών της βιωσιμότητας στην σχεδίαση του φωτισμού σε μουσεία. Η αποδοτική χρήση της ενέργειας και η ελαχιστοποίηση της επίδρασης του φωτισμού στο περιβάλλον είναι κρίσιμες πτυχές για τη διατήρηση των εκθεμάτων και τη βιωσιμότητα των μουσείων. Η διπλωματική εργασία αναδεικνύει επίσης τη σημασία της συνεργασίας μεταξύ ειδικών διαφόρων πεδίων, όπως οι μηχανικοί και οι αρχιτέκτονες, για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων στον τομέα της φωτιστικής σχεδίασης. Η διακριτική ικανότητα και οι τεχνικές γνώσεις που κατέχουν οι ειδικοί σε κάθε πεδίο αποδεικνύονται απαραίτητες για την επίτευξη αποτελεσματικών αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η διπλωματική εργασία εξέτασε τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών φωτισμού, όπως οι LED, και τη συνδυαστική χρήση τους για τη δημιουργία διαφορετικών ατμοσφαιρών στο μουσείο. Οι LED φωτιστικές πηγές προσφέρουν μια πιο οικολογική και οικονομική λύση. Ο κορμός της διπλωματικής χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια . Το πρώτο ασχολείται με την ιστορία και τις αρχές του φωτισμού. Στην συνέχεια αναλύονται τα βασικά στοιχεία μια φωτοτεχνικής μελέτης. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε βασικές αρχές που ακολουθήθηκαν και σε παραδείγματα φωτισμού ανάλογων χώρων σε Ελλάδα και εξωτερικό. Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετήθηκε η ιστορία του Πάρκου και η σημαντικότητα της ανάδειξης των εκθεμάτων του Μουσείου μιας και αυτά αποτελούν πολιτιστική κληρονομιά της χώρας μας. Τέλος παρουσιάστηκαν τα σενάρια φωτισμού και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μελέτη που εκπονήσαμε καθώς και ένας μικρός σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

Λέξεις Κλειδιά

Μουσείο, Τεχνητός Φωτισμός, LED, Μελέτη Φωτισμού, Φωτισμός Εκθεμάτων

Abstract

The thesis deals with a phototechnical study in the future Museum of the Technology Park of Lavrion, formerly Mechanical Engineering. Within the framework of which all the operating principles and lighting standards were applied. The thesis was based on extensive research and study of the parameters that affect lighting in museums. Dialux software was used to implement the study, which helped in simulating and evaluating the lighting in various situations. The simulation results were used to improve the lighting design in the museum, with the aim of improving the visitor experience and preserving the exhibits. In addition, Autocad software was used to create the drawings, which allowed the creation of accurate drawings of the museum and its exhibits. In addition to improving the lighting and design of the museum, the thesis also examined the communicative role of lighting in highlighting the exhibits and enhancing their communication with the public. Through research and analysis, it was found that lighting can play an important role in presenting the exhibits and creating an impressive atmosphere to impress visitors. This study is also an attempt to integrate sustainability principles into the design of lighting in museums. Efficient use of energy and minimizing the impact of lighting on the environment are critical aspects for exhibit preservation and museum sustainability. The thesis also highlights the importance of collaboration between experts from different fields, such as engineers and architects, to solve complex problems in the field of lighting design. The discretion and technical knowledge possessed by experts in each field prove to be essential for achieving effective results. In addition, the thesis examined the use of advanced lighting technologies, such as LEDs, and their combined use to create different atmospheres in the museum. LED light sources offer a more ecological and economical solution. The body of the thesis is divided into five chapters. The first deals with the history and principles of lighting. The third chapter discusses the basic elements of a phototechnical study. The third chapter refers to the basic principles followed and examples of lighting of similar spaces in Greece and abroad. In the fourth chapter, the history of the Park and the importance of highlighting the exhibits of the Museum were studied, as they are a cultural heritage of our country. Finally, the lighting scenarios and the results obtained from the study we carried out were presented as well as a short commentary of the results.

Key words

Museum, Artificial Lighting, LED, Lighting Design, Exhibit Lighting

Στην οικογένεια μου που πίστεψε σε εμένα
και με βοήθησε σε όλες τις δυσκολίες που συνάντησα.

Ευχαριστίες

Η λέξη ευχαριστώ είναι πολύ λίγη για τον καθηγητή μου κο Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Καθηγητή Ε.Μ.Π., αφού πίστεψε σε εμένα και μου εμπιστεύτηκε την διεκπεραίωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησής της ήταν αρωγός, καθοδηγώντας με και προσφέροντας πρόθυμα τις πολύτιμες συμβουλές του. Επιπλέον, η συνδρομή του κου Λάμπρου Δούλου, Διδάκτορα του Ε.Μ.Π. συνέβαλε καθοριστικά στην ολοκλήρωση της, δίνοντας λύσεις με την εμπειρία του στα ποικίλα δυσεπίλυτα προβλήματα που προέκυψαν.

Ακόμα, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Αντιπρόεδρο του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου (ΤΠΠΑ), Καθηγητή κ. Δημήτριο Καλιαμπάκο, στον Διευθυντή κ. Ασημάκη Χαδουμέλη και σε όλο το διοικητικό προσωπικό του ΤΠΠΑ για την εξαιρετική συνεργασία και βοήθεια που μου προσέφεραν, παρέχοντάς μου πληροφορίες, καθώς και όλο το απαραίτητο υλικό για την εκπόνηση της εργασίας μου.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ την οικογένεια μου και όλους όσους υποστηρικτικά στάθηκαν στο πλάι μου κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	6
1 Εισαγωγή.....	21
1.1 Ιστορία Φωτισμού	21
1.2 Φωτισμός με χρήση ηλεκτρισμού	23
1.3 Αρχές Φωτισμού.....	24
1.3.1 Χρώμα φωτός	25
1.3.2 Θερμοκρασία φωτός φωτεινής Πηγής	27
1.4 Συμπεριφορά του φωτός	28
1.5 Μέτρηση Φωτισμού – Φωτοτεχνία	30
1.5.1 Φωτεινή Ροή.....	31
1.5.2 Φωτεινή Ένταση.....	33
1.5.3 Ένταση Φωτισμού	33
1.5.4 Λαμπρότητα.....	34
1.6 Μεγέθη ποιότητας φωτισμού.....	35
1.6.1 Δείκτης Ra	35
1.6.2 Θάμβωση.....	35
2 Φωτοτεχνική Μελέτη.....	37
2.1 Επιλογή Φωτεινής πηγής.....	37
2.2 Εσωτερικός Φωτισμός.....	39
2.2.1 Είδη φωτισμού και τρόπος τοποθέτησης.....	43
2.3 Εξωτερικός Χώρος	45
2.3.1 Τύποι φωτιστικών εξωτερικού χώρου.....	46
2.3.2 Τεχνικές φωτισμού εξωτερικού χώρου	50
2.4 Μελέτη φωτισμού.....	56
2.4.1 Ένταση φωτισμού χώρου – Πρότυπα φωτισμού	56
2.4.2 Συντελεστές φωτοτεχνίας.....	60
2.5 Έλεγχος φωτισμού.....	62
2.5.1 DALI.....	63

2.5.2	<i>KNX</i>	64
2.5.3	<i>Στρατηγικές ελέγχου φωτισμού</i>	65
3	Μελέτη φωτισμού σε χώρο Μουσείου	67
3.1	Παραδείγματα φωτισμού σε χώρους Μουσείων ανά τον κόσμο	70
4	Ιστορία και μεθοδολογία εκπόνησης φωτοτεχνικής μελέτης Μουσείου Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου	75
4.1	Ιστορική Αναδρομή Πάρκου	75
4.2	Μηχανουργείο -Φωτογραφικό υλικό.....	79
4.3	Σκιαγράφημα Μελέτης	88
5	Τελική Μελέτη χώρου Μηχανουργείου – Μουσείου του Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου	90
5.1	Αρχιτεκτονικά στοιχεία	90
5.1.1	<i>3D απεικόνιση χώρων στο περιβάλλον του Dialux</i>	98
5.2	Φωτισμός κτηρίου	101
5.2.1	<i>Χώρος Σεμιναρίων</i>	101
5.2.2	<i>Χώρος Εισόδου Μουσείου</i>	105
5.2.3	<i>Χώρος Προθάλαμου Μουσείου</i>	109
5.2.4	<i>Χώρος Μουσείου</i>	114
5.2.5	<i>Εξωτερικό Φωτισμός</i>	119
5.3	Αποτελέσματα Υπολογισμών.....	122
5.3.1	<i>Χώρος Σεμιναρίων</i>	122
5.3.2	<i>Χώρος Εισόδου Μουσείου</i>	125
5.3.3	<i>Χώρος Προθάλαμου Μουσείου</i>	125
5.3.4	<i>Χώρος Μουσείου</i>	126
5.3.5	<i>Εξωτερικό χώρος</i>	127
6	Συμπεράσματα - Επίλογος	129
6.1	Συμπεράσματα.....	129
6.1.1	<i>Αίθουσα Σεμιναρίων</i>	129

6.1.2	<i>Χώρος Εισόδου</i>	130
6.1.3	<i>Χώρος Προθάλαμον Μουσείου</i>	130
6.1.4	<i>Χώρος Μουσείου</i>	130
6.2	Επίλογος.....	131
7	Βιβλιογραφία	132
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	136
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2	143

Πίνακας περιεχομένων εικόνων

Εικόνα 1 : Λάμπα με λαβή παρόμοια με εκείνη που χρησιμοποιούσαν οι αρχαίοι στην Μεσοποταμία και την Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία [3].	22
Εικόνα 2 : Σύστημα παραγωγής αερίου από άνθρακα [4]	22
Εικόνα 3 : Λάμπες κηροζίνης που χρονολογούνται από τον 19 ^ο αιώνα [5].	23
Εικόνα 4: Γράφημα με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία [7].	24
Εικόνα 5 : Συναρτήσεις χρωματικής συνθέσεως σύμφωνα με CIE 1931 [10].	25
Εικόνα 6: Χρωματικό Διάγραμμα CIE 1931, με προσεγγιστικά χρώματα [11].	26
Εικόνα 7: Χρωματική αναπαράσταση τρισδιάστατης σφαίρας CIE 1976 L*a*b [12].	27
Εικόνα 8: Γραφική απεικόνιση φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας Μέλανων σωμάτων [13].	28
Εικόνα 9: Ανάκλαση ακτινοβολίας σε γυαλί [14].	28
Εικόνα 10 : Διάθλαση φωτός υπό γωνία <math><90^\circ</math> [17].	29
Εικόνα 11: Υπολογισμός στερεάς γωνίας τυχαίου μεγέθους [18].	31
Εικόνα 12: Καμπύλες ευαισθησίας ανθρώπινου ματιού [19].	32
Εικόνα 13: Σχεδιάγραμμα περιγραφής Λαμπρότητας από μία πηγή και έναν παρατηρητή [20].	34
Εικόνα 14 : Διάγραμμα Soellner και συσχετισμός τιμών θάμβωσης με ένταση φωτισμού [21].	36
Εικόνα 15 : Σχεδιάγραμμα που δείχνει την ραγδαία εξέλιξη της απόδοσης των φωτιστικών LED [22].	38
Εικόνα 16: Τομή με τα μέρη ενός Λαμπτήρα LED [23].	39
Εικόνα 17 : Γενικός φωτισμός Μουσείου Louvain [24].	40
Εικόνα 18: Φωτισμός περιβάλλοντος σε Μουσείο [25].	40
Εικόνα 19: Φωτισμός διάθεσης σε τραπεζαρία ενός εστιατορίου [26].	41
Εικόνα 20: Φωτισμός εργασίας σε γραφείο [27].	42
Εικόνα 21: Φωτισμός έμφασης σε μουσείο που αναδεικνύει μικρά αγάλματα [28].	42
Εικόνα 22 : Είδη τοποθέτησης φωτιστικών σε εσωτερικούς χώρους [29].	43
Εικόνα 23: Κρεμαστός άμεσος φωτισμός σε χώρο γραφείων με ψηλό ταβάνι , βοηθάει στην εξοικονόμηση ενέργειας [30].	44
Εικόνα 24: Φωτιστικό σώμα επιτοίχιο , που διαθέτει αρκετές από τις διαθέσιμες κατευθύνσεις φωτισμού [31].	44

Εικόνα 25: Φωτιστικό σώμα ψευδοροφής σε χώρο γραφείων [32].	45
Εικόνα 26: Εξωτερικό φωτισμός κτηρίου με την χρήση προβολέων [33].	46
Εικόνα 27: Εξωτερικό φωτισμός διαδρόμου κτηρίου με την χρήση Spot [34].	47
Εικόνα 28: Εξωτερικό φωτισμός κτηρίου με την χρήση προβολέων[34].	48
Εικόνα 29: Εξωτερικό φωτισμός κτηρίου με την χρήση φωτιστικών εντός δαπέδου [35].	48
Εικόνα 30: Εξωτερικό φωτισμός τοπίου με την χρήση φωτιστικών δαπέδου [36].	49
Εικόνα 31: Εξωτερικό φωτισμός τοπίου με την χρήση φωτιστικών δαπέδου[37].	50
Εικόνα 32: Εξωτερικό φωτισμός accent lighting σε δέντρα [38].	51
Εικόνα 33: Εξωτερικό φωτισμός cross lighting σε δέντρα [39].	51
Εικόνα 34: Εξωτερικό φωτισμός down lighting σε κτήριο [39].	53
Εικόνα 35: Εξωτερικό φωτισμός ανάδειξης υφής (Grazing) [39].	54
Εικόνα 36: Εξωτερικός φωτισμός Shadowing σε κτήριο [40].	55
Εικόνα 37: Εξωτερικό φωτισμός Uplighting σε κτήριο [40].	56
Εικόνα 38: Διάγραμμα ISOLUX που περιγράφει την ένταση φωτισμού από παράθυρα [41].	58
Εικόνα 39: Διαγράμματα κατανομής Φωτεινής Έντασης και γωνίας ακτινοβολίας σε δύο διαφορετικές πηγές [42].	58
Εικόνα 40: Τυποποιημένα επίπεδα κατά CIE [15].	59
Εικόνα 41: Κωνικό Διάγραμμα συμμετρικού φωτιστικού [43].	60
Εικόνα 42: Ενδεικτικές τιμές συντελεστή συντήρησης για ενδεικτικά προγράμματα συντήρησης και χρήσεις χώρων για LED και συμβατικές φωτεινές πηγές [46].	64
Εικόνα 43: Ξεχωριστός και απευθείας φωτισμός εκθεμάτων με SPOT [47].	71
Εικόνα 44: Goulburn Regional Art Gallery Post-Lighting Upgrade. Photo by Mim Stirling.	71
Εικόνα 45: Αποτύπωση φωταγώγησης πινάκων με την βοήθεια ψευδοχρωμάτων [48].	72
Εικόνα 46: Αποτύπωση φωταγώγησης Πινάκων σε Μουσείο [49].	72
Εικόνα 47: Μουσείο αλληλεπίδρασης με τα εκθέματα, φωτισμός με SPOT [47].	73
Εικόνα 48: Παράδειγμα φωταγώγησης γλυπτού με την χρήση δύο φωτιστικών SPOT [47].	73
Εικόνα 49: Φωτισμός γλυπτών και πινάκων σε Μουσείο στην Ιταλία[50].	74

Εικόνα 50: Εγκαταστάσεις εμπλουτισμού μεταλλευμάτων (Flotation) της C.F.M.L. στον Κυπριανό [51].	76
Εικόνα 51: Μεταλλοπλυσίο Νο4 της C.F.M.L. στον Κυπριανό [51].	77
Εικόνα 52: Απεργία πείνας εργατών της εταιρίας από 16.07 -20.07.1957 [51].	78
Εικόνα 53: Εσωτερικό χώρου Μηχανουργείου της C.F.M.L. στον Κυπριανό [51].	79
Εικόνα 54: Εσωτερικό χώρου Μηχανουργείου της C.F.M.L. στον Κυπριανό [52].	80
Εικόνα 55: Τόρνος που φέρει την επιγραφή “LAURIUM 1890 C.F.M.L.” [52].	80
Εικόνα 56: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου [52].	81
Εικόνα 57: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, διακρίνεται η σύνδεση του άξονα με τον κινητήρα.	82
Εικόνα 58: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, εκθέματα καλυμμένα για να μην αλλοιωθούν από τις εργασίες.	82
Εικόνα 59: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, εκθέματα καλυμμένα για να μην αλλοιωθούν από τις εργασίες.	83
Εικόνα 60: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, εκθέματα καλυμμένα για να μην αλλοιωθούν από τις εργασίες, σύγκριση σχεδίων με πραγματικότητα.	83
Εικόνα 61: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, εκθέματα καλυμμένα για να μην αλλοιωθούν από τις εργασίες.	84
Εικόνα 62: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας.	84
Εικόνα 63: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας.	85
Εικόνα 64: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, άξονες και τροχαλίες στην οροφή του κτηρίου.	85
Εικόνα 65: Αίθουσα σεμιναρίου που διαθέτει το κτήριο.	86
Εικόνα 66: Αίθουσα σεμιναρίου που διαθέτει το κτήριο.	86
Εικόνα 67: Είσοδος κτηρίου.	87
Εικόνα 68: Εξωτερική όψη κτηρίου [53].	87
Εικόνα 69: Κάτοψη χώρου Σεμιναρίων, Μουσείου Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].	91
Εικόνα 70: Οριζόντια τομή χώρου Σεμιναρίων, Μουσείο Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].	92
Εικόνα 71: Κάτοψη χώρου υποδοχής κτηρίου, Μουσείου Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].	93

Εικόνα 72: Οριζόντια τομή χώρου υποδοχής, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΛ].	94
Εικόνα 73: Κατακόρυφη τομή χώρου υποδοχής, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΛ].	94
Εικόνα 74: Κατακόρυφη τομή χώρου προθάλαμου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΛ].	95
Εικόνα 75: Οριζόντια τομή χώρου προθάλαμου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΛ].	95
Εικόνα 76: Κατακόρυφη τομή χώρου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΛ].	96
Εικόνα 77: Οριζόντια τομή χώρου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΛ].	96
Εικόνα 78: Κατακόρυφη τομή χώρου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΛ].	97
Εικόνα 79: Οριζόντια τομή χώρου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΛ].	97
Εικόνα 80: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Εισόδου [Ιδία Επεξεργασία].	98
Εικόνα 81: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Σεμιναρίων [Ιδία Επεξεργασία].	98
Εικόνα 82: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux , προθάλαμος Μουσείου [Ιδία Επεξεργασία].	99
Εικόνα 83: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Μουσείου [Ιδία Επεξεργασία].	99
Εικόνα 84: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Μουσείου [Ιδία Επεξεργασία].	99
Εικόνα 85: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Μουσείου [Ιδία Επεξεργασία].	100
Εικόνα 86: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, εξωτερικός χώρος [Ιδία Επεξεργασία].	100
Εικόνα 87: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, εξωτερικός χώρος [Ιδία Επεξεργασία].	100

Εικόνα 88: Φωτιστικά σώματα χώρου σεμιναρίων, 8 γραμμικά φωτιστικά και 9 καμπάνες.	101
Εικόνα 89: Τομή που αποτυπώνει το ύψος ανάρτησης των φωτιστικών καθώς επίσης και αποστάσεις τους, ενώ παράλληλα φαίνεται και η θέση τοποθέτησης της ντιζας.	102
Εικόνα 90: Κάτοψη αίθουσας σεμιναρίων με τοποθετημένα τα φωτιστικά.....	103
Εικόνα 91: Ποιοτική κάτοψη περιοχών και επιφανειών υπολογισμού από το περιβάλλον Dialux.	104
Εικόνα 92: 3D αναπαράσταση φωτισμού στον χώρο της εισόδου όπως προέκυψε από το περιβάλλον DIALUX.	105
Εικόνα 93: 3D αναπαράσταση φωτισμού στον χώρο της εισόδου όπως προέκυψε από το περιβάλλον DIALUX, χρήση ψευδοχρωμάτων για την αποτύπωση της έντασης	106
Εικόνα 94: Τομή χώρου Εισόδου Μουσείου, απεικονίζει τα γραμμικά φωτιστικά. .	106
Εικόνα 95: Τομή χώρου Εισόδου Μουσείου , απεικονίζει το φωτιστικό καμπάνας και τα γραμμικά φωτιστικά.	107
Εικόνα 96: Κάτοψη χώρου εισόδου με τοποθετημένα τα φωτιστικά.	108
Εικόνα 97: Ποιοτική κάτοψη περιοχών και επιφανειών υπολογισμού από το περιβάλλον Dialux.	109
Εικόνα 98: Προσομοίωση φωτισμού χώρου Προθαλάμου Μουσείου από το περιβάλλον Dialux.....	110
Εικόνα 99: Προσπάθεια αποτύπωσης στόχευσης φωτιστικών spot σωμάτων, χώρου Προθαλάμου Μουσείου, από προσομοίωση Dialux.....	111
Εικόνα 100: Προσομοίωση φωτισμού χώρου Προθαλάμου Μουσείου από το περιβάλλον Dialux.	111
Εικόνα 101: Ποιοτική κάτοψη περιοχών και επιφανειών υπολογισμού από το περιβάλλον Dialux, χώρος Προθάλαμου Μουσείου.....	112
Εικόνα 102: Κάτοψη Προθάλαμου Μουσείου, με τις θέσεις των φωτιστικών L1-23 , E1-6.....	113
Εικόνα 103: Προσομοίωση φωτισμού διαδρόμου Μουσείου στο περιβάλλον Dialux.	115
Εικόνα 104: Προσομοίωση φωτισμού χώρου Μουσείου στο περιβάλλον Dialux....	115
Εικόνα 105: Προσομοίωση φωτισμού χώρου Μουσείου στο περιβάλλον Dialux...	116

Εικόνα 106: Ποιοτική κάτοψη στην οποία αποτυπώνονται τα φωτιστικά και οι περιοχές αξιολόγησης που ορίσαμε για να υπολογίσουμε τον φωτισμό του δωματίου.....	117
Εικόνα 107: Προσομοίωση φωτισμού χώρου Μουσείου στο περιβάλλον Dialux, που απεικονίζει τις στρέψεις των φωτιστικών προς τα εκθέματα και προς τον διάδρομο.	117
Εικόνα 108: Κάτοψη που αποτυπώνονται τα φωτιστικά που φωτίζουν τα κάρα, ενώ έγινε προσπάθεια αποτύπωσης και των κατευθύνσεων τους.....	118
Εικόνα 109: Κάτοψη που αποτυπώνονται τα φωτιστικά που φωτίζουν τον τόρνο, ενώ έγινε προσπάθεια αποτύπωσης και των κατευθύνσεων τους.....	118
Εικόνα 110: Φωτορεαλιστική φωτογραφία που αποτυπώνονται τα φωτιστικά που φωτίζουν τον τόρνο, ενώ έγινε προσπάθεια αποτύπωσης και των κατευθύνσεων τους.	119
Εικόνα 111: Φωτογραφία με ψευδοχρώματα που δείχνει την αντίθεση του διαδρόμου σε σχέση με τα εκθέματα.	119
Εικόνα 112: Όψη κτηρίου όπως απεικονίζεται στο περιβάλλον του DIALUX.	120
Εικόνα 113: Όψη κτηρίου όπως απεικονίζεται στο περιβάλλον του DIALUX.	121
Εικόνα 114: Όψη κτηρίου όπως απεικονίζεται στο περιβάλλον του DIALUX, με την χρήση ψευδοχρωμάτων.....	121
Εικόνα 115: Όψη κτηρίου όπως απεικονίζεται στο περιβάλλον του DIALUX, εικόνα που παρουσιάζει τις κατευθύνσεις των φωτιστικών.....	122
Εικόνα 116: Παρατηρητής που βρίσκεται στην καρέκλα.....	124
Εικόνα 117: Παρατηρητής που βρίσκεται στην θέση του ομιλητή.....	124
Εικόνα 118: Φωτιστικό σώμα ,της εταιρίας Bright Special Lighting S.A., μοντέλο NEPA MAX 500mA.....	139
Εικόνα 119: Φωτιστικό σώμα, της εταιρίας Bright Special Lighting S.A., μοντέλο FAMA L OUT.	140
Εικόνα 120: Φωτιστικό σώμα, της εταιρίας Bright Special Lighting S.A., μοντέλο TERES M7 SQUARE SH 1F 1050mA.	141
Εικόνα 121: Φωτιστικό σώμα της εταιρίας Bright Special Lighting S.A., μοντέλο REGIO GROUND H.P.LED.	142

Πίνακας 1: Ενδεικτικές τιμές συντελεστή συντήρησης για ενδεικτικά προγράμματα συντήρησης και χρήσεις χώρων για LED και συμβατικές φωτεινές πηγές [44].	61
Πίνακας 2: Τιμές έντασης του φωτισμού στο έκθεμα και τιμές έκθεσης για ευαίσθητα και μη εκθέματα [44].	69
Πίνακας 3: Τυπική περιεκτικότητα του φωτισμού διαφόρων πηγών σε υπεριώδη ακτινοβολία UV [44].	70
Πίνακας 4: Πίνακας Κωδικοποίησης Φωτιστικών Σωμάτων.	103
Πίνακας 5: Πίνακας επεξήγησης κωδικοποίησης σχεδίου.	113
Πίνακας 6: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων χώρου σεμιναρίων.....	123
Πίνακας 7: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων χώρου Εισόδου Μουσείου.	125
Πίνακας 8: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων χώρου Προθαλάμου Μουσείου.....	126
Πίνακας 9: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων χώρου Μουσείου.....	127
Πίνακας 10: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων Εξωτερικού Χώρου Μουσείου.....	128

1

Εισαγωγή

1.1 Ιστορία Φωτισμού

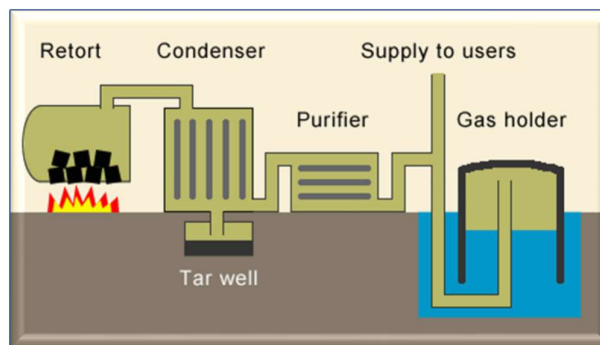
Όλοι μας γνωρίζουμε την έκφραση «Στην αρχή υπήρξε το φως», που ξεκινάει το κεφάλαιο Γένεση της Βίβλου. Το φως είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία που είχε ο άνθρωπος στην ανάπτυξη του πολιτισμού του. Είναι το φυσικό ερέθισμα που επιτρέπει την όραση. Συνεπώς γίνεται αντιληπτό ότι χωρίς κάποια πηγή τεχνητού φωτός ο άνθρωπος θα είχε μείνει κυριολεκτικά και εικονογραφικά στο σκοτάδι. Πότε ξεκινάει όμως αυτό το ταξίδι;

Τα αρχέγονα χρόνια ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε την φωτιά ως μόνη τεχνητή πηγή φωτισμού. Αναφορές από ανασκαφές έχουν δείξει ότι από το 10000 π.Χ. οι άνθρωποι έκαιγαν ξύλο για την παραγωγή φωτός [1]. Η τεχνική αυτή εξελίχθηκε φτάνοντας στην εποχή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, όπου τοποθετούσαν το πάνω μέρος του ξύλου σε πίσσα για να το ενισχύσουν και να το διατηρήσουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Παράλληλα η ιδέα της καύσης κάποιου υγρού, όπως πετρέλαιο ή λάδι ξεκίνησε να εφαρμόζεται περίπου 2600 χρόνια π.Χ., τοποθετώντας την καύσιμη ύλη μέσα σε κάποιο πήλινο σκεύος -λυχνάρι [2].



Εικόνα 1 : Λάμπα με λαβή παρόμοια με εκείνη που χρησιμοποιούσαν οι αρχαίοι στην Μεσοποταμία και την Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία [3].

Για του επόμενους αιώνες, η φωτιά από καύση ξύλου ή ελαίου ήταν η μόνη πηγή φωτός. Μέχρι που το 1792 ένας τολμηρός εφευρέτης που ονομαζόταν William Murdoch, κατάφερε αφού απέσταξε τον άνθρακα να παραγάγει αέριο το οποίο μόλις αναφλεγόταν παρήγαγε φως.



Εικόνα 2 : Σύστημα παραγωγής αερίου από άνθρακα [4] .

Μετά από αυτήν την μεγάλη ανακάλυψη πολλές εταιρίες ξεκίνησαν να παράγουν αέριο από άνθρακα. Παράλληλα δημιουργήθηκαν και συστήματα τα οποία έκαιγαν το αέριο για την παραγωγή φωτός. Γρήγορα έτσι, δρόμοι, σπίτια, εκκλησίες, θέατρα, καταστήματα, κ.α. απέκτησαν πρόσβαση στο φως μιας και αυτή η μορφή φωτεινής πηγής είχε το 1/3 της τιμής του λαδιού. Δεν άργησαν όμως και άλλοι εφευρέτες να αρχίσουν να πειραματίζονται .



Εικόνα 3 : Λάμπες κηροζίνης που χρονολογούνται από τον 19^ο αιώνα [5].

Το 1882 ο Carl Auer von Welsbach διαπίστωσε ότι μόλις πυρακτώνονται οι Λανθανίδες (σπάνιες γαίες) παράγουν ένα λαμπρό φως. Εκμεταλλευόμενος την ανακάλυψη αυτή άνοιξε εταιρία που κατασκεύαζε και πουλούσε λάμπες πολύ πιο αποδοτικές από αυτές που υπήρχαν. Μέσα στον 19^ο αιώνα η τεχνολογία του φωτισμού με χρήση αερίου άνησε, όμως μόλις ανακαλύφθηκε ο ηλεκτρισμός όλα άλλαξαν ριζικά.

1.2 Φωτισμός με χρήση ηλεκτρισμού

Από τις αρχές του 18^{ου} αιώνα ήταν γνωστό ότι δημιουργώντας ένα ηλεκτρικό τόξο μπορείς να παραγάγεις φως. Όμως αυτό δεν ήταν εφαρμοστέο ακόμα, μιας και εκείνη την εποχή δεν μπορούσε να γίνει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το 1831 ο Michael Faraday, ανακάλυψε ότι χρησιμοποιώντας τον μαγνητισμό μπορούμε να παραγάγουμε ηλεκτρική ενέργεια [6]. Η σημαντικότερη αυτή ανακάλυψη ήταν η έναρξη μιας νέας εποχής για τον ανθρώπινο πολιτισμό, μιας και σήμανε την αρχή του φωτισμού με την χρήση ηλεκτρισμού. Έτσι, το 1878, μετά από πολλά πειράματα εγκαταστάθηκε το πρώτο σύστημα φωτισμού, ενώ το 1879 φωταγωγήθηκε η πρώτη πλατεία. Τα επόμενα χρόνια αυτό το είδος φωτεινής πηγής εφαρμόστηκε κατά κόρον σε δρόμους, στάδια, μεγάλα εργαστήρια, γραφεία κ.τ.λ. Όμως, όπως και οι προηγούμενες, η τεχνολογία του φωτός με ηλεκτρικό τόξο άνησε και παράκμασε μέσα στον 19^ο αιώνα. Ο αντικαταστάτης της ήταν προφανώς η λάμπα πυρακτώσεως που παραλλαγή της εφαρμοζόταν μέχρι και πριν λίγα χρόνια. Η τεχνολογία που εφαρμόζαν ήταν αρκετά απλή· τοποθετούσαν ένα φωτιστικό από λευκόχρυσο ή άνθρακα σε ένα δοχείο για τον

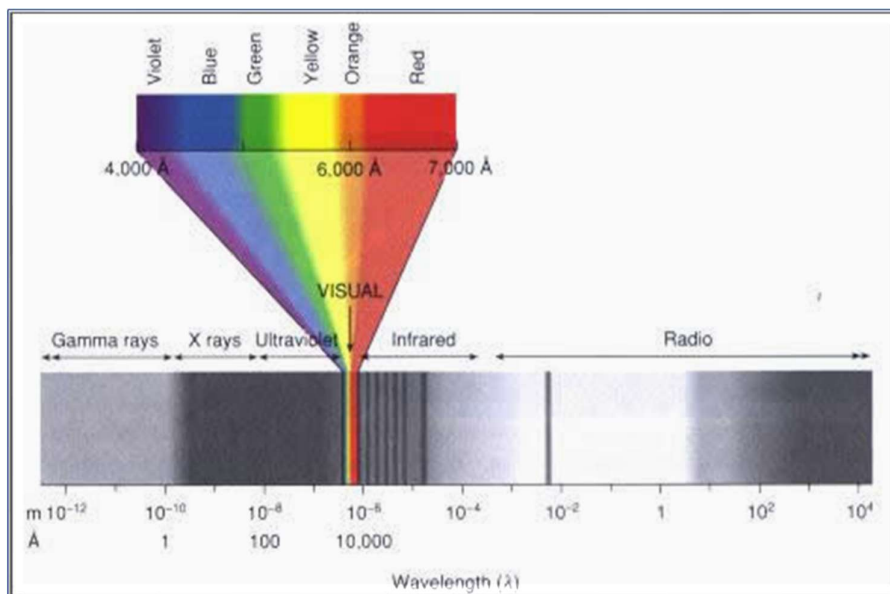
έλεγχου της ατμόσφαιρας. Το 1879-1880 έγινε ευρέως γνωστό ότι για την κατασκευή ενός πετυχημένου λαμπτήρα πυρακτώσεως πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

1. Να διαθέτει φωτιστικό υψηλής αντίστασης.
2. Να λειτουργεί σε συνθήκες κενού.

Αυτές τις δύο ιδιότητες προσπάθησε να τελειοποιήσει ο Tomas Edison καταφέροντας το 1879, καθιστώντας δυνατή πλέον την μαζική παραγωγή λαμπτήρων.

1.3 Αρχές Φωτισμού

Τι είναι όμως το φως; Είναι ένα μικρό κομμάτι του φάσματος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που διαδίδονται στο σύμπαν. Το λεγόμενο οπτικό φάσμα βρίσκεται ανάμεσα στις ακτίνες - X με μήκη κύματος μικρότερα από nm και τα ραδιοκύματα με μήκη κύματος ενός ή περισσότερων μέτρων.



Εικόνα 4: Γράφημα με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία [7].

Όλοι μας έχουμε ακούσει ότι στο ορατό φάσμα η ακτινοβολία παρουσιάζει δύο μορφές μια σωματιδιακή και μια κύματος. Αυτό γίνεται μιας και όσο πιο μικρό είναι το μήκος κύματος που έχει η ακτινοβολία τόσο τείνει να έχει σωματιδιακή

συμπεριφορά ενώ όσο μεγαλώνει το μήκος κύματος τόσο η συμπεριφορά της είναι σαν κύμα. Το ορατό φάσμα βρίσκεται στην αλλαγή αυτής της κατάστασης και ουσιαστικά παρουσιάζει και τις δύο συμπεριφορές. [8]

1.3.1 Χρώμα φωτός .

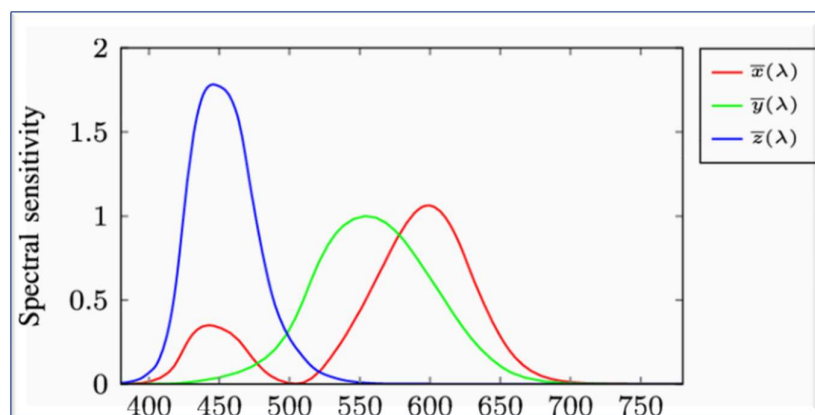
Το πλέον διαδεδομένο μοντέλο χρωματικής απεικόνισης δημιουργήθηκε το 1931 από την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού CIE. Πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι για να προκύψει ένα χρώμα αρκεί να συνδυάσουμε τις κατάλληλες ποσότητες από τα βασικά χρώματα που είναι το μπλέ, το κόκκινο και το πράσινο. Έτσι πλέον καλούμαστε να υπολογίσουμε τρία ολοκληρώματα το [9] :

$$X = \int_{380}^{780} \bar{x}(\lambda) q_I(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int_{380}^{780} \bar{y}(\lambda) q_I(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int_{380}^{780} \bar{z}(\lambda) q_I(\lambda) d\lambda$$

Όπου το X αντιστοιχεί στα κόκκινα χρώματα, το Y στα πράσινα και το Z στα μπλέ, ενώ το λ είναι το μήκος κύματος. Στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας το διάγραμμα των συναρτήσεων χρωματικής συνθέσεως σύμφωνα με το CIE, θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε τα ολοκληρώματα.



