



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ



" Μελέτη φωτισμού Τείχους Δυμαίων στον Άραξο Αχαΐας "

ΧΡΥΣΟΥΛΑ ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων :

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Καθηγητής, Σχολή ΗΜΜΥ, Ε.Μ.Π

Αθήνα, 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

" Μελέτη φωτισμού Τείχους Δυμαίων στον Άραξο Αχαΐας ".

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χρυσούλα Α. Παναγοπούλου

Επιβλέπων : Φραγκίσκος Β. Τοπαλής , Καθηγητής, Σχολή ΗΜΜΥ, Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

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

.....
Ιωάννης Φ.Γκόνοσ
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

.....
Πάυλος Γεωργιλάκης
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 2015

.....
Χρυσούλα Α. Παναγοπούλου

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

Copyright © Χρυσούλα Α. Παναγοπούλου, 2015

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.

Στους γονείς μου,

Αποστολή και Αντιγόνη

*....Όσο ψηλά κι αν ανεβείς σε τούτη τη ζωή σου,
να μη ξεχνάς πως τα φτερά στα δώσαν οι γονείς σου...*

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις εγκάρδιες ευχαριστίες μου στον καθηγητή μου Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Καθηγητή Ε.Μ.Π, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την αμέριστη διάθεση συνεργασίας καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής, τις υποδείξεις, τις συμβουλές του και τη μεγάλη προθυμία του στην αντιμετώπιση κάθε δυσκολίας που προέκυπτε. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμα τον Λάμπρο Δούλο, Διδάκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την πολύτιμη καθοδήγηση του σε σημαντικά σημεία της εργασίας μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό της ΣΤ' Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων και κυρίως την Προϊστάμενη Κόλλια Ερωφίλη αλλά και τον Γκαζή Μιχάλη, για την παροχή απαραίτητων σχεδίων για το Τείχος Δυμαίων. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον πρώην Αντιδήμαρχο Δυτικής Αχαΐας Κανελλόπουλο Κανέλλο για την ενθάρρυνση του για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Είμαι ευγνώμων επίσης στο προσωπικό φύλαξης του Τείχους Δυμαίων για την βοήθεια του στην αναγνώριση του χώρου και τη διεξαγωγή απαραίτητων μετρήσεων.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές μου για τα όμορφα και αξέχαστα φοιτητικά χρόνια που περάσαμε μαζί. Ευχαριστώ ιδιαίτερα την Βαρβάρα, την Δανάη, την Εύα και την Πένυ για τις ξεχωριστές στιγμές που ζήσαμε, που παλέψαμε και που μάθαμε να αντιμετωπίζουμε την κάθε δυσκολία.

Κλείνοντας δεν θα μπορούσα να παραλείψω τις ευχαριστίες στην οικογένεια μου για την ηθική και ψυχολογική υποστήριξή της κατά τη διάρκεια όλων των σπουδών μου. Ευχαριστώ τους γονείς μου, Αποστόλη και Αντιγόνη, για την αγάπη τους, την υπομονή τους και την συμπαράσταση τους σε κάθε στάδιο της ζωής μου αλλά και τα αδέρφια μου, Ευδοκία, Αλέξη, Κωνσταντίνα, Παρασκευή και Ελένη καθώς ο καθένας με το δικό του τρόπο με επηρέασε, με στήριξε και με βοήθησε να εκπληρώσω τους στόχους μου.

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη φωτισμού του Τείχους Δυμαίων που βρίσκεται στον Άραξο Αχαΐας. Το Τείχος Δυμαίων ή Κάστρο Καλογριάς έχει μήκος 250 μέτρα και σωζόμενο ύψος έως 8.4 μέτρα. Για την φωτοτεχνική μελέτη χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα φωτομετρίας RELUX Professional 2007. Το παραπάνω λογισμικό είναι κατάλληλο για μελέτες φωτισμού εξωτερικών χώρων. Για τη μελέτη φωτισμού του Τείχους Δυμαίων, όπως και κάθε μνημείου ή ιστορικού κτιρίου λαμβάνονται υπόψη κάποιες βασικές αρχές και κανόνες φωτισμού. Αρχικά γίνεται αναγνώριση του χώρου, συλλέγονται όλα τα υπάρχοντα σχέδια από τα οποία προκύπτουν οι διαστάσεις του μνημείου και μελετώνται τα αρχιτεκτονικά στοιχεία του, με σκοπό να γίνει ο σωστός σχεδιασμός φωτισμού. Έπειτα σχεδιάζεται το τρισδιάστατο μοντέλο του μνημείου στο πρόγραμμα φωτομετρίας, όπως έγινε και στο Τείχος Δυμαίων, και επιλέγονται τα φωτιστικά σώματα και οι φωτεινές πηγές ανάλογα με το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα φωτισμού. Καθοριστικοί παράγοντες για την επιλογή των παραπάνω είναι, το σχήμα και τα υλικά του μνημείου, η τεχνική ανάδειξης που έχει επιλεγεί και τα στοιχεία που πρέπει να τονιστούν ιδιαίτερα. Μετά την επιλογή των φωτιστικών σωμάτων πραγματοποιείται η προσομοίωση φωτισμού στο RELUX, η οποία δε δίνει μόνο την δυνατότητα μιας εποπτικής εικόνας, του προς μελέτη αντικειμένου, αλλά υπάρχει και ο υπολογισμός του επιπέδων φωτισμού. Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται επιπρόσθετα η μελέτη φωτισμού του περιβάλλοντος αρχαιολογικού χώρου του Τείχους Δυμαίων, δηλαδή των μονοπατιών και του ασφαλτοστρωμένου δρόμου που οδηγούν προς το μνημείο, προκειμένου να είναι δυνατή η επίσκεψη του χώρου ακόμα και τις βραδινές ώρες. Έτσι επιτυγχάνεται μία ολοκληρωμένη μελέτη φωτισμού που έχει ως στόχο την ανάδειξη της μεγαλοπρέπειας του Τείχους αλλά και την ασφαλή περιήγηση του εντός του αρχαιολογικού χώρου.

Λέξεις κλειδιά

Τείχος Δυμαίων, αρχιτεκτονικός φωτισμός, τεχνολογία LED, φωτισμός ανάδειξης μνημείων, τεχνικός φωτισμός, προσομοίωση φωτισμού, Relux

Abstract

The purpose of this thesis is the lighting design of the Wall Dymaion located in Araxos of Achaia. The Dymaion Wall (or Castle Kalogria) has a length of 250 meters and preserved height up to 8.4 meters. For the lighting project it was used the lighting software RELUX. The above software is appropriate for exterior lighting projects. For the lighting project of Dymaeon Wall it has been taken into account the basic principles and rules of lighting which applies also to all monuments or historical buildings. Initially the place is identified and all existing plans and documents are collected. Then the dimensions of the monument are extracted and the architectural elements are studied. Afterwards a three-dimensional model of the monument is constructed in the lighting software, and appropriate luminaries and light sources are selected depending on the desired lighting effect. Determinants for the selection of the above are the shape and materials of the monument, the designated enhancement technique and the elements that should be particularly emphasized. After the selection of luminaries, a lighting simulation takes place in RELUX software, which gives us the capability of a holistic view of the object under study in addition with the calculation of lighting levels. In this paper is also presented the lighting study of the surrounding archaeological site of the Wall Dymaion, i.e. the paths and the road leading to the monument, in order for the visitor to be able to visit the area even at night time. This provides a complete lighting study aims to highlight the magnificence of the Wall and safe sightseeing within the archaeological site.

Key words

Wall Dymaion, architectural lighting, LED technology, monument promotion through lighting, lighting techniques, lighting simulation, Relux

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	7
Περίληψη.....	9
Abstract.....	11
Εισαγωγή.....	19
Κεφάλαιο 1: Φως, αίσθηση και αντίληψη.....	22
1.1 Θεωρίες για τη φύση του φωτός.....	22
1.2 Τι είναι το φως.....	22
1.3 Φυσικό και τεχνητό φως.....	23
1.4 Η θαυμαστή αίσθηση της όρασης.....	24
1.4.1 Ανθρώπινος οφθαλμός και οπτικές εικόνες.....	24
1.4.2 Οπτική προσαρμογή.....	25
1.4.3 Τύποι όρασης.....	26
1.5 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά του φωτός.....	27
1.6 Φωτομετρικά Μεγέθη.....	31
1.7 Φως και άνθρωπος.....	34
Κεφάλαιο 2: Τύποι και τεχνικές φωτισμού, φωτεινές πηγές και φωτιστικά σώματα.....	36
2.1 Τύποι φωτισμού.....	36
2.2 Τεχνικές φωτισμού για την ανάδειξη εξωτερικών επιφανειών και στοιχείων.....	37
2.2.1 Φωτισμός από πάνω προς τα κάτω (down lighting).....	37
2.2.2 Φωτισμός από κάτω προς τα πάνω (up lighting).....	37
2.2.3 Φωτισμός υφής (grazing).....	38
2.2.4 Φωτισμός ανάδειξης επιφάνειας (wall washing).....	39
2.2.5 Φωτισμός τονισμού (accent lighting).....	40
2.2.6 Φωτισμός περιγράμματος (silhouetting).....	41
2.2.7 Φωτισμός εστίασης (spotlighting).....	42
2.2.8 Διάχυτος φωτισμός (floodlighting).....	42
2.3 Φωτεινές πηγές.....	43
2.3.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη φωτεινών πηγών.....	43
2.3.2 Τεχνολογία LED.....	46
2.3.2.1 Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι.....	46
2.3.2.2 Πλεονεκτήματα SSL.....	47
2.3.2.3 Προβλήματα που αφορούν στην αφομοίωση των προϊόντων.....	49
2.4 Φωτιστικά σώματα.....	51
2.4.1 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών και προδιαγραφών φωτιστικών σωμάτων.....	52
2.4.2 Διατάξεις στήριξης φωτιστικών σωμάτων.....	54

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός φωτισμού μνημείων και ιστορικών κτιρίων	56
3.1 Τα μνημεία και τα ιστορικά κτίρια ως βασικά στοιχεία Στρατηγικού Σχεδίου Ανάπτυξης Φωτισμού (Lighting Master Plan)	56
3.2 Τεχνητός και αρχιτεκτονικός φωτισμός για την ανάδειξη ιστορικών κτιρίων και μνημείων	60
3.3 Η ανάγκη του τεχνητού φωτισμού μνημείων και ο ρόλος του στην ανάδειξή τους	62
3.4 Λάθη στο φωτισμό των μνημείων και οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον	64
3.5 Βασικές αρχές και κανόνες για το σχεδιασμό φωτισμού μνημείων και ιστορικών κτιρίων	66
3.6 Γενικές κατευθύνσεις για το φωτισμό μνημείων και ιστορικών κτιρίων	72
3.6.1 Σχεδιάζοντας το φωτισμό ανάλογα με το σχήμα και το ύψος	72
3.6.2 Φωτίζοντας ένα μνημείο ορατό από μία ή πιο πολλές κατευθύνσεις	75
3.6.3 Τρόποι ανάδειξης ιστορικού κτιρίου ή μνημείου	77
3.7 Επιλεγμένες χαρακτηριστικές περιπτώσεις φωτισμού (Case Studies)	80
3.7.1 Στάδιο Αρχαίας Μεσσήνης, Ελλάδα	80
3.7.2 Αρχαίο Θέατρο Διονύσου, Ελλάδα	82
3.7.3 Ακρόπολη, Ελλάδα	84
3.7.4 Εκκλησία Αγίου Ιωάννη του Ευαγγελιστή, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	85
3.7.5 Saint Sava Orthodox Cathedral, Βελγιά	86
3.7.6 Η εκκλησία Frauenkirche, Δρέσδη Γερμανίας	87
Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός φωτισμού Τείχους Δυμαίων Αχαΐας	89
4.1 Τοποθεσία και ονομασία του Τείχους Δυμαίων	89
4.2 Οργάνωση του χώρου: δομικά, αρχιτεκτονικά, οχρωματικά στοιχεία	90
4.3 Ιστορικό περίγραμμα	92
4.4 Φωτισμός ανάδειξης Τείχους Δυμαίων	93
4.4.1 Ανάγκη για φωτισμό του τείχους Δυμαίων	93
4.4.2 Γενικές αρχές και κατευθύνσεις	94
4.4.3 Βήματα φωτοτεχνικής μελέτης	96
Κεφάλαιο 5: Φωτισμός Τείχους Δυμαίων	100
5.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση του Τείχους Δυμαίων χωρίς φωτιστικά	100
5.2 Επιλογή φωτιστικών σωμάτων για τον φωτισμό του Τείχους Δυμαίων	104
5.3 Τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων	105
5.4 Προσομοίωση φωτισμού	111
5.5 Φωτισμός Περιβάλλοντος χώρου	114
5.5.1 Φωτισμός Ασφαλτοστρωμένου δρόμου	114
5.5.2 Φωτισμός μονοπατιών	116
Επίλογος	118
Βιβλιογραφία	119

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1.1: Καμπύλες ευαισθησίας ανθρώπινου ματιού.....	23
Εικόνα 1.2: Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.....	23
Εικόνα 1.3: Φυσικός φωτισμός και Τεχνητός φωτισμός, Βενετσιάνικος φάρος Χανίων.....	24
Εικόνα 1.4: Δομή ανθρώπινου οφθαλμού.....	25
Εικόνα 1.5: Κόρη ματιού σε συστολή και διαστολή.....	26
Εικόνα 1.6: Φωτοπική, Μεσοπική και Σκοτοπική περιοχή λαμπρότητας.....	27
Εικόνα 1.7: Τύποι οράσεων.....	27
Εικόνα 1.8: Είδη αντανάκλασεων.....	28
Εικόνα 1.9: Κατοπτρική ανάκλαση φωτός.....	28
Εικόνα 1.10: Δημιουργία σκιών από το φως.....	29
Εικόνα 1.11: Διάθλαση φωτός.....	29
Εικόνα 1.12: Το φαινόμενο «σκύλος ήλιος».....	30
Εικόνα 1.13: Πρωτογενή και συμπληρωματικά χρώματα.....	30
Εικόνα 1.14: Τα χρώματα του ορατού φάσματος.....	31
Εικόνα 1.15: Φυσική επίδειξη διάσπασης ηλιακού φωτός, Ουράνιο τόξο στην Πάτρα.....	31
Εικόνα 1.16: Φωτεινή ροή γύρω από μία φωτεινή πηγή.....	32
Εικόνα 1.17: Ένταση φωτισμού επιφάνειας.....	32
Εικόνα 1.18: Φωτεινή ένταση I.....	33
Εικόνα 1.19: Απεικόνιση χαρακτηριστικών επιπέδων καθέτων, παράλληλων ως προς τον άξονα συμμετρίας του φωτιστικού ή σε άλλη γωνία.....	33
Εικόνα 1.20: Η λαμπρότητα που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι.....	34
Εικόνα 2.1: Φωτισμός από πάνω προς τα κάτω, Ιδιωτική οικία στο Βέλγιο.....	37
Εικόνα 2.2: Φωτισμός από κάτω προς τα πάνω (up lighting), Dolmabahce Palace, Τουρκία.....	38
Εικόνα 2.3: Φωτισμός από κάτω προς τα πάνω (up lighting), Montreal Clock Tower Pier.....	38
Εικόνα 2.4: Φωτισμός υφής (grazing), Customs House, Montreal.....	39
Εικόνα 2.5: Φωτισμός υφής (grazing), Roman Theatre, Ιταλία.....	39
Εικόνα 2.6: Φωτισμός ανάδειξης επιφάνειας (wall washing), Buenos Aires, Argentin.....	39
Εικόνα 2.7: Φωτισμός τονισμού (accent lighting), Notre-Dame Basilica of Montreal.....	40
Εικόνα 2.8: Φωτισμός τονισμού (accent lighting), Liberty Mutual Building.....	40
Εικόνα 2.9: Φωτιστικό για φωτισμό τονισμού, Focal floodlight.....	40
Εικόνα 2.10: Φωτισμός περιγράμματος (silhouetting) London, United Kingdom: Garden of the Victoria & Albert Museum.....	41
Εικόνα 2.11: Φωτισμός περιγράμματος (silhouetting), Casino de Montreal.....	41
Εικόνα 2.12: Φωτισμός εστίασης (spotlighting) σε δομικά στοιχεία, Tang Shan City – China: Tang Shan Earthquake Monument και Barcelona – Spain: Tibidabo Park.....	42
Εικόνα 2.13: Διάχυτος φωτισμός (floodlighting) The red roof church, Montreal.....	43
Εικόνα 2.14: Απεικόνιση της κατασκευαστικής δομής ενός LED.....	46
Εικόνα 2.15: LED p-n junction.....	47
Εικόνα 2.16: Τυπική διάταξη ενός LED driver.....	52

Εικόνα 3.1 : Παραδείγματα βασικών στοιχείων Lighting Master Plan	58
Εικόνα 3.2: Lighting Master plan της Λευκωσίας.....	59
Εικόνα 3.3: Ben Franklin Lighting Master Plan	59
Εικόνα 3.4: Fontana di Trevi, Rome.....	62
Εικόνα 3.5 : Καρυάτιδες στο Ερέχθειο της Ακρόπολης	63
Εικόνα 3.6: Τρόπος φωτισμού με λαμπτήρες υψηλής κατανάλωσης, Εκκλησία Αγίου Γεωργίου, Δήμος Κρανιδίου	64
Εικόνα 3.7: Η φωτορύπανση στην Ευρώπη.....	65
Εικόνα 3.8: Προβολέας MACH 3 SYMMETRICAL/ASYMMETRICAL με τις αντίστοιχες περσίδες και τα αντιθαμβωτικά πτερύγια που συνοδεύεται.	70
Εικόνα 3.9: Φωτισμός αγάλματος από μακριά και σε σκοτεινό υπόβαθρο ,The Havana Cuba: Casa Pedroso and Parque Mace.....	70
Εικόνα 3.10: Προσομοίωση φωτισμού ουδέτερης (αριστερά), θερμής (κέντρο) και ψυχρής (δεξιά) απόχρωσης.....	72
Εικόνα 3.11: Κτίριο χαμηλό(α) και ψηλό(β) που απαιτούν αντίστοιχα ανοικτή και στενή δέσμη.....	73
Εικόνα 3.12: Φωτιστικά με στενή(α), μεσαία(β) και ανοικτή δέσμη(γ) με τα αντίστοιχα πολικά τους διαγράμματα	73
Εικόνα 3.13: Κτίρια με ορθογώνια και τετράγωνη κάτοψη.....	74
Εικόνα 3.14: Κτίρια με κυκλική κάτοψη	74
Εικόνα 3.15: Φωτισμός μνημείου με κατάλληλο οπτικό σύστημα ,Metaponto, Italy, Sanctuary of Hera, Palatine Tables.....	75
Εικόνα 3.16: Φωτισμός μνημείου ορατού από μία κατεύθυνση με επιπρόσθετο φωτισμό στο δομικό στοιχείο στο υπόβαθρο, Naples – Italy: Villa Oplontis	75
Εικόνα 3.17: Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις.....	76
Εικόνα 3.18: Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις με περιμετρικό ομοιόμορφο φωτισμό	77
Εικόνα 3.19: Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις.....	77
Εικόνα 3.20 : Φωτισμός τονισμού πρόσοψης κτιρίου με επιτοίχια φωτιστικά. Αριστερά: Budapest – Hungary: New York Pallace Budapest, δεξιά: Baku – Azerbaijan: Square.....	78
Εικόνα 3.21: Σχηματισμός σκιών από αρχιτεκτονικές προεξοχές στην όψη σε σχέση με την απόσταση των φωτιστικών από το κτίριο και τη γωνία πρόσπτωσης των φωτεινών ακτίνων	79
Εικόνα 3.22: Οι σκιές που προκαλούνται από τις προεξοχές μετριάζονται (α) ή εξαφανίζονται (β) με τον τοπικό φωτισμό	79
Εικόνα 3.23: Φωτισμός όγκου πρόσοψης κτιρίου με απομακρυσμένα φωτιστικά τοποθετημένα σε ιστούς, St. Petersburg – Russia: Cathedral of the Resurrection.....	80
Εικόνα 3.24: Στάδιο Αρχαίας Μεσσήνης με περιβάλλοντα χώρο	80
Εικόνα 3.25: Σχέδιο με τη στόχευση και την τριδιάστατη φωτομετρική καμπύλη των φωτιστικών σωμάτων στο χώρο	81
Εικόνα 3.26: Προσομοίωση φωτισμού του εσωτερικού των κερκίδων του σταδίου (χώρος 1) και των κίωνων της στοάς περί του σταδίου (χώρος 2).....	82

Εικόνα 3.27: Θέατρο Διονύσου	83
Εικόνα 3.28: Ο χώρος των μνημείων της Ακρόπολης που έχει χαρακτηριστεί ως χώρος Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς.....	84
Εικόνα 3.29: St. John the Evangelist Church, United States	85
Εικόνα 3.30: Lumenfacade (Linear LED luminaire)	86
Εικόνα 3.31: Saint Sava Orthodox Cathedral, Belgrade.....	87
Εικόνα 3.32: Φωτιστικά, Corus(αριστερά), Terra(κέντρο), enyo(δεξιά,) που χρησιμοποιήθηκαν για το φωτισμό της Ορθόδοξης Εκκλησίας στο Βελιγράδι	87
Εικόνα 3.33: Frauenkirche, Δρέσδη Γερμανίας.....	88
Εικόνα 4.1: Ακριβής τοποθεσία του Τείχους Δυμαίων στον χάρτη	89
Εικόνα 4.2: Αεροφωτογραφία Τείχους Δυμαίων.....	90
Εικόνα 4.3: Τα δυο υψηλότερα σωζόμενα σημεία του Τείχους (αριστερά: δυτική γωνία, ύψους 8,40 και δεξιά βορειοανατολική γωνία ύψους 7.5).....	90
Εικόνα 4.4: Καμπύλη εσοχή στη βόρεια μακρά πλευρά του Τείχους.....	91
Εικόνα 4.5: Νοτιοδυτική πλευρά του λόφου ως φυσικό οχυρό.....	91
Εικόνα 4.6 : Οικιστική φάση που επιβεβαιώνει την ανθρώπινη εγκατάσταση πριν την οικοδόμηση του τείχους	92
Εικόνα 4.7: Το Τείχος Δυμαίων ορατό από πολλά σημεία σε κοντινές αλλά και πιο απομακρυσμένες αποστάσεις.....	94
Εικόνα 4.8: Το τείχος Δυμαίων χτισμένο από πέτρα.....	96
Εικόνα 4.9: Αναγνώριση του χώρου προς μελέτη και του περιβάλλοντος χώρου	97
Εικόνα 4.10: Κάτοψη Τείχους Δυμαίων σε αρχιτεκτονικό σχέδιο	98
Εικόνα 5.1: Κάτοψη Τείχους σχεδιασμένο στο RELUX όπου φαίνονται οι πολυάριθμοι κύβοι (cubes) για την κατασκευή του	101
Εικόνα 5.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση βόρειας πλευράς Τείχους Δυμαίων	102
Εικόνα 5.3: Τρισδιάστατη απεικόνιση βόρειας και δυτικής πλευράς Τείχους Δυμαίων	102
Εικόνα 5.4: Τρισδιάστατη απεικόνιση βόρειας και ανατολικής πλευράς Τείχους Δυμαίων	103
Εικόνα 5.5: Τρισδιάστατη απεικόνιση ανατολικής γωνίας (ύψος 7,5μ) Τείχους Δυμαίων	103
Εικόνα 5.6: Φωτιστικό σώμα NEOS, Schreder	104
Εικόνα 5.7: Πολικό διάγραμμα NEOS 5098, Schreder	104
Εικόνα 5.8: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στη μακρά πλευρά του Τείχους Δυμαίων	106
Εικόνα 5.9: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στη βορειοανατολική γωνία του Τείχους Δυμαίων	107
Εικόνα 5.10: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στη βορειοδυτική γωνία του Τείχους Δυμαίων	107
Εικόνα 5.11: Σχέδιο με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στη μακρά πλευρά του Τείχους Δυμαίων	108
Εικόνα 5.12: Σχέδιο με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων Τύπου 1 (κόκκινο χρώμα) στο ανατολικό τμήμα του Τείχους Δυμαίων	109

Εικόνα 5.13: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στο ανατολικό τμήμα του Τείχους Δυμαίων	109
Εικόνα 5.14: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στο δυτικό τμήμα του Τείχους Δυμαίων σχέδιο με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων(κόκκινο χρώμα) (δεξιά)	110
Εικόνα 5.15: Σχέδιο με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων(κόκκινο χρώμα) στο δυτικό τμήμα του Τείχους	110
Εικόνα 5.16: Επιφάνειες μέτρησης(κόκκινο χρώμα) τρισδιάστατου μοντέλου Τείχους Δυμαίων και στόχευση φωτιστικών σωμάτων προς αυτό	111
Εικόνα 5.17: Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις Τείχους Δυμαίων (αριστερά πραγματική φωτογραφία και δεξιά φωτορεαλιστική απεικόνιση)	112
Εικόνα 5.18: Φωτισμός περιβάλλοντος αρχαιολογικού χώρου (Με κόκκινο χρώμα φαίνεται ο φωτισμός του ασφαλτοστρωμένου δρόμου και με μπλε χρώμα ο φωτισμός των μονοπατιών)	114
Εικόνα 5.19: TERES M5 FAROS, BRIGHT-ΕΙΔΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ Α.Ε.....	115
Εικόνα 5.20: Πολικό διάγραμμα TERES M5 FAROS με PARATHOM CLASSIC A 60 ADV 10 ..	115
Εικόνα 5.21: Φωτορεαλιστική απεικόνιση ασφαλτοστρωμένου δρόμου	115
Εικόνα 5.22: TERES M5 SMALL FAROS, BRIGHT-ΕΙΔΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ Α.Ε.	116
Εικόνα 5.23: Πολικό διάγραμμα TERES M5 SMALL FAROS με PARATHOM CLASSIC A 40 ADV 6 W/827 FR, Osram.....	117
Εικόνα 5.24: Φωτορεαλιστική απεικόνιση μονοπατιών	117

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 2.1: Κατηγοριοποίηση δείκτη χρωματικής απόδοσης φωτεινών πηγών	45
Πίνακας 2.2: Κατηγοριοποίηση φωτεινών πηγών με τη θερμοκρασία χρώματος κατά CIE	45
Πίνακας 2.3: Προσδιορισμός βαθμού προστασίας	54
Πίνακας 3.1: Προτεινόμενη ένταση φωτισμού ανάλογα με το υλικό της επιφάνειας και την κατάσταση της	67
Πίνακας 3.2: Μέση τιμή λαμπρότητας για φωτισμό ανάδειξης όψεων κτιρίων ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται το κτίριο	68
Πίνακας 5.1: Τύποι φωτιστικών για τον φωτισμό του Τείχους Δυμαίων	105
Πίνακας 5.2: Συνολικός αριθμός φωτιστικών σωμάτων Τείχους Δυμαίων.....	111
Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα μέσης έντασης φωτισμού και ομοιομορφίας	112

Εισαγωγή

Ο φωτισμός ιστορικών κτιρίων και μνημείων αποτελεί ιδιαίτερη πρόκληση για τους σχεδιαστές φωτισμού. Η ποικιλία των κτιρίων και γενικότερα των μνημείων, η χρήση τους και οι διαφορετικοί παράγοντες για τη συντήρησή τους απαιτούν συγκεκριμένες και συχνά μοναδικές προτάσεις.

Σε κάθε μελέτη φωτισμού πρέπει να εξετάζονται οι απαιτήσεις του φωτισμού χωρίς να αγνοούνται οι εργασίες συντήρησης και ανακαίνισης που γίνονται, η χρήση των διαφόρων χώρων μέσα στο κτίριο ή γύρω από το μνημείο αλλά και οι προσδοκίες του κοινού από το συγκεκριμένο έργο. Η επιλογή της κατάλληλης πρότασης έγκειται στη διακριτική ευχέρεια του σχεδιαστή φωτισμού. Σε κάθε στάδιο του έργου πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά αν έχει επιλεγθεί η πλέον κατάλληλη προσέγγιση που θα εξασφαλίσει το καλύτερο αποτέλεσμα. Ακόμα και όταν επιλεγθεί μια φαινομενικά κατάλληλη λύση, υπάρχει πάντα η πιθανότητα κατά τη διάρκεια των κατασκευών να έρθουν στο φως νέες πληροφορίες ή να αποκλειστούν κάποιες επιλογές, οι οποίες στη θεωρία έδειχναν εφικτές. Συνεπώς είναι απαραίτητο να διατηρείται μία ευελιξία, να παρακολουθείται προσεκτικά η εξέλιξη του έργου και να παρέχονται συνεχώς συμβουλές στους αρμόδιους. Τελικά ο επιτυχής φωτισμός ενός ιστορικού κτιρίου είναι μία από τις εμπειρίες στο σχεδιασμό φωτισμού, που μπορεί να προσφέρει τη μέγιστη ανταμοιβή.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η μελέτη φωτισμού ενός αρχαίου μνημείου, του Τείχους Δυμαίων, που βρίσκεται στον Άραξο Αχαΐας. Το μνημείο αυτό αποτελεί μοναδικό παράδειγμα οχυρωμένης μυκηναϊκής ακρόπολης στην Δυτική Ελλάδα. Χτίστηκε γύρω στα 1250 π.Χ. σε μια φυσικά οχυρή θέση των Μαύρων Βουνών που δεσπόζει στην περιοχή. Δεν έχει γίνει ο σχεδιασμός φωτισμού του και έτσι δεν φωτίζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Όλοι οι επισκέπτες έχουν τη δυνατότητα να το παρατηρήσουν κατά τη διάρκεια της ημέρας και να ξεναγηθούν μέσα στον αρχαιολογικό χώρο μόνο μέχρι τις 3 το μεσημέρι.

Στα πλαίσια λοιπόν αυτής της εργασίας σχεδιάζεται ο φωτισμός του Τείχους Δυμαίων αλλά και του περιβάλλοντος χώρου, προκειμένου να ενισχυθεί η αναγνωρισιμότητά του και να αυξηθεί η επισκεψιμότητά του καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ακόμα και όταν δύει ο ήλιος. Ο φωτισμός θα αναδείξει τη μεγαλοπρέπεια του μνημείου και θα δώσει το ερέθισμα σε όλους τους κατοίκους και τους επισκέπτες της περιοχής να αναζητήσουν και να γνωρίσουν την ιστορία του Τείχους αλλά και της ευρύτερης περιοχής. Το φωτισμένο μνημείο θα έλκει τα βλέμματα του κοινού ακόμα περισσότερο και θα τους κινεί το ενδιαφέρον να το γνωρίσουν από κοντά. Ο φωτισμός του περιβάλλοντος χώρου σε αυτό το σημείο θα βοηθήσει στην ασφαλή περιπλάνηση μέσα στον αρχαιολογικό χώρο αλλά και στην ευκολότερη φύλαξη του ακόμα και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ο δήμος θα μπορεί να οργανώσει συναυλίες και εκδηλώσεις κατά τη διάρκεια κυρίως του καλοκαιριού δίπλα στον αρχαιολογικό χώρο, υπό την σκέπη του φωτισμένου μνημείου. Οι παραπάνω δράσεις μπορούν να αναβαθμίσουν πολιτιστικά, πνευματικά αλλά και οικονομικά την περιοχή.

Η συγκεκριμένη περιοχή έχει πολλές φυσικές ομορφιές να αναδείξει. Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι λιμνοθάλασσες του Κατυχίου, του Προκόπου και του Πάπα, το έλος γλυκού νερού Λάμια που καλύπτεται από χαμηλή βλάστηση, οι καταγάλανες παραλίες του Ιονίου Καλόγρια και Γιαννισκάρι και το μεγαλύτερο πευκόδασος στην Ελλάδα, το δάσος Στροφυλιάς. Οι παραπάνω φυσικές ομορφιές δεν μπορούν να φωτιστούν και να γίνουν πόλος έλξης τις νυχτερινές ώρες. Έτσι λοιπόν, οι τουρίστες και οι κάτοικοι μπορούν να θαυμάσουν και να επισκεφτούν τα φυσικά τοπία υπό το φως του ήλιου και να ολοκληρώσουν την περιπλάνηση τους με την επίσκεψη στο φωτισμένο Τείχος. Έτσι λοιπόν ο δήμος μπορεί να προβάλλει τα φυσικά και τεχνητά αξιοθέατα του, οργανώνοντας και προτείνοντας ένα σχέδιο επίσκεψης όλων των παραπάνω, μετατρέποντας την περιοχή σε σταυροδρόμι έλξης τουριστών από όλη την Ελλάδα. Σε αυτό συμβάλλει και το πολιτικό αεροδρόμιο Αράξου που βρίσκεται κοντά στο Τείχος Δυμαίων και λειτουργεί από το 1984.

Η εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη, στο θεωρητικό και στο πρακτικό κομμάτι. Στο θεωρητικό μέρος εμπεριέχονται οι βασικές έννοιες του φωτισμού και γίνεται αναφορά στις βασικές αρχές και κατευθύνσεις, γενικά για το φωτισμό των ιστορικών κτιρίων και των μνημείων. Στο δεύτερο μέρος, που αποτελεί ουσιαστικά το σημαντικότερο κομμάτι της εργασίας, πραγματοποιείται ο σχεδιασμός και η μελέτη φωτισμού του Τείχους Δυμαίων, παρουσιάζονται όλα τα βήματα της μελέτης και προτείνεται μία λύση φωτισμού για το εν λόγω μνημείο.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια του φωτός, οι ιδιότητες του, αλλά και τα φωτομετρικά μεγέθη, η γνώση των οποίων είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό κάθε μελέτης φωτισμού. Περιγράφεται επίσης η πιο θαυμαστή αίσθηση του ανθρώπου, η όραση, καθώς με αυτήν αντιλαμβάνεται σε μεγαλύτερο ποσοστό το περιβάλλον γύρω του και ο τρόπος που ο φωτισμός επηρεάζει την ανθρώπινη ψυχολογία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στους τύπους και τα είδη φωτισμού που υπάρχουν και επιλέγονται ανάλογα με το αντικείμενο ή το χώρο που πρόκειται να φωτιστεί, όπως και στις τεχνικές φωτισμού για την ανάδειξη ιστορικών κτιρίων και μνημείων. Μετά την επιλογή τύπου και τεχνικής φωτισμού, ακολουθεί η επιλογή των φωτεινών πηγών και των φωτιστικών σωμάτων. Σε αυτό το κεφάλαιο λοιπόν γίνεται αναφορά σε όλα τα χαρακτηριστικά μίας φωτεινής πηγής και περιγράφεται η τεχνολογία LED, που είναι η επικρατέστερη στην αγορά και γνωρίζει τεράστια άνθιση χάρη στα πλεονεκτήματά της και την εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να προσφέρει. Κατόπιν περιγράφονται οι κατηγορίες των φωτιστικών σωμάτων, οι τρόποι στήριξης τους για εξωτερικούς χώρους και σημαντικοί δείκτες και συντελεστές που συνοδεύουν την τεχνική περιγραφή των φωτιστικών σωμάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι γενικές αρχές και οι κατευθύνσεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό φωτισμού κάθε μνημείου και ιστορικού κτιρίου. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν υπάρχει μόνο μία λύση για τον τρόπο που θα φωτιστεί ένα μνημείο, υπάρχουν όμως κάποιοι βασικοί κανόνες που πρέπει να

ακολουθούνται από τους μελετητές φωτισμού. Η ανάδειξη των ιστορικών κτιρίων και των μνημείων θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην αλλοιώνεται η ημερήσια εικόνα τους και να εμπνέει σεβασμό σε όλους τους παρατηρητές. Στη συνέχεια, παρατίθενται κάποιες χαρακτηριστικές περιπτώσεις φωτισμού μνημείων που έχουν υλοποιηθεί, μέσω των οποίων φαίνεται πως εφαρμόζονται οι προηγούμενες κατευθύνσεις φωτισμού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο πλέον αφού έχουν αναλυθεί όλες οι έννοιες που αφορούν στο φως και το φωτισμό των μνημείων γίνεται η παρουσίαση του προς μελέτη μνημείου, τα αρχιτεκτονικά του χαρακτηριστικά και το ιστορικό του περίγραμμα. Η γνώση του χώρου και της ιστορίας του συμβάλλουν στο σωστό σχεδιασμό του φωτισμού και στην απόδοση του πιο κατάλληλου αποτελέσματος. Αναφέρονται έπειτα όλα τα βήματα για το σχεδιασμό του φωτισμού του Τείχους, λαμβάνοντας υπόψη όσα έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η προσομοίωση φωτισμού του Τείχους Δυμαίων μέσω του προγράμματος φωτομετρίας Relux, επιλέγονται τα κατάλληλα φωτιστικά και τοποθετούνται στις κατάλληλες θέσεις ώστε να προκύψουν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται και η μελέτη φωτισμού του περιβάλλοντος αρχαιολογικού χώρου που θα συμβάλλει στην απόδοση ενός πιο ολοκληρωμένου αποτελέσματος.

Τέλος, γίνεται μία ανακεφαλαίωση σε ότι προηγήθηκε και αναφέρονται τα γενικά συμπεράσματα στα οποία μας οδήγησε η μεθοδολογική προσέγγιση.

Κεφάλαιο 1: Φως, αίσθηση και αντίληψη

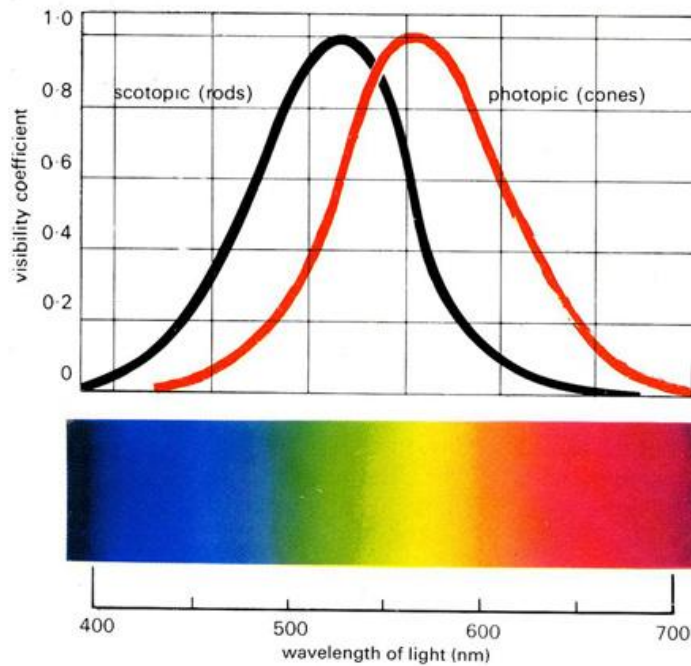
1.1 Θεωρίες για τη φύση του φωτός

Το φως ήταν ανέκαθεν μια συναρπαστική υπόθεση για τον άνθρωπο, που προσπάθησε να ανακαλύψει τα μυστικά του. Από την αρχαιότητα αναπτύχθηκαν πάρα πολλές θεωρίες με σκοπό να ερμηνεύσουν τι πραγματικά είναι το φως. Ο Ισαάκ Νεύτων (1643-1737) και ο φυσικός Ολλανδός Κρίστιαν Χόυχενς (1629-1695) ανέπτυξαν θεωρίες που για πολλά χρόνια αντιμάχονταν σε μεγάλο βαθμό. Στα τέλη του 17ου αιώνα ο Ισαάκ Νεύτων ανέπτυξε την **σωματιδιακή θεωρία** υποστηρίζοντας ότι το φως είναι μορφή ενέργειας που αποτελείται από «φωτόνια». Η ενεργειακή δέσμη πλήττοντας τον αμφιβληστροειδή προκαλεί μια οπτική αίσθηση, ανάλογη της ποσότητας των φωτονίων που απορροφήθηκαν. Ο Κρίστιαν Χόυχενς δεν πείστηκε από αυτή τη θεωρία και ανέπτυξε την **κυματική θεωρία** υποστηρίζοντας ότι το φως είναι ένα φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, μεταξύ των 400 και 700 nm. Το αποκορύφωμα της έρευνας ήρθε το 1865 όταν ο Μάξγουελ, αναπτύσσοντας τη μεγαλειώδη θεωρία του, απέδειξε ότι το φως είναι εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

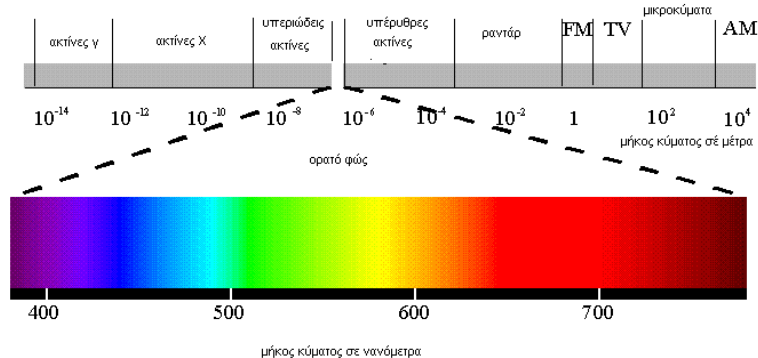
Σήμερα πιστεύουμε στη διπλή φύση του φωτός, δηλαδή το φως συμπεριφέρεται ως κύμα και ως σωματίδιο που ονομάζεται φωτόνιο. Σε φαινόμενα όπως η συμβολή, η περίθλαση και η πόλωση εκδηλώνεται η κυματική φύση του φωτός (ηλεκτρομαγνητικό κύμα) ενώ σε φαινόμενα που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη (απορρόφηση - εκπομπή), όπως το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, εκδηλώνεται η σωματιδιακή φύση του φωτός. [1,2]

1.2 Τι είναι το φως

Το φως είναι η απαραίτητη προϋπόθεση για να λειτουργήσουν τα μάτια μας. Είναι δηλαδή το αίτιο της όρασης και ονομάζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανιχνεύεται από το ανθρώπινο μάτι και που εκλαμβάνεται ως αίσθηση (αντίληψη) αυτής. Όμως η αντίληψη αυτή του "ορατού" φωτός αποτελεί τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Καλύπτει ένα εύρος μηκών κύματος που «μεταφράζονται», από το μάτι, στα χρώματα του φωτεινού φάσματος. Το ανθρώπινο μάτι δεν έχει την ίδια ευαισθησία σε όλες τις συχνότητες του φωτεινού φάσματος. Η μέγιστη ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού είναι στα 555 nm (κιτρινοπράσινο χρώμα) κατά την διάρκεια της ημέρας, και στα 507 nm (πρασινομπλέ χρώμα) όσο προχωρούμε προς την νύκτα. Οι φωτεινές ακτίνες συλλαμβάνονται από τα μάτια μας και μέσω μιας φυσικοχημικής διαδικασίας μεταφέρονται στον εγκέφαλο όπου και μετατρέπονται σε έγχρωμες οπτικές εικόνες. [3,4,5,6]



Εικόνα 1.1: Καμπύλες ευαισθησίας ανθρώπινου ματιού
(Πηγή: <http://www.greekarchitects.gr>)



Εικόνα 1.2: Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
(Πηγή: <https://www.google.gr>)

1.3 Φυσικό και τεχνητό φως

Το φυσικό φως είναι το θεμελιώδες στοιχείο της καθημερινής μας ζωής. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να «υπάρχει», να «φαίνεται», να «αναγνωρίζεται», να «σχετίζεται» με τη σχεδόν ατέλειωτη ποικιλία των σχημάτων και χρωμάτων γύρω του.[7] Ο άνθρωπος δεν βλέπει ποτέ την συνολική ποσότητα του φωτός που πέφτει σε μια επιφάνεια, αλλά αντιλαμβάνεται το φως που ανακλάται σημειακά, την ποσότητα και την σύνθεση του, οι οποίες καθορίζονται από τις ιδιότητες της ανακλώμενης επιφάνειας. Έτσι λαμβάνει πληροφορίες για την μορφή, το χρώμα και τον χώρο που τον περιβάλλει, από την λαμπρότητα και τις χρωματικές αντιθέσεις, που είναι αποτέλεσμα των δυναμικών συντελεστών του φυσικού φωτός, οι οποίοι εξαρτώνται από την διαφάνεια του φάσματος της ατμόσφαιρας, την τοποθεσία και την εποχιακή και ημερήσια τροχιά του ήλιου.[8]

Το τεχνητό φως, από την αρχαιότητα ακόμα, βοηθάει ώστε να επεκταθεί η ημέρα μέσα στον νυκτερινό κύκλο της ζωής.[7] Το τεχνητό φως πρέπει να καλύπτει τις φυσιολογικές απαιτήσεις του ατόμου και να δημιουργεί ένα ψυχολογικά ευχάριστο περιβάλλον με τη λιγότερη δυνατή οικονομική επιβάρυνση. Ο σωστός τεχνητός φωτισμός δεν είναι πολυτέλεια αλλά αναγκαιότητα τόσο κοινωνική όσο και οικονομική αφού η ευχαρίστηση, η άνεση, η παραγωγικότητα και η ασφάλεια του ανθρώπου βελτιώνονται με το σωστό φωτισμό.[9]



Εικόνα 1.3: Φυσικός φωτισμός και Τεχνητός φωτισμός, Βενετσιάνικος φάρος Χανίων
(Πηγή: <https://www.google.gr>)

1.4 Η θαυμαστή αίσθηση της όρασης

Η όραση είναι η πιο σημαντική από τις πέντε αισθήσεις μας. Έρευνες έχουν δείξει ότι το 85% των πληροφοριών που λαμβάνουμε από τον κόσμο γύρω μας είναι οπτικές, ενώ μόνο το 15% λαμβάνουμε με τις υπόλοιπες τέσσερις αισθήσεις μας. Το τί βλέπει ο άνθρωπος, το πώς το βλέπει και το πώς το αντιλαμβάνεται, δημιουργεί ένα συναισθηματικό αντίκτυπο πάνω του και επηρεάζει την διάθεσή του, την συμπεριφορά του, το χιούμορ του, την ψυχοφυσική του κατάσταση και ισορροπία.

Το φως επηρεάζει την ίδια την λειτουργία της όρασης επειδή πολλές φορές προκαλεί θάμβωση. Διακρίνουμε α) **την κυρίως θάμβωση** (dissability glare), είτε άμεση από φωτεινή πηγή, είτε έμμεση ανακλώμενη από γυαλιστερή επιφάνεια, η οποία εμποδίζει την όραση ισοδυναμώντας πολλές φορές με στιγμιαία τύφλωση και β) **την λανθάνουσα ή ψυχολογική θάμβωση** (discomfort glare) που δεν διαταράσσει την όραση αλλά εμφανίζεται σαν μια μορφή οπτικής κόπωσης, που μειώνει την προσοχή και την ετοιμότητα προκαλώντας πολλές φορές «ανεξήγητους» πονοκεφάλους, κακοδιαθεσία, εκνευρισμό, υπνηλία.[7,10]

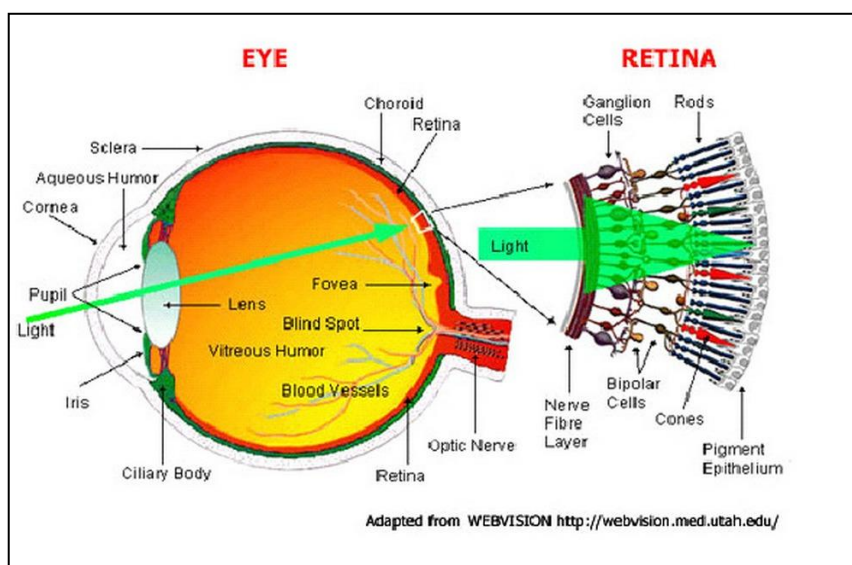
1.4.1 Ανθρώπινος οφθαλμός και οπτικές εικόνες

Η όραση είναι μία εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία που ακόμα και σήμερα δεν είναι απολύτως γνωστή. Περιλαμβάνει ακαριαία επικοινωνία του οφθαλμού και του εγκεφάλου μέσω ενός μεγάλου δικτύου νευρώνων και άλλων κυττάρων. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, δηλαδή το φως, όταν πέφτουν πάνω στο ανθρώπινο

μάτι διέρχονται από μια σειρά οργάνων και φίλτρων προτού καταλήξουν στο αμφιβληστροειδή. [4]

Παρόλο που οι οπτικές εικόνες εστιάζονται πάνω στη φωτοευαίσθητη επιφάνεια στο πίσω μέρος του ματιού, αυτές οι εικόνες δεν είναι αυτό που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται. Μέσω μιας σειράς μετασχηματισμών που λαμβάνουν χώρα αρχικά στον ίδιο τον αμφιβληστροειδή χιτώνα, όπου βρίσκονται τα φωτοευαίσθητα κύτταρα και κατόπιν σταδιακά προς τον οπτικό φλοιό του εγκεφάλου, η οπτική πληροφορία έχει διαφοροποιηθεί, αφού η ισορροπία φωτός και χρώματος έχει μεταβληθεί, η προσοχή συγκεντρώνεται σε μικρές ζώνες ενώ μεγάλες περιοχές παραμένουν απαρατήρητες και οι εικόνες του παρόντος αντικαθίστανται από προγενέστερες εικόνες που ανασύρονται από τη μνήμη. Στην πραγματικότητα, αυτό που ο άνθρωπος 'βλέπει' δεν εξαρτάται από τη φυσική πραγματικότητα αλλά από την προσωπική του εμπειρία και από τι έχει μάθει στο παρελθόν, καθώς και από τη φυσική δομή και κατάσταση των ματιών και του εγκεφάλου του. [4,10]

Το ανθρώπινο οπτικό σύστημα έχει πολλά χαρακτηριστικά τα οποία σχετίζονται άμεσα με το σχεδιασμό του φωτισμού. Έχει δηλαδή τη δυνατότητα να προσδιορίσει παράγοντες, όπως για παράδειγμα το εύρος της φωτεινότητας, των τιμών λαμπρότητας που μπορεί να γίνει αντιληπτό με άνεση, την ευαισθησία στις αλλαγές στο οπτικό πεδίο και τον τρόπο που οι χρωματιστές επιφάνειες γίνονται αντιληπτές.[10]



Εικόνα 1.4: Δομή ανθρώπινου οφθαλμού
(Πηγή: <http://www.foundalis.com>)

1.4.2 Οπτική προσαρμογή

Η ευαισθησία του ματιού μεταβάλλεται έτσι ώστε να ανταποκριθεί το φως που φτάνει σε αυτό. Αυτή η αλλαγή μπορεί να ειπωθεί όταν η κόρη του ματιού μικραίνει σε έντονες φωτιστικές συνθήκες. Στην πραγματικότητα οι φωτοϋποδοχείς, τα φωτοευαίσθητα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς είναι υπεύθυνα για την διαδικασία

της προσαρμογής. Περιέχουν μόρια ροδοψίνης, που είναι οπτική χρωστική, τα οποία αποδομούνται από φωτόνια, απελευθερώνοντας ηλεκτρική ενέργεια και έτσι καθίστανται λιγότερο ευαίσθητα κατά τη διαδικασία. Από τη στιγμή που το φως απομακρύνεται, οι οπτικές χρωστικές σταδιακά επαναδομούνται έτσι ώστε να επανακτάται η ευαισθησία. Είναι μια διαδικασία αυτόματης ρύθμισης σύμφωνα με την οποία ο αμφιβληστροειδής προσαρμόζεται στη βέλτιστη ευαισθησία για τις υφισταμένες συνθήκες γενικού φωτισμού.[10]

Η προσαρμογή από το σκοτάδι στο φως γίνεται μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα ενώ πλήρης αναδόμηση μπορεί να πάρει ως και μια ώρα.[10] Ανάβοντας το φως όταν κάποιος ξυπνάει τη νύκτα χρειάζεται αρκετά λεπτά πριν να είναι σε θέση να διακρίνει λεπτομέρειες ενός σκοτεινού δωματίου.



