



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΜΕΝΟΥΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΑΜ: 5732

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2021

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το φως είναι ένα από τα κυριότερα μέσα αντίληψης του εμπειρικού κόσμου. Η επίδραση του και η παρουσία του αναδεικνύει το περιβάλλον στο οποίο εντοπίζεται. Διαμορφώνει, διευκολύνει ή δυσκολεύει την ανθρώπινη αντίληψη, διευρύνει και αντίστοιχα συρρικνώνει το οπτικό πεδίο του οφθαλμού, συμβάλει στο ύφος και χαρακτήρα ή αποδιοργανώνει αισθητικά την εικόνα ενός αρχιτεκτονήματος. Όλη αυτή η δυναμική του φωτισμού τροφοδοτείται από πολλές παραμέτρους και στοιχεία που θα αναλυθούν στην πορεία της εργασίας. Η εφαρμογή ορθού φωτισμού έχει αντίκτυπο στην ταυτότητα του χώρου καθώς εξυψώνει και αναδεικνύει το έργο του αρχιτέκτονα και κατ'επέκταση διαμορφώνει την ψυχολογία, διάθεση και φυσική κατάσταση του ανθρώπου μέσα σε αυτόν. Ο φωτισμός λοιπόν επενεργεί στην ψυχολογία και μπορεί να επηρεάσει την απόδοση στο εργασιακό περιβάλλον, ακόμα και τον χρόνο και ποιότητα ύπνου. Με πρώτο στόχο την οπτική άνεση, η σωστή κατανομή φωτιστικών, η κατάλληλη ένταση φωτός, η απουσία θαμβώσεων καθώς και η έμμεση οπτική επαφή των μυτιών με την φωτιστική πηγή, είναι μερικοί από τους παράγοντες που απασχολούν τον μελετητή.

Με την παρούσα εργασία θα γίνει μια ανάλυση πάνω στον τεχνητό φωτισμό και την τεχνολογική του εξέλιξη παράλληλα με αναφορά στον εξοπλισμό και στα είδη φωτιστικών σωμάτων και διατάξεων. Ακόμα πιο απτά δεδομένα εμφανίζονται στην ανάλυση της φωτοτεχνικής μελέτης που εφαρμόζεται σε βιομηχανική εγκατάσταση και συγκεκριμένα υποσταθμό διανομής 20kv/400v, μέσο της οποίας θα παρουσιαστούν συμπεράσματα και αποτελέσματα που προκύπτουν από μια ορθή μελέτη φωτισμού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	I
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	II
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	IV
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	IV
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενικά για το φως.....	1
1.2 Η Φύση του φωτός.....	2
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΤΟ ΦΩΣ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ.....	5
2.1 Βασικές ιδιότητες του φωτός.....	5
2.1.1 Ανάκλαση και διάχυση του φωτός	5
2.1.2 Διάθλαση του φωτός	7
2.1.3 Ολική ανάκλαση του φωτός.....	10
2.1.4 Σκέδαση και απορρόφηση του φωτός.....	12
2.2 Φως και χρώμα	14
2.3 Χρώμα Φωτός	16
2.4 Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI – Colour Rendering Index)	17
2.5 Τα χρώματα και οι ιδιότητές τους	20
2.5.1 Δημιουργία χρωμάτων.....	21
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ.....	23
3.1 Ψυχολογία, διάθεση και φυσική κατάσταση	23
3.2 Αντίθεση φωτεινότητας και πεδία αντίληψης	25
3.2.1 Χώροι με αντίθεση φωτεινότητας	25
3.2.2 Χώροι χωρίς αντίθεση φωτεινότητας	25
3.3 Αίσθηση Ευφορίας και επιλογή θερμοκρασίας λαμπτήρα ανά περιπτώσεις χρωματικών μοντέλων.....	26
4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Η ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	28
4.1 Κύριος χώρος υποσταθμού.....	28
4.1.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	29
4.1.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX.....	33
4.2 Χώρος Πεδίων Χαμηλής Τάσης.....	41
4.2.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	41
4.2.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα	44
4.2.3 Διαγράμματα Isolux	45

4.3	Ανελκυστήρας 2	54
4.3.1	Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	54
4.3.2	Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX.....	56
4.4	Ανελκυστήρας 2	58
4.4.1	Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	58
4.4.2	Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX.....	60
4.5	Κλιμακοστάσιο 2	62
4.5.1	Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	62
4.5.2	Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX.....	64
4.6	Κλιμακοστάσιο 1	68
4.6.1	Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	68
4.6.2	Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX.....	70
4.7	Μηχανουργείο 1	74
4.7.1	Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	74
4.7.2	Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX.....	76
4.8	Μηχανουργείο 2	81
4.8.1	Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	82
4.8.2	Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX.....	83
4.9	Χώρος μετασηματιστών	88
4.9.1	Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	89
4.9.2	Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX.....	90
4.10	Χώρος συσσωρευτών.....	94
4.10.1	Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών	95
4.10.2	Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX.....	96
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100
6	ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	100

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1:Το φως είναι αποτέλεσμα μετακίνησης ηλεκτρονίων.	4
Εικόνα 2-1:Ανάκλαση του φωτός.....	6
Εικόνα 2-2: Διάχυση του φωτός.	6
Εικόνα 2-3: Διάθλαση του φωτός.	8
Εικόνα 2-4 Λόγω της διάθλασης ένα αντικείμενο μέσα στο νερό φαίνεται να βρίσκεται πιο κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας από όσο είναι πραγματικά.	9
Εικόνα 2-5: Όταν το φως πέσει παράλληλα στη διαχωριστική επιφάνεια, η γωνία διάθλασης παίρνει τη μέγιστη τιμή,(οριακή γωνία).	10
Εικόνα 2-6: Διάδοση του φωτός από το νερό στον αέρα με γωνία πρόσπτωσης μικρότερη από την κρίσιμη γωνία.	10
Εικόνα 2-7: Αν η ακτίνα πέσει στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων με γωνία ίση με την κρίσιμη γωνία, τότε η διαθλώμενη ακτίνα θα βγει παράλληλα στην επιφάνεια του νερού.	11
Εικόνα 2-8 : Ολική ανάκλαση του φωτός.	11
Εικόνα 2-9: Σχηματική απεικόνιση οπτικής ίνας.	12
Εικόνα 2-10: Σκεδασμός του φωτός στα μόρια του αέρα.....	13
Εικόνα 2-11:Όταν οι φωτεινές ακτίνες πέσουν σε κάποιο σώμα, ένα μεγάλο τους μέρος απορροφάται από το σώμα.	14
Εικόνα 2-12:Λαμπτήρες με διαφορετικές θερμοκρασίες χρώματος.....	15
Εικόνα 2-13:Το φάσμα σε σχέση με τη θερμοκρασία χρώματος	16
Εικόνα 2-14: ζεστό λευκό – ουδέτερο λευκό – λευκό φως ημέρας	16
Εικόνα 2-15: Η σημασία ενός μεγάλου CRI στην απόδοση χρωμάτων και λεπτομερειών.....	18
Εικόνα 2-16:Δημιουργία του λευκού από τη σύνθεση των τριών βασικών χρωμάτων	21

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1:Ενδεικτικές τιμές του CRI σε διάφορες λυχνίες.....	18
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά για το φως

Φως είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία ανιχνεύεται από το ανθρώπινο μάτι, προκαλώντας το αίσθημα της όρασης, και δίνει ένα πλήθος οπτικών φαινομένων που έχουν εφαρμογές στην επιστήμη και στην τεχνολογία.