Εικόνα 5 : Συναρτήσεις χρωματικής συνθέσεως σύμφωνα με CIE 1931 [10].

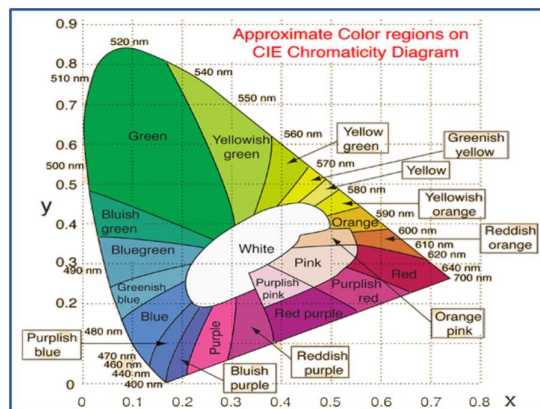
Στη συνέχεια, προκειμένου να απλοποιηθούν το μοντέλο σε διδιάστατο σύστημα εισήγαγαν τις χρωματικές συντεταγμένες .

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

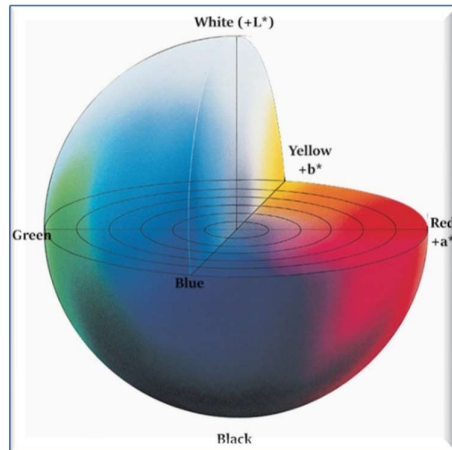
$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Έτσι οι χρωματικές συντεταγμένες μπορούν να αναπαρασταθούν σε διδιάστατη μορφή . [9]



Εικόνα 6: Χρωματικό Διάγραμμα CIE 1931, με προσεγγιστικά χρώματα [11].

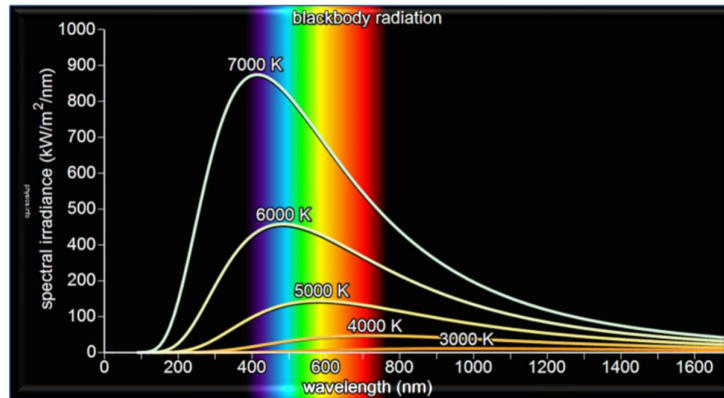
Άλλα μοντέλα αναπαριστούν την αντίληψη που έχει το ανθρώπινο μάτι στα χρώματα σαν τρεις ιδιότητες i) Απόχρωση , ii) Κορεσμός , iii) Φωτεινότητα. Έτσι, η Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού CIE θέσπισε ένα σφαιρικό μοντέλο, με την φωτεινότητα να περιλαμβάνει τον γραμμικό μετασχηματισμό από λευκό στο μαύρο, οι αποχρώσεις να μοντελοποιούνται ως αντίθετα ζεύγη και τέλος ο κορεσμός να ορίζεται από την απόσταση από τον άξονα της φωτεινότητας.



*Εικόνα 7: Χρωματική αναπαράσταση τρισδιάστατης σφαίρας CIE 1976 L*a*b [12].*

1.3.2 Θερμοκρασία φωτός φωτεινής Πηγής

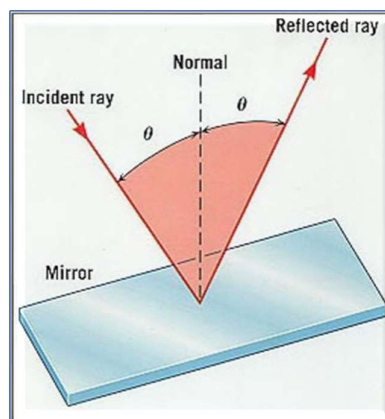
Προσεγγίζοντας την πηγή του φωτός παρατηρούμε ότι κάθε φωτεινή πηγή διαφέρει από την άλλη. Το χρώμα της φωτεινής πηγής εκφράζεται με την θερμοκρασία του αντίστοιχου μέλανος σώματος με ομοιόχρωμο φως. Το μέλαν σώμα είναι ένα αντικείμενο που απορροφά όλο το εισερχόμενο φως χωρίς να αντανακλά, με αποτέλεσμα να φαίνεται μαύρο σε θερμοκρασία δωματίου. Παρόλα αυτά όταν βρεθεί σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον, απελευθερώνει ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τα σώματα αυτά δεν υπάρχουν στην πραγματικότητα. Οι επιστήμονες παρατήρησαν λοιπόν ότι το φάσμα της ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα είναι ανάλογο με την ενέργεια που απορροφά, δηλαδή την θερμοκρασία του. Έτσι έχει θεσπιστεί να χαρακτηρίζουμε τα χρώματα των φωτεινών πηγών ως θερμά, αν έχουν χαμηλή θερμοκρασία και ως ψυχρά αν έχουν υψηλή θερμοκρασία. Η μονάδα μέτρησης είναι σε Kelvin (K).



Εικόνα 8: Γραφική απεικόνιση φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας Μέλανων σωμάτων [13].

1.4 Συμπεριφορά του φωτός .

Όπως έχει προαναφερθεί το φως έχει ιδιότητες σωματιδίου αλλά και κύματος. Αυτό το χαρακτηριστικό του προσδίδει αρκετές ιδιότητες τις οποίες θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε. Μερικές από αυτές είναι η ανάκλαση, η διάθλαση και η απορρόφηση. Η ανάκλαση ουσιαστικά είναι η ιδιότητα που έχουν τα κύματα να ανακλούνται σε μία επιφάνεια· όταν το προσπίπτον κύμα φτάνει υπό γωνία σε αυτήν, το ανακλώμενο θα έχει γωνία ίση με το προσπίπτον ως προς την κάθετη ευθεία.[14]



Εικόνα 9: Ανάκλαση ακτινοβολίας σε γυαλί [14].

Η ανάκλαση μπορεί να χωριστεί σε τρεις επιμέρους κατηγορίες:

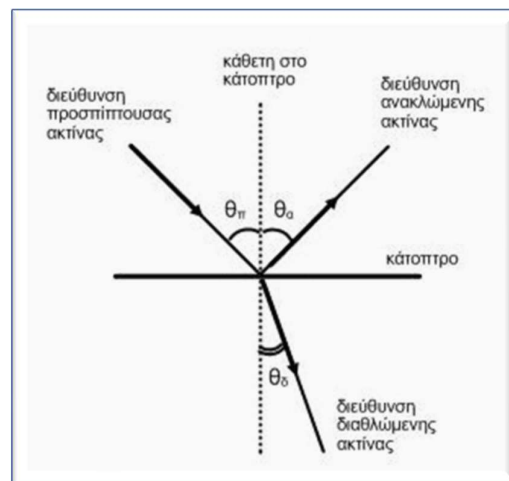
- Κανονική ανάκλαση, είναι η ανάκλαση όπου το προσπίπτων κύμα ανακλάται προς μια κατεύθυνση (εικόνα 9).
- Διαχέουσα ανάκλαση, είναι η ανάκλαση όπου το προσπίπτων κύμα ανακλάται προς όλες τις κατευθύνσεις.
- Ημιδιαχέουσα ανάκλαση, όταν το προσπίπτων κύμα ανακλάται στενευμένα προς μια κατεύθυνση σε αρκετές συνιστώσες [15].

Εκτός από την ανάκλαση το φως αποκρίνεται και στην διάθλαση. Όταν ένα υλικό έχει συντελεστή διαφάνειας διάφορο του μηδενός επιτρέπει στην ακτινοβολία (κύμα) να την διαπεράσει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεταβληθούν η ταχύτητα του και η κατεύθυνσή του. Αυτό συμβαίνει γιατί αλλάζει το μέσο διάδοσης και κατά συνέπεια και ο συντελεστής διάθλασης που προκύπτει από το γινόμενο της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς εκείνης μέσα στο υλικό.

$$n = \frac{c}{v}$$

Με τα δεδομένα αυτά διατυπώθηκε ο Νόμος του Snell που ουσιαστικά μας δίνει την γωνία διάθλασης σε συνάρτηση των συντελεστών διάθλασης των δύο υλικών [16].

$$n_1 * \sin \theta_{\pi} = n_2 * \sin \theta_{\delta}$$



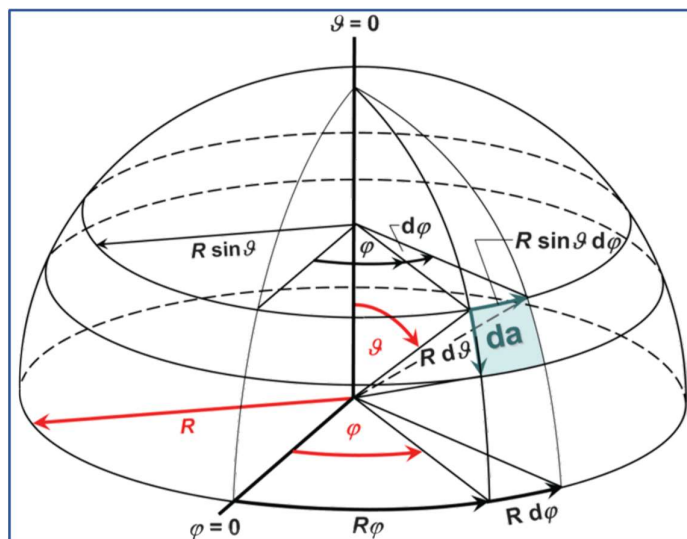
Εικόνα 10 : Διάθλαση φωτός υπό γωνία <math><90^\circ</math> [17].

Τέλος μια ιδιότητα η οποία είναι πολύ σημαντική για την ανάπτυξη της ζωής όπως την ξέρουμε σήμερα είναι η ιδιότητα της απορρόφησης. Η ιδιότητα αυτή δίνει την δυνατότητα σε αντικείμενα να δεχτούν το φως να το απορροφήσουν και να ανακλάσουν κάποιο κομμάτι του φάσματος που δέχτηκαν. Όπως προείπαμε το φως είναι μια ακτινοβολία που έχει κάποιο φάσμα. Μερικά αντικείμενα έχουν την δυνατότητα να λάβουν κάποια μήκη κύματος, να απορροφήσουν ένα ποσοστό και να αφήσουν να περάσει ή να ανακλάσουν ένα άλλο. Αυτό προσδίδει στα αντικείμενα ένα χρώμα, μιας και απορροφώντας κάποια μήκη κύματος, η ακτινοβολία που εκπέμπεται όντας πιο φτωχή, έχει πλέον κάποιο χρώμα.

1.5 Μέτρηση Φωτισμού – Φωτοτεχνία

Καθώς η τεχνολογία του φωτισμού προχωρούσε, δημιουργήθηκε η ανάγκη να μετρήσουμε και να βαθμολογήσουμε την ποιότητα και την πληρότητα του φωτός σε έναν χώρο. Ως εκ τούτου, όπως με όλα τα μεγέθη στην φυσική έτσι και στον φωτισμό δημιουργήθηκαν κάποια μεγέθη με τα οποία μπορέσαμε να μετρήσουμε το φως. Αρχικά το βασικό κομμάτι που πρέπει να κατανοηθεί στον φωτισμό είναι η έννοια της στερεάς γωνίας. Ένα στερακτίνο, που είναι η μονάδα μέτρησης της στερεάς γωνίας, ορίζεται ως η στερεά γωνία ω η οποία, έχοντας την κορυφή στο κέντρο μιας σφαίρας, αποκόπτει μια σφαιρική επιφάνεια εμβαδού A , ίση με το τετράγωνο της ακτίνα r της σφαίρας .[15]

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



Εικόνα 11: Υπολογισμός στερεάς γωνίας τυχαίου μεγέθους [18].

1.5.1 Φωτεινή Ροή

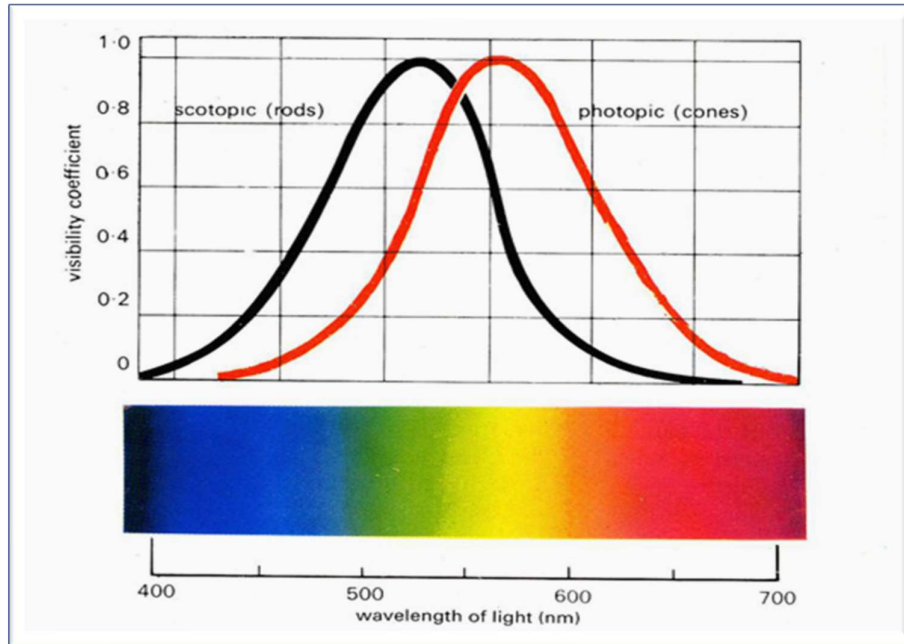
Όπως έχει προαναφερθεί το φως είναι μια ακτινοβολία και όπως όλες οι ακτινοβολίες έχει ευρύ φάσμα κατανεμημένο ομοιόμορφα γύρω από το μήκος κύματός της. Συνεπώς αν θέλουμε να ορίσουμε αυτήν την κατανομή αρκεί να υπολογίσουμε την φασματική ενέργεια ακτινοβολίας W_λ . Γνωρίζοντας την φασματική ενέργεια μπορούμε να υπολογίσουμε την ενέργεια $W(\lambda)$ που εκπέμπει η φωτεινή πηγή.

$$W(\lambda) = \int_{380}^{780} W_\lambda * d\lambda$$

Το ανθρώπινο μάτι όμως έχει κάποιους περιορισμούς στην αντίληψη της ακτινοβολίας όλου του ορατού φάσματος ανάλογα με τον αν είναι ημέρα ή νύχτα. Γνωρίζοντας λοιπόν ότι το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να αντιληφθεί το ίδιο όλο το φάσμα μπορούμε να υπολογίσουμε το γινόμενο των δύο κατανομών που θα μας δώσει την Φωτεινή Ενέργεια που έχει μια πηγή.

$$Q = \int_{380}^{780} V_\lambda * W_\lambda * d\lambda$$

όπου $V(\lambda)$ η καμπύλη ευαισθησίας του ανθρώπινου ματιού.



Εικόνα 12: Καμπύλες ευαισθησίας ανθρώπινου ματιού [19].

Μπορούμε πλέον να ορίσουμε την Φωτεινή Ροή ως την μεταβολή που έχει η Φωτεινή ενέργεια στο πεδίο του χρόνου.

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

Η Φωτεινή ροή έχει μονάδα lumen (lm), και μπορεί να εκφραστεί ακόμα καλύτερα αν γνωρίζουμε την φασματική ισχύς ακτινοβολίας P .

$$\Phi = k_m \int_{380}^{780} V_\lambda * P_\lambda * d\lambda$$

όπου k_m είναι η μέγιστη φασματική απόδοση ακτινοβολίας.

1.5.2 Φωτεινή Ένταση

Προκυμμένου να ορίσουμε καλύτερα την Φωτεινή Ροή και πώς κατανέμεται στον χώρο δημιουργήθηκε η Φωτεινή Ένταση. Είναι ένα διανυσματικό μέγεθος που καθορίζει προς κάθε κατεύθυνση του στερεού χώρου το ποσό της Φωτεινής Ροής Φ που εκπέμπει η φωτεινή πηγή. Ορίζουμε λοιπόν Φωτεινή Ένταση τον λόγο της στοιχειώδους Φωτεινής Ροής $d\Phi$ που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή μέσα σε μια στοιχειώδη στερεά γωνία $d\omega$. [15]

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

Η μονάδα που την μετράμε είναι η candela (cd) . Ενώ αν θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχει χωρική μεταβολή στην Φωτεινή Ροή τότε υπολογίζεται ως τον λόγο της Φωτεινής Ροής με την στερεά γωνία της πηγής [15].

1.5.3 Ένταση Φωτισμού

Τα μεγέθη όμως που προαναφέραμε δεν μας δίνουν κάποιο στοιχείο για το αποτέλεσμα που θα έχει η ακτινοβολία που εκπέμπει το φωτιστικό σώμα στον χώρο. Έτσι δημιουργήθηκε ένα ακόμα μέγεθος, η Ένταση Φωτισμού (E). Ορίζεται ως το πηλίκο της στοιχειώδους Φωτεινής Ροής με το στοιχειώδες εμβαδόν της επιφάνειας που προσπίπτει [15].

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

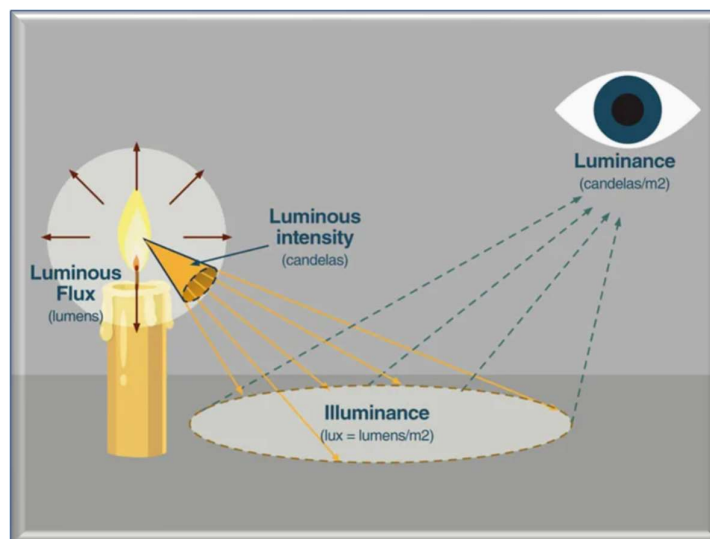
Αν η ακτινοβολία πέφτει κάθετα στην επιφάνεια τότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η Ένταση Φωτισμού θα είναι ίση με το πηλίκο της Φωτεινής Ροής με το εμβαδόν της επιφάνειας. Η μονάδα μέτρησης της Έντασης είναι τα lux (lx) .

1.5.4 Λαμπρότητα

Αφού μετρήσαμε το αποτέλεσμα της ακτινοβολίας πρέπει με κάποιο τρόπο να μετρηθεί και το πόσο έντονη είναι η φωταγώγηση ενός σημείου. Παρατηρήθηκε ότι ακτινοβολώντας σε διαφορετικές επιφάνειες, με ίδια Φωτεινή ένταση I αλλά με διαφορετικές διαστάσεις, η μικρότερη επιφάνεια φαινόταν να φωτίζει περισσότερο. Για τον λόγο αυτόν εισάχθηκε ένα νέο φωτομετρικό μέγεθος η Λαμπρότητα, που ορίζεται ως το πηλίκο της έντασης σε μια ορισμένη κατεύθυνση με την προβαλλόμενη περιοχή όπως φαίνεται από τον παρατηρητή [15].

$$L = \frac{I}{S_{\text{πηγής}}}$$

Οι μονάδες μέτρησης της είναι οι cd/m^2 .



Εικόνα 13: Σχεδιάγραμμα περιγραφής Λαμπρότητας από μία πηγή και έναν παρατηρητή [20].

Γίνεται κατανοητό ότι η Λαμπρότητα είναι το μόνο μέγεθος που γίνεται άμεσα αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι. Επίσης παρατηρείται ότι όσο μειώνεται η γωνία του παρατηρητή με το δάπεδο τόσο μειώνεται και το ποσοστό της Λαμπρότητας που φτάνει στο μάτι.

1.6 Μεγέθη ποιότητας φωτισμού

Αφού αναλύσαμε τα φωτομετρικά μεγέθη χρειάζεται να γίνει μια αναφορά σε άλλες μεταβλητές που μας δείχνουν στοιχεία για την ποιότητα του φωτισμού στον χώρο. Μεγέθη όπως ο δείκτης Ra ή το UGR είναι πολύ σημαντικά για την αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων.

1.6.1 Δείκτης Ra

Από την στιγμή που το φως έχει γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς μας προέκυψε η ανάγκη να αξιολογηθεί η δυνατότητα της φωτεινής πηγής να αναπαραστήσει πιστά τα χρώματα των αντικειμένων. Αυτό μας το δείχνει ο δείκτης Ra, που είναι η ποιότητα του χρώματος μιας φωτεινής πηγής ή αλλιώς χρωματική απόδοση (το συναντάμε και σαν CRI). Ουσιαστικά μας δείχνει πόσο πυκνή είναι η φασματική κατανομή μιας πηγής και προκύπτει από τον τύπο:

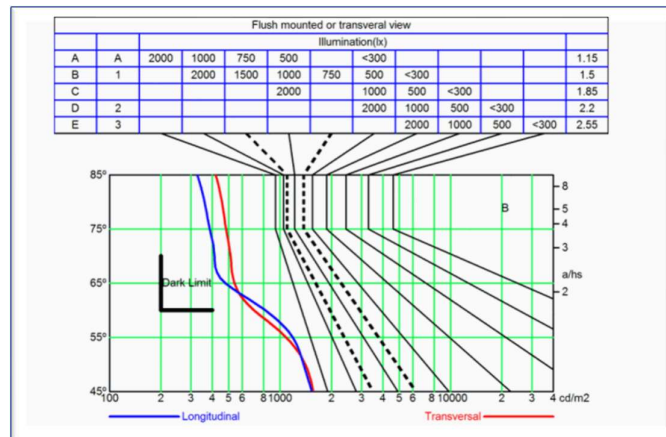
$$Ra = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 100 - 4,6\Delta E_i$$

όπου ΔE είναι οι αποστάσεις στον χρωματικό χώρο CIE [15].

1.6.2 Θάμβωση

Είναι ένα σημαντικό μέγεθος μιας και παίζει καθοριστικό ρόλο στην απαλοιφή προβλημάτων στον εσωτερικό φωτισμό. Όλοι έχουμε βιώσει το φαινόμενο κατά το οποίο δεν μπορούμε να κοιτάξουμε απευθείας τον ήλιο, αυτό είναι ουσιαστικά η θάμβωση. Υπάρχουν δύο είδη η άμεση και η έμμεση. Η πρώτη προέρχεται κατευθείαν από την πηγή φωτός ενώ η δεύτερη προκύπτει από ανάκλαση της ακτινοβολίας σε μια γυαλιστερή επιφάνεια. Πρέπει να ληφθούν υπόψιν και να αντιμετωπιστούν προκειμένου να έχουμε ένα ποιοτικότερο αποτέλεσμα φωτισμού. Για την αξιολόγηση λοιπόν της τιμής της θάμβωσης δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα. Το διάγραμμα Soellner

έχει έξι κλάσεις ποιότητας θάμβωσης και έχει άμεση σχέση με την γωνία εκπομπής γ και την λαμπρότητα L των φωτιστικών.



Εικόνα 14 : Διάγραμμα Soellner και συσχετισμός τιμών θάμβωσης με ένταση φωτισμού [21].

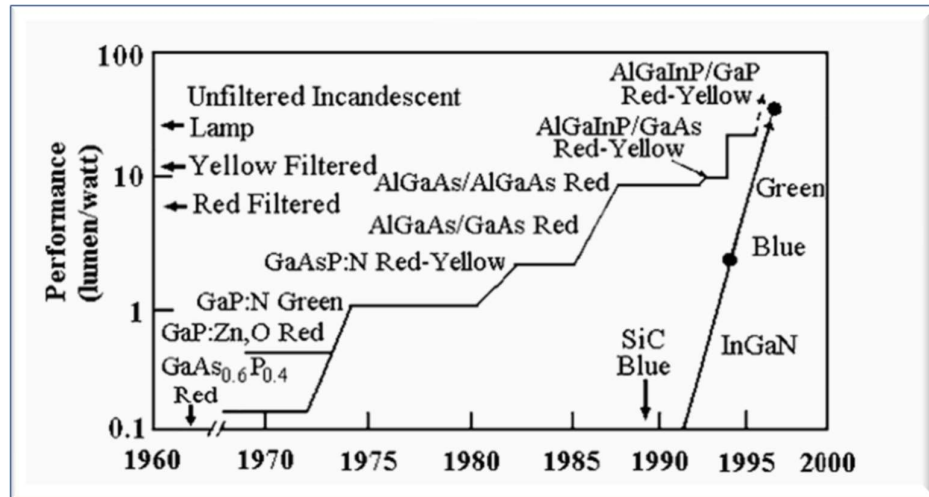
2

Φωτοτεχνική Μελέτη

Στον σύγχρονο κόσμο προκειμένου να φωτιστεί πλήρως ένας χώρος πρέπει να γίνει μια μελέτη. Με αυτή αφενός θα επιτευχθούν όρια που έχουν θεσπιστεί στα πρότυπα και αφετέρου θα εξασφαλιστεί η άνεση και η ικανοποίηση των χρηστών του χώρου. Προκειμένου να γίνει σωστά μια τέτοια μελέτη πρέπει να ακολουθηθούν κάποιες διαδικασίες και να ληφθούν κάποιες αποφάσεις. Αρχίζοντας από την επιλογή φωτιστικού σώματος και καταλήγοντας στον τρόπο που θα τα ελέγχουμε για καλύτερο αποτέλεσμα, το ζήτημα της μελέτης καθίσταται αρκετά σύνθετο.

2.1 Επιλογή Φωτεινής πηγής

Η επιλογή της φωτεινής πηγής τα τελευταία χρόνια είναι μονόδρομος. Η τεχνολογία LED έχει κατακτήσει τις αγορές αφού παρέχει υψηλή απόδοση φωτισμού και ταυτόχρονα η ποιότητα του είναι σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα. Τι είναι όμως ένα λαμπτήρας LED; Οι λυχνίες LED κατασκευάζονται από ημι-αγώγιμα υλικά που έχουν την δυνατότητα να μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε φως με απόδοση πολλές φορές κοντά στο 100%. Ξεκινώντας από τις αρχές του 70, που ο πρώτος λαμπτήρας LED παράγαγε 0.1 lm/W, έχουμε καταλήξει σε αποδόσεις πολύ μεγαλύτερες που μας επιτρέπουν με χαμηλό ενεργειακό κόστος να φωτίσουμε χώρους που στο παρελθόν ήθελαν ιδιαίτερη μεταχείριση [22].



Εικόνα 15 : Σχεδιάγραμμα που δείχνει την ραγδαία εξέλιξη της απόδοσης των φωτιστικών LED [22].

Όπως προ είπαμε τα LED είναι ουσιαστικά μια δίοδος p-n που όταν την φορτίζεις σου δίνει φως. Το μήκος κύματος που θα δώσει η δίοδος καθορίζεται από τα ενεργειακά επίπεδα των ηλεκτρονίων και των οπών. Το βασικό μειονέκτημα που έχουν τα LED είναι πως όσο περνάει η ώρα τόσο περισσότερο αναπτύσσεται θερμοκρασία η οποία για να μην καταστρέψει το ίδιο το φωτιστικό θα πρέπει με κάποιο τρόπο να απαχθεί. Για τον λόγο αυτό τοποθετείται πάντα ένας μεταλλικός ψύκτης για να γίνεται πιο γρήγορα η απαγωγή ενέργειας. Παράλληλα πρέπει να αναφερθεί ο τρόπος με τον οποίο γίνεται εφικτή η τροφοδότηση των λαμπτήρων LED μιας και για να λειτουργήσουν χρειάζονται συνεχή τάση τροφοδοσίας. Για τον λόγο αυτό μετά το συμβατικό ντουί τοποθετείται κάποιος μετασχηματιστής τάσης και κάποιος ανορθωτής για να μπορέσει η δίοδος να τροφοδοτηθεί κατάλληλα. Όπως γίνεται κατανοητό για να ελεγχθεί η δίοδος πρέπει να υπάρχει και ο Controller ή driver.



Εικόνα 16: Τομή με τα μέρη ενός Λαμπτήρα LED [23].

Βρίσκοντας την φωτεινή πηγή πρέπει να προσθέσουμε μια καινούρια ορολογία το φωτιστικό σώμα, που θα φιλοξενήσει την πηγή. Ουσιαστικά είναι αυτό που ευθύνεται για την τελική κατεύθυνση που θα έχει η ακτινοβολία μας. Αλλάζοντας το φωτιστικό και τον τρόπο τοποθέτησης του μπορούμε να επηρεάσουμε όλα σχεδόν τα μεγέθη που προαναφέραμε στην θεωρία.

2.2 Εσωτερικός Φωτισμός.

Ο εσωτερικός φωτισμός μπορεί να χωριστεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες τον φυσικό και τον τεχνικό. Εμείς καλούμαστε να μελετήσουμε το χειρότερο σενάριο κατά το οποίο ο φυσικός φωτισμός είναι ελάχιστος ή ανύπαρκτος. Μια άλλη σημαντική κατηγοριοποίηση που μπορούμε να κάνουμε στον εσωτερικό φωτισμό είναι ανάλογα με την επιφάνεια που θέλουμε αν φωτίσουμε.

- **Γενικός Φωτισμός**

Ο Γενικός φωτισμός σε έναν χώρο είναι από τα σημαντικότερα πράγματα που πρέπει να προσέξει κανείς. Είναι αναγκαίο σε όλο τον χώρο να παρέχεται ομοιόμορφος λειτουργικός φωτισμός. Συνήθως είναι άμεσος με κάποιες κεντρικές πηγές φωτός.



Εικόνα 17 : Γενικός φωτισμός Μουσείου Louvain [24].

- **Φωτισμός Περιβάλλοντος**

Ο φωτισμός περιβάλλοντος έρχεται να συμπληρώσει τον γενικό φωτισμό. Χρησιμοποιείται για να φωτίσει μια πλήρη περιοχή. Η διαφορά του με την προηγούμενη κατηγορία είναι ότι είναι φωτισμός που προσαρμόζεται στις καταστάσεις. Είναι έμμεσος και επομένως πιο ήπιος και χρησιμοποιεί τις σκιές που δημιουργούνται προς όφελός του.



Εικόνα 18: Φωτισμός περιβάλλοντος σε Μουσείο [25].

- **Φωτισμός Διάθεσης**

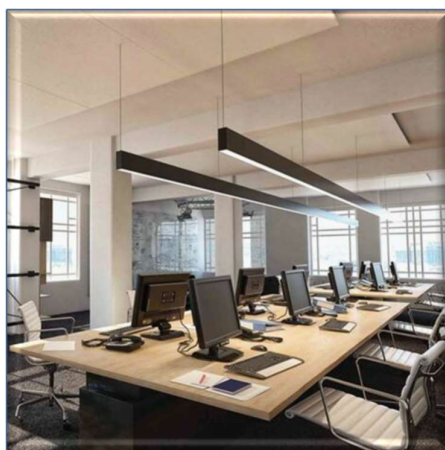
Ο φωτισμός διάθεσης είναι εξίσου σημαντικός για την συνολική εμφάνιση ενός δωματίου και χωρίς αυτόν πολλές φορές ο χώρος γίνεται αφιλόξενος. Ο φωτισμός αυτός δεν έχει να κάνει με φωτομετρικά μεγέθη αλλά συνήθως γίνεται από κάποιον διακοσμητή. Αρκετές φορές χρησιμοποιούνται φωτιστικά RGB για την επίτευξη χρωματισμών που, όντας περίεργοι, σου δημιουργούν συναισθήματα.



Εικόνα 19: Φωτισμός διάθεσης σε τραπεζαρία ενός εστιατορίου [26].

- **Φωτισμός Εργασίας**

Ο φωτισμός εργασίας είναι φωτισμός που χρησιμεύει για μια συγκεκριμένη εργασία. Τα όρια που πρέπει να εκπληρώσει συνήθως είναι υψηλότερα από τις προηγούμενες εφαρμογές, μιας και είναι απαραίτητος για την εκπλήρωση των εργασιών που εκτελούνται στον χώρο. Βασικό χαρακτηριστικό που πρέπει να προσεχθεί είναι η θάμβωση που προκαλείται, αφού, όντας πιο δυνατός όπως είδαμε και στην θεωρία, μπορεί να ευθύνεται για θέματα στην όραση. Βασικές εφαρμογές που έχει το συγκεκριμένο είδος φωτισμού είναι σε γραφεία και σε κουζίνες.



Εικόνα 20: Φωτισμός εργασίας σε γραφείο [27].

- **Φωτισμός Έμφασης**

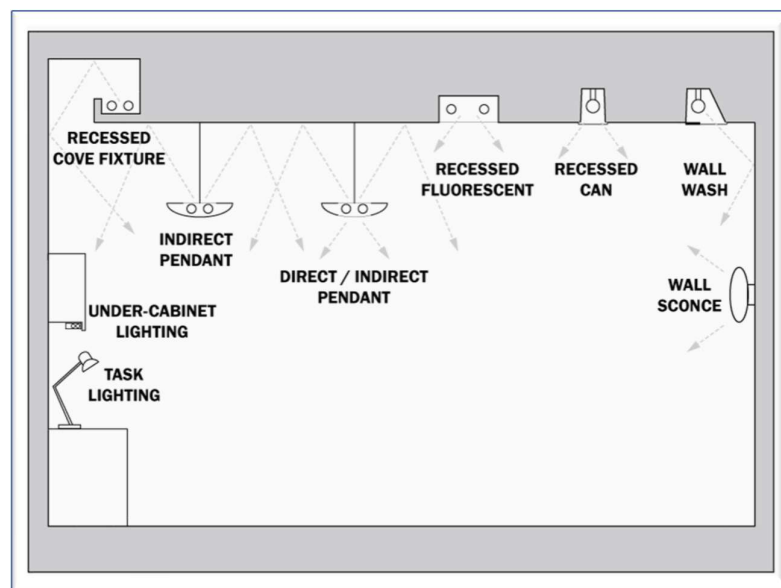
Ο φωτισμός έμφασης είναι παρόμοιος με τον φωτισμό εργασίας με την διαφορά ότι έχει συμπεριληφθεί στον χώρο για να του προσδώσει ένα συγκεκριμένο χαρακτήρα ή/και να αναδείξει ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό αυτού (συνήθως αντικείμενα). Προβολείς που αναδεικνύουν γλυπτά και έργα τέχνης είναι μερικές από τις εφαρμογές του συγκεκριμένου φωτισμού. Για να επιτευχθεί μια αντίθεση με τον φωτισμό του χώρου πρέπει τουλάχιστον να πληρείται η συνθήκη τρεις φορές μεγαλύτερη ένταση φωτισμού από αυτόν. Ο συγκεκριμένος φωτισμός όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό έχει μεγάλη εφαρμογή σε χώρους μουσείων που τα εκθέματα πρέπει να αναδειχθούν με έναν όμορφο τρόπο.



Εικόνα 21: Φωτισμός έμφασης σε μουσείο που αναδεικνύει μικρά αγάλματα [28].

2.2.1 Είδη φωτισμού και τρόπος τοποθέτησης

Είναι φανερό ότι ανάλογα με την εφαρμογή που θέλουμε να έχει ο φωτισμός μας αλλά και με τις ιδιαιτερότητες του χώρου πρέπει να αλλάξουμε το είδος του φωτισμού αλλά και τον τρόπο τοποθέτησης ενός φωτιστικού. Προκειμένου να γίνει πιο κατανοητό θα αναφερθούν οι βασικοί τρόποι τοποθέτησης των φωτιστικών.