Εικόνα 1.5: Κόρη ματιού σε συστολή και διαστολή
(Πηγή: <http://www.otherside.gr/>)

Υπάρχουν δύο είδη φωτοευαίσθητων κυττάρων στον αμφιβληστροειδή χιτώνα που έχουν παρόμοια δομή αλλά ενεργοποιούνται σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και είναι γνωστά ως ραβδία (rods) και κωνία (cones). Σε χαμηλές εντάσεις φωτισμού ενεργοποιούνται τα ραβδία και μπορεί να χρειαστούν έως και 30 λεπτά για να προσαρμοστούν πλήρως στο σκοτάδι. Δεν έχουν την δυνατότητα αναγνώρισης χρωμάτων. Ανέρχονται σε 120 εκατομμύρια και είναι υπεύθυνα για την λειτουργία της περιφερειακής όρασης. Τα κωνία είναι ευαίσθητα σε υψηλότερα επίπεδα φωτός, είναι υπεύθυνα για την λειτουργία της κεντρικής όρασης και ο αριθμός τους υπολογίζεται σε 70 εκατομμύρια. Υπάρχουν τρία διαφορετικά είδη κωνίων, καθένα από τα οποία είναι εξειδικευμένο στο να ανιχνεύει αποκλειστικά το μπλε, το κόκκινο και το πράσινο. [4,10,11]

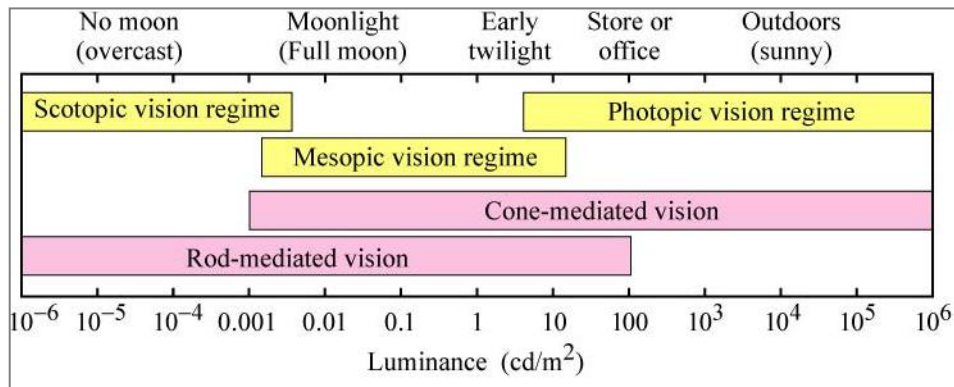
1.4.3 Τύποι όρασης

Έχουν αναγνωριστεί τρεις διαφορετικοί τύποι όρασης:

Φωτοπική χαρακτηρίζεται η όραση στην οποία είναι ενεργοποιημένα τα κωνία και έχουμε πλήρη ικανότητα των χρωμάτων. Η όραση αυτή εμφανίζεται για λαμπρότητες $L > 5 \text{ cd/m}^2$ σύμφωνα με την CIE.

Μεσοπική, χαρακτηρίζεται η όραση στην οποία έχουμε ταυτόχρονη λειτουργία των κωνίων και των ραβδίων. Η περιοχή λειτουργίας της μεσοπικής όρασης είναι από $0.001 \text{ cd/m}^2 \leq L \leq 10 \text{ cd/m}^2$ [CIE 2010]

Σκοτοπική, χαρακτηρίζεται η όραση στην οποία έχουμε λειτουργία μόνο των ραβδίων και δεν έχουμε δυνατότητα αναγνώρισης χρωμάτων. Η περιοχή λειτουργίας της είναι $L \leq 0.001 \text{ cd/m}^2$ [4,11]



Εικόνα 1.6: Φωτοπική, Μεσοπική και Σκοτοπική περιοχή λαμπρότητας, (Πηγή: <http://www.ecse.rpi.edu>)



Φωτοπική όραση



Μεσοπική Όραση



Σκοτοπική όραση

Εικόνα 1.7: Τύποι οράσεων (Πηγή: <http://www.mrbike.gr/>, <https://www.google.gr/>)

1.5 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά του φωτός

Το φως, είτε φυσικό είτε τεχνητό, έχει κάποια χαρακτηριστικά και κάποιες ιδιότητες.

Το φως αντανακλάται και απορροφάται: Το φως ταξιδεύοντας προσπίπτει πάνω σε διάφορες επιφάνειες. Ανάλογα με την απόχρωση της επιφάνειας ένα μέρος θα

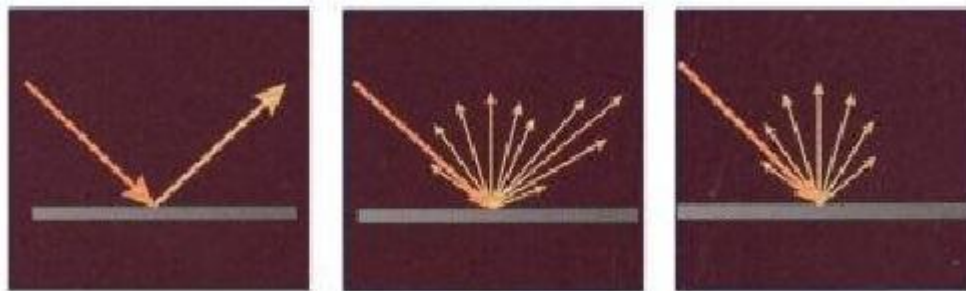
απορροφηθεί και το υπόλοιπο θα αντανακλασθεί. Το δε ανακλώμενο μέρος θα συνεχίσει την πορεία του, θα προσπέσει κάπου αλλού, ένα μέρος του θα απορροφηθεί, το υπόλοιπο θα αντανακλασθεί, μέχρι πλήρους απορροφήσεως. Όσο πιο σκούρες είναι οι επιφάνειες τόσο πιο γρήγορη είναι και η απορρόφηση.

Ανάλογα με την υφή και την στιλπνάδα της επιφάνειας διακρίνουμε 3 ειδών αντανακλάσεις:

Κατοπτρική αντανάκλαση όταν η ακτίνα αντανακλάται αυτούσια με την ίδια γωνία πρόσπτωσης (πχ. καθρέπτες, κρύσταλλα πάνω σε έπιπλα κλπ.)

Μικτή αντανάκλαση όταν η ακτίνα δεν αντανακλάται αυτούσια αλλά ένα μέρος της χωρίζεται σε ακτίνες με διαφορετική γωνία προς την ίδια κατεύθυνση (πχ. γυαλιστερές, σατινέ επιφάνειες κλπ.)

Διάχυτη αντανάκλαση όταν η ακτίνα διασπάται προς όλες τις κατευθύνσεις (πχ. ματ επιφάνειες) Η ιδιότητα αυτή είναι πολύ σημαντική στην κατασκευή των ανακλαστήρων και των αντιθαμβωτικών αξεσουάρ των φωτιστικών σωμάτων, και κατ' επέκταση στην επιλογή τους στο φωτιστικό σχήμα ενός χώρου, όπως επίσης και στην επιλογή του είδους των επίπλων, της γυαλάδας, της βαφής των τοίχων κλπ. [7,11,12]



Κατοπτρική ανάκλαση

Μικτή ανάκλαση

Διάχυτη Αντανάκλαση

Εικόνα 1.8: Είδη αντανακλάσεων
(Πηγή: Τριπιδάκης, Ιωάννης, Φωτισμός ανάδειξης ιστορικών κτιρίων)



Εικόνα 1.9: Κατοπτρική ανάκλαση φωτός
(Πηγή: <https://www.google.gr/>)

Το φως διαδίδεται ευθύγραμμα και δημιουργεί σκιές: Το φως προσπίπτοντας σε κάποιο αντικείμενο δεν στρίβει ούτε το παρακάμπει αλλά (εκτός από την αντανάκλαση – απορρόφηση) δημιουργεί πίσω από αυτό σκιές ανάλογα με το που βρίσκεται η φωτεινή πηγή, τι υπάρχει στο φόντο κλπ. Η σημασία αυτής της ιδιότητας φαίνεται όταν έχουμε να φωτίσουμε ασύμμετρους χώρους, ή χώρους με εσοχές ή να τονίσουμε ανάγλυφα αντικείμενα κλπ. και κυρίως όταν χρησιμοποιούμε θεατρικό φωτισμό με σποτ σ' ένα χώρο. [7]



Εικόνα 1.10: Δημιουργία σκιών από το φως
(Πηγή:<http://www.google.gr/>)

Το φως –αυτό καθαυτό- είναι αόρατο: (Αρχιτεκτονική/ Καλλιτεχνική προσέγγιση)
Το φως ακολουθεί την πορεία εκπομπή-πρόσπτωση-απορρόφηση-αντανάκλαση και (αν δεν κατευθύνεται απευθείας στα μάτια μας) γίνεται αντιληπτό αφού αντανάκλασθεί. Κατά συνέπεια ό,τι συλλαμβάνει το μάτι μας και βλέπουμε γύρω μας είναι αντανακλάσεις. Η σημασία αυτού του χαρακτηριστικού είναι κεφαλαιώδης στον τεχνητό φωτισμό επειδή το πώς θα φαίνεται ο χώρος που μας περιβάλλει εξαρτάται από το πώς θα τον φωτίσουμε. Από την άλλη μεριά ο φωτισμός μας δίνει την δυνατότητα να αλλάξουμε την όψη ενός χώρου απλά επεμβαίνοντας και βελτιώνοντας τον φωτισμό του. Ο φωτισμός θεωρείται ο μόνος ευέλικτος παράγοντας στην διακόσμηση.[7]

Το φως διαθλάται: Καθώς περνάνε από τη μια ουσία στην άλλη οι φωτεινές ακτίνες παθαίνουν «διάθλαση» δηλαδή λυγίζουν. Η ιδιότητα αυτή βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στον έλεγχο της κατεύθυνσης του φωτισμού, στην εστίασή του και στην κατασκευή αντιθαμβωτικών αξεσουάρ.[7,11,12] Με την διάθλαση του φωτός εξηγούνται και οι περίεργοι «αντικατοπτρισμοί» στην έρημο, όπου αντανακλώμενες φωτεινές ακτίνες από πχ. ένα δένδρο διαθλώνται περνώντας μέσα από διαφορετικής θερμοκρασίας αέριες μάζες και προβάλλουν μια εικόνα εκεί που δεν υπάρχει.



Εικόνα 1.11: Διάθλαση φωτός
(Πηγή: Τριπιδάκης, Ιωάννης, Φωτισμός ανάδειξης ιστορικών κτιρίων)

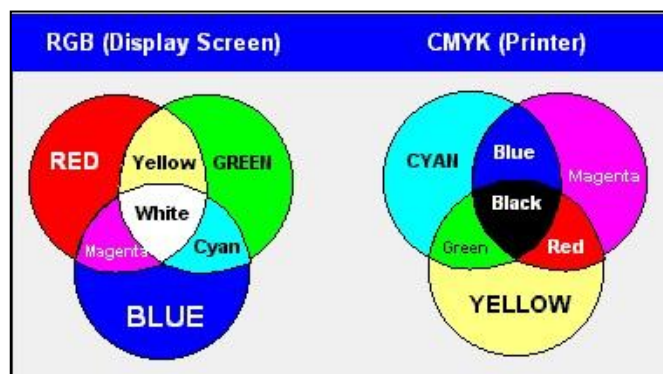


Εικόνα 1.12: Το φαινόμενο «σκύλος ήλιος»

Ένα ατμοσφαιρικό φαινόμενο που είναι γνωστό ως «σκύλος ήλιος» εμφανίζεται στον ουρανό στο Fort Ann, Νέα Υόρκη στις 25 Ιανουαρίου 2013. Το αλογόνο γύρω από τον ήλιο προκαλείται από τη διάθλαση του φωτός του ήλιου από μικρούς κρυστάλλους πάγου στην ατμόσφαιρα

(Πηγή: http://romiazirou.blogspot.gr/2013/08/the-sky-big-picture-boston_26.html)

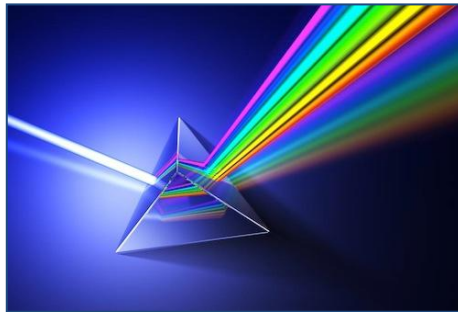
Φως και χρώματα: Το ανθρώπινο μάτι είναι ευαίσθητο στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε ένα πλάτος που κυμαίνεται σε μήκος κύματος από 400 έως 700 νανόμετρα.[5] Αυτή η περιοχή είναι το ορατό φως όπως ήδη έχει αναφερθεί στην παράγραφο 1.2. Σε κάθε μήκος κύματος (ή συχνότητα) η όραση του ανθρώπου αντιστοιχίζει και ένα χρώμα. [13] Τα τρία βασικά χρώματα είναι κόκκινο, πράσινο, μπλε (RGB) γιατί δεν μπορούν να προκύψουν από την ανάμειξη άλλων χρωμάτων, όπως συμβαίνει με τα υπόλοιπα. Αν αναμειξουμε σε ακριβώς ίσες ποσότητες κόκκινο, πράσινο και μπλε χρώμα τότε προκύπτει λευκό. Εκτός από τα βασικά χρώματα, υπάρχουν και τα συμπληρωματικά. Τα συμπληρωματικά χρώματα προκύπτουν από την ανάμειξη των βασικών χρωμάτων ανά δύο. Αυτά είναι το κίτρινο, το κυανό (γαλάζιο) και το πορφυρό (μωβ), που έχουν το χαρακτηριστικό ότι αν αναμειχθούν κι αυτά ανά δύο, προκύπτουν τα βασικά χρώματα. Για παράδειγμα, ενώ η ανάμειξη ίσων ποσοτήτων πράσινου και κόκκινου χρώματος μας δίνει το κίτρινο, η ανάμειξη κίτρινου και μωβ σε ίσες ποσότητες μας δίνει κόκκινο. [5] Στην εικόνα 1.13 φαίνονται οι δυνατοί σχηματισμοί των βασικών και των συμπληρωματικών χρωμάτων.



Εικόνα 1.13: Πρωτογενή και συμπληρωματικά χρώματα

(Πηγή: <https://www.google.gr/>)

Με την βοήθεια ενός πρίσματος το «λευκό» φως σκεδάζεται δηλαδή διασπάται στα χρώματα του φάσματός του (χρώματα της ίριδος). Αντιστρόφως μέσω πάλι ενός πρίσματος το χρωματικό φάσμα ανασυντίθεται σε λευκό φως. Το ουράνιο τόξο είναι μια φυσική επίδειξη της διάσπασης του ηλιακού φωτός στο χρωματικό του φάσμα. Τον ρόλο του πρίσματος παίζουν οι σταγόνες της βροχής. Η ιδιότητα αυτή του φωτός (η ανακάλυψή της οφείλεται στον Νεύτωνα) είναι η πιο σημαντική επειδή σε συνδυασμό με την αντανάκλαση αποτελεί τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τα χρώματα. Πράγματι όταν ένα αντικείμενο περιλουσθεί με άσπρο φως (που περιέχει δηλαδή τα 3 βασικά) τότε απορροφά ένα μέρος και το υπόλοιπο το αντανακλά. Τα μάτια μας συλλαμβάνουν μόνο το ανακλώμενο και το οποίο το αντιλαμβανόμαστε σαν ένα συγκεκριμένο χρώμα. Αν λοιπόν, το αντικείμενο απορροφά όλη την ακτινοβολία φαίνεται μαύρο, αν την αντανακλά όλη φαίνεται άσπρο, αν την απορροφά όλη εκτός από την κόκκινη φαίνεται κόκκινο, κοκ. Η διαδικασία αυτή λέγεται “χρωματική αφαίρεση” δηλαδή το κάθε αντικείμενο προκειμένου να πάρει το χρώμα του απορροφά (αφαιρεί) τα υπόλοιπα.[7]



Εικόνα 1.14: Τα χρώματα του ορατού φάσματος
(Πηγή: <http://4dim-metam.blogspot.gr/>)



Εικόνα 1.15: Φυσική επίδειξη διάσπασης ηλιακού φωτός, Ουράνιο τόξο στην Πάτρα
(Πηγή: <http://www.ypernomarhia.gr>)

1.6 Φωτομετρικά Μεγέθη

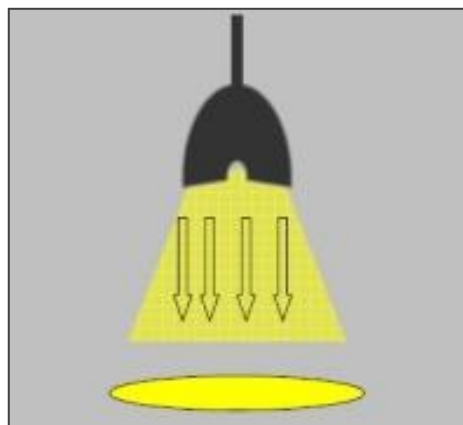
Φωτεινή ροή Φ (Luminous Flux): Η φωτεινή ροή Φ ορίζεται ως η φωτεινή ενέργεια που εκπέμπει μια σημειακή φωτεινή πηγή, τοποθετημένη στην κορυφή ενός κώνου, εντός του κώνου αυτού, σε χρόνο dt , προς τον χρόνο αυτό. Το μέγεθος αυτό είναι στην πραγματικότητα φωτεινή ισχύς, γιατί εκφράζει την ποσότητα της φωτεινής ενέργειας που εκπέμπει μία φωτεινή πηγή στη μονάδα του χρόνου προς κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση που καθορίζεται από τη μορφή της στερεάς γωνίας.

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται και οι δύο όροι: Ισχύς και Ροή. Μετρείται σε lumen (lm) [4]



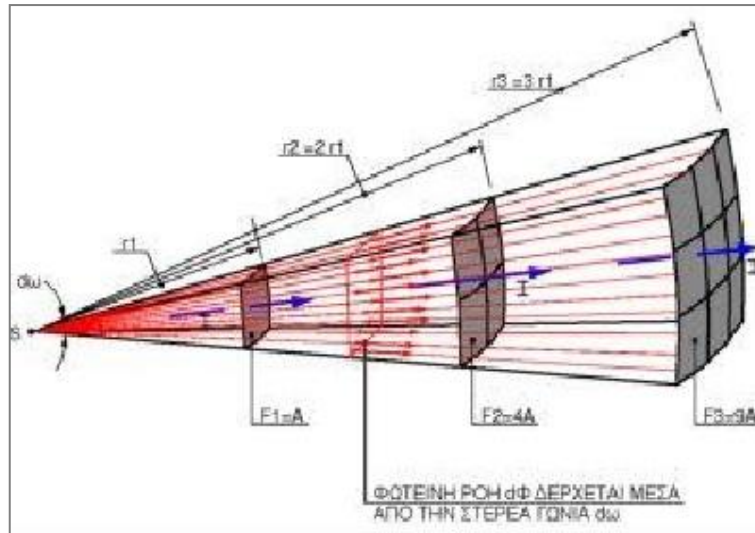
Εικόνα 1.16: Φωτεινή ροή γύρω από μία φωτεινή πηγή
(Πηγή: Κώστας Μαθιός, Περιοδικό Κατασκευαστής 1997)

Ένταση φωτισμού επιφάνειας E (Illuminance): Η ένταση φωτισμού μιας επιφάνειας είναι η φωτεινή ροή που προσπίπτει κάθετα σε μία επιφάνεια, προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής. Μετρείται σε $\text{lux}=\text{lm}/\text{m}^2$. [4] Υπάρχουν πίνακες όπου αναφέρονται ενδεικτικές τιμές εντάσεως φωτισμού για κάθε εσωτερικό και εξωτερικό χώρο.

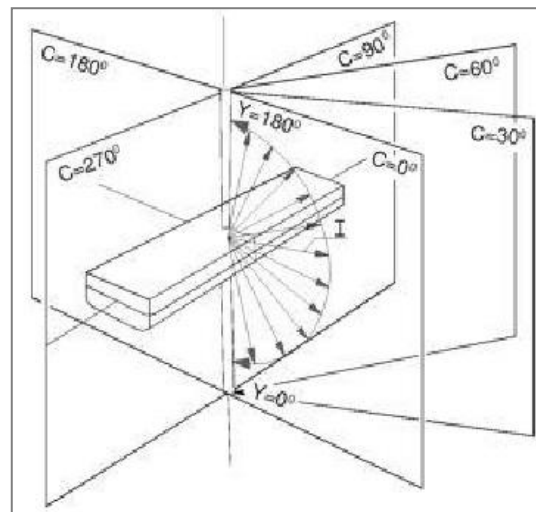


Εικόνα 1.17: Ένταση φωτισμού επιφάνειας.
(Πηγή: Κώστας Μαθιός, Περιοδικό Κατασκευαστής 1997)

Φωτεινή ένταση I (Luminous intensity): Η φωτεινή ένταση είναι ένα διανυσματικό μέγεθος που εκφράζει το πόση φωτεινή ροή διοχετεύεται προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση του χώρου από την φωτεινή πηγή. [4] Η φωτεινή ένταση I προς μια κατεύθυνση παρατηρήσεως είναι ο λόγος της εξερχόμενης φωτεινής ροής Φ από κάποια φωτεινή πηγή διαμέσου ενός κοίλου κώνου απείρως μικρού ανοίγματος, προς την τιμή της στερεάς γωνίας από την οποία διέρχεται η φωτεινή ροή αυτή. Μετρείται σε (candela) $\text{cd}=\text{lm}/\text{sr}$

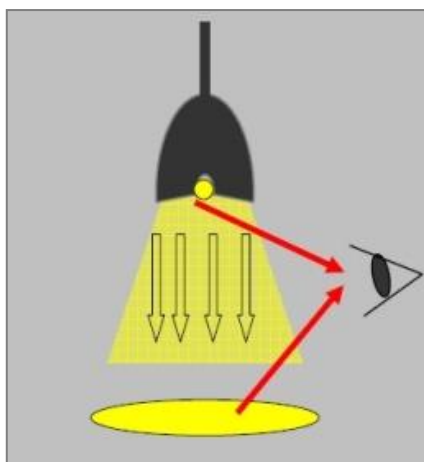


Εικόνα 1.18: Φωτεινή ένταση I
 (Πηγή: Τριπιδάκης, Ιωάννης, Φωτισμός ανάδειξης ιστορικών κτιρίων)



Εικόνα 1.19: Απεικόνιση χαρακτηριστικών επιπέδων καθέτων, παράλληλων ως προς τον άξονα συμμετρίας του φωτιστικού ή σε άλλη γωνία, όπου σημειώνεται από τον κατασκευαστή η κατανομή της φωτεινής έντασης για ένα συγκεκριμένο φωτιστικό.
 (Πηγή: Τριπιδάκης, Ιωάννης, Φωτισμός ανάδειξης ιστορικών κτιρίων)

Λαμπρότητα L (luminance): Η λαμπρότητα ορίζεται ως το πηλίκο της φωτεινής έντασης I στην κατεύθυνση του παρατηρητή προς το εμβαδόν της προβαλλόμενης επιφάνειας της πηγής την οποία βλέπει ο παρατηρητής. Η λαμπρότητα είναι το μόνο βασικό φωτομετρικό μέγεθος το οποίο γίνεται αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι. Χαρακτηρίζει την φωτεινότητα της επιφάνειας και είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ανάκλαση της. Από τον ορισμό της λαμπρότητας γίνεται αντιληπτό πως πρόκειται για διανυσματικό μέγεθος και αλλάζει με την θέση του παρατηρητή. Μετρείται σε cd/m^2 [4,7]



Εικόνα 1.20: Η λαμπρότητα που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι
(Πηγή: Κώστας Μαθιός, Περιοδικό Κατασκευαστής 1997)

Ανακλαστικότητα ρ (Reflectance ρ): Εκφράζεται σε ποσοστό % και δείχνει πόση είναι η αντανακλώμενη από μια επιφάνεια φωτεινή ροή. Σημαντικότερη παράμετρος στον υπολογισμό φωτισμού εσωτερικών χώρων. Οι σκούρες επιφάνειες απαιτούν υψηλότερη και οι ανοικτές χαμηλότερη στάθμη μέσου φωτισμού (E), για να έχουν την ίδια εντύπωση φωτεινότητας (L).[7]

Ομοιομορφία g (Uniformity): Αφορά ή/και την Φωτεινότητα ή/και τον Μέσο φωτισμό και αποτελεί στοιχείο ποιότητας. Δείχνει το πώς κατανέμονται αυτά τα μεγέθη. Είναι ο λόγος του ελάχιστου προς τον μέσο φωτισμό ενός χώρου $g_1 = E_{\min}/E$ και σε ορισμένες εφαρμογές $g_2 = E_{\min}/E_{\max}$, ή ο λόγος Φωτεινότητων $U_0 = L_{\min}/L$ (για φωτισμό δρόμων).[7]

1.7 Φως και άνθρωπος

Το φως είναι το πιο ελαφρύ, ευμετάβλητο και ευπροσάρμοστο περιβαλλοντικό υλικό και γι' αυτό, το πιο αποτελεσματικό στην αλλαγή της αντίληψής του ανθρώπου για τους χώρους και τις εμπειρίες που ζει. Η εποχή που το φως θεωρείτο απλά ένα μέσο για τη συμβατική οπτική επαφή με το περιβάλλον προς κάλυψη μόνο λειτουργικών αναγκών, έχει περάσει, αφήνοντας στη θέση της μια νέα περίοδο, που θα μπορούσε να ονομαστεί, περίοδος οπτικής χειραφέτησης του φωτισμού. Ο φωτισμός αντί να έχει πια το ρόλο της πιστής απόδοσης-απομίμησης της πραγματικότητας γίνεται παραδόξως, λόγω του άυλου χαρακτήρα του, το βασικό υλικό σύνθεσης μιας νέας παραγωγής εικόνας και μιας νέας απεικόνισης των πραγμάτων γύρω μας. Ο φωτισμός αναδεικνύεται λοιπόν σε μέσο έκφρασης, αίγλης πολιτισμού και καταξίωσης των ανθρωπίνων δημιουργημάτων. [14]

Ο φωτισμός επηρεάζει τον κάθε άνθρωπο. Η έντασή του, η χροιά του, οι εναλλαγές του, το είδος του, η επάρκεια ή η ανεπάρκειά του, τον κάνουν να νοιώθει υπερένταση, ηρεμία, εγρήγορση, χαλάρωση, ευεξία, κούραση και ένα σωρό άλλα συναισθήματα που φυσικά ποικίλουν από άνθρωπο σε άνθρωπο. Αρκεί να φέρει στο νου του κάποιος, τα έντονα φωτιστικά εφέ ενός χώρου διασκέδασης, το γλυκό φως

ενός τζακιού, τον ψυχρό φωτισμό ενός νοσοκομείου, τον απρόσωπο φωτισμό μιας Τράπεζας, τον καταθλιπτικό φωτισμό μιας Δημόσιας Υπηρεσίας ή τον απαλό φωτισμό ενός ‘ζεστου’ εστιατορίου και είναι εύκολο να κατανοήσει αυτό που ονομάζεται ‘ψυχολογικός αντίκτυπος του φωτισμού’.[7]

Επομένως το φως είναι απαραίτητο στην ανθρώπινη ψυχοσωματική ισορροπία. Ρυθμίζει τη διάθεση και επιδρά στην ποιότητα της ζωής. Το τεχνητό φως πρέπει να προσεγγίζει τη φυσική φωτεινότητα ώστε να μη γίνεται επιθετικό. Το άσχημα κατανοημένο φως, με υψηλές αντιθέσεις στην φωτεινότητα, ή ακατάλληλο χρωματικό αποτέλεσμα μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην ψυχολογική κατάσταση του ανθρώπου και να προκαλέσει δυσφορία και κατάθλιψη. Ο φωτισμός μπορεί να κάνει τη διαφορά στην αίσθηση ενός χώρου, να δημιουργήσει το αίσθημα ασφάλειας και άνεσης αλλά και να βοηθήσει στην εκτέλεση καθημερινών δραστηριοτήτων. [14]

Ο φωτισμός με πολλούς τρόπους μπορεί να μεταμορφώσει κυριολεκτικά έναν χώρο παραμένοντας φθηνός σε σχέση με τις άλλες παραμέτρους του εξοπλισμού και της διακόσμησης. Τα τελευταία χρόνια, ο φωτισμός έχει γίνει αντικείμενο αυξανόμενου ενδιαφέροντος, εξαιτίας της συγκυρίας νέων φαινομένων όπως το ανανεωμένο ενδιαφέρον στην αστική διακόσμηση, ειδικά στα ιστορικά κέντρα ή σε αυτά μουσειακού ενδιαφέροντος, στα ανησυχητικά ζητήματα που σχετίζονται με την ασφάλεια στις πόλεις, στην τάση επιστροφής σε ζωντανούς αστικούς και εξωτερικούς χώρους ως τόπους συναναστροφής και χαλάρωσης. Γι’ αυτό το φως είναι το πιο κατάλληλο να αναδειχθεί ως το υλικό κατασκευής με το οποίο δίνει κανείς μορφή, ομορφιά, ευχαρίστηση και άνεση σε όλες τις καθημερινές μας δραστηριότητες, συμμετέχοντας στη δημιουργία ενός γενικού πλαισίου ζωής των σύγχρονων ανθρώπων. [14,15] Το ενδιαφέρον για τον αστικό φωτισμό άρχισε να γίνεται έντονο τόσο από το ρυθμιστικό πλαίσιο φωτισμού της Εταιρείας Ενοποίησης Αρχαιολογικών Χώρων της Αθήνας, [16] όσο και από δημοσιεύματα του πνευματικού κόσμου της χώρας που είναι ευαισθητοποιημένος σε θέματα φωτισμού ιστορικών κυρίως χώρων.

Κεφάλαιο 2: Τύποι και τεχνικές φωτισμού, φωτεινές πηγές και φωτιστικά σώματα

2.1 Τύποι φωτισμού

Ένα σημαντικό βήμα για την σχεδίαση μελέτης φωτισμού είναι η επιλογή του τύπου φωτισμού, ανάλογα με τη χρήση, τη λειτουργία, τη μορφή και τα υλικά του προς μελέτη χώρου. Η διαφορετικότητα του τρόπου εκπομπής του φωτός (οπτικό εφέ) από το εκάστοτε φωτιστικό σώμα δημιουργεί και προτείνει διαφορετικούς τρόπους σύλληψης του χώρου και φιλοσοφίας φωτισμού. Η διαφορετικότητα αυτή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν τύπος φωτισμού. [17]

Γενικός φωτισμός: Είναι ο βασικός φωτισμός του χώρου που πρέπει να εξασφαλίζει επάρκεια και οπτική άνεση. Πρέπει να είναι διάχυτος, ομοιόμορφος και ισοκατανεμημένος. [7]

Ατμοσφαιρικός φωτισμός: Είναι ο απαλός, χαμηλός, ζεστός φωτισμός για δημιουργία «ατμόσφαιρας». Χαρακτηριστικό του είναι η έλλειψη έντονων σκιάσεων και αντιθέσεων.[17]

Άμεσος φωτισμός: Ο άμεσος φωτισμός διαχωρίζεται σε κατευθυνόμενο και συγκεντρωτικό ανάλογα με το εύρος του φωτεινού κώνου. Χαρακτηριστικό του η ύπαρξη έντονων σκιάσεων και ‘δραματικού’ αποτελέσματος. Χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να ξεχωρίσουμε κάποια αντικείμενα ή σημεία.[17]

Έμμεσος φωτισμός: Χαρακτηρίζεται από την ανάκλαση του φωτός σε μια επιφάνεια (ανακλαστήρας) προς μια επιθυμητή κατεύθυνση. Σημαντικό στοιχείο η ανακλαστικές ιδιότητες του ανακλαστήρα.[17]

Θεατρικός φωτισμός: Είναι ο έντονα κατευθυνόμενος φωτισμός για να τονίσουμε κάποιο σημείο ή να δημιουργήσουμε εφέ. [7]

Διακοσμητικός φωτισμός: Είναι ο φωτισμός από φωτιστικά με έντονο διακοσμητικό χαρακτήρα που δημιουργούν φωτοσκιάσεις [7]

Αρχιτεκτονικός φωτισμός: Είναι το ενιαίο, ολικό και αρμονικά ενσωματωμένο στο κτήριο τεχνικό σύστημα, που με τη χρήση φυσικών ή/και τεχνητών πηγών, παρέχει φως σχεδιασμένο ώστε να εξυπηρετεί τους χρήστες και την αρχιτεκτονική αφήγηση.[15]

Φωτισμός ασφαλείας: Είναι ο φωτισμός εκτάκτου ανάγκης που λειτουργεί όταν κοπεί το ηλεκτρικό ρεύμα, και ο φωτισμός σκαλοπατιών, σκοτεινών αιθουσών κινηματοθεάτρων, ο προειδοποιητικός φωτισμός για κάποιο κίνδυνο κλπ.[7]

Φωτισμός Σήμανσης-Περιστασιακός: Αποτελεί τον τύπο φωτισμού ο οποίος σηματοδοτεί είτε επισημαίνει μορφολογικά στοιχεία, καταστάσεις και περιστάσεις.[17]

2.2 Τεχνικές φωτισμού για την ανάδειξη εξωτερικών επιφανειών και στοιχείων

Η ανάδειξη των εξωτερικών επιφανειών, των προσόψεων των ιστορικών κτιρίων και γενικότερα των μνημείων, μπορεί να πραγματοποιηθεί με την επιλογή της κατάλληλης τεχνικής φωτισμού. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που μπορούν να δημιουργήσουν μια ποικιλία από φωτιστικά εφέ ανάλογα με τη δέσμη εκπομπής του φωτός και τη θέση των πηγών φωτισμού. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά αυτές οι τεχνικές φωτισμού.

2.2.1 Φωτισμός από πάνω προς τα κάτω (down lighting)

Το φωτιστικό σώμα στέλνει τη δέσμη φωτός προς το έδαφος και είναι τοποθετημένο στο ψηλότερο σημείο της πρόσοψης του κτιρίου που φωτίζει. Το φαινόμενο αυτό μιμείται το φως του φεγγαριού και παράγει μία χαλαρή και γοητευτική λάμψη, εάν η ένταση φωτισμού είναι χαμηλή. Ο φωτισμός από πάνω προς τα κάτω δημιουργεί αντίθεση με τη γειτονική περιοχή γράφοντας τη δέσμη φωτισμού στη πρόσοψη και μπορεί να προσφέρει ένα γενικότερο φωτισμό στον περιβάλλοντα χώρο. [18,19]



Εικόνα 2.1: Φωτισμός από πάνω προς τα κάτω, Ιδιωτική οικία στο Βέλγιο
(Πηγή: *The Lighting Bible 9 – Deltalight, 2012*)

2.2.2 Φωτισμός από κάτω προς τα πάνω (up lighting)

Το οπτικό εφέ που δημιουργεί η πηγή ουσιαστικά αντιστρέφει το φως της ημέρας.[18] Το φωτιστικό στέλνει τη φωτεινή δέσμη προς τα πάνω και είναι τοποθετημένο στο χαμηλότερο σημείο της πρόσοψης του κτιρίου που φωτίζει. Η φωτεινή δέσμη πρέπει να στοχεύει προς την πρόσοψη ώστε να τονιστεί μόνο αυτή και να αποφευχθεί η θάμβωση των περαστικών. Πολλές φορές για τη μείωση της θάμβωσης χρησιμοποιούνται ειδικές εσωτερικές ή εξωτερικές αντιθαμβωτικές

περσίδες. Ο φωτισμός προς τα πάνω δημιουργεί ένα δραματικό ύφος και προσθέτει θεατρικότητα στη συνολική εικόνα του χώρου. Μάλιστα ο συνδυασμός ζεστών και ψυχρών χρωμάτων δημιουργεί μια ενδιαφέρουσα αντίθεση. [19]



Εικόνα 2.2: Φωτισμός από κάτω προς τα πάνω (*up lighting*),
Dolmabahçe Palace, Τουρκία
(Πηγή: *External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012*)



Εικόνα 2.3: Φωτισμός από κάτω προς τα πάνω (*up lighting*),
Montreal Clock Tower Pier
(Πηγή: *Project of lumenpulse, <http://www.lumenpulse.com/>*)

2.2.3 Φωτισμός υφής (*grazing*)

Πρόκειται για κατευθυντικό φως σε οξεία γωνία από μία θέση κοντά σε μία φωτιζόμενη επιφάνεια που δίνει έμφαση στην υφή των επιφανειών και προσθέτει μία τρίτη διάσταση στην πρόσοψη. Ο φωτισμός «γδέρνει» την επιφάνεια τονίζοντας την τραχύτητα και δημιουργώντας δυνατές σκιές. Αυτή η τεχνική μπορεί να έχει ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα όταν χρησιμοποιείται στην πέτρα, το στόκο ή στο επίχρισμα των τοίχων, αναδεικνύοντας το υλικό κατασκευής κάθε φορά αλλά και την αισθητική αξία του χρώματος του. Ο φωτισμός υφής συνδυάζεται συχνά με τη τεχνική φωτισμού από κάτω προς τα πάνω. [19,20]



Εικόνα 2.4: Φωτισμός υφής (grazing), *Customs House, Montreal*.
(Πηγή: Project of lumenpulse, <http://www.lumenpulse.com/>)



Εικόνα 2.5: Φωτισμός υφής (grazing), *Roman Theatre, Ιταλία*
(Πηγή: *External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012*).

2.2.4 Φωτισμός ανάδειξης επιφάνειας (wall washing)

Σκοπός της τεχνικής ανάδειξης επιφάνειας είναι να τονιστεί μία κάθετη λεία επιφάνεια, χωρίς ανάγλυφο, κρύβοντας τις ατέλειες της, αλλά αναδεικνύοντας το χρώμα της. Ο φωτισμός είναι ομοιόμορφος και ισοκατανέμεται στην επιφάνεια χωρίς να δημιουργούνται σκιές. Με την συγκεκριμένη τεχνική το φως ανακλάται από την επιφάνεια φωτίζοντας έτσι έμμεσα και τον περιβάλλοντα χώρο. Χρησιμοποιούνται συνήθως αδιαφανείς λαμπτήρες με κατάλληλους ανακλαστήρες για την καλύτερη διάχυση του φωτισμού.[19]



Εικόνα 2.6: Φωτισμός ανάδειξης επιφάνειας (wall washing), *Buenos Aires, Argentina*
(Πηγή: *External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012*)

2.2.5 Φωτισμός τονισμού (accent lighting)

Πρόκειται για κατευθυνόμενο φωτισμό που επιτυγχάνεται με φωτιστικά στενής δέσμης ώστε να εντοπιστεί ο φωτισμός σε ένα στοιχείο ή σε μία περιοχή μιας επιφάνειας, προκειμένου να τονίσει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως το ρολόι ενός καμπαναριού σε σχέση με την υπόλοιπη εκκλησία, κολώνες και αρχιτεκτονικά στοιχεία. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη θέση τοποθέτησης του φωτιστικού, στη στόχευση, στην επιλογή της δέσμης και στην ισχύ του λαμπτήρα, έτσι ώστε να αποφευχθεί ο υπερβολικός φωτισμός και η θάμβωση.[19,20]



Εικόνα 2.7: Φωτισμός τονισμού (accent lighting), *Notre-Dame Basilica of Montreal*
(Πηγή: Project of lumenpulse, <http://www.lumenpulse.com/>)



Εικόνα 2.8: Φωτισμός τονισμού (accent lighting), *Liberty Mutual Building*
(Πηγή: Project of lumenpulse, <http://www.lumenpulse.com/>)



Εικόνα 2.9: Φωτιστικό για φωτισμό τονισμού, *Focal floodlight*
(Πηγή: <http://www.minel-schreder.rs/en/products/>)

2.2.6. Φωτισμός περιγράμματος (silhouetting)

Σκοπός του φωτισμού περιγράμματος είναι να δημιουργήσει ένα εντυπωσιακό κέντρο προσοχής. Πραγματοποιείται λοιπόν για να δοθεί έμφαση στο σχήμα ενός αρχιτεκτονικού χαρακτηριστικού, στις λεπτομέρειες του περιγράμματος του και στα πλαίσια των παραθύρων του. Συνήθως χρησιμοποιούνται φωτιστικά διάχυσης με ευρεία δέσμη που βρίσκονται πίσω από το δομικό στοιχείο που πρέπει να τονιστεί και έτσι δημιουργείται ένα σκούρο περίγραμμα χωρίς να είναι ορατό το χρώμα και η υφή του.[19]



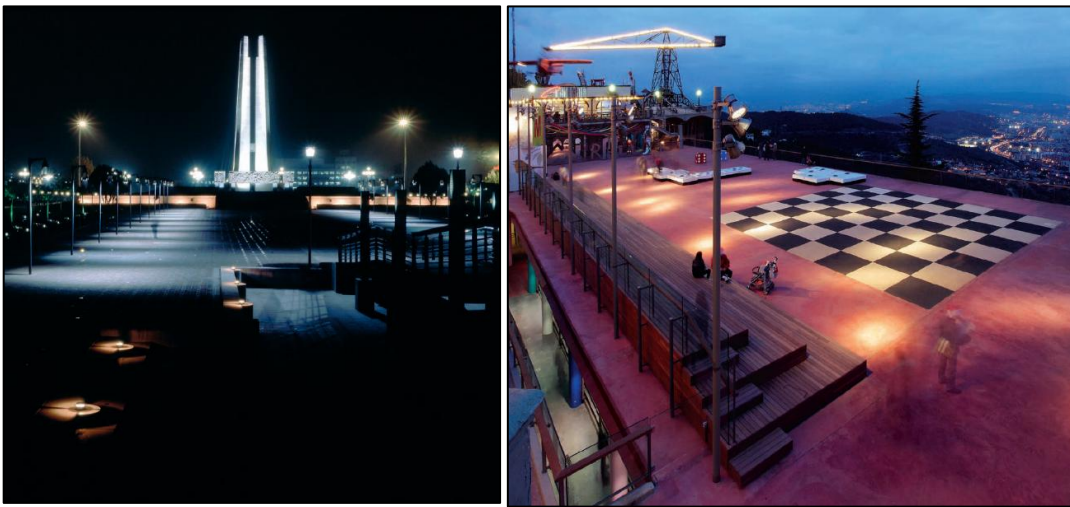
Εικόνα 2.10: Φωτισμός περιγράμματος (silhouetting) London, United Kingdom:
Garden of the Victoria & Albert Museum
(Πηγή: External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012)



Εικόνα 2.11: Φωτισμός περιγράμματος (silhouetting), Casino de Montreal
(Πηγή: Project of lumenpulse, <http://www.lumenpulse.com/>)

2.2.7. Φωτισμός εστίασης (spotlighting)

Πολλές φορές και για διάφορους λόγους το φωτιστικό σώμα τοποθετείται σε απομακρυσμένα σημεία από το δομικό στοιχείο. Έτσι, ο φωτισμός εστίασης χρησιμοποιείται για να εξισορροπήσει την επίδραση της απόστασης από το δομικό στοιχείο ή να επιτευχθεί ένα οπτικό εφέ όπως στενοί κύκλοι φωτισμού γύρω από μια επιφάνεια χώρου. Για αυτόν το λόγο στο φωτισμό εστίασης χρησιμοποιούνται πάντα στενές και έντονες δέσμες φωτισμού. Η διαφοροποίηση του φωτισμού εστίασης με το φωτισμό τονισμού είναι μικρή. Ο φωτισμός τονισμού έχει συγκεκριμένο σκοπό: Να τονίσει συγκεκριμένο δομικό στοιχείο.[19]



Εικόνα 2.12: Φωτισμός εστίασης (spotlighting) σε δομικά στοιχεία
Αριστερά: Tang Shan City – China: Tang Shan Earthquake Monument και σε
γενικότερο χώρο Δεξιά: Barcelona – Spain: Tibidabo Park
(Πηγή: External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012).

2.2.8 Διάχυτος φωτισμός (floodlighting)

Ο διάχυτος φωτισμός χρησιμοποιείται συνήθως για φωτισμό του όγκου των κτιρίων. Ο σκοπός του είναι να δημιουργεί το ίδιο φωτιστικό αποτέλεσμα τη νύχτα, όπως ο φυσικός φωτισμός με την ομοιόμορφη διάχυσή του κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για να υπάρχει ομοιόμορφη διάχυση φωτισμού, συνήθως τα κτίρια φωτίζονται από μακριά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η κατεύθυνση του φωτισμού είναι οριζόντια λόγω της μακρινής τοποθέτησης των φωτιστικών σωμάτων ακόμα και όταν αυτά είναι τοποθετημένα σε ψηλούς στύλους. Έτσι η οριζόντια κατεύθυνσή του, δημιουργεί προβλήματα θάμβωσης στο γειτονικό περιβάλλον, οπότε απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη τοποθέτηση των φωτιστικών. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις η θάμβωση είναι μικρή ή καθόλου. Επίσης χρησιμοποιείται και ως φωτισμός ασφαλείας αφού με τη διάχυση του φωτισμού φωτίζεται η μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια.[19,20]



Εικόνα 2.13: Διάχυτος φωτισμός (floodlighting) The red roof church, Montreal
(Πηγή: Project of lumenpulse, <http://www.lumenpulse.com/>)

2.3 Φωτεινές πηγές

Η μελέτη και η κατανόηση των φωτιστικών αναγκών ενός χώρου καθώς και των προδιαγραφών των φωτιστικών σωμάτων οδηγούν σε ορθή επιλογή των εργαλείων μιας φωτιστικής μελέτης. Οι λαμπτήρες και τα φωτιστικά σώματα είναι τα εργαλεία σχεδίασης και παρέμβασης στον χώρο με τον φωτισμό. Η γνώση των δυνατοτήτων και ιδιοτήτων των λαμπτήρων και των φωτιστικών σωμάτων είναι σημαντική έτσι ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη φωτιστική επέμβαση. [17]

Η φωτεινή πηγή είναι η καρδιά μιας μελέτης φωτισμού, αφού δίνει στο έργο υπόσταση και ζωντάνια. Γι' αυτό το λόγο η σωστή επιλογή της είναι ιδιαίτερα σημαντική. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των λαμπτήρων ορίζουν τη φωτεινή ατμόσφαιρα αλλά και τη λειτουργικότητα μιας εγκατάστασης. Η επιλογή του λαμπτήρα επηρεάζει άμεσα το μέγεθος και το σχήμα των φωτιστικών σωμάτων και η ισχύς του, σε συνδυασμό με τα επιθυμητό επίπεδο έντασης φωτισμού, ορίζει τον αριθμό των φωτιστικών σωμάτων που απαιτούνται.[21] Παράγοντες όπως η κατανάλωση σε σχέση με την φωτεινή απόδοση, η ποιότητα του παραγόμενου φωτός, οι επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία κυριαρχούν στην έρευνα και την τεχνολογία των λαμπτήρων. Η πληθώρα των λαμπτήρων όσον αφορά στην ισχύ, στην απόδοση, στο είδος φωτισμού (θερμοκρασία χρώματος, δείκτης χρωματικής απόδοσης, τρόπος διάχυσης του φωτός, διάρκεια ζωής) αποτελεί ένα σημαντικό μέσο για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος της φωτιστικής μελέτης. [17]

2.3.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη φωτεινών πηγών

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη των λαμπτήρων είναι τα ακόλουθα:

Ονομαστική τάση λειτουργίας: η τάση του δικτύου στο οποίο θα συνδεθεί ο λαμπτήρας, [22] για όσους δεν έχουν ballast, αλλιώς πρέπει να υπάρχει το αντίστοιχο ballast.