Κάθε σώμα εκπέμπει θερμική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Όταν η ακτινοβολία αυτή αυξηθεί γίνεται ορατή, οπότε το σώμα μετατρέπεται σε φωτεινή πηγή: ήλιος, κεριά, λαμπτήρες. Το φως λοιπόν είναι μια μορφή ενέργειας η οποία εκπέμπεται από τα σώματα και κινείται με ταχύτητα η οποία σήμερα έχει μετρηθεί με απόλυτη ακρίβεια. Η ταχύτητα του φωτός συμβολίζεται με το c και ισούται με: $c = 299.792.458 \text{ m/s}$.

Το φως, εκτός από τον Ήλιο, παράγεται στη Γη από τεράστιο αριθμό φωτεινών πηγών με διαφορετικές δομές, όπως είναι οι λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι λάμπες ιονισμού, τα Laser, οι προβολείς κ.λπ. Έτσι λοιπόν υπάρχουν δύο ειδών φωτεινές πηγές: οι φυσικές και οι τεχνητές.

Οι φυσικές φωτεινές πηγές χρησιμοποιούν σαν μηχανισμό παραγωγής φωτός τη θέρμανση ακτινοβόλων σωμάτων ή την καύση σωμάτων. Ο Ήλιος είναι η κύρια φυσική φωτεινή πηγή, ο οποίος στέλνει συνεχώς προς τη Γη ενέργεια, κυρίως με τη μορφή φωτεινής ενέργειας, αλλά και θερμότητας.

Οι τεχνητές φωτεινές πηγές χρησιμοποιούν σαν μηχανισμό παραγωγής φωτός τη θέρμανση αγωγίμων υλικών. Η θέρμανση αυτή γίνεται απουσία οξυγόνου, συνήθως με παρουσία κενού ή αζώτου και φθάνει σε θερμοκρασίες $2500 - 4500^\circ\text{C}$. Τέτοιες τεχνητές φωτεινές πηγές είναι οι κοινές οικιακές λάμπες φωτισμού, οι λάμπες φθορισμού, τα κεριά κ.λπ.

1.2 Η Φύση του φωτός

Από τους αρχαιοτάτους χρόνους οι άνθρωποι προσπαθούσαν να καταλάβουν τη φύση του φωτός. Πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες είχαν αντιληφθεί και διατυπώσει την σωματιδιακή φύση του φωτός.

Ο Αριστοτέλης αναφέρει χαρακτηριστικά: «ο Εμπεδοκλής έλεγε ότι το φως, όντας κάτι το σωματιδιακό, που απορρέει από το φωτίζον σώμα, φθάνει πρώτα στο μεταξύ της Γης και του ουρανού χώρο και ύστερα σε μας. Μας διαφεύγει όμως η κίνησή του αυτή λόγω της ταχύτητάς του». Επίσης, ο αρχαίος Έλληνας μηχανικός και γεωμέτρης Ήρωνας, διατύπωσε την αρχή του Ήρωνα, σύμφωνα με την οποία: «το φως διαδιδόμενο, (από ένα σημείο στο αμέσως επόμενο), ακολουθεί, (οδεύοντας), την συντομότερη, (χρονικά), οδό», κανόνας ο οποίος ισχύει ακόμα και σήμερα.

Στο πέρασμα των αιώνων διατυπώθηκαν διάφορες θεωρίες σχετικές με τη φύση του φωτός, από τις οποίες άλλες έχουν καταργηθεί και άλλες αποτέλεσαν τη βάση των σύγχρονων θεωριών. Ο Ισαάκ Νεύτων, (Isaac Newton), Άγγλος φυσικός, μαθηματικός και αστρονόμος, (1643-1737), εμπνευσμένος από τις θεωρίες της αρχαίας Ελλάδας, διατύπωσε τη θεωρία ότι τα φωτεινά σώματα εκπέμπουν σωματίδια, τα οποία κινούνται ευθύγραμμα και με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα διάδοσης του φωτός. Τα σωματίδια αυτά ανακλώνται στο μάτι και προκαλούν τη ανάλογη αίσθηση, αντίληψη. Με βάση τις αρχές διατήρησης της ενέργειας και της ορμής, εξήγησε επίσης την ανάκλαση και τη διάθλαση του φωτός και διατύπωσε το νόμο της ανάκλασης του φωτός. Αργότερα, οι Huygens και Young, μέσα από πειραματικές διαδικασίες πάνω στα φαινόμενα της περίθλασης και της συμβολής του φωτός, απέδειξαν ότι το φως έχει κυματική φύση και συγκεκριμένα ότι είναι εγκάρσια κύματα.

Το αποκορύφωμα της έρευνας για τη φύση του φωτός ήταν το 1873, όταν ο Maxwell διατύπωσε τη μεγαλειώδη θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Σύμφωνα μ' αυτήν, το φως είναι εγκάρσια

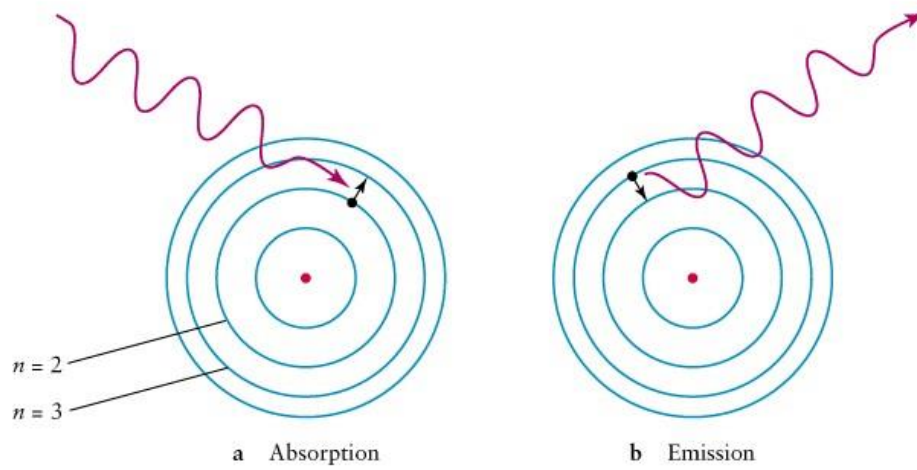
ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία ξεκινούν από τη φωτεινή πηγή και διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Η θεωρία αυτή επιβεβαιώθηκε αργότερα με τα πειράματα που έκανε ο Hertz, το 1887. Παρόλο που η κλασική θεωρία του Maxwell, ερμήνευσε πολλά φαινόμενα του φωτός, πολλά άλλα δεν μπορούσαν να ερμηνευτούν με την παραδοχή ότι το φως είναι μόνο κύμα.

Έτσι, το 1900 ο Max Planck, εισήγαγε τη θεωρία των κβάντα φωτός, την οποία εφάρμοσε αργότερα ο Einstein, για να ερμηνεύσει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία του Planck, το φως εκπέμπεται και απορροφάται από τα άτομα της ύλης όχι κατά συνεχή τρόπο, αλλά ασυνεχώς. Δηλαδή, κάθε άτομο εκπέμπει ή απορροφά στοιχειώδη ποσά ενέργειας, τα οποία ονομάζονται κβάντα ή φωτόνια. Από το άτομο λοιπόν δεν εκπέμπονται συνεχώς κύματα, αλλά φωτόνια, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη συχνότητα και έχει συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας. Η θεωρία αυτή των κβάντα δεν αναιρεί τελείως την κυματική θεωρία του φωτός, δεδομένου ότι το φωτόνιο έχει και αυτό κυματικές ιδιότητες, (π.χ. συχνότητα).