Εικόνα 22 : Είδη τοποθέτησης φωτιστικών σε εσωτερικούς χώρους [29].

- **Κρεμαστά φωτιστικά.**

Τα κρεμαστά φωτιστικά είναι φωτιστικά που με την βοήθεια κάποιας ανάρτησης τοποθετούνται κρεμαστά από τον τοίχο. Η συγκεκριμένη τεχνική έχει ευρεία εφαρμογή τόσο σε οικίες όσο και σε μεγάλους χώρους. Στο σπίτι τα συναντάμε με την μορφή πολυελαίου, ενώ σε χώρους με ψηλά ταβάνια βοηθάει τα φωτιστικά να έχουν μικρότερη ισχύ μιας και η τελική Ένταση του δαπέδου είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης. Υποκατηγορία των κρεμαστών φωτιστικών μπορεί να είναι και οι ράγες οι οποίες μπορεί να αναρτηθούν. Παράλληλα μπορούμε να χωρίσουμε αυτήν την κατηγορία σε δύο υποκατηγορίες ανάλογα με την κατεύθυνση που έχει το φως σε φωτιστικά άμεσου και έμμεσου φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα το πρώτο είδος κατευθύνει τον φωτισμό προς το έδαφος, ενώ το δεύτερο χρησιμοποιεί την ιδιότητα της ανάκλασης στην οροφή για να φωτίσει το επίπεδο εργασίας.



Εικόνα 23: Κρεμαστός άμεσος φωτισμός σε χώρο γραφείων με ψηλό ταβάνι , βοηθάει στην εξοικονόμηση ενέργειας [30].

- **Επιτοίχια φωτιστικά**

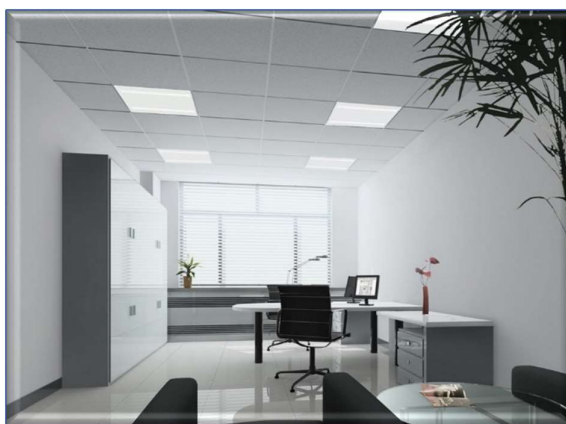
Τα επιτοίχια φωτιστικά χρησιμοποιούνται κυρίως για διακόσμηση, μπορούν όμως σε ειδικές περιπτώσεις να συνεισφέρουν στον γενικό φωτισμό του κτηρίου. Μπορούμε να χωρίσουμε και την συγκεκριμένη κατηγορία σε υποκατηγορίες ανάλογα με την κατεύθυνση που οδηγούν τον φωτισμό.



Εικόνα 24: Φωτιστικό σώμα επιτοίχιο , που διαθέτει αρκετές από τις διαθέσιμες κατευθύνσεις φωτισμού [31].

- **Χωνευτά φωτιστικά**

Τα χωνευτά φωτιστικά είναι μια κατηγορία που χρησιμοποιείται σε χώρους οι οποίοι έχουν ψευδοροφή. Η τοποθέτηση γίνεται εντός της οροφής. Η κατεύθυνση του φωτός γίνεται πάντα προς το έδαφος. Παραλλαγές αυτών των φωτιστικών έχουν να κάνουν με τους ανακλαστήρες που διαθέτουν και το πόσο καλά διαχέουν την ακτινοβολία τους στον χώρο.



Εικόνα 25: Φωτιστικό σώμα ψευδοροφής σε χώρο γραφείων [32].

2.3 Εξωτερικός Χώρος

Εκτός από το εσωτερικό των κτηρίων είναι σημαντικό να υπάρχει και φωτισμός στον εξωτερικό χώρο αυτών. Τα εξωτερικά φωτιστικά είναι σχεδιασμένα για να φωτίζουν τους εξωτερικούς χώρους κατά τη διάρκεια της νύχτας. Εκτός από τη λειτουργία τους ως διακοσμητικά στοιχεία για τοπία, μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση της ασφάλειας στην περιοχή. Τα φώτα αυτά μπορούν να φωτίσουν το περιβάλλον, διευκολύνοντας την κυκλοφορία των ανθρώπων τη νύχτα, ενώ παράλληλα αποτρέπουν τους εισβολείς με την ύπαρξη επαρκούς φωτεινότητας. Συνεπώς, η επιλογή ενός κατάλληλου συστήματος φωτισμού εξωτερικών χώρων μπορεί να επηρεάσει θετικά τόσο την αισθητική όσο και την ασφάλεια της περιοχής. Κατά την επιλογή εξωτερικών φωτιστικών, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιότητές τους που θα τα καθιστούν λειτουργικά στις αντίξοες συνθήκες του

εξωτερικού χώρου. Επειδή τα φωτιστικά σώματα εκτίθενται στον ήλιο, τη βροχή και τον αέρα, πρέπει να είναι ανθεκτικά στη φθορά που προκαλείται από αυτούς τους παράγοντες. Έτσι, θα χρειαστεί να επιλέγουν φωτιστικά που έχουν σχεδιαστεί για αντοχή στις καιρικές συνθήκες, όπως ανθεκτικότητα στην υγρασία και την υπεριώδη ακτινοβολία.

2.3.1 Τύποι φωτιστικών εξωτερικού χώρου.

FLOODLIGHTS

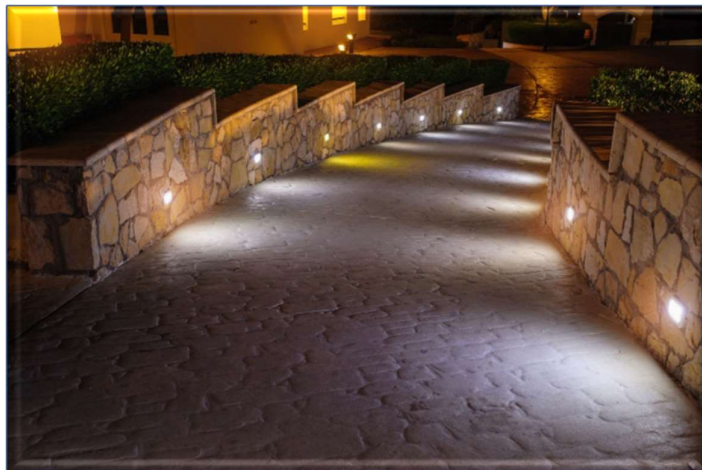
Ένα από τα πιο διαδεδομένα είδη φωτιστικών εξωτερικού χώρου είναι οι προβολείς. Οι προβολείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναδείξουν συγκεκριμένα στοιχεία του εξωτερικού χώρου, όπως δέντρα, φυτά, γλυπτά ή κτίρια. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν προβολείς για την δημιουργία μιας εντυπωσιακής ατμόσφαιρας στον εξωτερικό χώρο, για παράδειγμα, δημιουργώντας ένα θεατρικό φωτισμό σε έναν κήπο ή στην πισίνα. Επιπλέον, οι προβολείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουν ζώνες φωτισμού στον εξωτερικό χώρο, δημιουργώντας διαχωριστικά ανάμεσα σε διαφορετικά τμήματα του χώρου, όπως για παράδειγμα μεταξύ της πισίνας και του μπάρμπεκιου. Βέβαια είναι σημαντικό να μην χρησιμοποιηθούν περισσότερα φωτιστικά από όσα χρειάζονται μιας και μπορεί εύκολα να δημιουργήσουν έντονη φωτορύπανση .



Εικόνα 26: Εξωτερικό φωτισμός κτηρίου με την χρήση προβολέων [33].

SPOTLIGHTING

Τα spot έχουν μια πιο στενή δέσμη φωτός από τους προβολείς και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ορίσουν τη διάθεση ή τον χαρακτήρα ενός χώρου. Επίσης τα spot μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναδείξουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εξωτερικού χώρου, όπως δέντρα, φυτά, βράχους ή ανακαινισμένα κτίρια. Επιπλέον η δυνατότητα προσαρμογής της δέσμης φωτός επιτρέπει να δημιουργηθούν ενδιαφέροντα εφέ φωτισμού στον εξωτερικό χώρο, όπως σκιές, σιλουέτες ή ακόμη και να δημιουργηθεί μια ρομαντική ατμόσφαιρα. Τέλος, τα spot μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ασφάλεια, επιτρέποντας την καλύτερη ορατότητα σε σκοτεινά σημεία του κήπου ή του εξωτερικού χώρου.



Εικόνα 27: Εξωτερικό φωτισμός διαδρόμου κτηρίου με την χρήση Spot [34].

WALL LIGHTS

Τα εξωτερικά φωτιστικά τοίχου προσφέρουν ευελιξία και μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιαδήποτε επίπεδη επιφάνεια στον εξωτερικό χώρο. Τα φωτιστικά τοίχου είναι εξαιρετικά ευέλικτα για χρήση σε οποιαδήποτε περιοχή στον εξωτερικό χώρο. Ανάλογα με την τοποθεσία που θα επιλεγεί, μπορούν να φωτίσουν διαδρόμους, μονοπάτια, δρόμους, σκάλες, σκεπαστές βεράντες, καταστρώματα και άλλες περιοχές. Επίσης, είναι σημαντικό να αποφεύγεται η χρήση υπερβολικά φωτεινών φωτιστικών σωμάτων, καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει αντανάκλαση και να επηρεάσει την ορατότητα στην περιοχή.



Εικόνα 28: Εξωτερικό φωτισμός κτηρίου με την χρήση προβολέων [34].

INGROUND LIGHTS

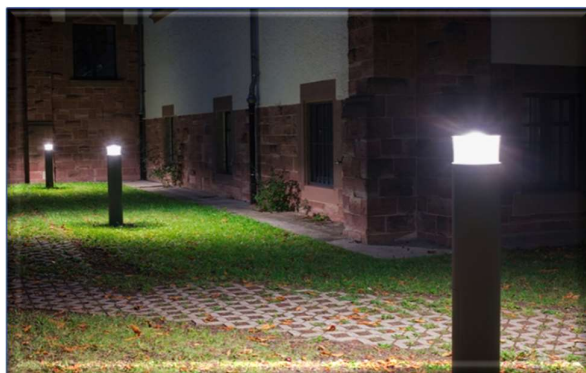
Τα φώτα στο έδαφος διευκολύνουν τη δημιουργία ενός δραματικού αποτελέσματος στον εξωτερικό μας χώρο. Όπως υποδηλώνει το όνομα, τα φώτα αυτά βρίσκονται στο έδαφος. Αυτό σημαίνει ότι το φωτιστικό σώμα δεν είναι ορατό - μόνο το φως που παράγει. Αυτό είναι ιδανικό για τον φωτισμό μονοπατιών, οδών, κλιμάκων και σκαλοπατιών. Δημιουργεί ένα εφέ φωτισμού που έχει μυστηριώδεις σκιές και όμορφες σιλουέτες. Όταν χρησιμοποιείται αυτός ο τύπος εξωτερικού φωτισμού, πρέπει να γίνει κατάλληλα η εγκατάσταση, ώστε να μην δημιουργήσει προβλήματα συντήρησης στο μέλλον.



Εικόνα 29: Εξωτερικό φωτισμός κτηρίου με την χρήση φωτιστικών εντός δαπέδου [35].

LANDSCAPE LIGHTS

Τα φωτιστικά αυτά συνήθως έχουν μορφή μικρών κολώνων στον περίγυρο του κτηρίου. Έχουν σκοπό την ανάδειξη του τοπίου γύρω από το κτήριο αλλά και την δημιουργία μονοπατιών διέλευσης πεζών. Βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε πάρκα και αυλές που ο επισκέπτης δεν απαιτεί έντονο φωτισμό και απλά θέλει να χαλαρώσει.



Εικόνα 30: Εξωτερικό φωτισμός τοπίου με την χρήση φωτιστικών δαπέδου [36].

POST LIGHTS

Η κατηγορία αυτή αναφέρεται σε φωτιστικά στύλου. Χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό πεζοδρομίων και χώρων parking μιας και παρέχουν φως σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή. Το βασικό πλεονέκτημα σε σχέση με του προβολείς είναι ότι η δέσμη φωτός που εκπέμπουν είναι ευρεία και δεν προκαλεί φωτορύπανση. Έτσι, εύκολα με λίγο αριθμό φωτιστικών, μπορεί να επιτευχθεί η τιμή αναφοράς που επιζητείται στον χώρο που τοποθετούνται.



Εικόνα 31: Εξωτερικό φωτισμός τοπίου με την χρήση φωτιστικών δαπέδου [37].

2.3.2 Τεχνικές φωτισμού εξωτερικού χώρου

Προκειμένου να καταφέρουμε να αξιοποιήσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα τις ιδιότητες των φωτιστικών που αναφέραμε παραπάνω είναι καλό να αναφερθούν διάφορες τεχνικές εξωτερικού φωτισμού που χρησιμοποιούνται.

- **Φωτισμός έμφασης / Accent lighting**

Το Accent lighting αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη τεχνική εξωτερικού φωτισμού, η οποία χρησιμοποιείται για να αναδείξει συγκεκριμένα στοιχεία του εξωτερικού χώρου, όπως αγάλματα, φυτά, τοίχους, κτίρια, και άλλα διακοσμητικά στοιχεία. Η τεχνική αυτή προσθέτει βάθος και διάσταση στον εξωτερικό χώρο, καθιστώντας τα αντικείμενα που φωτίζονται να ξεχωρίζουν από το περιβάλλον τους. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται κατάλληλα φωτιστικά σώματα και λάμπες, τα οποία τοποθετούνται κοντά στο αντικείμενο που επιθυμούμε να αναδείξουμε. Συνήθως χρησιμοποιούνται φωτιστικά σώματα με στενή δέσμη φωτός, όπως προβολείς (spotlights) ή επιφανειακά φωτιστικά (wall washers), τα οποία καθοδηγούν το φως σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Η τεχνική του Accent lighting μπορεί να χρησιμοποιηθεί

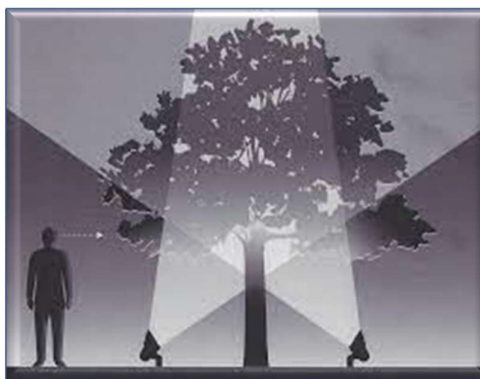
σε διάφορους εξωτερικούς χώρους, όπως κήπους, πάρκα, αυλές, αθλητικούς χώρους και κτίρια.



Εικόνα 32: Εξωτερικό φωτισμός accent lighting σε δέντρα [38].

- **Cross lighting**

Η τεχνική του Cross lighting αναφέρεται σε μια άλλη τεχνική εξωτερικού φωτισμού, η οποία χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει ένα σκηνικό φωτισμό με πολλαπλές πηγές φωτός, ώστε να δημιουργηθεί μια επιμέρους σκιά στο αντικείμενο που φωτίζεται. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται συνήθως για να φωτίσει αντικείμενα που έχουν τρισδιάστατη μορφή, όπως αγάλματα, στήλες, δέντρα και κάποια κτίρια. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότερα φωτιστικά σώματα που τοποθετούνται σε αντίθετες πλευρές του αντικειμένου, ώστε να προκαλέσουν σκιές και να τονίσουν την ανάγλυφη μορφή του αντικειμένου. Για να επιτευχθεί ο επιθυμητός σκηνικός φωτισμός, οι φωτιστικές πηγές πρέπει να είναι τοποθετημένες στην ιδανική τους τοποθεσία, υπολογίζοντας τη γωνία και το ύψος τους, καθώς και την απόσταση από το αντικείμενο που φωτίζεται.



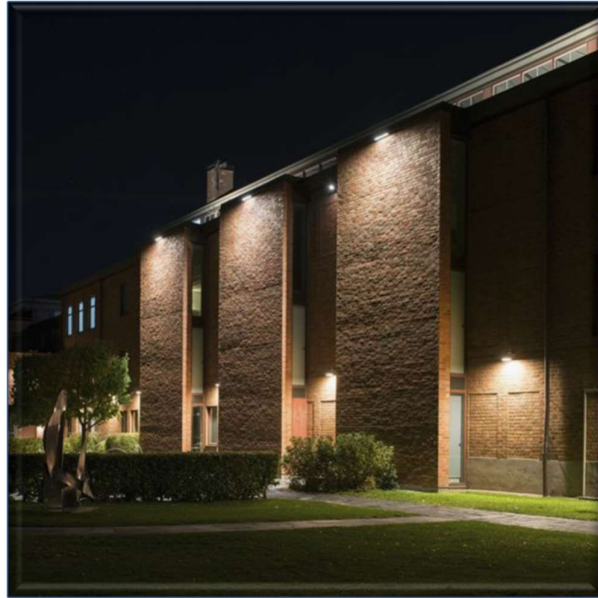
Εικόνα 33: Εξωτερικό φωτισμός cross lighting σε δέντρα [39].

- **Φωτισμός με διάχυση / Diffused lighting**

Η τεχνική του Diffused lighting αναφέρεται σε μια τεχνική εξωτερικού φωτισμού που χρησιμοποιεί μια διαχυτική επιφάνεια για να διασπάσει το φως και να δημιουργήσει μια ομοιόμορφη, απαλή και φυσική φωτεινότητα στο περιβάλλον. Αυτή η τεχνική επιτυγχάνεται με τη χρήση φωτιστικών σωμάτων που έχουν μια διαχυτική επιφάνεια, όπως οι φωτεινές πλάκες ή οι ομπρέλες φωτισμού. Η διαχυτική επιφάνεια αυτών των φωτιστικών σωμάτων διασπά το φως και το διανέμει ομοιόμορφα σε όλο το περιβάλλον. Η τεχνική του Diffused lighting είναι κατάλληλη για διάφορες εφαρμογές, τόσο για το φωτισμό εξωτερικών χώρων, όπως οι αυλές ή οι βεράντες, όσο και για το φωτισμό εσωτερικών χώρων, όπως καταστήματα ή εκθεσιακούς χώρους. Η τεχνική του Diffused lighting μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για να δημιουργήσει διακριτικό φωτισμό για φωτογραφίες ή για άλλους τύπους οπτικών μέσων, όπως βίντεο ή ταινίες.

- **Φωτισμός Down lighting**

Η τεχνική του Down lighting αναφέρεται σε μια τεχνική εξωτερικού φωτισμού, όπου το φως διαχέεται από κάτω προς τα πάνω, δημιουργώντας μια κατευθυνόμενη φωτεινότητα στον πάτο ή σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια. Αυτή η τεχνική επιτυγχάνεται με τη χρήση φωτιστικών σωμάτων που τοποθετούνται σε ψηλό σημείο, όπως με προβολείς ή φωτιστικά σώματα που τοποθετούνται στις οροφές ή στα ταβάνια. Η κατευθυνόμενη φωτεινότητα αυτών των φωτιστικών σωμάτων δημιουργεί μια σκιά κάτω από το φωτιζόμενο αντικείμενο και παράλληλα δίνει έμφαση στην επιφάνεια πάνω από αυτό. Η τεχνική του Down lighting είναι κατάλληλη για διάφορες εφαρμογές, τόσο για το φωτισμό εξωτερικών χώρων, όπως πεζοδρόμια, κήπους ή θεατρικά σκηνικά, όσο και για το φωτισμό εσωτερικών χώρων, όπως καταστήματα, εστιατόρια ή σαλόνια.



Εικόνα 34: Εξωτερικό φωτισμός down lighting σε κτήριο [39].

- **Grazing**

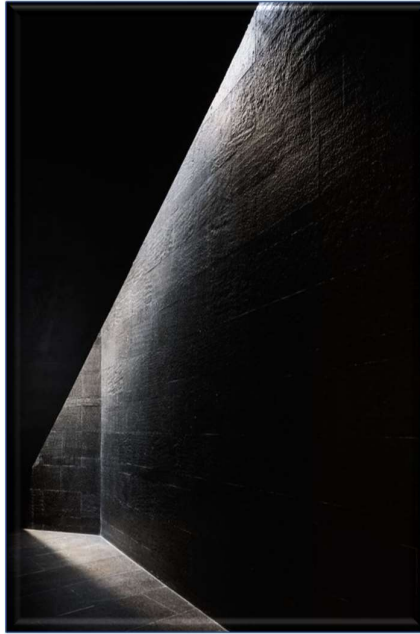
Η τεχνική του Grazing ή grazing lighting στοχεύει στο να αναδείξει την υφή ή την κίνηση της επιφάνειας του αντικειμένου που φωτίζεται. Το φως προέρχεται από μια πηγή και περνάει διαγώνια πάνω από την επιφάνεια, αναδεικνύοντας τις ανωμαλίες και την υφή της επιφάνειας. Η τεχνική αυτή συχνά χρησιμοποιείται για να φωτίσει επιφάνειες όπως πέτρα, τούβλο, τοίχους και καταστρώματα, καθώς και για τη δημιουργία εντυπωσιακών εφέ σε επιφάνειες κτιρίων, μνημείων ή άλλων αρχιτεκτονικών στοιχείων. Η τεχνική του grazing μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους, όπως η χρήση προβολέων LED που είναι τοποθετημένοι κοντά στην επιφάνεια που φωτίζεται, η χρήση ειδικών φακών στους προβολείς που κατευθύνουν το φως διαγώνιας πάνω στην επιφάνεια ή η τοποθέτηση των προβολέων κάτω από την επιφάνεια και η χρήση καθρεφτών για να ανακλά το φως στον τοίχο πάνω από αυτό.



Εικόνα 35: Εξωτερικό φωτισμός ανάδειξης υφής (Grazing) [39].

- **Φωτισμός σκίασης / Shadowing**

Η τεχνική του Shadowing lighting μπορεί να εφαρμοστεί και στον εξωτερικό χώρο, δημιουργώντας ένα δραματικό και εντυπωσιακό αποτέλεσμα στον κήπο ή στην περιοχή της εισόδου. Οι προβολείς που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αυτού του εφέ πρέπει να τοποθετούνται πίσω από δέντρα ή άλλα αντικείμενα, ώστε να δημιουργηθούν σκιές στον τοίχο ή στο έδαφος. Η τεχνική αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναδείξει διάφορα στοιχεία του κήπου, όπως δέντρα, φυτά, βράχους ή υπαίθρια γλυπτά. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα στην περιοχή της εισόδου του σπιτιού, προσθέτοντας έναν δραματικό φωτισμό στο μπροστινό μέρος του σπιτιού ή στον κήπο. Για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, θα πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη θέση και γωνία για την τοποθέτηση των προβολέων και να δοκιμασθούν διαφορετικές ρυθμίσεις φωτισμού, μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Εικόνα 36: Εξωτερικός φωτισμός Shadowing σε κτήριο [40].

- **Φωτισμός Uplighting**

Η τεχνική του uplighting είναι μια δημοφιλής επιλογή για τον εξωτερικό φωτισμό, καθώς δημιουργεί ένα δραματικό και εντυπωσιακό αποτέλεσμα. Η τεχνική αυτή αποτελείται από τη χρήση προβολέων που τοποθετούνται κάτω από αντικείμενα όπως δέντρα, βράχους, φυτά ή αρχιτεκτονικά στοιχεία, ώστε να δημιουργηθεί ένα εφέ αναδεικνύοντας την υφή και την παρουσία τους. Με την τεχνική του uplighting, μπορεί να δημιουργηθεί ένα θεαματικό αποτέλεσμα στον κήπο ή την περιοχή της εισόδου ενός κτηρίου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναδείξει διάφορα στοιχεία του κήπου, όπως δέντρα, φυτά, βράχους ή υπαίθρια γλυπτά. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα στην περιοχή της εισόδου του κτηρίου, προσθέτοντας έναν δραματικό φωτισμό στην όψη.



Εικόνα 37: Εξωτερικό φωτισμός Uplighting σε κτήριο [40].

2.4 Μελέτη φωτισμού

Στην θεωρία αναλύσαμε τα φωτομετρικά μεγέθη που ουσιαστικά καθιστούν δυνατή την μέτρηση και την αξιολόγηση του φωτός. Πως όμως γίνεται μια μελέτη φωτισμού; Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται τα φωτομετρικά μεγέθη μιας και αυτά μας περιγράφουν την ποιότητα του φωτισμού. Όμως προκειμένου να εφαρμοστεί κάτι στην πράξη πρέπει να παραλλαχθούν, να αξιολογηθούν και να προσεχθούν αρκετά πράγματα.

2.4.1 Ένταση φωτισμού χώρου – Πρότυπα φωτισμού

Είναι φανερό ότι ανάλογα με την χρήση που έχει ένας χώρος απαιτεί διαφορετικά επίπεδα φωτισμού. Η ένταση φωτισμού είναι ένα από τα σημαντικότερα φωτομετρικά μεγέθη που εξετάζουμε σε μια φωτοτεχνική μελέτη. Η ενδεικνύομενη ένταση φωτισμού ανάλογα με την χρήση του χώρου έχει προκύψει από μακροχρόνιες

έρευνες και μετρήσεις και περιγράφονται στα Πρότυπα φωτισμού. Αυτά βελτιώνονται όσο η τεχνολογία προχωρεί [15].

Προκειμένου όμως να εξετάσουμε την ένταση θα πρέπει να έχουμε ορίσει το ύψος που θα γίνεται η μέτρηση. Αυτό το ονομάζουμε επίπεδο αναφοράς. Στη θεωρία έχουμε αναφέρει ότι όσο απομακρυνόμαστε από την πηγή τόσο μειώνεται η ένταση φωτισμού. Αυτό το συναντάμε σαν τον φωτομετρικό νόμο των αποστάσεων, όπου σύμφωνα με αυτόν, η ένταση φωτισμού είναι ανάλογη με τη φωτεινή ένταση της φωτεινής πηγής και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης από τον παρατηρητή. Έτσι ανάλογα με το ύψος που θα έχει το επίπεδο εργασίας θα μεταβάλλεται και το επίπεδο της έντασης.

$$E = \frac{I}{d^2}$$

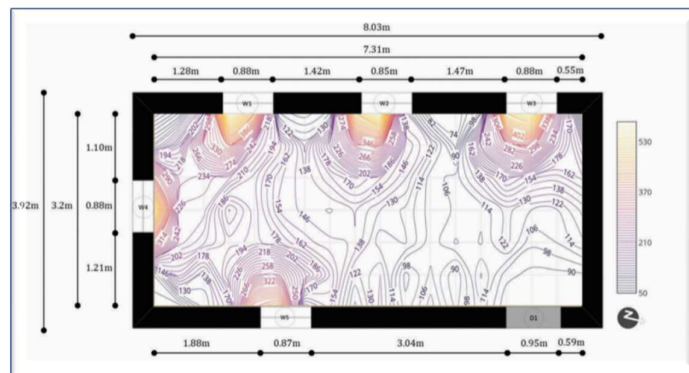
2.4.1.1 Μέση ένταση φωτισμού

Μια ακόμα βασική παράμετρος είναι να κατανοήσουμε τι ακριβώς αναζητάμε όταν ψάχνουμε την ένταση φωτισμού. Όπως αναφέραμε και παραπάνω ανάλογα με την απόσταση θα έχουμε διαφορετική ένταση φωτισμού. Αν λάβουμε υπόψιν ότι το φως κατανέμεται προς όλες τις κατευθύνσεις τότε μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι πέρα από τον κάθετο άξονα θα υπάρχουν σημεία τα οποία θα έχουν χαμηλότερη ένταση φωτισμού. Προκειμένου να βγάλουμε μια πιο αντικειμενική τιμή δεν λαμβάνουμε υπόψιν την μέγιστη ένταση φωτισμού αλλά την μέση ένταση φωτισμού. Για να γίνει αυτό αρκεί να χωρίσουμε τον προς μελέτη χώρο και να τον κβαντίσουμε σε τετράγωνα τα οποία τετράγωνα θα έχουν μια τιμή έντασης το κάθε ένα. Έτσι βρίσκοντας τον μέσο όρο αυτών των τιμών μπορούμε να βρούμε την μέση ένταση φωτισμού του συνολικού χώρου. Είναι φανερό ότι όσο πιο μικρό είναι το εμβαδόν των τετραγώνων τόσο πιο κοντά στην μέση ένταση φωτισμού μπορούμε να φτάσουμε. Βέβαια όσο πιο μικρά είναι τα τετράγωνα τόσο πιο σύνθετος γίνεται ο υπολογισμός.

2.4.1.2 Διάγραμμα ISOLUX

Το Διάγραμμα ISOLUX οπτικοποιεί την παραπάνω ιδιότητα. Ουσιαστικά περιγράφει ότι σε έναν χώρο η ένταση φωτισμού είναι μια συνάρτηση του x,y [$E(x,y)$]. Είναι

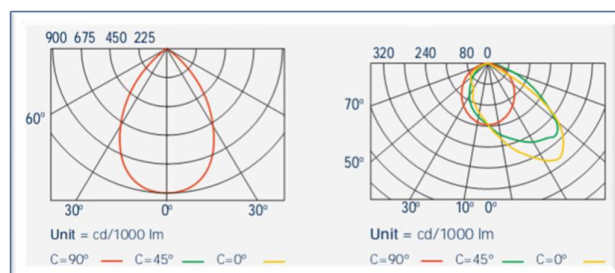
φανερó ότι όλα τα σημεία που ισαπέχουν από την φωτεινή πηγή θα έχουν την ίδια ένταση φωτισμού. Με αυτόν τον τρόπο θα δημιουργηθούν ισοδυναμικές επιφάνειες τις οποίες θα δείξουμε στο ISOLUX διάγραμμα.



Εικόνα 38: Διάγραμμα ISOLUX που περιγράφει την ένταση φωτισμού από παράθυρα [41].

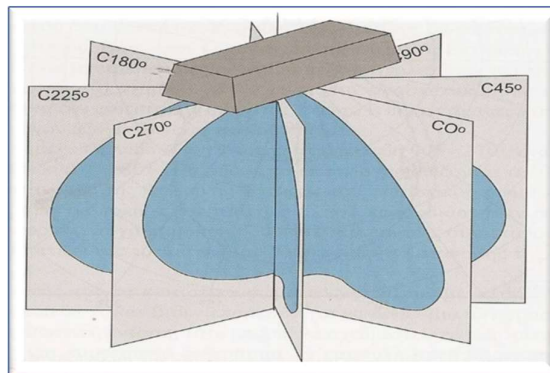
2.4.1.3 Διάγραμμα περιγραφής φωτεινής πηγής

Είναι φανερό ότι δεν έχουν όλες οι φωτεινές πηγές ίδιο σχήμα και δεν διαδίδουν την ακτινοβολία τους ομοιόμορφα στον χώρο. Για να κατανοήσουμε καλύτερα πώς διαδίδεται η φωτεινή ένταση μιας πηγής φωτός έχει θεσπιστεί ένα διάγραμμα, που ονομάζεται διάγραμμα κατανομής φωτεινής Έντασης και γωνίας ακτινοβολίας. Με την χρήση αυτού του διαγράμματος μπορούμε να ελέγξουμε καλύτερα το τελικό αποτέλεσμα του φωτισμού μας.



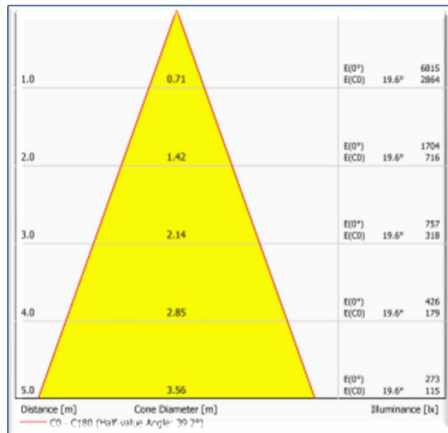
Εικόνα 39: Διαγράμματα κατανομής Φωτεινής Έντασης και γωνίας ακτινοβολίας σε δύο διαφορετικές πηγές [42].

Επειδή στο ίδιο φωτιστικό σώμα μπορεί να αλλάξει η κατανομή φωτεινής ένταση ανάλογα με τη γωνία στον τρισδιάστατο χώρο και προκειμένου αυτή να οπτικοποιηθεί, επιλέγονται ενδεικτικά δύο ή τρεις τομές του φωτιστικού στον χώρο. Έτσι δημιουργούνται κάποια επίπεδα τα οποία έχουν τυποποιηθεί από την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE) .



Εικόνα 40: Τυποποιημένα επίπεδα κατά CIE [15].

Στην περίπτωση που σε όλα τα επίπεδα η φωτεινή πηγή παρουσιάζει απόλυτη συμμετρία όπως στην Εικόνα 27^α, τότε η πληροφορία που πρέπει να μας καθοριστεί από το διάγραμμα είναι η γωνία ακτινοβολίας. [15] Είναι η γωνία της οποίας οι πλευρές τέμνουν την καμπύλη τιμών της Φωτεινής έντασης στο σημείο όπου η τιμή της είναι ίση με το μισό της μέγιστης. Το διάγραμμα αυτό μας αποκαλύπτει την μεταβολή της έντασης φωτισμού όσο απομακρυνόμαστε από την φωτεινή πηγή.



Εικόνα 41: Κωνικό Διάγραμμα συμμετρικού φωτιστικού [43].

2.4.2 Συντελεστές φωτοτεχνίας

Εκτός από την μέση ένταση φωτισμού προκειμένου να προσφέρουμε στους χρήστες ενός χώρου άνεση και λειτουργικότητα για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα έχουν θεσπιστεί μερικοί συντελεστές οι οποίοι μας το εξασφαλίζουν.

2.4.2.1 Συντελεστής συντήρησης MF

Όσο περνάει ο χρόνος τόσο μειώνεται και η τελική φωτεινή ροή που τελικά θα φτάσει στο δωμάτιο. Αυτό περιγράφεται από τον συντελεστή συντήρησης MF, που περιγράφει την μείωση στην φωτεινή ροή εξαιτίας της ρύπανσης, της μείωσης της απόδοσης του φωτιστικού με την πάροδο του χρόνου, καθώς επίσης και για το πόσο συχνά γίνεται η συντήρηση σε μια εγκατάσταση. Για να τον υπολογίσουμε χρησιμοποιούμε τον λόγο της Φωτεινής ροής σε κάποιο χρονικό διάστημα με την αρχική Φωτεινή ροή που είχε το φωτιστικό σώμα [15].

$$MF = \frac{\Phi_{\text{σε βάθος χρόνου}}}{\Phi_{\text{αρχικά}}}$$

Προκειμένου όμως να προβλέψουμε τον συντελεστή αυτό, μιας και δεν γνωρίζουμε την Φωτεινή ροή που θα έχει το φωτιστικό σε βάθος χρόνου θεωρούμε μια τιμή ανάλογα με την καθαρότητα του χώρου. Πιο συγκεκριμένα η Φωτεινή ροή του

φωτιστικού σε βάθος χρόνου εξαρτάται από πολλά πράγματα. Μερικά από τα κυριότερα είναι :

- Η καθαρότητα του χώρου.
- Τα διαστήματα συντήρησης του χώρου.
- Οι ανακλαστικότητες των επιφανειών.
- Το είδος του φωτιστικού σώματος.
- Το είδος των λαμπτήρων.
- Οι ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων σε ετήσια βάση.
- Ο τύπος τροφοδοσίας.
- κ.α.

Έτσι παίρνοντας σαν δεδομένα τα παραπάνω μπορεί να γίνει ο σωστός υπολογισμός του συντελεστή συντήρησης. Προκειμένου όμως να γίνει μια γρήγορη επιλογή η TOTEE έχει κοινοποιήσει έναν πίνακα με τυπικές τιμές.

Πίνακας 1: Ενδεικτικές τιμές συντελεστή συντήρησης για ενδεικτικά προγράμματα συντήρησης και χρήσεις χώρων για LED και συμβατικές φωτεινές πηγές [44].