Ονομαστική ισχύς: η καταναλισκόμενη από τον λαμπτήρα ηλεκτρική ισχύς σε Watt.[22]

Φωτεινή Ροή: η συνολική φωτεινή ροή του λαμπτήρα σε Lumens που μετρείται στους 25°C. Η μέτρηση των επιδόσεων των λαμπτήρων σε lumen επιτρέπει την άμεση σύγκριση της ποσότητας του παραγόμενου φωτός (που είναι άλλωστε και ο σκοπός του λαμπτήρα).[22,23]

Ενεργειακή απόδοση: Η έννοια της απόδοσης μιας φωτεινής πηγής είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας αξιολόγησης της, καθώς εκφράζει την ποσότητα των παραγόμενων lumen ανά καταναλισκόμενο W. Η απόδοση του λαμπτήρα είναι καθοριστικό στοιχείο της οικονομικής λειτουργίας. Η απόδοση του συστήματος της φωτεινής πηγής περιλαμβάνει επίσης την καταναλισκόμενη ισχύ του ballast. Σταδιακά καταργούνται οι λαμπτήρες με τη μικρότερη ενεργειακή απόδοση. Ωστόσο, το σήμα ενεργειακής απόδοσης σε κάθε συσκευασία δείχνει πόσο αποδοτικός είναι ο κάθε λαμπτήρας. [22,23]

Χρόνος ζωής του λαμπτήρα: Η διάρκεια ζωής ενός λαμπτήρα εκφράζεται σε ώρες λειτουργίας μέχρι την αχρήστευσή του. Στην περίπτωση ορισμένων λαμπτήρων φθορισμού, η διάρκεια ζωής επηρεάζεται από το πόσες φορές ανάβουν και σβήνουν (αριθμός κύκλων λειτουργίας). Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων μπορεί να ποικίλλει από 1.000 ώρες για τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης μέχρι 15.000 ώρες για τους καλύτερους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού και 100.000 ώρες για τα LED. Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σημαίνει μικρότερο κόστος συντήρησης, αφού οι λαμπτήρες θα αντικαθίστανται πιο σπάνια.[23]

Φάσμα εκπομπής: Το φάσμα της ακτινοβολίας που εκπέμπει μία φωτεινή πηγή ονομάζεται φάσμα εκπομπής της πηγής αυτής.[24]

Φωτεινή ένταση: Η φωτεινή ένταση όπως ήδη έχει οριστεί στο πρώτο κεφάλαιο είναι ένα διανυσματικό μέγεθος που καθορίζει προς κάθε συγκεκριμένη κατεύθυνση του στερεού χώρου το ποσό της φωτεινής ροής Φ που εκπέμπει η φωτεινή πηγή.[4]

Διαστάσεις: Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στις διαστάσεις των λαμπτήρων και για αυτό πριν από κάθε αγορά λαμπτήρα διαφορετικής τεχνολογίας για το ίδιο φωτιστικό, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος για το αν ο νέος λαμπτήρας ταιριάζει στην υποδοχή.[23]

Αυξομείωση έντασης φωτός: Όπως οι λαμπτήρες πυρακτώσεως και οι λαμπτήρες πυρακτώσεως με αλογόνα, έτσι και οι λαμπτήρες φθορισμού μπορούν να υποστούν αυξομείωση έντασης φωτός (dimmed) σχεδόν σε όλο το εύρος από 100% έως 0%. Όμως οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων δεν συνίστανται από τους κατασκευαστές για ρύθμιση της στάθμης φωτισμού, επειδή αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτες αρνητικές επιδράσεις στην ποιότητα του φωτός τους και στην διάρκεια της ζωής τους. Η ισχύς των λαμπτήρων ατμών νατρίου υψηλής πίεσης και αυτή των λαμπτήρων ατμών υδραργύρου μπορεί να διαβαθμιστεί αλλά μόνο σε διακριτά επίπεδα. [22,23]

Ποιότητα χρώματος φωτεινής πηγής, Δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra: Η ποιότητα χρώματος αποτελεί την ικανότητα της φωτεινής πηγής να αναπαράγει

ρεαλιστικά το χρώμα ενός αντικειμένου. Εκφράζεται από τον δείκτη χρωματικής απόδοσης Ra ή CRI και παίρνει τιμές από το 0 έως το 100. Όσο πιο χαμηλές τιμές παίρνει ο δείκτης τόσο πιο κακή είναι η αναπαράσταση των χρωμάτων από την φωτεινή πηγή.[4] Δεν είναι απαραίτητα σωστή η επιλογή του φωτιστικού σώματος με τον υψηλότερο δείκτη χρώματος. Αντίθετα, είναι σημαντικότερο να επιβεβαιώνεται ότι το φάσμα εκπομπής της φωτεινής πηγής εμπεριέχει το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στο χρώμα της επιφάνειας που φωτίζεται, δηλαδή ότι ο λαμπτήρας αποδίδει σωστά το χρώμα της όψης.[21]

Κατηγοριοποίηση Φωτεινών πηγών	Δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra (κατά CIE)	Εφαρμογή
1A	$Ra \geq 90$	Απαραίτητη η ακριβής απόδοση των χρωμάτων
1B	$90 > Ra \geq 80$	Καλή απόδοση των χρωμάτων
2	$80 > Ra \geq 60$	Μέτρια απόδοση των χρωμάτων
3	$60 > Ra \geq 40$	Ανακριβής απόδοση των χρωμάτων
4	$40 > Ra \geq 20$	Απόδοση χρωμάτων άνευ σημασίας

Πίνακας 2.1: Κατηγοριοποίηση δείκτη χρωματικής απόδοσης φωτεινών πηγών
(Πηγή: www.ktirio.gr)

Θερμοκρασία χρώματος: Η θερμοκρασία χρώματος είναι το μέτρο για να περιγραφεί το χρώμα των φωτεινών πηγών. [4] Μετρείται σε βαθμούς Kelvin και ισοδυναμεί με την αντίστοιχη θερμοκρασία στην οποία όταν βρεθεί το μέλαν σώμα θα παράγει φως ίδιου χρώματος με την μετρούμενη φωτεινή πηγή. Με τον όρο μέλαν σώμα εννοούμε ένα θεωρητικό μοντέλο σώματος το οποίο έχει την δυνατότητα να απορροφά όλα τα μήκη κύματος ακτινοβολίας που δέχεται, δεν ανακλά τίποτα και εκπέμπει τη μέγιστη δυνατή ακτινοβολία σε όλα τα μήκη κύματος και όλες τις διευθύνσεις. [4]

Θερμοκρασία Χρώματος (K)	Κατηγοριοποίηση Φωτός (CCT Classification)
Μέχρι 3300 K	Θερμό
3300 K - 5300 K	Ουδέτερο λευκό
Πάνω από 5300 K	Ψυχρό

Πίνακας 2.2: Κατηγοριοποίηση φωτεινών πηγών με τη θερμοκρασία χρώματος κατά CIE
(Πηγή: www.ktirio.gr)

Η σχετική θερμοκρασία χρώματος του φωτός είναι ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο το χαρακτήρα της επέμβασης. Καθορίζει το θερμό ή ψυχρό φωτισμό αλλά και την ανάδειξη του υλικού της όψης. Κατά κανόνα ενδείκνυται να χρησιμοποιείται θερμό φως (2.000-3.000K) για υλικά με στοιχεία χρώματος κίτρινο-κόκκινο, όπως για παράδειγμα το τούβλο, το κεραμίδι, το ξύλο, και ψυχρό φως (5300-6.000K) για υλικά με ψυχρούς τόνους, όπως το μάρμαρο, ο γρανίτης, το σκυρόδεμα.[21]

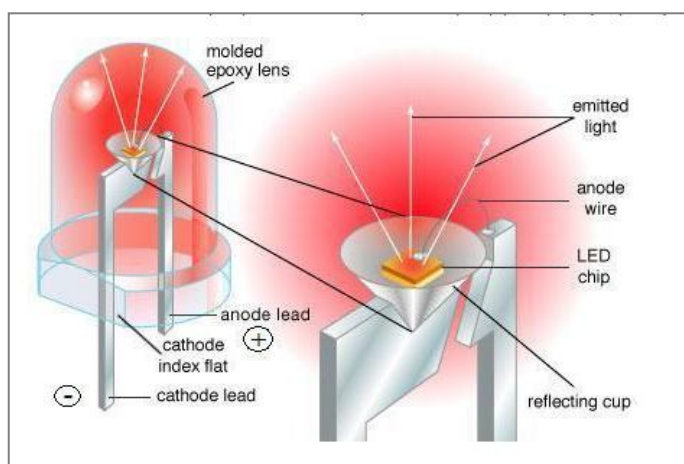
2.3.2 Τεχνολογία LED

Η κατάργηση των λαμπτήρων πυράκτωσης στην Ευρώπη, δημιουργεί την ανάγκη για νέες, ενεργειακά αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες φωτισμού. [25] Κύριος λόγος ακόμα για την ανάγκη αυτή, της δημιουργίας ενεργειακά αποτελεσματικών προϊόντων, είναι και το αυξανόμενο κόστος της ενέργειας αλλά και η προσπάθεια του ανθρώπου να περιορίσει τις αιτίες του φαινομένου του θερμοκηπίου.[27]

Ο φωτισμός στερεάς κατάστασης (Solid State Lighting, SSL) είναι η πιο πρωτοποριακή τεχνολογία που αναδύεται στην αγορά. Βασίζεται σε φως εκπεμπόμενο από ημιαγώγιμα υλικά, τα οποία μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε φως, και περιλαμβάνει τις διόδους φωτισμού LED και OLED.[25] Η προώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας με βάση το φωτισμό LED αποτελεί βασικό στόχο του Ψηφιακού Θεματολογίου για την Ευρώπη (IP/10/581, MEMO/10/199, MEMO/10/200).[26] Οι κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο εισάγουν νομοθετικές ρυθμίσεις για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης ή και κατάργηση ενεργοβόρων προϊόντων και η βιομηχανία του φωτισμού ανταποκρίνεται επενδύοντας τεράστια ποσά στην εξέλιξη αποδοτικότερων τεχνολογιών. Η ανακάλυψη των LED φέρνει επανάσταση στην αγορά φωτισμού και μεταλλάσσει την βιομηχανία.[28]

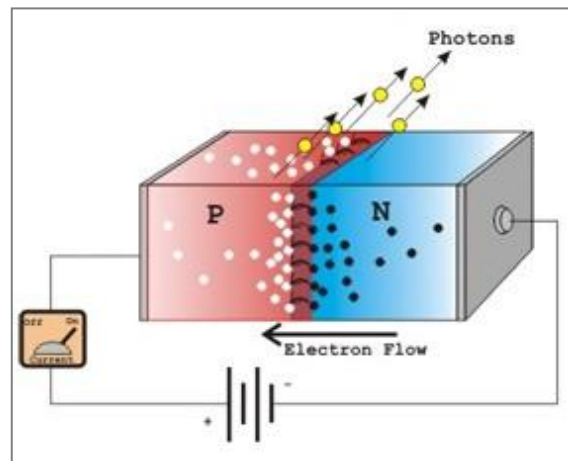
2.3.2.1 Φωτοεκπέμπουσες διόδους

Οι φωτοεκπέμπουσες διόδους (Light emission diode/ LED) είναι συνδυασμός ημιαγωγών p-n και όταν εφαρμοσθεί τάση στους δύο ημιαγωγούς, εκπέμπεται ακτινοβολία. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μπορεί να είναι είτε υπέρυθρη είτε ορατή. Το τελικό επιθυμητό χρωματικό αποτέλεσμα προκύπτει από τον συνδυασμό ημιαγωγικών υλικών.



Εικόνα 2.14: Απεικόνιση της κατασκευαστικής δομής ενός LED
(Πηγή: <http://www.lightingexpert.gr/>)

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα στοιχεία των LED είναι ημιαγωγία υλικά, υψηλής καθαρότητας με μικρές ποσότητες προσθέτων. Τα δύο κύρια υλικά όπως αναφέρεται παραπάνω είναι ο ημιαγωγός τύπου-n και τύπου-p, που έχουν συγκεντρωμένη περίσσεια ηλεκτρονίων και συγκεντρωμένο έλλειμμα ηλεκτρονίων ή περίσσεια οπών (θετικά φορτία), αντίστοιχα. Τα δύο αυτά υλικά διαχωρίζονται μέσα στο ίδιο κομμάτι του ημιαγωγού, σχηματίζοντας ανάμεσά τους διεπιφάνεια (junction), όπως φαίνεται στην εικόνα 2.12. Η διεπιφάνεια είναι της τάξης των 0.25 mm^2 , το οποίο δίνει την δυνατότητα κατασκευής λαμπτήρων μικρών και λεπτών.



Εικόνα 2.15: LED p-n junction

(Πηγή: LED, Μωραΐτης ABEE, 2013)

Κατά την εφαρμογή της τάσης στα δύο ηλεκτρόδια, προκαλείται μετακίνηση των ηλεκτρονίων και των οπών προς την διεπιφάνεια, όπου κατά την επαφή τους προκαλείται παραγωγή φωτονίων. Η εφαρμοζόμενη τάση είναι 1-3 V και το ρεύμα που ρέει είναι 1-100 mA. Κατά την λειτουργία τους σε περιβάλλον υψηλής θερμοκρασίας απαιτείται ψύξη ή διακοπόμενη λειτουργία, για να αποφευχθεί υποβάθμιση του παραγόμενου φωτός.

Το τελικό οπτικό αποτέλεσμα των λαμπτήρων LED εξαρτάται από το υλικό των ημιαγωγών, τα πρόσθετα και το περίβλημα του φωτιστικού σώματος. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως ημιαγωγοί είναι ενώσεις φωσφόρου, αργιλίου, γαλλίου και ινδίου ή ενώσεις αργιλίου, γαλλίου και αρσενίου. [22,29]

2.3.2.2 Πλεονεκτήματα SSL

Η τεχνολογία SSL και πιο συγκεκριμένα τα LED αποτελεί τεχνολογικό άλμα για τον φωτισμό από πολλές βασικές απόψεις:

Ενεργειακή απόδοση: Τα νέα προϊόντα SSL είναι ενεργειακά εξίσου αποδοτικά με τα πλέον προηγμένα αντίστοιχα προϊόντα (λαμπτήρες φθορισμού ή αλογόνου) που προσεγγίζουν το βέλτιστο επίπεδο απόδοσης το οποίο είναι δυνατόν να επιτύχουν. [25]. Η ενεργειακή απόδοσή τους όμως συνεχώς βελτιώνεται, μειώνοντας ταυτόχρονα το ενεργειακό κόστος έως 70%.

Ποιότητα φωτισμού και οπτική άνεση: Η τεχνολογία SSL προσφέρει υψηλής ποιότητας φωτισμό και οπτική άνεση από πλευράς απόδοσης χρωμάτων και δυναμική ρύθμιση (φάσματος του φωτός, στιγμιαίας έναυσης/σβέσης και αυξομείωσης έντασης φωτισμού). [25] Τα LED έχουν γρήγορη απόκριση. Μια τυπική κόκκινη LED μπορεί να έρθει σε κατάσταση πλήρους φωτεινότητας σε χρόνο microsecond. Τα LED που χρησιμοποιούνται ως συσκευές επικοινωνίας έχουν ακόμα μικρότερους χρόνους απόκρισης.[27]

Χρόνος ζωής: Η τεχνολογία SSL έχει μακρά διάρκεια ζωής.[25] Εξαλείφεται έτσι η ανάγκη για συντήρηση και συχνή αντικατάσταση όπως απαιτείται στα παραδοσιακά συστήματα φωτισμού. Επειδή τα LED για να παράγουν φωτισμό δε στηρίζονται στην πυράκτωση νήματος (όπως οι κοινές λάμπες) αλλά στη μεταπήδηση ηλεκτρονίων (από την κάθοδο στην άνοδο του LED), η διάρκεια ζωής τους είναι πολλαπλάσια μιας λάμπας πυρακτώσεως.[31] Πιο συγκεκριμένα, οι ώρες λειτουργίας των LED κυμαίνονται από 35.000 έως 50.000 ώρες, αριθμός τεράστιος συγκριτικά με αυτόν των λαμπτήρων πυράκτωσης που κυμαίνεται από 1.000 έως 2.000 ώρες και των λαμπτήρων φθορισμού που κυμαίνεται από 6.000 έως 10.000 ώρες [27]

Μέγεθος: Τα LED είναι πολύ μικρά (μικρότερα από 2mm) και μπορούν να τοποθετηθούν σε πινάκες αποτύπωσης [27]

Τοξικότητα: Σε αντίθεση με τις ενεργειακές, οι φωτεινές πηγές LED είναι απαλλαγμένες από καρκινογόνες ουσίες. Δεν περιέχουν κάδμιο και υδράργυρο και δεν εκπέμπουν ακτινοβολία. [25,27]

Αντίσταση σε κραδασμούς: Τα LED, όντας στοιχεία στερεάς κατάστασης, είναι δύσκολο να υποστούν ζημιά από κραδασμούς όπως συμβαίνει με τις λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού.[25]

Εκπομπή πολύ λιγότερης θερμότητας: Σε αντίθεση με τις κοινές πηγές φωτός, τα LED εκπέμπουν πολύ λίγη θερμότητα σε μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας που μπορεί να προκαλέσει ζημιά σε ευαίσθητα αντικείμενα ή κατασκευές. [27] Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε πολύ μεγάλο ποσοστό, σε θερμότητα και όχι σε φως. Τα LED, μετατρέπουν σε πολύ μεγάλο ποσοστό την ενέργεια που τους δίνουμε σε φως, έχοντας μικρότερες απώλειες.[31] Η ενέργεια που χάνεται διαχέεται ως θερμότητα μέσω της βάσης του LED.[27]

Διατήρηση μέχρι τέλους 100% της απόδοσής: Τα LED εκπέμπουν από την αρχή το 100% της φωτεινότητάς τους και διατηρούν μέχρι τέλους την απόδοση φωτισμού που είχαν από την πρώτη μέρα λειτουργίας τους (μέγιστη απώλεια 1%). Οι κοινοί λαμπτήρες τίθενται σε λειτουργία σταδιακά όπως και σταδιακά μειώνουν την απόδοσή τους παρέχοντας χαμηλή ποιότητα φωτισμού, πράγμα το οποίο οδηγεί στην πρόωρη αντικατάστασή τους. [31]

Είναι αντιαεκρηκτικά: Τα προϊόντα SSL είναι αντιαεκρηκτικά και οι πλακέτες τους δεν εκρήγνυνται. Στην ουσία η τάση των LED είναι πολύ χαμηλή και έτσι δεν υπάρχει κίνδυνος έκρηξης. Αλλά ακόμα και στις περιπτώσεις που μπορεί να είναι παραπάνω, υπάρχει πλακέτα που τα προστατεύει από έκρηξη (μέχρι 275V). Ακόμα και να δημιουργηθεί σπινθήρας δε βγαίνει προς τα έξω, αφού δεν υπάρχει αέριο για να διαδοθεί η φλόγα αλλά και η πλακέτα των λαμπτήρων LED είναι καλυμμένη από υλικό το οποίο έχει την ιδιότητα να μη μεταδίδει φλόγα προς τα έξω σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.[30]

Βελτιωμένη άνεση και ευεξία: Σε προϊόντα SSL είναι εύκολη η ρύθμιση της έντασης και του χρώματος, ώστε να είναι δυνατή η προσαρμογή του φωτισμού ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής ή τις προσωπικές επιθυμίες των χρηστών. Επιπλέον, από τις υπό εξέλιξη μελέτες, προκύπτει ότι οι συνθήκες περιβάλλοντος φωτισμού που δημιουργούν μερικοί λαμπτήρες LED συμβάλλουν στην ευεξία και βελτιώνουν τις συνθήκες μάθησης και εργασίας (π.χ. σε σχολεία και γραφεία), και επηρεάζουν θετικά τη ζωτικότητα των ανθρώπων, τη ικανότητα συγκέντρωσής τους και την εγρήγορση. [25]

Σχεδιασμός και αισθητική: Η τεχνολογία SSL προσφέρει στους μελετητές φωτισμού σχεδόν απεριόριστη ελευθερία για την ανάπτυξη νέων ιδεών φωτισμού και παραμέτρων σχεδιασμού. Καθιστά δυνατές νέες μορφές φωτιστικών σωμάτων και συστημάτων φωτισμού καθώς και την πλήρη ένταξή τους σε δομικά στοιχεία (τοίχους, οροφές, παράθυρα).[25]

Καινοτομία και νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες: Ο συνδυασμός και η αξιοποίηση της ευρείας κλίμακας χαρακτηριστικών και οφελών της τεχνολογίας SSL αποφέρει πολλές νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες για τον κλάδο. Αποφέρει ακόμα αλλαγές του τύπου επιχειρηματικών δραστηριοτήτων από την πώληση πηγών φωτός και φωτιστικών σωμάτων.[25]

Εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που εμφανίζουν τα LED, βρίσκουν πλήθος εφαρμογών που ολοένα και αυξάνονται, τόσο διακοσμητικό όσο και στον αρχιτεκτονικό φωτισμό.

2.3.2.3 Προβλήματα που αφορούν στην αφομοίωση των προϊόντων

Στην αγορά υπάρχει ένα ευρύ φάσμα προϊόντων SSL που είναι προσαρμοσμένα στις ανάγκες των διαφόρων χρηστών. Εξακολουθούν όμως να υπάρχουν πολλά προβλήματα στην αφομοίωση των προϊόντων SSL από τους καταναλωτές, τους επαγγελματίες και την τοπική αυτοδιοίκηση. Τα κυριότερα προς αντιμετώπιση ζητήματα είναι τα ακόλουθα:

Προϊόντα LED κακής ποιότητας: Σε κάποιες περιπτώσεις έχει διαπιστωθεί ότι η πραγματική διάρκεια ζωής προϊόντων LED είναι πολύ συντομότερη από την αναφερόμενη στη συσκευασία του προϊόντος και ότι γίνεται εκπομπή χαμηλής ποιότητας ψυχρού λευκού φωτός. Τα προϊόντα αυτά δεν περνούν κυρίως από

ελέγχους ποιότητας και δε μελετάται η ψύξη τους για να βελτιωθούν και έτσι δυσχεραστούν τους καταναλωτές. Τα κράτη μέλη είναι αρμόδια για την παρακολούθηση της απόδοσης και της ασφάλειας των προϊόντων που πωλούνται στην αγορά της ΕΕ και φέρουν τη σήμανση CE (εποπτεία της αγοράς). Η ύπαρξη λοιπόν αποτελεσματικού συστήματος εποπτείας της αγοράς αποτελεί προϋπόθεση για την αφομοίωση υψηλής ποιότητας προϊόντων LED από την αγορά της ΕΕ.[25] Σύμφωνα με τον κανονισμό επίσης 1194/2012 (ΕΕ) καθορίζονται κυρίως τα παρακάτω και πρέπει να εφαρμόζονται για όλα τα προϊόντα τεχνολογίας LED, τις διατάξεις ελέγχου τους και το συναφή εξοπλισμό τους.

- Απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τους κατευθυντικούς λαμπτήρες LED και για τις διατάξεις ελέγχου τους.
- Απαιτήσεις λειτουργικότητας των κατευθυντικών λαμπτήρων LED (χρόνος εκκίνησης, συντελεστής συντήρησης της φωτεινής ροής μετά από 6000h, συντελεστής επιβίωσης λαμπτήρα μετά από 6000h, ποσοστό πρόωρης αστοχίας, χρόνος προθέρμανσης έως το 95% της φωτεινής ροής, χρωματική απόδοση, συντελεστής ισχύος
- Απαιτήσεις λειτουργικότητας για εξοπλισμό σχεδιασμένο προς εγκατάσταση μεταξύ του δικτύου παροχής ρεύματος και λαμπτήρων.
- Απαιτήσεις για την παροχή πληροφοριών σχετικά με τους κατευθυντικούς λαμπτήρες LED: Πληροφορίες που πρέπει να αναγράφονται επί του λαμπτήρα (αριθμητική τιμή και μονάδα ονομαστικής ωφέλιμης φωτεινής ροής, θερμοκρασία χρώματος και της ονομαστικής γωνίας δέσμης).
- Πληροφορίες για το προϊόν που πρέπει να αναγράφονται στη συσκευασία και σε ιστότοπους (αριθμητική τιμή και μονάδα ονομαστικής ωφέλιμης φωτεινής ροής, θερμοκρασία χρώματος, ονομαστική γωνία δέσμης, ονομαστική διάρκεια ζωής του λαμπτήρα σε ώρες, διαστάσεις του λαμπτήρα, κ.α.)
- Πρόσθετες απαιτήσεις για την παροχή πληροφοριών σχετικά με τους λαμπτήρες LED προς αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού χωρίς ενσωματωμένο στραγγαλιστικό πηνίο.
- Απαιτήσεις για την παροχή πληροφοριών σχετικά με εξοπλισμό πλην φωτιστικών σχεδιασμένων προς εγκατάσταση μεταξύ του δικτύου παροχής ρεύματος και λαμπτήρων.
- Απαιτήσεις πληροφοριών προϊόντος για εργαλεία ελέγχου λαμπτήρων.
- Διαδικασία επαλήθευσης των δηλωμένων από τον κατασκευαστή τεχνικών χαρακτηριστικών των λαμπτήρων LED. [64]

Υψηλό αρχικό κόστος αγοράς: Η ταχεία πρόοδος που σημειώνεται στα κατασκευαστικά στοιχεία SSL, τις μεθόδους παραγωγής τους και οι μεγάλες επενδύσεις από διάφορες εταιρίες, οδηγούν στην πτώση του κόστους των SSL κατά ποσοστό 30% ανά έτος. Στο άμεσο μέλλον όμως, οι λαμπτήρες LED θα εξακολουθήσουν να είναι ακριβότεροι και πάλι από τις λοιπές τεχνολογίες φωτισμού. Θα πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ότι οι υψηλής ποιότητας LED έχουν μικρότερο κόστος συντήρησης επειδή προσφέρουν μακρά

διάρκεια ζωής. Έτσι οι επαγγελματικοί κυρίως χρήστες πρέπει να αποφασίζουν για την αγορά των προϊόντων φωτισμού τους με βάση τον υπολογισμό του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας (total cost of ownership,TCO). [25,32]

Οι χρήστες κατά κανόνα δεν έχουν πλήρη επίγνωση των πλεονεκτημάτων και των δυνατοτήτων των τεχνολογιών SSL: Οι χρήστες δεν αντιλαμβάνονται ακόμη ότι η SSL είναι τεχνολογία χαμηλών εκπομπών άνθρακα και δεν είναι σε θέση να σταθμίσουν το κόστος του φωτισμού SSL σε σύγκριση με τα πλεονεκτήματά του.[25]

Ανεπαρκής ή κακή ενημέρωση σχετικά με τα εν λόγω προϊόντα: Όταν οι καταναλωτές αποφασίζουν να αγοράσουν προϊόντα SSL, δυσκολεύονται να επιλέξουν το σωστό προϊόν, διότι πρέπει να κατανοήσουν διάφορες τεχνικές ιδιότητες οι οποίες δεν αναφέρονται ή, συχνά, δεν εξηγούνται καλά στη συσκευασία του προϊόντος [25]

Βιολογικά αποτελέσματα φωτός στον ανθρώπινο οργανισμό (ο «κίνδυνος κυανού φωτός»): Έχουν εκφραστεί ανησυχίες για τις επιπτώσεις που έχει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα η κυανή φασματική συνιστώσα του φωτός των LED λόγω φωτοχημικών αντιδράσεων. Η φωτοαμφιβληστροειδίτιδα, φωτοχημική βλάβη στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, είναι η σημαντικότερη επιπλοκή που μπορεί να προκληθεί από υψηλή εισερχόμενη στο μάτι ενέργεια με μήκη κύματος στην μπλε και ιώδες περιοχή του ορατού φάσματος. Στην ουσία ο κίνδυνος για φωτοχημικές βλάβες στον αμφιβληστροειδή μεγιστοποιείται στα 440nm ενώ μειώνεται κατά μεγάλο βαθμό πάνω από τα 500nm. Το μπλε τμήμα του φάσματος το φωτός που εκπέμπουν τα LED συμβάλλει ακόμα στην νυχτερινή καταστολή της μελατονίνης, που αποτελεί ορμονικό προϊόν της επίφυσης. Στο φαινόμενο αυτό αποδίδουν πολλές επιδημιολογικές μελέτες την αύξηση του αριθμού των ασθενών με καρκίνο οι οποίοι εκτίθενται καθημερινά σε τεχνητό φως. Θα πρέπει επομένως με τη χρήση κάποιου ειδικού περιβλήματος να φιλτράρονται οι ακτινοβολίες που εκπέμπουν τα LED στην περιοχή 440-540nm καθώς οι ακτινοβολίες με αυτά τα μήκη κύματος έχουν την μεγαλύτερη επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό.[65]

Ταχεία τεχνολογική απαξίωση: Οι χρήστες δίσταζαν στο παρελθόν να επενδύσουν σε SSL λόγω της πτώσης των τιμών και της ραγδαίας τεχνολογικής βελτίωσης (κάθε 18-24 μήνες διπλασιασμός της φωτεινής απόδοσης των LED στα εργαστήρια [25,32]. Τα τελευταία χρόνια δεν διστάζουν στο ίδιο βαθμό και στο εξωτερικό υπάρχει πλέον αυξημένη ζήτηση των συγκεκριμένων προϊόντων.

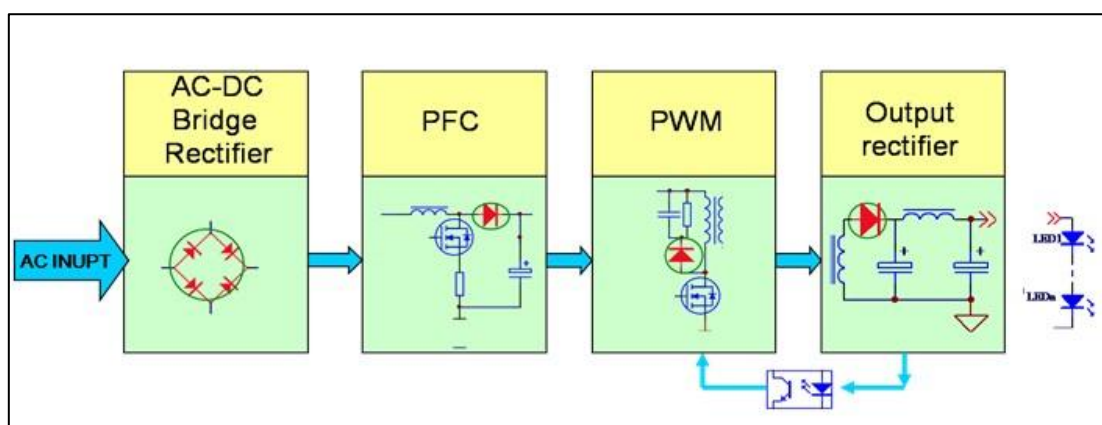
2.4 Φωτιστικά σώματα

Τα φωτιστικά σώματα, αποτελούν εργαλεία στα χέρια του σχεδιαστή για τη δημιουργία ενδιαφέροντος φωτιστικού συνόλου. Σημαντικό στοιχείο σε μια μελέτη φωτισμού είναι ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών και των προδιαγραφών των φωτιστικών σωμάτων.

2.4.1 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών και προδιαγραφών φωτιστικών σωμάτων

Βασικά στοιχεία που αποτελούν το φωτιστικό σώμα: Είναι η φωτεινή πηγή, ο ανακλαστήρας, το διαφανές κάλυμμα της διάταξης και το σώμα. Οι λαμπτήρες εκκένωσης και φθορισμού απαιτούν και συσκευές ελέγχου της τάσης του ρεύματος, οι οποίες συνήθως τοποθετούνται και αυτές μέσα στο φωτιστικό σώμα.

Οι φωτεινές πηγές LED απαιτούν ειδικές συσκευές για την επίτευξη σωστής λειτουργίας τους. Τα LED είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν σε χαμηλή τάση (12-24V) και συνεχές ρεύμα. Το δίκτυο παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα και τάση που κυμαίνεται από 120-277 V . Οι LED drivers λοιπόν μετατρέπουν την υψηλή τάση και το εναλλασσόμενο ρεύμα σε χαμηλή τάση και συνεχές ρεύμα αντίστοιχα. Για την επίτευξη αυτού του στόχου βασικό δομικό στοιχείο του driver είναι μία ανορθωτική διάταξη, όπως για παράδειγμα ένας ανορθωτής γέφυρας. (Εικόνα 2.16) Το DC ρεύμα στην έξοδο του ανορθωτή μεταβιβάζεται σε μία διάταξη διόρθωσης συντελεστή ισχύος (PFC). Το εν λόγω κύκλωμα βελτιώνει το συντελεστή ισχύος της διάταξης, καθώς η λειτουργία με έναν χαμηλό συντελεστή ισχύος θα οδηγούσε σε μη αποδοτική χρήση ενέργειας και κατ' επέκταση σε αυξημένο λειτουργικό κόστος αλλά και χαμηλή απόδοση. Σε περίπτωση που είναι επιθυμητό να αυξομοιωθεί η ένταση φωτισμού του LED χρησιμοποιείται ένα κύκλωμα PWM, η έξοδος του οποίου είναι ένας τετραγωνικός παλμός. Μεταβάλλοντας τον κύκλο λειτουργίας (duty cycle) του παλμού αυτού επιτυγχάνεται η επιθυμητή τάση εξόδου. Τέλος, παρεμβάλλεται ένας ανορθωτής για την τελική σταθεροποίηση και εξομάλυνση της τάσης εξόδου. [66]



Εικόνα 2.16: Τυπική διάταξη ενός LED driver.

(Πηγή: <http://www.thinkisemi.com/join.php?cid/14.htm>)

Ο ανακλαστήρας χρησιμεύει στη συγκέντρωση της φωτεινής ακτινοβολίας και κατεύθυνσή της προς την επιθυμητή περιοχή φωτισμού. Κατασκευάζεται από αλουμίνιο. Το διαφανές κάλυμμα κατασκευάζεται από γυαλί ή πλαστικό (μόνο γυαλί για υψηλή ισχύ λαμπτήρα). Με την ύπαρξη των οπτικών βοηθημάτων που προαναφέρθηκαν γίνεται πλέον σαφές ότι η ολική απόδοση και τα χαρακτηριστικά

του παραγόμενου φωτισμού δεν εξαρτώνται μόνο από την φωτεινή πηγή, αλλά και από το σχεδιασμό ολόκληρου του φωτιστικού σώματος, το οποίο λειτουργεί ως ενιαίο σύνολο.[22,33] Αξίζει να σημειωθεί ότι το σημαντικότερο στοιχείο ενός φωτιστικού σώματος είναι το κάτοπτρο, το οποίο ελέγχει τη φωτεινή ροή και της δίνει συγκεκριμένη διεύθυνση και ένταση. Το αποτέλεσμα εξαρτάται από τη μορφή του (παραβολικό, ελλειπτικό, υπερβολικό, σφαιρικό) και την ειδική επεξεργασία που δέχεται η επιφάνειά του. Στα φωτεινές πηγές LED είναι προσαρμοσμένοι φακοί ως οπτικά συστήματα σε αντίθεση με τα συμβατικά φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούν την τεχνολογία του ανακλαστήρα.

Επίσης, για την αποφυγή της θάμβωσης του παρατηρητή και της διάχυσης του φωτός στην ατμόσφαιρα (φαινόμενο φωτορύπανσης), σε κάποιες περιπτώσεις απαιτείται η χρήση κατάλληλων ανακλαστήρων, φακών, σκιάστρων και αντιθαμβωτικών περσίδων στο φωτιστικό σώμα. Κατά αυτό τον τρόπο μειώνονται τα παραπάνω φαινόμενα, αφού περιορίζεται η φωτεινή δέσμη στα όρια της επιφάνειας που είναι επιθυμητό να φωτιστεί και μειώνεται η ποσότητα του φωτός που χάνεται προς τα επάνω. [21]

Βασικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων: Αφορούν στον τόπο τοποθέτησης, τον τρόπο τοποθέτησης, τα είδη των λαμπτήρων που δέχονται, τον τρόπο εκπομπής του φωτός (τύπος φωτισμού) και την καταλληλότητα χρήσης των φωτιστικών σωμάτων σε εσωτερικό ή εξωτερικό υπαίθριο χώρο.[14,17] Ακόμη, πολύ σημαντικό είναι το σχήμα, το χρώμα και οι διαστάσεις του φωτιστικού σώματος για την καλύτερη ενσωμάτωση του εξοπλισμού στα δομικά υλικά του κτιρίου, με στόχο να είναι ορατά μόνο τα αποτελέσματα του φωτισμού και όχι οι φωτεινές πηγές.[21]

Συντελεστής Απόδοσης Φωτιστικού LOR (Light output ratio): Δείχνει τι ποσοστό από την φωτεινή ροή του λαμπτήρα που έχει τοποθετηθεί στο φωτιστικό εκπέμπεται στο περιβάλλον. Σημαντικότερος παράγοντας στην επιλογή των φωτιστικών δείχνει ότι την διαφορά στον φωτισμό δεν την κάνουν οι λαμπτήρες, αλλά τα φωτιστικά (η οπτική και η καθαρότητα του φακού). Για παράδειγμα προκειμένου να διαλέξουμε ανάμεσα στο Α και το Β φωτιστικό αν έχουν το $A = LOR = 70\%$ και το $B = LOR = 68\%$ συγκρίνουμε περίπου ισοδύναμα. Αν όμως το $B = LOR = 34,7\%$ τότε απαιτούνται δύο Β για να έχουμε ίδιο φωτισμό.[7,35]

Συντελεστής Χρησιμοποίησης CU (Coefficient of Utilization): Καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο αποδίδεται το φως στο επίπεδο εργασίας από το φωτιστικό σώμα. Ο Συντελεστής Χρησιμοποίησης δεν είναι ένα μέγεθος που εξαρτάται μόνο από το είδος του φωτιστικού (κατασκευαστική μορφή) αλλά και από και από τη γεωμετρία και τη μορφή των επιφανειών του χώρου.[22,33]

Κατηγοριοποίηση IP: Στην επιλογή του φωτιστικού σώματος σημαντικός παράγοντας είναι ο βαθμός προστασίας IP. Πρόκειται για έναν δείκτη που καθορίζεται από τους κανονισμούς EN 60529 και χαρακτηρίζεται από δύο

αριθμητικά ψηφία, που φανερώνουν την προστασία του φωτιστικού ενάντια στη διείσδυση στερεών σωματιδίων και στη διείσδυση υγρών, αντίστοιχα. Για χρήση σε εξωτερικό χώρο το φωτιστικό οφείλει να έχει δείκτη τουλάχιστον IP54. [22,34] Οι διάφορες περιπτώσεις του βαθμού προστασίας, παρατίθενται στον πίνακα 2.3

Περιγραφή βαθμού προστασίας			
Ψηφίο 1		Ψηφίο 2	
Προστασία έναντι στερεών σωματιδίων		Προστασία έναντι υγρών	
0	Δεν παρέχει προστασία έναντι στερεών σωματιδίων	0	Καμία προστασία
1	Προστασία σε κάθε μεγάλη επιφάνεια Του σώματος όπως το πίσω μέρος του χεριού, αλλά δεν παρέχει προστασία ενάντια σε σκόπιμη επαφή με ένα μέρος του σώματος	1	Σταγόνες νερού (σε κάθετη πρόπτωση) δεν επιφέρουν κανένα αρνητικό αποτέλεσμα.
2	Προστασία σε δάχτυλα ή αντικείμενα παρόμοιου μεγέθους	2	Σταγόνες νερού που πέφτουν σε θωράκιση με κλίση 15° δεν επιφέρουν αρνητικό αποτέλεσμα
3	Προστασία σε εργαλεία, χονδρά καλώδια κ.λ.π.	3	Νερό που ψεκάζεται με κλίση έως 60° δεν επιφέρει αρνητικό αποτέλεσμα
4	Προστασία σε εργαλεία, καλώδια μεγαλύτερα από 1 mm πάχος. Προστασία ενάντια στην είσοδο μικρών ξένων σωμάτων.	4	Το υγρό που έρχεται από οποιαδήποτε κατεύθυνση δεν έχει βλαπτική επίδραση
5	Πλήρη προστασία στην επαφή αντικειμένων. Προστασία σε καταστροφικά αποθέματα σκόνης. Η σκόνη μπορεί να εισχωρεί αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό	5	Το νερό που εκτοξεύεται από έναν ψεκαστήρα δεν έχει βλαπτική επίδραση
		6	Όλα τα παραπάνω και προστασία έναντι συνθηκών θάλασσας.
6	Πλήρη προστασία στην επαφή αντικειμένων. Πλήρη προστασία στη σκόνη.	7	Προστασία στη μερική βύθιση μέσα σε νερό: το νερό δεν πρέπει να εισχωρεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και χρόνου.
		8	Προστασία έναντι αορίστου χρόνου στη βύθιση μέσα σε νερό κάτω από συγκεκριμένες πιέσεις (π.χ. για φωτιστικά πισίνας)

Πίνακας 2.3: Προσδιορισμός βαθμού προστασίας [19]

2.4.2 Διατάξεις στήριξης φωτιστικών σωμάτων

Σημαντικό βήμα της σχεδίασης φωτισμού είναι η επιλογή κατάλληλων θέσεων των φωτιστικών σωμάτων και αντίστοιχα των διατάξεων στήριξης τους, ώστε να τοποθετηθούν τα φωτιστικά στις θέσεις αυτές.

Για την τοποθέτηση του φωτιστικού σώματος λοιπόν στο επιθυμητό σημείο χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις πρόσθετες διατάξεις στήριξης. Συχνές είναι οι περιπτώσεις όπου το φωτιστικό σώμα στηρίζεται είτε σε υπάρχοντες ιστούς ή κατασκευές με την χρήση απλώς ενός βραχίονα (φωτισμό δρόμων, πάρκων, πλατειών), είτε απευθείας, χωρίς βραχίονα (σήραγγες).

Αν χρησιμοποιηθεί ολοκληρωμένη διάταξη στήριξης αυτή αποτελείται συνήθως από δύο επιμέρους τμήματα, τον ιστό και το βραχίονα. Τα υλικά κατασκευής ενός συνήθους ιστού ηλεκτροφωτισμού είναι το αλουμίνιο και ο γαλβανισμένος ή ο ανοξείδωτος χάλυβας. Για την προστασία του υλικού πολλές φορές ο ιστός βάφεται ή επικαλύπτεται από πλαστικό. Επίσης, συχνά χρησιμοποιείται και το οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο όμως, αντιμετωπίζει προβλήματα διάβρωσης, ειδικά σε

παραθαλάσσιες περιοχές. Οι διατομές των ιστών μπορεί να είναι κυκλικές, σταθερής ή μεταβλητής διαμέτρου και πολυγωνικές (οι ιστοί από σκυρόδεμα είναι πάντα κυκλικής διατομής). Για την στήριξή τους, οι ιστοί από σκυρόδεμα εμπύγνιονται στο έδαφος, ενώ οι μεταλλικοί κοχλιώνονται σε βάση από σκυρόδεμα. Ο βραχίονας στήριξης του φωτιστικού σώματος στηρίζεται στην κορυφή του ιστού. Μπορεί να είναι ευθύγραμμος, με καμπύλη, οριζόντιος ή ελαφρά κεκλιμένος. Το μήκος του κυμαίνεται από 0.5 έως 4.5 m, ανάλογα με την απόσταση του ιστού από το έδαφος και την επιθυμητή θέση του φωτιστικού σώματος σε σχέση με αυτό. Οι βραχίονες μπορεί να είναι μονοί ή διπλοί.[22]

Για το φωτισμό προσόψεων κτιρίων, οι πιο συνηθισμένοι τρόποι στήριξης των φωτιστικών μπορεί να είναι στις κολώνες των φωτιστικών δρόμου, σε ειδικές κολώνες για το σκοπό αυτό, στην οροφή κάποιου γειτονικού κτιρίου, με μπράτσα στην πρόσοψη του κτιρίου (εάν δεν πρόκειται για ιστορικό κτίριο), χωνευτά στο έδαφος και στο έδαφος πίσω από τοίχιο χαμηλού ύψους. [36] Τα χωνευτά φωτιστικά είναι κατασκευασμένα συνήθως από μπρούτζο και έτσι δεν επηρεάζονται από τη διάβρωση που προκαλούν τα άλατα του εδάφους, όταν αυτό είναι όξινο ή αλκαλικό. Πολλά χωνευτά φωτιστικά ακόμα συνοδεύονται από ειδικό πλαστικό περίβλημα που περιβάλλει το κυρίως μεταλλικό σώμα τους, έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή με το έδαφος.[37]

Ένα τοπίο, όπως μία παραλία ή ένα λιβάδι, φαίνεται γλυκό και ήρεμο το ξημέρωμα, έντονο, χαρούμενο και ζωντανό το μεσημέρι, γίνεται σαγηνευτικό και ελκυστικό στο σούρουπο και μοιάζει ήσυχο και πράο το βράδυ με πανσέληνο. Από την άλλη μεριά, δείχνει μουντό μια βροχερή συννεφιασμένη μέρα και γίνεται τρομακτικό την νύκτα με καταιγίδα. Το τοπίο όμως είναι το ίδιο και δεν αλλάζει. Αυτό που αλλάζει είναι ο φυσικός φωτισμός του και έτσι αλλάζει και η όψη του τοπίου όπως και η δική μας διάθεση. Με τον ίδιο τρόπο επηρεάζει και ο τεχνητός φωτισμός έναν εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο. Μπορεί να υποβαθμίσει ή να αναδείξει το περιβάλλον, να αλλοιώσει ή να τονώσει τα χρώματα, να εξαφανίσει ή να τονίσει σημαντικές λεπτομέρειες, να μας φτιάξει ή να μας χαλάσει τη διάθεση, να μας επηρεάσει θετικά ή αρνητικά.

Τα ιστορικά μνημεία και κτίρια που βρίσκονται στην καρδιά κάθε τόπου, είναι τα καλύτερα παραδείγματα της δημιουργικής ευφυΐας του ανθρώπου. Αποτελούν εξαιρετική μαρτυρία μιας πολιτισμικής παράδοσης που ζει ακόμα ή έχει εξαφανισθεί. Η ανάδειξη λοιπόν της αρχιτεκτονικής δημιουργίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς ακόμα και τις νυχτερινές ώρες θεωρείται πλέον κομμάτι του πολιτισμού της πόλης και της κοινωνίας. Ο τεχνητός φωτισμός τους μπορεί να τα υποβαθμίσει ή να τα φέρει στο προσκήνιο δημιουργώντας σημείο αναφοράς για προσανατολισμό, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την εικόνα την πόλης ή να ενισχύσει την ταυτότητα της πόλης, να προσδώσει αποχρώσεις που κάνουν το τοπίο να χάνει τη γοητεία του ή να το ζωντανεύουν.