Στη σημερινή εποχή η επικρατούσα θεωρία αναφέρει ότι το φως είναι ένα είδος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ευθείας διάδοσης, που έχει διπλή φύση. Συμπεριφέρεται ως κύμα και ως σωματίδιο που ονομάζεται φωτόνιο. Σε ορισμένα φαινόμενα, όπως η συμβολή, η περίθλαση και η πόλωση το φως συμπεριφέρεται ως ηλεκτρομαγνητικό κύμα και εκδηλώνεται έτσι η κυματική φύση του. Σε άλλα φαινόμενα που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη, (απορρόφηση, εκπομπή), όπως το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, εκδηλώνεται η σωματιδιακή φύση του φωτός.

Το φως προκαλείται από μεταβολές στην ταχύτητα και στην διεύθυνση των ηλεκτρονίων ή των ιόντων, ως αποτέλεσμα της απώλειας του φορτίου τους, καθώς επιστρέφουν σε τροχιές χαμηλότερης ενέργειας, εξαιτίας του φθορισμού τους ή της πυράκτωσής τους. Με τον τρόπο αυτό παράγονται

συνεχώς σωματίδια, τα φωτόνια, τα οποία στη συνέχεια ακτινοβολούνται προς όλες τις κατευθύνσεις, μεταδίδοντας την ενέργειά τους σε ευθεία γραμμή κατά κύματα (Εικόνα 1-1).



Εικόνα 1-1:Το φως είναι αποτέλεσμα μετακίνησης ηλεκτρονίων.

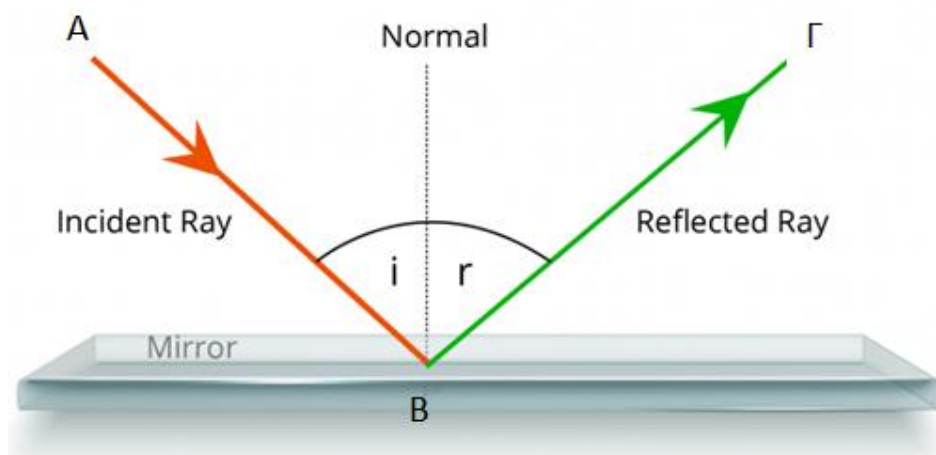
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΤΟ ΦΩΣ ΚΑΙ ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ

2.1 Βασικές ιδιότητες του φωτός

Όταν μια φωτεινή ακτίνα συναντά ένα αντικείμενο, τότε συμβαίνουν διάφορα φυσικά φαινόμενα, από το σύνολο των οποίων εξαρτάται η τελική εμφάνιση του αντικειμένου. Τα φαινόμενα αυτά αναφέρονται ως βασικές ιδιότητες του φωτός. Απ' αυτές τις ιδιότητες, εκείνες που έχουν άμεση σχέση με την αισθητική είναι οι: ανάκλαση του φωτός, διάχυση, διάθλαση, σκέδαση και απορρόφηση του φωτός. Οι ιδιότητες αυτές θα περιγραφούν αμέσως παρακάτω.

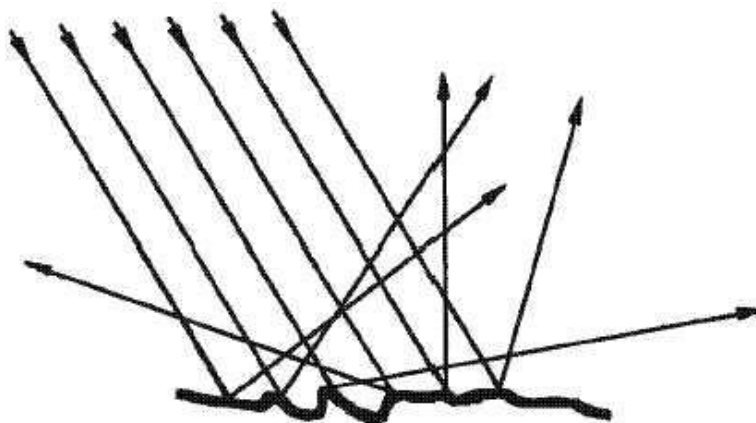
2.1.1 Ανάκλαση και διάχυση του φωτός

Όταν μια φωτεινή ακτίνα προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια ενός σώματος, μπορεί να αλλάξει την πορεία της κατά δύο τρόπους, ανάλογα με τη φύση της επιφάνειας. Αν η φωτεινή ακτίνα πέσει πάνω σε μια λεία, στιλπνή και επίπεδη επιφάνεια, παθαίνει αλλαγή της διεύθυνσής της. Το φαινόμενο αυτό λέγεται ανάκλαση και η λεία και στιλπνή επιφάνεια που προκαλεί την ανάκλαση κάτοπτρο (Εικόνα 2-1). Η ακτίνα ΑΒ λέγεται προσπίπτουσα ακτίνα και η ακτίνα ΒΓ ανακλώμενη ακτίνα. Η γωνία i , που σχηματίζεται από την προσπίπτουσα ακτίνα με την κάθετο η στο κάτοπτρο, λέγεται γωνία πρόσπτωσης, η γωνία r που σχηματίζεται από την ανακλώμενη ακτίνα ΒΓ με την κάθετο, λέγεται γωνία ανάκλασης. Το επίπεδο ΑΒΓ, το οποίο περιέχει την κάθετο η , λέγεται επίπεδο ανάκλασης. Η ανάκλαση του φωτός ακολουθεί δύο βασικούς νόμους, (νόμοι της ανάκλασης): α) το επίπεδο της ανάκλασης είναι κάθετο στην επιφάνεια που προκαλεί την ανάκλαση και β) η γωνία ανάκλασης είναι ίση με τη γωνία πρόσπτωσης.



Εικόνα 2-1: Ανάκλαση του φωτός

Πρακτικά, η ανάκλαση είναι φωτεινή μόνο από μια κατεύθυνση παρατήρησης και σκοτεινή από όλες τις άλλες. Αν η επιφάνεια που προκαλεί την ανάκλαση είναι τραχιά και ανώμαλη, οι ανακλώμενες ακτίνες δεν έχουν συντεταγμένη πορεία, αλλά κατευθύνονται προς διάφορες κατευθύνσεις, σε σχέση με τη διεύθυνση της προσπίπτουσας φωτεινής δέσμης. Το φαινόμενο αυτό λέγεται διάχυση του φωτός ή ανώμαλη ανάκλαση (Εικ). Έτσι π.χ. το φως που πέφτει πάνω σε ένα φύλλο χαρτιού παθαίνει διάχυση και διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις και έτσι μπορούμε και βλέπουμε το χαρτί από οποιαδήποτε κατεύθυνση. Εξαιτίας του φαινομένου αυτού της διάχυσης του φωτός είναι ορατά όλα τα αντικείμενα και σώματα που είναι γύρω μας.