Τεχνολογία φωτεινής πηγής		Ενδεικτικές τιμές συντελεστή συντήρησης MF για εσωτερικούς χώρους	Χρήσεις
LED	Συμβατικές φωτεινές πηγές		
L90 50.000h	-	0,85	Control rooms, πολύ καθαροί χώροι, μόνο χρήση LED με υψηλή διάρκεια ζωής στο L ₉₀ .
L85 50.000h L80 60.000h	Πολύ καθαρός χώρος, καθαρισμός φωτιστικών κάθε 1 έτος, λειτουργία λαμπτήρων 2.000 ώρες/έτος, φωτιστικά άμεσου φωτισμού με τάση να συσσωρεύουν ελάχιστη σκόνη.	0,80	Γραφεία, καθαροί χώροι, χρήση LED με κανονική διάρκεια ζωής στο L ₉₀ , πολύ υψηλή διάρκεια ζωής στο L ₈₀ , χρήση συμβατικών φωτεινών πηγών με συχνή συντήρηση.
L90 50.000h L80 70.000h	-	0,80	Εργοστάσια, μέτριας καθαριότητας χώροι, χρήση LED με υψηλή διάρκεια ζωής στο L ₉₀ .
-	Χώρος τυπικής καθαρότητας, συντήρηση φωτιστικών ανά 3 έτη, λειτουργία λαμπτήρων 2.000 ώρες/έτος, φωτιστικά έμμεσου / άμεσου φωτισμού με κανονική συλλογή σκόνης.	0,70	Εργοστάσια, μέτριας καθαριότητας χώροι, χρήση συμβατικών φωτεινών πηγών με συχνή συντήρηση.

2.4.2.2 Συντελεστής φωτεινής απόδοσης LOR

Όπως έχει γίνει κατανοητό στην πράξη χρησιμοποιούμε φωτιστικά σώματα και όχι σκέτους λαμπτήρες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται η Φωτεινή ροή που τελικά θα κατευθυνθεί προς στο επίπεδο εργασίας. Αυτό το φαινόμενο το περιγράφει ένας συντελεστής ονόματι Συντελεστής απόδοσης LOR. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει τον λόγο της φωτεινής ροής που τελικά εκπέμπει το φωτιστικό με εκείνη που παράγει αρχικά ο λαμπτήρας. [15]

$$LOR = \frac{\Phi_{\phi.\sigma.}}{\Phi_{\lambda}}$$

2.4.2.3 Συντελεστής χρησιμοποίησης UF

Πέρα από τα αρχιτεκτονικά στοιχεία ενός χώρου καθώς και το πόσο μεγάλος ή μικρός είναι αυτός, καθοριστικό παράγοντα για το τελικό επίπεδο έντασης φωτισμού αποτελεί το ίδιο το φωτιστικό σώμα. Η κρίσιμη παράμετρος που μας περιγράφει αυτήν την ιδιότητα είναι η φωτεινή απόδοση ενός φωτιστικού σώματος σε ένα συγκεκριμένο χώρο ή αλλιώς Συντελεστής Χρησιμοποίησης UF, ο οποίος καθορίζει το ποσοστό του φωτός στο επίπεδο εργασίας σε σχέση με αυτό που έχει προσφέρει το φωτιστικό σώμα. [15]

$$UF = \frac{\Phi_{\text{επίπεδο Εργασίας}}}{\Phi_{\lambda}}$$

Όπου $\Phi_{\text{επίπεδο Εργασίας}}$ η Φωτεινή ροή στο επίπεδο εργασίας και Φ_{λ} η Φωτεινή ροή του λαμπτήρα.

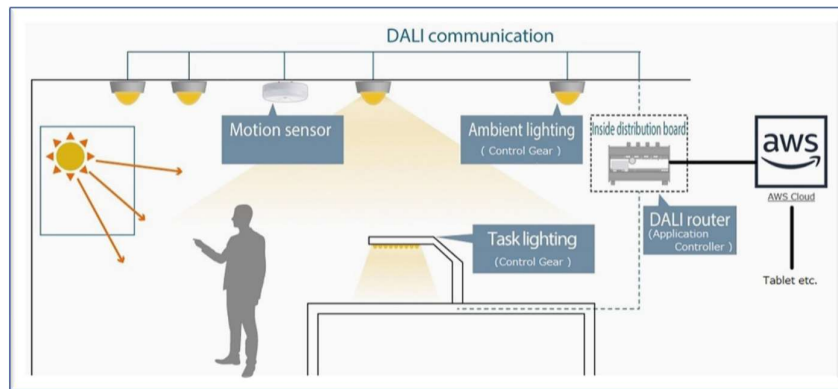
2.5 Έλεγχος φωτισμού

Το τελευταίο διάστημα όλο και περισσότερο έχει αναπτυχθεί ο έλεγχος του φωτισμού από κάποιο έξυπνο σύστημα. Το σύστημα αυτό μπορεί να ελέγχει τόσο το άνοιγμα και το κλείσιμο των φωτιστικών ενός χώρου όσο και το Dimming, δηλαδή την αλλαγή

θερμοκρασίας του φωτισμού ανάλογα με τα σενάρια χρήσης ενός χώρου. Προκειμένου να μπορέσει να εκπληρωθεί αυτή η ανάγκη έχουν δημιουργηθεί συστήματα ελέγχου και πρωτόκολλα επικοινωνίας που έχουν αφήσει του περιορισμούς της καλωδιακής διασύνδεσης στο παρελθόν. Συστήματα όπως τα DALI και το KNX έχουν εκτοξεύσει τις δυνατότητες για εφαρμογή τεχνικών φωτισμού που στο παρελθόν φάνταζαν σενάριο επιστημονικής φαντασίας.

2.5.1 DALI

Το DALI ή αλλιώς DIGITAL ADDRESSABLE LIGHTING INTERFACE, είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που επιτρέπει τον ψηφιακό έλεγχο των φωτιστικών χωρίς να απαιτείται κάποια περίπλοκη ηλεκτρική εγκατάσταση ισχυρών. Αρχικά χρησιμοποιούσε μια συνεχή τάση 0/1-10V για τον έλεγχο των ballast των φωτιστικών φθορισμού. Τα τελευταία χρόνια όμως το σύστημα έχει εξελιχθεί, καθώς έχει γίνει διαθέσιμη η δήλωση ξεχωριστής διεύθυνσης σε κάθε συσκευή που υπάρχει στην εγκατάσταση. Με τον τρόπο αυτό μπορεί κανείς να προγραμματίσει ποιες συσκευές θα είναι στην ίδια ομάδα, τι ένταση φωτισμού θα έχει η κάθε μια αλλά και να κάνει σύνθετα σενάρια ανάδειξης σημείων τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό ενός κτηρίου. Ένα βασικό πλεονέκτημα που διαθέτει το σύστημα DALI είναι ότι προγραμματιστικά μπορεί ο εγκαταστάτης να επαναπρογραμματίσει και να αλλάξει εντελώς το αρχικό σενάριο φωτισμού χωρίς να παρέμβει καθόλου στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση του κτηρίου. Αυτό καθιστά πιο εύκολο σε έναν χώρο να αλλάξει χρήση ή εσωτερική διαρρύθμιση. Παράλληλα είναι δυνατή η αμφίδρομη επικοινωνία των φωτιστικών, μπορούν πιο απλά να επικοινωνήσουν με το σύστημα και να δηλώσουν τυχόν βλάβη που μπορεί να προκύψει. Αυτό καθιστά δυνατή την σχεδίαση με υψηλό δείκτη MF μιας και τα φωτιστικά μπορούν να ενημερώνουν για την ανάγκη συντήρησης [45].



Εικόνα 42: Ενδεικτικές τιμές συντελεστή συντήρησης για ενδεικτικά προγράμματα συντήρησης και χρήσεις χώρων για LED και συμβατικές φωτεινές πηγές [46].

2.5.2 KNX

Όσο η τεχνολογία εξελίσσεται, τόσο ο άνθρωπος εφευρίσκει νέους αποδοτικότερους τρόπους για να βελτιώσει την ζωή του. Όλο και περισσότερο γίνεται λόγος για ενεργειακή οικονομία μιας και τα τελευταία χρόνια η υπερεκμετάλλευση των πόρων έχει δημιουργήσει τεράστιο πρόβλημα. Οι ανάγκες του ανθρώπου για εξοικονόμηση ενέργειας έχει δημιουργήσει συστήματα που βοηθάνε ένα κτήριο να γίνει έξυπνο και να καταναλώνει όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια. Ένα τέτοιο σύστημα, προκειμένου να μπορεί να ελέγχει όλες τις συσκευές και να δέχεται από τα διάφορα αισθητήρια που διαθέτει τα δεδομένα που χρειάζεται, πρέπει να διαθέτει ένα κοινό πρωτόκολλο επικοινωνίας. Ένα ευρέως διαδεδομένο πρωτόκολλο είναι το KNX. Το πρωτόκολλο αυτό μπορεί να το χρησιμοποιήσουν όλοι οι κατασκευαστές προκειμένου τα προϊόντα τους να είναι φιλικά μεταξύ τους αλλά και με άλλα. Όπως και με το πρωτόκολλο DALI, τα προϊόντα που διαθέτουν KNX προγραμματίζονται προκειμένου να εξυπηρετήσουν σενάρια, εύκολα μέσα από κάποιο interface. Τι γίνεται όμως όταν πρέπει να συνδυάσουμε δυο διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας στον ίδιο κτήριο; Για παράδειγμα στην περίπτωση που τα φωτιστικά είναι DALI και το σύστημα αυτοματισμού του κτηρίου είναι KNX. Την λύση την έχουν δώσει οι κατασκευαστές. Κατασκεύασαν converters από KNX σε DALI και αντίστροφα, με αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας το converter να μπορεί κανείς να εντάξει τον έλεγχο του φωτισμού στο κεντρικό σύστημα διαχείρισης του κτηρίου.

2.5.3 Στρατηγικές ελέγχου φωτισμού.

Μπορούμε επιγραμματικά να χωρίσουμε τις στρατηγικές ελέγχου φωτισμού σε ένα κτήριο σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις στρατηγικές που σκοπό τους έχουν την εξοικονόμηση ενέργειας και τις στρατηγικές που έχουν σκοπό το αισθητικό αποτέλεσμα. Αρχικά το κεφάλαιο αυτό είναι αρκετά σύνθετο και μπορεί να αποτελέσει από μόνο του αντικείμενο για πολλές διπλωματικές. Στην παρούσα εργασία θα αναφερθούμε επιγραμματικά και με μια σύντομη επεξήγηση προκειμένου να δοθεί μια βάση στις τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για την μελέτη. Συνεπώς μπορούμε να αναφέρουμε μερικές τεχνικές ελέγχου φωτισμού που αποσκοπούν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αρχικά αν γνωρίζουμε από πριν τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου μπορεί να προβλεφθεί προγραμματισμός που να απενεργοποιεί και να ενεργοποιεί τον φωτισμό ανάλογα με το αν γίνεται ή όχι χρήση του κτηρίου. Αυτή η τεχνική μπορεί να προσφέρει μέχρι και 40% εξοικονόμηση ενέργειας [44]. Σε χώρους και κτήρια που δεν μπορεί να προβλεφθεί μέσα από κάποιο σενάριο η χρήση τους, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιος αισθητήρας παρουσίας ή κάποιο σημείο ελέγχου προκειμένου να μπορεί να γίνει αλλιώς η εξοικονόμηση. Σε χώρους με έντονο το στοιχείο του φυσικού φωτισμού και λαμβάνοντας υπόψιν ότι η χώρα μας έχει κατά το πλείστον ήλιο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα σύστημα που να εκμεταλλεύεται αυτό το φως. Αυτή η τεχνική είναι δυνατόν να επιτευχθεί με την χρήση αισθητήρων και τον σωστό προγραμματισμό. Βασικό σενάριο σε ένα κτήριο είναι η διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων φωτισμού σε κάθε χώρο. Όταν πρωτοκατασκευάζεται ένα έργο πάντα θα διαθέτει περισσότερο φωτισμό από τον επιθυμητό, μιας και έχει χρησιμοποιηθεί ο συντελεστής συντήρησης που αυξάνει τον φωτισμό προκειμένου σε βάθος χρόνου να μην πέσει η εγκατάσταση κάτω από τα επιθυμητά επίπεδα. Αυτό έρχεται να το λύσει η τεχνική το constant light control. Με την χρήση αισθητήρων κάνει dimming στα φωτιστικά το πρώτο διάστημα ενώ όσο πέφτει η απόδοση τους τα αυξάνει. Έτσι επιτυγχάνεται ένας ομοιόμορφος φωτισμός καθ' όλη την διάρκεια. Καθοριστικό ρόλο σε μία εγκατάσταση παίζει το task lighting, όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σε πολλούς χώρους, λόγω των αρχιτεκτονικών περιορισμών, δεν μπορεί να επιτευχθεί ακριβής διαχωρισμός σε ένα δωμάτιο ανάμεσα σε σημείο ενδιαφέροντος και σημείο άλλης χρήσης. Για παράδειγμα σε ένα μουσείο υπάρχει διάδρομος διέλευσης

και εκθέματα στον ίδιο χώρο. Προκειμένου να επιτευχθεί ένας διαχωρισμός και μια εξοικονόμηση στον φωτισμό ανάμεσα σε δύο περιοχές που έχουν άλλη χρήση, θα χρησιμοποιηθεί η τεχνική Task Tuning, με την οποία θα προγραμματιστούν ανάλογα οι ομάδες φωτισμού προκειμένου να υπάρχει μια διαβάθμιση εκεί που χρειάζεται [44].

3

Μελέτη φωτισμού σε χώρο Μουσείου

Το μουσείο είναι ένας χώρος που προσελκύει πολύ κόσμο μιας και αυτά που εκθέτει ταξιδεύουν τον επισκέπτη σε μια άλλη εποχή ή τον μαγεύουν με την ομορφιά τους. Προκειμένου όμως η εμπειρία που θα έχει ο επισκέπτης να είναι αντάξια του περιεχόμενου, πρέπει ο φωτισμός να έχει σχεδιαστεί σωστά. Η μελέτη του φωτισμού πρέπει να ακολουθεί κάποιες βασικές αρχές. Πιο συγκεκριμένα πρέπει να υπάρχει εμφανή αντίθεση μεταξύ του λειτουργικού φωτισμού και του φωτισμού των εκθεμάτων. Για την επίτευξη επαρκούς φωτισμού στα εκθέματα, πρέπει να ληφθεί υπόψη η φθοροποιός επίδραση του φωτισμού σε αυτά. Καθώς η διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι υποχρέωση για τις επόμενες γενιές, ο φωτισμός ανάδειξης πρέπει να ελέγχεται αυστηρά. Ο φωτισμός που προσπίπτει στα εκθέματα, σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, μπορεί να προκαλέσει αθροιστικές και μη αντιστρεπτές φθορές σε μια μεγάλη ποικιλία υλικών. Αυτές οι φθορές μπορεί να οφείλονται σε φωτοχημικές αλλοιώσεις, λόγω της υπεριώδους ακτινοβολίας ή θερμοφυσικές, λόγω απορρόφησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας, ιδίως σε οργανικά υλικά [44].

Ο φωτισμός των μουσείων είναι ένα πολύπλοκο ζήτημα που απαιτεί τη συνεργασία διαφόρων επιστημονικών κλάδων, όπως η μουσειολογία, η αρχαιολογία, η φυσική και η ψυχολογία της όρασης. Ο σκοπός της μελέτης φωτισμού είναι να επιτρέπει στους επισκέπτες να δουν τα εκθέματα σε καλές συνθήκες φωτισμού, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί την ακεραιότητα των αντικειμένων και προστατεύει τα υλικά από τον αντίκτυπο της φωτεινής ακτινοβολίας.

Ο μελετητής θα πρέπει να λάβει υπόψη του την ευαισθησία των υλικών των εκθεμάτων στο φάσμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και τη διάρκεια έκθεσης του υλικού στην ακτινοβολία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τα ευαίσθητα αντικείμενα, όπως τα έργα τέχνης και τα αρχαιολογικά ευρήματα. Επιπλέον, ο μελετητής θα πρέπει να δώσει προσοχή στην οπτική εμπειρία του επισκέπτη, εξετάζοντας την οπτική άνεση, τη χρωματική απόδοση της πηγής και τη συσχετισμένη θερμοκρασία.

Στην επιλογή του κατάλληλου τύπου και ποσότητας φωτισμού, λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις διαφόρων τύπων εκθεμάτων, όπως πίνακες, αντικείμενα, κείμενα, κτίρια, κτλ. Πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη, η θέση και η προβολή του κάθε εκθέματος, καθώς και η επιθυμητή ατμόσφαιρα του χώρου. Αυτά αποσκοπούν:

- Στην αποφυγή της υπερβολικής έκθεσης των εκθεμάτων σε φως και υπερβολικής δόσης ακτινοβολίας, καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει φθορά στα εκθέματα.
- Στην επιλογή του σωστού χρωματικού φάσματος, της σωστής συσχέτισης χρώματος και της κατάλληλης θερμοκρασίας χρώματος, έτσι ώστε να μην παραποιείται η χρωματική απόδοση των εκθεμάτων.
- Στη χρήση απομακρυσμένων πηγών φωτός και φημών, ώστε να μειωθεί η θάμβωση και οι ανεπιθύμητες ανακλάσεις στις προθήκες.
- Στην ενσωμάτωση του φωτισμού στον σχεδιασμό του χώρου και στη δημιουργία ενός συνεκτικού συστήματος φωτισμού που να μην επηρεάζει την αισθητική.

Προκειμένου να λυθούν αυτά τα προβλήματα έχει δημιουργηθεί μια ταξινόμηση των εκθεμάτων σε κατηγορίες. Η ταξινόμηση των υλικών σε κατηγορίες ευαισθησίας είναι σημαντική για να μπορούν να προστατευθούν από την υπερβολική έκθεση στο φως. Όπως αναφέρεται παρακάτω, τα υλικά που ανήκουν στις κατηγορίες α, β, γ και δ έχουν διαφορετικά επίπεδα ευαισθησίας στο φως, με τα υλικά της κατηγορίας δ να είναι τα πιο ευαίσθητα στην έκθεση στο φως.

Για την προστασία των εκθεμάτων, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την κατηγορία ευαισθησίας του υλικού και να τηρούμε τις κατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης και

έκθεσης. Συγκεκριμένα, οι τέσσερις κατηγορίες υλικών σε σχέση με την ευαισθησία τους στο φως είναι:

- α) Μη αντιδραστικά υλικά (non-reactive materials)
- β) Ελαφρώς αντιδραστικά υλικά (slightly reactive materials)
- γ) Μέτρια αντιδραστικά υλικά (moderately reactive materials)
- δ) Υψηλά αντιδραστικά υλικά (highly reactive materials)

Για την εκτίμηση της επίδρασης του φωτισμού χρησιμοποιούνται δύο παράμετροι. Η πρώτη είναι η ένταση του φωτισμού που δέχεται το έκθεμα, ενώ η δεύτερη είναι η έκθεση ή δόση του εκθέματος στο φως, η οποία υπολογίζεται από το γινόμενο της έντασης του φωτισμού με τη διάρκεια της έκθεσης. Οι τιμές αυτών των παραμέτρων για τις διάφορες κατηγορίες εκθεμάτων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2: Τιμές έντασης του φωτισμού στο έκθεμα και τιμές έκθεσης για ευαίσθητα και μη εκθέματα [44].

Ευαισθησία εκθεμάτων	Μέγιστη μέση ένταση φωτισμού [lx]	Έκθεση (δόση) ανά έτος [lx * h]	Χρήση Φυσικού Φωτισμού
Καθόλου	-	-	Άνευ σημασίας
Μικρή	200	600.000	Ελεγχόμενη
Μέτρια	50	150.000	Περιορισμένη
Μεγάλη	50	15.000	Ελάχιστη

Βασική παράμετρος που πρέπει να εξεταστεί πριν την επιλογή των φωτιστικών πηγών που θα χρησιμοποιηθούν για την μελέτη είναι η περιεκτικότητα του φάσματος της σε υπεριώδη ακτινοβολία UV η οποία προκαλεί ιδιαίτερο πρόβλημα στα εκθέματα. Η ακτινοβολία αυτή έχει μονάδες μέτρησης $\mu\text{W}/\text{lm}$ και το απόλυτο όριο είναι τα $75\mu\text{W}/\text{lm}$ [44].

Πίνακας 3: Τυπική περιεκτικότητα του φωτισμού διαφόρων πηγών σε υπεριώδη ακτινοβολία UV [44].

Φωτεινή πηγή	Περιεκτικότητα φωτεινής πηγής σε υπεριώδη ακτινοβολία UV [$\mu\text{W}/\text{lm}$]
Φυσικός φωτισμός	400-1500
Λαμπτήρας αλογόνου	40-70
Λαμπτήρας φθορισμού	30-100
Λαμπτήρας εκκένωσης ατμών μεταλλικών αλογονιδίων	160-700
LED	<5*

Σημείωση : Για την αποφυγή αστοχίας θα πρέπει να γίνεται εκ νέου έλεγχος φωτεινής πηγής ως προς την χρωματική της απόδοση.

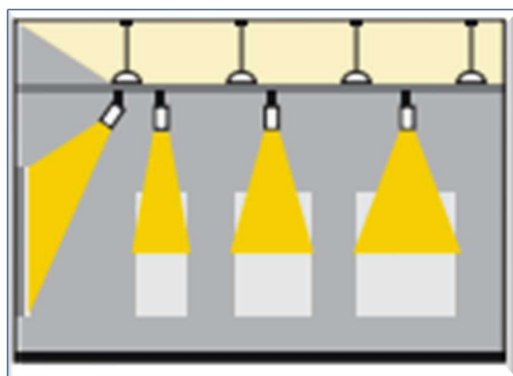
Τέλος δεδομένου ότι οι απαιτούμενες τιμές φωτεινότητας είναι συνήθως χαμηλές, η διαδικασία σχεδιασμού φωτισμού πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ιδιαίτερες τεχνικές προσαρμογής του ανθρώπινου ματιού σε αυτές τις χαμηλές τιμές. Ο σχεδιαστής θα πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη άλλες παραμέτρους, όπως ομαλή μετάβαση των χρηστών από έναν χώρο σε έναν άλλο, αποφυγή χρωματικών αλλοιώσεων του αντικειμένου, καθώς και την κατάλληλη τοποθέτηση και στόχευση των φωτιστικών για την αποφυγή θαμπώσεων ή οπτικών αλλοιώσεων. Για να επιτευχθεί η βέλτιστη οπτική εμπειρία, ο σχεδιασμός φωτισμού πρέπει να περιλαμβάνει όχι μόνο προσομοιώσεις με λογισμικά, αλλά και πραγματικές δοκιμές (mock-ups) στον χώρο.

3.1 Παραδείγματα φωτισμού σε χώρους Μουσείων ανά τον

κόσμο

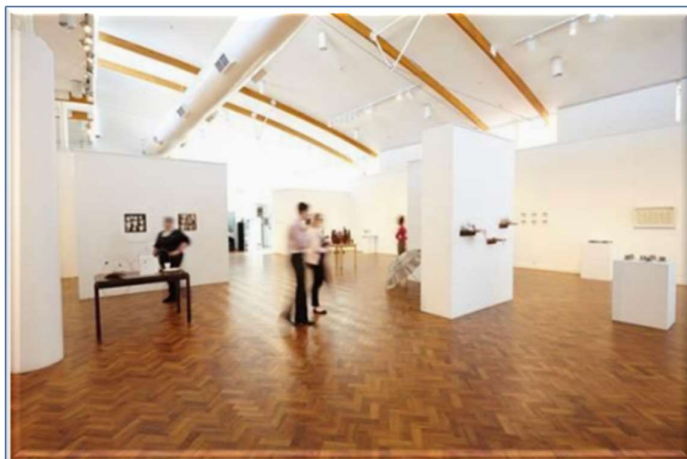
Όλα τα παραπάνω εφαρμόζονται στην πράξη σε μεγάλα μουσεία ανά τον κόσμο. Τα παραδείγματα μπορεί να χωριστούν σε επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με το είδος φωτιστικών αλλά και ανάλογα με το είδος εκθεμάτων που διαθέτουν. Κατά κύριο λόγο όμως το είδος φωτιστικών που χρησιμοποιείται για την ανάδειξη των εκθεμάτων ενός μουσείου είναι τα φωτιστικά ράγας τύπου SPOT. Στην παράγραφο αυτή θα προταθούν λύσεις και τρόποι φωτισμού σε μουσεία.

Αρχικά έχουμε την περίπτωση τα εκθέματα μας να είναι πίνακες ή έργα τέχνης.



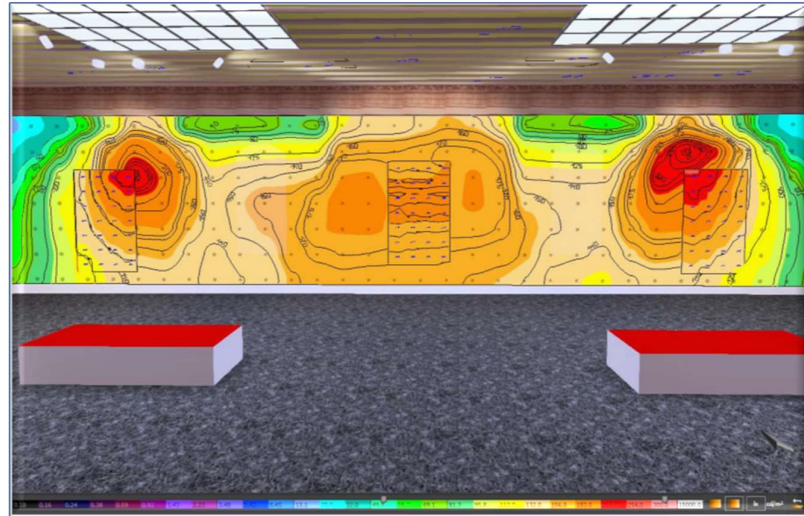
Εικόνα 43: Ξεχωριστός και απευθείας φωτισμός εκθεμάτων με SPOT [47].

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα με την χρήση φωτιστικών LED μπορούμε να φωτίσουμε κάθε έκθεμα με το δικό του φωτιστικό. Όπως γίνεται φανερό ανάλογα με το πλάτος που έχει το έκθεμα μπορεί να μεταβληθεί και το πλάτος της δέσμης φωτός του φωτιστικού σώματος. Σε περίπτωση που τα εκθέματα έχουν πλάτος μεγαλύτερο από την κάλυψη της δέσμης τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν και περισσότερα από ένα φωτιστικά σώματα για την ομοιόμορφη φωταγώγηση του.



Εικόνα 44: Goulburn Regional Art Gallery Post-Lighting Upgrade. Photo by Mim Stirling.

Το αποτέλεσμα που έχει η φωταγώγηση πινάκων με την χρήση SPOT μπορεί να φανεί με την χρήση ψευδοχρωμάτων στην παρακάτω εικόνα .



Εικόνα 45: Αποτύπωση φωταγώγησης πινάκων με την βοήθεια ψευδοχρωμάτων [48].

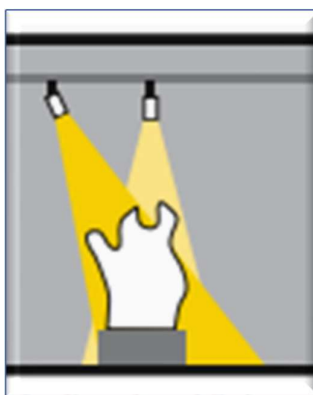


Εικόνα 46: Αποτύπωση φωταγώγησης Πινάκων σε Μουσείο [49].



Εικόνα 47: Μουσείο αλληλεπίδρασης με τα εκθέματα, φωτισμός με SPOT [47].

Τι γίνεται σε περίπτωση που αντί για πίνακες έχουμε κάποιο τρισδιάστατο έκθεμα. Η αντιμετώπιση είναι παρόμοια με αυτήν των πινάκων. Η μόνη διαφορά είναι ότι πρέπει να φωταγωγήσεις το έκθεμα από όλες τις όψεις του προκειμένου να μην δημιουργηθούν έντονες σκιές και ανομοιομορφίες στην επιφάνεια του. Για τον λόγο αυτόν χρησιμοποιούνται περισσότερα φωτιστικά του ενός.



Εικόνα 48: Παράδειγμα φωταγώγησης γλοπτού με την χρήση δύο φωτιστικών SPOT [47].



Εικόνα 49: Φωτισμός γλυπτών και πινάκων σε Μουσείο στην Ιταλία [50].

4

Ιστορία και μεθοδολογία εκπόνησης

φωτοτεχνικής μελέτης Μουσείου Τεχνολογικού

Πάρκου Λαυρίου

4.1 Ιστορική Αναδρομή Πάρκου

Η ιστορία του Λαυρίου ως περιοχής εξόρυξης μεταλλείων μας μεταφέρει πίσω στην αρχαιότητα, καθώς οι αρχαίοι Έλληνες εκμεταλλεύονταν ήδη τους πλούσιους φυσικούς πόρους της περιοχής. Τον 6ο αιώνα π.Χ., οι Αθηναίοι εκμεταλλεύονταν τα μεταλλεία χαλκού στον Λαυρεωτικό κόλπο, ενώ αργότερα από την περιοχή αυτή εξορύσσονταν ασήμι και μόλυβδος. Η εξόρυξη των μετάλλων στο Λαύριο συνεχίστηκε κατά διαστήματα κατά τη διάρκεια της οθωμανικής περιόδου και του νεότερου ελληνικού κράτους.

Ωστόσο, η πραγματική ανάπτυξη του Λαυρίου ως πόλης και βιομηχανικού κέντρου ξεκίνησε στη διάρκεια του 20ού αιώνα. Η εταιρεία "Lavriou Mines Ltd." ιδρύθηκε το 1864 από βρετανούς επιχειρηματίες, με στόχο την εκμετάλλευση των μεταλλείων του Λαυρίου. Η εταιρεία αναπτύχθηκε σταδιακά και δημιούργησε έναν ολόκληρο εργατικό οικισμό για τους εργαζόμενους της, ο οποίος ονομάστηκε "Νεάπολη".

Η Γαλλική εταιρεία, όπως και όλα τα πράγματα στον κόσμο, πέρασε από διάφορες περιόδους. Γνώρισε την άνθηση και την παρακμή. Πιο συγκεκριμένα το χρονικό της ιστορίας της μπορούμε να το χωρίσουμε σε τρεις βασικές περιόδους.

Η πρώτη περίοδος είναι όταν η εταιρεία αναπτύσσει τον βασικό πυρήνα των εγκαταστάσεων της. Μέχρι το 1895, το οργανωμένο συγκρότημα περιλαμβάνει κτίρια διοίκησης, μηχανήματα για τη μηχανική επεξεργασία και την υδρομηχανική εμπλουτισμού των μεταλλευμάτων, καθώς και εξοπλισμό για την αναγωγή του μολύβδου. Τα μεταλλεύματα που εξάγονται από τα ορυχεία υπόκεινται σε επεξεργασία στην ίδια τη θέση τους. Από αυτά, τα μολυβδούχα, τα ψευδαργυρούχα και τα μικτά θειούχα μεταφέρονται στις διαδικασίες μηχανικής προετοιμασίας σε θραυστήρες και "πλυντήρια" στον Κυπριανό.



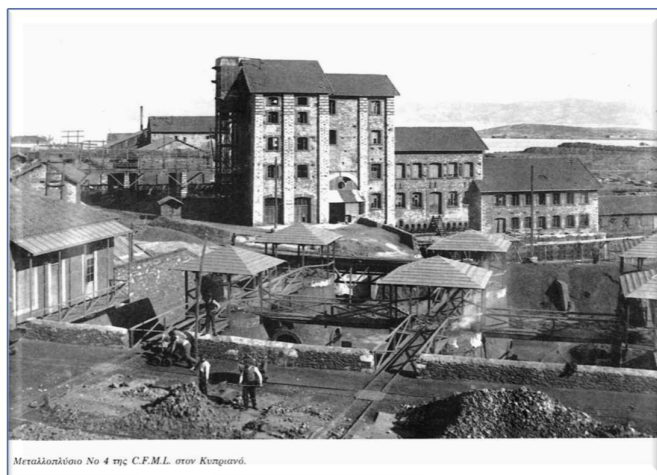
Εικόνα 50: Εγκαταστάσεις εμπλουτισμού μεταλλευμάτων (Flotation) της C.F.M.L. στον Κυπριανό [51].

Στη συνέχεια, τα μεταλλεύματα υπόκεινται σε μεταλλουργική επεξεργασία, η οποία περιλαμβάνει την πύρωση της καλαμίνας, τη φρύξη και την αναγωγική τήξη του γαληνίτη. Το τελικό προϊόν περιέχει περίπου 90% μόλυβδο και εξάγεται ως αργυρούχος μόλυβδος σε χελώνες.

Στην δεύτερη περίοδο και πιο συγκεκριμένα το 1905, ξεκίνησε μια μεγάλη επιχείρηση τεχνολογικού εκσυγχρονισμού στη μεταλλουργία του μολύβδου. Στη διαδικασία της φρύξης, εγκαταλείφθηκαν οι παλαιές φλεγόβλοι κάμινοι και υιοθετήθηκαν δύο διαφορετικές μέθοδοι ανάλογα με τον τύπο του μεταλλεύματος. Οι γαληνίτες με μεγάλη περιεκτικότητα σε σιδηροπυρίτη υφίστανται πλήρη φρύξη με τη μέθοδο Kauffmann, ενώ οι υπόλοιποι φρύττονται με τη μέθοδο Huntigton-Heberlein. Επιπλέον, κατασκευάστηκαν δύο νέοι κάμινοι τύπου Brunton και αναδιοργανώθηκε το συγκρότημα της πλινθοποίησης. Ήδη από το 1905, άλλαξε και η κινητήρια δύναμη του

συγκροτήματος με την εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Το 1913, η εταιρεία προσπάθησε να επεκτείνει τις μεταλλουργικές της δραστηριότητες με περαιτέρω επεξεργασία των προϊόντων της αναγωγικής τήξης.

Βέβαια όλα τα καλά κάποτε φτάνουν σε ένα τέλος έτσι στα τέλη της δεκαετίας του 1920, η εταιρεία αντιμετωπίζει δύο μείζονες προκλήσεις: τη συνεχή πτώση των τιμών του μολύβδου και την εξάντληση των κοιτασμάτων. Για να αντιμετωπίσει αυτήν την κρίση, εκσυγχρονίζει τη μέθοδο εμπλουτισμού και παράγει καθαρό μολύβδο για την εσωτερική αγορά.



Εικόνα 51: Μεταλλοπλυσίο Νο4 της C.F.M.L. στον Κυπριανό [51].

Στη συνέχεια, το 1930, η εταιρεία εφαρμόζει τη μέθοδο επαργύρωσης δια ψευδαργύρου και μετά το 1936, λειτουργεί ελασματοποιείο για την παραγωγή φύλλων μολύβδου. Ωστόσο, λόγω της εξάντλησης των μεταλλευμάτων, το 1930, η λειτουργία των καμινών πύρωσης της καλαμίνας δεν είναι πλέον αποδοτική και διακόπτεται. Το ίδιο έτος, η εταιρεία αγοράζεται από την πολυεθνική Penarroya. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, η εταιρεία εγκαθιστά φίλτρα καπνού, ενώ κάποια από τα κτίρια που κατασκευάστηκαν το 1875-76 συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται μέχρι το 1988 για τη στέγαση των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας.

Η βιομηχανική κρίση που πλήττει την Ελλάδα κατά τις δεκαετίες του '70 και του '80 αποτελεί ένα αρνητικό παράδειγμα της επιβολής ενός μοντέλου ανάπτυξης βασισμένου στη βιομηχανική παραγωγή, χωρίς συνεκτικό σχεδιασμό και

προβληματισμό σχετικά με τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος και την κοινωνική συνοχή.



Εικόνα 52: Απεργία πείνας εργατών της εταιρίας από 16.07 -20.07.1957 [51].

Για να αντιμετωπιστεί η κρίση αυτή και να γίνει η επανάχρηση του βιομηχανικού συγκροτήματος της ΓΕΜΛ, αρκετές προτάσεις έχουν αναδειχθεί.

Μια από αυτές είναι η ανάπτυξη ενός κέντρου τουριστικής αξίας. Το Λαύριο έχει μια μακρά ιστορία και πολιτιστική κληρονομιά, καθώς και μια εντυπωσιακή φυσική ομορφιά και μπορεί να γίνει ένας τουριστικός προορισμός που θα προσελκύει επισκέπτες από όλο τον κόσμο. Η επαναχρησιμοποίηση των παλιών βιομηχανικών κτιρίων μπορεί να προσθέσει μια μοναδική ατμόσφαιρα στον τουριστικό προορισμό.