3.1 Τα μνημεία και τα ιστορικά κτίρια ως βασικά στοιχεία Στρατηγικού Σχεδίου Ανάπτυξης Φωτισμού (Lighting Master Plan)

Πριν από τη δεκαετία του 1980 η έννοια της μελέτης αστικού φωτισμού ήταν ανύπαρκτη. Σήμερα έχει αλλάξει η προσέγγιση του φωτισμού και εκπονούνται Στρατηγικά Σχέδια Ανάπτυξης Φωτισμού (Lighting Development Master Plans). Η σύγχρονη προσέγγιση είναι να φωτιστεί η πόλη με διαφορετικές φωτοτεχνικές τυπολογίες και διατάξεις έχοντας σαν αντικείμενο φωτισμού τα συστήματα από τα οποία συντίθεται το αστικό περιβάλλον, όπως είναι τα συμπλέγματα των διαδρόμων, των περιοχών στάσης των πεζών και των περιοχών κατοικίας. Η νυχτερινή εικόνα της πόλης δεν νοείται πλέον σαν η απλή συσσώρευση φωτισμένων αρχιτεκτονικών μορφών μέσα σε ένα υπερβολικά φωτισμένο περιβάλλον, αλλά σαν ένα σύνολο μορφών βυθισμένων μέσα στο δικό τους μισοσκοτεινό περιβάλλον. Με άλλα λόγια δεν πρόκειται για τον φωτισμό ενός επιλεγμένου αριθμού σημαντικών όψεων, των πιο σημαντικών για την αστική ταυτότητα και τη συλλογική μνήμη, αλλά για μία άλλη πόλη, τη νυχτερινή πόλη, συμπληρωματική εκείνης που παρουσιάζεται κάτω από το φως του ήλιου και του ουρανού. Επιδιώκεται η συνολική ανάγνωση της πόλης, σε αντιδιαστολή με την έως τώρα αποσπασματική ανάγνωση του αστικού περιβάλλοντος. [38,39,40] Η πόλη διαθέτει πέντε βασικές ενότητες χώρων οι οποίες

αποτελούν και τα βασικά στοιχεία που φωτίζονται και διαμορφώνουν το ιδανικό σύνολο για την επιτυχία ενός master plan ανάπτυξης φωτισμού.[42] Αυτές είναι οι παρακάτω:

- Οι πορείες και διαδρομές (δρόμοι, μονοπάτια, πεζόδρομοι) – προσβάσεις μιας πόλης
- Τα όρια των περιοχών μιας πόλης (ένας ποταμός, μια γέφυρα)
- Οι περιοχές (πάρκα, κήποι)
- Τα κομβικά στοιχεία (πλατείες, σταυροδρόμια)
- Τα ορόσημα (δημόσια κτίρια, εκκλησίες, μνημεία, ιστορικά κτίρια)



Λεωφόροι στη Σαγκάη – Φωτογραφία από τον Paul Rieffer, Your Shot. Οι περίφημοι ανυψωμένοι δρόμοι της Σαγκάης, εντυπωσιακά φωτισμένοι. Στο βάθος διακρίνεται ο φουτουριστικός πύργος Πουντόνγκ (Pudong). (Πηγή: <http://www.youmagazine.gr>)



Dom Luís Bridge, Porto, Portugal,(Πηγή: <https://www.flickr.com>)



Αγία Σοφία – Κωνσταντινούπολη, Τουρκία, (Πηγή: <http://perierra.gr>)

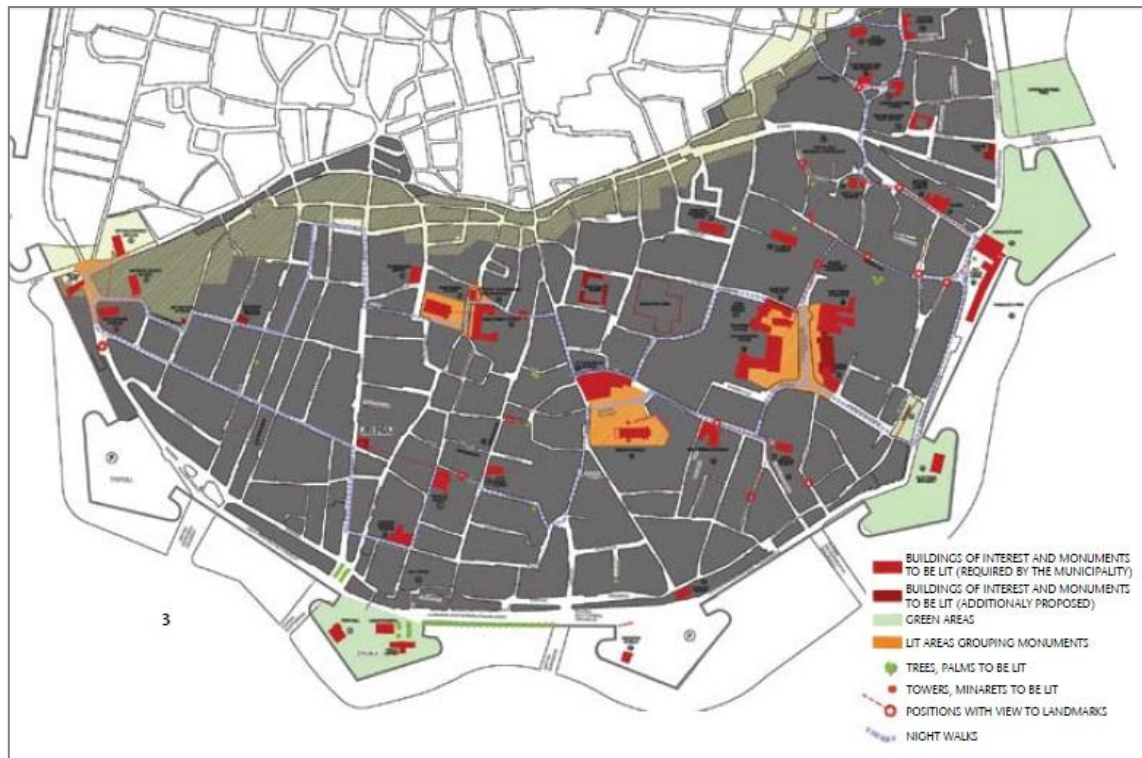


Κολοσσαίο, Ρώμη, (Πηγή: <http://perierga.gr>)

Εικόνα 3.1 : Παραδείγματα βασικών στοιχείων *Lighting Master Plan*

Κύριος σκοπός του σχεδίου αυτού είναι να προσανατολίζονται και να καθοδηγούνται οι άνθρωποι μέσα στην πόλη. Παρατηρώντας το φωτισμό της περιοχής καταλαβαίνουν πώς είναι σχεδιασμένη η πόλη, που είναι τα πάρκα, οι κήποι, και το υδάτινο στοιχείο, αν υπάρχει ιστορικό, παραδοσιακό κέντρο αλλά και ποιες διαδρομές πρέπει να επιλέξουν ώστε να φτάσουν εκεί. Έτσι έχουν την ευκαιρία να ανακαλύψουν κάθε γωνιά νιώθοντας ασφάλεια και σιγουριά για κάθε τους βήμα. Στην ουσία ο φωτισμός λειτουργεί ως μέσο δημιουργίας διαδρομών μέσα στον πολεοδομικό ιστό, τονίζοντας ανάλογα τα κτίρια και τις αξίες τους. Δεν έχει σαν αντικείμενο μελέτης απλά τον αρχιτεκτονικό φωτισμό, το φως σαν τέχνη και τη μελέτη τοποθέτησης των φωτιστικών, αλλά συνδυάζει το δημόσιο φωτισμό με τον ιδιωτικό φωτισμό κατοικιών και εμπορικών καταστημάτων με βιτρίνες ή φωτεινές ταμπέλες. Όλα τα παραπάνω προσπαθεί να τα ενσωματώσει σε ένα νυχτερινό πλάνο. Αυτό δίνει έμφαση στον χαρακτήρα της πόλης, αναβαθμίζει τα αστικά κέντρα προσθέτοντας τους ζωντάνια και ποιότητα ζωής. [39,41]

Τα μνημεία και τα ιστορικά κτίρια αποτελούν τα βασικότερα στοιχεία του lighting master plan. Όχι μόνο δεν μπορούν να απουσιάζουν από το γενικό σχέδιο φωτισμού αλλά αποτελούν το κυριότερα οικοδομήματα στο σχέδιο της πόλης καθώς αυτά αναδεικνύουν την ιδιαιτερότητα του κάθε τύπου και αποτελούν το σημείο αναφοράς σε κάθε νυχτερινή περιπλάνηση. Τα ιστορικά κτίρια ορθώνονται σαν μαρτυρίες του παρελθόντος. Μέσω αυτών σχηματίζεται μία συνολική εικόνα που δεν αντικατοπτρίζει μόνο τις τοπικές παραδόσεις αλλά επίσης και τον πολιτισμό της τοπικής και ευρύτερης κοινότητας. Τα ιστορικά κτίρια αποτελούν κόμβους γύρω από τους οποίους αναπτύσσεται με την πάροδο του χρόνου ένας πυκνός ιστός σχέσεων που διαπερνά το φυσικό, μορφολογικό, λειτουργικό και αισθητικό περιβάλλον.



Εικόνα 3.2: *Lighting Master plan της Λευκωσίας*

Η επιλογή των σημείων έμφασης φωτισμού διέπεται από τους όρους συνοχής του νυκτερινού αστικού τοπίου και των κύριων διαδρομών. Σε μια τόσο επίπεδη πόλη όσο η Λευκωσία φωτίζονται όλοι οι εξέχοντες από τη χαμηλή δόμηση του ιστορικού κέντρου φοίνικες προκειμένου να υποστηριχτεί ο προσανατολισμός των περιηγητών. Τον ίδιο σκοπό εξυπηρετούν και τα ιστορικού ενδιαφέροντος κωδωνοστάσια των εκκλησιών αλλά και οι μιναρέδες των τζαμιών. Τα σημειωμένα με κόκκινα αξιοθέατα φωτίζονται κυρίως στην όψη τους που αφορά την κατεύθυνση προσέγγισης που εγγράφεται με διακεκομμένη στο χάρτη και τις γωνίες θέασης που υποδηλώνονται με αντίστοιχα τόξα. (Πηγή:<http://www.stilvi.gr/wp-content/uploads/2013/02/energy-efficient-urban-lighting.pdf>)



Εικόνα 3.3: *Ben Franklin Lighting Master Plan*
(Πηγή:<http://thelightingpractice.com/>)

3.2 Τεχνητός και αρχιτεκτονικός φωτισμός για την ανάδειξη ιστορικών κτιρίων και μνημείων

Βασικός στόχος σχεδιάζοντας το φωτισμό ενός μνημείου είναι η μετάφραση του αρχιτεκτονικού μηνύματος του. Η σωστή χρήση του φωτισμού προϋποθέτει την μελέτη και κατανόηση του ίδιου του μνημείου και των αξιών που αντιπροσωπεύει. Για αυτόν τον λόγο ο σχεδιασμός του φωτισμού είναι εργασία που απαιτεί την συνεργασία κυρίως μεταξύ του αρχιτέκτονα και του σχεδιαστή φωτισμού. Ο αρχιτέκτονας, ως γνώστης των ρυθμών της αρχιτεκτονικής και του πολεοδομικού σχεδιασμού ενός χώρου, καθορίζει τα στοιχεία του κτιρίου που πρέπει να αναδειχθούν. Ο σχεδιαστής φωτισμού, λαμβάνοντας τα δεδομένα από τον αρχιτέκτονα, θα πρέπει κατά το βέλτιστο τρόπο να αποδώσει τις αξίες του κτιρίου ή του συνόλου κτιρίων, εφαρμόζοντας τις κατάλληλες τεχνικές και μεθόδους και επιλέγοντας τον ανάλογο εξοπλισμό. [14]

Ο τεχνητός φωτισμός χρησιμεύει στην υλοποίηση ορισμένων ιδεών. Αυτές οι ιδέες βασίζονται στις ανθρώπινες ανάγκες και έχουν σκοπό να δώσουν μία ταυτότητα στο μνημείο και να δημιουργήσουν συναισθηματική φόρτιση στο θεατή.[14] Στην πραγματικότητα, με τον τεχνητό και αρχιτεκτονικό φωτισμό ξανασχεδιάζεται η όψη του μνημείου ή του ιστορικού κτιρίου, τονίζονται ορισμένα στοιχεία τους, ενώ αποκρύπτονται άλλα ταυτόχρονα.[36] Κατά αυτό τον τρόπο, αναδεικνύεται η αρχιτεκτονική τους ταυτότητα, ο χαρακτήρας τους και υπογραμμίζεται η αξία των αρχιτεκτονημάτων σε σχέση με τον περίγυρό τους. Επιπλέον, ο αρχιτεκτονικός φωτισμός συμβάλλει γενικότερα στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων της περιοχής και ενισχύει το αίσθημα της ασφάλειας κατά τη διάρκεια της νύχτας.[21] Το φως μπορεί να παρομοιασθεί με το χρώμα στα χέρια ενός ταλαντούχου ζωγράφου. Χρησιμοποιώντας σαν καμβά το σκοτάδι και χρωστήρα το φως, την σκιά και μια παλέτα χρωμάτων, θερμών ή ψυχρών, φωτεινών ή σκοτεινών, ο σχεδιαστής φωτισμού προσπαθεί να συνθέσει μία οπτική εικονική, τρισδιάστατη πραγματικότητα που ταυτόχρονα εξυπηρετεί τις χρηστικές ανάγκες, αλλά εκφράζει και μεταδίδει το συναίσθημα του μνημείου και του δημιουργού του.[15]

Ο σχεδιασμός του φωτισμού πρέπει να αντιστοιχεί με το είδος του ιστορικού κτιρίου και του μνημείου και δεν είναι απαραίτητα ομοιογενής και ομοιόμορφος σε κάθε περίπτωση. Για παράδειγμα σε μία εκκλησία γοθτικού ρυθμού, πρέπει να τονιστούν τα κάθετα στοιχεία της που συνδυάζονται με την γενικότερη φιλοσοφία της γοθτικής αρχιτεκτονικής περί ανύψωσης του ανθρώπου. Αντίθετα, σε μία βυζαντινή εκκλησία θα τονιστεί το κυβοειδές ή σταυροειδές σχήμα της, η ύπαρξη τρούλων και καμπαναριού εάν υπάρχει. Συγχρόνως ο τοπικός φωτισμός, θα αναδείξει διακόσμους, υλικά και χρώμα.[14]

Ο φωτισμός των μνημείων και των ιστορικών κτιρίων επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη ζωή των ανθρώπων και της περιοχής στην οποία βρίσκονται. Το γεγονός ότι βρίσκονται στον εξωτερικό χώρο δημιουργεί ακόμα περισσότερες προκλήσεις.

Πρώτα απ' όλα ο τεχνητός φωτισμός που χρησιμοποιείται τις νυχτερινές ώρες δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αντικαταστήσει το φως του ήλιου που υπάρχει κατά τη διάρκεια της ημέρας. Πρόκειται για δύο τελείως διαφορετικές καταστάσεις και αντιλήψεις. Δεν υπάρχει καμία φωτεινή πηγή τόσο ισχυρή όσο ο ήλιος. Πρέπει λοιπόν να χρησιμοποιηθούν αρκετές φωτεινές πηγές, χωρίς όμως και πάλι να προκαλούν την ίδια αίσθηση του φωτός όπως στη διάρκεια της ημέρας. Θα πρέπει λοιπόν να εξισορροπηθεί αυτή η διαφορά στις δύο εικόνες της μέρας και της νύχτας και η νυχτερινή εικόνα του μνημείου να προσδίδει μια άλλη γοητεία και να συμπληρώνει την ημερήσια εικόνα του μνημείου.

Η οπτική ένταξη του μνημείου ή του ιστορικού κτιρίου στο περιβάλλον του είναι εξίσου σημαντική με την ίδια την ένταξη του στον πολεοδομικό ιστό. Με την φωταγώγηση ενός επιλεγμένου κτιρίου δεν επιδιώκεται η απόλυτη διαγραφή των υπόλοιπων οικοδομημάτων που το περιβάλλουν, ούτε η μείωση της αντίληψης του περιβάλλοντος χώρου, αλλά η συνέχεια στον πολεοδομικό ιστό και η ζωντάνια του φυσικού και του δομημένου περιβάλλοντος. Αυτό που παρατηρείται συχνά είναι η προσοχή του κοινού στα φωτισμένα κτίρια τα οποία ενδεχομένως να πέρασαν απαρατήρητα κατά τις πρωινές ώρες. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό το φαινόμενο είναι ότι η εικόνα του κτιρίου, όπως αυτό εμφανίζεται κατά τις πρωινές ώρες, συχνά δεν συμβαδίζει με την νέα εικόνα που δημιουργείται το βράδυ. Το πως αντιλαμβάνεται ο θεατής την "νυχτερινή εικόνα" του κτιρίου, εξαρτάται κατά πολύ από τον συσχετισμό των δύο εικόνων ("πρωινή" και "νυχτερινή") που θα πρέπει να έχει κάνει ο σχεδιαστής φωτισμού, καθώς και τον συσχετισμό του κτιρίου με τον περιβάλλοντα χώρο του.[14]

Μία πρόκληση είναι να φωτιστεί το μνημείο, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι το ανθρώπινο μάτι λειτουργεί διαφορετικά στις συνθήκες χαμηλού φωτισμού και στις συνθήκες υψηλού φωτισμού. Τα συναισθήματα που γεννιούνται για το μνημείο είναι πολύ διαφορετικά με τον τεχνητό φωτισμό σε σχέση με το φυσικό φως του ήλιου.[43] Καθώς ο φωτισμός είναι ορατός τη νύχτα, μπορεί εύκολα να προκαλέσει δυσαρέσκεια και αποστροφή για το μνημείο σε περίπτωση που είναι κακός ο σχεδιασμός του.

Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι είναι ιδιαίτερα δύσκολο να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο ένα μνημείο θα φωτιστεί, αφού στόχος ενός τέτοιου έργου είναι η ανάδειξή του, γεγονός που αποδεικνύει ότι δεν υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές και μια απλή τεχνική προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε μη επιθυμητό αποτέλεσμα. Το φως δηλαδή είναι ένα εργαλείο που μπορεί να τροποποιήσει κανείς το χώρο. Η πρόκληση είναι αν θα τα καταφέρει ο σχεδιαστής φωτισμού να πετύχει το σωστό τρόπο χρήσης του που θα κάνει αισθητή τη λειτουργικότητά και τη μεγαλοπρέπεια του μνημείου.[43]



Εικόνα 3.4: *Fontana di Trevi, Rome.*

Το πιο διάσημο και αναμφισβήτητα πιο όμορφο σιντριβάνι της Ρώμης, που με τα εντυπωσιακά φωτισμένα του γλυπτά έλκει εκατομμύρια τουρίστες από όλο τον κόσμο.

(Πηγή: <http://forum.uaar.it>)

3.3 Η ανάγκη του τεχνητού φωτισμού μνημείων και ο ρόλος του στην ανάδειξή τους

Όταν η νύχτα πέφτει, τα βλέμματα των περαστικών πρέπει να έλκονται από τα διαμάντια της ιστορίας της πόλης, δηλαδή τα μνημεία και τα ιστορικά κτίρια. Ο κάθε τόπος πρέπει να προστατέψει και να αναδείξει την πολιτιστική κληρονομιά του (κάστρα, αρχαίοι ναοί, μεσαιωνικά κτίσματα, τείχη, βυζαντινοί ναοί, γλυπτά). Όλα τα παραπάνω οικοδομήματα αποτελούν πόλο έλξης του ενδιαφέροντος του κοινού.

Η ανάδειξη λοιπόν όλων των αρχιτεκτονημάτων οδηγεί στην ανάγκη σχεδίασης του φωτισμού τους. Το ενδιαφέρον του θεατή γίνεται πιο έντονο κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν τα ιστορικά κτίρια και τα μνημεία φωταγωγούνται. Ένα φωτισμένο μνημείο είναι πιο ελκυστικό για τους περαστικούς και τους τουρίστες κάθε περιοχής. Αυξάνεται η επισκεψιμότητά και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα μνημεία υπάρχουν και δεν πρέπει να τα ξεχνάμε όταν δύει ο ήλιος.

Η δημιουργία "κλίματος" μέσω του τεχνητού φωτισμού, δηλαδή η δημιουργία ευχάριστων συναισθημάτων είναι μία μέθοδος που μπορεί να δώσει έμφαση και να υπογραμμίσει τις αξίες του κτιρίου. Το αποτέλεσμα αυτής της δημιουργίας είναι η ανάδειξη των πνευματικών, πολιτιστικών, διδακτικών, πολεοδομικών, λειτουργικών ή ακόμα και οικονομικών αξιών και χαρακτηριστικών του οικοδομήματος.

Ένα ιστορικό κτίριο, συνηθίζεται να φωτίζεται με το σκεπτικό της αισθητικής ανάδειξης του, κατά τις νυχτερινές ώρες, και της προβολής του συγκριτικά με το δομημένο περιβάλλον. Η αισθητική ανάδειξη επιτυγχάνεται κυρίως με την έμφαση σε δομικά ή μορφολογικά χαρακτηριστικά στοιχεία του κτιρίου. Φωτίζοντας τα μνημεία παραμένει ζωντανή η ιστορία και οι παραδόσεις ενός λαού.

Ο κατάλληλος νυχτερινός φωτισμός ενός ιστορικού κτιρίου μπορεί να τονίσει πνευματικές και πολιτιστικές αξίες του όπως έχει ήδη αναφερθεί, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην εκπαίδευση του κοινού. Για παράδειγμα, η ανάδειξη μέσω του φωτισμού, μιας εκκλησίας ή κάποιου άλλου θρησκευτικού τεμένους δεν είναι μόνον αισθητική αλλά υπογραμμίζει και τις πνευματικές αξίες του, ορίζοντας το ως σημείο θρησκευτικής προσέλευσης μέσα σε μία περιοχή ή πόλη. Αντίστοιχα, ο φωτισμός ενός μνημείου τονίζει τις πολιτιστικές και ιστορικές αξίες του υπενθυμίζοντας τες και ευαισθητοποιώντας συγχρόνως τους θεατές στην πολιτιστική κληρονομιά τους. Με αυτόν τον τρόπο εξυπηρετεί στην εκπαίδευση του θεατή, εφόσον προσελκύνοντας την προσοχή του στο οικοδόμημα, δημιουργεί δεσμούς συνέχειας με το παρόν, αποδίδοντας με αυτόν τον τρόπο την ιστορικότητα του δομημένου χώρου.[14,43]

Αξίζει να σημειωθεί ότι η διαδικασία του φωτισμού ενός σημαντικού κλασσικού, ελληνιστικού ή μεσαιωνικού μνημείου, είναι μία μοναδική εμπειρία για τον ίδιο τον σχεδιαστή φωτισμού. Χαρακτηριστικά αναφέρει ο μελετητής φωτισμού Κώστας Κάπος «Είναι τελείως διαφορετικό να προσπαθεί κάποιος να φωτίσει αποτελεσματικά ένα μπαρ, το λόμπυ ενός ξενοδοχείου ή τη βιτρίνα ενός μοντέρνου πολυκαταστήματος από το να στρέφει τον προβολέα του επάνω σε μία Καρυάτιδα και να προσπαθεί να αναδείξει την πλαστικότητα και τη χάρη της, μόνος μαζί της, στις 3 το πρωί, σαν να προετοιμάζει μία μεγάλη ντίβα να υποδεχτεί το κοινό της. Τότε καταλαβαίνει κανείς ότι κανένα φωτορεαλιστικό λογισμικό δεν θα μπορέσει ποτέ να υποκαταστήσει την ανθρώπινη φαντασία και εμπειρία και κανένα πολωτικό φίλτρο δεν θα μπορέσει να βελτιώσει κάτι που αγγίζει την τελειότητα εδώ και εικοσιπέντε αιώνες. Το μόνο λοιπόν που του μένει είναι να το βοηθήσει να δώσει τη δική του παράσταση, απλά τονίζοντας αυτά που ήδη ενυπάρχουν σε αυτό».[44]



Εικόνα 3.5 : Καρυάτιδες στο Ερέχθειο της Ακρόπολης
(Πηγή: <http://costaskapos.blogspot.gr>)

3.4 Λάθη στο φωτισμό των μνημείων και οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον

Πολλές φορές ο νυκτερινός φωτισμός προσβάλλει την αισθητική εικόνα σημαντικών αρχιτεκτονικών δημιουργιών και ιστορικών μνημείων. Δημιουργεί αρνητικά συναισθήματα και οδηγεί στην περαιτέρω υποβάθμιση της κοινωνικής και οικονομικής ζωής. [45] Η αρνητική αυτή πραγματικότητα οφείλεται πρωτίστως στην έλλειψη επιστημονικής και τεχνικής γνώσης των αρμόδιων δημοτικών και κρατικών υπηρεσιών για την ποιότητα του αρχιτεκτονικού φωτισμού στο περιβάλλον της σύγχρονης πόλης. Ο τεχνητός φωτισμός αντιμετωπίζεται αποκλειστικά ως υποκατάστατο του φυσικού φωτός τις νυκτερινές ώρες, δηλαδή μόνο ως μια βασική τεχνολογία που εξασφαλίζει ικανοποιητικά επίπεδα ορατότητας και όχι ως ένας από τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζει την ανθρώπινη ψυχολογία.[45]

Η συστηματική μελέτη για το φωτισμό μνημείων εξαπλώνεται με δειλά βήματα τις τελευταίες δεκαετίες. Πιο παλιά αρκούσε η χρήση κάποιων βιομηχανικών προβολέων ανοικτής δέσμης, Νατρίου ή αλογόνου για την ανάδειξη του μνημείου. Σε πολλές περιπτώσεις ξεφύτρωναν ιστοί φωτισμού γύρω από το μνημείο χωρίς σχέδιο. Η άσκοπη χρήση χρωμάτων εκεί που δεν πρέπει, η λανθασμένη χρήση ακατάλληλων αποχρώσεων του λευκού (συνήθως με προβολείς πολύ «σκληρού» λευκού σε υλικά με γήινα χρώματα ή με προβολείς χαμηλής χρωματικής απόδοσης όπως αυτοί του Νατρίου) και ο υπερβολικός φωτισμός, είναι κάποια από τα συνηθισμένα λάθη που μπορούν να παραποιήσουν την «ανάγνωση» ενός μνημείου και να αλλοιώσουν την εικόνα που προσπαθεί να δώσει ο μελετητής του φωτισμού του.[44]



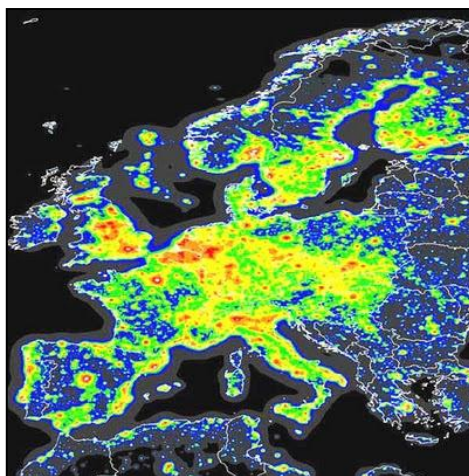
Εικόνα 3.6: Τρόπος φωτισμού με λαμπτήρες υψηλής κατανάλωσης, Εκκλησία Αγίου Γεωργίου, Δήμος Κρανιδίου
(Πηγή:<http://sikam.wordpress.com>)

Για τον φωτισμό των μνημείων και των ιστορικών κτιρίων χρησιμοποιούνται συνήθως προβολείς που τοποθετούνται σε απόσταση από τα κτίρια ή γραμμικές πηγές φωτός και προβολείς που στερεώνονται στις όψεις των κτιρίων. Με την εφαρμογή της πρώτης λύσης αναδεικνύονται τα αρχιτεκτονικά στοιχεία των όψεων τους, εφόσον αυτά προβάλλονται όπως με το φως της ημέρας. Σε πολλές όμως

εφαρμογές δεν επιτυγχάνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη λανθασμένη επιλογή των θέσεων και των τεχνικών χαρακτηριστικών των προβολέων. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό η δεύτερη λύση. Οι πηγές φωτός τοποθετούνται πάνω στα αρχιτεκτονικά στοιχεία των όψεων, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται κατακόρυφες λωρίδες φωτός από κάτω προς τα πάνω, ενώ πολλά σημεία παραμένουν υπό-φωτισμένα. Επιπλέον σχηματίζονται σκιές που είναι εντελώς αναστραμμένες σε σχέση με εκείνες που δημιουργεί το φως της ημέρας. Η εικόνα του κτιρίου αλλάζει δραματικά. Με τη λύση αυτή δημιουργείται μια αισθητική που δε συνάδει με το χαρακτήρα των ιστορικών διατηρητέων κτιρίων.[46]

Οι παραπάνω προσπάθειες φωτισμού εκτός από την εσφαλμένη αισθητική εικόνα, προκαλούν σπατάλη ενέργειας και φωτορύπανση του περιβάλλοντος. Ανεπιθύμητη είναι και η θάμβωση που προκαλείται από την υψηλή αντίθεση (contrast) ανάμεσα στις φωτεινές και σκοτεινές περιοχές στο πεδίο όρασης του παρατηρητή.

Η υπερεπάρκεια, η αλόγιστη χρήση και η διάχυση του νυχτερινού τεχνητού φωτισμού με τον οποίο δημιουργείται, πάνω από τις πόλεις, ένα θαμβωτικό και φωτεινό περιβάλλον, μας εμποδίζουν να βλέπουμε τα άστρα. Πρέπει λοιπόν να γίνεται σωστή χρήση του φωτός και όχι σπατάλη. Ο σωστός φωτισμός μειώνει την άχρηστη ροή του φωτός προς τα πάνω και μαζί μειώνει και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Για να πετύχουμε το σωστό φωτισμό πρέπει να συνδυάσουμε τρία πράγματα: α) οπτική άνεση δηλαδή επάρκεια που επιτρέπει απρόσκοπτη λειτουργία της όρασης από κάθε άποψη σε συνθήκες νύκτας. β) σωστή απόδοση του περιβάλλοντος δηλαδή την εικόνα και “ατμόσφαιρα” που δημιουργείται από τον φωτισμό που δίνουν τα φωτιστικά και ο οποίος επηρεάζει το περιβάλλον γ) αισθητική δηλαδή διακοσμητική-αρμονική παρουσία των φωτιστικών [42,47,48]



Εικόνα 3.7: Η φωτορύπανση στην Ευρώπη
(Πηγή: <http://vytinaiika.blogspot.gr>)

3.5 Βασικές αρχές και κανόνες για το σχεδιασμό φωτισμού μνημείων και ιστορικών κτιρίων

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν οι βασικές αρχές και κανόνες που πρέπει να διέπουν τη διαδικασία σχεδιασμού του φωτισμού μνημείων και των ιστορικών κτιρίων, έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι το επιδιωκόμενο. Τα δημιουργήματα αντλούν τη ζωντάνια τους από την τρισδιάστατη φύση τους. Για να τονιστεί η τρίτη διάσταση, το βάθος δηλαδή των αντικειμένων αυτών, το μάτι του παρατηρητή πρέπει να ξεχωρίζει της αντιθέσεις ανάμεσα σε φωτεινές και σκοτεινές ζώνες στο γειτονικό περιβάλλον, αλλά και στο ανάγλυφο των ιδίων.

Το θέμα της αισθητικής του φωτισμού των ιστορικών κτιρίων τίθεται για πρώτη φορά το 1996 από τον Καθηγητή του ΕΜΠ κ. Διονύση Ζήβα. Στο Διεθνές Συμπόσιο Φωτισμού το 2006 στην Αθήνα και το 2007 στην Κωνσταντινούπολη τέθηκε εκ νέου το θέμα του φωτισμού των μνημείων και των ιστορικών κτιρίων.[46] Στα επιστημονικά συνέδρια έχουν παρουσιαστεί εργασίες, όπου εξετάζεται ο φωτισμός κτιρίων μόνο ως θέμα εφαρμογής και όχι ως θέμα αρχών.

Διεύθυνση οράσεως και η μέση απόσταση από παρατηρητή: Η επιθεώρηση του κτιρίου ή εξωτερικού χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας θα επιτρέψει τον προσδιορισμό του κύριου σημείου θέασής του. Ένας πετυχημένος σχεδιασμός φωτισμού βέβαια θα πρέπει να δίνει όμοια βαρύτητα σε κάθε σημείο θέασης. Υπό ιδανικές συνθήκες, διαφορετικές εικόνες του ίδιου κτιρίου θα πρέπει να αποκαλύπτονται από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Ο θεατής συνήθως δεν είναι στατικός αλλά κινείται ελεύθερα στο χώρο. Η απόσταση των σημείων θέασης από το κτίριο είναι επίσης σημαντική για την επιλογή των λεπτομερειών της όψης που επιθυμείται να αναδειχθούν. Τα αποτελέσματα του φωτισμού στα κύρια σημεία θέασης θα πρέπει να είναι βέλτιστα και να αποφεύγεται σε κάθε περίπτωση η πρόκληση ενοχλητικών θαμβώσεων. Η σχετική σημασία του κάθε σημείου θέασης θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη, καθώς αυτό θα επιτρέψει διαφορετικούς βαθμούς τονισμού να δημιουργηθούν στο σχεδιασμό του φωτισμού[49]

Το περιβάλλον: Το περιβάλλον είναι καθοριστικό στοιχείο για την ένταση φωτισμού και την μέση λαμπρότητα του κτιρίου ώστε να πραγματοποιείται ικανοποιητικό κοντράστ μεταξύ κτιρίου και περιβάλλοντος. Σε σκοτεινό περιβάλλον αρκεί μια μικρή ένταση φωτισμού για να τονιστεί το κτίριο, ενώ σε φωτεινό περιβάλλον απαιτείται μεγαλύτερη ένταση φωτισμού. Ο περιβάλλον φωτισμός ακόμα μπορεί να έχει μεγάλη επιρροή στο φωτισμό του μνημείου. Έτσι λοιπόν ο φωτιστής θα πρέπει να το λάβει υπόψη του και αν είναι δυνατόν να απομακρύνει ή να αντικαταστήσει τους υπάρχοντες ιστούς οδοφωτισμού ώστε να ελαχιστοποιήσει την οριζόντια ακτινοβολία τους προς το μνημείο[50]

Ανακλαστικότητα υλικών όψης: Το φως που προσπίπτει σε μια όψη ανακλάται ανάλογα με την υφή, το χρώμα και την ανακλαστικότητα των υλικών της. Οι παράγοντες αυτοί έχουν μεγάλη σημασία στην επιλογή της έντασης των φωτεινών πηγών με τις οποίες θα φωτιστεί η όψη. Υπάρχουν ειδικοί πίνακες με συντελεστές οι οποίοι δείχνουν πόσο μεταβάλλεται η ένταση του φωτός που προσπίπτει σε μια επιφάνεια, ανάλογα με το χρώμα και την υφή της. Τα ανακλαστικά και ανοιχτόχρωμα υλικά φωτίζονται με φως χαμηλότερης έντασης.[14]

Προτεινόμενη Ένταση Φωτισμού: Η μέση προτεινόμενη ένταση φωτισμού για διάφορες επιφάνειες δίνεται στον πίνακα 3.1. Θεωρείται ότι οι επιφάνειες που θα φωτιστούν είναι ματ και ότι χρησιμοποιείται «λευκή» πηγή φωτός. Στον πίνακα 3.1 η «Υψηλή ένταση φωτισμού» (μετρημένη σε lux) αναφέρεται σε καλά φωτισμένα κέντρα πόλεων ενώ η «Χαμηλή ένταση φωτισμού» αναφέρεται σε κτίσματα στην εξοχή όπου γενικά υπάρχει ελάχιστος φωτισμός. Ο συντελεστής ανάκλασης μιας επιφάνειας επηρεάζεται από την καθαρότητά της. Στον πίνακα ο όρος «καθαρή» αναφέρεται σε νέα κτίσματα ο όρος «σχετικά καθαρή» σε κτίσματα στην εξοχή ενώ ο όρος «αρκετά ακάθαρτη» σε κτίσματα παλιά ή σε κτίσματα βιομηχανικών περιοχών. Φυσικά ο επιτυχημένος φωτισμός, βασίζεται σε πολύ περισσότερους παράγοντες από ότι στην επίτευξη των αναφερόμενων lux.

Συντελεστής Ανάκλασης	Υλικό	Κατάσταση Επιφάνειας	Χαμηλή E(lux)	Μέση E (lux)	Υψηλή E (lux)
0.8	Λευκό Τούβλο	Καθαρή	15	25	40
		Σχετικά καθαρή	20	35	60
		Σχετικά ακάθαρτη	45	75	120
0.6	Ανοιχτόχρωμη Πέτρα	Καθαρή	20	35	60
		Σχετικά καθαρή	35	55	90
		Σχετικά ακάθαρτη	65	110	180
0.4	Μπετό	Καθαρή	30	50	80
		Σχετικά καθαρή	45	75	120
		Σχετικά ακάθαρτη	90	150	240
0.35	Μέτρια Σκούρα Πέτρα	Καθαρή	35	55	90
		Σχετικά καθαρή	50	90	140
		Σχετικά ακάθαρτη	100	180	240
0.3	Σκούρα Πέτρα	Καθαρή	40	60	100
		Σχετικά καθαρή	55	90	150
		Σχετικά ακάθαρτη	110	180	300
0.25	Κίτρινο Τούβλο	Καθαρή	45	75	120
		Σχετικά καθαρή	65	110	180
		Σχετικά ακάθαρτη	130	220	360
0.2	Κόκκινο ή Μπλε Τούβλο	Καθαρή	55	90	150
		Σχετικά καθαρή	80	140	230
		Σχετικά ακάθαρτη	160	280	450

Πίνακας 3.1: Προτεινόμενη ένταση φωτισμού ανάλογα με το υλικό της επιφάνειας και την κατάσταση της (Πηγή: Μυρτώ Κανακάκη, 2006)

Λαμπρότητα: Η οπτική εντύπωση καθορίζεται από την αντίθεση λαμπρότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος χώρου ή μεταξύ δύο φωτιζόμενων περιοχών του ίδιου κτιρίου. Στον πίνακα 3.2 φαίνονται για κάθε περιοχή οι τιμές μέσης λαμπρότητας για φωτισμό ανάδειξης όψεων κτιρίων. Πρέπει να λαμβάνονται ακόμα υπόψη οι παρακάτω Διεθνείς Κανονισμοί: Commission Internationale de l'Éclairage, TC CIE 33/1977 “Depreciation of installation and their maintenance”, Commission Internationale de l'Éclairage, TC CIE 94/1993 “Guide for Flood lighting”, Commission Internationale de l'Éclairage, TC CIE 95/1992 “Contrast and Visibility”[46]

ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ ΟΨΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ	
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ (cd/m ²)
Σκοτεινή περιοχή	1
Περιοχική περιοχή	2
Αστική περιοχή, λίγο φωτισμένη	4
Περιοχή μέτρια φωτισμένη	6
Περιοχή πολύ φωτισμένη	12

Πίνακας 3.2: Μέση τιμή λαμπρότητας για φωτισμό ανάδειξης όψεων κτιρίων ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται το κτίριο (Πηγή: www.ktirio.gr)

Τοποθέτηση φωτιστικών: Η τοποθέτηση των φωτιστικών δεν θα πρέπει να επηρεάζει καθόλου το μνημείο και να προσβάλει την ακεραιότητα του. Δεν έχει κανένας το δικαίωμα να θεωρήσει το μνημείο που έχει διατηρηθεί για αιώνες, απλά σαν ένα κτίριο και να τοποθετήσει φωτιστικά πάνω του, καθώς η διάβρωσή τους θα καταστρέψει τα δομικά υλικά του μνημείου. Τα στηρίγματα θα πρέπει να κατασκευάζονται από χημικά αδρανές υλικό (π.χ. ανοξείδωτο χάλυβα) προκειμένου να μην διαβρωθούν με τρόπο που θα προκαλέσει ζημιές στο μνημείο. Είναι πολύ σημαντικό επίσης η εγκατάσταση φωτισμού να είναι 100% αναστρέψιμη.[36,52]

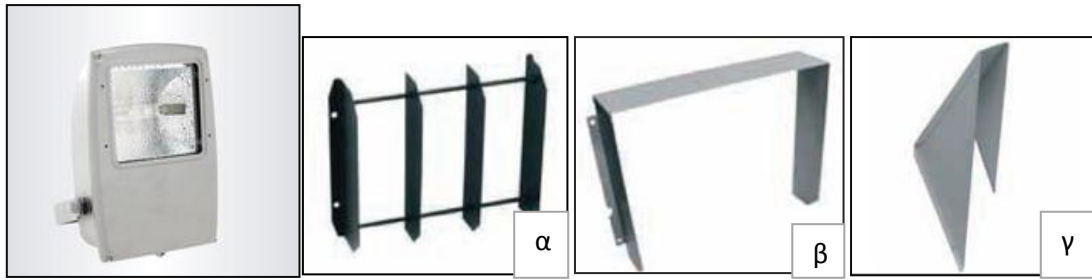
Φωτισμός αντικειμένων με δυνατότητα μετακίνησης: Ορισμένα αντικείμενα (π.χ. γλυπτά) μπορούν να μετακινηθούν με τη βοήθεια κάποιου υποστηρικτικού μηχανισμού ή κάποια άλλα ανάλογα με την κατεύθυνση του ανέμου (π.χ. σημαία). Ο σχεδιασμός του φωτισμού πρέπει να λάβει υπόψη συνολικά το σχήμα και το μέγεθος του αντικειμένου, καθώς και το εύρος της κίνησης. Για παράδειγμα μια σημαία ανάλογα με τον άνεμο, κινείται τόσο οριζόντια όσο και κάθετα. Οπότε πρώτα πρέπει να εκτιμηθεί η συνολική περιοχή κυματισμού της σημαίας και μετά η ισχύς και η δέσμη του φωτισμού.[52]

Έμφαση στον πρωταγωνιστικό ρόλο του μνημείου ενάντια στα φωτιστικά σώματα: Το μνημείο έχει το δικό του πρωταγωνιστικό ρόλο. Οτιδήποτε άλλο αποσπά το βλέμμα του θεατή είναι περιττό και ακατάλληλο. Το σχήμα, το χρώμα και οι φυσικές διαστάσεις των προβολέων θα πρέπει να είναι σε συμφωνία με την αρχιτεκτονική του κτιρίου και σε καμία περίπτωση να μην αλλοιώνουν την ημερήσια εικόνα του. Η μέγιστη δυνατή ενσωμάτωση του εξοπλισμού στα δομικά υλικά του

κτιρίου αποτελεί πάντοτε ένα βασικό στόχο κάθε μελέτης φωτισμού, αφού το ζητούμενο είναι να είναι ορατά τα αποτελέσματα του φωτισμού και όχι οι φωτεινές πηγές. Σκοπός δηλαδή κάθε σχεδιασμού είναι η ανάδειξη του κτιρίου με εργαλείο το φως και όχι ο φωτισμός καθαυτός. Επιβάλλεται λοιπόν η διακριτική εγκατάσταση των φωτιστικών, να είναι κατά το δυνατόν αφανή, καλυμμένα πίσω από βλάστηση, ενσωματωμένα στο έδαφος όπως και ο χρωματισμός του κελύφους τους σε χρώματα «παραλλαγής» ώστε να μην αλλοιώνουν την εικόνα κατά τις πρωινές ώρες. Το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και με τα στηρίγματα και τις καλωδιώσεις, δεδομένου ότι τις περισσότερες φορές δεν είναι δυνατόν να τις κρύψουμε, μια και οι εκσκαφές απαγορεύονται.[36,52]

Έμφαση στον πρωταγωνιστικό ρόλο του μνημείου ενάντια στον φωτισμό: Το μνημείο αποτελεί το πρωτεύον στοιχείο που πρέπει να προσελκύει την προσοχή και όχι ο φωτισμός καθαυτός. Αυτό θαυμάζουν οι άνθρωποι και αυτό καλούνται να κοιτάζουν το βράδυ. Ο σχεδιαστής φωτισμού καλείται να παροτρύνει τον θεατή να προσέξει τις λεπτομέρειες, το ανάγλυφο, τα υλικά και να συνειδητοποιήσει τη μοναδικότητά του καθώς αυτό ξεχωρίζει μέσα στο σκοτάδι. Ο φωτισμός πρέπει να είναι διακριτικός, ώστε να αναδεικνύει και όχι να «πνίγει» το κτίριο. Φώτα που αναβοσβήνουν, εντυπωσιακές γιρλάντες φωτός ή έντονες επιγραφές από νέον πρέπει να αποφεύγονται. Ο διακριτικός φωτισμός χαμηλής έντασης είναι καλύτερος από τη χρήση υπερβολικού αριθμού φωτεινών πηγών. Είναι προτιμότερο δηλαδή να υπο φωτίσουμε ελαφρά ένα αρχιτεκτονικό στοιχείο, παρά να το κάνουμε υπερβολικά λαμπερό. Η ένταση του φωτισμού πρέπει να είναι προσαρμοσμένη στα δεδομένα του περιβάλλοντος, ώστε να προβάλλεται το ανάγλυφο του μνημείου από απόσταση.[36,50,52]

Αποφυγή θάμβωσης και φωτορύπανσης: Στο παρελθόν, οι προβολείς τοποθετούνταν σε κάποια απόσταση από το κτίριο εξαιτίας κυρίως του μεγάλου τους μεγέθους. Τα φωτιστικά που υπάρχουν σήμερα είναι μικρού μεγέθους αλλά αποτελούν εξαιρετικά ισχυρές φωτεινές πηγές και με άριστο έλεγχο της φωτεινής ροής κάτι που επιτρέπει να τοποθετούνται αρκετά κοντά στην πρόσοψη του κτιρίου. Αυτό είναι προτιμότερο αφού έχει ως αποτέλεσμα ο φωτισμός να είναι λιγότερο επίπεδος, να ελαχιστοποιείται η πρόκληση ενοχλητικών θαμβώσεων στους περαστικούς γύρω από το κτίριο, να μην είναι απαραίτητη η τοποθέτηση φωτιστικών σε άλλες ιδιοκτησίες και να ελαχιστοποιείται η ποσότητα φωτισμού που χάνεται στην ατμόσφαιρα. Τα φωτιστικά θα πρέπει να συνοδεύονται από ειδικούς ανακλαστήρες και αντιθαμβωτικές περσίδες για την ελαχιστοποίηση της διάχυσης άμεσου φωτισμού στην ατμόσφαιρα, για να μην επηρεάζουν τη λειτουργία των γειτονικών κτιρίων και να αποφευχθεί η πρόκληση άμεσης ή εξ'αντανάκλασης θάμβωσης σε πεζούς και οδηγούς.[36] Στην εικόνα 3.8 φαίνεται ένας προβολέας (MACH 3), με την αντίστοιχη περσίδα από ανοξείδωτο ατσάλι βαμμένο σε χρώμα μαύρο, για Symmetrical ή Asymmetrical (Εικόνα 3.8α) και τα αντιθαμβωτικά πτερύγια από ανοξείδωτο ατσάλι που συνοδεύεται για Symmetrical (Εικόνα 3.8β) και Asymmetrical (Εικόνα 3.8γ)



Εικόνα 3.8: Προβολέας MACH 3 SYMMETRICAL/ASYMMETRICAL με τις αντίστοιχες περσίδες και τα αντιθαμβωτικά πτερύγια που συνοδεύεται.
(Πηγή: Προϊόντα Floodlight, Πετρίδης φωτισμός)

Φωτιστικά σώματα κοντά ή μακριά στην όψη ιστορικού κτιρίου: Σε κτίρια με επίπεδες επιφάνειες είναι προτιμότερο να τοποθετούνται φωτιστικά σώματα κοντά στην όψη. Ο φωτισμός από κοντά της όψης ενός κτιρίου απαιτεί προσεκτική μελέτη ως προς τις πιθανές θέσεις στήριξης των φωτιστικών. Αντίθετα στις όψεις με έντονες εσοχές και προεξοχές, ο φωτισμός είναι προτιμότερο να γίνεται από μεγαλύτερη απόσταση έτσι ώστε να μη δημιουργούνται πολύ έντονες σκιές. Τα έντονα φωτισμένα σημεία στην πρόσοψη του κτιρίου που προκαλούνται από προβολείς σε κοντινή απόσταση είναι δύσκολο να ισορροπηθούν με το φωτισμό των υπόλοιπων μερών της πρόσοψης, όπου εσοχές παραθύρων, μπαλκόνια και εσοχές δημιουργούν σκληρές και καθόλου κολακευτικές σκιές. Για τον ίδιο λόγο ενδείκνυται η προσθήκη φωτιστικών σωμάτων στις εσοχές που δημιουργούνται από μεγάλους προβόλους ή άλλες προεξοχές. Αν κάποιος όγκος στην όψη είναι επιθυμητό να τονιστεί, τότε φωτίζεται ισόρροπα και από τις δυο πλευρές. Παρόλα αυτά, σε αρκετές περιπτώσεις η θέση των φωτιστικών εμποδίζεται σημαντικά από εξωγενείς παράγοντες. Επομένως, οι διαθέσιμες θέσεις των φωτιστικών σωμάτων ορίζουν και την τελική προσέγγιση του φωτισμού.[12,19,36]



Εικόνα 3.9: Φωτισμός αγάλματος από μακριά και σε σκοτεινό υπόβαθρο
The Havana Cuba: Casa Pedroso and Parque Mace
(Πηγή: *External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012*).

Τονισμός ανάγλυφου και μεγαλοπρέπειας μνημείου: Ο φωτισμός δεν πρέπει μόνο να αναδεικνύει αλλά και να κρύβει. Η σκίαση είναι το ίδιο σημαντική με τη φωτισμένη επιφάνεια και για αυτό ακριβώς το λόγο η χρήση πολλών προβολέων ανοικτής δέσμης μέχρι σήμερα προκαλούσε μία δισδιάστατη «ανάγνωση» αντί να δίνει στο θεατή την αίσθηση του ανάγλυφου. Θα πρέπει να δοθεί όμως ιδιαίτερη προσοχή στη σκίαση καθώς δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να αλλοιώνεται η όψη ενός αρχαίου μνημείου. Ο τονισμός του ανάγλυφου είναι πολύ σημαντικός. Ο θεατής πρέπει να αντιλαμβάνεται τον όγκο του μνημείου και την μεγαλοπρέπεια του από απόσταση. Η επιβλητικότητα του μνημείου πρέπει να κυριαρχεί σε όλη την περιοχή.[52]

Χρήση φακών: Σημαντικό ρόλο παίζει και η χρήση των διαφόρων φακών που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Αν δεν μας επιτρέπεται για παράδειγμα η τοποθέτηση ενός προβολέα κάτω ακριβώς από ένα κίονα, το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί με χρήση πολωτικού φίλτρου κάθετης δέσμης από κάποια απόσταση. [52]

Τονισμός στοιχείων των όψεων: Η ποικιλία στο φωτισμό μιας όψης αποτελεί το κλειδί του ενδιαφέροντος. Για παράδειγμα, το ύψος ενός κτιρίου τονίζεται με έντονο φωτισμό χαμηλά και ασθενέστερο ψηλά. Ο τονισμός των υποστυλωμάτων δίνει την αίσθηση της επιβλητικότητας και της αντοχής. Ο φωτισμός που δημιουργείται με την χρήση χρωματικών ανακλαστήρων ή φίλτρων απορρόφησης χρωματικού πεδίου ή χρωματιστών λαμπτήρων αποτελεί επιπλέον εργαλείο για την ανάδειξη του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Μπορεί να τονίσει το χρώμα των δομικών υλικών (για παράδειγμα το κόκκινο τους οπτόπλινθους, το κίτρινο τους ψαμμίτες) ή να δημιουργήσει ατμόσφαιρα και κλίμα (κόκκινος φωτισμός υποδεικνύει θερμότητα και λευκός ή μπλε ψυχρότητα) θερμότητας. Η χρήση του χρώματος στο φως ή διαφορετικών πηγών φωτισμού σε συνδυασμό, πρέπει να γίνεται με προσοχή διότι μπορεί να δημιουργήσει αντιαισθητικά αποτελέσματα. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην διαφορά χρώματος των πηγών που εκφράζεται από το μάτι ως αντίθεση χρωμάτων. Οι μεγάλες αντιθέσεις δεν γίνονται δεκτές εύκολα από το μάτι το οποίο περιορίζεται σε συγκεκριμένες διαφορές όπως και για την διαφορά των λαμπροτήτων. Το αποτέλεσμα θα είναι η δυσφορία στον θεατή ή η δυσκολία στην ανάγνωση του αντικειμένου.[36,52]

Θερμοκρασία χρώματος στο σχεδιασμό: Η απόδοση των χρωμάτων του κτιρίου και ο χαρακτηρισμός μέσω του φωτός ορισμένων σημαντικών δομικών υλικών, που συνδέονται με την ιστορικότητα του οικοδομήματος είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στην ανάδειξη του. Ο συσχετισμός του χρώματος των δομικών υλικών του κτιρίου και του μεγέθους που χαρακτηρίζει τη θερμοκρασία χρώματος του φωτισμού είναι στοιχείο δημιουργίας στα χέρια του σχεδιαστή φωτισμού. Τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν το χρώμα των υλικών (απόχρωση, φωτεινότητα, κορεσμός) πρέπει να συμβαδίζουν με αυτά που χαρακτηρίζουν το φως (θερμοκρασία χρώματος και δείκτης απόδοσης χρωμάτων).