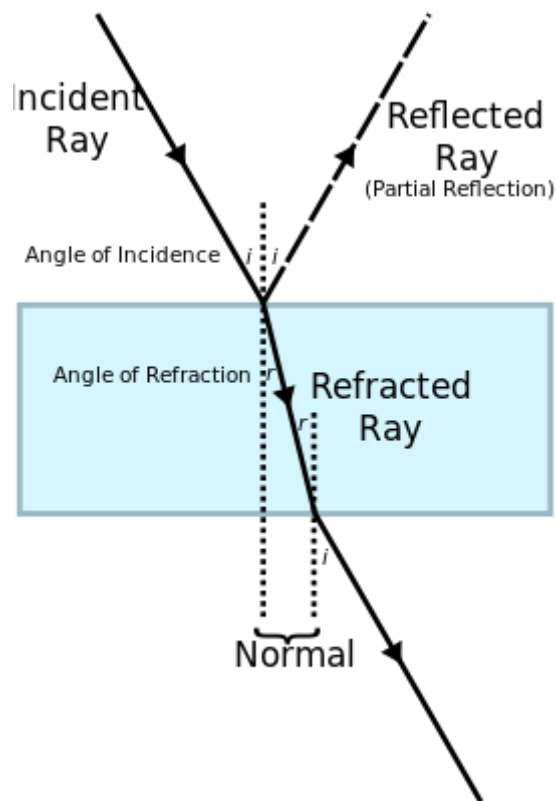
Εικόνα 2-2: Διάχυση του φωτός.

Η επιφάνεια που παρουσιάζει το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης ονομάζεται στιλπνή ή γυαλιστερή και η ιδιότητα της επιφάνειας στιλπνότητα. Η αναπαραγωγή της στιλπνότητας με τεχνητό τρόπο ονομάζεται γυάλισμα ή στίλβωση.

Το επιφανειακά ανακλώμενο φως δεν εμφανίζει το χρώμα του αντικειμένου, αλλά το χρώμα της φωτεινής πηγής. Οι διαφορετικοί βαθμοί λειότητας και στιλπνότητας των αντικειμένων διαμορφώνουν και διαφορετική γεωμετρική συμπεριφορά που επιδρά σημαντικά στην οπτική εκτίμηση και τη μέτρηση του χρώματος. Στα κανονικά μη μεταλλικά σώματα το επιφανειακά ανακλώμενο φως αλλάζει ελάχιστα ή καθόλου το χρώμα του.

2.1.2 Διάθλαση του φωτός

Όταν μια δέσμη φωτεινών ακτίνων, η οποία κινείται μέσα σε ένα διαφανές μέσο, (π.χ. αέρας), προσπέσει σε επιφάνεια που το διαχωρίζει από κάποιο άλλο διαφανές οπτικό μέσο, (π.χ. νερό), τότε ένα μέρος της δέσμης ανακλάται, ενώ το υπόλοιπο περνάει στο δεύτερο μέσο, αλλάζοντας πορεία διάδοσης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται διάθλαση του φωτός. Έτσι, σύμφωνα μ' αυτό το φαινόμενο, μια φωτεινή δέσμη όταν πέσει πάνω στην επιφάνεια ενός υλικού, ένα μέρος της ανακλάται και ένα μέρος της εισέρχεται μέσα στο δεύτερο μέσο και διαθλάται (Εικόνα 2-3.). Η γωνία που σχηματίζεται από την προσπίπτουσα ακτίνα και την κάθετο, ονομάζεται γωνία πρόσπτωσης, ($\theta\pi$), ενώ η γωνία που σχηματίζεται από τη διαθλώμενη ακτίνα και την κάθετο λέγεται γωνία διάθλασης, ($\theta\delta$).



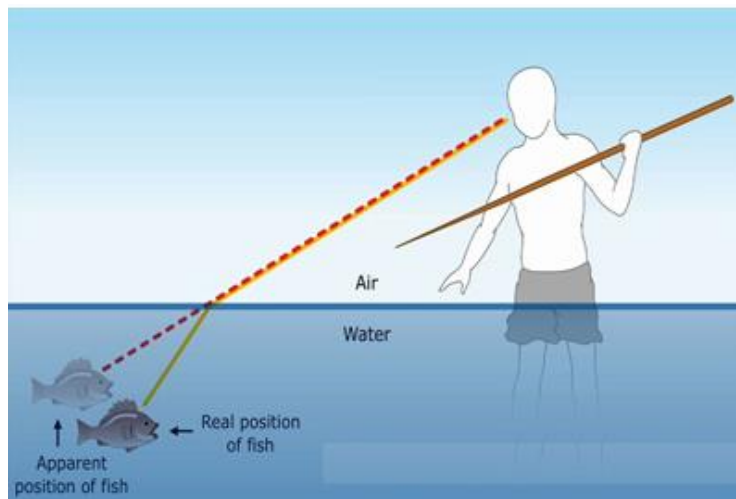
Εικόνα 2-3: Διάθλαση του φωτός.

Ο λόγος της ταχύτητας του φωτός στο κενό, (c_0), προς την ταχύτητά του στο υλικό: $\eta = c_0/c$, ονομάζεται δείκτης διάθλασης, (η), του οπτικού μέσου. Ο δείκτης διάθλασης είναι καθαρός αριθμός και για οποιαδήποτε υλικό είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Επειδή η ταχύτητα του φωτός στον αέρα είναι περίπου ίση με την ταχύτητα με την οποία διαδίδεται στο κενό, ο δείκτης διάθλασης του αέρα συνήθως θεωρείται ίσος με τη μονάδα. Για το φαινόμενο της διάθλασης ισχύουν οι παρακάτω νόμοι:

- Η προσπίπτουσα ακτίνα, η διαθλώμενη και η κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων, στο σημείο πρόσπτωσης της ακτίνας βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, το οποίο ονομάζεται επίπεδο διάθλασης.
- Το ημίτονο των ημιτόνων των δύο γωνιών πρόσπτωσης και διάθλασης είναι ίσο με η (δείκτη διάθλασης) και ανεξάρτητο από τις γωνίες, δηλαδή είναι: $\eta \mu\theta\pi / \eta \mu\theta\delta = \eta$. Από τον τύπο αυτό προκύπτει ότι μία ακτίνα που πέφτει κάθετα στην επιφάνεια του υλικού που προκαλεί

διάθλαση, ($\theta\pi=00$), εξακολουθεί να διαδίδεται κατά την ίδια κατεύθυνση, ($\theta\delta=00$), δηλ. χωρίς εκτροπή. Στην περίπτωση αυτή η ανακλώμενη ακτίνα επιστρέφει από τον ίδιο δρόμο, όπως και η προσπίπτουσα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι όταν παρατηρούμε κάθετα την επιφάνεια του νερού μέσα σε ένα πηγάδι, οπότε βλέπουμε την εικόνα του ματιού μας. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε ακτίνες που ξεκινούν από το μάτι και ανακλώμενες κάθετα πάνω στο νερό επιστρέφουν πίσω σ' αυτό.