Επιπλέον, μια πρόταση είναι η ανάπτυξη ενός κέντρου έρευνας και ανάπτυξης για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι περιοχές με έντονη ιστορία στην ενεργειακή παραγωγή μπορούν να γίνουν ευκαιρίες για την ανάπτυξη τεχνολογιών καινοτομίας και αειφορικής ανάπτυξης. Η ιδέα ενός Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου φαίνεται πολλά υποσχόμενη και μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στην τοπική οικονομία και κοινωνία. Το πάρκο μπορεί να αποτελέσει έναν τόπο συγκέντρωσης και ανταλλαγής γνώσης και τεχνολογίας ανάμεσα σε επιχειρήσεις, επιστήμονες, επενδυτές και κοινό. Μπορεί να προσελκύσει επιχειρήσεις και επενδύσεις που θα δημιουργήσουν θέσεις εργασίας και θα ενισχύσουν την τοπική οικονομία. Επίσης, μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία νέων προϊόντων και υπηρεσιών, καθώς και στην ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών.

4.2 Μηχανουργείο -Φωτογραφικό υλικό

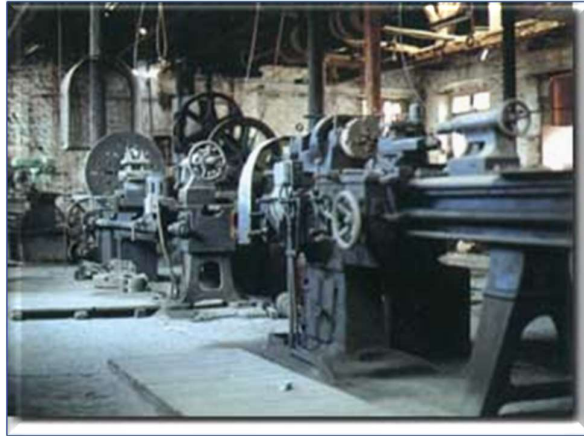
Ο χώρος του Μηχανουργείου αποτελούσε χώρο που διεξαγόταν η συντήρηση των διάφορων μηχανημάτων του εργοστασίου. Ο ρόλος του είχε υποστηρικτικό χαρακτήρα, ενώ ήταν από τα πρώτα στο είδος του στην Ελλάδα. Η κατασκευή του έγινε σε δύο στάδια. Αρχικά το 1876 κατασκευάστηκαν τα πρώτα τμήματα του, όπως φαίνονται στα πρώτα σχέδια. Στην τελική του μορφή έφτασε το 1901, ενώ την πρώτη δεκαετία του 20^{ου} αιώνα , εφοδιάστηκε με χυτήριο, λεβητοστάσιο και σιδηρουργείο.



103. Ο εσωτερικός χώρος του μηχανουργείου της C.F.M.L.

Εικόνα 53: Εσωτερικό χώρου Μηχανουργείου της C.F.M.L. στον Κοπριανό [51].

Το κτήριο είναι ένα από τα πλέον γνωστά και ιστορικά μηχανουργία που διαθέτει αυτήν την στιγμή η χώρα μας. Έχει συνολική επιφάνεια περίπου στα 2000 τετραγωνικά μέτρα. Τα τελευταία χρόνια το κέλυφος του κτηρίου έχει επισκευαστεί ενώ στους χώρους του έχει συγκεντρωθεί μεγάλο κομμάτι των αρχαιακών συλλογών που υπάρχουν.



Εικόνα 54: Εσωτερικό χώρο Μηχανουργείου της C.F.M.L. στον Κοπριανό [52].

Βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα του κτηρίου είναι ότι ουσιαστικά είναι μια μηχανή. Αυτό γιατί στην οροφή του διαθέτει σύστημα αξόνων και τροχαλιών το οποίο ουσιαστικά κινούσε όλα τα μηχανήματα που διέθετε, καθιστώντας το μοναδικό και ασυνήθιστο. Αυτή η κίνηση τροφοδοτούσε τόννους, πρέσες και εξολκείς, δρέπανο, πλάνες και αντλίες νερού.



Εικόνα 55: Τόρνος που φέρει την επιγραφή "LAURIUM 1890 C.F.M.L." [52].



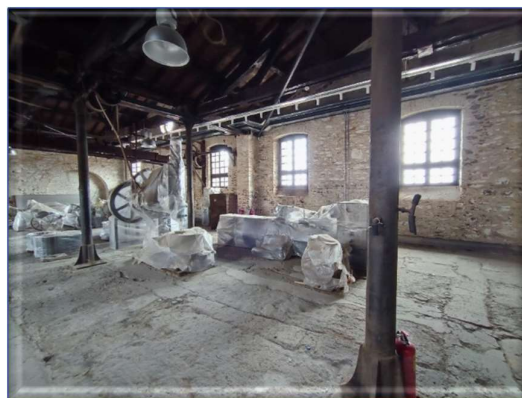
Εικόνα 56: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου [52].

Προκειμένου να διατηρηθεί αυτός ο πολιτισμός και η ιστορία προτείνεται η δημιουργία ενός Μουσείου Μεταλλευτικής-Μεταλλουργικής Τεχνολογίας στο χώρο του Μηχανουργείου της Γ. Ε. Μ. Λ. Αυτό το μουσείο θα αποτελέσει τον πυρήνα για τη δημιουργία μόνιμων συλλογών, οι οποίες θα συνοδεύονται από επιστημονικές και εκπαιδευτικές δραστηριότητες, καθώς και περιοδικές εκθέσεις και εκδηλώσεις. Το Μουσείο θα περιλαμβάνει καταρχάς στο χώρο των μόνιμων εκθέσεων του την παλαιότερη λειτουργία του και τα μηχανήματά του, τα οποία θα αποτελέσουν το βασικό έκθεμα. Με αυτόν τον τρόπο, το Μουσείο θα είναι ένα «μουσείο του εαυτού του» και θα διατηρήσει τα παλαιότερα χαρακτηριστικά του κτηρίου και του εξοπλισμού του.

Ακολουθεί φωτογραφικό υλικό με επεξήγηση από την επίσκεψη που είχαμε στο Λαύριο. Αρχικά θα δούμε πως είναι αυτήν την στιγμή ο κύριος χώρος του Μουσείου που διαθέτει εκθέματα καλυμμένα με νάιλον.



Εικόνα 57: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, διακρίνεται η σύνδεση του άξονα με τον κινητήρα.



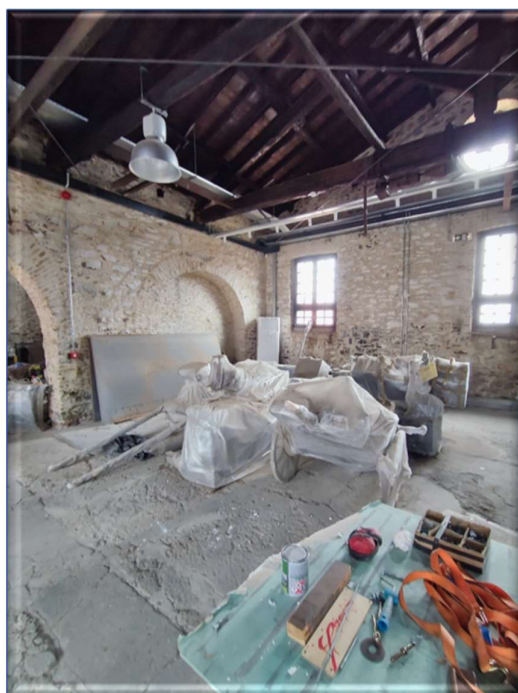
Εικόνα 58: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, εκθέματα καλυμμένα για να μην αλλοιωθούν από τις εργασίες.



Εικόνα 59: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, εκθέματα καλυμμένα για να μην αλλοιωθούν από τις εργασίες.



Εικόνα 60: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, εκθέματα καλυμμένα για να μην αλλοιωθούν από τις εργασίες, σύγκριση σχεδίων με πραγματικότητα.



Εικόνα 61: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, εκθέματα καλυμμένα για να μην αλλοιωθούν από τις εργασίες.

Στην συνέχεια θα κατευθυνθούμε στον προθάλαμο του Μουσείου όπου αυτήν την στιγμή έχουν τοποθετηθεί κάποια δομικά υλικά .



Εικόνα 62: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας.



Εικόνα 63: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας.



Εικόνα 64: Εσωτερική άποψη μηχανουργείου από την επίσκεψη μας, άξονες και τροχαλίες στην οροφή του κτηρίου.



Εικόνα 65: Αίθουσα σεμιναρίου που διαθέτει το κτήριο.

Η παραπάνω εικόνα μας δείχνει το εσωτερικό του χώρου σεμιναρίων που υπάρχει στο κτήριο.



Εικόνα 66: Αίθουσα σεμιναρίου που διαθέτει το κτήριο.



Εικόνα 67: Είσοδος κτηρίου.

Τέλος μπορούμε να δούμε την κύρια Είσοδο του κτηρίου με τα ερμάρια για τα εισιτήρια. Παράλληλα στην κάτω φωτογραφία φαίνεται η κύρια όψη.



Εικόνα 68: Εξωτερική όψη κτηρίου [53].

4.3 Σκιαγράφημα Μελέτης

Αφού έχουν συγκεντρωθεί όλες οι απαραίτητες θεωρητικές πληροφορίες βρισκόμαστε σε θέση να ξεκινήσουμε να δομούμε τα βήματα που ακολουθήσαμε προκειμένου να φέρουμε εις πέραν την μελέτη.

Αρχικά έγινε η επίσκεψη στον χώρο του τεχνολογικού πάρκου, όπου και παρουσιάστηκαν συνοπτικά οι βασικοί χώροι του. Έγινε ιδιαίτερη μνεία στην ιστορία και στην αναγκαιότητα της διατήρησης αυτής σε βάθος χρόνου.

Σε δεύτερο χρόνο ήρθαμε σε επαφή με τους υπεύθυνους του πάρκου προκειμένου να λάβουμε όλα τα σχέδια και τις πληροφορίες για να ξεκινήσουμε να μελετάμε. Αφού λάβαμε την σειρά με τα αρχιτεκτονικά σχέδια χρειάστηκε κάποιο χρονικό διάστημα για την ανάγνωση και την κατανόηση αυτών.

Αφού είχαμε κατανοήσει το κτήριο, η επόμενη φάση της μελέτης ήταν να επισκεφτούμε εκ νέου το έργο προκειμένου να βγάλουμε φωτογραφικό υλικό και να συγκρίνουμε τα σχέδια που έχουμε στα χέρια μας με την πραγματικότητα.

Αφού πέρασε και αυτή η φάση μπορούσαμε πλέον να στήσουμε το μοντέλο, να κάνουμε τις παραδοχές μας και να ξεκινήσουμε την μελέτη.

Πρώτο βήμα που κληθήκαμε να κάνουμε ήταν να επεξεργαστούμε τα αρχιτεκτονικά σχέδια, προκειμένου να διατηρήσουμε στα σχέδια μόνο την πληροφορία που χρειαζόμαστε. Αυτή η δουλειά έγινε με την βοήθεια του λογισμικού Autocad. Στην συνέχεια μπορούσαμε να περάσουμε στην μοντελοποίηση του κτηρίου μας, τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά, προκειμένου να κάνουμε τους υπολογισμούς μας. Αφού δημιουργήσαμε το μοντέλο μας χρειάστηκε να ορίσουμε τις διαφορετικές ανακλάσεις που είχαν οι οροφές, οι τοίχοι και το πάτωμα. Μόλις ολοκληρώσαμε αυτήν την διαδικασία είχαμε ένα τρισδιάστατο μοντέλο αρκετά κοντά στην πραγματικότητα, που θα μας επιτρέψει να κάνουμε σωστούς υπολογισμούς για να οδηγηθούμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Σημαντικό ρόλο για την συνέχεια της μελέτης μας είχε η επιλογή των φωτιστικών. Αυτό έγινε λαμβάνοντας αρκετούς παράγοντες υπόψιν. Ένας από τους κυριότερους είναι η ανάγκη ένταξης των φωτιστικών στον χώρο. Πιο συγκεκριμένα έχουμε να κάνουμε με ένα κτήριο με ιδιαίτερη εμφάνιση, μιας και είναι εξ ολοκλήρου κατασκευασμένο με πέτρα και ξύλινες σκεπές. Αυτό προσδίδει μία επιπλέον δυσκολία,

αφού πρέπει τα φωτιστικά που θα επιλεγούν να δένουν αρμονικά με τα δωμάτια και να μην προκαλούν. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκαν στους κοινόχρηστους χώρους γραμμικά φωτιστικά LED κατά μήκος των υφιστάμενων δοκαριών. Ενώ για τους χώρους του Μουσείου επιλέχθηκαν φωτιστικά spot LED, τα οποία θα προσαρμοστούν στον χώρο προκειμένου να μην προκαλούν στην αισθητική του χώρου.

Σε όλους τους χώρους εφαρμόστηκαν οι οδηγίες τις TOTEE 20701-7 καθώς επίσης και το ευρωπαϊκό πρότυπο φωτισμού εσωτερικών χώρων EN 12464-1:2021. Πέρα από τα αποτελέσματα που αφορούν την μέση ένταση και την ομοιομορφία ελέγχθηκαν επίσης UGR από θέσης παρατήρησης που ποικίλουν στον χώρο, η ένταση πάνω στα εκθέματα σε όλες τις πλευρές, η αντίθεση διαδρόμου με εκθέματα και ο φωτισμός στην είσοδο για να αποφευχθεί έντονη αλλαγή κατά την είσοδο στο κτήριο. Όλα αυτά έγιναν προσεγγιστικά μιας και δεν έχουν καθοριστεί οι τελικές θέσεις των εκθεμάτων. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκαν τα ήδη τοποθετημένα εκθέματα και με παρόμοιο τρόπο θα φωτιστούν και τα νέα εκθέματα που θα τοποθετηθούν.

Τέλος όσο αφορά τον εξωτερικό φωτισμό έγινε προσπάθεια να τελειοποιηθεί όσο το δυνατόν καλύτερα το τοπογραφικό προκειμένου να μπορεί να γίνει σωστή τοποθέτηση των εξωτερικών φωτιστικών. Κύριος σκοπός του φωτισμού είναι η ανάδειξη της επιβλητικότητας του κτηρίου, η ασφαλής διέλευση των πεζών στο πεζοδρόμιο που βρίσκεται δίπλα στο κτήριο και η αποφυγή αλλοίωσης του εξωτερικού περιβλήματος του κτηρίου.

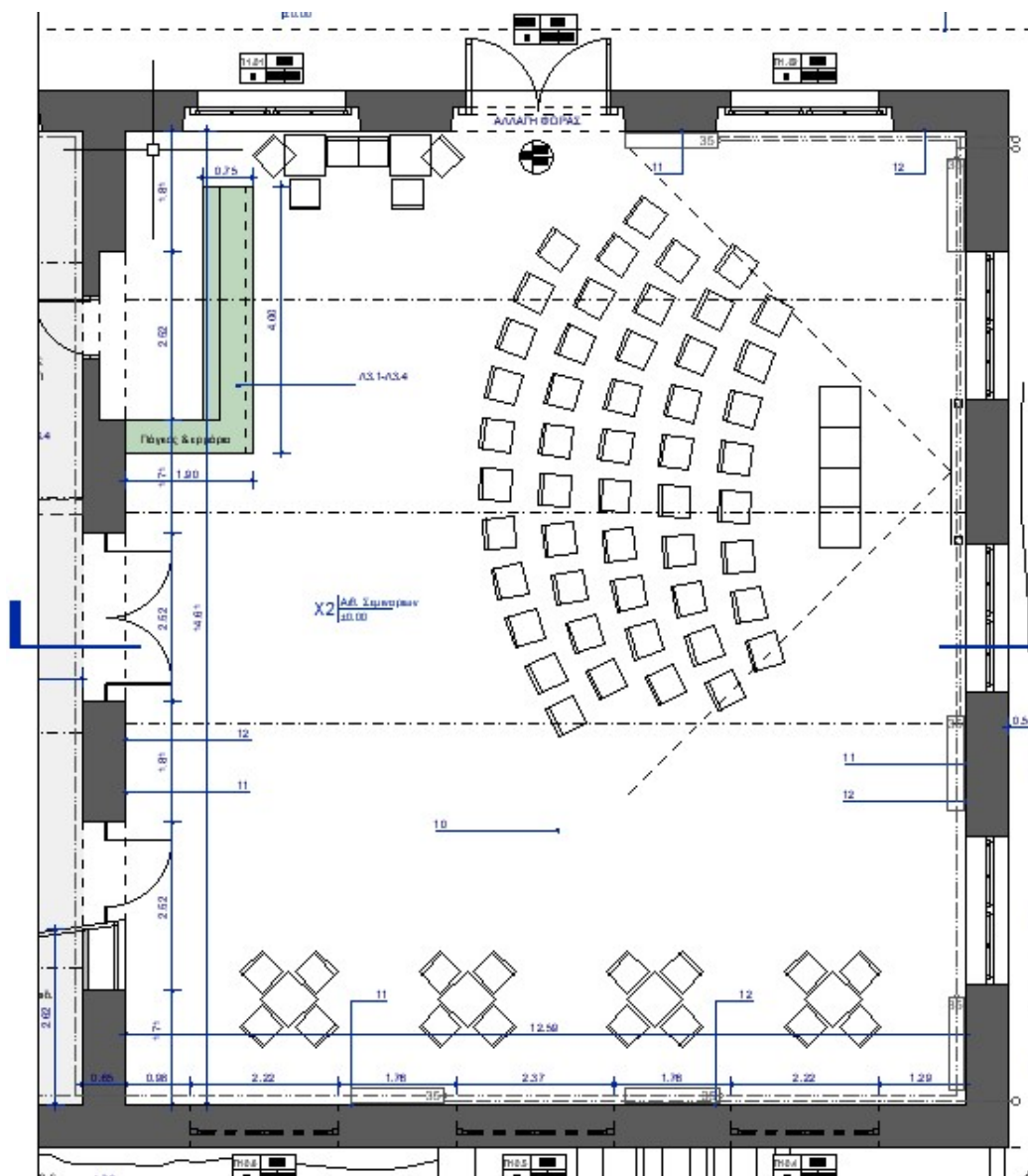
5

Τελική Μελέτη χώρου Μηχανουργείου – Μουσείου του Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου

Έχοντας σκιαγραφήσει την μεθοδολογία που θα ακολουθήσουμε για την εκπόνηση της φωτοτεχνικής Μελέτης στον χώρο του παλαιού Μηχανουργείου, που θα μετατραπεί σε Μουσείο, στο Τεχνολογικό Πάρκο Λαυρίου, μπορούμε να προχωρήσουμε στην μελέτη.

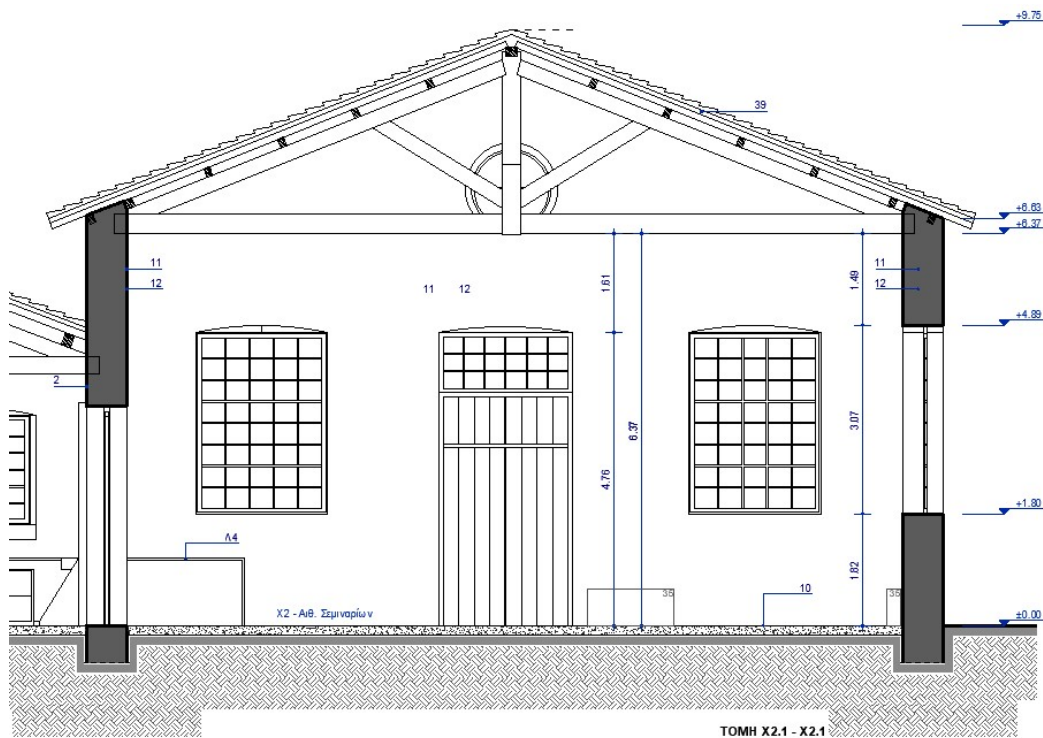
5.1 Αρχιτεκτονικά στοιχεία

Το Κτήριο είναι κατασκευασμένο με πέτρινους εξωτερικούς τοίχους. Τα κουφώματα είναι ξύλινα κατανεμημένα σε όλες τις πλευρές του κτηρίου. Στο εσωτερικό του έχει ξύλινα δοκάρια ενώ για την σκεπή υπάρχουν ξύλινα υποστυλώματα. Αποτελείται από τέσσερα είδη χώρων. Το μουσείο που είναι και το βασικό στοιχείο του κτηρίου, ένα χώρο σεμιναρίων πρόσφατα ανακαινισμένο, τον χώρο της υποδοχής και τους BackOfHouse χώρους (αποθήκες , τουαλέτες ,κ.τ.λ.). Το αντικείμενο με το οποίο θα ασχοληθούμε είναι ο χώρος του Μουσείου, ο χώρος της υποδοχής και η αίθουσα σεμιναρίων.



Εικόνα 69: Κάτοψη χώρου Σεμιναρίων, Μουσείον Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].

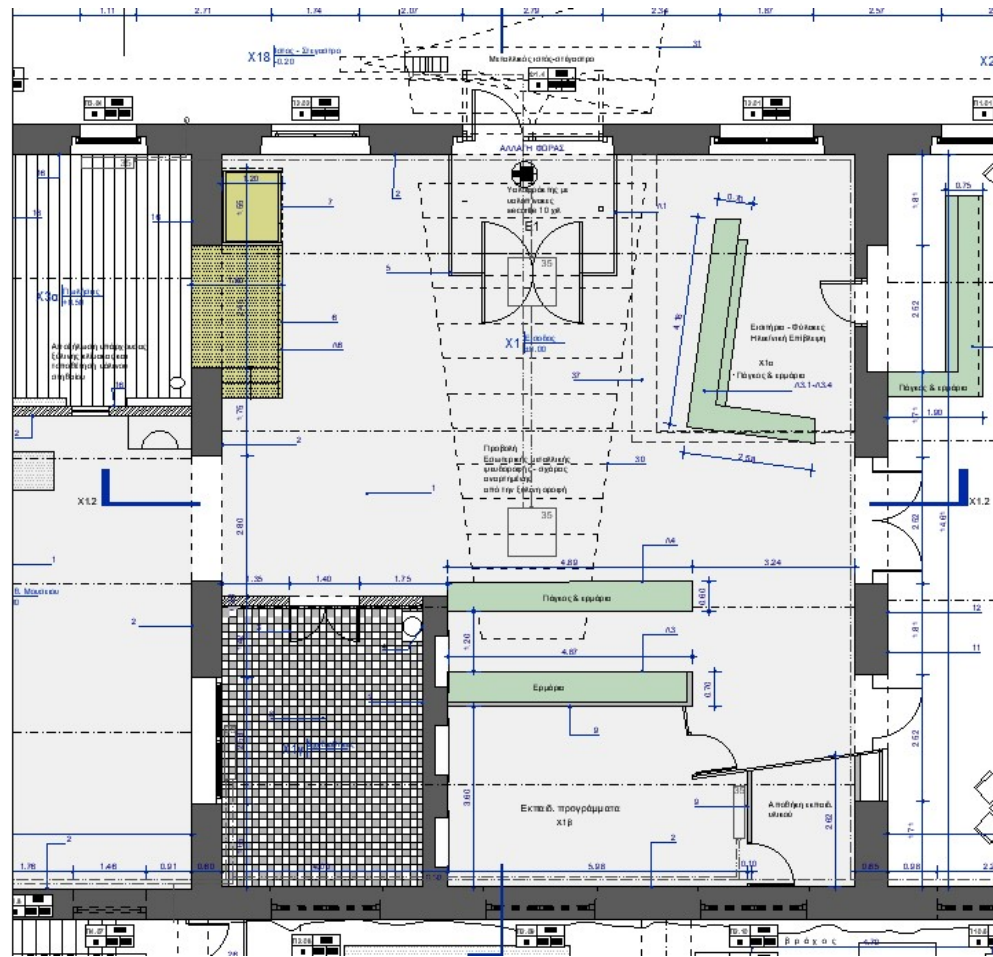
Στην κάτοψη παρατηρούμε ότι υπάρχει ο κύριος χώρος που θα φιλοξενήσει τους παρευρισκόμενους στην διάλεξη του σεμιναρίου. Παράλληλα παρατηρούμε ότι υπάρχουν τραπέζια και καρέκλες μαζί με ένα πάγκο για την τοποθέτηση κάποιου είδους γεύματος. Προκειμένου να κατανοήσουμε τον χώρο καλύτερα θα παραθέσουμε και μερικές τομές μαζί με μερικά στοιχεία που αφού αξιολογηθούν θα μας βοηθήσουν να καταλήξουμε στην επιλογή φωτιστικών σωμάτων για τον συγκεκριμένο χώρο.



Εικόνα 70: Οριζόντια τομή χώρου Σεμιναρίων, Μουσείο Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΛ].

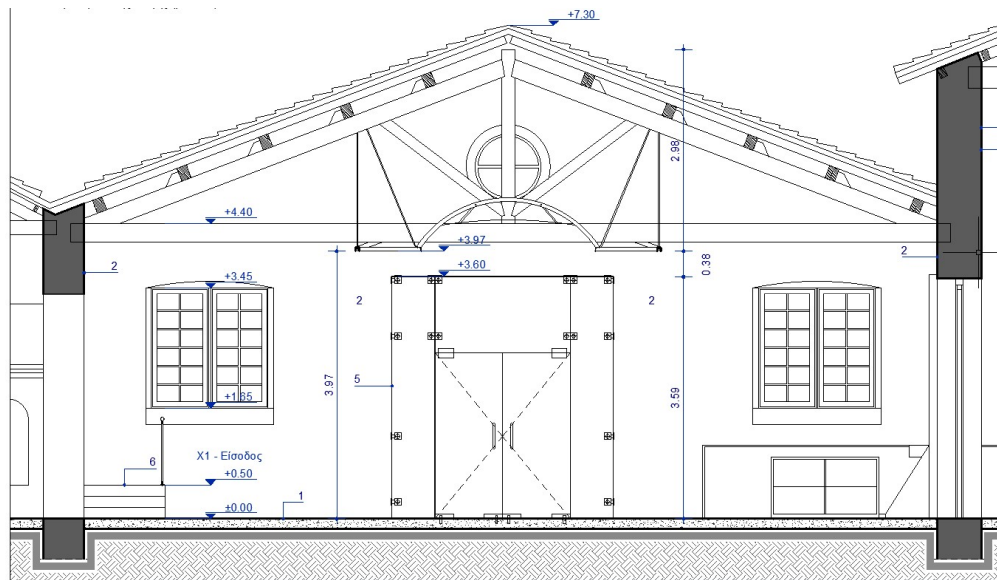
Στην τομή μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το μέγιστο επιτρεπτό ύψος τοποθέτησης είναι τα 6,37 μέτρα από την στάθμη του εδάφους. Αυτό γίνεται κατανοητό μιας και σε αυτό το ύψος είναι τοποθετημένα τα υποστυλώματα της σκεπής που μπορούν με κάποια κατασκευή να υποστηρίξουν τα φωτιστικά. Αν είχαμε και μια δεύτερη τομή θα μπορούσαμε να διακρίνουμε ότι υπάρχουν 4 οριζόντια παράλληλα δοκάρια σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους. Αυτό μας περιορίζει όσον αφορά την καλαισθητή τοποθέτηση των φωτιστικών.

Η Δεύτερη αίθουσα που θα μας απασχολήσει είναι η αίθουσα της υποδοχής. Στην αίθουσα έχει τοποθετηθεί ένας γυάλινος προθάλαμος ενώ θα υπάρχει γραφείο για την έκδοση εισιτηρίων και την παροχή πληροφοριών.



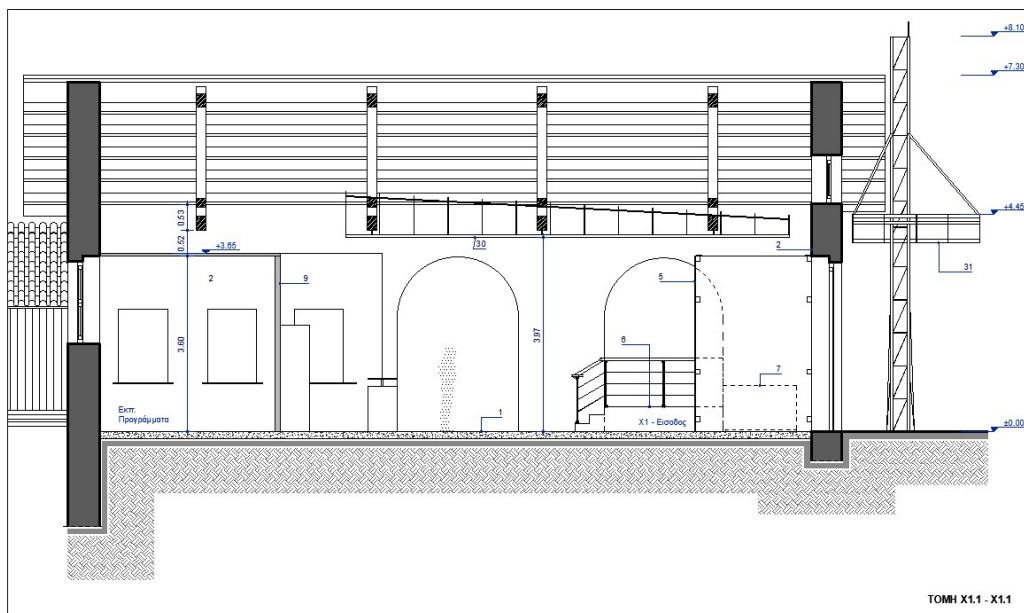
Εικόνα 71: Κάτοψη χώρου υποδοχής κτηρίου, Μουσείου Τεχνολογικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].

Ο χώρος της υποδοχής έχει κοινά στοιχεία με τον χώρο σεμιναρίων μιας και γειτνιάζουν. Διαθέτει πίσω χώρους οι οποίοι δεν θα αποτελέσουν αντικείμενο της μελέτης μας. Όσον αφορά τους περιορισμούς που υπάρχουν για τον συγκεκριμένο χώρο, ο εν λόγω χώρος είναι πιο χαμηλός από τον αυτόν των σεμιναρίων. Αυτό μπορεί να φανεί εύκολα από τις τομές που έχουμε στην διάθεσή μας. Παρατηρούμε ότι στην είσοδο υπάρχει μια μεταλλική κατασκευή στην οποία θα τοποθετήσουν ψευδοροφή. Αυτό θα μας μεταβάλλει τον τρόπο τοποθέτησης των φωτιστικών. Το μέγιστο ύψος τοποθέτησης λόγω του μεταλλικού κατασκευάσματος θα είναι 4 μ. Ωστόσο στον γυάλινο προθάλαμο δεν θα χρειαστεί να τοποθετήσουμε εσωτερικά φωτιστικά, όπως θα δούμε και πιο αναλυτικά παρακάτω.



Εικόνα 72: Οριζόντια τομή χώρου υποδοχής, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].

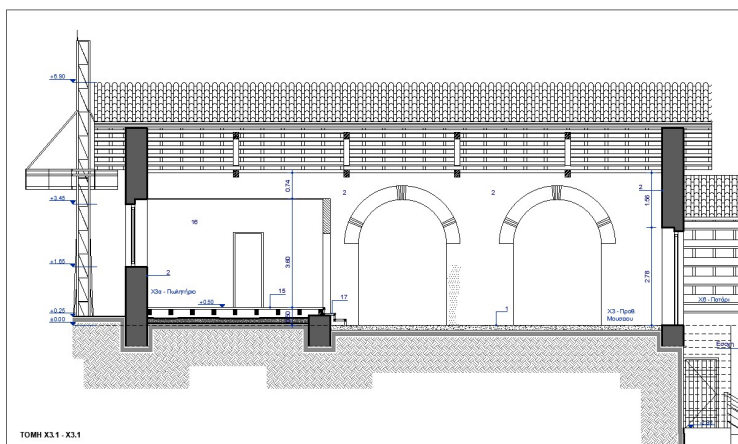
Είναι φανερό ότι η σιδερένια κατασκευή θα επηρεάσει την τοποθέτηση των φωτιστικών.



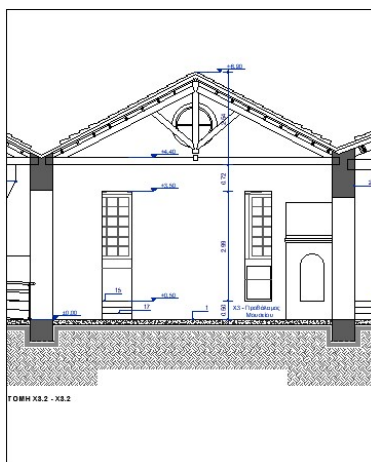
Εικόνα 73: Κατακόρυφη τομή χώρου υποδοχής, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].

Στην παραπάνω τομή διακρίνουμε ότι και σε αυτόν τον χώρο τα δοκάρια που υπάρχουν είναι τέσσερα. Αυτά θα μας ορίσουν και το σημείο τοποθέτησης των φωτιστικών μας.

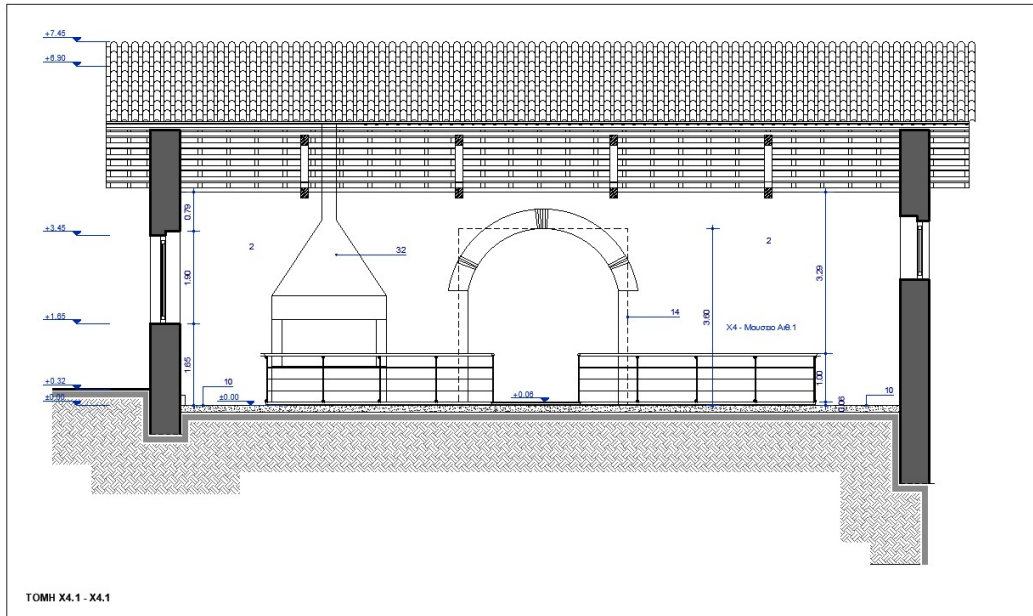
Αφού είδαμε την κύρια είσοδο του κτηρίου θα κατευθυνθούμε στο Μουσείο που αποτελείται από τρία Κτήρια ενωμένα μεταξύ τους. Το πρώτο θα λειτουργεί ως προθάλαμος ενώ τα άλλα τρία θα φιλοξενούν τα διάφορα εκθέματα που θα διαθέτει. Καθ' όλο το μήκος του θα διαθέτει διάδρομο για την διέλευση των επισκεπτών, ο οποίος θα περιφραχθεί με κάγκελα. Ο χώρος, όπως διαπιστώνεται και από τα σχέδια και τις φωτογραφίες, έχει αρκετούς περιορισμούς ως προς την τοποθέτηση των φωτιστικών προκειμένου να μπορεί να επιτευχθεί πάντα το επιθυμητό αποτέλεσμα.