Ιδιαίτερη σημασία έχουν και οι αποχρώσεις του φωτός που πρέπει να χρησιμοποιηθούν ώστε να αναδείξουν όσο πιο αποτελεσματικά γίνεται τα υλικά των μνημείων. Κάποια από τα υλικά είναι πιο «γήινα» (όπως τα παλιά μάρμαρα, ασβεστόλιθοι, πορόλιθοι, κεραμικά) και απαιτούν πιο ζεστές αποχρώσεις του λευκού (2600-3000K). Τα γήινα χρώματα αναδεικνύονται περισσότερο με τη θερμή απόχρωση. Κάποια άλλα (όπως γκρίζος γρανίτης, σχιστόλιθοι και πετρώματα σε αποχρώσεις του γκρι) απαιτούν τη χρήση ελαφρώς ψυχρότερων αποχρώσεων του λευκού (5000K). Αν κάποιο αρχιτεκτονικό χαρακτηριστικό του μνημείου πρέπει να ξεχωρίζει ώστε να τραβήξει την προσοχή του θεατή θα μπορούσε να φωτιστεί με ψυχρότερο λευκό ή πιο γενικά ο φωτιστής μπορεί να «παίξει» με τις αποχρώσεις του λευκού πάνω σε αυτό. τα μεταλλικά δομικά στοιχεία αναδεικνύονται περισσότερο με τη ψυχρή απόχρωση.[36,52]

Για το φωτισμό του γειτονικού περιβάλλοντος, όταν αποτελείται από φύτευση (π.χ. θάμνοι, δέντρα, φυλλώματα κλπ) προτείνεται μια ουδέτερη απόχρωση έτσι ώστε να μην αλλοιώνονται τα φυσικά χαρακτηριστικά της και να εμποδιστούν διάφορες παρενέργειες (προσέλκυση εντόμων κλπ).[19]



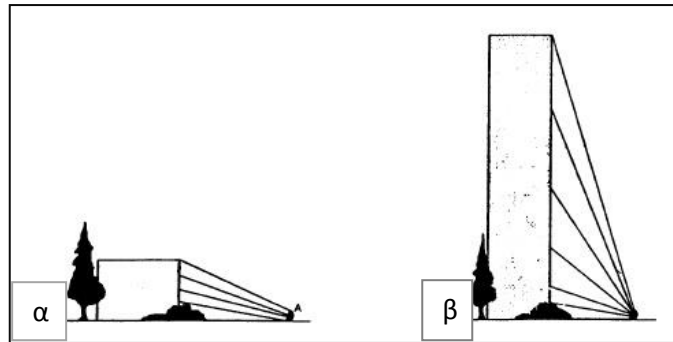
Εικόνα 3.10: Προσομοίωση φωτισμού ουδέτερης (αριστερά), θερμής (κέντρο) και ψυχρής (δεξιά) απόχρωσης (Πηγή: *External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012*)

3.6 Γενικές κατευθύνσεις για το φωτισμό μνημείων και ιστορικών κτιρίων

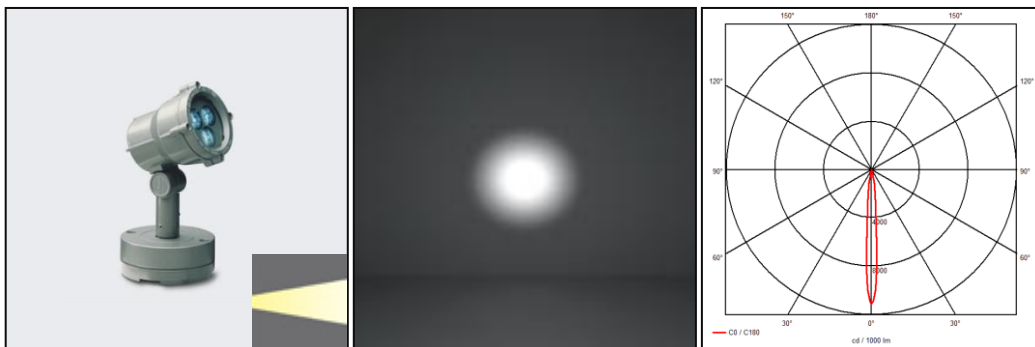
Ανάλογα με την κάτοψη του κτιρίου, το σχήμα του, την ορατότητα του από το κοινό υπάρχουν ορισμένοι βασικοί τρόποι διατάξεως των προβολέων γύρω από αυτό που βοηθούν στον ομοιόμορφο και καλαίσθητο φωτισμό του.

3.6.1 Σχεδιάζοντας το φωτισμό ανάλογα με το σχήμα και το ύψος

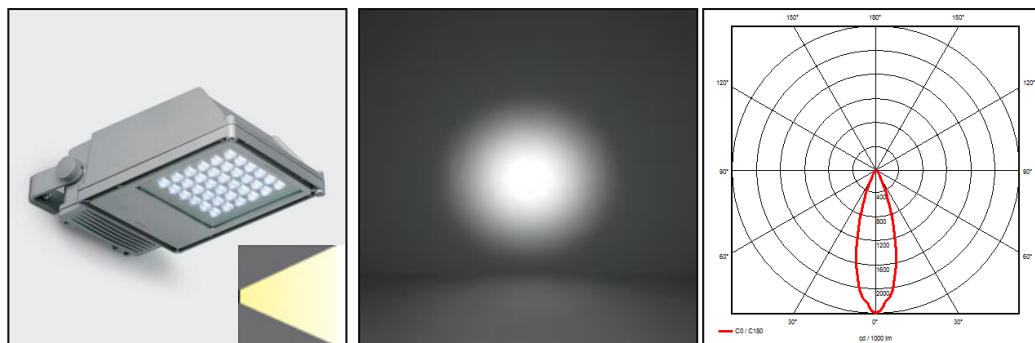
Χαμηλά και ψηλά κτίρια: Το ύψος του κτιρίου και γενικότερα του μνημείου, καθορίζει το άνοιγμα της δέσμης του προβολέα. Όταν το κτίριο είναι χαμηλό τότε είναι προτιμότερη η χρήση προβολέων ανοικτής δέσμης. Για ψηλότερα κτίρια, ένας συνδυασμός προβολέων με στενές και μεσαίες δέσμες δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.[36, 49,50]



Εικόνα 3.11: Κτίριο χαμηλό(α) και ψηλό(β) που απαιτούν αντίστοιχα ανοικτή και στενή δέσμη. (Πηγή: courses.arch.ntua.gr)



Miniwoody (Outdoor floodlights) Narrow Flood 10° (α)



Platea (Outdoor floodlights), Medium Flood 32°(β)

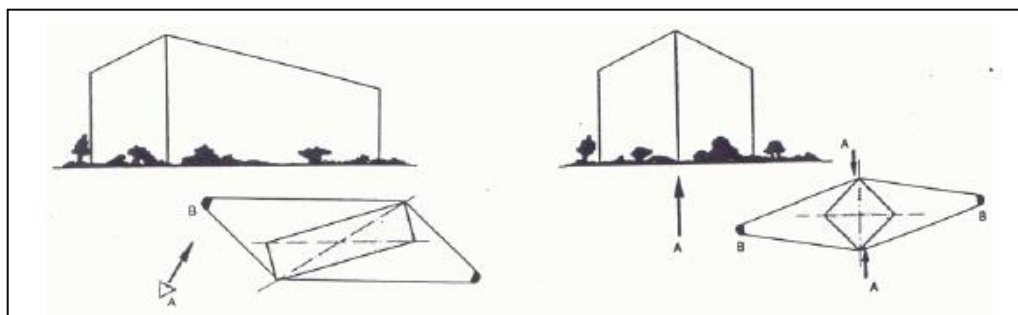


Woody (Outdoor floodlights), Wide Flood 60° (γ)

Εικόνα 3.12: Φωτιστικά με στενή(α), μεσαία(β) και ανοικτή δέσμη(γ) με τα αντίστοιχα πολικά τους διαγράμματα

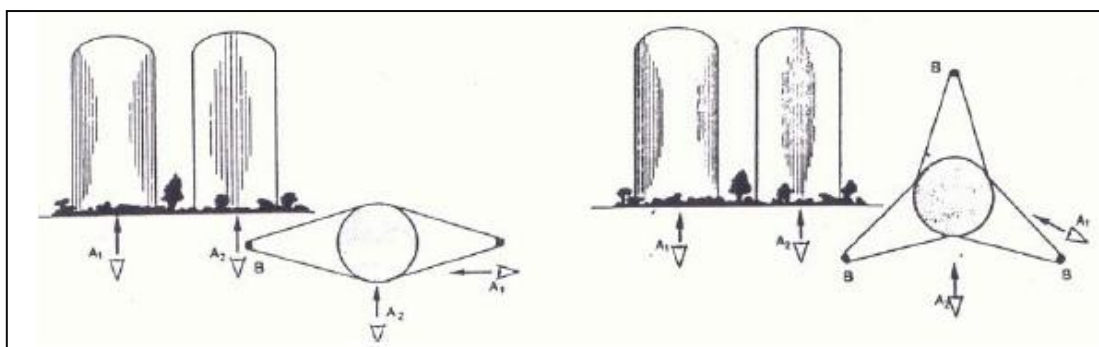
(Πηγή: Products of iguzzini, <http://products.iguzzini.com/>)

Τετράγωνη ή ορθογώνια κάτοψη: Όταν η κάτοψη ενός κτιρίου είναι τετράγωνη ή ορθογώνια, φωτίζεται καλύτερα με φωτιστικά ανοιχτής δέσμης, όπως και τα χαμηλά κτίρια. Η γωνία προσπτώσεως δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 90° . [36, 49,50]



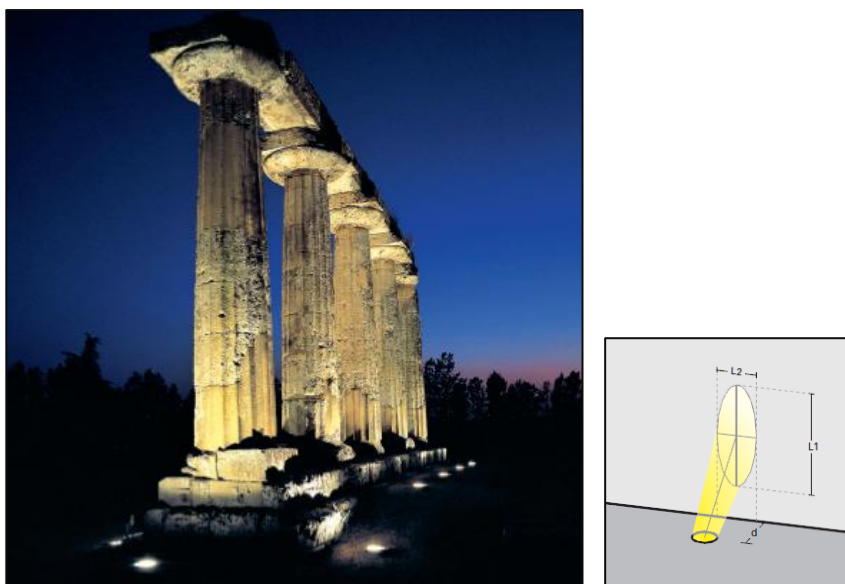
Εικόνα 3.13: Κτίρια με ορθογώνια και τετράγωνη κάτοψη (A-A Διεύθυνση παρατηρήσεως) (Πηγή: courses.arch.ntua.gr)

Κυκλική κάτοψη: Όταν η κάτοψη είναι κυκλική και για να τονισθεί η καμπυλότητα του κτιρίου χρησιμοποιούνται φωτιστικά στενής ή μεσαίας δέσμης, όπως επίσης και τα ψηλά κτίρια σε αρκετά σημεία γύρω από το κτίριο και με κατεύθυνση φωτισμού από κάτω προς τα πάνω [36, 49, 50]



Εικόνα 3.14: Κτίρια με κυκλική κάτοψη (A1, A2: διευθύνσεις παρατηρήσεως του κτιρίου) (Πηγή: courses.arch.ntua.gr)

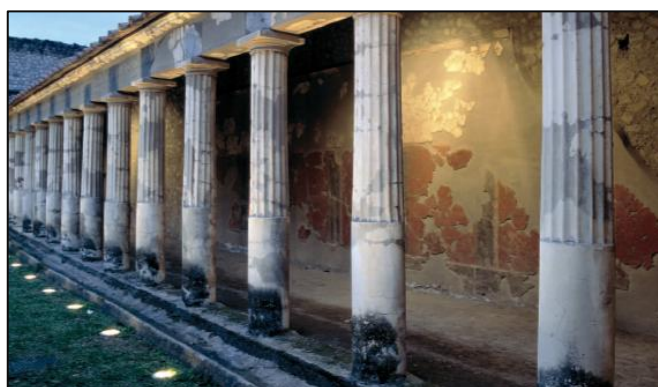
Μακρόστενο μνημείο: Εάν το σχήμα του μνημείου είναι μακρόστενο (π.χ. κολώνες) τότε στα φωτιστικά πρέπει να εφαρμοστεί κατάλληλο οπτικό σύστημα έτσι ώστε ο φωτισμός να περιορίζεται στο σχήμα υπό μορφή στήλης. [19]



Εικόνα 3.15: Φωτισμός μνημείου με κατάλληλο οπτικό σύστημα
Metaponto, Italy, Sanctuary of Hera, Palatine Tables
 (Πηγή: *External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012*).

3.6.2 Φωτίζοντας ένα μνημείο ορατό από μία ή πιο πολλές κατευθύνσεις

Ορατό μνημείο από μία κατεύθυνση: Στην περίπτωση που ένα μνημείο είναι ορατό μόνο από μία κατεύθυνση, τότε ο φωτισμός θα πρέπει να επικεντρώνεται στην πλευρά αυτή που είναι ορατή. Το φωτιστικό πρέπει να στοχεύει από μακριά το μνημείο με ευρεία δέσμη (τεχνική ανάδειξης επιφάνειας) ώστε αυτό να φωτίζεται ολόκληρο. Έτσι περιορίζεται η ποσότητα των φωτιστικών αλλά δεν αναδεικνύονται τα χαρακτηριστικά του μνημείου (π.χ. υφή, τρεις διαστάσεις κλπ). Το πίσω μέρος του μνημείου δεν χρειάζεται να φωτιστεί, εκτός και εάν υπάρχει κάποιο δομικό στοιχείο (π.χ. τοίχος). Ο φωτισμός αυτού του στοιχείου θα προσθέσει βάθος λειτουργώντας ως φωτεινό φόντο στο αντικείμενο, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.16.

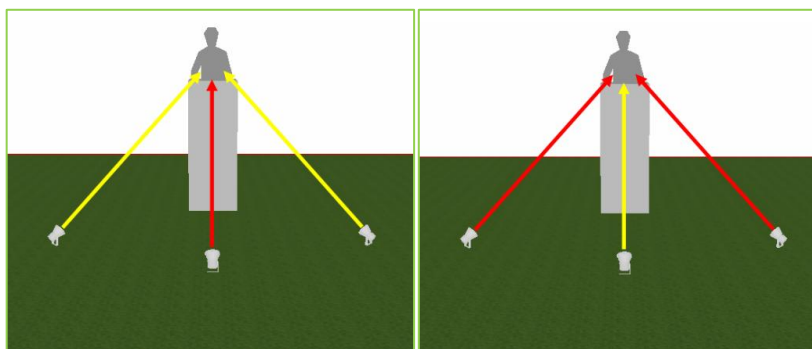


Εικόνα 3.16: Φωτισμός μνημείου ορατού από μία κατεύθυνση με επιπρόσθετο φωτισμό στο δομικό στοιχείο στο υπόβαθρο, *Naples – Italy: Villa Oplontis*
 (Πηγή: *External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012*).

Καθώς τα φωτιστικά στοχεύουν μόνο προς το μνημείο, δεν προκαλείται θάμβωση στους παρατηρητές. Η θάμβωση παραμένει μόνο όταν είναι επισκέψιμη η περιοχή ανάμεσα στα φωτιστικά και το αντικείμενο. Εάν χρησιμοποιηθούν χωνευτά φωτιστικά στο έδαφος, τότε αυτά πρέπει να διαθέτουν αντιθαμβωτικά καλύμματα όπως ήδη έχει αναφερθεί, ή οι λαμπτήρες να είναι αρκετά βαθιά στο εσωτερικό του φωτιστικού. Η απόσταση στην οποία θα τοποθετηθούν τα φωτιστικά σώματα εξαρτάται από τη δέσμη τους αλλά και το μέγεθος του μνημείου.[19]

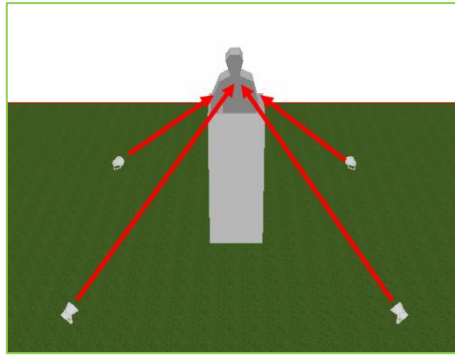
Ορατό μνημείο από περισσότερες κατευθύνσεις: Όταν το μνημείο είναι ορατό από περισσότερες κατευθύνσεις τότε ο φωτισμός πρέπει να επικεντρώνεται σε περισσότερα σημεία για να αναδειχθούν περισσότερες πτυχές του αντικειμένου. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα άτομα κινούνται περιμετρικά και κοιτούν προς το μνημείο από πολλές θέσεις, άρα θα πρέπει όλα τα σημεία του να είναι φωτισμένα. Έτσι θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην εύρεση των θέσεων και των στοχεύσεων για τη μείωση της θάμβωσης.

Αρχικά πρέπει να τοποθετηθεί φωτισμός ανάδειξης μπροστά και πίσω από το μνημείο, δίνοντας έμφαση στη μορφή και στις λεπτομέρειες του και έπειτα να τοποθετηθεί συμπληρωματικός φωτισμός στις υπόλοιπες πλευρές (δεξιά και αριστερά του μνημείου) για να μετριαστεί η αντίθεση ανάμεσα στις φωτεινές και σκοτεινές πλευρές. Με την παραπάνω τεχνική είναι δυνατό να αναδειχθεί ολόκληρη η μορφή του μνημείου. Διαφοροποιώντας μεταξύ τους το φωτισμό ανάδειξης με το συμπληρωματικό αλλάζουν οι πλευρές του μνημείου στις οποίες δίνεται έμφαση. Η επιλογή των πλευρών για την ανάδειξη εξαρτάται από το σχήμα, τη λεπτομέρεια, την υφή, και το χρώμα.[19]



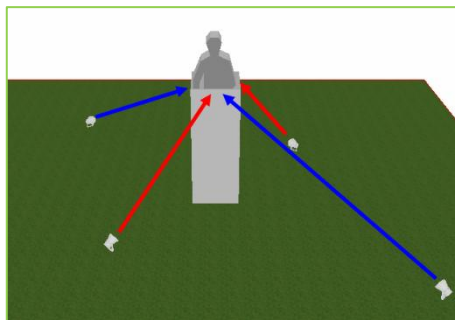
Εικόνα 3.17: Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις
Με κόκκινο φαίνεται ο φωτισμός ανάδειξης και με κίτρινο ο συμπληρωματικός φωτισμός
(Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, 2012).

Εάν χρησιμοποιηθούν φωτιστικά για φωτισμό ανάδειξης ομοιόμορφα τοποθετημένα περιμετρικά του μνημείου θα δημιουργηθεί ένας ισορροπημένος φωτισμός. Διαφοροποιώντας όμως την ισχύ ή τη δέσμη ενός εκ των περιμετρικών φωτιστικών μεταβάλλεται η έμφαση στην αντίστοιχη πλευρά [19]



Εικόνα 3.18: Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις με περιμετρικό ομοιόμορφο φωτισμό (Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, 2012).

Τοποθετώντας φωτιστικά σώματα σε αντιδιαμετρικές πλευρές είτε με μεγαλύτερη ένταση φωτισμού, είτε πιο κοντά στο αντικείμενο και με πιο στενή δέσμη (φωτισμός ανάδειξης), θα δοθεί έμφαση στο σχήμα ή στο περίγραμμα. Στις άλλες πλευρές, εάν τα φωτιστικά σώματα τοποθετηθούν πιο μακριά με μικρότερη ένταση φωτισμού τότε θα ολοκληρωθεί η ανάδειξη του συνολικού αποτελέσματος [19]



Εικόνα 3.19: Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις. Με κόκκινο φαίνεται ο αντιδιαμετρικός φωτισμός ανάδειξης από κοντά και μπλε ο αντιδιαμετρικός συμπληρωματικός φωτισμός από μακριά (Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, 2012).

3.6.3 Τρόποι ανάδειξης ιστορικού κτιρίου ή μνημείου

Φωτισμός τονισμού: Ο φωτισμός μνημείων προϋποθέτει ότι θα ενισχύει την όψη του μνημείου και δεν θα το «καταστρέφει» οπτικά ή θα του αλλάζει την εμφάνιση με αποτέλεσμα να το αλλοιώσει. Οποσδήποτε απαιτείται παραπάνω από μια πηγή φωτισμού για το φωτισμό των μνημείων. Ο φωτισμός μόνο από τη μπροστινή πλευρά τους είναι απαγορευτικός, γιατί αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα τα αντικείμενα αυτά να παρουσιάζονται επίπεδα. Για να δοθεί έμφαση στο βάθος, αυτά πρέπει να φωτίζονται από το πλάι, με συνηθέστερη την τεχνική φωτισμού του τονισμού.

Η ανάδειξη της πρόσοψης ενός κτιρίου μπορεί να πραγματοποιηθεί με φωτισμό τονισμού. Για να γίνει αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτοίχια φωτιστικά ή φωτιστικά με ασύμμετρη δέσμη τοποθετημένα χωνευτά στο έδαφος (ή και εξωτερικά

στο έδαφος) κοντά στο κτίριο. Ανάλογα με την ένταση φωτισμού και τις αποστάσεις από τον τοίχο επιλέγεται και ο αντίστοιχος αριθμός των φωτιστικών σωμάτων που θα φωτίσουν μια μεγαλύτερη ή μικρότερη επιφάνεια. Διάφορα δομικά στοιχεία όπως κολώνες ή μαρκίζες μπορούν να τονιστούν με στενής δέσμης φωτιστικά σώματα.[19]

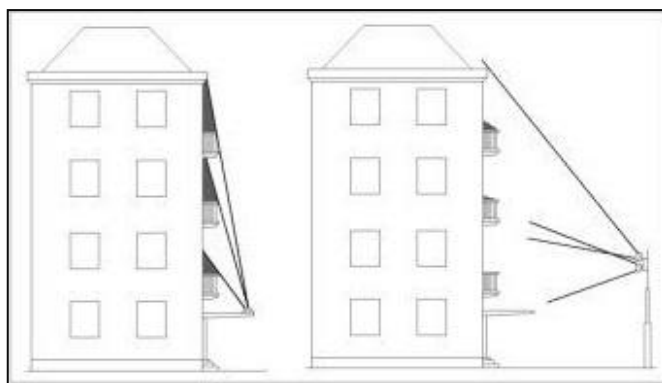


Εικόνα 3.20 : Φωτισμός τονισμού πρόσοψης κτιρίου με επιτοίχια φωτιστικά.
Αριστερά: Budapest – Hungary: New York Pallace Budapest, δεξιά: Baku – Azerbaijan: Square, (Πηγή: External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012).

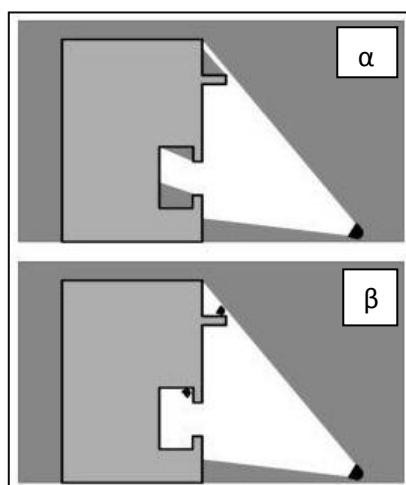
Έλεγχος των σκιών: (Αφορά μόνο τα ιστορικά κτίρια όχι τα μνημεία) Αν η πρόσοψη κυριαρχείται από κατακόρυφα ή οριζόντια στοιχεία πρέπει να επιδιωχθούν κατακόρυφες ή οριζόντιες αντίστοιχα σκιάσεις για τον τονισμό αυτών των στοιχείων. Οι κατακόρυφες σκιάσεις επιτυγχάνονται με φωτισμό από τα πλάγια ενώ οι οριζόντιες σκιάσεις αν φωτίσουμε το κτίριο από την μπροστινή όψη. Αν οι σκιές που δημιουργούνται είναι πολύ έντονες, τότε ο φωτισμός από την αντίθετη διεύθυνση με χαμηλή ένταση, μπορεί να μειώσει την ένταση τους. [12,50]

Αν το κτίριο έχει προεξέχοντα στοιχεία δημιουργούνται πολύ έντονες σκιές πίσω από αυτό. Αυτό το αποφεύγουμε είτε με τοπικό φωτισμό της σκιαζόμενης περιοχής δηλαδή με διακριτική και όσο το δυνατόν αφανή τοποθέτηση μικρών φωτιστικών στις εσοχές ή στις προεσοχές, είτε με τοποθέτηση των προβολέων σε σχετικά μεγάλη απόσταση από το κτίριο. [36]

Εάν υπάρχει κάποιο ιδιαίτερο στοιχείο της πρόσοψης που επιθυμείται να αναδειχθεί τότε θα πρέπει να φωτιστεί και από τις δύο του πλευρές και υπό γωνία $30^\circ - 45^\circ$ έτσι ώστε οι σκιάσεις να μην είναι σκληρές.[49]



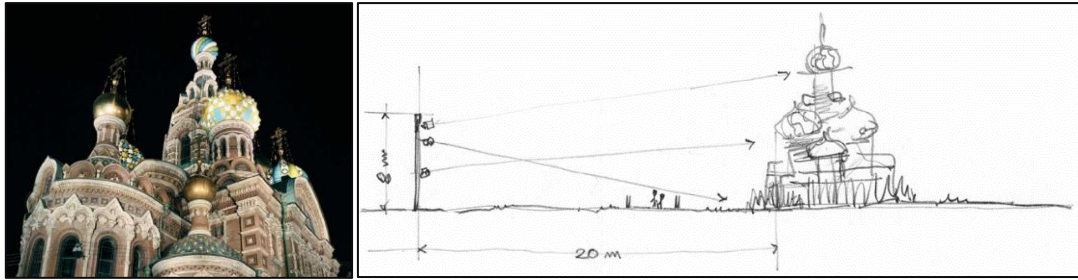
Εικόνα 3.21: Σχηματισμός σκιών από αρχιτεκτονικές προεξοχές στην όψη σε σχέση με την απόσταση των φωτιστικών από το κτίριο και τη γωνία πρόσπτωσης των φωτεινών ακτίνων. (Πηγή: Τριπιδάκης, Ιωάννης, Φωτισμός ανάδειξης ιστορικών κτιρίων)



Εικόνα 3.22: Οι σκιές που προκαλούνται από τις προεξοχές μετριάζονται (α) ή εξαφανίζονται (β) με τον τοπικό φωτισμό. (β)
(Πηγή: Τριπιδάκης, Ιωάννης, Φωτισμός ανάδειξης ιστορικών κτιρίων)

Φωτισμός όγκου: Τα χαρακτηριστικά ενός μνημείου όπως η υφή, το σχήμα, το μέγεθος και τα ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά του πρέπει να συσχετιστούν με την απόσταση, τη θέση και τον αριθμό των φωτιστικών σωμάτων, έτσι ώστε να δοθεί τελικά το επιθυμητό φωτιστικό αποτέλεσμα. Εάν το μέγεθος του μνημείου είναι ιδιαίτερα μεγάλο, πρέπει να φωτιστεί ολόκληρο για να γίνει κατανοητή η μεγαλοπρέπειά του. Στην περίπτωση αυτή είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθούν περισσότερα φωτιστικά με λαμπτήρες ευρύτερης δέσμης φωτισμού.

Μια διαφορετική προσέγγιση στο φωτισμό των προσόψεων των κτιρίων και των κτιρίων γενικότερα είναι ο φωτισμός όγκου. Η τεχνική αυτή φωτισμού δίνει «όγκο» και «κύρος» στο κτίριο. Τα φωτιστικά σώματα τοποθετούνται σε απομακρυσμένη απόσταση, περιμετρικά του κτιρίου. Συνήθως τοποθετούνται σε ιστούς με σκοπό να φωτίζουν το σύνολο του κτιρίου. Ειδική μέριμνα γίνεται με την τοποθέτηση των ιστών, έτσι ώστε να μην δημιουργούνται σκιές. Λόγω της απομακρυσμένης τοποθέτησης των φωτιστικών σωμάτων, ο φωτισμός όγκου είναι κατάλληλος για κτίρια όπου δεν μπορεί να γίνει παρέμβαση με εγκατάσταση φωτιστικών σωμάτων στο κέλυφος και στις προσόψεις τους (συνήθως σε ιστορικά κτίρια).[19]



Εικόνα 3.23: Φωτισμός όγκου πρόσοψης κτιρίου με απομακρυσμένα φωτιστικά τοποθετημένα σε ιστούς, *St. Petersburg – Russia: Cathedral of the Resurrection*, (Πηγή: *External lighting systems*, iGuzzini, 2011-2012)

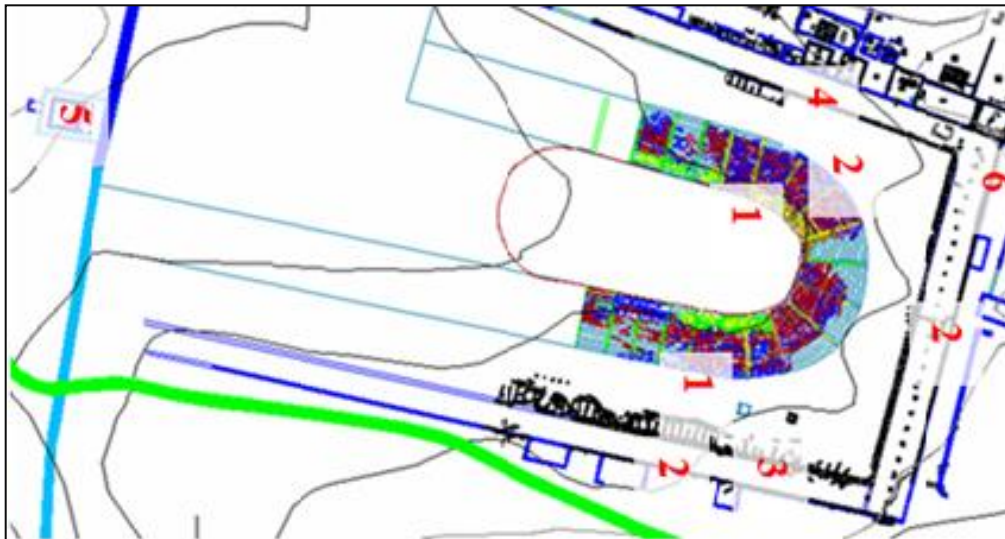
3.7 Επιλεγμένες χαρακτηριστικές περιπτώσεις φωτισμού (Case Studies)

Παρακάτω αναφέρονται έξι χαρακτηριστικές περιπτώσεις φωτισμού όπου εφαρμόζονται στην ουσία οι κανόνες, οι γενικές αρχές φωτισμού και όσα αναφέρθηκαν αναλυτικά στις προηγούμενες παραγράφους. Σε κάθε μελέτη τονίζονται διαφορετικά στοιχεία ώστε να γίνει κατανοητό πως είναι δυνατόν να εφαρμοστούν στην πράξη όσα περιγράφονται σε θεωρητικό επίπεδο στο δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο.

3.7.1 Στάδιο Αρχαίας Μεσσήνης, Ελλάδα

Σχεδιαστής φωτισμού: Τοπαλής Φ., Δούλος Λ., Μπουρούσης Κ. [19]

Τεχνική φωτισμού: Το στάδιο φωτίστηκε σύμφωνα με την τεχνική ανάδειξης φυσικού όγκου, με αναστρέψιμες παρεμβάσεις και χωρίς να παραποιηθεί από το φωτισμό.



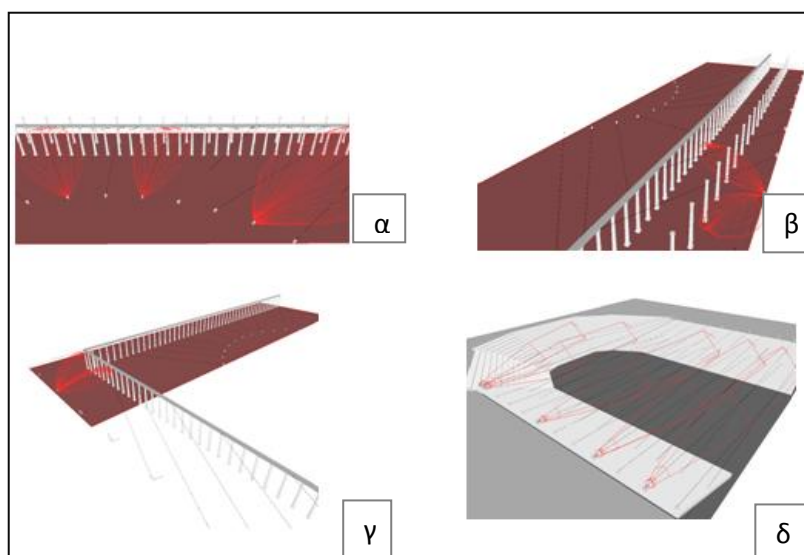
Εικόνα 3.24: Στάδιο Αρχαίας Μεσσήνης με περιβάλλοντα χώρο (Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, Κωνσταντίνος Α. Μπουρούσης, *Μελέτη φωτισμού Αρχαίας Μεσσήνης*, Μεσσήνη, 2009).

Στην εικόνα 3.24 φαίνεται η περιοχή του Σταδίου και με αριθμούς απεικονίζονται οι χώροι που περιλαμβάνει: (Χώρος 1) Αρχαίο στάδιο, (Χώρος 2) Κίονες της περιμετρικής

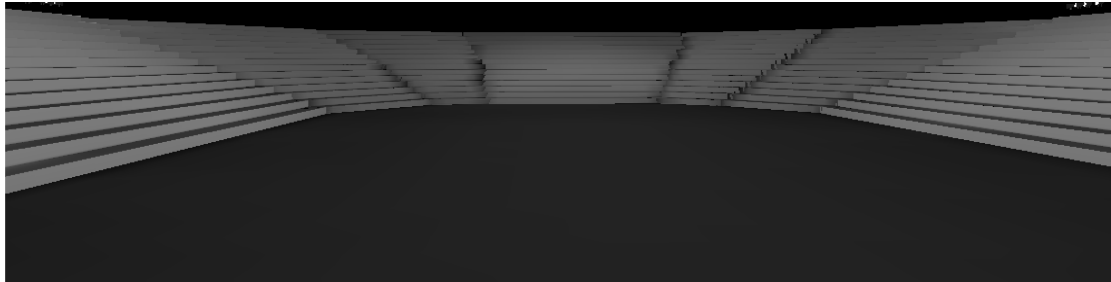
του σταδίου στοάς, (Χώρος 3) Στοιχεία ανάμεσα στο στάδιο και τον στυλοβάτη με τους κίονες, (Χώρος 4) Ταφικό μνημείο Κ3, (Χώρος 5) Μουσωλείο των Σαιθιδών, (Χώρος 6) Πύλη του γυμναστηρίου.

Φωτισμός χώρων του σταδίου: Το εσωτερικό του αρχαίου Σταδίου (Χώρος 1) φωτίζεται περιμετρικά με φωτιστικά δυο διαφορετικών τύπων, διάχυσης και εστιακού φωτισμού. Οι κίονες της στοάς του Σταδίου (Χώρος 2) φωτίζονται από χαμηλό ύψος με φωτιστικά ειδικής δέσμης έτσι ώστε να υπάρχει ομοιόμορφος φωτισμός σε όλη την επιφάνειά τους. Ομοίως και τα στοιχεία ανάμεσα στην περιμετρική στοά, στο Στάδιο και τους περιμετρικούς κίονες (Χώρος 3), το ταφικό μνημείο Κ3 (Χώρος 4) και η πύλη του Γυμναστηρίου (Χώρος 6). Το Μουσωλείο των Σαιθιδών (Χώρος 5) φωτίζεται από τρεις διαφορετικές ζώνες φωτισμού. Η πρώτη από μακρινή απόσταση και χαμηλό ύψος με φωτιστικά διάχυσης και εστιακού φωτισμού για τον γενικό όγκο του μνημείου, μπροστά και περιμετρικά του. Η δεύτερη από κοντινή απόσταση με φωτιστικά ειδικής δέσμης για τον φωτισμό των κίωνων του πρόστυλου και η τρίτη εσωτερικά του σηκού για την ανάδειξη του εσωτερικού του μνημείου, την δημιουργία βάθους, την εξάλειψη σκοτεινών περιοχών και τη μεγάλη ανομοιογένεια στο φωτισμό του μνημείου.

Φωτιστικά σώματα: Τα φωτιστικά τοποθετήθηκαν σε απόσταση από τα μνημεία χωρίς μόνιμες κατασκευές, και χωρίς να ενοχλούνται οι χρήστες του χώρου, από αισθητικής άποψης, μέσω της θάμβωσης και της οπτικής δυσφορίας. Τα φωτιστικά σώματα όπως και οι καλωδιώσεις έχουν προδιαγραφεί για εξωτερική χρήση και η ποιότητα τους είναι συμβατή με τις ανάγκες του χώρου για αντοχή στο χρόνο και την υγρασία. Υπάρχει ακόμα η δυνατότητα ρύθμισης της δέσμης τους αναλόγως με τις αποστάσεις, τις διαστάσεις και το είδος των μνημείων που θα φωτιστούν.



Εικόνα 3.25: Σχέδιο με τη στόχευση και την τρισδιάστατη φωτομετρική καμπύλη των φωτιστικών σωμάτων στο χώρο, (κίονες της περιμετρικής του σταδίου στοάς (α,β,γ) και στάδιο(δ)) (Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, Κωνσταντίνος Α. Μπουρούσης, Μελέτη φωτισμού Αρχαίας Μεσσήνης. Μεσσήνη, 2009)



Εικόνα 3.26: Προσομοίωση φωτισμού του εσωτερικού των κερκίδων του σταδίου (χώρος 1) και των κιόνων της στοάς περιί του σταδίου (χώρος 2)
(Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, Κωνσταντίνος Α. Μπουρούσης, *Μελέτη φωτισμού Αρχαίας Μεσσήνης*. Μεσσήνη, 2009).

Στην εικόνα 3.26 φαίνονται πραγματικές απεικονίσεις των κυριότερων χαρακτηριστικών του Σταδίου Μεσσήνης (με φυσικό φωτισμό) και παρατίθενται αντίστοιχα εικόνες με την προσομοίωση φωτισμού τους.

3.7.2 Αρχαίο Θέατρο Διονύσου, Ελλάδα

Σχεδιαστής φωτισμού: Κάπος Κώστας [53]

Το θέατρο του Διονύσου αποτελούσε μέρος του ιερού του Ελευθερέως Διονύσου που βρισκόταν στις ΝΑ παρυφές της Ακρόπολης και υπήρξε ο βασικός τόπος παράστασης του αττικού δράματος.



Εικόνα 3.27: Θέατρο Διονύσου (Πηγή: <http://costaskapos.blogspot.gr>)

Υπάρχουν αρκετές δυσκολίες στο φωτισμό καθώς η περιοχή δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ανάγλυφο, δεν περιλαμβάνει κτίρια ή άλλες αρχιτεκτονικές προεξοχές και είναι δύσκολα ορατή από την περίμετρο του αρχαιολογικού χώρου λόγω της παρεμβολής συστάδας δένδρων.

Φωτισμός Θέατρον Διονύσου: Ο φωτισμός του χώρου έγινε με 52 προβολείς (Decoflood MVF-606) της Philips, με κάτοπτρα ευρείας, μέσης ή στενής δέσμης, με λαμπτήρα μεταλλικών αλογονιδίων (150W, 3000K και 4200K) σε κεραμικό καυστήρα, τύπου CDM-T. Τα σωζόμενα εδώλια του κοίλου του θεάτρου φωτίζονται από λευκό φως (4200K) που αναδεικνύει το φυσικό χρώμα του μαρμάρου και του ασβεστόλιθου, ενώ η περιοχή του επιθέατρου που συνορεύει με την ήδη φωτιζόμενη περίμετρο του Ιερού Βράχου φωτίζεται με θερμότερο λευκό φως (3000K). Η εναλλαγή δεσμών θερμότερου λευκού με δέσμες ουδέτερου λευκού προσδίδει μία αίσθηση του αναγλύφου του χώρου από απόσταση. Τα αναλήμματα των παρόδων του θεάτρου, καθώς και αυτά που βρίσκονται στην Ανατολική και Δυτική πλευρά του φωτίστηκαν τόσο από πολωμένες δέσμες όσο και από απλές, με εναλλαγή των αποχρώσεων του λευκού φωτός, όπου ήταν αναγκαίο για την ανάδειξη του αναγλύφου τους. Επίσης έγινε και γενικός φωτισμός αναδείξεως των υπολειμμάτων από το ιερό του Διονύσου που βρισκόταν στη Νότια πλευρά του θεάτρου.



Φωτιστικά σώματα: Οι προβολείς δεν είναι ιδιαίτερα ορατοί κατά τη διάρκεια της ημέρας αφού είναι βαμμένοι σε απόχρωση RAL 1016, προκειμένου να ταιριάζουν με την απόχρωση των μαρμάρινων μελών του θεάτρου. Δεν αλλοιώνουν έτσι την εικόνα του μνημείου. Έχουν εγκατασταθεί πάνω σε 7 ικρίωματα σχήματος «Π» και σε 2 ιστούς έχοντας αντιθαμβωτική περσίδα, είτε πολωτικό φίλτρο οριζόντιας επέκτασης της φωτεινής δέσμης, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε σημείου. Οι οδεύσεις των καλωδίων έγιναν σε μικρό βάθος ώστε να μην προξενηθούν βλάβες σε αρχαία μέλη που βρίσκονται ακόμα στο έδαφος. Δόθηκε όμως ιδιαίτερη προσοχή στην επίτευξη μιας λειτουργικά ασφαλούς εγκατάστασης που δεν θα αντιμετωπίσει στο μέλλον προβλήματα μηχανικών καταπονήσεων, καιρικών φθορών ή ηλεκτρολογικών προβλημάτων.

3.7.3 Ακρόπολη, Ελλάδα

Σχεδιαστής φωτισμού: Κάπος Κώστας [54]

Η Ακρόπολη του 5ου αι. π.Χ. αποδίδει με τον τελειότερο τρόπο το μεγαλείο, τη δύναμη και τον πλούτο της Αθήνας στην εποχή της μεγαλύτερης ακμής της, το "χρυσό αιώνα" του Περικλή. Αποτελεί τον χώρο που βρίσκονται μερικά από τα σημαντικότερα πολιτιστικά μνημεία της ανθρωπότητας.



Εικόνα 3.28: Ο χώρος των μνημείων της Ακρόπολης που έχει χαρακτηριστεί ως χώρος Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς. (Πηγή:<http://costaskapos.blogspot.gr>)

Φωτισμός Ακρόπολης: Συνολικά εγκαταστάθηκαν περίπου 800 προβολείς Philips για το φωτισμό των μνημείων. Για το φωτισμό του μαρμάρου χρησιμοποιήθηκαν προβολείς μεταλλικών αλογονιδίων με κεραμικό καυστήρα (CDM-T Philips) θερμοκρασίας χρώματος 3000K (35W, 70W ή 150W). Εγκαταστάθηκαν ακόμα, προβολείς νατρίου υψηλής πίεσης (SDW-T Philips) με θερμοκρασία χρώματος 2500K, (100W). Οι δύο παραπάνω τύποι προβολέων χρησιμοποιήθηκαν για το φωτισμό των αρχιτεκτονικών στοιχείων του κάθε μνημείου και των εξωτερικών τοιχοποιιών. Για τον φωτισμό των κιόνων συγκεκριμένα, όπου τοποθετήθηκε προβολέας σε κάθεναν από αυτούς, η συγκέντρωση των δεσμών έγινε με ειδικούς φακούς, ώστε η δέσμη να είναι κάθετη κατά μήκος του κάθε κίονα. Χρησιμοποιήθηκαν ακόμα προβολείς ανοικτής δέσμης, νατρίου υψηλής πίεσης (SON-T comfort Philips), με θερμοκρασία χρώματος 2200K (100W, 150W και 250W) για το φωτισμό των εσωτερικών τοίχων του κάθε μνημείου έτσι ώστε ο σχετικά χαμηλός φωτισμός να δίνει την εντύπωση ότι ο ίδιος ο τοίχος φεγγοβολεί ένα εσωτερικό φως που συμβολίζει το αρχαίο πνεύμα που ζει μέσα στα μνημεία αυτά.



Εκτός από το φωτισμό των μνημείων, ιδιαίτερη σημασία δόθηκε και στον φωτισμό του Βράχου της Ακρόπολης. Χρησιμοποιήθηκαν και εδώ προβολείς (CDM-T Philips) ημιανοικτής δέσμης, με πρόσπτωση υπό γωνία στο βράχο και στο τείχος,

ώστε να μη διαταράσσεται το οικοσύστημα της περιοχής και να τονίζεται το ανάγλυφο του ιερού Βράχου και του τείχους της Ακρόπολης. Ειδικά για το νότιο τμήμα του Βράχου, το οποίο παρουσιάζει πολύ λιγότερο ανάγλυφο από το βόρειο, χρησιμοποιήθηκαν και αμμοβολισμένα κρύσταλλα, προκειμένου να μη γίνει ο Βράχος πιο φωτεινός από ότι τα ίδια τα μνημεία

Φωτιστικά σώματα: Τα φωτιστικά σώματα δεν αλλοιώνουν τη μορφή των μνημείων και δεν προκαλούν την παραμικρή φθορά. Οι προβολείς που χρησιμοποιήθηκαν είναι ειδικής απόχρωσης RAL 9001 (παραγγελία από το εργοστάσιο της Philips Γαλλίας) και έχουν ειδικά ανοξείδωτα στηρίγματα ώστε να μην υπάρχει ο κίνδυνος οποιασδήποτε βλάβης στα μνημεία. Τα στηρίγματα αυτά δεν είναι ορατά από απόσταση, δεν έχουν πακτωθεί από κάποιο σημείο των μνημείων και αντέχουν σε ανεμοπιέσεις για ταχύτητες πάνω από 160 km/h. Δεν υπήρξαν εκσκαφές, οι καλωδιώσεις είναι επιφανειακές, δεν στηρίζονται μόνιμα σε αρχιτεκτονικά σχέδια και δεν είναι εύκολα προσβάσιμα από τους επισκέπτες.

3.7.4 Εκκλησία Αγίου Ιωάννη του Ευαγγελιστή, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Σχεδιαστής φωτισμού: Paul Marks [55]

Η εκκλησία του Αγίου Ιωάννη του Ευαγγελιστή βρίσκεται στο κέντρο της κοινότητας Winthrop, Massachusetts, εδώ και 100 χρόνια. Κατά τη διάρκεια της ημέρας το καμπαναριό είναι ορατό σε ολόκληρη την πόλη, όμως μέχρι πρόσφατα, η εκκλησία το βράδυ δεν φωτιζόταν και έτσι δεν ήταν ορατή.



Εικόνα 3.29: *St. John the Evangelist Church, United States* .
(Πηγή: <http://www.lumenpulse.com/en/project/8/st-john-the-evangelist-church>)

Τεχνική φωτισμού: Η πρόσοψη της εκκλησίας φωτίστηκε με τη τεχνική του φωτισμού υφής, καταναλώνονται μόλις 440W για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Με την τεχνική τονισμού αναδεικνύονται αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά της όψης.

Φωτισμός Εκκλησίας: Τοποθετήθηκαν 12 γραμμικά φωτιστικά (Lumenfacade) 3000K, 12°, στην κορυφή του καμπαναριού για να αναδείξουν τις λεπτομέρειες του λευκού γρανίτη. Στην βάση της εκκλησίας προστέθηκαν 4 γραμμικά φωτιστικά (Lumenfacade) 2700K (θερμό λευκό φως), 24°, ανάμεσα στις τρεις πόρτες, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.29. Στη βάση του καμπαναριού τοποθετήθηκαν 8 γραμμικά φωτιστικά (Lumenfacade) 2700K, 12°. Χρησιμοποιώντας την τεχνική του τονισμού τα φωτιστικά που έχουν στενή δέσμη, αναδεικνύουν την υφή και τις λεπτομέρειες της πρόσοψης ύψους 23 μέτρων.

Φωτιστικά σώματα: Τα φωτιστικά ταιριάζουν με την αρχιτεκτονική του κτιρίου και είναι διακριτικά τοποθετημένα. Η επίπεδη επιφάνεια του φακού του φωτιστικού και η στενή εστιασμένη δέσμη φωτός εμποδίζουν τη διάχυση του φωτός αλλά και τη θάμβωση των περαστικών.