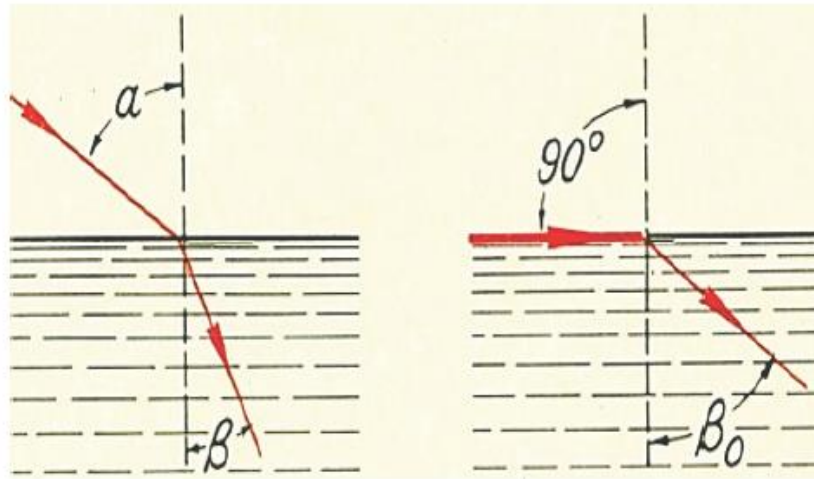
Στο φαινόμενο της διάθλασης οφείλονται και οι οφθαλμαπάτες, όπως π.χ. το φαινομενικό σπάσιμο μιας ράβδου που ένα τμήμα της είναι βυθισμένο μέσα στο νερό. Για τον ίδιο λόγο και τα κουπιά στις βάρκες φαίνονται, μέσα στη θάλασσα, σαν να είναι σπασμένα (Εικ).



Εικόνα 2-4 Λόγω της διάθλασης ένα αντικείμενο μέσα στο νερό φαίνεται να βρίσκεται πιο κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας από όσο είναι πραγματικά.

Όταν αυξάνεται η γωνία πρόσπτωσης, (α), αυξάνεται αντίστοιχα και η γωνία διάθλασης, (β), έτσι ώστε το ημίτονο $\eta\alpha / \eta\beta = \eta$ να είναι πάντα σταθερό. Η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει η γωνία πρόσπτωσης είναι 90° . Σ' αυτήν αντιστοιχεί η μέγιστη γωνία διάθλασης $\beta_{\text{ορ}}$, για την οποία ισχύει η σχέση: $\eta\mu 90^\circ / \eta\mu\beta_{\text{ορ}} = \eta$. Επειδή είναι $\eta\mu 90^\circ = 1$, η προηγούμενη σχέση γράφεται: $\eta\mu\beta_{\text{ορ}} = 1/\eta$. Η μέγιστη αυτή γωνία διάθλασης ονομάζεται

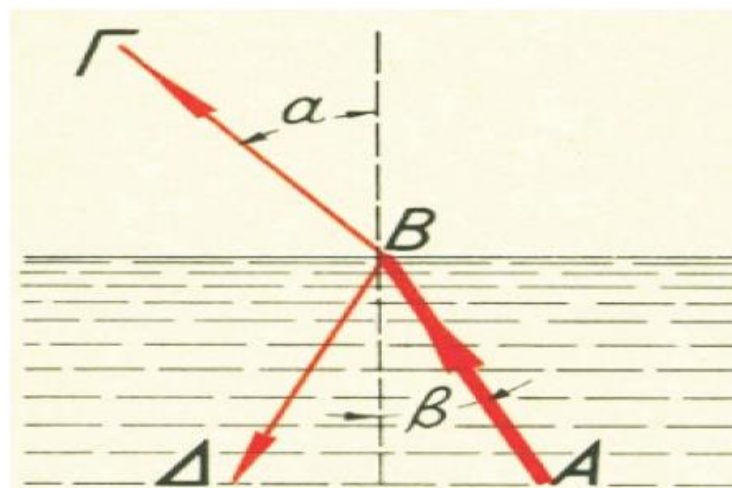
ορική ή οριακή ή κρίσιμη γωνία ($\beta_{ορ}$) και εξαρτάται από τον δείκτη διάθλασης του υλικού.



Εικόνα 2-5: Όταν το φως πέσει παράλληλα στη διαχωριστική επιφάνεια, η γωνία διάθλασης παίρνει τη μέγιστη τιμή,(οριακή γωνία).

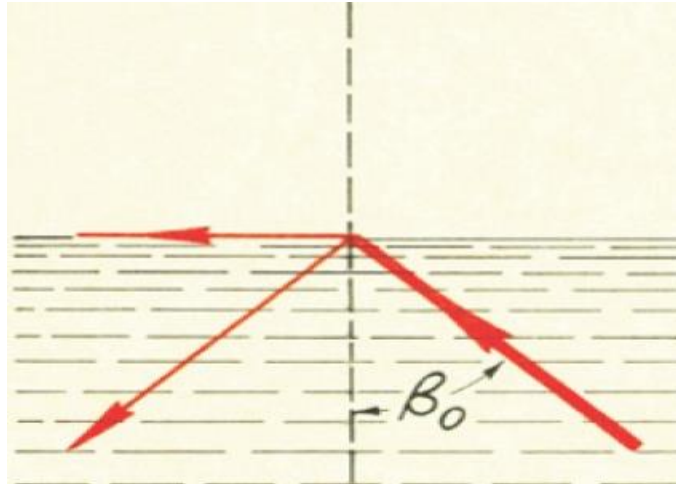
2.1.3 Ολική ανάκλαση του φωτός

Η Εικόνα 2-6 απεικονίζει μια φωτεινή δέσμη που διέρχεται από το νερό στον αέρα. Αν μια ακτίνα AB πέσει με γωνία πρόσπτωσης, (β), μικρότερη από την κρίσιμη, ($\beta_{ο}$), μέρος της διαθλάται και βγαίνει με γωνία α , (ακτίνα BΓ) και μέρος της ανακλάται (ακτίνα ΒΔ).



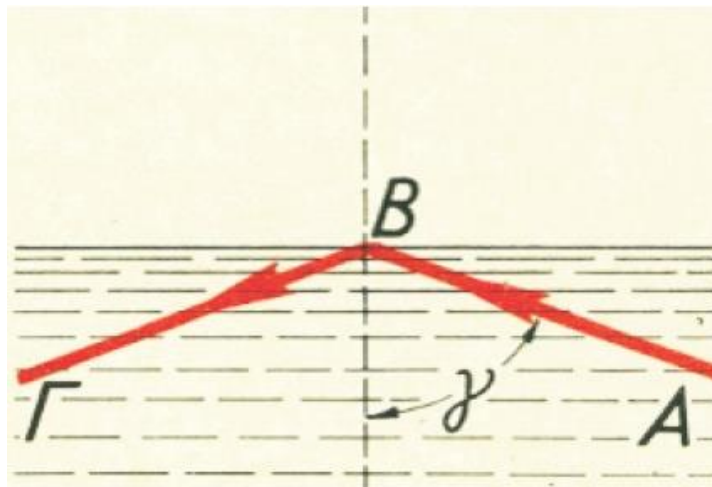
Εικόνα 2-6: Διάδοση του φωτός από το νερό στον αέρα με γωνία πρόσπτωσης μικρότερη από την κρίσιμη γωνία.

Αν η ακτίνα AB πέσει στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων με γωνία ίση με την κρίσιμη γωνία (Εικόνα 2-7.), τότε η διαθλώμενη ακτίνα θα βγει με γωνία 90° , δηλ. παράλληλα στην επιφάνεια του νερού.



Εικόνα 2-7: Αν η ακτίνα πέσει στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων με γωνία ίση με την κρίσιμη γωνία, τότε η διαθλώμενη ακτίνα θα βγει παράλληλα στην επιφάνεια του νερού.