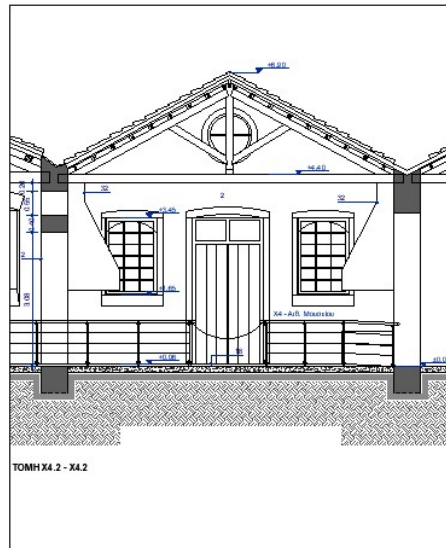
Εικόνα 74: Κατακόρυφη τομή χώρου προθάλαμου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].



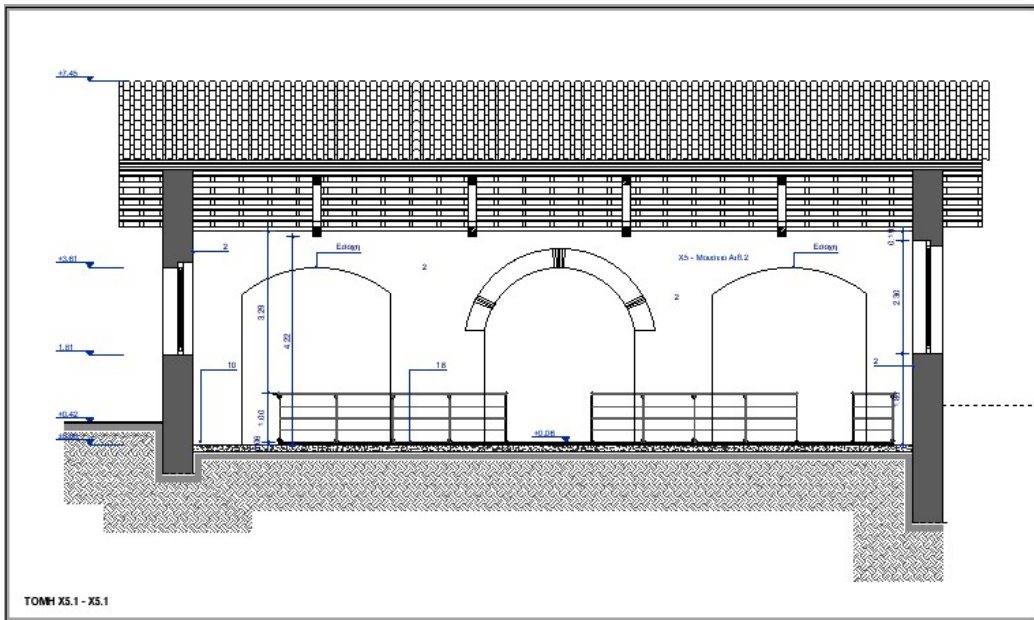
Εικόνα 75: Οριζόντια τομή χώρου προθάλαμου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].



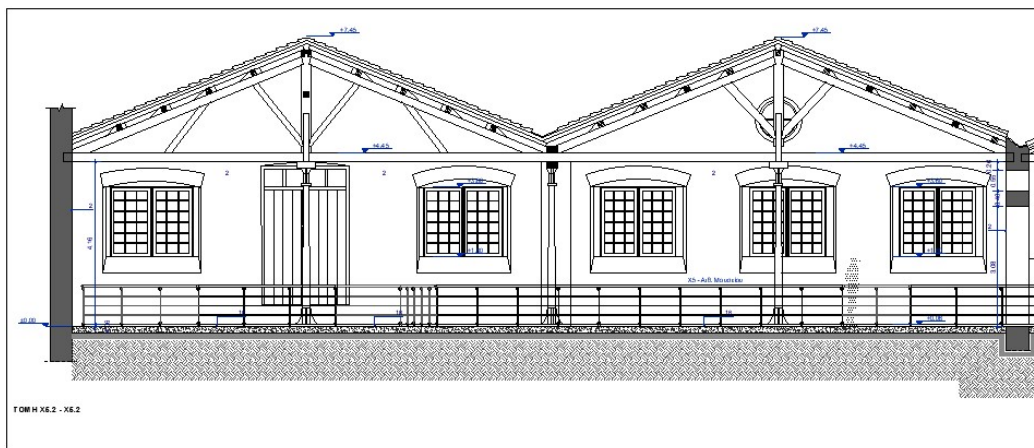
Εικόνα 76: Κατακόρυφη τομή χώρου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].



Εικόνα 77: Οριζόντια τομή χώρου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].



Εικόνα 78: Κατακόρυφη τομή χώρου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].



Εικόνα 79: Οριζόντια τομή χώρου Μουσείου, Τεχνολογικού και Πολιτισμικού Πάρκου Λαυρίου [σχέδια από υπεύθυνους ΤΠΠΑ].

Στον χώρο του μουσείου, όπως έχει ήδη αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, θα χρησιμοποιήσουμε φωτισμό που θα εστιάζει στο αντικείμενο με σκοπό να το αναδείξει. Ενώ θα προσπαθήσουμε να πετύχουμε και μια διαφορά σε σχέση με τον φωτισμό του διάδρομου. Τα φωτιστικά θα τοποθετηθούν σε ύψος 4.22 μέτρα περίπου κάτω από τα ξύλινα δοκάρια που υπάρχουν στους χώρους.

5.1.1 3D απεικόνιση χώρων στο περιβάλλον του Dialux

Για την επίτευξη των υπολογισμών στην φωτοτεχνική μελέτη του μουσείου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Dialux. Στο συγκεκριμένο λογισμικό πρέπει να κατασκευάσεις το 3D μοντέλο των χώρων, να ορίσεις τις ανακλάσεις των τοίχων και να τοποθετήσεις τα φωτιστικά που έχεις επιλέξει να τοποθετήσεις σε αυτούς.



Εικόνα 80: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Εισόδου [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 81: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Σεμιναρίων [Ιδία Επεξεργασία].

Στην συνέχεια θα κατευθυνθούμε στον προθάλαμο και στο μουσείο

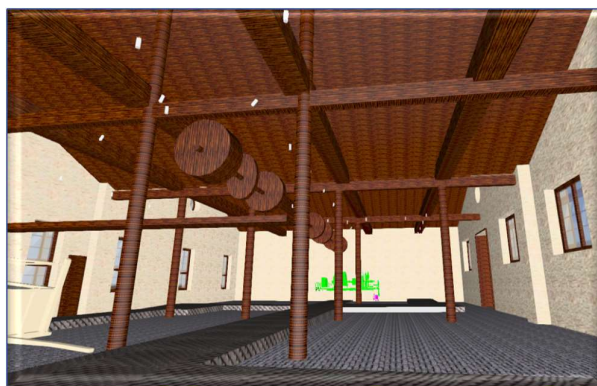


Εικόνα 82: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux , προθάλαμος Μουσείου [Ιδία Επεξεργασία].

Στην συνέχεια θα παρακολουθήσουμε την προσομοίωση που έγινε στο εσωτερικό του μουσείου με τα υφιστάμενα εκθέματα. Παράλληλα έχει οπτικοποιηθεί και ο διάδρομος που θα κατασκευαστεί για να μπορούν να κυκλοφορούν οι επισκέπτες



Εικόνα 83: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Μουσείου [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 84: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Μουσείου [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 85: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, χώρος Μουσείου [Ιδία Επεξεργασία].

Τέλος στο τοπογραφικό του κτηρίου έγινε προσπάθεια να αποτυπωθεί η όψη του μαζί με το πεζοδρόμιο και τον δρόμο .



Εικόνα 86: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, εξωτερικός χώρος [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 87: 3D μοντέλο στο περιβάλλον του Dialux, εξωτερικός χώρος [Ιδία Επεξεργασία].

5.2 Φωτισμός κτηρίου

Αφού παρουσιάσαμε το μοντέλο που δημιουργήσαμε στο περιβάλλον το Dialux ήρθε η ώρα για να παρουσιάσουμε την επιλογή που έγινε των φωτιστικών καθώς επίσης και τις θέσεις τοποθέτησης τους. Προκειμένου να το κάνουμε αυτό θα χωρίσουμε το κτήριο στους διάφορους χώρους που διαθέτει . Οι θέσεις τοποθέτησης των φωτιστικών θα δειχθεί τόσο με σχέδια όσο και με συντεταγμένες έτσι όπως προκύπτουν από το λογισμικό του Dialux.

5.2.1 Χώρος Σεμιναρίων

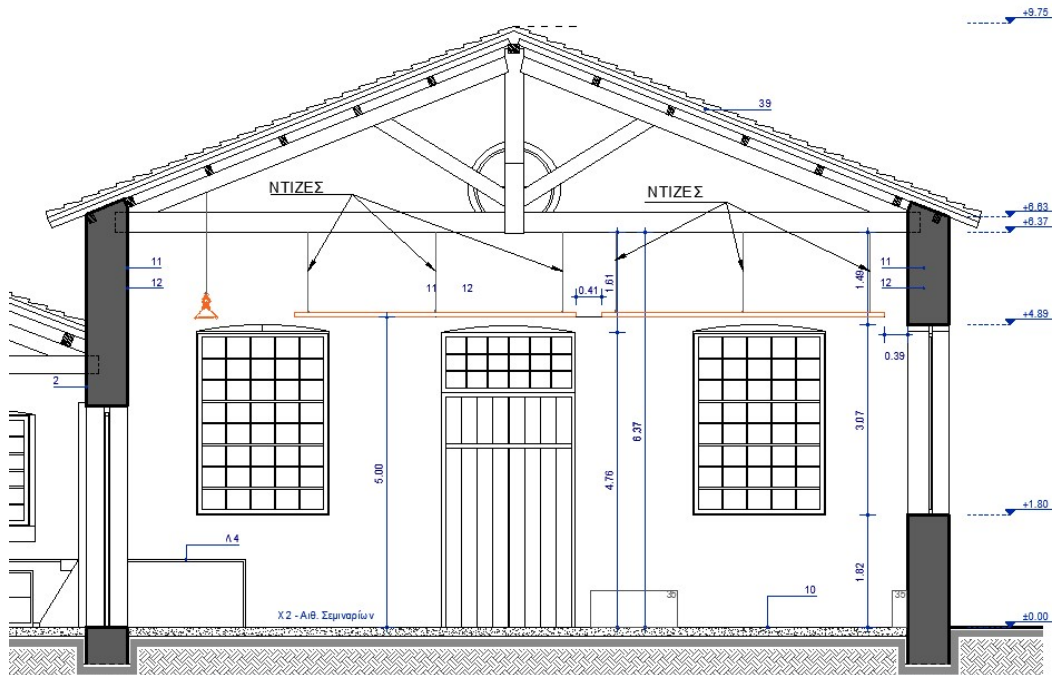
Όπως είδαμε και σε προηγούμενη παράγραφο του κεφαλαίου το κτήριο διαθέτει μια αίθουσα σεμιναρίων. Η συγκεκριμένη αίθουσα πιο ψηλή από τις άλλες. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν τέσσερα δοκάρια τα οποία έχουν κατώτερη στάθμη τα 6.37 μέτρα από το έδαφος . Όπως θα αναλυθεί και στην συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε τα δοκάρια για την ανάρτηση των φωτιστικών.

Τοποθέτηση φωτιστικών.

Αρχικά ο αριθμός των φωτιστικών είναι 8 γραμμικά και 9 καμπάνες .

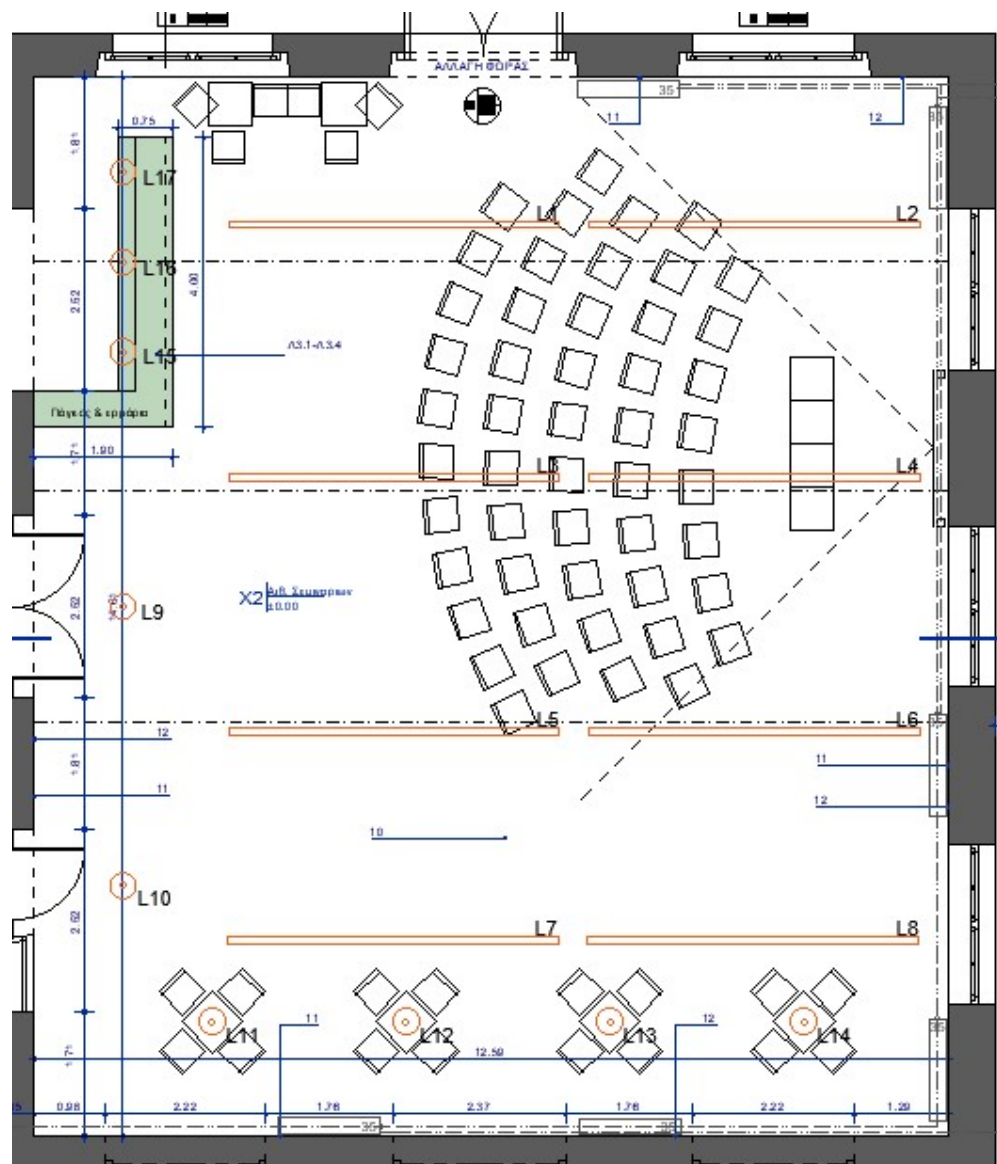


Εικόνα 88: Φωτιστικά σώματα χώρου σεμιναρίων, 8 γραμμικά φωτιστικά και 9 καμπάνες.



Εικόνα 89: Τομή που αποτυπώνει το ύψος ανάρτησης των φωτιστικών καθώς επίσης και αποστάσεις τους, ενώ παράλληλα φαίνεται και η θέση τοποθέτησης της ντίζας.

Τα γραμμικά φωτιστικά θα τοποθετηθούν σε ύψος 5 μέτρα από το έδαφος . Μεταξύ τους θα έχουν απόσταση 41 εκατοστά ενώ από τον τοίχο θα απέχουν 39 εκατοστά. Προφανώς θα υπάρχουν τέσσερις σειρές πανομοιότυπα με την παραπάνω τομή οι οποίες φαίνονται καλύτερα στην κάτωψη . Παράλληλα διακρίνουμε στην παραπάνω τομή τα φωτιστικά καμπάνας που υπάρχουν περιμετρικά του χώρου. Τα φωτιστικά αυτά είναι και αυτά αναρτημένα με αναρτήσεις -ντίζες σε ύψος 5 μέτρων από το έδαφος. Η μόνη κατασκευαστική διαφορά που έχουν σε σχέση με τα γραμμικά είναι ότι η ανάρτηση θα γίνει στην οροφή και όχι στα δοκάρια και αυτό γιατί όπως θα δούμε και στην κάτωψη στο σημείο που τοποθετήθηκαν δεν υπάρχει δοκάρι.



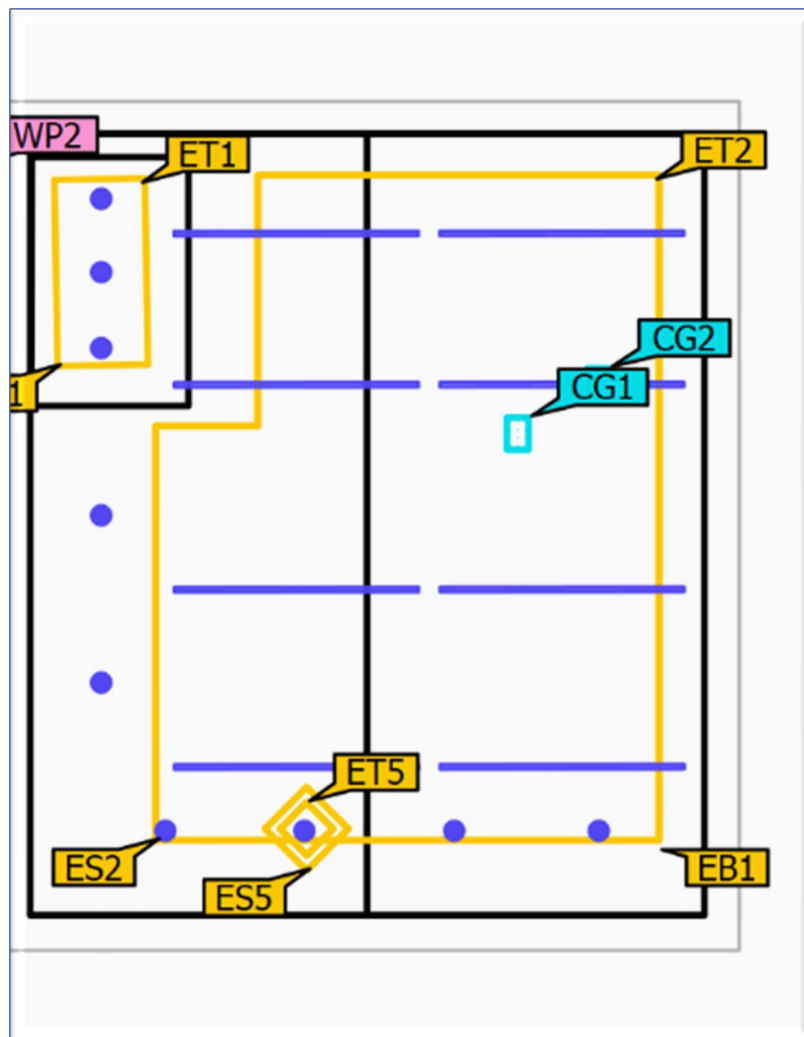
Εικόνα 90: Κάτοψη αίθουσας σεμιναρίων με τοποθετημένα τα φωτιστικά.

Όπως παρατηρούμε έχουν τοποθετηθεί όλα τα φωτιστικά του χώρου και έχουν λάβει ονομασίες με κωδικοποίηση L και έναν αύξον αριθμό.

Πίνακας 4: Πίνακας Κωδικοποίησης Φωτιστικών Σωμάτων.

Αριθμός Φωτιστικού	Είδος φωτιστικού
L 1-8	Γραμμικά φωτιστικά
L 9-17	Φωτιστικά Καμπάνες

Προκειμένου να γίνουν οι υπολογισμοί που χρειάζονται έχουν δημιουργηθεί κάποιες περιοχές υπολογισμού. Πιο συγκεκριμένα για τον χώρο των σεμιναρίων έχουν δημιουργηθεί τρεις περιοχές, η περιοχή των καθισμάτων, η περιοχή του πάγκου πάνω αριστερά στην κάτοψη και η περιοχή ενός τραπέζιού στο επίπεδο του τραπέζιου. Επίσης έχει δημιουργηθεί ένας παρατηρητής στον πίνακα παρουσίασης ο οποίος έχει στραμμένο το βλέμμα του προς τους καθιστούς ενώ αντίστοιχα έχει τοποθετηθεί και ένας παρατηρητής καθισμένος στις καρέκλες για να ελεγχθεί το UGR που έχουν τα φωτιστικά. Οι περιοχές που αναφέρθηκαν φαίνονται στο παρακάτω ποιοτικό σχέδιο κάτοψης.



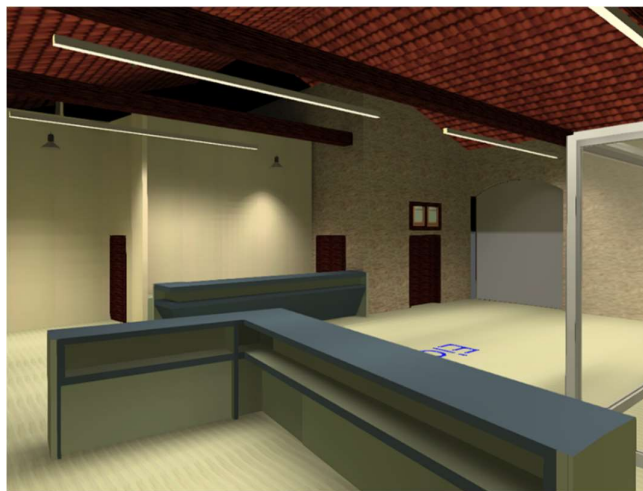
Εικόνα 91: Ποιοτική κάτοψη περιοχών και επιφανειών υπολογισμού από το περιβάλλον Dialux.

5.2.2 Χώρος Εισόδου Μουσείου

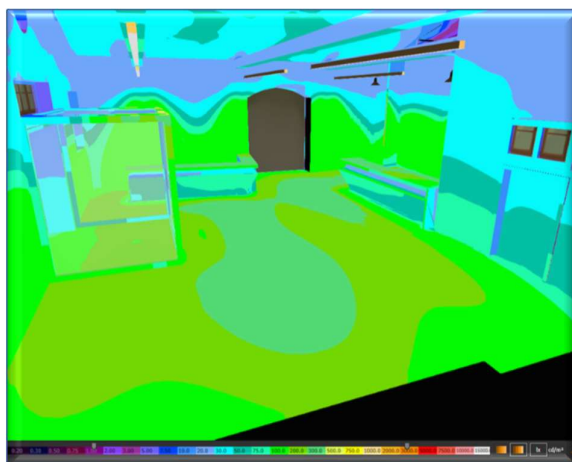
Όσο αφορά το χώρο της εισόδου του Μουσείου έχουμε να κάνουμε με ένα κτήριο πιο κοντό σε σχέση με αυτό της αίθουσας Σεμιναρίων. Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε ότι μια μεταλλική κατασκευή που θα τοποθετηθεί πάνω από την είσοδο δεν θα επιτρέψει στα φωτιστικά να τοποθετηθούν πάνω από τα τέσσερα μέτρα. Για τον λόγο αυτό και το ύψος ανάρτησης των φωτιστικών αυτήν την φορά είναι τα τέσσερα μέτρα.

Τοποθέτηση φωτιστικών

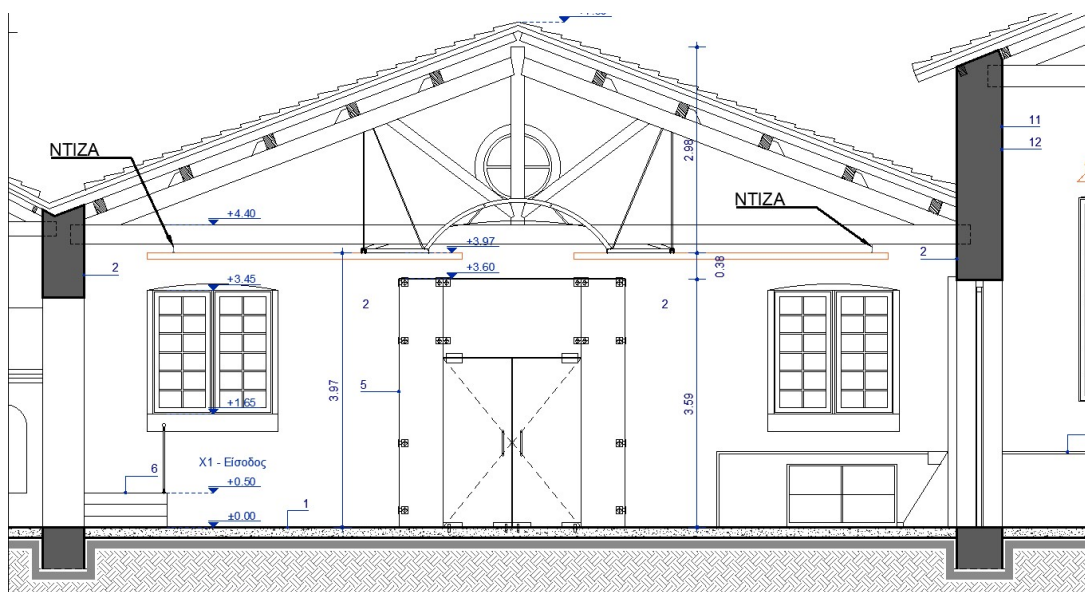
Αρχικά το δωμάτιο είναι μικρότερο από τον χώρο των σεμιναρίων. Ο αριθμός των γραμμικών φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν είναι πέντε ενώ για σημεία τα οποία δεν γινόταν η ανάρτηση γραμμικών φωτιστικών τοποθετήθηκαν καμπάνες όπως φαίνεται στα σχέδια.



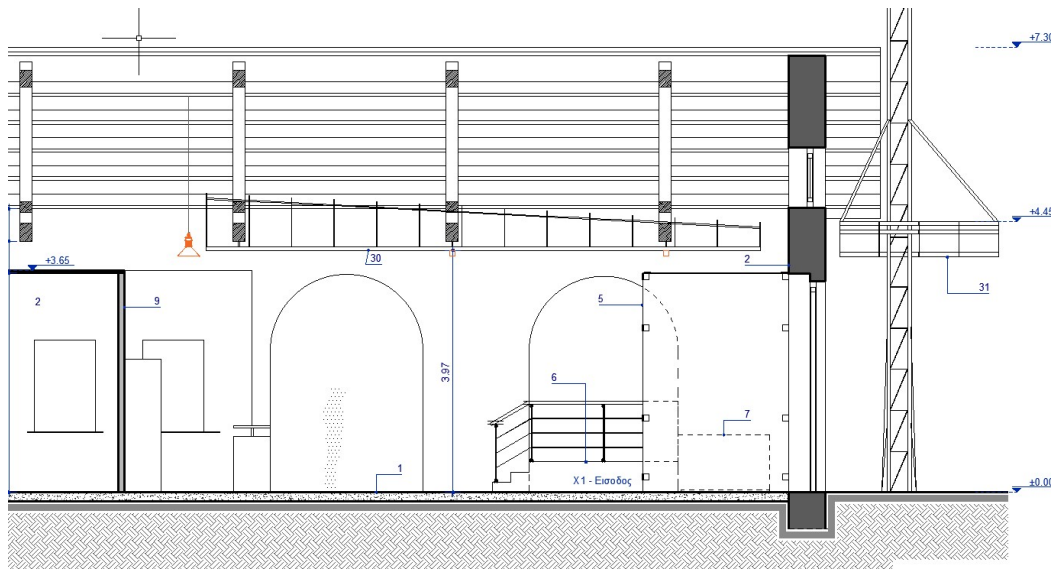
Εικόνα 92: 3D αναπαράσταση φωτισμού στον χώρο της εισόδου όπως προέκυψε από το περιβάλλον DIALUX.



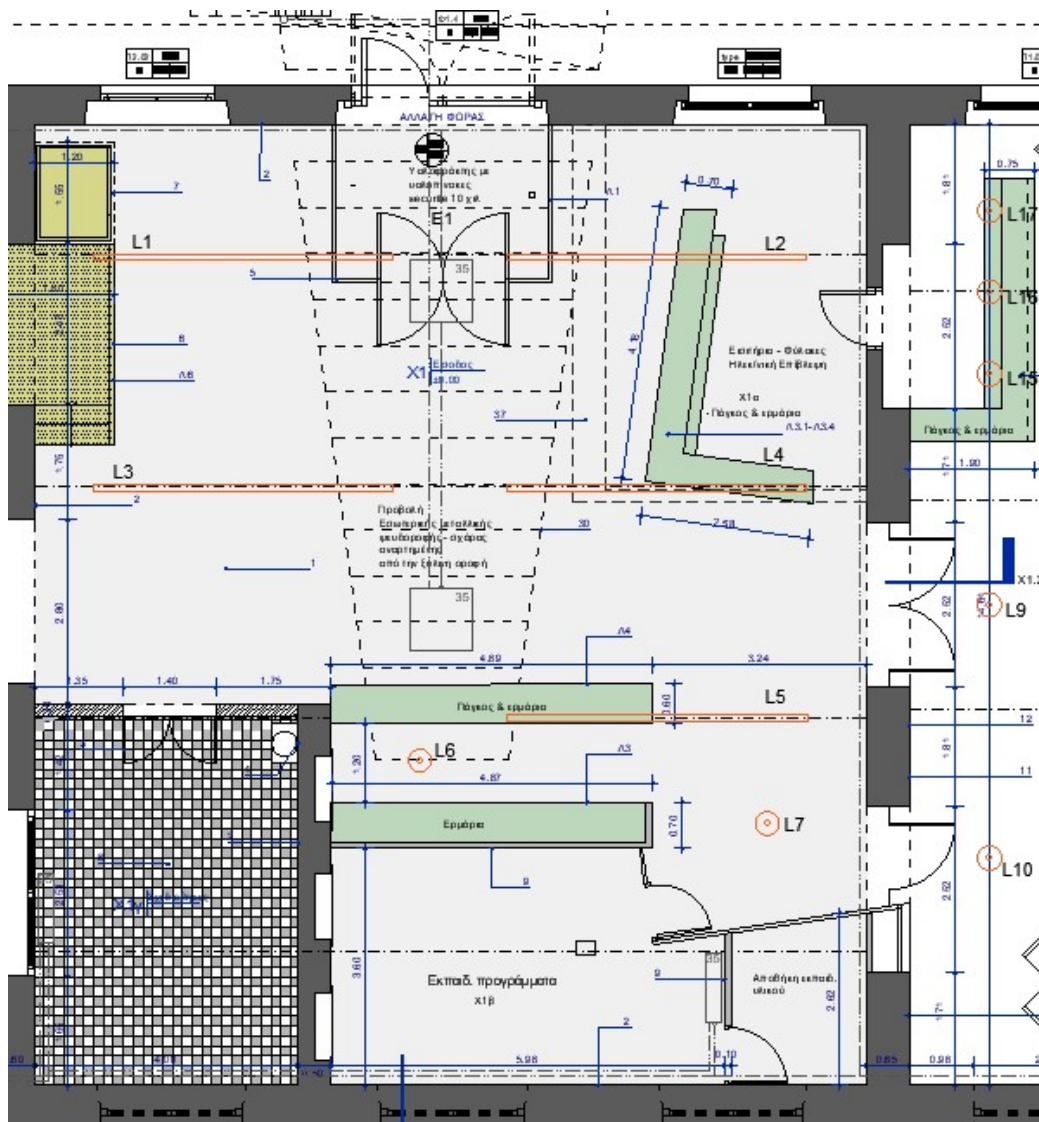
Εικόνα 93: 3D αναπαράσταση φωτισμού στον χώρο της εισόδου όπως προέκυψε από το περιβάλλον DIALUX, χρήση ψευδοχρωμάτων για την αποτύπωση της έντασης .



Εικόνα 94: Τομή χώρου Εισόδου Μουσείου, απεικονίζει τα γραμμικά φωτιστικά.



Εικόνα 95: Τομή χώρου Εισόδου Μουσείου , απεικονίζει το φωτιστικό καμπάνας και τα γραμμικά φωτιστικά.

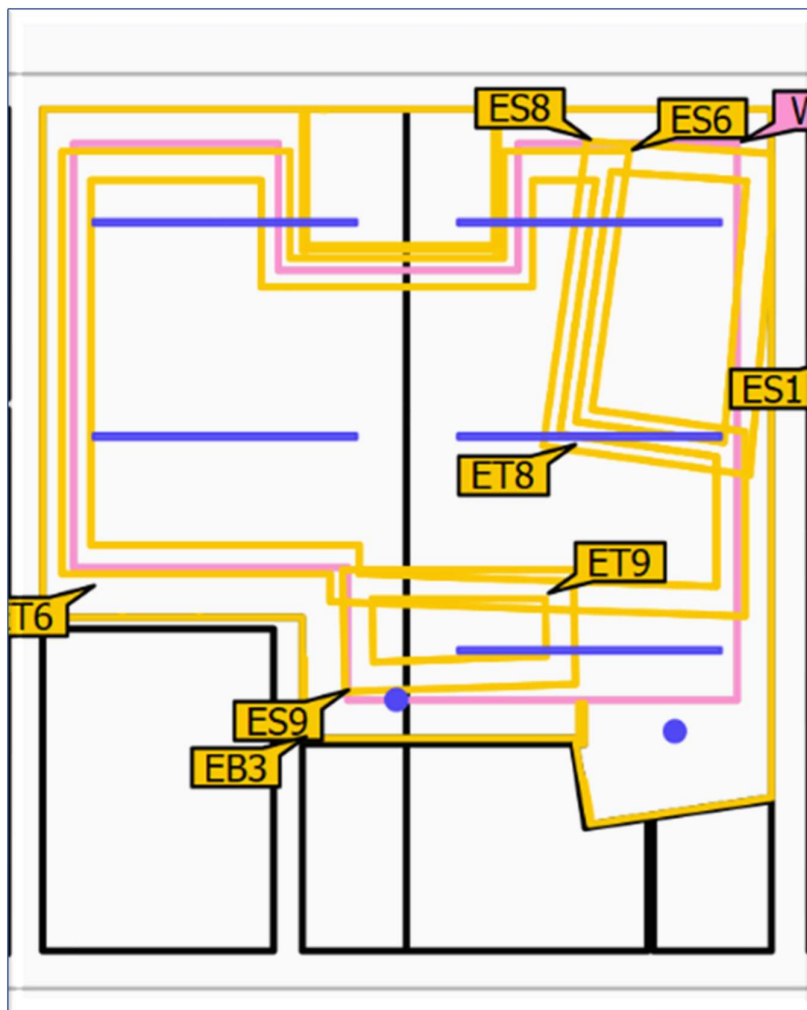


Εικόνα 96: Κάτοψη χώρου εισόδου με τοποθετημένα τα φωτιστικά.

Όπως γίνεται φανερό στα παραπάνω σχέδια έχουμε καταφέρει να εντάξουμε τα φωτιστικά στην αισθητική του σωματίου χωρίς να προκληθεί κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα. Ο αριθμός των φωτιστικών είναι πιο μικρός από τον προηγούμενο χώρο μιας και ο συγκεκριμένος είναι μικρότερος σε τετραγωνικά. Χρησιμοποιήθηκαν πέντε γραμμικά φωτιστικά και δύο καμπάνες.

Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων χρειάστηκε να ορίσουμε περιοχές αξιολόγησης. Πιο συγκεκριμένα έχουν δημιουργηθεί τρεις περιοχές, η γενική περιοχή του χώρου, το ερμάριο των εισιτηρίων και το ερμάριο στο πίσω μέρος του χώρου. Στην

παρακάτω ποιοτική κάτοψη μπορείτε να διακρίνεται τις περιοχές και τις θέσεις των φωτιστικών.



Εικόνα 97: Ποιοτική κάτοψη περιοχών και επιφανειών υπολογισμού από το περιβάλλον Dialux.