Εικόνα 3.30: *Lumenfacade (Linear LED luminaire)*
(Πηγή:<http://www.lumenpulse.com/en/product/26/lumenfacade>)

3.7.5 Saint Sava Orthodox Cathedral, Βελιγράδι

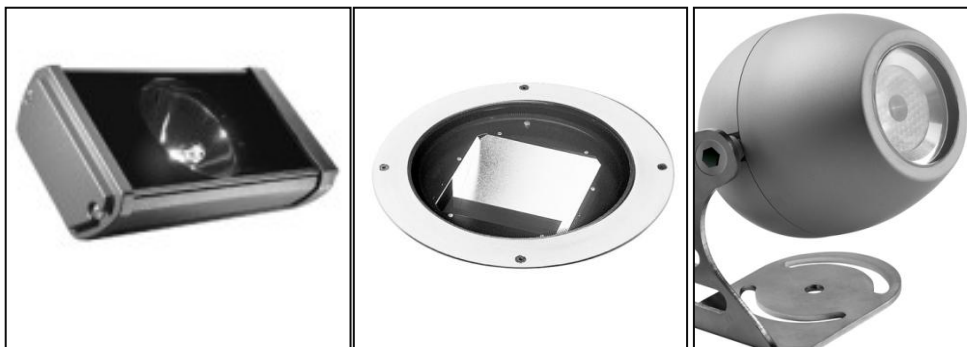
Σχεδιαστής φωτισμού: Schréder [56]

Μία από τις μεγαλύτερες ορθόδοξες εκκλησίες του κόσμου, με 70m ψηλό τρούλο και μια επιφάνεια 3,500m² χώρο στο ισόγειο και μόνο, η Μητρόπολη Αγίου Σάββα δεσπόζει στο αστικό τοπίο του Βελιγραδίου.



Εικόνα 3.31: *Saint Sava Orthodox Cathedral, Belgrade, (Πηγή: <http://www.schreder.com>)*

Η Schréder παρείχε συνολικά 1200 προβολείς για να αποδώσει φωτισμό αντάξιο της μεγαλοπρέπειας αυτού του ορόσημου. Πάνω από 300 φωτιστικά Corus δίνουν έμφαση στα κύρια αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά με ελεγχόμενο φως από κάτω προς τα πάνω. (Τεχνική φωτισμού από κάτω προς τα πάνω) Το άψογο λευκό μάρμαρο της πρόσοψης τονίζεται από 67 προβολείς Terra με δείκτη κατηγοριοποίησης IP 67 στεγανότητας και μηχανικής αντοχής. Έχουν τοποθετηθεί ακόμα περισσότερα από 450 Epyo LED που έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν ειδικά εφέ σε περίπτωση κάποιας γιορτής.



Εικόνα 3.32: *Φωτιστικά, Corus(αριστερά), Terra(κέντρο), epyo(δεξιά,) που χρησιμοποιήθηκαν για το φωτισμό της Ορθόδοξης Εκκλησίας στο Βελιγράδι (Πηγή: <http://www.minel-schreder.rs/en/products/>)*

3.7.6 Η εκκλησία Frauenkirche, Δρέσδη Γερμανίας

Σχεδιαστής φωτισμού: ARGE IB, Walter Bamberg.d'Lightvision [12]

Η Frauenkirche μετά την ανακατασκευή της αποτελεί πόλο δραστηριοτήτων της σύγχρονης εκκλησιαστικής ζωής καθώς δεν φιλοξενεί μόνο λειτουργίες αλλά φιλοξενεί και υψηλού επιπέδου πολιτιστικές εκδηλώσεις.



Εικόνα 3.33: *Frauenkirche, Δρέσδη Γερμανίας*
(Πηγή: http://1hdwallpapers.com/anderson_germany_wallpapers/page-4.html,
<http://lindermangenealogy.wordpress.com/tag/germany/>)

Στο φωτισμό της εκκλησίας συμβάλλει και ο φωτισμός που προέρχεται από το εσωτερικό του μνημείου, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.33 (δεξιά)

Ο γενικός φωτισμός της όψης είναι ομοιόμορφος. Τονίζεται ο όγκος του μνημείου, με μικρότερη ένταση φωτισμού στις χαμηλότερες από ότι στις ανώτερες περιοχές του μνημείου. Η μεταβολή από τις περιοχές που φωτίζονται από τους προβολείς που είναι κοντά στον τρούλο, προς τις υπόλοιπες σκοτεινές περιοχές γίνεται ομαλά. Υπάρχει ακόμα διαφοροποίηση θερμοκρασίας χρώματος στην όψη του.

Οι προβολείς που φωτίζουν τον τρούλο είναι σχεδόν αθέατοι. Δεν τραβούν δηλαδή την προσοχή των θεατών.

Οι πυργίσκοι, σκοτεινότεροι, προβάλλονται μπροστά στον τρούλο κατ' αντίθεση έντασης φωτισμού. Τα κατακόρυφα προεξέχοντα στοιχεία διακρίνονται λόγω των σκιών που προβάλλουν οι κάθετες στον τρούλο πλευρές τους.

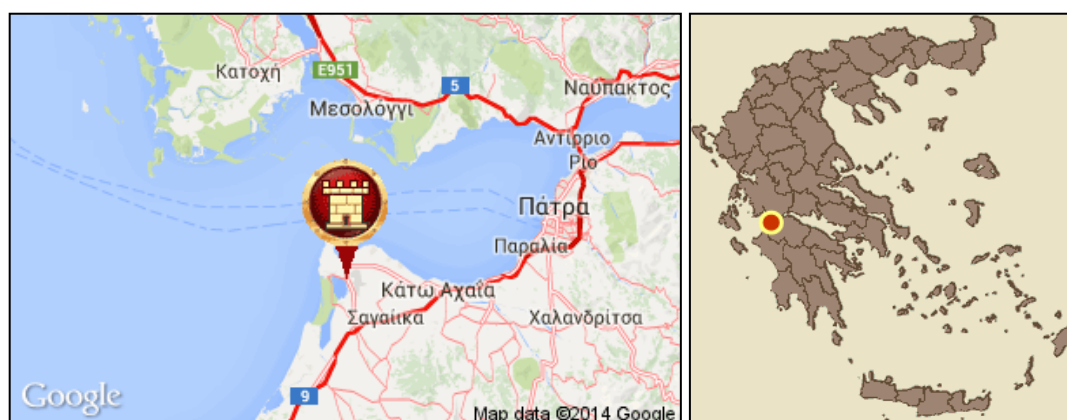
Το φανάρι και το αγαλματίδιο στην κορυφή του τρούλου φωτιζόμενα με έντονες αντιθέσεις και ισχυρότερα από το άνω τμήμα του τρούλου, ξεχωρίζουν από μακριά.

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός φωτισμού Τείχους Δυμαίων Αχαΐας

4.1 Τοποθεσία και ονομασία του Τείχους Δυμαίων

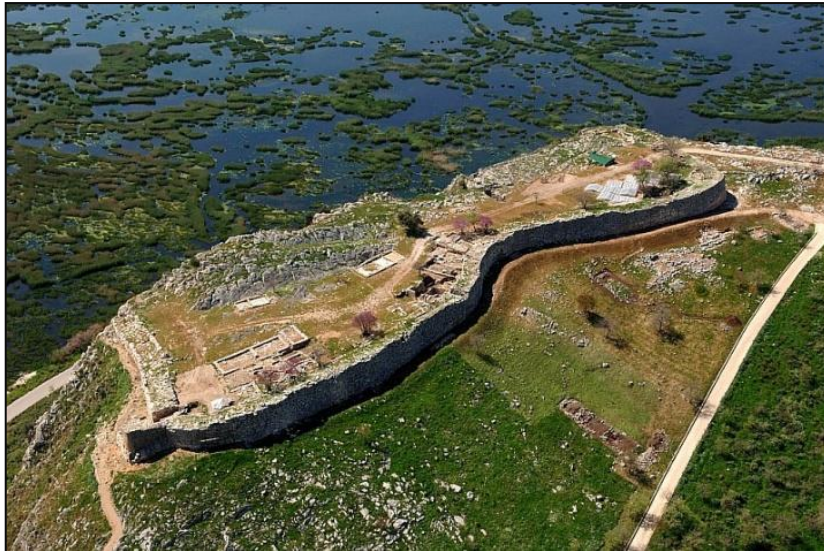
Το Τείχος Δυμαίων ή Κάστρο της Καλόγριας είναι προϊστορική μυκηναϊκή ακρόπολη στην Αχαΐα, που ήταν σε πλήρη χρήση κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα και στην Ενετοκρατία. Εξακολούθησε να χρησιμοποιείται για στρατιωτικούς σκοπούς μέχρι τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο.

Βρίσκεται 35 χιλιόμετρα από την Πάτρα στο ακρωτήριο του Αράξου και δεσπόζει πάνω στην κορυφή του νοτιότερου από τα βραχώδη υψώματα με την ονομασία Μαύρα βουνά, και στα όρια του σημερινού δήμου Λαρισσού. Προσφέρει απεριόριστη θέα σε ολόκληρη τη Δυμαία χώρα και στην παράλια ζώνη του Πατραϊκού κόλπου προς τα Βόρεια και του Ιονίου πελάγους προς τα Δυτικά. Αξίζει να αναφερθεί ότι αποτελεί το μοναδικό παράδειγμα οχυρωμένης μυκηναϊκής ακρόπολης στη Δυτική Ελλάδα.[57]



Εικόνα 4.1: Ακριβής τοποθεσία του Τείχους Δυμαίων στον χάρτη
(Πηγή: <http://www.kastra.eu/castlegr.php?kastro=dymeon>)

Ονομάζεται **Τείχος Δυμαίων** γιατί βρισκόταν στην Δυμαία χώρα και **Κάστρο της Καλόγριας** (σύγχρονη ονομασία) από την ομώνυμη παραλία που βρίσκεται κοντά του. Η αρχαία ονομασία της θέσης δεν είναι γνωστή και το όνομα «Τείχος Δυμαίων» είναι συμβατική ονομασία οφειλόμενη στον ιστορικό Πολύβιο. Από κάποιους αρχαιολόγους πιστεύεται ότι στην θέση του ήταν κατά την αρχαιότητα η πολίχνη Λάρισα.[58,59]



Εικόνα 4.2: Αεροφωτογραφία Τείχους Δυμαίων
(Πηγή: http://callgreece.gr/blog/sight/achaea_teixos_dymaiwn_kastro_kalogrias)

4.2 Οργάνωση του χώρου: δομικά, αρχιτεκτονικά, οχυρωματικά στοιχεία

Τα τείχη του κάστρου ήταν κυκλώπεια, είχαν μήκος 300 μέτρα περίπου, 10 μέτρα ύψος (σωζόμενο ύψος ως 8,40 σήμερα) και 4,50-6 μέτρα πάχος.[58]



Εικόνα 4.3: Τα δυο υψηλότερα σωζόμενα σημεία του Τείχους (αριστερά: δυτική γωνία, ύψους 8,40 και δεξιά βορειοανατολική γωνία ύψους 7.5)
(Πηγή: http://omada-ellas.blogspot.com/2013/05/blog-post_2498.html)

Το σχήμα του Τείχους, χάρη στις καμπυλώσεις του, πρόσφερε σε όλα τα σημεία προνομιακή θέση στους αμυνόμενους, χωρίς την ανάγκη κατασκευής πύργων. Συγκεκριμένα η Βόρεια μακρά πλευρά δεν ακολουθεί ευθεία γραμμή αλλά σχηματίζει στο μέσον της μεγάλη καμπύλη εσοχή, ενώ η βορειοδυτική και ανατολική γωνία στα δύο άκρα της μακράς πλευράς είναι αποστρογγυλεμένες. Ελαφρά καμπύλη σχηματίζουν και οι δύο στενές πλευρές της οχύρωσης. [58,59]



Εικόνα 4.4: Καμπύλη εσοχή στη βόρεια μακρά πλευρά του Τείχους
(Πηγή: <http://www.kastra.eu/castlegr.php?kastro=dymeon>)

Προστάτευε τις τρεις πλευρές του λόφου πλην της νοτιοδυτικής, όπου η απόκρημνη πλαγιά και η λίμνη που την περιέβαλλε παρείχε φυσική οχύρωση. Η πρόσβαση στο εσωτερικό γινόταν από τρεις πύλες, μια σε κάθε πλευρά της οχύρωσης, την "κύρια" πύλη στα νοτιοανατολικά, την "μέση" πύλη στα βόρεια και την, κατεστραμμένη σήμερα, βορειοδυτική πύλη. Την Κύρια Πύλη στη νοτιοανατολική πλευρά προστάτευε πύργος



Εικόνα 4.5: Νοτιοδυτική πλευρά του λόφου ως φυσικό οχυρό
(Πηγή: Παναγοπούλου Α.Χρυσούλα, 2014, Προσωπικό αρχείο).

Τα στρατηγικά πλεονεκτήματα της ακρόπολης είναι προφανή, αφού προσφέρει απεριόριστη θέα σε όλη τη γύρω πεδινή έκταση και την ευρύτερη περιοχή της αρχαίας Δύμης - τη Δυμαία χώρα - καθώς και στην παράλια ζώνη του Πατραϊκού κόλπου προς τα Βόρεια και του Ιονίου πελάγους προς τα Δυτικά. Η στρατηγική θέση σε συνδυασμό με το φυσικό πλούτο της χερσονήσου του Αράξου, με τις λιμνοθάλασσες του Προκοπίου και του Πάπα, τα δάση με το άφθονο κυνήγι και την εύφορη και ήπια πεδιάδα που διατρέχεται από τους ποταμούς Πείρο και Λάρισσο, εξηγεί τη μακράιωνη και εντατική κατοίκηση του Τείχους Δυμαίων. [58]

4.3 Ιστορικό περίγραμμα

Η οχύρωση οικοδομήθηκε στη μυκηναϊκή εποχή, πιθανώς γύρω στο 1300 π.Χ., κατά το κυκλώπειο σύστημα. Στο εσωτερικό της οχύρωσης, αλλά και περιμετρικά αυτής αποκαλύφθηκαν επάλληλες οικιστικές φάσεις που αποδεικνύουν την εντατική χρήση του χώρου κατά τη μυκηναϊκή εποχή (1680-1040 π.Χ.). Ωστόσο, επιβεβαιώθηκε η ανθρώπινη εγκατάσταση και πριν από την οικοδόμηση του τείχους, ήδη από τη νεολιθική εποχή (6600-3300 π.Χ.) και εντατικά κατά την πρωτοελλαδική (3300-2000 π.Χ.) και μεσοελλαδική εποχή (2000-1680 π.Χ.).



Εικόνα 4.6 : Οικιστική φάση που επιβεβαιώνει την ανθρώπινη εγκατάσταση πριν την οικοδόμηση του τείχους (Πηγή: Παναγοπούλου Α. Χρυσούλα, 2014, Προσωπικό αρχείο)

Η κατοίκηση της θέσης συνεχίστηκε σχεδόν αδιάκοπα στους ιστορικούς χρόνους. Κατά τον Συμμαχικό πόλεμο ανάμεσα στην Αιτωλική και την Αχαϊκή Συμπολιτεία (220-217 π.Χ.), το Τείχος Δυμαίων καταλήφθηκε από τον Αιτωλό Στρατηγό Ευριπίδα, αλλά αργότερα παραδόθηκε στο βασιλιά των Μακεδόνων Φίλιππο Ε΄, ο οποίος και το παρέδωσε στους Δυμαίους. Στους ρωμαϊκούς χρόνους αποτέλεσε τμήμα της Colonia Iulia Augusta Dumaeorum και πιθανώς κατοικήθηκε από Ρωμαίους εποίκους.

Η κατοίκηση του χώρου ήταν εντατική και στους βυζαντινούς χρόνους. Κατά τη μέση βυζαντινή περίοδο (10ος-12ος αι. μ.Χ.) έγιναν σημαντικές επεμβάσεις στην αρχική μορφή της οχύρωσης. Συγκεκριμένα, στο μέσον της ακρόπολης προστέθηκε διατείχισμα που χώρισε την ακρόπολη σε δύο τμήματα, κατασκευάστηκε ένας πύργος στη ΝΑ γωνία του τείχους, ενώ η λεγόμενη Μέση Πύλη έπαψε να χρησιμοποιείται και τοιχίστηκε.

Κατά την Φραγκοκρατία στην περιοχή αναφέρεται το Κάστρο του Φαναρίου της Μάλτας, που πιθανολογείται ότι ήταν το τείχος Δυμαίων που χρησιμοποιήθηκε και από τους Βυζαντινούς.

Στο Τείχος Δυμαίων εγκαταστάθηκαν και οι Ενετοί, όταν το 1408 ο Λατίνος αρχιεπίσκοπος Πατρών μίσθωσε σε αυτούς τη Βαρονία της Πάτρας για 5 χρόνια, ενώ στη β' ενετοκρατία (1687-1715) αναφέρεται ότι 1000 Λιδωρικιώτες έποικοι τοποθετήθηκαν στα Μαύρα Βουνά, που ήταν έρημα και ακατοίκητα. Σε αυτή την περίοδο φαίνεται πως χρονολογείται η χρήση του βόρειου τομέα της οχύρωσης ως νεκροταφείου. Στις υστερότερες περιόδους η κατοίκηση του χώρου ήταν εντελώς σποραδική και δεν άφησε ίχνη. Όταν τον 19ο αι. πολλοί ξένοι περιηγητές επισκέφθηκαν το Τείχος Δυμαίων, η θέση ήταν ήδη ερημωμένη.

Εγκαταλείφθηκε το 18ο αιώνα, αλλά χρησιμοποιήθηκε ξανά το 1943 κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, από τις ιταλικές και γερμανικές δυνάμεις κατοχής οι οποίες κατασκεύασαν εντός της οχύρωσης πολυβολεία, αποθήκες, καταφύγια και χώρους στρατωνισμού, προκαλώντας, όμως, μεγάλες και ανεπανόρθωτες ζημιές στα αρχαία κατάλοιπα.[58,60]

4.4 Φωτισμός ανάδειξης Τείχους Δυμαίων

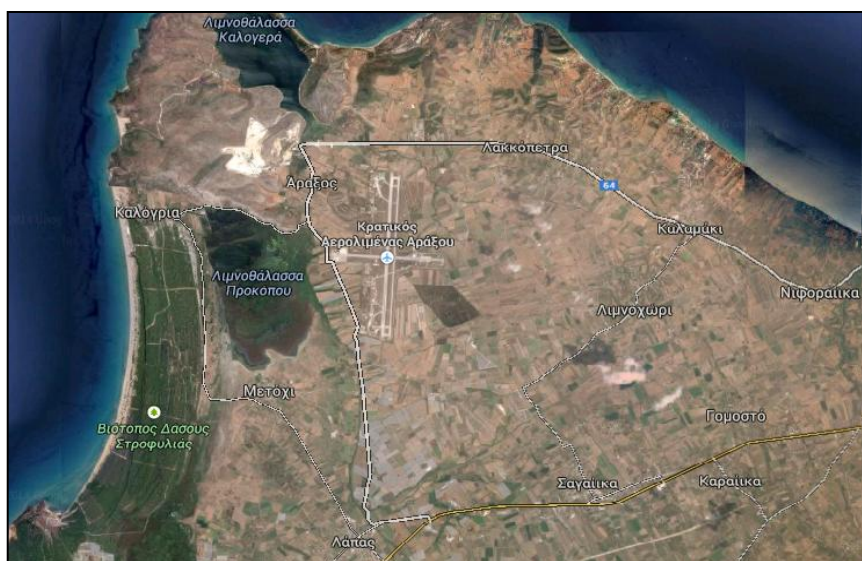
4.4.1 Ανάγκη για φωτισμό του τείχους Δυμαίων

Ο Καραμπέλας Παναγιώτης πρώην Δήμαρχος Κάτω Αχαΐας και ιστορικός φιλόλογος ασχολήθηκε ιδιαίτερα με την μελέτη ιστορίας της Κάτω Αχαΐας, τ. Δήμου Δύμης και γενικότερα με τη Δυτική Αχαΐα. Στα ιστορικά βιβλία που έγραψε γίνεται αναφορά σε πολλά σημεία στο Τείχος Δυμαίων κατά τη διάρκεια των ιστορικών περιόδων κάτι που δίνει πρωταγωνιστικό ρόλο στο Τείχος [59,60]. Έχοντας συνειδητοποιήσει την αξία αυτού του προϊστορικού μνημείου ο Καραμπέλας Παναγιώτης, πρότεινε τη μετονομασία του δήμου Δυτικής Αχαΐας, σε Δήμο Δυμαίων. Είναι εμφανές ότι η ονομασία "Δήμος Δυτική Αχαΐας", δεν αποτελεί παρά έναν απλό γεωγραφικό προσδιορισμό, που δεν αντανάκλα την ιστορία και την καταγωγή των κατοίκων του νέου Δήμου και η καταλληλότερη ονομασία είναι "Δήμος Δυμαίων". Αναμφισβήτητα το Τείχος Δυμαίων, στο οποίο οφείλει το νέο όνομα του ο δήμος, βρίσκεται στην καρδιά του, μεταφορικά αλλά και κυριολεκτικά και αποτελεί εξαιρετική μαρτυρία της πολιτισμικής παράδοσης του τόπου. Η ανάδειξη του ακόμα και τις νυχτερινές ώρες θα το φέρει στο προσκήνιο και θα ενισχύσει την ταυτότητα της πόλης δημιουργώντας αίσθημα περηφάνιας και θαυμασμού, όχι μόνο για τους μόνιμους κατοίκους της περιοχής αλλά και για όλο το κοινό που επισκέπτεται αυτό το μέρος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε έκθεση (Active Trip 2012) όπου συμμετείχε ο Δήμος Δυμαίων έχοντας την ευκαιρία να προβάλει την ταυτότητα του, τις φυσικές ομορφιές του αλλά και να αναδείξει τα πλεονεκτήματά του, ειδικό θέμα ανάδειξης και παρουσίασης του Δήμου ήταν το τείχος Δυμαίων ή κάστρο της Καλογριάς. Εκεί παρουσιάστηκε η ιστορία του Τείχους με σκοπό να το επισκεφτούν όσοι δεν το έχουν κάνει ήδη. Πρόκειται λοιπόν, για ένα χαρακτηριστικό μνημείο της περιοχής που προκαλεί δέος στον καθένα και δεν πρέπει να ξεχνιέται όταν ο ήλιος δύει. Αντίθετα ο τεχνητός φωτισμός του, θα συμβάλλει στην αισθητική ανάδειξη του, θα προσελκύσει την προσοχή στο οικοδόμημα και θα αποδώσει την ιστορικότητα του Τείχους. [61]

4.4.2 Γενικές αρχές και κατευθύνσεις

Διεύθυνση οράσεως και η μέση απόσταση από παρατηρητή: Όπως φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 4.7 υπάρχει η δυνατότητα παρατήρησης του Τείχους από πολλά και διαφορετικά σημεία και αποστάσεις. Ο θεατής δεν είναι στατικός αλλά κινείται ελεύθερα στο χώρο. Η απόσταση λοιπόν των σημείων θέασης δεν είναι σταθερή και το τείχος είναι ορατό ακόμα και από πιο απομακρυσμένα χωριά που βρίσκονται σε απόσταση περίπου δέκα χιλιομέτρων από αυτό (Μετόχι, Άραξος, Καλόγρια, Λάππα, Λακκόπετρα, Καλαμάκι) αλλά και από τον κρατικό Αερολιμένα Αράξου. Είναι εμφανές λοιπόν ότι πρέπει να αναδειχθούν όλες οι όψεις του Τείχους δίνοντας έμφαση στις καμπύλες του, στα δύο υψηλότερα σημεία του στα δύο άκρα της μακράς πλευράς αλλά και στο μέσον αυτής όπου βρίσκεται χτισμένη η παλιά είσοδος του Τείχους.



Εικόνα 4.7: Το Τείχος Δυμαίων ορατό από πολλά σημεία σε κοντινές αλλά και πιο απομακρυσμένες αποστάσεις

(Πηγή: Παναγοπούλου Α. Χρυσούλα, Προσωπικό αρχείο(πάνω) και www.google.gr/maps(κάτω))

Το περιβάλλον: Το περιβάλλον του Τείχους Δυμαίων είναι σκοτεινό και δεν υπάρχει περιβάλλοντας φωτισμός που μπορεί να επηρεάσει το φωτισμό του μνημείου. Μπορεί εύκολα λοιπόν να δημιουργηθεί ικανοποιητική αντίθεση με χαμηλή ένταση φωτισμού και μέση τιμή λαμπρότητας 1cd/m^2 . (Πίνακας 3.2)

Τοποθέτηση φωτιστικών: Τα φωτιστικά και οι καλωδιώσεις αυτών δεν πρέπει να επηρεάζουν καθόλου το μνημείο και δεν τοποθετούνται επάνω του για να μην καταστραφεί. Απαιτείται σεβασμός στο μνημείο που έχει διατηρηθεί για αιώνες, από το 1300 π.Χ. Για το λόγο αυτό δεν πρέπει να προκληθεί κάποια φθορά από την τοποθέτηση των φωτιστικών και τα δομικά υλικά του Τείχους να διατηρηθούν αμετάβλητα.

Έμφαση στον πρωταγωνιστικό ρόλο του μνημείου ενάντια στα φωτιστικά σώματα και τον φωτισμό: Ο σχεδιασμός φωτισμού γίνεται βασιζόμενος στην ιδέα ότι ο πρωταγωνιστής είναι το Τείχος Δυμαίων. Οι θεατές καλούνται λοιπόν να το παρατηρήσουν και να προσέξουν τις λεπτομέρειες του, τις καμπύλες του και το ανάγλυφό του. Ο φωτισμός πρέπει να είναι διακριτικός, ομοιόμορφος, να μην είναι υπερβολικός και να προέρχεται από τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό φωτιστικών σωμάτων. Από την άλλη και τα ίδια τα φωτιστικά δεν πρέπει να αλλοιώνουν την εικόνα του τοπίου κατά τις ημερήσιες ώρες και να αποσπούν τα βλέμματα των επισκεπτών τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Για αυτό το λόγο, τα φωτιστικά θα είναι ενσωματωμένα όσο το δυνατόν στο έδαφος και το κέλυφος τους όπως και τα στηρίγματά τους θα είναι βαμμένα σε κατάλληλα χρώματα.

Αποφυγή θάμβωσης και φωτορύπανσης: Η χρησιμοποίηση του ελάχιστου αριθμού φωτιστικών για το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα και ο κατευθυνόμενος φωτισμός μόνο προς το Τείχος, έχουν ως αποτέλεσμα την αποφυγή σπατάλης ενέργειας και την ελαχιστοποίηση της ποσότητας φωτισμού που χάνεται στην ατμόσφαιρα. Η τοποθέτηση πετασμάτων στα φωτιστικά θα αποτρέψουν την ακτινοβολία προς τα πάνω άρα δεν θα υπάρχει φωτορύπανση. Καθώς τα φωτιστικά θα στοχεύουν μόνο προς την ανατολική, βόρεια και δυτική πλευρά του Τείχους, δεν προκαλείται θάμβωση στους παρατηρητές. Η θάμβωση παραμένει μόνο όταν είναι επισκέψιμος ο διάδρομος που βρίσκεται περιμετρικά στους πρόποδες του Τείχους, στην περιοχή δηλαδή ανάμεσα στα φωτιστικά και το αντικείμενο. Όλα τα υπόλοιπα πιθανά σημεία θέασης βρίσκονται σε απόσταση από αυτό, οπότε σε καμία περίπτωση δεν προκαλούνται ενοχλητικές θαμβώσεις.

Φωτιστικά σώματα κοντά ή μακριά στην όψη ιστορικού μνημείου: Τα φωτιστικά σώματα τοποθετούνται περιμετρικά γύρω από το διάδρομο που περιβάλλει το Τείχος ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφος φωτισμός σε όλη την έκταση και τις πλευρές του. Η τοποθέτηση φωτιστικών σε μεγαλύτερη απόσταση από το μνημείο, απαιτεί τη χρήση υψηλών ιστών, κάτι πιο είναι πιο δαπανηρό και αλλοιώνει την ημερήσια εικόνα του Τείχους. Αντίθετα η χρήση γραμμικών χωνευτών φωτιστικών στη βάση του Τείχους

δημιουργεί έντονες σκιάσεις στο κάτω μέρος του, κάτι που αλλοιώνει την ομοιομορφία φωτισμού και επειδή έχουν χαμηλή απόδοση, είναι ευπαθή στην υγρασία, το κόστος είναι πολύ μεγάλο δεν χρησιμοποιούνται για το φωτισμό του Τείχους Δυμαίων. Επομένως χρησιμοποιούνται προβολείς σε απόσταση περίπου πέντε μέτρων από το Τείχος και μέσω αυτών επιτυγχάνονται τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα.

Ανακλαστικότητα υλικών όψης και ένταση φωτισμού : Το Τείχος είναι χτισμένο με ανοιχτόχρωμη πέτρα και βρίσκεται σε επαρχιακό μέρος άρα απαιτείται χαμηλή ένταση φωτισμού όπως ήδη έχει αναφερθεί. Η κατάσταση επιφάνειας είναι δύσκολο να καθοριστεί με ακρίβεια διότι το Τείχος βρίσκεται μεν σε επαρχιακή περιοχή (κατάσταση επιφάνειας: σχετικά καθαρή) αλλά πρόκειται για ένα κτίσμα ιδιαίτερα παλιό (κατάσταση επιφάνειας: σχετικά ακάθαρτη). Επομένως η κατάσταση της επιφάνειάς του εμπίπτει σε μια κατηγορία ανάμεσα στην σχετικά καθαρή και στην ακάθαρτη. Από τον πίνακα 3.1, τα προτεινόμενα lux είναι μεταξύ 35 και 65 και η τιμή της ομοιομορφίας επιδιώκεται να είναι το λιγότερο 0.5.

Τονισμός ανάγλυφου και μεγαλοπρέπειας μνημείου: Η τεχνική φωτισμού που χρησιμοποιείται για την ανάδειξη του τείχους είναι ο φωτισμός όγκου. Πρέπει να φωτιστούν και οι τρεις πλευρές του (βόρεια, ανατολική, δυτική) για να αναδειχθεί η υφή και το υλικό κατασκευής του (πέτρα), το σχήμα (καμπύλες) και το μέγεθός του. Προστίθεται έτσι μία τρίτη διάσταση και γίνεται κατανοητή η μεγαλοπρέπειά του.



Εικόνα 4.8: Το τείχος Δυμαίων χτισμένο από πέτρα
(Πηγή: Παναγοπούλου Α. Χρυσούλα, Προσωπικό αρχείο)

Θερμοκρασία χρώματος στο σχεδιασμό: Τα γήινα χρώματα της πέτρας αναδεικνύονται με ζεστές αποχρώσεις του θερμού φωτός (3000K).

4.4.3 Βήματα φωτοτεχνικής μελέτης

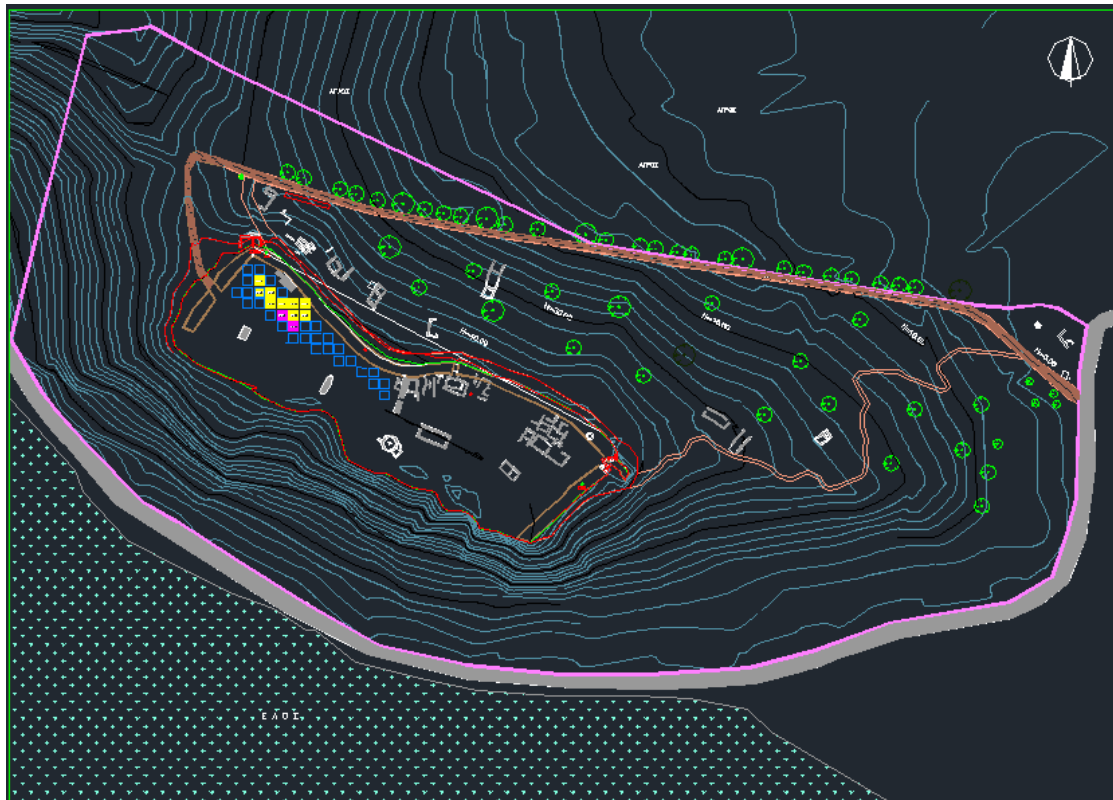
Παρατήρηση του χώρου μελέτης: Πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στο χώρο κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και λήψη φωτογραφιών, ώστε να γίνει αναγνώριση του τοπίου, των αρχιτεκτονικών λεπτομερειών και των ιδιοτήτων του. Έτσι τέθηκε ο βασικός στόχος της μελέτης που είναι η ανάδειξη της μεγαλοπρέπειας του Τείχους

Δυμαίων ακόμα και τις νυχτερινές ώρες, με τη νυχτερινή εικόνα του μνημείου να προσδίδει μια άλλη γοητεία και να συμπληρώνει την ημερήσια εικόνα του. Ο τεχνητός φωτισμός πρέπει να προκαλεί συναισθήματα διαφορετικά από τον φυσικό φωτισμό και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να προκαλεί δυσαρέσκεια.



Εικόνα 4.9: Αναγνώριση του χώρου προς μελέτη και του περιβάλλοντος χώρου (Πάνω δεξιά και αριστερά όψεις της μακράς πλευράς του Τείχους, κάτω αριστερά θέα της λίμνης Προκοπίου όπως φαίνεται από το Τείχος και δεξιά θέα προς τον κρατικό Αερολιμένα Αράζου)
(Πηγή: Παναγοπούλου Α. Χρυσούλα, Προσωπικό αρχείο)

Συλλογή υπαρχόντων σχεδίων: Λήψη τοπογραφικών σχεδίων από την ΣΤ΄ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων που έχει έδρα της στην Πάτρα και σε αυτήν υπάγεται το Τείχος Δυμαίων. Τα τοπογραφικά σχέδια είναι απαραίτητα για την ακριβή σχεδίαση του μνημείου στο πρόγραμμα φωτομετρίας.



Εικόνα 4.10: Κάτοψη Τείχους Δυμαίων σε αρχιτεκτονικό σχέδιο
(Πηγή: ΣΤ΄ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Πάτρα, 2014)

Λήψη γεωμετρικών δεδομένων: Απαραίτητη υπήρξε η επί τόπου μέτρηση του ύψους του τείχους ανά 3 μέτρα για όλο το μήκος του, καθώς ήταν διαθέσιμη μόνο η κάτοψη του χώρου στα τοπογραφικά σχέδια. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις έγιναν με χρήση αποστασιόμετρου αλλά και μετροταινίας.

Αποτύπωση σε πρόγραμμα φωτομετρίας (Relux): Κάνοντας εισαγωγή της κάτοψης του διαθέσιμου αρχείου Autocad και γνωρίζοντας τα ύψη του τείχους ανά διαστήματα είναι δυνατή η σχεδίασή του στο πρόγραμμα προσομοίωσης φωτισμού, ώστε να τοποθετηθούν τα φωτιστικά και να προκύψουν τα αποτελέσματα της μελέτης.

Επιλογή φωτιστικών: Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση φωτιστικών σε βάσεις δεδομένων εταιρειών φωτισμού για την εύρεση των κατάλληλων φωτιστικών. Απαραίτητο είναι να έχουν προδιαγραφεί για εξωτερική χρήση και να επιλεγούν με βάση τους αναγκαίους δείκτες προστασίας για σκόνη και υγρασία (δείκτης IP). Καθοριστικός παράγοντας ακόμα είναι η κατανομή της φωτεινής έντασης, η ισχύς, η φωτεινή ροή και η επιθυμητή θερμοκρασία του λαμπτήρα.

Τοποθέτηση φωτιστικών: Με βάση τις μελέτες γίνεται υπολογισμός του απαραίτητου αριθμού φωτιστικών, οι αποστάσεις τοποθέτησης τους, η επιλογή των στηριγμάτων τους και πραγματοποιείται η τοποθέτηση τους στο τρισδιάστατο μοντέλο του RELUX, ώστε να προκύψουν τα φωτορεαλιστικά αποτελέσματα. Η τοποθέτηση των φωτιστικών θα γίνει χωρίς μόνιμες κατασκευές, σε απόσταση από το μνημείο, για να επιτευχθεί η τεχνική ανάδειξης όγκου. Δεν επηρεάζουν την εικόνα του τοπίου την ημέρα και είναι βαμμένα με κατάλληλα χρώματα.

Προσομοίωση φωτισμού: Γίνεται διεξαγωγή υπολογισμών μέσω του προγράμματος φωτομετρίας και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αλλά και η συνολική εικόνα του Τείχους Δυμαίων φωτισμένο κατά τις νυχτερινές ώρες.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά το τρισδιάστατο μοντέλο του Τείχους Δυμαίων, τα φωτιστικά που επιλέγονται και οι τελικές θέσεις τοποθέτησης τους, φωτορεαλιστικές απεικονίσεις του Τείχους αλλά και τα αποτελέσματα προσομοίωσης φωτισμού του μνημείου.

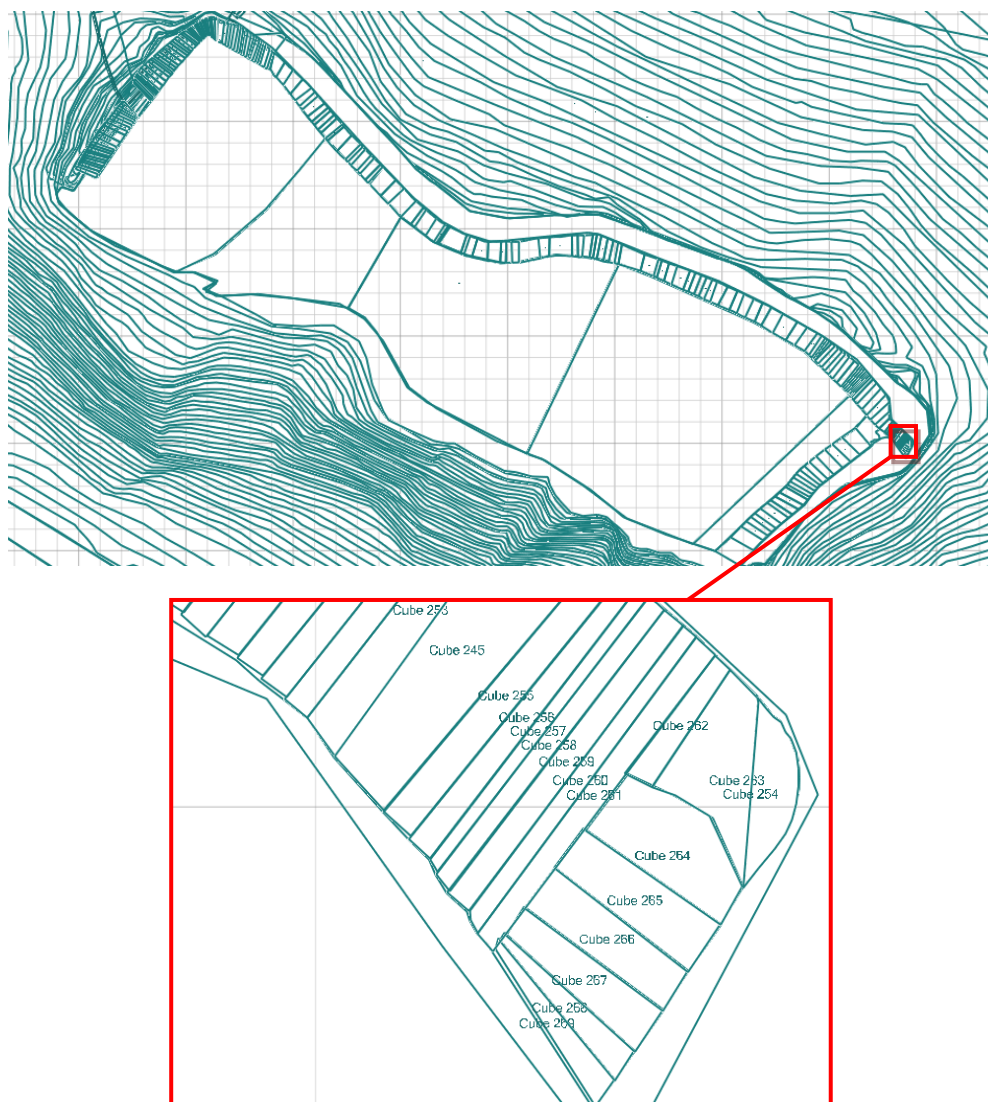
Κεφάλαιο 5: Φωτισμός Τείχους Δυμαίων

Η προσομοίωση του φωτισμού του Τείχους Δυμαίων γίνεται με τη χρήση του προγράμματος φωτομετρίας RELUX.[62] Το συγκεκριμένο πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα για τρισδιάστατη απεικόνιση του μνημείου σε εξωτερικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά και κατά τη διάρκεια της νύχτας με τεχνητό φωτισμό.

Υπάρχει ευελιξία ως προς την τοποθέτηση των φωτιστικών, την θέση τους, αλλά κυρίως ως προς την επιλογή του φωτιστικού σώματος. Το πρόγραμμα διαθέτει στη βάση του φωτιστικά διαφόρων εταιριών, αλλά υπάρχει και η δυνατότητα εισαγωγής οποιουδήποτε φωτομετρικού αρχείου (.ldt) ενός φωτιστικού, ώστε να διεξαχθούν υπολογισμοί. Όσον αφορά το υλικό της κάθε επιφάνειας υπάρχει μεγάλη ποικιλία στη βάση με σκοπό την επιλογή εκείνου που ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Αν δεν υπάρχει κάποιο τέτοιο υλικό γίνεται εισαγωγή πραγματικής φωτογραφίας της επιφάνειας. Έτσι η φωτορεαλιστική απεικόνιση που προκύπτει ανταποκρίνεται σε μεγάλο βαθμό στην πραγματικότητα.

5.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση του Τείχους Δυμαίων χωρίς φωτιστικά

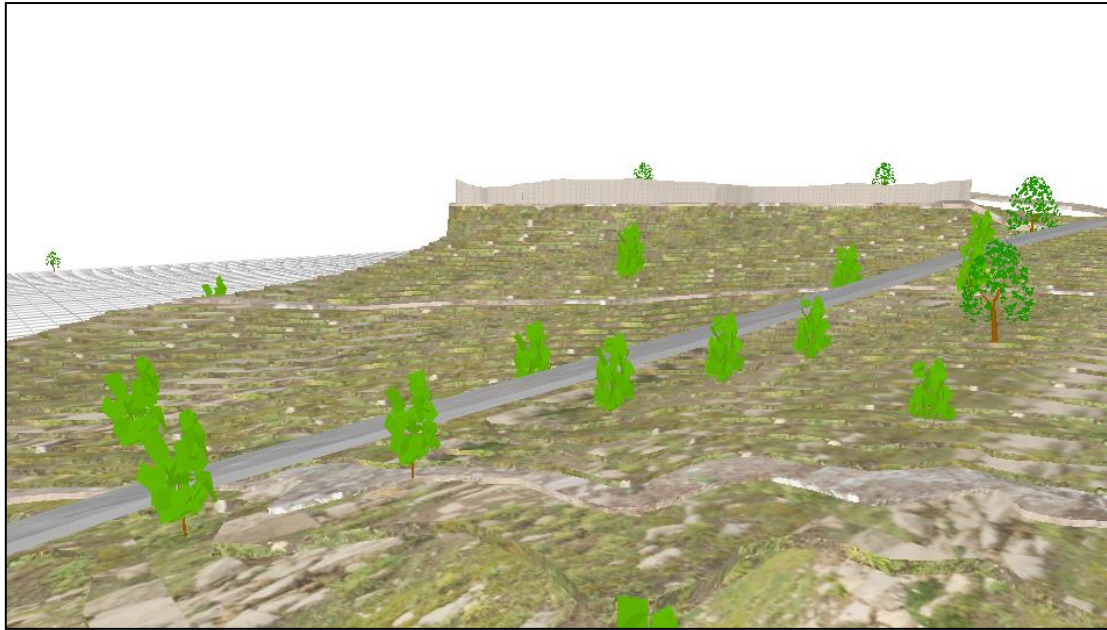
Αξίζει να σημειωθεί ότι τρισδιάστατο μοντέλο του Τείχους υπήρχε διαθέσιμο, οπότε ο σχεδιασμός του είναι δυνατός με σχεδίαση και εισαγωγή πολυάριθμων κύβων (περίπου 300) διαφορετικών διαστάσεων, σχημάτων και διαφορετικών συντεταγμένων στο χώρο. Το τείχος παρουσιάζει καμπύλες, δεν έχει το ίδιο ύψος σε όλο το μήκος του, και το ανάγλυφο του εδάφους διαφέρει από σημείο σε σημείο. Από το παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι είναι αδύνατο να σχεδιαστεί τρισδιάστατο μοντέλο όπως ακριβώς είναι στην πραγματικότητα καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμες όπως ήδη αναφέρθηκε άλλες όψεις του τείχους εκτός από την κάτοψη και τα ύψη του που μετρήθηκαν επί τόπου με αποστασιόμετρο ανά 3m. Θεωρείται λοιπόν ότι το υψόμετρο της βάσης του τείχους παραμένει ίδιο σε όλο το μήκος του και αυξομειώνεται το ύψος του στο πάνω μέρος. Από το τελευταίο δεν προκύπτει σφάλμα στις μετρήσεις και τα αποτελέσματα ανταποκρίνονται και πάλι στην πραγματικότητα καθώς ουσιαστικά η υψομετρική διαφορά του τείχους παραμένει ίδια.



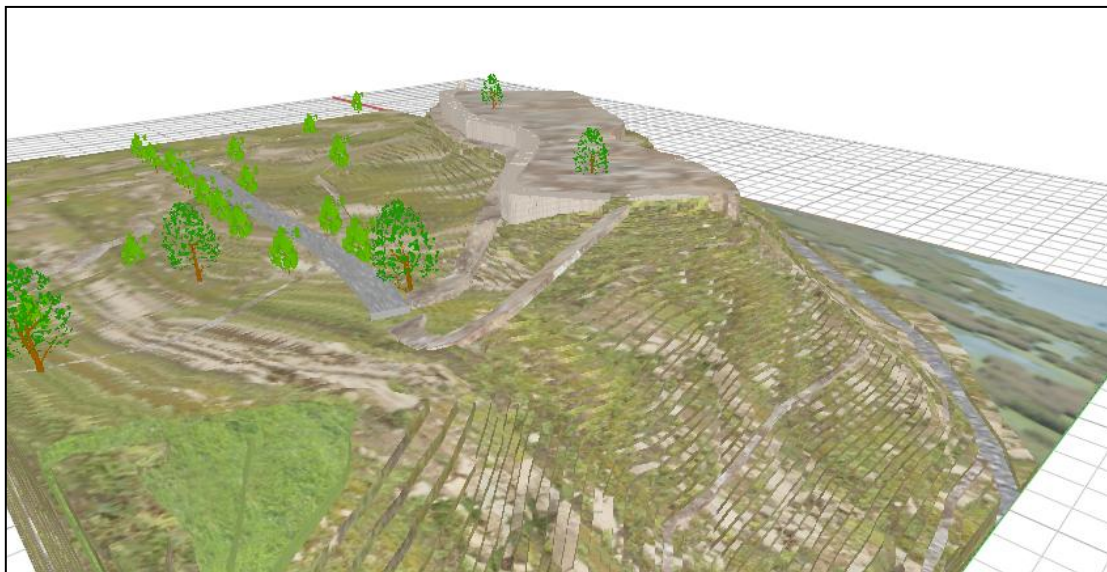
Εικόνα 5.1: Κάτοψη Τείχους σχεδιασμένο στο RELUX όπου φαίνονται οι πολυάριθμοι κύβοι (cubes) για την κατασκευή του

(Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Πρόγραμμα φωτομετρίας RELUX Professional 2007)

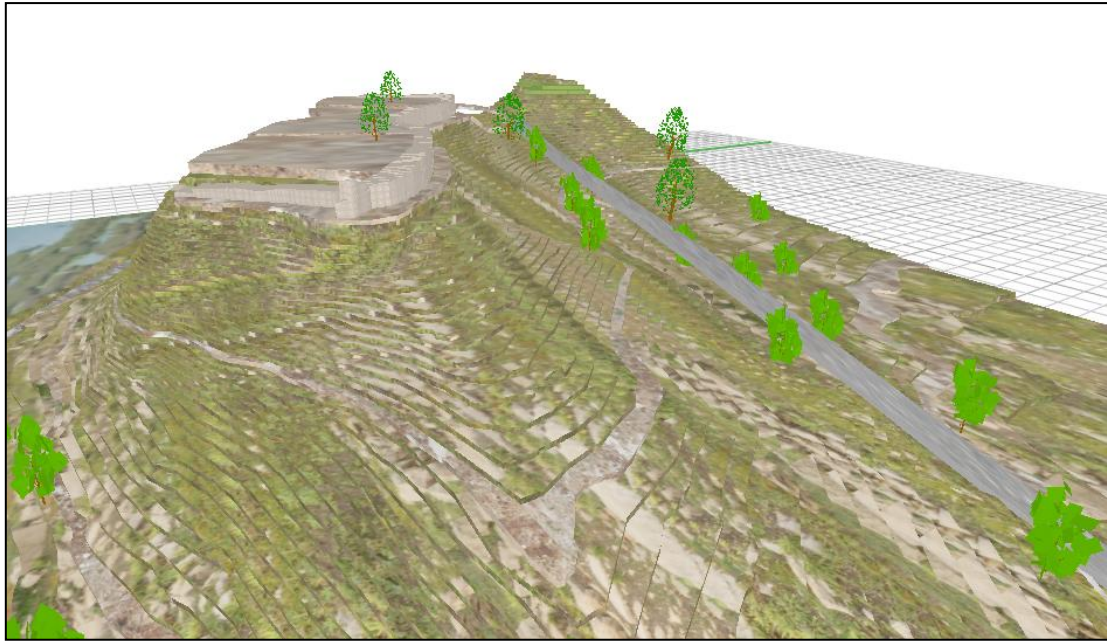
Στο εν λόγω μοντέλο, επιλέχθηκαν φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης του περιβάλλοντος χώρου και του Τείχους (όπως φωτογραφήθηκαν από κοντά). Έτσι οι συνθήκες είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις πραγματικές. Το τρισδιάστατο μοντέλο που προκύπτει με τη βοήθεια του οποίου γίνεται η προσομοίωση φαίνεται στις εικόνες 5.2-5.5.