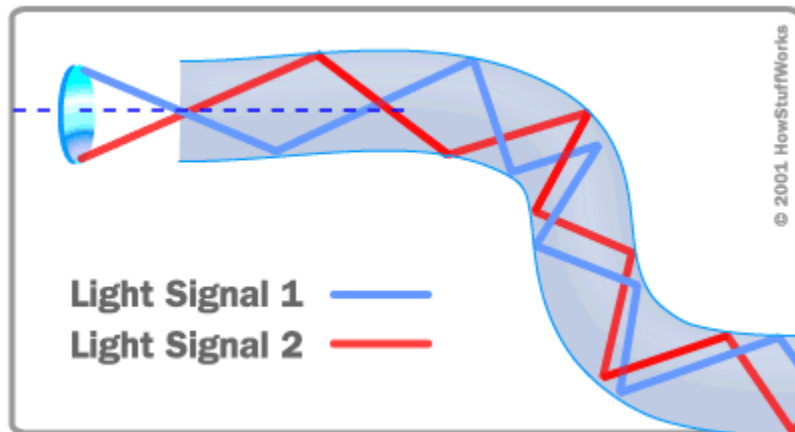
Αν, τέλος, η ακτίνα AB πέσει με γωνία γ , μεγαλύτερη από την κρίσιμη, δεν είναι δυνατή πλέον η διάθλαση και η ακτίνα ανακλάται ολικά από τη διαχωριστική επιφάνεια, (BΓ) και δεν εξέρχεται από το μέσο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ολική ανάκλαση, γιατί ανακλάται όλο το φως που πέφτει με τη γωνία γ (Εικόνα 2-8.).



Εικόνα 2-8 : Ολική ανάκλαση του φωτός.

Επομένως, όταν το φως διαδίδεται από μέσο, στο οποίο η ταχύτητα του φωτός είναι μικρότερη, σε μέσο στο οποίο αυτή είναι μεγαλύτερη, (π.χ. από το νερό στον αέρα), έχουμε διαθλώμενη ακτίνα μόνον όταν η γωνία πρόσπτωσης είναι μικρότερη ή ίση με την οριακή γωνία, ενώ ανακλώμενη ακτίνα έχουμε σε όλες τις περιπτώσεις.

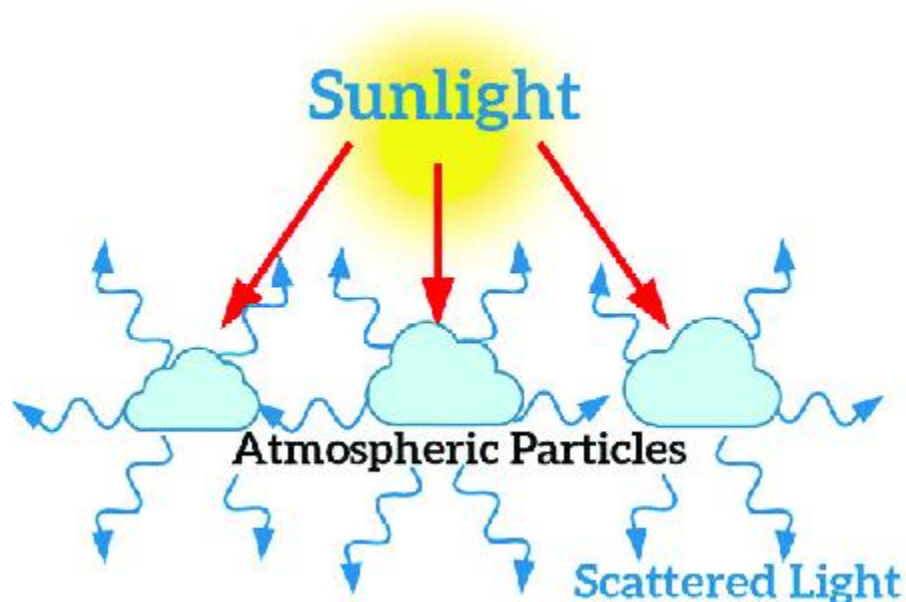
Το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης χρησιμοποιείται σε πολλές τεχνολογικές εφαρμογές. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης διάθλασης του υλικού, τόσο ελαττώνεται η οριακή γωνία. Σημαντική είναι η εφαρμογή του φαινομένου στη μεταφορά οπτικών κυμάτων με οπτικές ίνες (Εικόνα 2-9.), όπως και στην κατεργασία των διαμαντιών που λαμποκοπούν στο φως. Αυτά σμιλεύονται με τέτοιο τρόπο, ώστε οι εισερχόμενες φωτεινές ακτίνες να υφίστανται πολλαπλές ολικές ανακλάσεις στις διάφορες έδρες τους και για να εξέλθει τελικά το φως πρέπει να προσπέσει σχεδόν κάθετα στις έδρες πριν αναδυθούν από τη διαμαντόπετρα.



Εικόνα 2-9: Σχηματική απεικόνιση οπτικής ίνας.

2.1.4 Σκέδαση και απορρόφηση του φωτός

Σκέδαση είναι το οπτικό φαινόμενο κατά το οποίο το φως διαδιδόμενο δια μέσου ενός υλικού με κοκκώδη, ινώδη ή τραχιά επιφάνεια αλλάζει κατεύθυνση σε ένα εύρος γωνιών, με αποτέλεσμα ένα μέρος του να απορροφάται, ενώ το υπόλοιπο να εκπέμπεται.^{2-5,10} Οι συνεχείς σκεδασμοί, (αλλαγές πορείας), του φωτός οδηγούν στο φαινόμενο της διάχυσής του (Εικόνα 2-10.).



Εικόνα 2-10: Σκεδασμός του φωτός στα μόρια του αέρα.

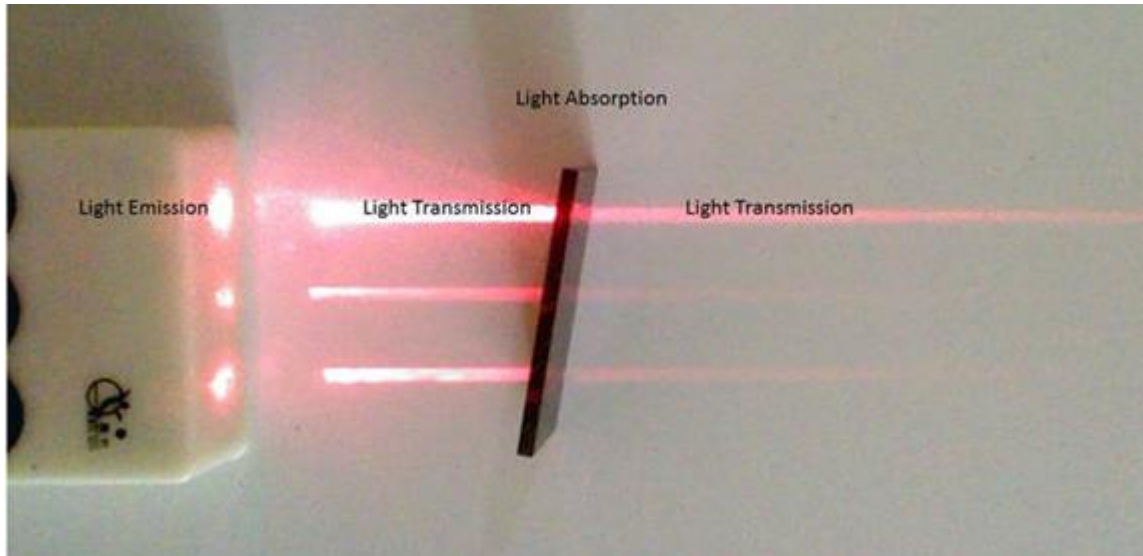
Στην πορεία του το φως από τον ήλιο προς τη γη, περνά μέσα από την ατμόσφαιρα, η οποία πολλές φορές έχει διαφορετική πυκνότητα στα διάφορα στρώματά της. Οι διαφορές αυτές λειτουργούν σαν μέσα σκέδασης του φωτός. Γι' αυτό και ο ουρανός φαίνεται συνήθως μπλε και μάλιστα περισσότερο μπλε τις καθαρότερες ημέρες από ότι τις λιγότερο καθαρές ημέρες. Το τελευταίο οφείλεται στο ότι τα μόρια του αέρα και τα διάφορα σωματίδια, οι υδρατμοί και οι παγοκρύσταλλοι της ατμόσφαιρας σκεδάζουν τις ακτίνες ανάλογα με το μέγεθός τους. Τα μικρού μεγέθους μόρια σκεδάζουν περισσότερο τις ακτίνες με μεγαλύτερο μήκος κύματος από ότι τις ακτίνες με μικρότερο μήκος κύματος.