5.2.3 Χώρος Προθάλαμον Μουσείου

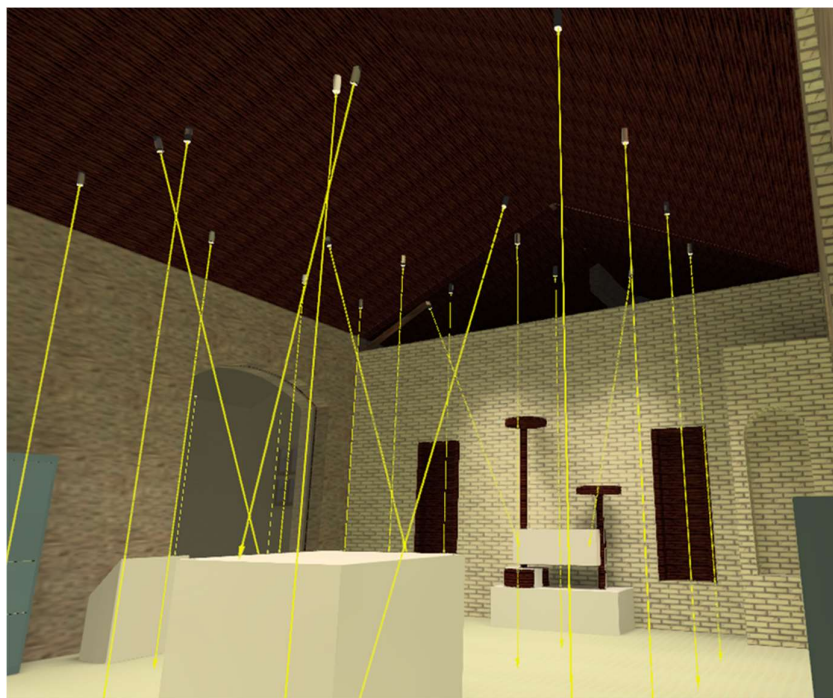
Ο συγκεκριμένος χώρος βρίσκεται ανάμεσα από χώρο της εισόδου και τον χώρο του κυρίως Μουσείου. Η λύση που θα προταθεί είναι ανάλογη με αυτήν που θα εφαρμοστεί και στον κύριο χώρο του Μουσείου.

Τοποθέτηση φωτιστικών

Η τοποθέτηση των φωτιστικών θα γίνει πάνω στα δοκάρια και σε σχάρες οι οποίες θα τοποθετηθούν χωρίς να προκαλούν στο μάτι του επισκέπτη. Επειδή είναι αρκετά δύσκολο να αναπαραστήσουμε την περιστροφή που πρέπει να έχουν τα led προκειμένου να φωτίζουν σωστά τον χώρο, θα δεχτούμε ως σύμβαση ότι τα φωτιστικά θα παρουσιαστούν σε κάτοψη και σε τρισδιάστατες απεικονίσεις. Πιο συγκεκριμένα το αποτέλεσμα που θα έχουμε στον χώρο θα μοιάζει κάπως έτσι :



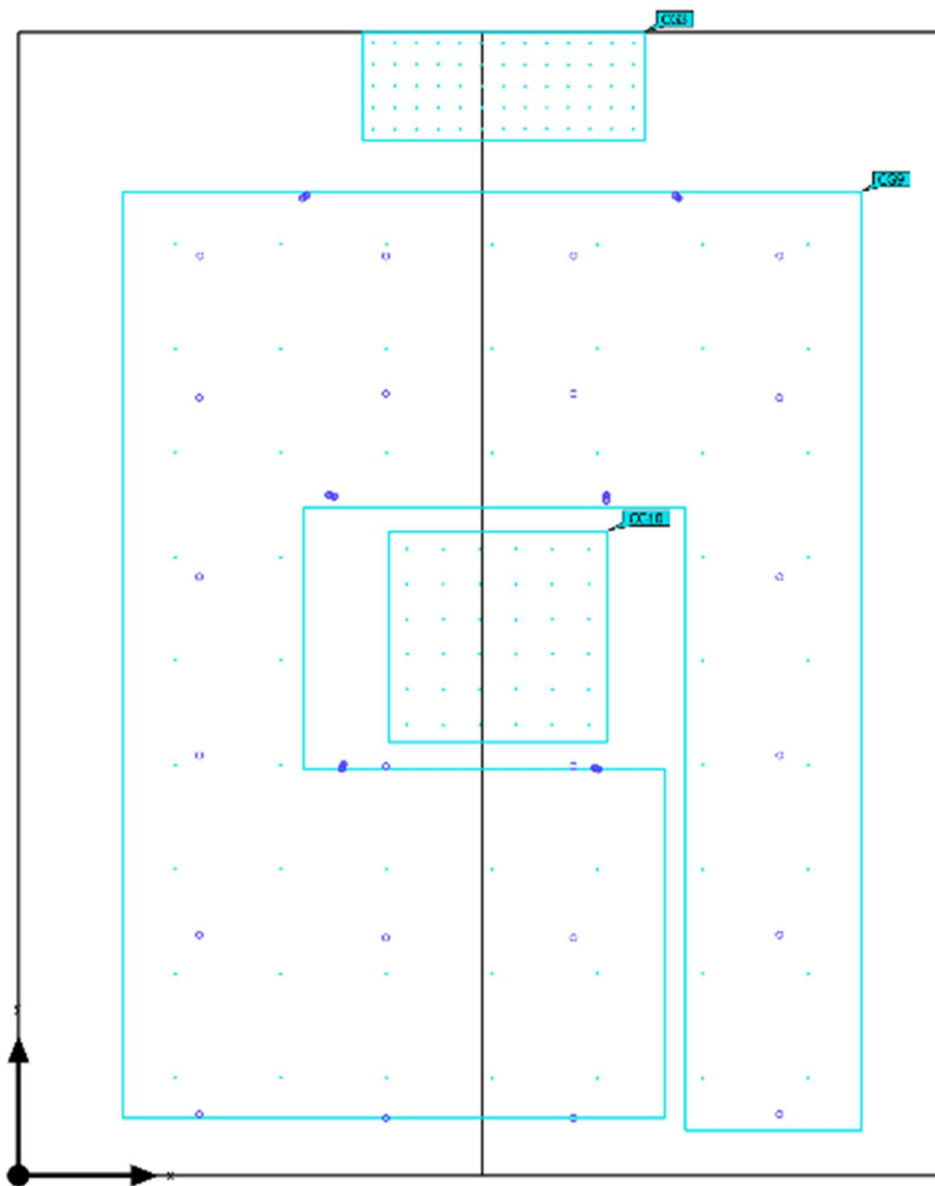
Εικόνα 98: Προσομοίωση φωτισμού χώρου Προθαλάμου Μουσείου από το περιβάλλον Dialux.



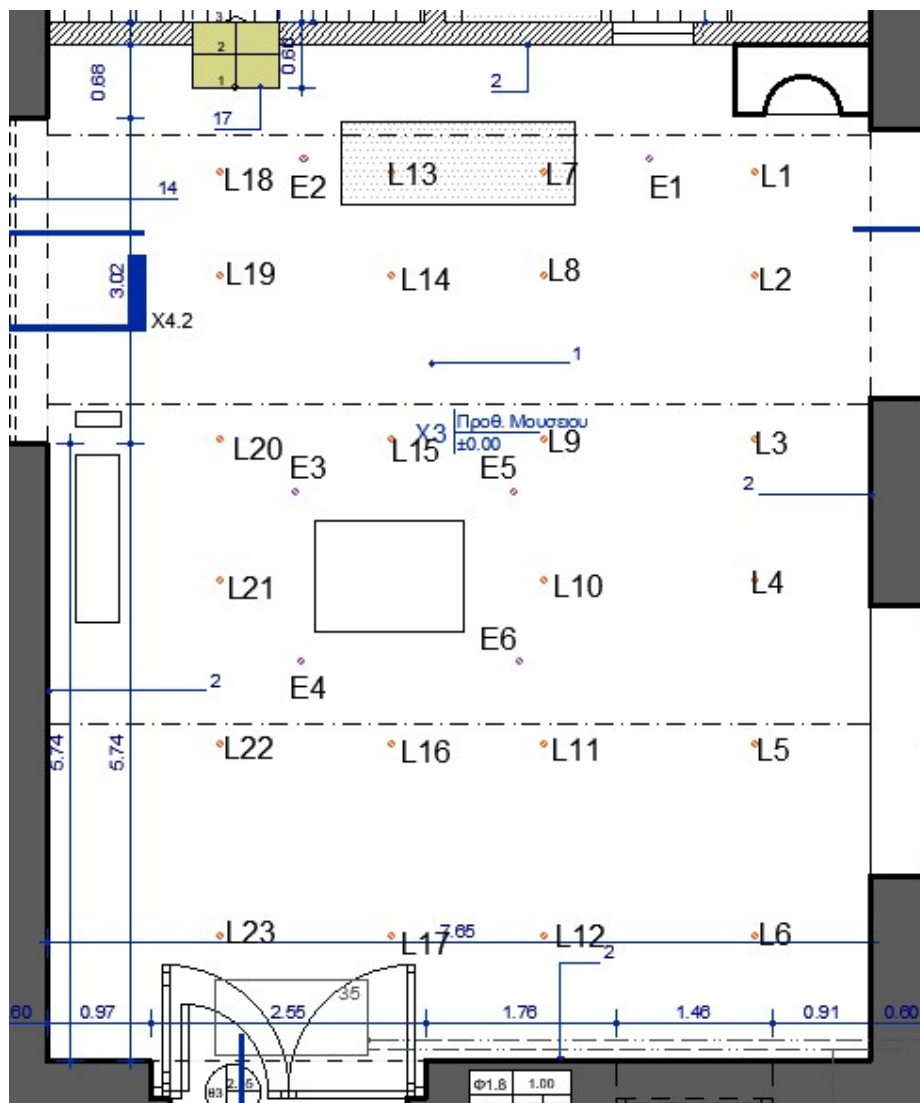
Εικόνα 99: Προσπάθεια αποτύπωσης στόχευσης φωτιστικών spot σωμάτων, χώρο Προθαλάμου Μουσείου, από προσομοίωση Dialux.



Εικόνα 100: Προσομοίωση φωτισμού χώρο Προθαλάμου Μουσείου από το περιβάλλον Dialux.



Εικόνα 101: Ποιοτική κάτοψη περιοχών και επιφανειών υπολογισμού από το περιβάλλον Dialux, χώρος Προθάλαμον Μουσείου.



Εικόνα 102: Κάτοψη Προθάλαμον Μουσείου, με τις θέσεις των φωτιστικών L1-23 , E1-6.

Πίνακας 5: Πίνακας επεξήγησης κωδικοποίησης σχεδίου.

Αριθμός Φωτιστικού	Είδος φωτιστικού	Σημείο που Φωτίζει.
L 1-23	Φωτιστικά SPOT	Φωτισμός Διαδρόμου
E 1 -6	Φωτιστικά SPOT	Φωτισμός εκθεμάτων

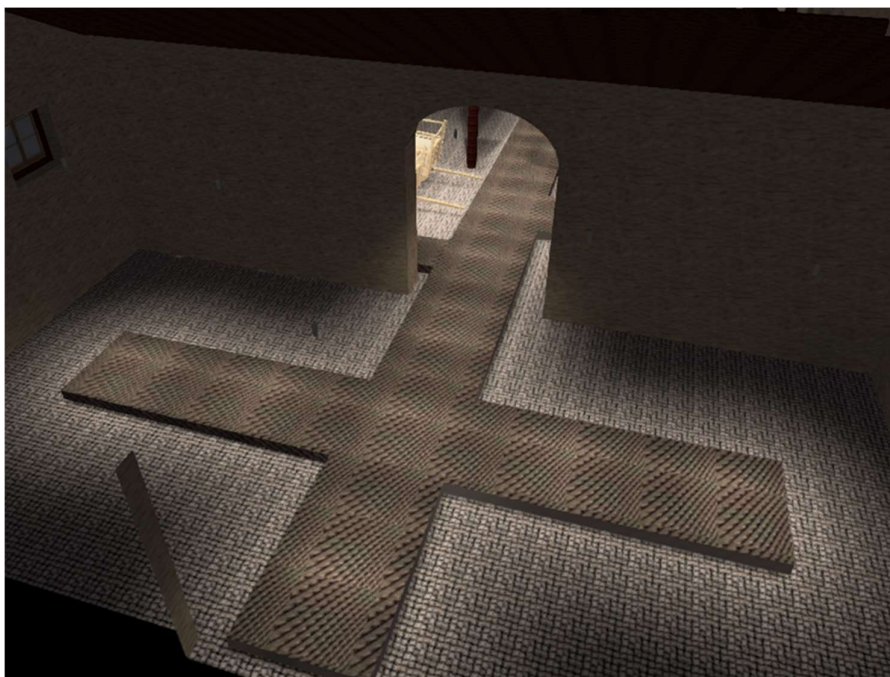
Όπως φαίνεται και στα παραπάνω σχέδια έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιήσουμε τα ίδια φωτιστικά LED προκειμένου να πετύχουμε διαφορετικά αποτελέσματα. Αρχικά μπορούμε να διακρίνουμε ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες ονομασιών φωτιστικών. Η πρώτη έχει κωδικοποίηση L και αφορά στον κύριο φωτισμό του χώρου, διάδρομος κυκλοφορίας πεζών. Αντίθετα η δεύτερη κωδικοποίηση αφορά φωτιστικά που σκοπό έχουν να φωτίσουν μονάχα το έκθεμα. Για τον λόγο αυτό έχουμε ορίσει τρεις περιοχές αξιολόγησης. Η πρώτη αφορά τον διάδρομο που θα υπάρχει στον χώρο ενώ οι άλλες δύο αφορούν τον φωτισμό των δύο εκθεμάτων που ήταν τοποθετημένα κατά την επίσκεψη μας.

5.2.4 Χώρος Μουσείου

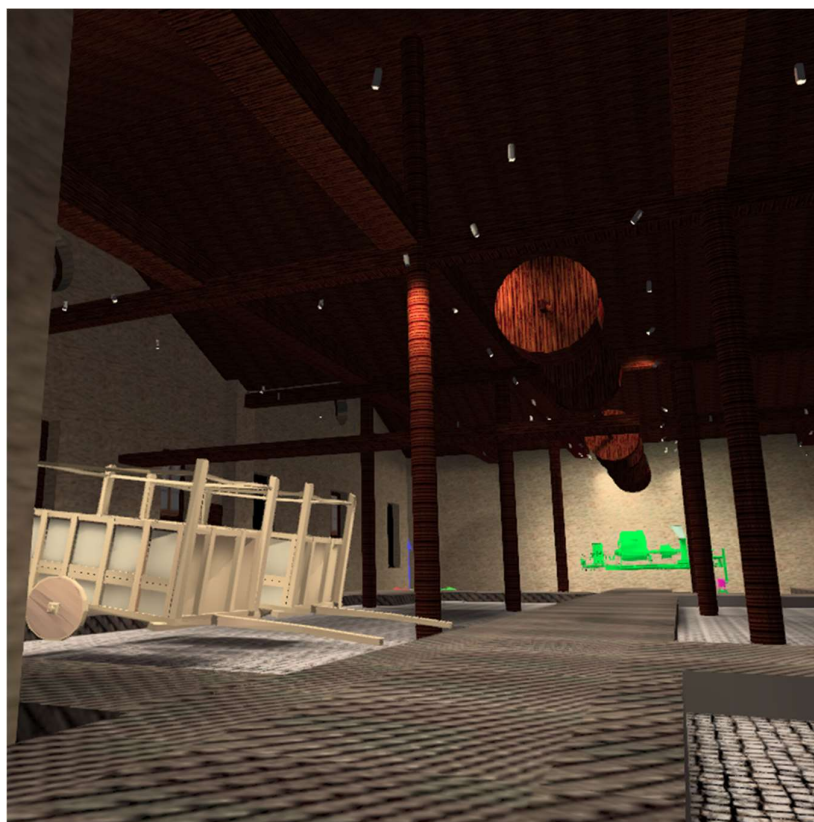
Αφού παρουσιάσαμε την πρόταση φωτισμού του Προθαλάμου του Μουσείου μπορούμε να περάσουμε στο κύριο μέρος αυτού. Ο χώρος αποτελείται από έναν διάδρομο που βρίσκεται στην μέση των χώρων και από εκθέματα τα οποία βρίσκονται εκατέρωθεν του. Ο χώρος έχει το ίδιο ύψος με τον προθάλαμο και μόνος περιορισμός που υπάρχει είναι τα μεταλλικά μέρη της τροχαλίας που υπάρχουν στην οροφή των χώρων τα οποία θα προσπαθήσουμε να μην τα καλύψουμε μιας και είναι και αυτά μέρος των εκθεμάτων που διαθέτει το μουσείο.

Τοποθέτηση φωτιστικών

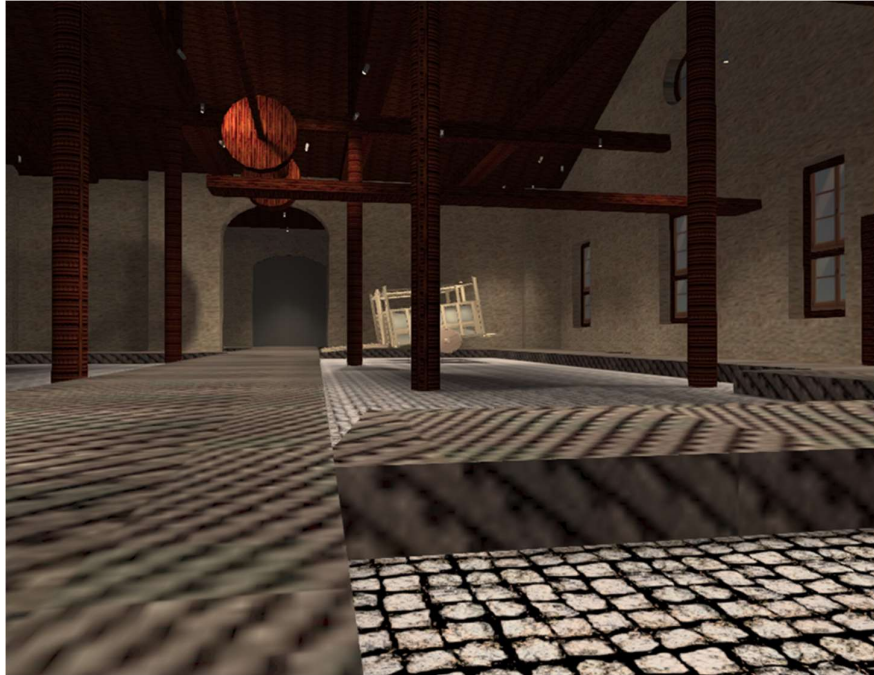
Όσο αφορά την τοποθέτηση των φωτιστικών ακολουθήθηκε η ίδια τακτική με τα προηγούμενα δωμάτια. Τα φωτιστικά λόγω των περιορισμών των δοκαριών έχουν αναρτηθεί σε ύψος 4,5 μέτρα από το δάπεδο. Προκειμένου να γίνει σωστά η οπτικοποίηση θα παραθέσουμε αποσπάσματα από την 3D προσομοίωση του χώρου όπως αποτυπώθηκε στο περιβάλλον DIALUX, ενώ στην συνέχεια σχεδιάσουμε παραδείγματα φωτισμού διάδρομου και εκθεμάτων για να γίνει όσο το δυνατόν κατανοητή η τακτική που ακολουθήθηκε.



Εικόνα 103: Προσομοίωση φωτισμού διαδρόμου Μουσείου στο περιβάλλον Dialux.

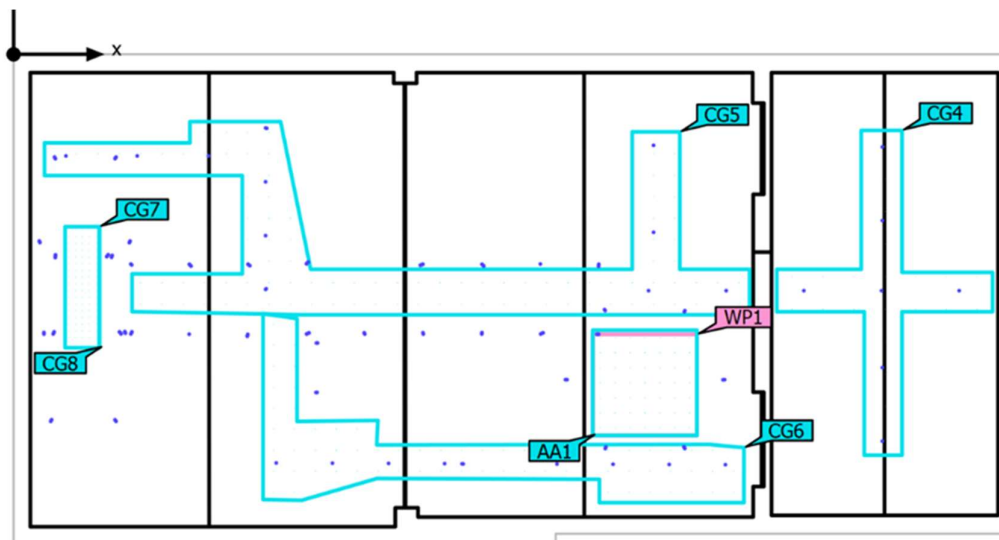


Εικόνα 104: Προσομοίωση φωτισμού χώρου Μουσείου στο περιβάλλον Dialux.



Εικόνα 105: Προσομοίωση φωτισμού χώρου Μουσείου στο περιβάλλον Dialux.

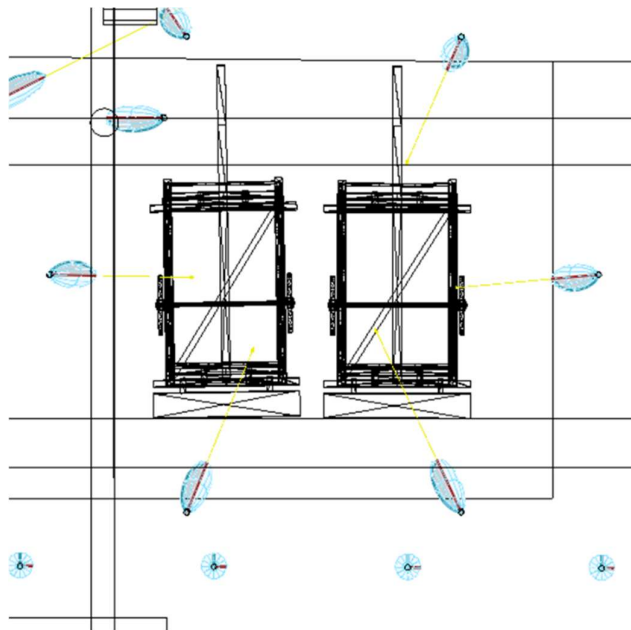
Προκειμένου να μελετήσουμε τον συγκεκριμένο χώρο θεωρήσαμε περιοχές αξιολόγησης. Η πρώτη από τις περιοχές που ορίσαμε ήταν ο διάδρομος ο οποίος όπως φαίνεται και στις φωτογραφίες βρίσκεται στο κέντρο του δωματίου. Οι άλλες δύο περιοχές αφορούσαν εκθέματα και πιο συγκεκριμένα τα κάρα και έναν τόρνο που βρίσκονταν τοποθετημένα στο μουσείο κατά την διάρκεια της επίσκεψης μας. Στην παρακάτω ποιοτική κάτοψη μπορείτε να διακρίνεται τις περιοχές αξιολόγησης.



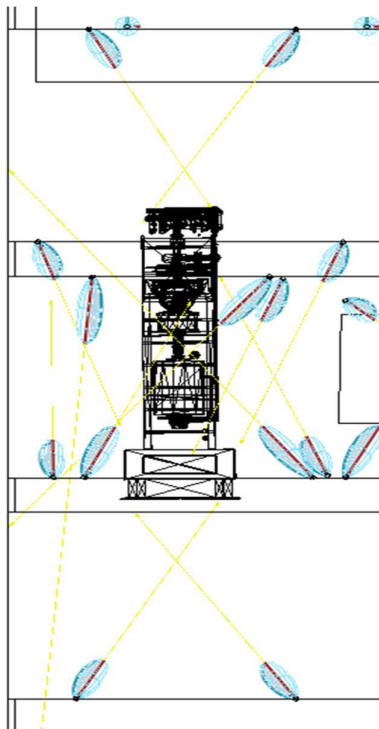
Εικόνα 106: Ποιοτική κάτοψη στην οποία αποτυπώνονται τα φωτιστικά και οι περιοχές αξιολόγησης που ορίσαμε για να υπολογίσουμε τον φωτισμό του δωματίου.



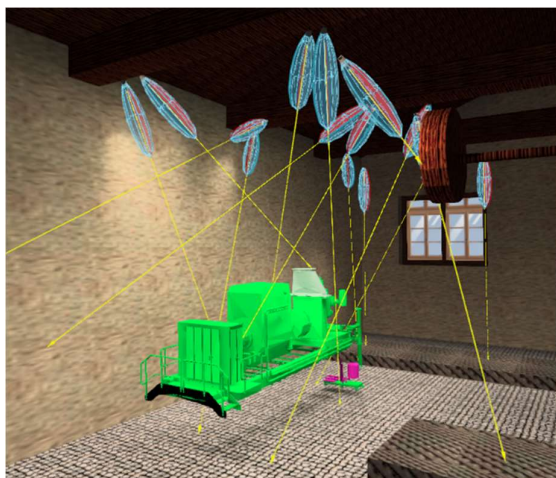
Εικόνα 107: Προσομοίωση φωτισμού χώρου Μουσείου στο περιβάλλον Dialux, που απεικονίζει τις στρέψεις των φωτιστικών προς τα εκθέματα και προς τον διάδρομο.



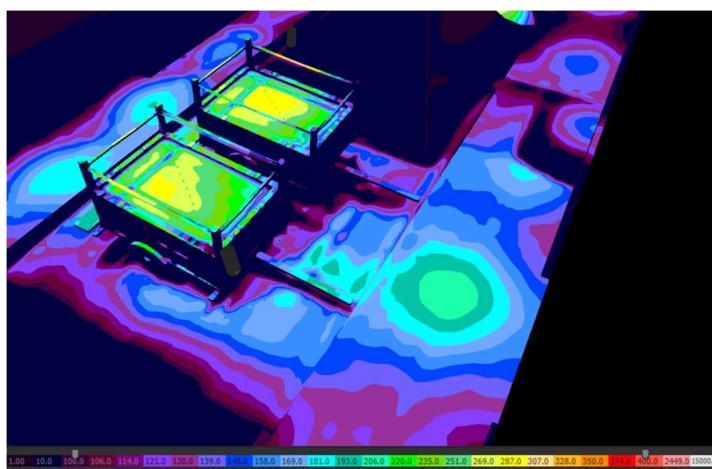
Εικόνα 108: Κάτοψη που αποτυπώνονται τα φωτιστικά που φωτίζουν τα κάρα, ενώ έγινε προσπάθεια αποτύπωσης και των κατευθύνσεων τους.



Εικόνα 109: Κάτοψη που αποτυπώνονται τα φωτιστικά που φωτίζουν τον τόρνο, ενώ έγινε προσπάθεια αποτύπωσης και των κατευθύνσεων τους.



Εικόνα 110: Φωτορεαλιστική φωτογραφία που αποτυπώνονται τα φωτιστικά που φωτίζουν τον τόρνο, ενώ έγινε προσπάθεια αποτύπωσης και των κατευθύνσεων τους.



Εικόνα 111: Φωτογραφία με ψευδοχρώματα που δείχνει την αντίθεση του διαδρόμου σε σχέση με τα εκθέματα.

5.2.5 Εξωτερικό Φωτισμός

Όσο αφορά τον εξωτερικό φωτισμό χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά δαπέδου περιμετρικά του κτηρίου. Ενώ εφαρμόστηκε η τεχνική wall wash με upright προκειμένου να επιτευχθεί grazing. Παράλληλα έγινε προσπάθεια να φωταγωγηθούν δέντρα που διαθέτει το κτήριο έξω από την αίθουσα σεμιναρίων. Τέλος φωταγωγήθηκε το πεζοδρόμιο και ο δρόμος περνάει έξω από το κτήριο.

Τοποθέτηση φωτιστικών

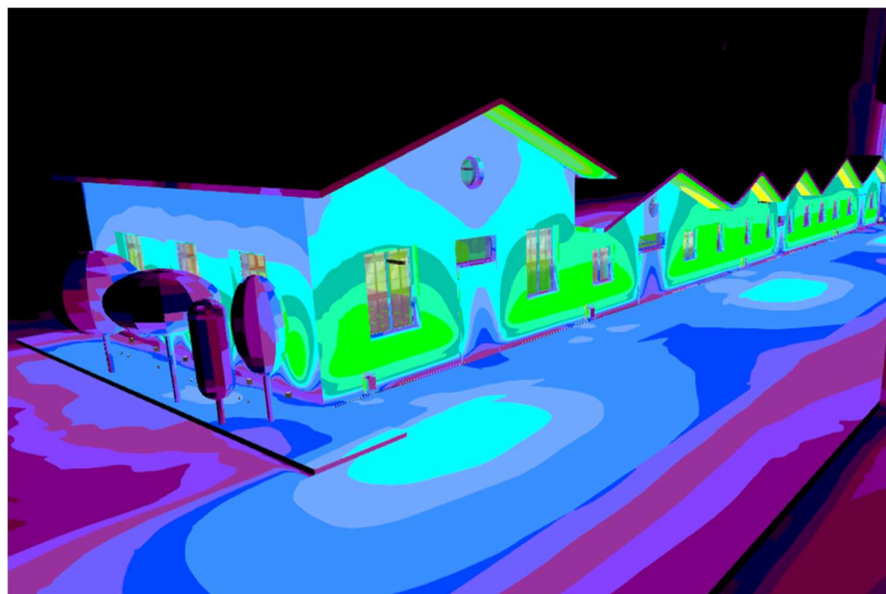
Στο εξωτερικό του κτηρίου όπως αναφέρθηκε και προηγούμενος βασικός σκοπός είναι η ανάδειξη της πέτρας που είναι κατασκευασμένο το κτήριο. Έτσι θα τοποθετηθούν φωτιστικά μέσα στο έδαφος κατά μήκος του κτηρίου και σε απόσταση 10 εκατοστά από τον τοίχο για να μην αναπτυχθεί θερμοκρασία . Στην συνέχεια στο μέρος πίσω από την αίθουσα σεμιναρίων που υπάρχει ένα παρτέρι θα τοποθετηθούν με το κατάλληλο εξάρτημα οι προβολείς που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Οι μικροί θα έχουν ως σκοπό την φωταγώγηση των δέντρων ενώ οι πιο μεγάλοι θα φωτίζουν την όψη του κτηρίου. Τέλος έχουν τοποθετηθεί φωτιστικά σε στύλο για την φωταγώγηση του πεζοδρομίου και του δρόμου . Τα συγκεκριμένα φωτιστικά είναι αναρτημένα σε ύψος πέντε μέτρων ενώ έχουν τοποθετηθεί με μια κλίση πέντε μοιρών για την καλύτερη κατανομή του φωτός. Στις παρακάτω εικόνες μπορείτε να δείτε το οπτικό αποτέλεσμα που είχε η προσομοίωση στο περιβάλλον του προγράμματος Dialux.



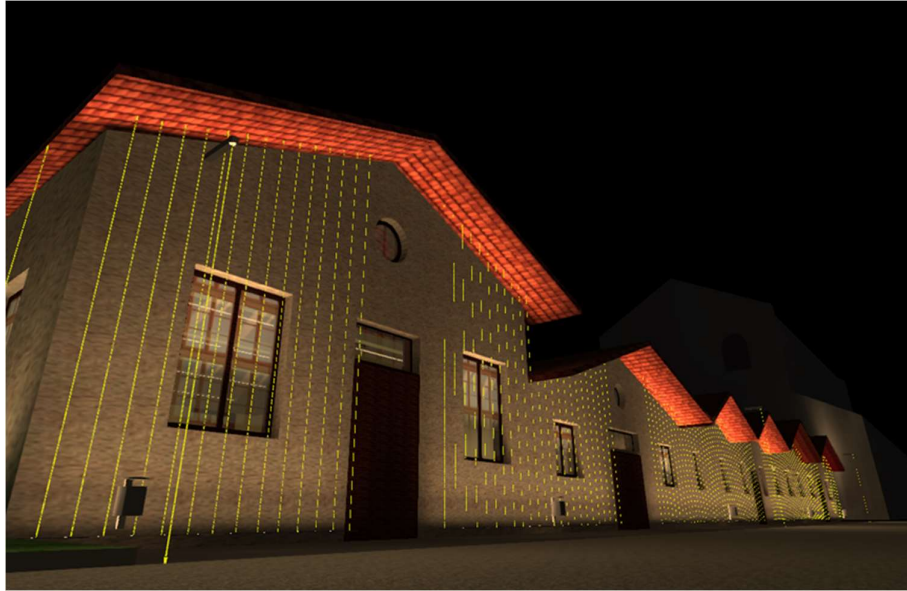
Εικόνα 112: Όψη κτηρίου όπως απεικονίζεται στο περιβάλλον του DIALUX.



Εικόνα 113: Όψη κτηρίου όπως απεικονίζεται στο περιβάλλον του DIALUX.



Εικόνα 114: Όψη κτηρίου όπως απεικονίζεται στο περιβάλλον του DIALUX, με την χρήση ψευδοχρωμάτων.



Εικόνα 115: Όψη κτηρίου όπως απεικονίζεται στο περιβάλλον του DIALUX, εικόνα που παρουσιάζει τις κατευθύνσεις των φωτιστικών.

Με τις παραπάνω φωτογραφίες γίνεται φανερό ότι το αποτέλεσμα που έχουμε πετύχει είναι αρκετά ικανοποιητικό και προσδίδει στο κτήριο επιβλητικότητα.

5.3 Αποτελέσματα Υπολογισμών

Αφού περιγράψαμε τα φωτιστικά και τις θέσεις τοποθέτησης τους στους χώρους του Μουσείου ήρθε η ώρα να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα που πετύχαμε.

5.3.1 Χώρος Σεμιναρίων

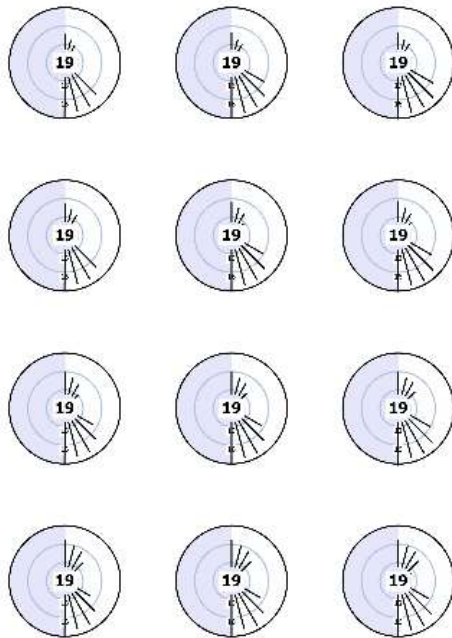
Οι τιμές αναφοράς του προτύπου για τον συγκεκριμένο χώρο είναι 500 lx όσο αφορά την στάθμη φωτισμού , ενώ η ομοιομορφία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60%. Πιο συγκεκριμένα τα αποτελέσματα προθέτονται στον παρακάτω πίνακα .

Πίνακας 6: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων χώρου σεμιναρίων.

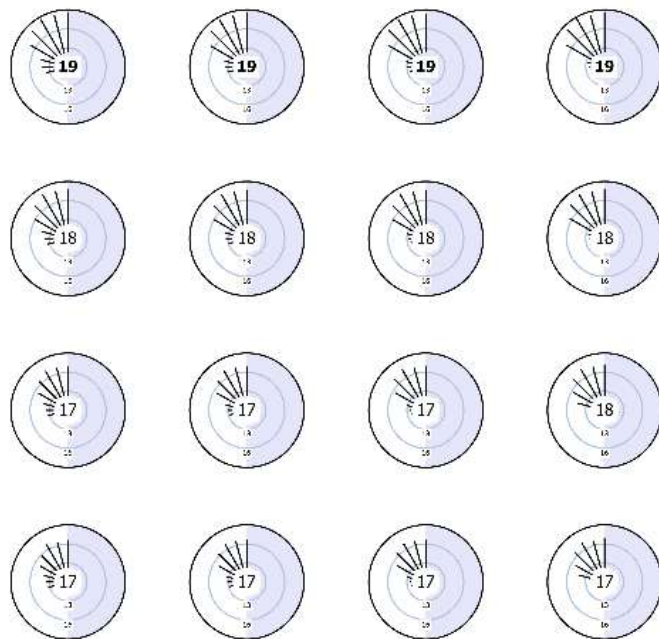
Περιοχές Αξιολόγησης	Σταθμη Φωτισμού E(lx) Τιμή Προτύπου	Σταθμη Φωτισμού E(lx)	Ομοιομορφία Τιμή Προτύπου	Ομοιομορφία
Περιοχή εργασίας Σεμιναρίων .	500	503	0,6	0,67
Περιοχή εργασίας Τραπεζιών .	500	548	0,6	0,66
Περιοχή Εργασίας Πάγκου.	500	544	0,6	0,9

Όσο αφορά τις συμβάσεις που κάναμε στον χώρο είναι οι εξής. Καταρχήν θεωρήσαμε ότι ο χώρος σε όλη την επιφάνεια του έχει κοινή χρήση δηλαδή είναι αίθουσα σεμιναρίων . Άρα θεωρήσαμε το χειρότερο σενάριο του προτύπου που είναι το 5.29.6 και αφορά Αίθουσες συνεδριάσεων . Παράλληλα συμβουλευτήκαμε και την λίστα που παραθέτει η TOTEE , η οποία συμφωνεί στην παραπάνω αναφορά . Συμπληρωματικά μας δίνει και το δεδομένο του επιπέδου αναφοράς που είναι ορισμένο στα 0.8 από το έδαφος , ενώ ο δείκτης UGR πρέπει να είναι μικρότερος ίσος με το 19. Όσο αφορά τον συντελεστή συντήρησης έχουμε επιλέξει να θεωρήσουμε τον χώρο ως καθαρό χώρο με συντήρηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα όπως περιγράφεται και στην παράγραφο που εξηγεί για τον συντελεστή, και έτσι να επιλεγεί το 0.8 .