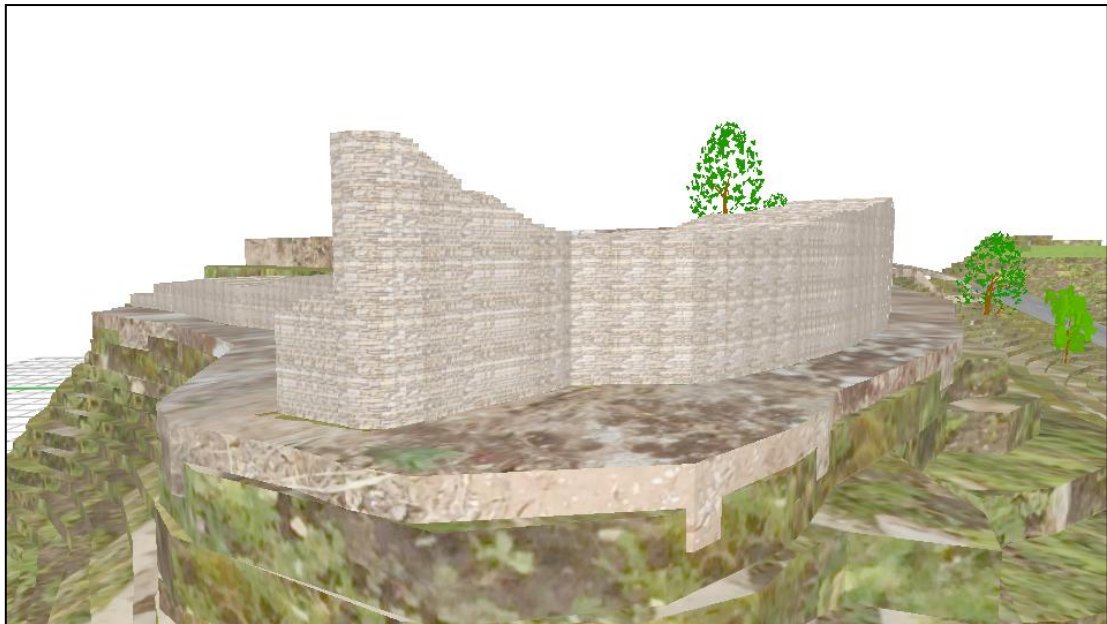
Εικόνα 5.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση βόρειας πλευράς Τείχους Δυμαίων
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Πρόγραμμα φωτομετρίας RELUX Professional 2007)



Εικόνα 5.3: Τρισδιάστατη απεικόνιση βόρειας και δυτικής πλευράς Τείχους Δυμαίων
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Πρόγραμμα φωτομετρίας RELUX Professional 2007)



Εικόνα 5.4: Τρισδιάστατη απεικόνιση βόρειας και ανατολικής πλευράς Τείχους Δυμαίων
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Πρόγραμμα φωτομετρίας RELUX Professional 2007)



Εικόνα 5.5: Τρισδιάστατη απεικόνιση ανατολικής γωνίας (ύψος 7,5μ) Τείχους Δυμαίων
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία, Πρόγραμμα φωτομετρίας RELUX Professional 2007)

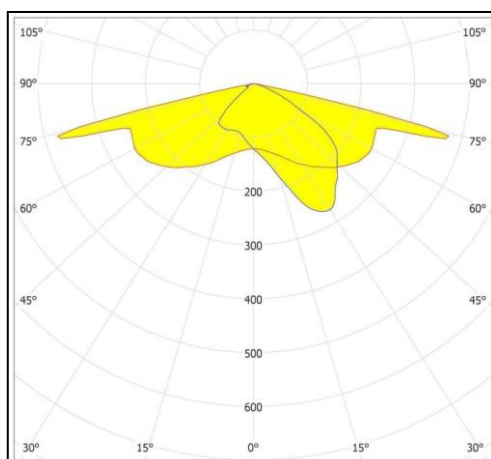
5.2 Επιλογή φωτιστικών σωμάτων για τον φωτισμό του Τείχους Δυμαίων

Σκοπός του φωτισμού του Τείχους είναι η ανάδειξη του φυσικού όγκου του, χωρίς όμως να παραποιείται από τον φωτισμό αλλά και ούτε να επηρεάζεται θερμοκρασιακά με αποτέλεσμα τη φθορά των υλικών του. Επόμενο βήμα μετά την σχεδίαση του τρισδιάστατου μοντέλου του Τείχους είναι η επιλογή και η τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων.

Για τον φωτισμό του μνημείου επιλέγονται προβολείς NEOS της εταιρείας Schreder, τεχνολογίας LED, με ασύμμετρο και ευρύ φακό 5098, τα οποία έχουν πετάσματα για να αποτρέπουν την ακτινοβολία προς τα πάνω. Το οπτικό σύστημα του παραπάνω φωτιστικού συμβάλλει στη διαμήκη ομοιομορφία του φωτισμού του Τείχους Δυμαίων. Τα φωτιστικά αυτά έχουν αρκετά ανοικτή δέσμη φωτός (εικόνα 5.7) και ενδείκνυνται για αρχιτεκτονικό φωτισμό. Τα φωτιστικά NEOS LED παράγουν εξαιρετική ποιότητα φωτισμού, εκπέμπουν ελάχιστη θερμική ακτινοβολία, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και δεν περιέχουν τοξικά στοιχεία. Είναι κατάλληλα για εξωτερικό χώρο με βαθμό προστασίας IP 66 και το χρώμα τους AKZO GREY 900 sanded είναι διακριτικό και δεν τραβάει την προσοχή των επισκεπτών κατά τις πρωινές ώρες.



Εικόνα 5.6: Φωτιστικό σώμα NEOS, Schreder (Πηγή: <http://www.schreder.com>)



Εικόνα 5.7: Πολικό διάγραμμα NEOS 5098, Schreder (Πηγή: <http://www.schreder.com>)

Στον πίνακα 5.1 φαίνονται αναλυτικά οι τύποι των φωτιστικών NEOS που χρησιμοποιούνται για τα διάφορα τμήματα και ύψη του Τείχους. Αξίζει να σημειωθεί ότι επιλέγεται θερμή απόχρωση λευκού φωτός (3000K) για την ανάδειξη του υλικού του Τείχους Δυμαίων. Το πολικό διάγραμμα (Εικόνα 5.7.) είναι το ίδιο και για τους τρεις τύπους φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς σε όλα είναι προσαρμοσμένο το ίδιο οπτικό σύστημα (5098). Ανάλογα με το ύψος του τείχους που φωτίζεται και την απόσταση των φωτιστικών από αυτό, χρησιμοποιείται και ο αντίστοιχος τύπος φωτιστικού. Σε χαμηλά ύψη επιλέγεται ο τύπος 3, καθώς είναι δυνατόν να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα με μικρότερη κατανάλωση ισχύος, για την ανάδειξη των υψηλότερων σημείων επιλέγεται ο τύπος 3 και στο μεγαλύτερο τμήμα του τείχους επιλέγεται ο τύπος 2. Στην επόμενη παράγραφο παρουσιάζονται αναλυτικά οι θέσεις των φωτιστικών αλλά και τα σημεία όπου χρησιμοποιείται ο κάθε τύπος φωτιστικού.

Φωτιστικό σώμα	Οπτικό σύστημα	Ισχύς (W)	Πλήθος LEDs	Ένταση ρεύματος (mA)	Φωτεινή ροή (Lumen)
NEOS 2 (Τύπος 1)	5098	75	48	500	7229,44
NEOS 3 (Τύπος 2)	5098	99	64	500	9283,17
NEOS 2 (Τύπος 3)	5098	51	32	500	4819,63

Πίνακας 5.1: Τύποι φωτιστικών για τον φωτισμό του Τείχους Δυμαίων

5.3 Τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων

Τα φωτιστικά σώματα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο πρέπει να τοποθετηθούν σε απόσταση από το Τείχος καθώς έτσι θα επιτευχθεί ο φωτισμός όγκου του μνημείου. Πρέπει να τονιστεί ότι σε καμία περίπτωση, δεν τοποθετούνται όμως αρκετά μακριά από το Τείχος κάτι που θα απαιτούσε τη χρήση υψηλότερων ιστών και θα κατέστρεφε την ημερήσια εικόνα του Τείχους. Τα φωτιστικά τοποθετούνται με γωνία 30 μοιρών προς τα πίσω για τον ομοιόμορφο φωτισμό του Τείχους και στα πιο ψηλά σημεία του. Παρακάτω προγράφονται οι θέσεις των φωτιστικών ανά τμήμα του Τείχους αλλά και το πλήθος τους.

Μακρά Πλευρά Τείχους (Βόρειο τμήμα): Η μακρά πλευρά του Τείχους έχει μήκος 200 μέτρα και περιβάλλεται από διάδρομο που το πλάτος του κυμαίνεται από 3 μέτρα έως 8 μέτρα ενώ κατά μέσο όρο ισούται με 5 μέτρα. Το ύψος της μακράς πλευράς δεν είναι σταθερό και κυμαίνεται από 5 έως 8,4 μέτρα. Η βορειοδυτική γωνία του Τείχους έχει ύψος 8,40μ και η βορειοανατολική γωνία ύψος 7.5μ.

Κατά μήκος της μακράς πλευράς, τοποθετούνται 17 φωτιστικά, Τύπου 1, ανά 10 μέτρα, περιμετρικά του διαδρόμου που περιβάλλει το Τείχος, ακολουθώντας την πορεία του όπως φαίνεται στην εικόνα 5.8. Τα φωτιστικά θα τοποθετηθούν σε ιστό,

στην κεκλιμένη επιφάνεια στο τελείωμα του διαδρόμου, ώστε να βρίσκονται όλα στο ίδιο ύψος, στο ίδιο νοητό επίπεδο που ορίζει ο διάδρομος. Στα σημεία που ο διάδρομος έχει πλάτος μικρότερο από 5 μέτρα τα φωτιστικά τοποθετούνται σε απόσταση 5 μέτρων από το Τείχος, ενώ στα σημεία που το πλάτος ξεπερνάει τα 5 μέτρα, τα φωτιστικά τοποθετούνται αντίστοιχα σε μεγαλύτερη απόσταση από το Τείχος, ανάλογα με το πλάτος του διαδρόμου και πάλι περιμετρικά αυτού, στην κεκλιμένη επιφάνεια.



Εικόνα 5.8: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στη μακρά πλευρά του Τείχους Δυμαίων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Στη βορειοδυτική και στην βορειοανατολική γωνία τοποθετούνται από 2 φωτιστικά, Τύπου 2, αντίστοιχα, με απόσταση 10 μέτρων μεταξύ τους. Στις παραπάνω γωνίες το ύψος του Τείχους είναι το υψηλότερο σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα σημεία. Ο διάδρομος ακόμα μπροστά από την βορειοανατολική γωνία έχει πλάτος έως και 8 μέτρα, κάτι που σημαίνει ότι τα φωτιστικά θα τοποθετηθούν σε μεγαλύτερη απόσταση από το Τείχος. Λόγω των παραπάνω, χρησιμοποιούνται τα φωτιστικά Τύπου 2, που μπορούν να αποδώσουν περισσότερα lumen και έτσι προκύπτει ομοιομορφία του φωτισμού και δεν μειώνεται η ένταση φωτισμού στα υψηλότερα αυτά σημεία που πρέπει να αναδειχθούν.

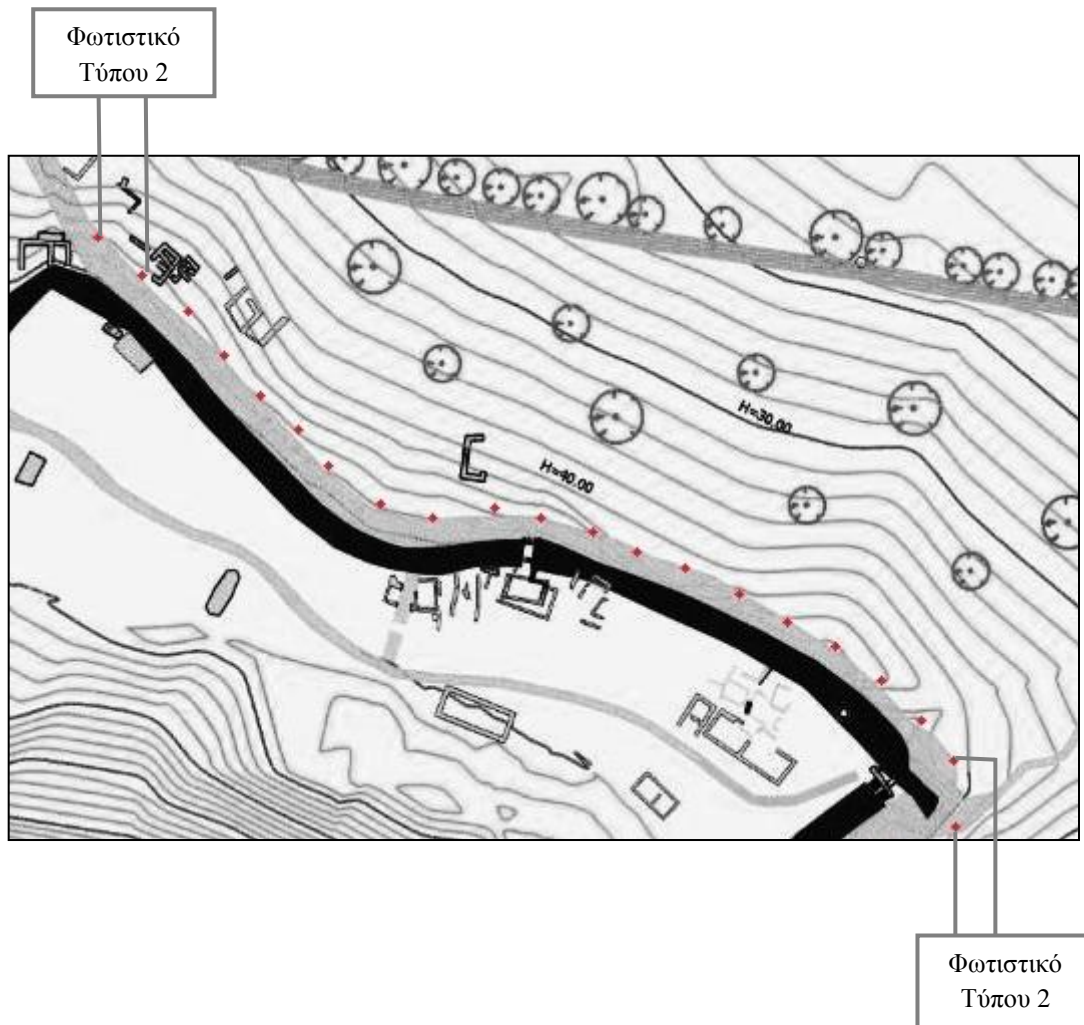


Εικόνα 5.9: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στη βορειοανατολική γωνία του Τείχους Λυμαίων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 5.10: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στη βορειοδυτική γωνία του Τείχους Λυμαίων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.10, στη βάση του Τείχους, μπροστά από την Βορειοδυτική γωνία του, υπάρχει οικιστική φάση όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.3. Ο τρόπος που τοποθετούνται τα φωτιστικά δεν επηρεάζει σε καμία περίπτωση την φάση αυτή η οποία δεν θα υποστεί καμία φθορά.



Εικόνα 5.11: Σχέδιο με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στη μακρά πλευρά του Τείχους Δυμαίων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Ανατολικό τμήμα Τείχους: Το ανατολικό τμήμα που σώζεται σήμερα έχει μήκος 44 μέτρα. Το ύψος του δεν είναι σταθερό και έχει μέση τιμή 2.7 μέτρα. Ο διάδρομος που τον περιβάλλει είναι πιο στενός σε σχέση με τον διάδρομο που περιβάλλει τη μακρά πλευρά και το πλάτος του κυμαίνεται από 2.5 έως 4 μέτρα ενώ στο δεξί τμήμα του φαρδαίνει απότομα όπως φαίνεται στην εικόνα 5.13 με μέγιστο πλάτος 8.5 μέτρα.

Τοποθετούνται 4 φωτιστικά, Τύπου 1, σε απόσταση 5,5 μέτρων από το Τείχος. Τα δύο μεσαία φωτιστικά απέχουν 11 μέτρα μεταξύ τους, όπως επίσης απέχουν 11 μέτρα από τα δύο φωτιστικά στα δεξιά και αριστερά τους, αντίστοιχα. Το σχέδιο τοποθέτησης των φωτιστικών σωμάτων, στο ανατολικό τμήμα, φαίνεται στην εικόνα 5.12 ενώ στην εικόνα φαίνεται η ενδεικτική θέση των φωτιστικών όπως θα φαίνεται στην πραγματικότητα.



Εικόνα 5.12: Σχέδιο με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων Τύπου 1 (κόκκινο χρώμα) στο ανατολικό τμήμα του Τείχους Δυμαίων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

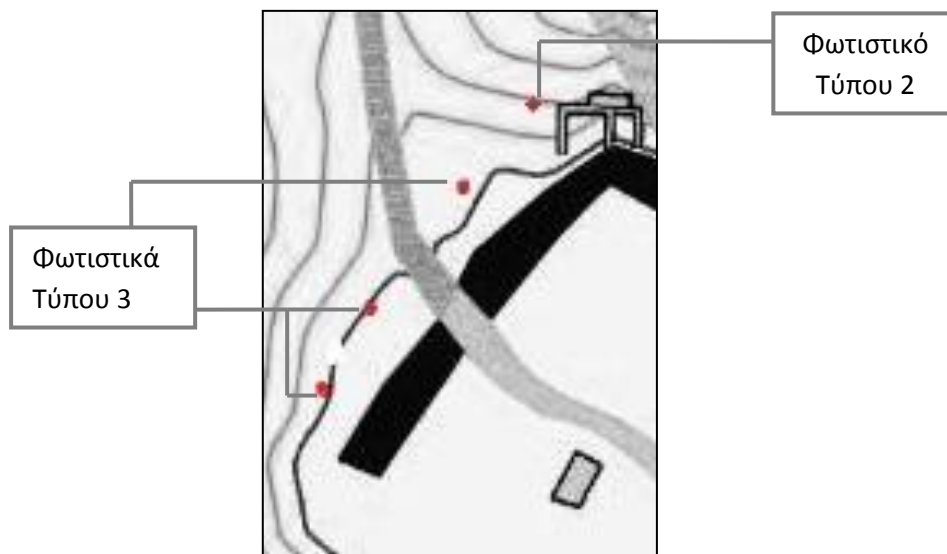


Εικόνα 5.13: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στο ανατολικό τμήμα του Τείχους Δυμαίων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Δυτικό τμήμα Τείχους και Είσοδος: Περιμετρικά του δυτικού τμήματος δεν υπάρχει διάδρομος. Στο τμήμα αυτό τοποθετούνται συνολικά 4 φωτιστικά σε απόσταση 5 μέτρων από το Τείχος. Στο αριστερό μέρος του δυτικού τμήματος τοποθετείται ένα φωτιστικό τύπου 2 καθώς εκεί το ύψος του Τείχους είναι 8 μέτρα και σε απόσταση 10 μέτρων από αυτό τοποθετείται ένα φωτιστικό τύπου 3, καθώς το ύψος μειώνεται αρκετά. Στο δεξί τμήμα του Τείχους τοποθετούνται 2 φωτιστικά τύπου 3, με απόσταση 10 μέτρων μεταξύ τους και 5 μέτρων από το Τείχος.



Εικόνα 5.14: Ενδεικτική θέση φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στο δυτικό τμήμα του Τείχους Δυμαίων σχέδιο με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) (δεξιά) (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 5.15: Σχέδιο με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων (κόκκινο χρώμα) στο δυτικό τμήμα του Τείχους (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

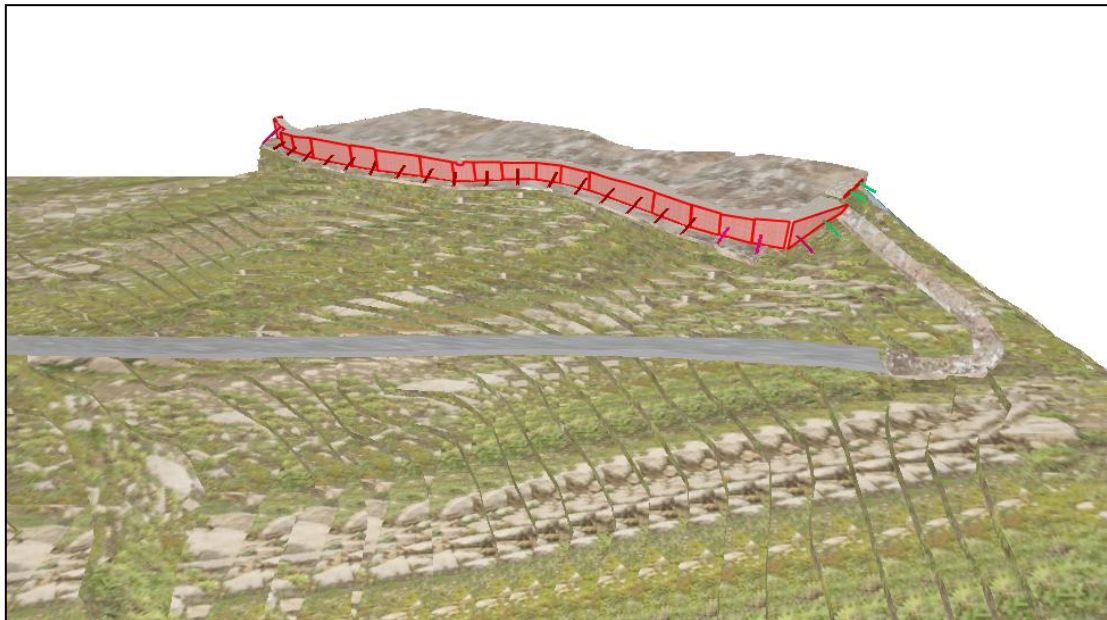
Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι χρησιμοποιούνται συνολικά 29 προβολείς καταναλώνοντας συνολική ισχύ της τάξης των 2KW. Έτσι επιτυγχάνεται ο φωτισμός του μνημείου, συνολικού μήκους περίπου 280 μέτρων, με την κατανάλωση τόσο μικρής ισχύος. Στον πίνακα 5.2 φαίνεται συνοπτικά ο συνολικός αριθμός φωτιστικών σωμάτων (ανά τύπο) που χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό του Τείχους Δυμαίων και η συνολική κατανάλωσή τους αντίστοιχα.

Φωτιστικό σώμα	Σύνολικός αριθμός φωτιστικών	Συνολική ισχύς (W)
NEOS 2 (Τύπος 1)	21	21 x 75= 1575
NEOS 3 (Τύπος 2)	5	5 x 99= 495
NEOS 3 (Τύπος 3)	3	3 x 51= 153

Πίνακας 5.2: Συνολικός αριθμός φωτιστικών σωμάτων Τείχους Δυμαίων

5.4 Προσομοίωση φωτισμού

Στη συνέχεια, μέσω του προγράμματος Relux, τοποθετούνται τα φωτιστικά στο τρισδιάστατο μοντέλο του Τείχους και σχεδιάζονται οι επιφάνειες μέτρησης ώστε να προκύψουν τα τελικά αποτελέσματα. Οι επιφάνειες μέτρησης είναι επίπεδες, εφάπτονται στην πρόσοψη του Τείχους (εικόνα 5.16) και δείχνουν πως διαχέεται το φως πάνω σε αυτές, την ένταση φωτισμού σε κάθε σημείο τους και την ομοιομορφία που προκύπτει.

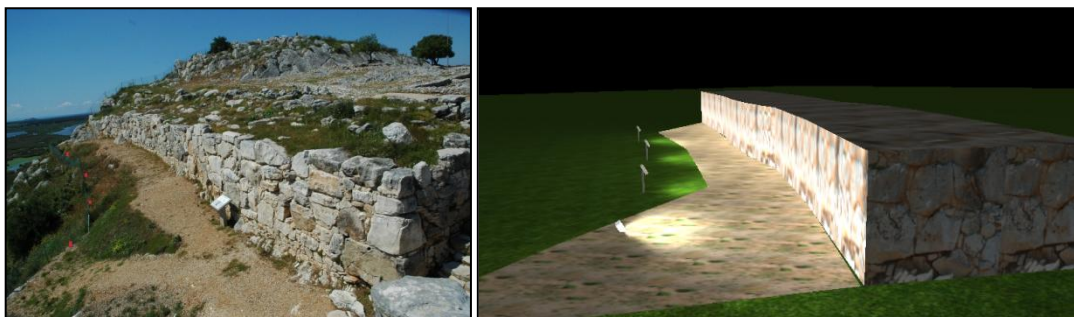


Εικόνα 5.16: Επιφάνειες μέτρησης (κόκκινο χρώμα) τρισδιάστατου μοντέλου Τείχους Δυμαίων και στόχευση φωτιστικών σωμάτων προς αυτό (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Αξίζει να σημειωθεί ότι χρειάστηκαν 25 επιφάνειες μέτρησης κατά μήκος του Τείχους ώστε να εξετασθούν τα αποτελέσματα μέσης έντασης και ομοιομορφίας για το σύνολό του. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα των ανωτέρω τιμών, ενδεικτικά για 14 επιφάνειες μέτρησης πάνω στην επιφάνεια του Τείχους.

Επιφάνεια μέτρησης	Eav(lux)	Uniformity U ₀ (E _{min} /E _{av})
ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	39.7	0.68
ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΓΩΝΙΑ	36.2	0.66
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	55	0.53
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	47.2	0.49
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	42.4	0.57
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	39.7	0.68
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	37.3	0.65
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	37	0.7
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	37.6	0.72
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	38	0.78
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	42.3	0.85
ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	42.6	0.75
ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗ ΓΩΝΙΑ	36.2	0.66
ΔΥΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	39.7	0.68

*Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα μέσης έντασης φωτισμού και ομοιομορφίας
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)*



Ανατολικό τμήμα



Συνολική εικόνα Τείχους Λυμαίων

Εικόνα 5.17: Φωτορεαλιστικές απεικονίσεις Τείχους Λυμαίων
(αριστερά πραγματική φωτογραφία και δεξιά φωτορεαλιστική απεικόνιση)
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Οι τιμές έντασης φωτισμού στις επιφάνειες του Τείχους είναι μέσα στα όρια των προτεινόμενων θεωρητικών τιμών (35-65 lux). Οι τιμές της ομοιομορφίας ξεπερνούν την αναμενόμενη τιμή 0.5 και σε κάποιες περιπτώσεις είναι μέχρι και 0.85 κάτι που φανερώνει πως δεν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στην ένταση φωτισμού και το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ένα καλαίσθητα φωτισμένο μνημείο.

Εγκαταστάθηκαν συνολικά εικοσιπέντε (29) προβολείς ασύμμετρης δέσμης (Asymmetric Beam). Οι προβολείς αυτοί είναι κατάλληλοι για αρχιτεκτονικό φωτισμό και για το φωτισμό των κατακόρυφων επιφανειών του Τείχους, προκειμένου να παρασχεθεί μια ομοιόμορφη και σταδιακά μειούμενη ένταση φωτισμού προς τα πάνω. Η απόχρωση του παραγομένου φωτός είναι συμβατή με την υφή και το χρώμα της πέτρας (3000K, WW). Δεν δημιουργούνται φωτεινές δέσμες που θα προκαλούσαν θάμβωση στον παρατηρητή του μνημείου και ο φωτισμός δεν είναι υπερβολικός (34-55 lux) κάτι που θα τον καθιστούσε ακατάλληλο και επιζήμιο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι προβολείς δεν φέρουν λαμπτήρες με μικρή διάρκεια ζωής (όπως είναι αυτοί της πυρακτώσεως ή αλογόνου), αλλά φωτεινές πηγές LED, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για συντήρηση και συχνή αντικατάσταση όπως απαιτείται στα παραδοσιακά συστήματα φωτισμού. Η παραγόμενη θερμότητα και ακτινοβολία από την εγκατάσταση είναι απολύτως ασφαλής για τα υλικά του Τείχους, χάρη στα LED που μετατρέπουν την ενέργεια που τους δίνουμε σε φως, με ελάχιστες απώλειες.

Η εγκατάσταση των φωτιστικών σωμάτων δεν τα φέρει σε επαφή με τα διατηρητέο μνημείο και η εγκατάσταση είναι πλήρως αναστρέψιμη, δηλαδή, μπορεί να αποξηλωθεί μελλοντικά, χωρίς να αφήσει κανένα ίχνος στο μνημείο. Επιπλέον, η εγκατάσταση φωτισμού για το Τείχος Δυμαίων λειτουργεί με τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, τόσο για λόγους οικονομίας, όσο και για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος.

5.5 Φωτισμός Περιβάλλοντος χώρου

Εκτός από τον φωτισμό του Τείχους Δυμαίων πραγματοποιείται μελέτη φωτισμού του περιβάλλοντος χώρου. Εάν ο χώρος αυτός είναι φωτισμένος, θα είναι δυνατόν να επιτραπεί η είσοδος στο κοινό ακόμα και μετά τις 3 το μεσημέρι και να είναι επισκέψιμο το μνημείο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και νύχτας. Ο φωτισμός του ασφαλτοστρωμένου δρόμου και των μονοπατιών που οδηγούν στο μνημείο, θα συμβάλλει στην οριοθέτηση του χώρου και θα συνδέσει την εικόνα του φωτισμένου Τείχους με τη γύρω περιοχή, δημιουργώντας παράλληλα μία φωτεινή πορεία που θα έλκει επισκέπτες ακόμα και τις νυχτερινές ώρες.



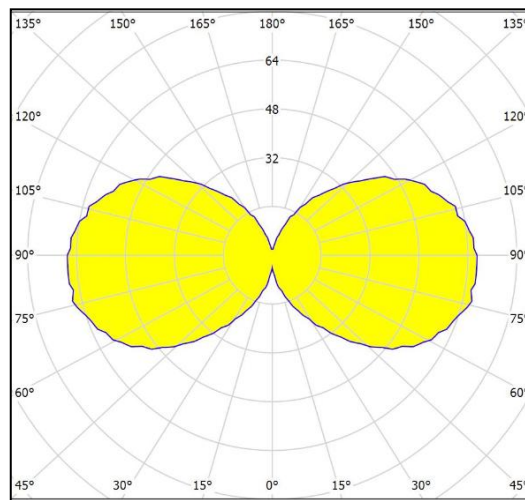
Εικόνα 5.18: Φωτισμός περιβάλλοντος αρχαιολογικού χώρου
(Με κόκκινο χρώμα φαίνεται ο ασφαλτοστρωμένος δρόμος και με μπλε χρώμα τα μονοπάτια) (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

5.5.1 Φωτισμός Ασφαλτοστρωμένου δρόμου

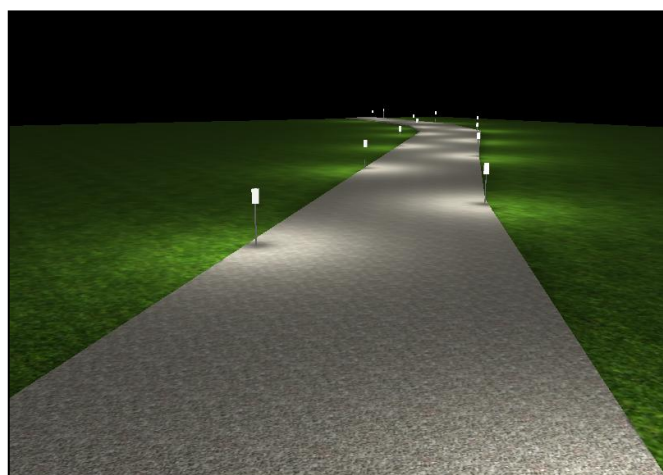
Αρχικά για το φωτισμό του ασφαλτοστρωμένου δρόμου χρησιμοποιήθηκε το φωτιστικό εξωτερικού χώρου, αλουμινίου, TERES M5 FAROS της εταιρείας BRIGHT- ΕΙΔΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ Α.Ε. Τοποθετείται στη δεξιά και αριστερή πλευρά του δρόμου, σε απόσταση 10 μέτρων το ένα από το άλλο, και το ύψος τους είναι 66.5 εκατοστά, ώστε να μην γίνεται αντιληπτό από παρατηρητή μακρινών αποστάσεων και να μην επηρεάζει την ημερήσια εικόνα του μνημείου. Συνολικά τοποθετούνται 80 κολωνάκια που φέρουν σύστημα LED, PARATHOM CLASSIC A 60 ADV 10 W/827 FR, Osram. Επιλέχθηκε θερμό λευκό φως 2700K ώστε να είναι διαφορετικό από τη θερμοκρασία φωτισμού του Τείχους (3000K) και να γίνεται αντιληπτό ακόμα και από μακρινές αποστάσεις ότι πρόκειται για φωτισμό δρόμου που οδηγεί προς το μνημείο.



Εικόνα 5.19: TERES M5 FAROS, BRIGHT-ΕΙΔΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ Α.Ε.
(Πηγή: <http://www.bright.gr/>)



Εικόνα 5.20: Πολικό διάγραμμα TERES M5 FAROS με PARATHOM CLASSIC A 60
ADV 10 W/827 FR, Osram (Πηγή: <http://www.bright.gr/>)



Εικόνα 5.21: Φωτορεαλιστική απεικόνιση ασφαλτοστρωμένου δρόμου
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Η μέση ένταση φωτισμού είναι $E = 5,4 \text{ lux}$ και η τιμή της ομοιομορφίας είναι $U_0 = 0,09$

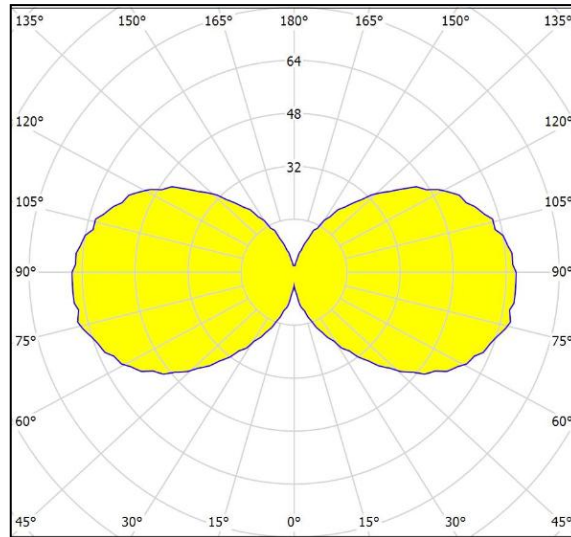
5.5.2. Φωτισμός μονοπατιών

Για το φωτισμό των μονοπατιών χρειάζεται πολύ ήπιος φωτισμός, χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας με περιορισμένη εμβέλεια δέσμης ώστε να μην προκαλεί θαμβώσεις και να μην έλκει την προσοχή του θεατή. Σκοπός είναι να πραγματοποιηθεί διακριτική οριοθέτηση του μονοπατιού, που οδηγεί στο μεγαλοπρεπές μνημείο.

Το φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε είναι εξωτερικού χώρου, αλουμινίου, TERES M5 SMALL FAROS της εταιρείας BRIGHT- ΕΙΔΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ Α.Ε. Δεν επηρεάζει την εικόνα του τοπίου ακόμα και τις πρωινές ώρες. Είναι κατάλληλο για έντονες καιρικές συνθήκες καθώς έχει και μεγάλη αντοχή στη φθορά του χρόνου και δείκτη IP65. Το TERES είναι κολονάκι που τοποθετείται σε βάση από τσιμέντο, ανά 8 μέτρα και στις δύο πλευρές του μονοπατιού και συνολικά τοποθετούνται 128 από αυτά. Ταιριάζει με το φωτιστικό που τοποθετείται στο δρόμο αλλά είναι πιο χαμηλό από αυτό (ύψος 39 εκατοστά). Φέρει σύστημα LED, PARATHOM CLASSIC A 40 ADV 6 W/827 FR, Osram. Επιλέχθηκε θερμό λευκό φως 2700K, όπως και στον δρόμο για να συμπληρώνει το φωτισμό αυτό και να είναι διαφορετικό και πάλι από τη θερμοκρασία φωτισμού του Τείχους (3000K) Η κατασκευή του φωτιστικού (εικόνα 5.22) ενδείκνυται για την αποφυγή φωτορύπανσης και τον άσκοπο φωτισμό του περιβάλλοντος που θα προκαλούσε μόνο δυσάρεστα αποτελέσματα.



Εικόνα 5.22: TERES M5 SMALL FAROS, BRIGHT-ΕΙΔΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ Α.Ε.
(Πηγή: <http://www.bright.gr/>)



Εικόνα 5.23: Πολικό διάγραμμα TERES M5 SMALL FAROS με PARATHOM CLASSIC A 40 ADV 6 W/827 FR, Osram.
(Πηγή: <http://www.bright.gr/>)



Εικόνα 5.24: Φωτορεαλιστική απεικόνιση μονοπατιών
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Η μέση ένταση φωτισμού είναι $E = 3,2 \text{ lux}$ και η τιμή της ομοιομορφίας είναι $U_0 = 0.1$

Με την παρούσα μελέτη φωτισμού παρουσιάζεται μία γενικότερη πρόταση για την αναβάθμιση του Τείχους Δυμαίων και του περιβάλλοντος χώρος του που είναι αρχαιολογικής και πολιτιστικής σημασίας. Ο φωτισμός αναδεικνύει τον όγκο και την μεγαλοπρέπεια του μνημείου και δημιουργεί ταυτόχρονα αίσθηση ασφάλειας στους πολίτες οι οποίοι περπατούν μέσα στον χώρο όταν ο ήλιος δύει και οπτική άνεση στους φύλακες του μνημείου.

Τα φωτιστικά που προτείνονται για την υλοποίηση της μελέτης πληρούν τους αναγκαίους δείκτες προστασίας για σκόνη και υγρασία, είναι εξωτερικού χώρου και κατάλληλα για αρχιτεκτονικό φωτισμό. Δεν αλλοιώνουν την εικόνα του μνημείου, κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς είναι βαμμένα σε κατάλληλα χρώματα. Παρομοίως και κατά τη διάρκεια της νύχτας, πρωταγωνιστής είναι το μνημείο και όχι τα φωτιστικά ή ο φωτισμός γενικότερα. Χρησιμοποιήθηκαν ήπιες τεχνικές φωτισμού και όχι υπερβολές καθώς η δημιουργία εντυπωσιακών εφέ δεν συνάδει με τον χαρακτήρα του χώρου ο οποίος αποτελεί πολιτιστική κληρονομιά.

Η αναγνωρισιμότητα και η ανάδειξη του μνημείου ως ορόσημο της περιοχής (landmark), μέσω του φωτισμού του, θα ενισχύσουν την οικονομία του δήμου, καθώς θα αυξηθεί η επισκεψιμότητα της περιοχής και θα αποτελεί σημαντικό πόλο τουριστικής έλξης. Η ευρύτερη περιοχή προσφέρει τη δυνατότητα στους τουρίστες να δουν πολλά και διαφορετικά τοπία ξεκινώντας τις πρωινές ώρες από τις φυσικές ομορφιές, καταλήγοντας τις βραδινές ώρες στο φωτισμένο Τείχος Δυμαίων.

Βιβλιογραφία

- [1] Βικιπαίδεια, Φως, <http://el.wikipedia.org/wiki/Φως>, 2014
- [2] ΥΕΠΚΑ «Φωτισμός και Εργασία», [http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/248B0AD129F4F64CC2257168003765BC/\\$file/fotismos.pdf](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/248B0AD129F4F64CC2257168003765BC/$file/fotismos.pdf), 2014
- [3] Κοντορήγας Θεόδωρος, «Το χρώμα του φωτός», *Greek Architects*, 2010
- [4] Τοπαλής Φραγκίσκος, Οικονόμου Λάμπρος, Κουρτέση Σταυρούλα, «Φωτοτεχνία», Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα, 2010
- [5] Light Website, <http://light.physics.auth.gr/enc/radiation.html>, 2014
- [6] The Physics Classroom, “*The Electromagnetic and Visible Spectra*”, <http://www.physicsclassroom.com/>, 2014
- [7] Μαθιός Κώστας, «Φως και τεχνητός φωτισμός, η 4^η διάσταση του χώρου», Περιοδικό Κατασκευαστής, 1997
- [8] Μοσκοφίδης Νικόλαος, «Φυσικό φως», Φωτοδιάπλαση Α.Ε., 2014
- [9] Fotonio, Αφοί Κουίκογλου Ο.Ε. «Λίγα λόγια για το φως», http://www.fotonio.net/old_web/pro.asp, 2014
- [10] Κοντορήγας Θεόδωρος, «Φως και Άνθρωπος : Φυσιολογία και οπτική αντίληψη», *Greek Architects*, 2009
- [11] Rea, Mark S, The IESNA lighting handbook : “*reference and application / Illuminating Engineering Society of NY*” , 9th Edition, New York, 2000
- [12] Τριπιδάκης, Ιωάννης, «Φωτισμός ανάδειξης ιστορικών κτιρίων», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, 2011
- [13] Βικιπαίδεια, http://el.wikipedia.org/wiki/Βασικά_χρώματα, 2014
- [14] Κοντορούπης, Τριπιδάκης, Σταματοπούλου , «Φωτισμός ανάδειξης κτιρίων και αστικών υπαίθριων χώρων» Σημειώσεις του μαθήματος: Ε.Θ.. Τεχνικών εγκαταστάσεων , 1998
- [15] Χριστοφίδης Νικόλαος, «Φως, Φωτισμός, Σκοτάδι, Μια εισαγωγή στον αρχιτεκτονικό φωτισμό», <http://www.cy-arch.com>, 2014
- [16] Ενοποίηση Αρχαιολογικών Χώρων Αθήνας, «Ρυθμιστικό Πλαίσιο Φωτισμού», <http://www.astynet.gr/>, 2008
- [17] Κλωνιζάκης Αριστείδης, «Φωτισμός-Γενικά», ΑΤΕΙ Αθήνας, Σχολή Γραφικών Τεχνών και Καλλιτεχνικών Σπουδών, 2012

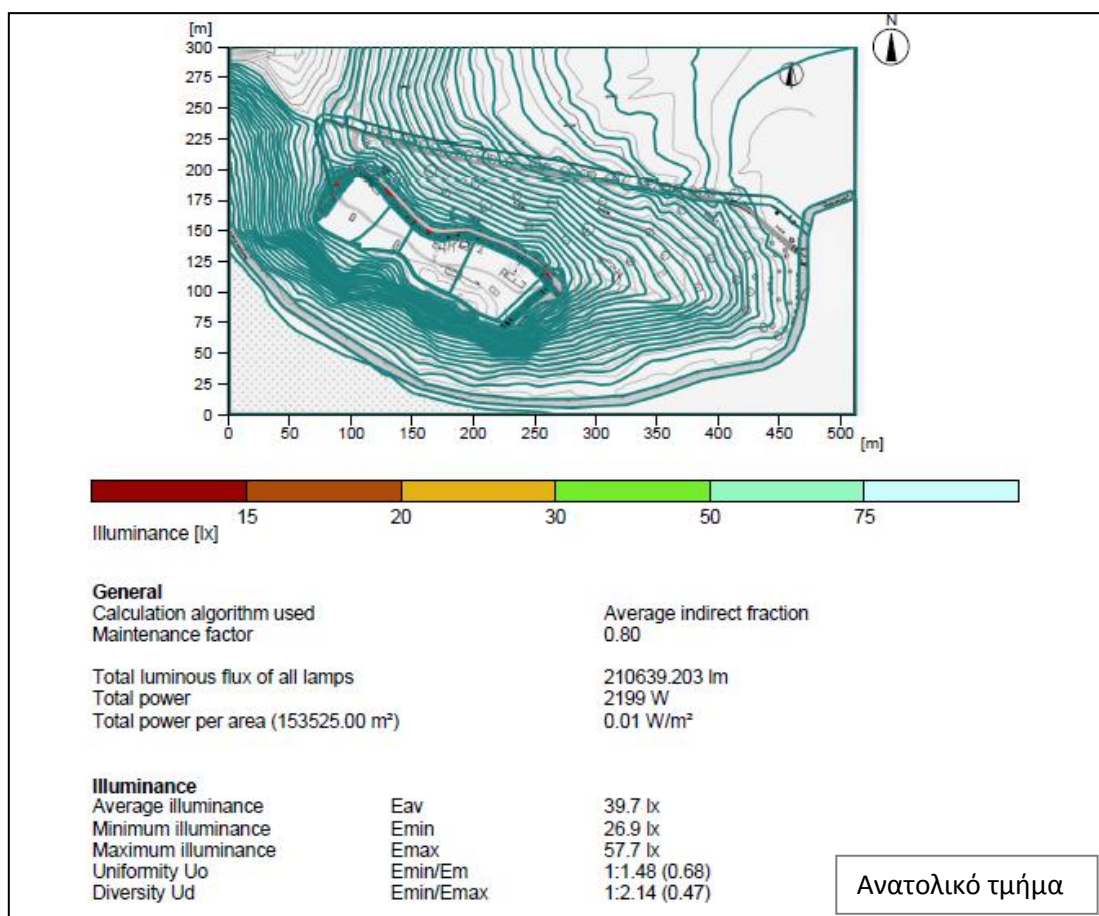
- [18] Techtube.gr «Τεχνικές και φωτιστικά εφέ», <http://www.techtube.gr/>, 2014
- [19] Δούλος Λάμπρος, Μπουρούσης Κωνσταντίνος, «Σχεδιασμός έργων φωτισμού», Εκδόσεις ΕΑΠ, Πάτρα, 2013
- [20] Lumenpulse, Applications, <http://www.lumenpulse.com/en/applications>, 2014
- [21] Γερασίμου-Δούφου Άννα, «Ανάδειξη των όψεων με φωτισμό», <http://www.ktirio.gr/>, 2011
- [22] Βαλσαμάκης Μάριος, «Φωτισμός Δρόμων και Εξοικονόμηση Ενέργειας», Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΜΠ, 2004
- [23] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ενέργεια, http://ec.europa.eu/energy/lumen/index_el.htm, 2014
- [24] Κασσέτας Ανδρέας, «Φάσματα», <http://users.sch.gr/kassetas/educ9b.htm>, 2014
- [25] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Φως στο μέλλον, Επιτάχυνση της εξάπλωσης των καινοτόμων τεχνολογιών φωτισμού», Πράσινο Βιβλίο, Βρυξέλλες, 2011
- [26] Econews, «Εξοικονόμηση ενέργειας: Μαζική εξάπλωση λαμπτήρων LED», <http://www.econews.gr/2011/12/18/ee-LED-lamps/>, 2011
- [27] LED, Μωραΐτης ΑΒΕΕ, <http://test.moraitis.com/LED-gr/>, 2013
- [28] ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ «Η επανάσταση στον φωτισμό με τη τεχνολογία LED», <http://www.electrologos.gr/news/79,2014>
- [29] Νικολάου Δημήτριος, «Η εφαρμογή των LED στον φωτισμό δρόμων και οι προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας», Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, 2013
- [30] BIGSOLAR LED, «Η τεχνολογία LED», <http://www.bigsolarLED.com/ofeli-LED-technologies.html?sl=el>, 2014
- [31] «Πλεονεκτήματα των LEDs», <http://www.americanLED.eu/index.php/el/advantages-of-LEDs> American LED, 2014
- [32] Walerczyk Stan, «LED Vs Everything Else», www.lightingwizards.com, 2014
- [33] Μαρούλης Γεώργιος, «Οικονομικός Φωτισμός», Πτυχιακή εργασία, Ηράκλειο, 2010
- [34] Τουλόγλου Στέφανος, «Οι βαθμοί (κώδικες) προστασίας IP και η επιπρόσθετη προστασία προσώπων κατά IEC/EN 60529», Επιστημονικά και Εκπαιδευτικά Ηλεκτρολογικά Νέα, 2012
- [35] Πολυζωίδης Χρήστος «OLEDs & Φωτισμός Στερεάς Κατάστασης (SSL)», http://chpolyz.blogspot.gr/2014_02_01_archive.html, 2014