Στη σκέδαση του φωτός οφείλεται και το ότι ο ήλιος όταν ανατέλλει ή όταν δύει, παίρνει ένα κίτρινο, πορτοκαλί ή κόκκινο χρώμα, αφού λόγω της πλάγιας πορείας των φωτεινών ακτίνων πρέπει να διέλθουν από παχύτερα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Απορρόφηση του φωτός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η φωτεινή ακτινοβολία προσλαμβάνεται από το σώμα στο οποίο επιδρά. Ειδικότερα, ένα μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας χάνεται, ενώ το υπόλοιπο που απομένει χαρακτηρίζει την εμφάνιση του σώματος.

Τα φαινόμενα αυτά εμφανίζονται διαφορετικά στα διάφορα είδη σωμάτων. Έτσι, όταν η δέσμη φωτός προσπέσει πάνω σε αιωρούμενα σωματίδια, (μόρια και άτομα αερίων, σκόνη κ.λπ.), υφίστανται σκεδασμό με αποτέλεσμα ένα μέρος της να απορροφάται, ενώ το υπόλοιπο εκπέμπεται.. Η ισχύς της ανακλώμενης από τα σωματίδια ακτινοβολίας εξαρτάται από το μήκος κύματος του προσπίπτοντος φωτός.

Αν τα σωματίδια πάνω στα οποία προσπίπτει η φωτεινή δέσμη δεν κατανέμονται τυχαία στο χώρο αλλά είναι συντεταγμένα και έχουν συγκεκριμένη διάταξη, όπως γίνεται στα υγρά και στερεά σώματα, τότε παρατηρείται έντονο φαινόμενο απορρόφησης μέρους της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και δίοδο από το σώμα του υπόλοιπου.



Εικόνα 2-11: Όταν οι φωτεινές ακτίνες πέσουν σε κάποιο σώμα, ένα μεγάλο τους μέρος απορροφάται από το σώμα.

2.2 Φως και χρώμα

Ένας σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των κατάλληλων πηγών φωτισμού είναι το χρώμα του φωτός που εκπέμπουν. Θερμοκρασία χρώματος είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να εκφράσει πόσο ‘θερμό’ ή ‘ψυχρό’ είναι το φως που εκπέμπεται από κάποια φωτεινή πηγή

μετρούμενο σε βαθμούς Kelvin (K). Η θερμοκρασία χρώματος μια πηγής φωτός ορίζεται σε σχέση με ένα 'ακτινοβολόν μαύρο σώμα' και απεικονίζεται στην καμπύλη Planckian. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του ακτινοβολούντος μαύρου σώματος, τόσο μεγαλύτερο είναι το μπλε στοιχείο στο φάσμα και τόσο μικρότερο το κόκκινο.

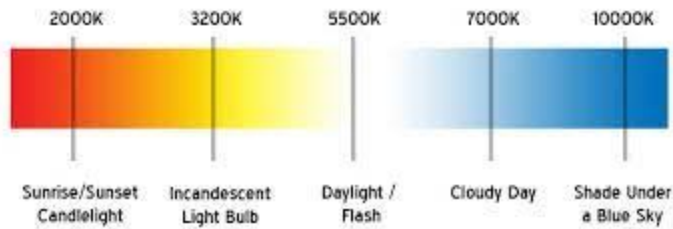


Εικόνα 2-12: Λαμπτήρες με διαφορετικές θερμοκρασίες χρώματος

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται όλο και συχνότερα το ενδιάμεσο χρώμα φωτός (4000 - 5000 K) που λέγεται φως ημέρας ή λευκό ημέρας και έχει πολλές χρήσεις σε γραφεία ως πιο ξεκούραστο, αλλά και σε καταστήματα με ρούχα που το προτιμούν έναντι του θερμού που χρησιμοποιούνταν πιο παλιά γιατί δεν αλλοιώνει τα χρώματα.

Με τη σειρά του το θερμό φως προτιμάται για τους χώρους διαμονής γιατί είναι ήπιο και προσθέτει ζεστασιά στο χώρο και χαλάρωση στους διαμένοντες. Μάλιστα στην προσπάθεια να μοιάζουν με λαμπτήρες πυρακτώσεως έχουν βγει τα LED filament που μερικά από αυτά κυκλοφορούν σε πολύ χαμηλά Kelvin 2200 - 2700K δηλαδή εκπέμπουν πολύ θερμό φως.

Και τέλος το ψυχρό φως το οποίο χρησιμοποιείται οπου θέλουμε πολύ καλό και έντονο φωτισμό. Παράγει υψηλότερη αντίθεση από το θερμό φως και χρησιμοποιείται σε χώρους εργασίας ,σε δημόσιους χώρους σε χωλ, αίθουσες αναμονής, νοσοκομεία , εργοστάσια κτλ.



Εικόνα 2-13: Το φάσμα σε σχέση με τη θερμοκρασία χρώματος

2.3 Χρώμα Φωτός

Το χρώμα φωτός που εκπέμπει ένας λαμπτήρας μπορεί να οριστεί σε σχέση με τη θερμοκρασία του χρώματος. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες:

Θερμό λευκό < 3300K

Ουδέτερο λευκό 3.300 - 5.000K

Λευκό φως ημέρας > 5.000K

Οι λαμπτήρες παρά το γεγονός ότι έχουν το ίδιο χρώμα ενδέχεται να έχουν πολύ διαφορετικές ιδιότητες χρωματικής απόδοσης λόγω φασματικής σύνθεσης του φωτός που εκπέμπουν.



Εικόνα 2-14: ζεστό λευκό – ουδέτερο λευκό – λευκό φως ημέρας

2.4 Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI – Colour Rendering Index)

Ένα Χαρακτηριστικό που αναγράφεται στις λάμπες LED και πρέπει να ξέρουμε είναι ο δείκτης χρωματικής απόδοσης ή αλλιώς στα αγγλικά color rendering index (εν συντομία CRI), είναι η ποσοτική μέτρηση της ικανότητας μίας πηγής φωτός να εμφανίζει τα χρώματα, σε σύγκριση με μια ιδανική πηγή φωτός ή με το φυσικό φως.

Σε γενικές γραμμές, το CRI είναι ένα μέτρο της ικανότητας μιας πηγής φωτός να δείχνει αντικειμενικά χρώματα "ρεαλιστικά" ή "φυσικά" σε σύγκριση με μια οικεία πηγή αναφοράς, είτε το φως πυρακτώσεως είτε το φως της ημέρας.