Για τον υπολογισμό της θάμβωσης στον συγκεκριμένο χώρο τοποθετήσαμε ένα παρατηρητή στην θέση του ομιλητή και έναν παρατηρητή στην θέση του κοινού. Τα αποτελέσματα που λάβαμε είναι τα εξής.



Εικόνα 116: Παρατηρητής που βρίσκεται στην καρέκλα.



Εικόνα 117: Παρατηρητής που βρίσκεται στην θέση του ομιλητή.

Όπως γίνεται κατανοητό η θάμβωση που έχουν και οι δύο παρατηρητές είναι μικρότερη από το επιτρεπτό όριο των ≤ 19 που ορίζει το πρότυπο.

5.3.2 Χώρος Εισόδου Μουσείου

Αρχικά το αντιμετωπίζουμε σαν χώρο πάγκου υποδοχής /ταμείου , πάγκος θυρωρείου 5.29.1 του ευρωπαϊκού προτύπου , ενώ αν ανατρέξουμε στην οδηγία της TOTEE μπορούμε να δούμε ότι ο χώρος έκδοσης εισιτηρίων έχει απαίτηση 300 lx και ομοιομορφία 0,8. Επομένως κάνοντας τους υπολογισμούς με την βοήθεια του λογισμικού είχαμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 7: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων χώρου Εισόδου Μουσείου.

Περιοχές Αξιολόγησης	Σταθμη Φωτισμού E(lx) Τιμή Προτύπου	Σταθμη Φωτισμού E(lx)	Ομοιομορφία Τιμή Προτύπου	Ομοιομορφία
Περιοχή Είσοδου Μουσείου.	300	349	0,6	0,69
Περιοχή Έκδοσης Εισιτηρίων .	300	353	0,6	0,63
Περιοχή Εργασίας Πάγκου.	300	332	0,6	0,60

Όπως βλέπουμε σε όλα τα σημεία έχουν επιτευχθεί όλες οι απαιτήσεις που απαιτεί το πρότυπο που αναφέραμε παραπάνω.

5.3.3 Χώρος Προθάλαμον Μουσείου

Στον χώρο αυτό διαθέτουμε όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη παράγραφο τρεις περιοχές αξιολόγησης. Η πρώτη αφορά τον διάδρομο του χώρου , ενώ οι άλλες δύο αφορούν εκθέματα που διαθέτει . Προκειμένου να μελετήσουμε αυτόν τον χώρο θεωρήσαμε σαν τιμές αναφοράς τόσο από το πρότυπο όσο και από την οδηγία του TOTEE τα 100lx και 40% ομοιομορφία για τον διάδρομο , και τα >200lx για τα εκθέματα. Σε αυτό το σημείο αξίζει πριν παρουσιαστούν τα αποτελέσματα να αναλυθεί η τακτική που ακολουθήθηκε. Πρώτα από όλα ο χώρος του προθάλαμου ενώνει τον χώρο της εισόδου με αυτόν του μουσείου. Επι της ουσίας αυτοί οι χώροι θα έχουν περίπου διαφορά 1 προς 3 και το πρώτο διάστημα ενδεχόμενος αν δεν εφαρμοστεί ένα σενάριο CONSTANT LIGHT η διαφορά να είναι μεγαλύτερη. Για τον λόγο αυτόν

προσπαθήσαμε η μέση ένταση του χώρου του προθαλάμου να είναι ελαφρός αυξημένη προκειμένου να μην φαίνεται έντονη η διαφορά όταν κάνει την μετάβαση από την είσοδο. Αυτό έχει ένα αρνητικό, στην παρουσίαση των εκθεμάτων . Σε όλη την μελέτη προσπαθήσαμε να δημιουργήσουμε μια αντίθεση ανάμεσα σε διάδρομο και εκθέματα. Αυτή η αντίθεση είναι λίγο μεγαλύτερη από $1/3$. Δεδομένου ότι αυξήσαμε λίγο την μέση ένταση στον διάδρομο αναγκαστικά θα πρέπει να αυξηθεί και η ένταση πάνω στα εκθέματα για να υπάρχει η αντίθεση που επιθυμούμε. Επειδή αυτό μπορεί να μην έχει το επιθυμητό αισθητικό αποτέλεσμα έγινε φωταγώγηση των δύο εκθεμάτων με διαφορετικές εντάσεις . Το πρώτο θα έχει αναλογία $1/3$ ενώ το δεύτερο απλά θα είναι λίγο πιο έντονα φωταγωγημένο σε σχέση με την ένταση που πετύχαμε στο έδαφος του διαδρόμου. Τα αποτελέσματα που είχαμε στο σενάριο αυτό παραθέτονται στον ακόλουθο πίνακα :

Πίνακας 8: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων χώρου Προθαλάμου Μουσείου.

Περιοχές Αξιολόγησης	Σταθμη Φωτισμού E(lx) Τιμή Προτύπου	Σταθμη Φωτισμού E(lx)	Ομοιομορφία Τιμή Προτύπου	Ομοιομορφία	Έκθεση (δόση) ανά έτος [lx * h] Πρότυπο
Περιοχή Διάδρομου.	100	250	0,4	0,68	-
Περιοχή Εκθέματος 1 .	200	450	-	-	1.314.000
Περιοχή Εκθέματος 2.	200	300	-	-	876.000

Παρατηρούμε ότι οι τιμές είναι ελαφρός ανεβασμένες από αυτά που ορίζει το πρότυπο. Για την επιλογή του καλύτερου σεναρίου θα πρέπει να γίνει αναπαράσταση φωτισμού στον χώρο και να επιλεγεί το καλύτερο αποτέλεσμα (mock-up).

5.3.4 Χώρος Μουσείου

Στον εσωτερικό χώρο του μουσείου , κατ' αντιστοιχία με την επίλυση που δώσαμε και στον χώρο του προθαλάμου χωρίσαμε τις επιφάνειες αξιολόγησης σε τρία μέρη . Το πρώτο αφορά τον διάδρομο ενώ τα άλλα δύο αφορούν τον φωτισμό δύο εκθεμάτων. Στον συγκεκριμένο χώρο εφαρμόστηκαν τα πρότυπα κατά το δυνατόν περισσότερο μιας και ο χώρος είναι αρκετά περίπλοκος και η αναπαράσταση που κάναμε τυπική. Στο σημείο αυτό να αναφερθεί το γεγονός ότι ο διάδρομος χωρίστηκε

σε τρία τμήματα προκειμένου να λάβουμε μια συνολική μέση τιμή , αυτό έγινε λόγω του περιέργου σχήματος και του μεγάλου εμβαδόν του. Τα αποτελέσματα που λάβαμε είναι τα εξής:

Πίνακας 9: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων χώρου Μουσείου.

Περιοχές Αξιολόγησης	Σταθμη Φωτισμού E(lx) Τιμή Προτύπου	Σταθμη Φωτισμού E(lx)	Ομοιομορφία Τιμή Προτύπου	Ομοιομορφία	Έκθεση (δόση) ανά έτος [lx * h] Πρότυπο
Περιοχή Διάδρομου 1.	100	108	0,4	0,6	-
Περιοχή Διάδρομου 2.	100	130	0,4	0,4	-
Περιοχή Διάδρομου 3.	100	140	0,4	0,5	-
Περιοχή Εκθέματος 1 .	200	300	-	0,44	876.000
Περιοχή Εκθέματος 2.	200	250	-	0,44	730.000

Παρατηρούμε ότι είμαστε πολύ κοντά στην θεωρητική διαφορά που ορίσαμε στην αρχή. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα εκθέματα δεν είναι τοποθετημένα στις τελικές τους θέσεις. Η προσπάθεια που γίνεται είναι να προτεθεί τρόπος αντιμετώπισης του φωτισμού των εκθεμάτων όταν θα δωθούν οι τελικές θέσεις . Στην περίπτωση εκείνη θα πρέπει να προσεχθεί ο φωτισμός των εκθεμάτων να είναι ανεξάρτητος και να μην συνεισφέρει στον φωτισμό των διαδρόμων του Μουσείου.

5.3.5 Εξωτερικό χώρος

Όσο αφορά τον εξωτερικό χώρο υπάρχει μια οδηγία που ορίζει την μέση ένταση φωτισμού που πρέπει να έχει το κτήριο ανάλογα με την θέση που βρίσκεται . Το κτήριο μας βρίσκεται σε σημείο που δεν υπάρχει ιδιαίτερος φωτισμός. Παράλληλα το κέλυφος του κτηρίου είναι κατασκευασμένο από πέτρα που θα θεωρηθεί ως επιφάνεια η οποία δεν έχει και τόσο μεγάλη ανακλαστική ικανότητα. Για τον λόγο αυτό η τιμή αναφοράς που πρέπει να επιτύχουμε για την όψη του κτηρίου είναι τα 40lx . Όσον αφορά το πεζοδρόμιο και τον δρόμο οι τιμές προκύπτουν από το πρότυπο που ζητάει 5lx για το πεζοδρόμιο και 20 lx για δρόμους με αυτοκίνητα που κινούνται μέχρι 10km/h . Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που λάβαμε :

Πίνακας 10: Πίνακας σύνοψης αποτελεσμάτων Εξωτερικού Χώρου Μουσείου.

Περιοχές Αξιολόγησης	Σταθμη Φωτισμού E (lx) Τιμή Προτύπου	Σταθμη Φωτισμού E (lx)	Ομοιομορφία Τιμή Προτύπου	Ομοιομορφία
ΟΨΗ κτηρίου	40	70	-	-
Πλάγια Όψη	40	43	-	-
Πεζοδρόμιο	5	16,8	0,4	0,42
Δρόμος	20	20,9	0,4	0,41

6

Συμπεράσματα - Επίλογος

Είναι φανερό ότι σε όλους του χώρου καταφέραμε να πετύχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα μιας και είμαστε σε κάθε χώρο εντός ορίων. Ένας βασικός παράγοντας που πρέπει να αναλύσουμε πριν ολοκληρώσουμε την μελέτη μας είναι η ισχύς των φωτιστικών σε σχέση με τα τετραγωνικά του κτηρίου. Σε όλο το κτήριο έχουν χρησιμοποιηθεί φωτιστικά με αυξημένη όπως είδαμε ενεργειακή απόδοση μεγαλύτερη από 90 lm/W και σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερη από 55 lm/W που ορίζει το πρότυπο του KENAK. Πρέπει όμως να αναλυθεί και η συνολική ισχύς κάθε χώρου προκειμένου να ελεγχθεί αν ο κάθε ένας από αυτούς πληροί τι προδιαγραφές .

6.1 Συμπεράσματα

6.1.1 Αίθουσα Σεμιναρίων

Στον πίνακα 4 της προηγούμενης ενότητας παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα που είχαμε στη αίθουσα των σεμιναρίων. Για τον χώρο αυτόν μπορούμε να αναφέρουμε στοιχεία του χώρου . Πιο συγκεκριμένα ο χώρος έχει συνολικό εμβαδόν 170 τετραγωνικά μέτρα ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 851 W . Αυτό μας δίνει σαν αποτέλεσμα ισχύος ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας τα 5 W/m² . Αυτή η τιμή είναι πολύ μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη τιμή για χώρους με μέση ένταση τα 500lx . Ενδεικτικά η επιτρεπόμενη τιμή είναι τα 12 W/m² .

6.1.2 Χώρος Εισόδου

Τα αποτελέσματα τις αίθουσας εισόδου παρουσιάζονται στον πίνακα 5 της προηγούμενης ενότητας. Όπως στον προηγούμενο χώρο τα απαιτούμενα επίπεδα φωτισμού πληρούνται. Ο χώρος καλύπτει μια συνολική επιφάνεια των 91 τετραγωνικών μέτρων και η εγκαταστημένη ισχύ των φωτιστικών είναι 500 W . Το αποτέλεσμα της ισχύος ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας είναι τα 5,4 W/m² . Και αυτός ο χώρος είναι εντός επιτρεπτών ορίων.

6.1.3 Χώρος Προθάλαμου Μουσείου

Τα αποτελέσματα τις αίθουσας προθαλάμου του μουσείου βρίσκονται στον πίνακα 6. Για την κύρια επιφάνεια που είναι διάδρομος έχει επιλεγθεί να φωταγωγηθεί με περισσότερα lx από ότι ορίζει το πρότυπο για να μην προκαλεί στο μάτι του επισκέπτη ή έντονη αλλαγή της στάθμης του φωτισμού. Αυτό θα επηρεάσει την ισχύος ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας. Το εμβαδόν του χώρου του προθαλάμου είναι περίπου 72 τετραγωνικά μέτρα , ενώ η εγκαταστημένη ισχύς των φωτιστικών που έχουν τοποθετηθεί στον χώρο είναι 210 W. Αυτό μας δίνει αποτέλεσμα ισχύος ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας στα 2,9W/ m² . Αυτή η τιμή είναι αρκετά χαμηλή και εντός επιτρεπτών ορίων.

6.1.4 Χώρος Μουσείου

Στον χώρο του μουσείου δεν έχουν τοποθετηθεί τα τελικά εκθέματα και για τον λόγο αυτό θα τοποθετηθούν περισσότερα φωτιστικά μόλις οριστικοποιηθούν οι θέσεις. Για να γίνει μια προσπάθεια υπολογισμού της ισχύος ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας θα κάνουμε την σύμβαση να υπολογίσουμε το εμβαδόν φωτιζόμενης επιφάνειας του διαδρόμου και ενός εκθέματος . Έτσι θα υπολογίσουμε μια ισχύ . Αυτή θα είναι αναλογική και της τελικής τιμής μιας και για την φωταγώγηση όλων των εκθεμάτων θα χρησιμοποιηθεί ενιαία τακτική. Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου χώρου φαίνονται στον πίνακα 7 της προηγούμενης ενότητας, και είναι όλα εντός επιτρεπόμενων ορίων. Το εμβαδόν του διαδρόμου είναι περίπου 109 τετραγωνικά μέτρα ενώ η εγκατεστημένη ισχύς των φωτιστικών που συνεισφέρουν στον φωτισμό του είναι 307,5 W . Αυτό μας δίνει ως αποτέλεσμα 2,8 W/m² τιμή που είναι εντός

επιτρεπτών ορίων . Όσο αφορά με τα εκθέματα θα παρουσιάσουμε το δυσμενέστερο σενάριο εκείνο του τόνου που είναι πιο ογκώδης και χρειάστηκε περισσότερα φωτιστικά για την φωταγωγήση του. Πιο συγκεκριμένα το έκθεμα καλύπτει μια περιοχή περίπου 10 τετραγωνικά μέτρα. Η εγκατεστημένη ισχύς των φωτιστικών που συνεισφέρουν στην φωταγωγήση του είναι 80W. Αυτό μας δίνει μια τιμή ισχύος ανά φωτιζόμενη επιφάνεια περίπου στα 8 W/m² .Αυτή η τιμή είναι εντός επιτρεπόμενων ορίων.

6.2 Επίλογος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται μια πρότυπη πρόταση φωταγώγησης των χώρων του υπό κατασκευή Μουσείου στο Τεχνολογικό και Πολιτισμικό Πάρκο Λαυρίου. Έγινε προσπάθεια στην ένταξη των φωτιστικών στοιχείων στην αρχιτεκτονική και στην αισθητική των χώρων με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Όλοι οι χώροι φωταγωγήθηκαν με γόμωνα την συμμόρφωση των ευρωπαϊκών προτύπων που αφορούν τον εσωτερικό και εξωτερικό φωτισμό κτηρίων ενώ παράλληλα ακολουθήθηκε και η οδηγία της TOTEE.

Τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι γραμμικά για την φωταγώγηση τις αίθουσας σεμιναρίων και τις εισόδου του κτηρίου. Η επιλογή αυτών έγινε για την εκμετάλλευση των οριζόντιων δοκαριών που διαθέτουν οι χώροι. Οι χώροι του Μουσείου φωταγωγήθηκαν με φωτιστικά SPOT τοποθετημένα πάνω σε ράγα. Αυτό δίνει την δυνατότητα της φωταγώγησης συγκεκριμένων σημείων στον χώρο και της διαχώρισης φωτισμού διαδρόμων με φωτισμού εκθεμάτων. Τέλος για τον εξωτερικό φωτισμό χρησιμοποιήθηκε η τεχνική wall wash με φωτιστικά εδάφους, που σκοπό έχουν την ανάδειξη του ανάγλυφου πέτρινου κελύφους του κτηρίου. Το πεζοδρόμιο και ο δόμος φωτίστηκαν με φωτιστικά στύλου χαμηλού προφίλ για να μην εμποδίζουν έναν παρατηρητή από την θέαση της όψης του κτηρίου.

Η δράση της ανάπλασης του Μουσείου και του εξωτερικού χώρου, θα δημιουργήσει ένα σημείο που θα αποτελέσει πόλο έλξης για το πάρκο. Τόσο η εξωτερική ομορφιά όσο και η πολιτισμική και ιστορική αξία που έχουν τα εκθέματα στο εσωτερικό του θα προκαλέσουν το ενδιαφέρον πολλών επισκεπτών.

7

Βιβλιογραφία

Για τη συγγραφή μιας εργασίας χρησιμοποιούνται διάφορες πηγές (βιβλία, άρθρα, επιστημονικές εργασίες, κ.λπ.). Όλες οι πηγές εμφανίζονται και μέσα στο κείμενο της εργασίας σας (αναφορές). Η μορφή της βιβλιογραφίας ακολουθεί το **πρότυπο της IEEE**.

- [1] L. Barfield, “The Iceman reviewed,” *Antiquity*, vol. 68, no. 258, pp. 10–26, 1994, doi: 10.1017/S0003598X00046159.
- [2] SHULAMIT HADAD, “Oil Lamps form the Third to the Eighth Century C.E at Scythopolis”.
- [3] “<https://www.txantiquemall.com/how-to-identify-antique-oil-lamps-for-values/>”.
- [4] “<http://www.nationalgasmuseum.org.uk/making-gas-from-coal/>.”
- [5] “<https://www.advancedsciencenews.com/accidents-kerosene-lamps/>.”
- [6] J. Al-Khalili, “The birth of the electric machines: A commentary on Faraday (1832) ‘Experimental researches in electricity,’” *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 373, no. 2039. Royal Society of London, Apr. 13, 2015. doi: 10.1098/rsta.2014.0208.
- [7] “<http://light.physics.auth.gr/history/two/spectrum.html>.”
- [8] B. H. Mahmoud, C. L. Hexsel, I. H. Hamzavi, and H. W. Lim, “Review Effects of Visible Light on the Skin †”, doi: 10.1111.
- [9] R. M. Boynton, “Color Science,” 2001.

- [10] “https://www.researchgate.net/figure/CIE-1931-standard-observer-color-matching-functions_fig1_322762977.”
- [11] “<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/cie.html#c3>.”
- [12] “<https://sensing.konicaminolta.asia/what-is-cie-1976-lab-color-space/>.”
- [13] “<https://howthingswork.org/physics-qm-black-body-radiation/>.”
- [14] “<http://light.physics.auth.gr/enc/reflection.html>.”
- [15] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, and Σταυρούλα Κουρτέση, *ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑ 2η Έκδοση*, 2nd ed.
- [16] “http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2728/Fysiki-G-Lykeiou-ThSp_html-apli/index2_9.html.”
- [17] “<https://fysikafysikh.wordpress.com/2014/10/18/%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CE%B8%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82/>.”
- [18] “<https://seos-project.eu/laser-rs/laser-rs-c03-s02-p02.html>.”
- [19] “<https://www.greekarchitects.gr/gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82/%CF%84%CE%BF-%CF%87%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82-id2821>.”
- [20] “<https://faro.es/en/blog/luminance-illuminance-difference/>.”
- [21] “<http://www.ransensoftware.com/Photometric/How-to-make-a-Sollner-diagram.htm>.”
- [22] F. K. Yam and Z. Hassan, “Innovative advances in LED technology,” *Microelectronics J*, vol. 36, no. 2, pp. 129–137, 2005, doi: 10.1016/j.mejo.2004.11.008.
- [23] “<https://www.superiorlighting.com/lighting-resources/light-bulb-learning-center/led-light-bulbs/led-lamp-components-explained/>.”

- [24] “LIGHT FOR ART AND CULTURE.” [Online]. Available: www.zumtobel.com/eco
- [25] “[https://tachyonlight.com/lighting-design-of-museum-exhibition-space/.](https://tachyonlight.com/lighting-design-of-museum-exhibition-space/)”
- [26] “[https://www.adagiodj.com/service/mood-lighting/.](https://www.adagiodj.com/service/mood-lighting/)”
- [27] “<https://perfectpicturelights.com/blog/task-lighting-for-interior-design.>”
- [28] “[https://www.paceafricanart.com/exhibitions/20-fine-sculpture-from-three-continents-africa-asia/.](https://www.paceafricanart.com/exhibitions/20-fine-sculpture-from-three-continents-africa-asia/)”
- [29] “[https://www.archtoolbox.com/types-of-light-fixtures/.](https://www.archtoolbox.com/types-of-light-fixtures/)”
- [30] “<https://smartwaylighting.com/products/office-led-hanging-lamp-48w.>”
- [31] “https://www.lamps.eu/benin-outdoor-wall-light-h3383247.html?gclid=CjwKCAiAqt-dBhBcEiwATw-ggOGFh2iIrJDZPkwg8f0Zx8Tfatcjoz4dhs0XxHas21WuNqk6gBa8eBoC2RkQAvD_BwE.”
- [32] “<https://www.upshine.com/blog/led-office-lighting-fixtures.html.>”
- [33] “[https://cls-led.com/projects/arsenaal-1309/.](https://cls-led.com/projects/arsenaal-1309/)”
- [34] “[https://corlisslandscaping.com/why-installing-led-landscape-lighting-in-massachusetts-is-beneficial/.](https://corlisslandscaping.com/why-installing-led-landscape-lighting-in-massachusetts-is-beneficial/)”
- [35] “<https://www.boscolighting.com.au/external-lighting.>”
- [36] “<https://www.amazon.com/LEONLITE-Hardscape-Voltage-Waterproof-Lifespan/dp/B082HN5YBH?th=1.>”
- [37] “<https://www.agcled.com/case-studies/led-urban-post-top-light-park.html.>”
- [38] “<https://www.wikihow.com/Accent-Trees-With-Outdoor-Lighting.>”
- [39] “[http://www.alligatorirrigation3117.com/cross-lighting/.](http://www.alligatorirrigation3117.com/cross-lighting/)”
- [40] “[https://wisont.wordpress.com/2015/07/30/pttep-building-by-office-at/.](https://wisont.wordpress.com/2015/07/30/pttep-building-by-office-at/)”
- [41] M. Khoukhi, A. M. Gomez, S. al Kaabi, W. Shbeikat, and H. Amairi, “Investigating the daylight levels for functional needs in UAE forts,” *Cogent Eng*, vol. 7, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.1080/23311916.2020.1745554.
- [42] “<https://crushtymks.com/el/lighting/1105-luminous-measurement-graphic-representation.html.>”
- [43] “https://www.arkoslight.com/download/datasheet/A2772131WT_en.pdf.”

- [44] “TOTE-20701-7-2021.”
- [45] “<https://www.dali-alliance.org/dali/>.”
- [46] “<https://www.renesas.com/us/en/software-tool/dali-protocol-stack-software-development-environment#overview>.”
- [47] “[http://www.saplans.co.za/ebooks/\[Architecture_Ebook\]_Good_Lighting_for_Schools_and_Educational_Establishments.pdf](http://www.saplans.co.za/ebooks/[Architecture_Ebook]_Good_Lighting_for_Schools_and_Educational_Establishments.pdf).”
- [48] E. A. Piana and F. Merli, “Lighting of Museums and Art Galleries,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Nov. 2020, vol. 1655, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/1655/1/012138.
- [49] “<https://www.nla.gov.au/sites/default/files/2022-02/A-Case-Study-on-Lighting-for-Museums-and-Galleries.pdf>.”
- [50] “<https://www.sylvania-lighting.com/documents/documents/Museums%20and%20Galleries%20-%20Brochure%20-%20English.PDF>.”
- [51] “https://www.ltcp.ntua.gr/istorikes_photos/.”
- [52] “<http://www.eranet.gr/lavrio/html/gindust.html>.”
- [53] “https://www.oryktosploutos.net/2019/03/blog-post_24-8/.”

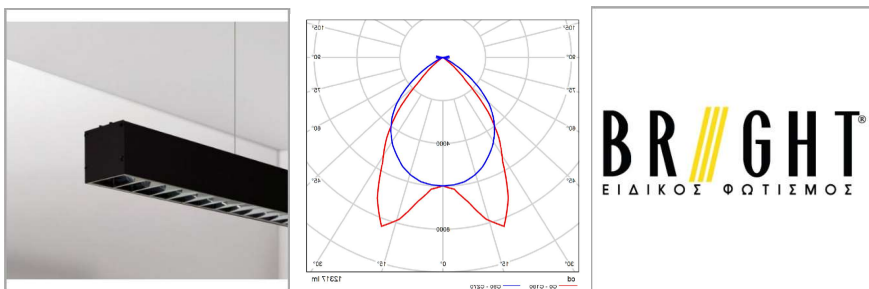
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη φωτισμού.

Επιλογή φωτιστικών.

Τα φωτιστικά που επιλέχθηκαν στον χώρο των σεμιναρίων και της εισόδου. Για τον κύριο φωτισμό έχει επιλεγθεί ένα γραμμικό φωτιστικό τύπου LED ενώ για τα τραπεζάκια που βρίσκονται στο περίγυρο της αίθουσας έχουν επιλεγθεί καμπάνες.

Γραμμικό φωτιστικό:



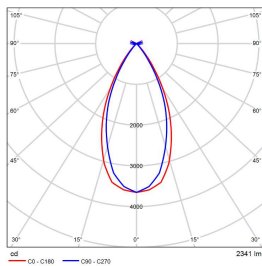
Φωτιστικό σώμα, της εταιρίας *Bright Special Lighting S.A.*, μοντέλο *NOTUS 1 CROSS LOW UGR 4554mm*.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

P	90,6 W
Φ _{Φωτιστικού}	12317 lm
Όφελος φωτός	136.0 lm/W
CCT	3114 K
CRI	83

Διαθέτει μεταλλικό περίβλημα , diffuser , ενσωματωμένο driver . Ενώ έχει την δυνατότητα να επιτύχει UGR χαμηλότερο από 19 με την προσαρμογή κατάλληλων φίλτρων. Παράλληλα έχει πιστοποιήσεις IP:40 και IK:04.

Φωτιστικό καμπίνα:



Φωτιστικό σώμα ,της εταιρίας *Bright Special Lighting S.A.*, μοντέλο *ALBUS 1 LED*.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

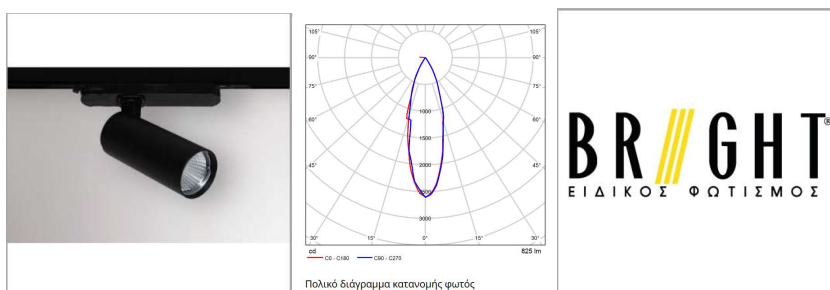
P	21,0 W
Φ _{Φωτιστικού}	2347 lm
Όφελος φωτός	111.8 lm/W
CCT	3114 K
CRI	80

Διαθέτει μεταλλικό περίβλημα, ενσωματωμένο driver. Παράλληλα έχει πιστοποιήσεις IP:20 και IK:04.

Επιλογή φωτιστικών.

Το είδος των φωτιστικών που επιλέχθηκε για να φωτίσει τους χώρους του προθαλάμου και του Μουσείου είναι τα SPOT. Πιο συγκριμένα θα τοποθετηθούν spot τα οποία θα στοχεύουν στην επιφάνεια που πρέπει να φωτίσουν. Το φωτιστικό που επιλέχθηκε αναλύεται παρακάτω.

SPOT:



Φωτιστικό σώμα ,της εταιρίας *Bright Special Lighting S.A.*, μοντέλο *POTIS S.*

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

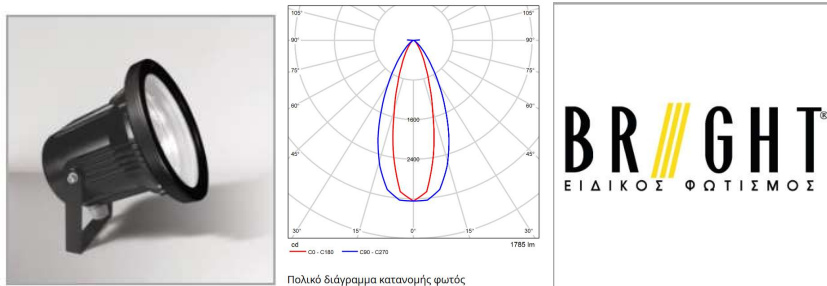
Ρ	7,5 W
ΦΦωτιστικού	825 lm
Όφελος φωτός	110.0 lm/W
CCT	3114 K
CRI	83

Διαθέτει μεταλλικό περίβλημα, diffuser, ενσωματωμένο driver. Ενώ έχει την δυνατότητα να επιτύχει UGR χαμηλότερο από 19 με την προσαρμογή κατάλληλων φίλτρων. Έχει την δυνατότητα περιστροφής κατακόρυφα 90° και οριζόντια 360° Παράλληλα έχει πιστοποιήσεις IP:20 και IK:07.

Επιλογή φωτιστικών.

Στον προαύλιο χώρο χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα φωτιστικά σώματα. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν:

Εξωτερικός Προβολέας δαπέδου:



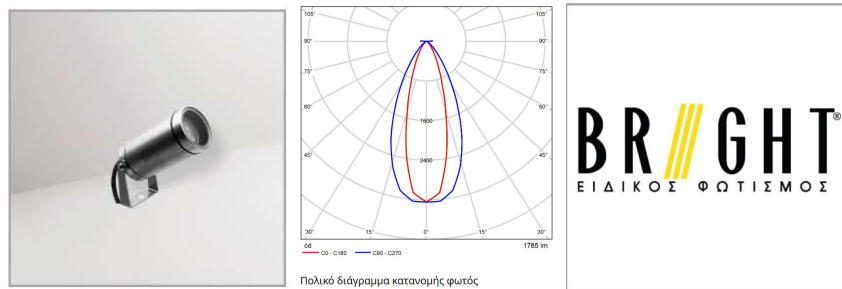
Εικόνα 118: Φωτιστικό σώμα ,της εταιρίας *Bright Special Lighting S.A.*, μοντέλο *NEPA MAX 500mA*.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

P	20 W
Φ _{Φωτιστικού}	1791 lm
Όφελος φωτός	89,5 lm/W
CCT	3114 K
CRI	83

Διαθέτει μεταλλικό περίβλημα, diffuser, ενσωματωμένο driver. Έχει την δυνατότητα περιστροφής κατακόρυφα 90° και οριζόντια 360°. Παράλληλα έχει πιστοποιήσεις IP:65 και IK:08.

Εξωτερικός Προβολέας δαπέδου:



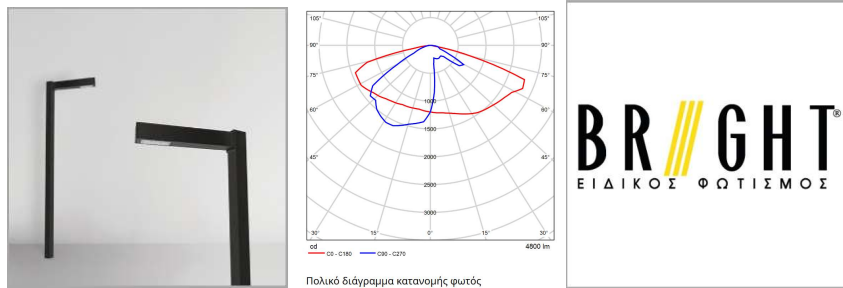
Εικόνα 119: Φωτιστικό σώμα, της εταιρίας *Bright Special Lighting S.A.*, μοντέλο *FAMA L OUT*.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

P	3,5 W
Φλάμπας	230 lm
Φωτιστικού	231 lm
η	100.31%
Όφελος φωτός	65,9 lm/W
CCT	3114 K
CRI	83

Διαθέτει μεταλλικό περίβλημα INOX, diffuser ενσωματωμένο αναιρούμενο driver. Έχει την δυνατότητα περιστροφής κατακόρυφα 90° και οριζόντια 360°. Παράλληλα έχει πιστοποιήσεις IP:64 και IK:03.

Εξωτερικό φωτιστικό στόλου:



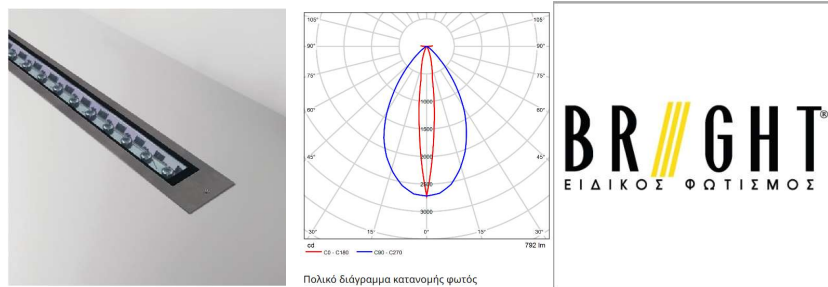
Εικόνα 120: Φωτιστικό σώμα, της εταιρίας *Bright Special Lighting S.A.*, μοντέλο *TERES M7 SQUARE SH 1F 1050mA*.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

P	41,8 W
Φ _{Φωτιστικού}	4801 lm
Όφελος φωτός	114,9 lm/W
CCT	3114 K
CRI	73

Διαθέτει μεταλλικό περίβλημα, diffuser, ενσωματωμένο driver. Παράλληλα έχει πιστοποιήσεις IP:54 και IK:08.

Εξωτερικό γραμμικό φωτιστικό δαπέδου:



Εικόνα 121: Φωτιστικό σώμα της εταιρίας Bright Special Lighting S.A., μοντέλο REGIO GROUND H.P.LED.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

P	16,1 W / m
Φ _{Φωτιστικού}	792 lm
Όφελος φωτός	113,1 lm/W
CCT	3114 K
CRI	83

Διαθέτει μεταλλικό περίβλημα, diffuser, ενσωματωμένο driver. Παράλληλα έχει πιστοποιήσεις IP:67 και IK:05.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Αριθμός φωτιστικών ανά χώρο.

Χώρος Τοποθέτησης	Φωτιστικό Σώμα	Συν. Αριθ. Φωτιστικών	Σύνολο Ισχύος (W)
Αίθουσα Σεμιναρίων	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο NOTUS 1 CROSS LOW UGR 4554mm	8	724,8
Αίθουσα Σεμιναρίων	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο ALBUS 1 LED.	9	189
Αίθουσα Εισόδου	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο NOTUS 1 CROSS LOW UGR 4554mm	5	453
Αίθουσα Εισόδου	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο ALBUS 1 LED.	2	42
Προθάλαμος Μουσείου	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο POTIS S.	29	217,5
Φωτισμός Διαδρόμου Μουσείου	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο POTIS S.	38	285
Φωτισμός Εκθεμάτων Μουσείου.	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο POTIS S.	20	150
Εξωτ. Φωτισμός	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο FAMA L OUT.σ	7	24,5
Εξωτ. Φωτισμός	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο NEPA MAX 500mA.	7	140
Εξωτ. Φωτισμός	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο TERES M7 SQUARE SH 1F 1050mA.	3	123,9
Εξωτ. Φωτισμός	Bright Special Lighting S.A , μοντέλο REGIO GROUND H.P.LED	60μ	966