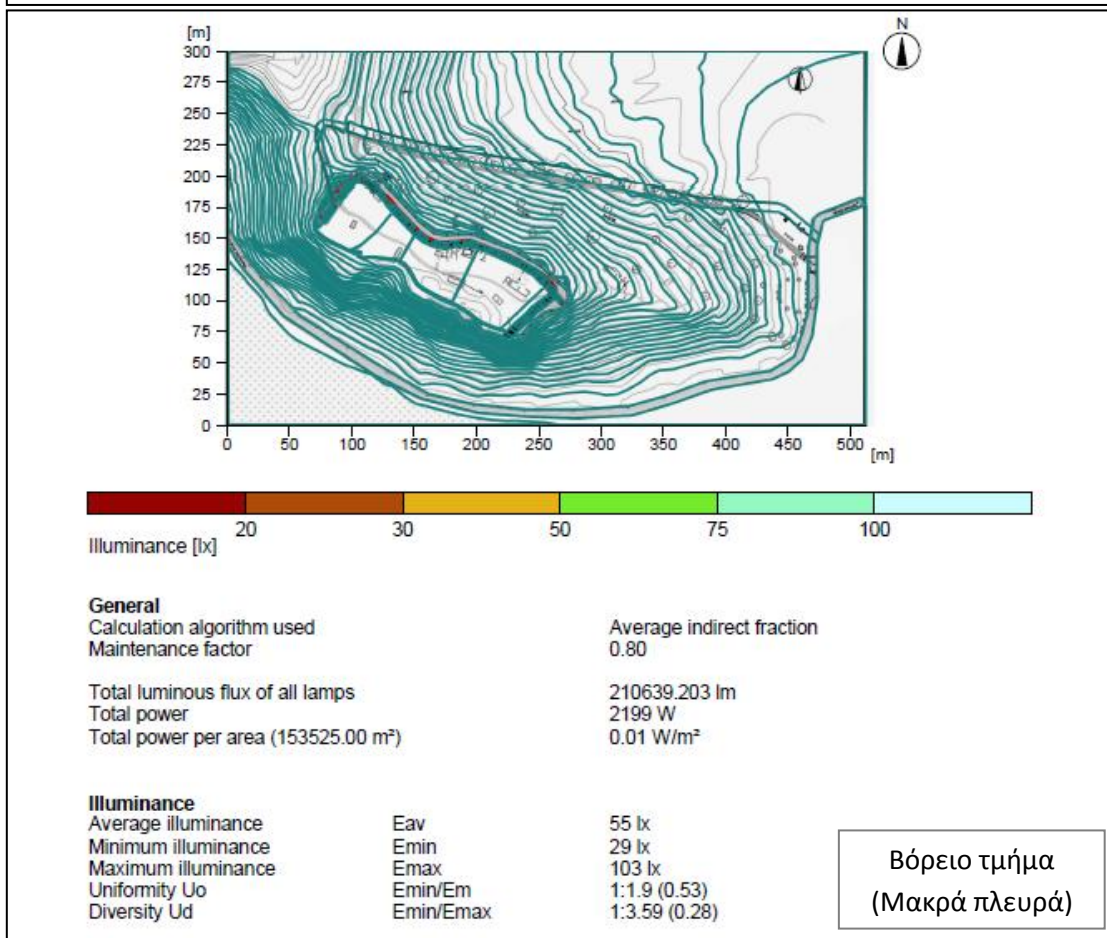
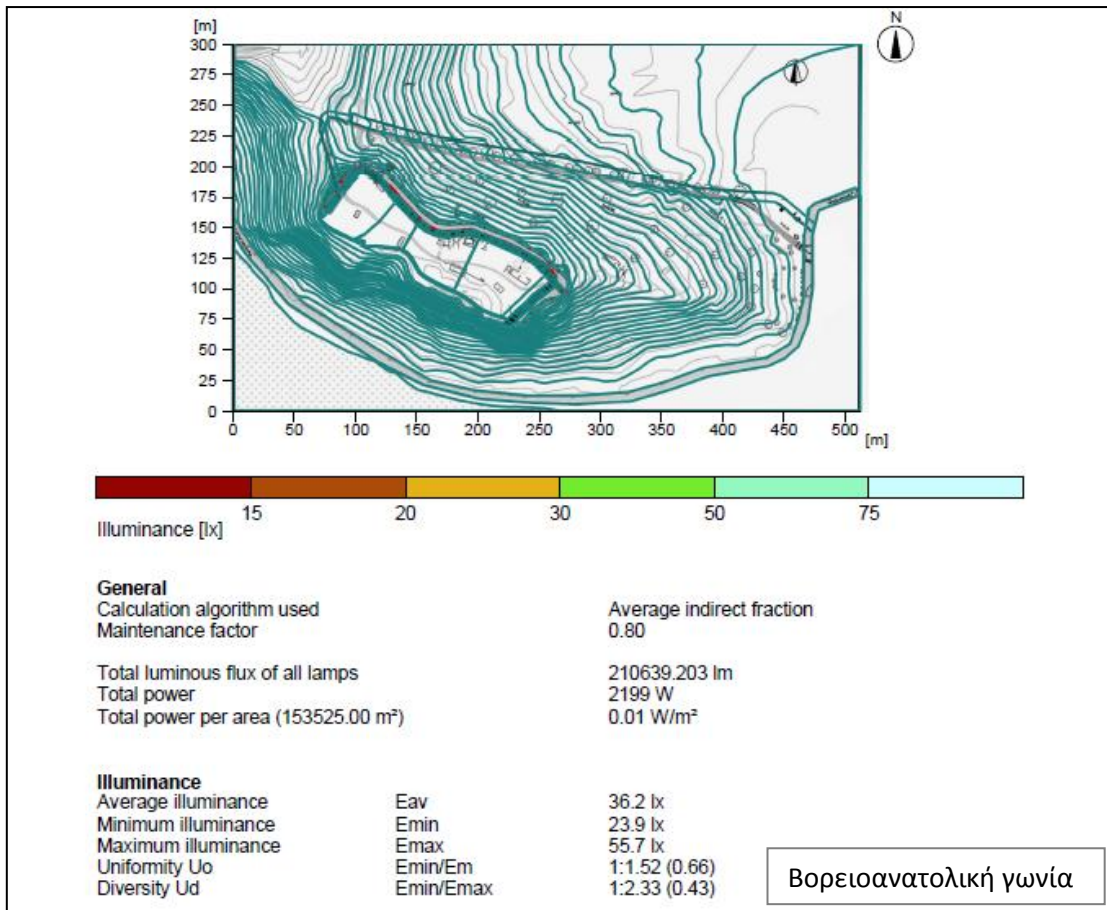
- [36] Κοντορήγας Θεόδωρος, «Φωτισμός προσόψεων στο νυκτερινό αστικό τοπίο», Magazine, Building Green, 2011
- [37] Κοντορήγας Θεόδωρος, «Τοπίο & Αρχιτεκτονική», The Garden Magazine, 2014
- [38] “Licht.de, City marketing with light”, licht.wissen 16, 2014
- [39] Spentza Mara, “Lightinng masterplans, Architectural lighting of buildings”, Artemide Architectural, 2014
- [40] Steinberg Architects, “Exterior Lighting Criteria Document, Campus-wide Exterior Lighting Master Plan”, Los Angeles Valley College, 2011
- [41] Project of IGuzzini , “City Lighting Masterplan forTaxco de Alarcón, Guerrero, Mexico”, <http://www.iguzzini.com/>, 2014
- [42] Χριστοφιλάκη Σοφία, «Ο τεχνητός εξωτερικός φωτισμός ως στοιχείο του δημόσιου αστικού χώρου και τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας», Εργασία στο μάθημα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ, Περιβαλλοντικές συνιστώσες του σχεδιασμού και της οικιστικής ανάπλασης, 2010
- [43] Κοντορήγας Θεόδωρος, «Σχεδιάζοντας με το φως: η τέχνη του αρχιτεκτονικού φωτισμού», Greek Architects,2006
- [44] Κάπος Κώστας, «Φως! Περισσότερο φως!»,<http://costaskapos.blogspot.gr/>,2008
- [45] Κοντορήγας Θεόδωρος,, «Αστικός φωτισμός και LEDs» Greek Architects,2011
- [46] Ηλιάδης Ιωάννης «Ο νυκτερινός φωτισμός των ιστορικών διατηρητέων κτιρίων της Καβάλας», 2009
- [47] Fotonio, «Λίγα λόγια για το φως», <http://www.fotonio.net/> , 2014
- [48] Πανταζής Σπύρος, «Ο ρόλος του φωτισμού στην ανάδειξη της πόλης και των μνημείων και το πρόβλημα της φωτορρύπανσης», Εφημερίδα: ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ, 2002
- [49] Κοντορήγας Θεόδωρος, «Η αρχιτεκτονική του φωτός και η πόλη τη νύχτα», Greek Architects,2009
- [50] «Γενικά υπολογιστικά στοιχεία» ,courses.arch.ntua.gr/fsr/116859/parartima.pdf,
- [51] Κανακάκη Μυρτώ, «Μελέτη φωτισμού Λίθινης Σιδηροδρομικής Γέφυρας στο Μάναρη Αρκαδίας», Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ 2006
- [52] Κάπος Κώστας, «Βασικές αρχές για το φωτισμό μνημείων, ναών και ιστορικών κτιρίων», <http://costaskapos.blogspot.gr/> 2008
- [53] Κάπος Κώστας, «Φωτισμός αρχαίου θεάτρου Διονύσου», <http://costaskapos.blogspot.gr/>, 2008

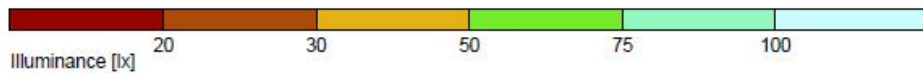
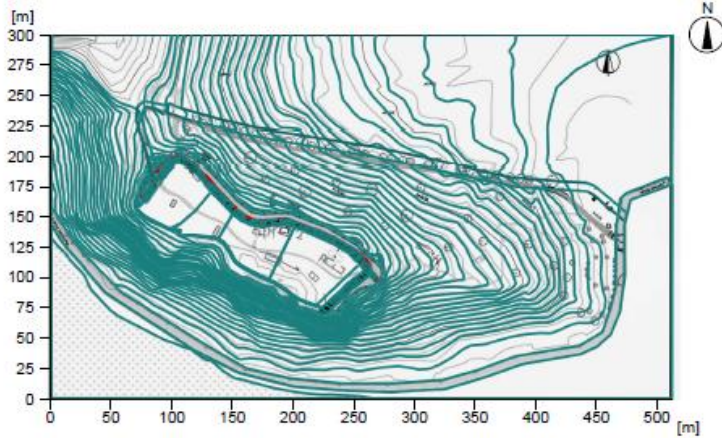
- [54] Κάπος Κώστας , «Φωτισμός των μνημείων της Ακρόπολης», <http://costaskapos.blogspot.gr>, 2014
- [55] Lumenpulse, “St. John the Evangelist Church”, www.lumenpulse.com, 2014
- [56] Schreder, “Saint Sava Orthodox Cathedral”, <http://www.schreder.com/>, 2014
- [57] Βικιπαίδεια, «Τείχος Δυμαίων», <http://el.wikipedia.org/wiki>, 2014
- [58] Καστρολόγος, «Κάστρα της Ελλάδας, Τείχος Δυμαίων», <http://www.kastra.eu/>, 2014
- [59] Καράμπελας Παναγιώτης, «Η Αρχαία Δύμη», Πάτρα, 1982
- [60] Καράμπελας Παναγιώτης, «Η Δυτική Αχαΐα, Ιστορία και ζωή», Έκδοση Κέντρου Τοπικής Ανάπτυξης Δυτικής Αχαΐας, 1995
- [61] Δελτία Τύπου, «Ο Δήμος Δυμαίων συμμετείχε στην έκθεση Active Trip 2012», <http://www.dimosdymaion.gov.gr/Default.aspx?tabid=245¤tpage=8>, 2012
- [62] RELUX PROFESSIONAL 2007: Πακέτο λογισμικού για την προσομοίωση φωτισμού εσωτερικών και εξωτερικών χώρων
- [63] *Understanding LED Drivers*, A 1000Bulbs.com Original Document, May 2014
- [64] REGULATIONS, *COMMISSION REGULATION (EU) No 1194/2012* , Official Journal of the European Union, 2012
- [65] Αθανάσιος Δεματάς, «Βιολογικά αποτελέσματα του φωτός στον ανθρώπινο οργανισμό», Τεχνική Επιθεώρηση, Σεπτέμβριος 2014.
- [66] Μητρονίκας Ε., Παπαδόπουλος. Ιωαννίδου, Λαδακάκος Π. «Σύγχρονα ηλεκτρονικά στοιχεία και διατάξεις ισχύος για βιομηχανική χρήση», 2014

Παράρτημα Α

Στο παρόν παράρτημα παρατίθενται ενδεικτικά εκτυπώσεις προσομοιώσεων για τη μελέτη τεχνητού φωτισμού σε όλα τα τμήματα του Τείχους Δυμαίων, που έγινε στο υπολογιστικό πρόγραμμα Reloux. Στις εκτυπώσεις αυτές διακρίνεται η κάτοψη του αρχαιολογικού χώρου, όπως αυτή έχει σχεδιαστεί στον υπολογιστή. Αναγράφεται ο συντελεστής χρησιμοποίησης που χρησιμοποιήθηκε κατά την μελέτη, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του χώρου (συμπεριλαμβάνοντας την κατανάλωση των ballast). Παρουσιάζονται ακόμα τα αποτελέσματα της μελέτης φωτισμού, δίνοντας τη διατηρητέα στάθμη φωτισμού, την ελάχιστη τιμή και μέγιστη τιμή αυτής και τους λόγους U_0 και U_d που εκφράζουν την ομοιογένεια του φωτισμού στις επιφάνειες μέτρησης που έχουν οριστεί.







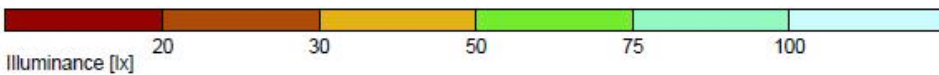
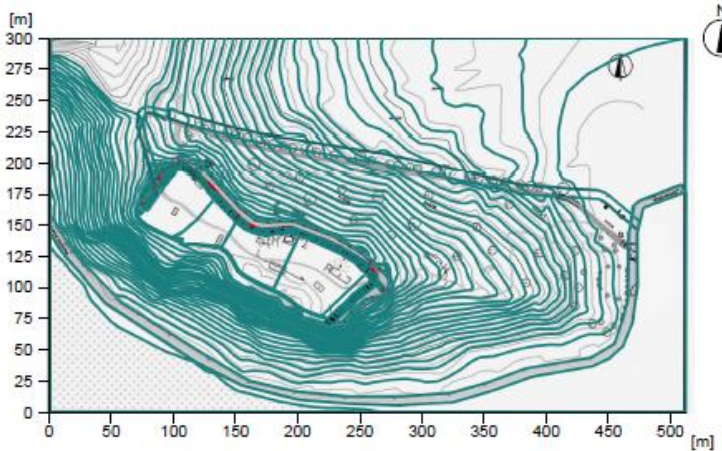
General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	210639.203 lm
Total power	2199 W
Total power per area (153525.00 m ²)	0.01 W/m ²

Illuminance

Average illuminance	Eav	47.2 lx
Minimum illuminance	Emin	23.2 lx
Maximum illuminance	E _{max}	97.5 lx
Uniformity U ₀	E _{min} /E _{max}	1:2.03 (0.49)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:4.2 (0.24)

Βόρειο τμήμα
(Μακρά πλευρά)



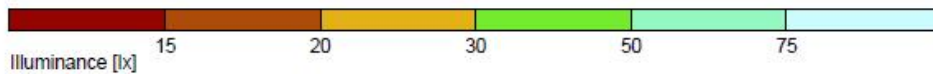
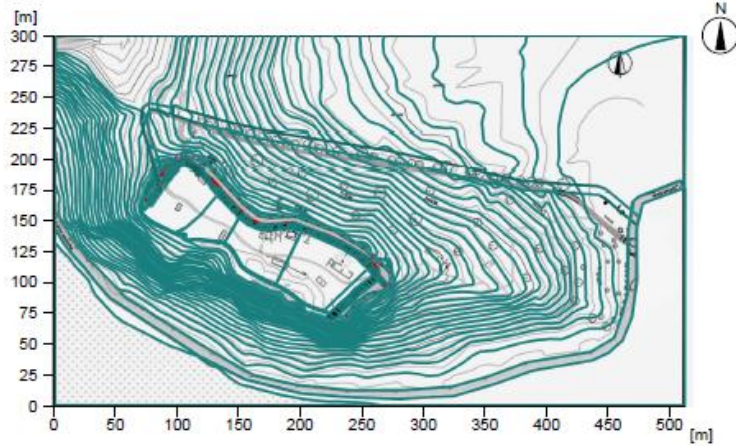
General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	210639.203 lm
Total power	2199 W
Total power per area (153525.00 m ²)	0.01 W/m ²

Illuminance

Average illuminance	Eav	42.4 lx
Minimum illuminance	Emin	24.1 lx
Maximum illuminance	E _{max}	67.9 lx
Uniformity U ₀	E _{min} /E _{max}	1:1.76 (0.57)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:2.82 (0.36)

Βόρειο τμήμα
(Μακρά πλευρά)



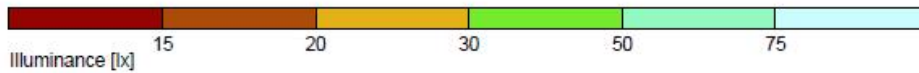
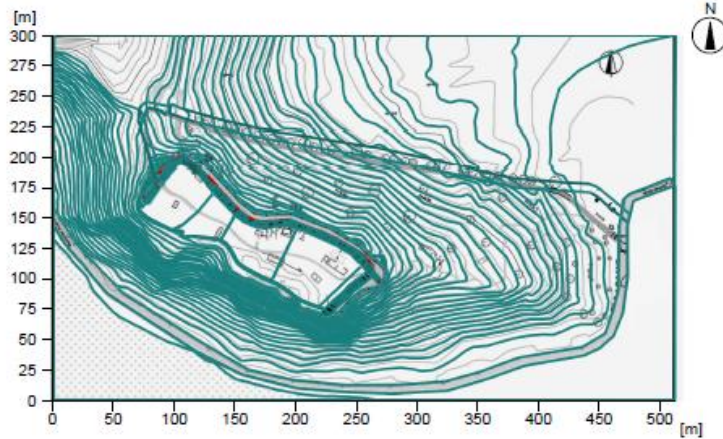
General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	210639.203 lm
Total power	2199 W
Total power per area (153525.00 m ²)	0.01 W/m ²

Illuminance

Average illuminance	Eav	39.7 lx
Minimum illuminance	Emin	27 lx
Maximum illuminance	E _{max}	50.1 lx
Uniformity U _o	E _{min} /E _m	1:1.47 (0.68)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:1.85 (0.54)

Βόρειο τμήμα
(Μακρά πλευρά)



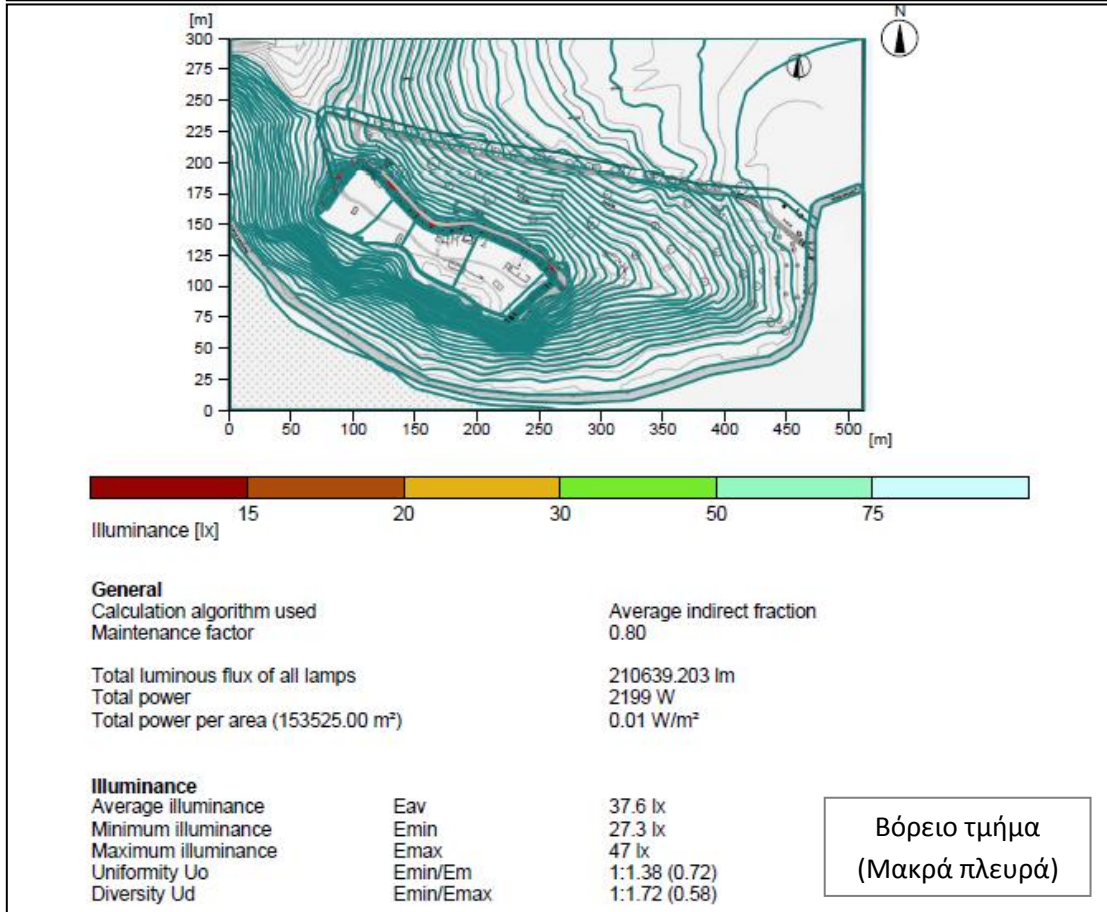
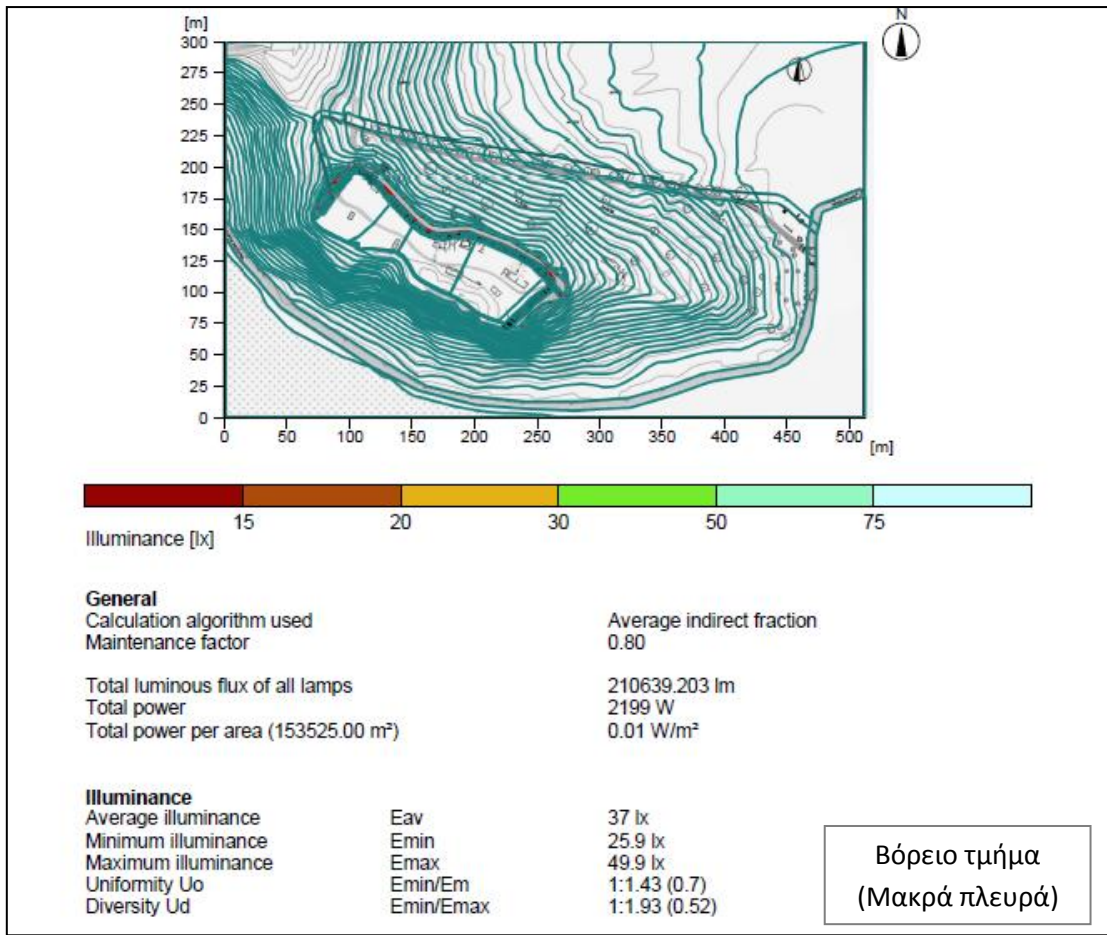
General

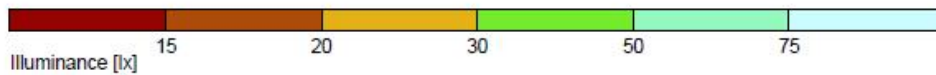
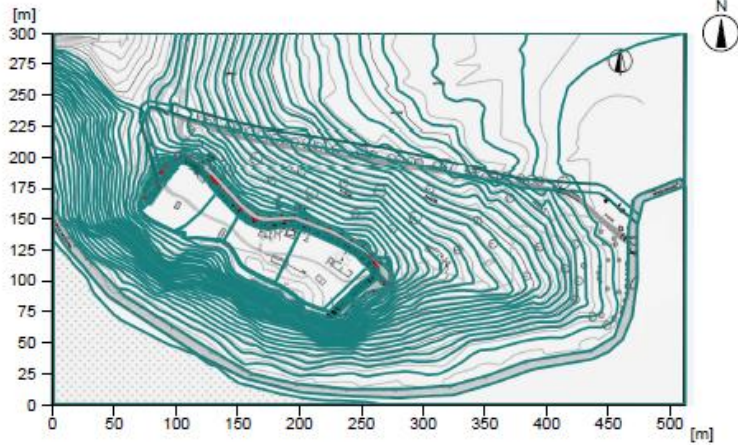
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	210639.203 lm
Total power	2199 W
Total power per area (153525.00 m ²)	0.01 W/m ²

Illuminance

Average illuminance	Eav	37.3 lx
Minimum illuminance	Emin	24.2 lx
Maximum illuminance	E _{max}	51 lx
Uniformity U _o	E _{min} /E _m	1:1.54 (0.65)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:2.11 (0.47)

Βόρειο τμήμα
(Μακρά πλευρά)





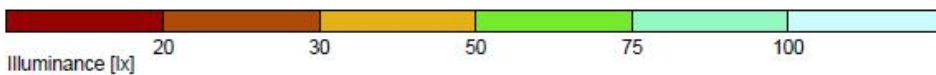
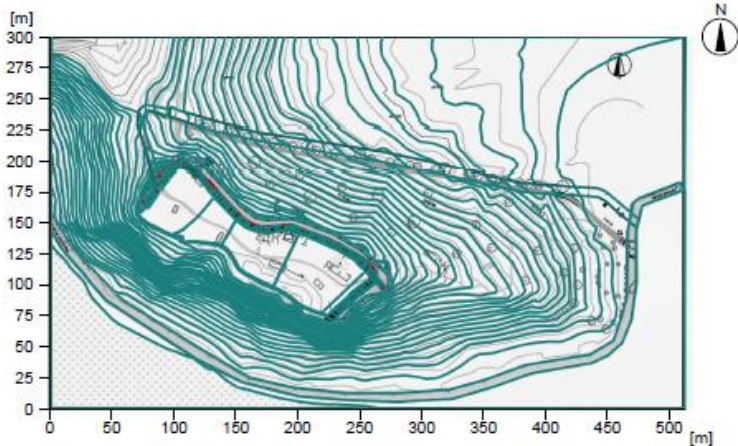
General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	210639.203 lm
Total power	2199 W
Total power per area (153525.00 m ²)	0.01 W/m ²

Illuminance

Average illuminance	Eav	38 lx
Minimum illuminance	Emin	29.5 lx
Maximum illuminance	E _{max}	45.6 lx
Uniformity U ₀	E _{min} /E _{max}	1:1.29 (0.78)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:1.54 (0.65)

Βόρειο τμήμα
(Μακρά πλευρά)



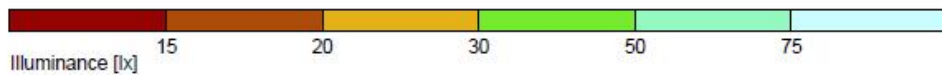
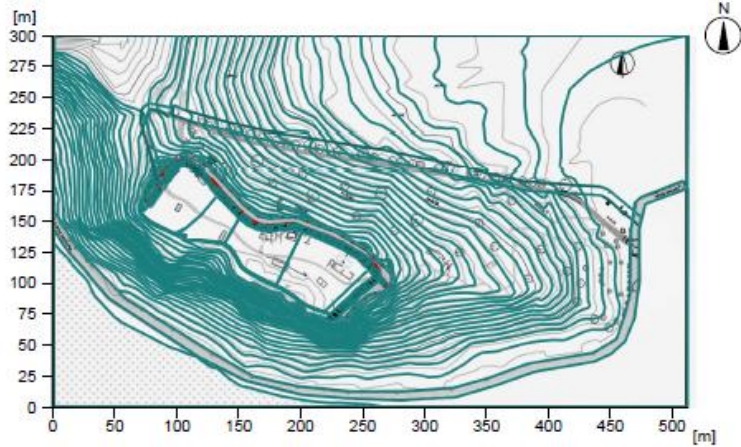
General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	210639.203 lm
Total power	2199 W
Total power per area (153525.00 m ²)	0.01 W/m ²

Illuminance

Average illuminance	Eav	42.3 lx
Minimum illuminance	Emin	36 lx
Maximum illuminance	E _{max}	49.2 lx
Uniformity U ₀	E _{min} /E _{max}	1:1.17 (0.85)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:1.36 (0.73)

Βόρειο τμήμα
(Μακρά πλευρά)



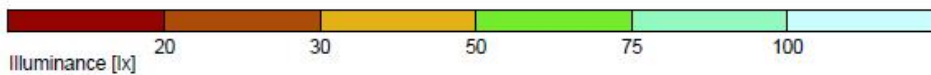
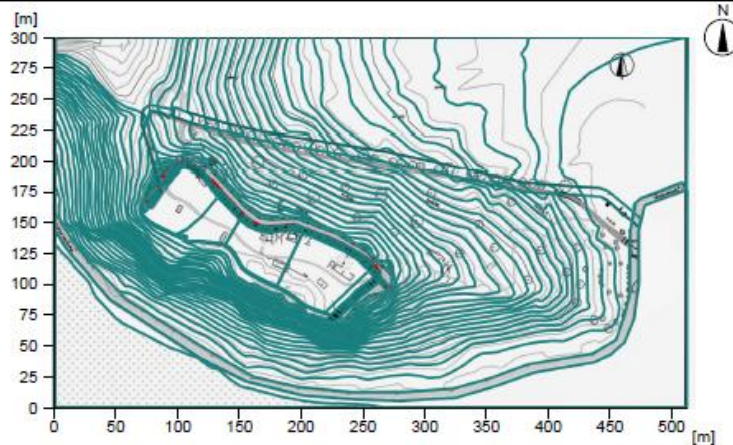
General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	210639.203 lm
Total power	2199 W
Total power per area (153525.00 m ²)	0.01 W/m ²

Illuminance

Average illuminance	Eav	38 lx
Minimum illuminance	Emin	29.6 lx
Maximum illuminance	E _{max}	44.7 lx
Uniformity U _o	E _{min} /E _m	1:1.28 (0.78)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:1.51 (0.66)

Βόρειο τμήμα
(Μακρά πλευρά)



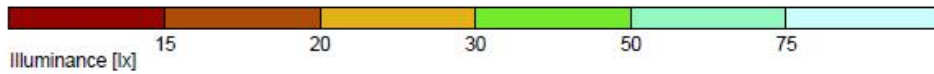
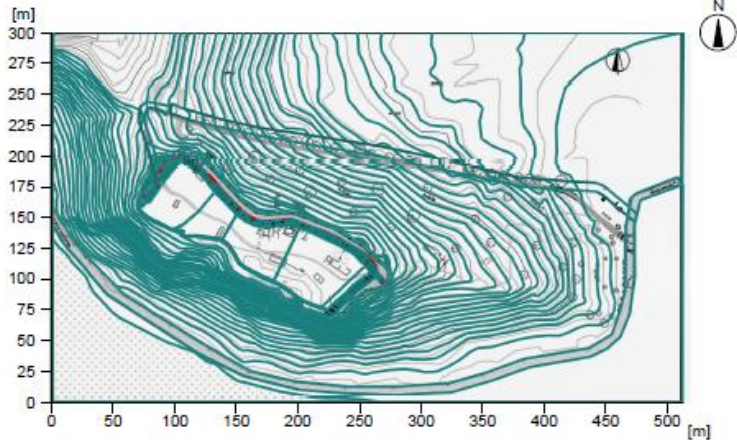
General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	210639.203 lm
Total power	2199 W
Total power per area (153525.00 m ²)	0.01 W/m ²

Illuminance

Average illuminance	Eav	42.6 lx
Minimum illuminance	Emin	32 lx
Maximum illuminance	E _{max}	50.5 lx
Uniformity U _o	E _{min} /E _m	1:1.33 (0.75)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:1.58 (0.63)

Βόρειο τμήμα
(Μακρά πλευρά)



General
 Calculation algorithm used
 Maintenance factor

Average indirect fraction
 0.80

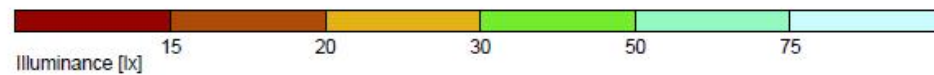
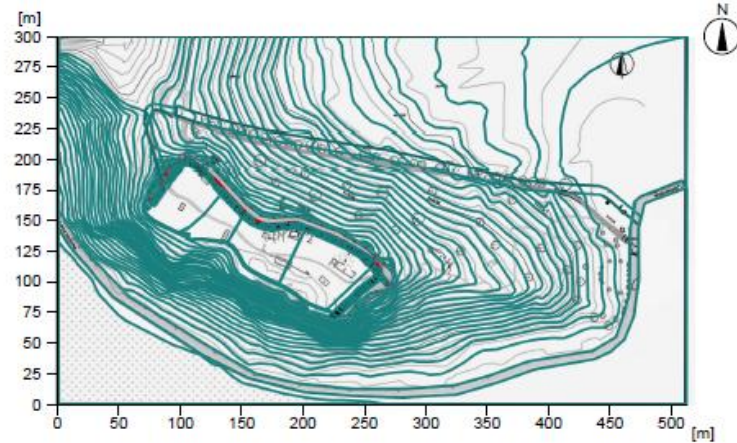
Total luminous flux of all lamps
 Total power
 Total power per area (153525.00 m²)

210639.203 lm
 2199 W
 0.01 W/m²

Illuminance

Average illuminance	Eav	34.7 lx
Minimum illuminance	Emin	29.6 lx
Maximum illuminance	E _{max}	39.1 lx
Uniformity U _o	E _{min} /E _m	1:1.17 (0.85)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:1.32 (0.76)

Βορειοδυτική γωνία



General
 Calculation algorithm used
 Maintenance factor

Average indirect fraction
 0.80

Total luminous flux of all lamps
 Total power
 Total power per area (153525.00 m²)

210639.203 lm
 2199 W
 0.01 W/m²

Illuminance

Average illuminance	Eav	37.3 lx
Minimum illuminance	Emin	27.8 lx
Maximum illuminance	E _{max}	47.7 lx
Uniformity U _o	E _{min} /E _m	1:1.34 (0.75)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	1:1.71 (0.58)

Δυτικό τμήμα

Παράρτημα Β

Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζονται τα εγχειρίδια τεχνικών χαρακτηριστικών των φωτιστικών σωμάτων από τις κατασκευάστριες εταιρείες (SCHREDER και BRIGHT) που χρησιμοποιήθηκαν για το φωτισμό του Τείχους Δυμαίων αλλά και του περιβάλλοντος χώρου. Πιο συγκεκριμένα τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν και παρατίθενται η περιγραφή τους είναι τα παρακάτω:

1. NEOS 2, 5098, 321111 (48LEDS, 500 mA,WW), Schreder
2. NEOS 3, 5098, 321161 (64LEDS, 500mA,WW), Schreder
3. NEOS 2, 5098, 321111 (32LEDS, 500 mA,WW), Schreder
4. TERES M5 FAROS, Bright
5. TERES M5 SMALL FAROS Bright

The Neos range of floodlights provides a complete mastery of light for architectural illumination projects

Description

THE NEOS RANGE OF FLOODLIGHTS PROVIDES A COMPLETE MASTERY OF LIGHT FOR ARCHITECTURAL ILLUMINATION PROJECTS

- ▶ Numerous asymmetrical light distributions
- ▶ Large choice of accessories
- ▶ Appealing design
- ▶ Precise on-site adjustment
- ▶ Tool free access to lamp
- ▶ High quality and resistant materials

Presentation of the selected product

The Neos floodlights is a whole range offering a complete mastery of light for urban lighting projects involving public squares, parking areas and major thoroughfares. This is the case for a wide range of applications thanks to the many reflectors and photometric accessories available. A very clean appearance enables Neos floodlights to be considered as public lighting objects in the same manner as any other luminaire in our range. Combined with a bracket that is in perfect harmony with its profile and shape, Neos floodlights constitute a tool of excellence at the service of urban lighting. Range of high-lightness floodlights (IP 66) available in 4 sizes: the Neos 1 is suitable for lamps up to 150 W, the Neos 2 up to 250 W, the Neos 3 up to 600 W and the Neos 4 up to 1000 W. The floodlight is composed of a two-piece housing made of painted die-cast aluminium alloy. The housing contains a reflector made of polished and anodised aluminium and a removable control gear plate; the opening is possible without tools. The tempered glass protector is sealed onto the cover.

Applications:

Recommended height Installation: between and

Painting: Polyester powder coating

Colour: AKZO grey 900 sanded

Other colours RAL or AKZO on request

NEOS 2 - Your configuration:

Type of distribution:

Reflector: 5098

Protector: Glass Standard Flat

Source: 48 LEDs 350mA WW

Settings: -- 321111

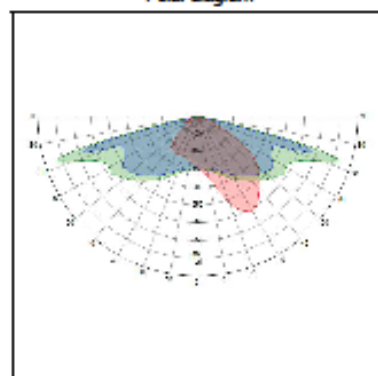
Dimensions: Width: 398 Height: 140 Length: 441 Weight: 5

Mechanical and electrical characteristics: IP: IK: Electrical Class: Class II, Class I

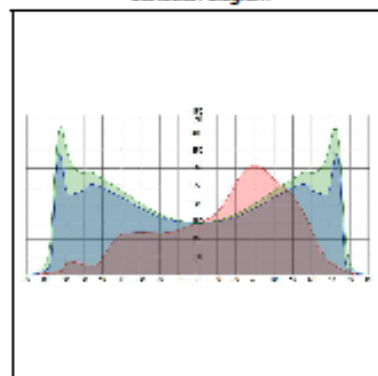
Due to the continuous research and development we undertake on our products, we reserve the right to alter the specifications without notice. As these may present different characteristics according to the requirements of individual countries, we invite you to consult us.



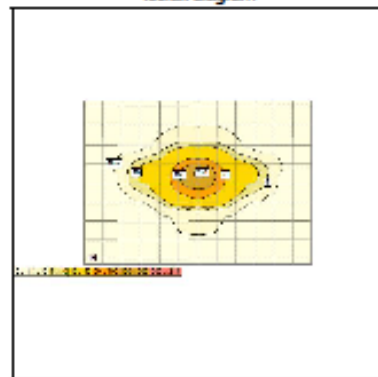
Polar diagram



Cartesian diagram



Isolux diagram



The Neos range of floodlights provides a complete mastery of light for architectural illumination projects

Description

THE NEOS RANGE OF FLOODLIGHTS PROVIDES A COMPLETE MASTERY OF LIGHT FOR ARCHITECTURAL ILLUMINATION PROJECTS

- ▶ Numerous asymmetrical light distributions
- ▶ Large choice of accessories
- ▶ Appealing design
- ▶ Precise on-site adjustment
- ▶ Tool free access to lamp
- ▶ High quality and resistant materials

Presentation of the selected product

The Neos floodlights is a whole range offering a complete mastery of light for urban lighting projects involving public squares, parking areas and major thoroughfares. This is the case for a wide range of applications thanks to the many reflectors and photometric accessories available. A very clean appearance enables Neos floodlights to be considered as public lighting objects in the same manner as any other luminaire in our range. Combined with a bracket that is in perfect harmony with its profile and shape, Neos floodlights constitute a tool of excellence at the service of urban lighting. Range of high-lightness floodlights (IP 66) available in 4 sizes: the Neos 1 is suitable for lamps up to 150 W, the Neos 2 up to 250 W, the Neos 3 up to 600 W and the Neos 4 up to 1000 W. The floodlight is composed of a two-piece housing made of painted die-cast aluminium alloy. The housing contains a reflector made of polished and anodised aluminium and a removable control gear plate; the opening is possible without tools. The tempered glass protector is sealed onto the cover.

Applications:

Recommended height Installation: between and

Painting: Polyester powder coating

Colour: AKZO grey 900 sanded

Other colours RAL or AKZO on request

NEOS 3 - Your configuration:

Type of distribution:

Reflector: 5098

Protector: Glass Standard Flat

Source: 64 LEDS 500mA WW

Settings: -- 321161

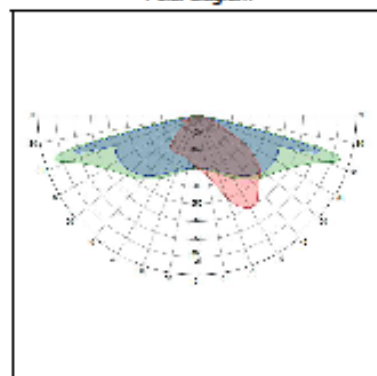
Dimensions: Width: 500 Height: 160 Length: 600 Weight: 8

Mechanical and electrical characteristics: IP: IK: Electrical Class: Class II, Class I

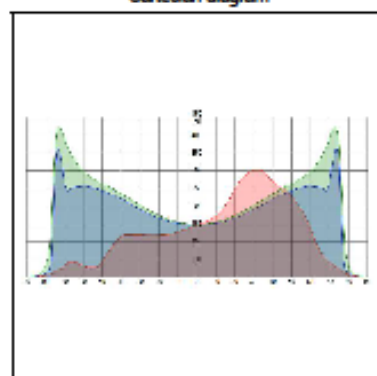
Due to the continuous research and development we undertake on our products, we reserve the right to alter the specifications without notice. As these may present different characteristics according to the requirements of individual countries, we invite you to consult us.



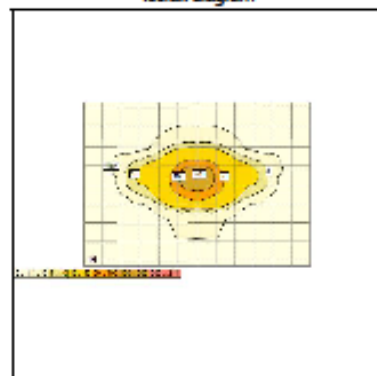
Polar diagram



Cartesian diagram



Isolux diagram



The Neos range of floodlights provides a complete mastery of light for architectural illumination projects

Description

THE NEOS RANGE OF FLOODLIGHTS PROVIDES A COMPLETE MASTERY OF LIGHT FOR ARCHITECTURAL ILLUMINATION PROJECTS

- ▶ Numerous asymmetrical light distributions
- ▶ Large choice of accessories
- ▶ Appealing design
- ▶ Precise on-site adjustment
- ▶ Tool free access to lamp
- ▶ High quality and resistant materials

Presentation of the selected product

The Neos floodlights is a whole range offering a complete mastery of light for urban lighting projects involving public squares, parking areas and major thoroughfares. This is the case for a wide range of applications thanks to the many reflectors and photometric accessories available. A very clean appearance enables Neos floodlights to be considered as public lighting objects in the same manner as any other luminaire in our range. Combined with a bracket that is in perfect harmony with its profile and shape, Neos floodlights constitute a tool of excellence at the service of urban lighting. Range of high-lightness floodlights (IP 66) available in 4 sizes: the Neos 1 is suitable for lamps up to 150 W, the Neos 2 up to 250 W, the Neos 3 up to 600 W and the Neos 4 up to 1000 W. The floodlight is composed of a two-piece housing made of painted die-cast aluminium alloy. The housing contains a reflector made of polished and anodised aluminium and a removable control gear plate; the opening is possible without tools. The tempered glass protector is sealed onto the cover.

Applications:

Recommended height installation: between and

Painting: Polyester powder coating

Colour: AKZO grey 900 sanded

Other colours RAL or AKZO on request

NEOS 2 - Your configuration:

Type of distribution:

Reflector: 5098

Protector: Glass Standard Flat

Source: 32 LEDs 500mA WW

Settings: -- 321111

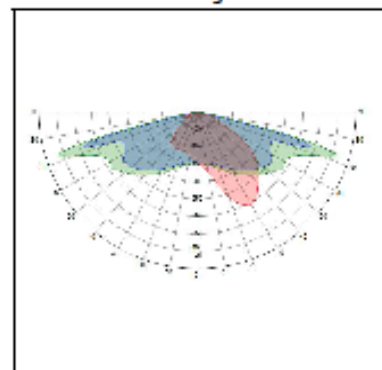
Dimensions: Width: 398 Height: 140 Length: 441 Weight: 5

Mechanical and electrical characteristics: IP: IK: Electrical Class: Class II, Class I

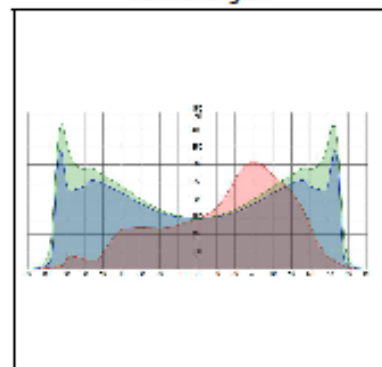
Due to the continuous research and development we undertake on our products, we reserve the right to alter the specifications without notice. As these may present different characteristics according to the requirements of individual countries, we invite you to consult us.



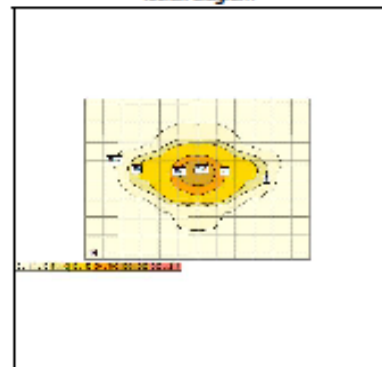
Polar diagram



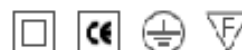
Cartesian diagram



Isolux diagram



TERES M5 FAROS



Lamps



EL ECONOMY, TC
 TSE/max 18W / E27/
 230V
 COMPACT
 FLUORESCENT LAMP

Colors



-10
 WHITE



-20
 BLACK

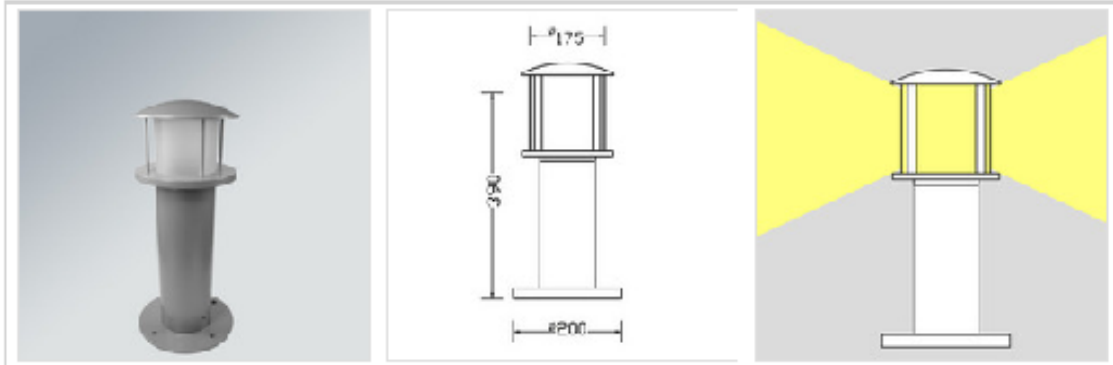


-30
 GREY

Description

The luminaire TERES M 5 FARO is appropriate for outdoor lighting. It is made of cast-pressed aluminum, painted electro-statically with polyester dyes, with polycarbonic high endurance, lamp protector and anti-glare design. The fixture's base has two cable glands. The degree of protection against moisture and dust is IP65. Operates at 230V/50Hz.

TERES M5 SMALL FAROS



Lamps



EL ECONOMY, TC
TSE/max 14W / E27/
230V
COMPACT
FLUORESCENT LAMP

Colors



-10
WHITE



-20
BLACK



-30
GREY

Description

The luminaire TERES M5 SMALL FARO is appropriate for outdoor lighting. It is made of cast-pressed aluminum, painted electro-statically with polyester dyes, with polycarbonic high endurance, lamp protector and anti-glare design. The fixture's base has two cable glands. The degree of protection against moisture and dust is IP65. Operates at 230V/50Hz.