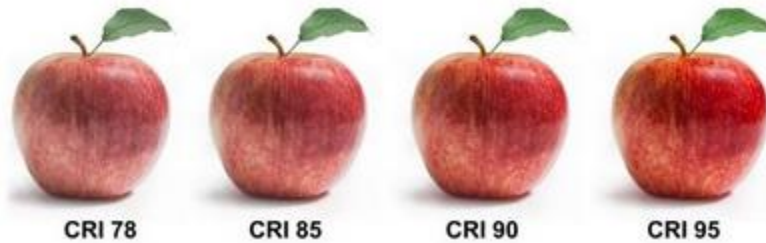
Το CRI καθορίζεται από το φάσμα της φωτεινής πηγής. Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης κυμαίνεται από 0-100 και όσο μεγαλύτερος είναι, τόσο πιο πιστά αποδίδονται τα χρώματα των αντικειμένων του χώρου κι αυτό συμβαίνει γιατί η ακτινοβολία της φωτεινής πηγής καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα του ορατού ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Πρότυπη φωτεινή πηγή με δείκτη χρωματικής απόδοσης 100 θεωρείται το ηλιακό φως. Το 1948, ο Bouma περιέγραψε το φως της ημέρας ως την ιδανική πηγή φωτισμού για την καλή απόδοση χρώματος, διότι το φως της ημέρας εμφανίζει

- (1) μεγάλη ποικιλία χρωμάτων
- (2) κάνει εύκολη τη διάκριση των ελαφρών αποχρώσεων του χρώματος
- (3) τα χρώματα αντικειμένων γύρω μας προφανώς φαίνονται φυσικά.

Το CRI υπολογίζεται επιστημονικά από τις διαφορές στις χρωματογραφίες των οκτώ δειγμάτων χρώματος CIE (CIE 1995) όταν φωτίζεται από μια φωτεινή πηγή και από ένα φωτιστικό αναφοράς της ίδιας θερμοκρασίας συσχέτισης χρώματος (CCT). Όσο μικρότερη είναι η μέση διαφορά στις χρωματογραφίες, τόσο μεγαλύτερη είναι η CRI.

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης στις τιμές από 90 έως 100 υποδηλώνει εξαιρετική απόδοση χρωμάτων, από 80 έως 90 υποδηλώνει καλή απόδοση χρωμάτων και από 50 έως 80 υποδηλώνει κακή απόδοση χρωμάτων.



Εικόνα 2-15: Η σημασία ενός μεγάλου CRI στην απόδοση χρωμάτων και λεπτομερειών

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης λοιπόν είναι από τα κυριότερα κριτήρια τα οποία καθορίζουν την επιλογή ενός λαμπτήρα για το φωτισμό ενός χώρου, ειδικότερα όταν πρόκειται για χώρους στους οποίους η πιστή απόδοση των χρωμάτων είναι ιδιαίτερα σημαντική όπως σε μία γκαλερί , για εφαρμογές φωτισμού σε κινηματογραφικά και τηλεοπτικά στούντιο, σε εκθέσεις προϊόντων και έργων τέχνης, αλλά και σε καταστήματα με υφάσματα, ρουχισμό κτλ.

Σε άλλες εφαρμογές όμως μπορεί να είναι επιθυμητή η χαμηλή τιμή του CRI . Για παράδειγμα στον φωτισμό των δρόμων ο χαμηλός δείκτης που μπορεί να πάρει ακόμα και αρνητικές τιμές είναι επιθυμητός, καθώς η κίτρινη απόχρωση που αποδίδεται στα φωτιζόμενα αντικείμενα καθιστά πιο ξεκούραστη τη νυκτερινή οδήγηση.

Πίνακας 2-1: Ενδεικτικές τιμές του CRI σε διάφορες λυχνίες

Πηγή φωτός	CCT (K)	CRI
Λαμπτήρας Νατρίου χαμηλής πίεσης (LPS / SOX)	1800	-44
Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου	6410	17

Λαμπτήρας Νατρίου υψηλής πίεσης (HPS / SON)	2100	24
Επιστρωμένος υδράργυρος-ατμός	3600	49
Χλωροφωσφορικό ζεστό λευκό φθορισμού	2940	51
Halofosphate cool-white φθορισμού	4230	64
Τριφωσφορικό ζεστό λευκό φθορισμό	2940	73
Χλωροφωσφορικό φθορίζον ψυχρό φως ημέρας	6430	76
Λαμπτήρας Νατρίου	2700	82
Πρότυπο LED Lamp	2700-5000	83
Αλογονίδιο μετάλλου χαλαζία	4200	85
Τριφωσφορικό δροσερό λευκό φθορισμού	4080	89
Λυχνία LED υψηλής CRI (μπλε LED)	2700-5000	95
Κεραμική λάμπα μεταλλικού αλογονιδίου	5400	96
Λαμπτήρας LED εξαιρετικά υψηλής CRI (Violet LED)	2700-5000	98
Λαμπτήρας πυρακτώσεως/αλογόνου	3200	100

Οι λαμπτήρες LED ποιότητας σήμερα έχουν δείκτη χρωματικής απόδοσης μεγαλύτερο από >75 που θεωρείται πολύ καλός .

2.5 Τα χρώματα και οι ιδιότητές τους

Τα χρώματα του φάσματος είναι:

- Πορφυρό (Magenta)
- Κόκκινο
- Κίτρινο
- Πράσινο
- Κυανό (Cyan)
- Βαθύ Μπλε

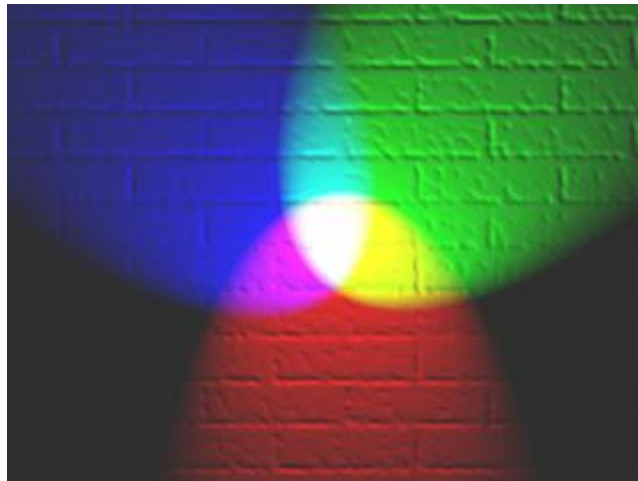
Ο φυσικός **Τόμας Γιανγκ (Thomas Young)** έκανε ένα πείραμα αντίθετο από αυτό του Νεύτωνα. Ενώ ο Νεύτωνας διάθλασε το φως στα έξι χρώματα του φάσματος, ο Γιανγκ ανάπλασε το φως. Πρόβαλε έξι χρωματιστές ακτίνες φωτός - τα έξι χρώματα του φάσματος - τη μία επάνω στην άλλη και πέτυχε τη δημιουργία λευκού φωτός. Έτσι όταν προσθέτουμε ένα χρώμα φωτός σ' ένα άλλο, η μείξη θα μας δώσει ένα πιο λαμπερό, φωτεινό απαλό χρώμα. Για παράδειγμα, όταν αναμειγνύουμε το φωτεινό χρώμα πράσινο με το φωτεινό χρώμα κόκκινο επιτυγχάνουμε ένα πιο ανοικτό φωτεινό χρώμα, το κίτρινο.

Ο Γιανγκ απόδειξε έναν εξίσου σημαντικό παράγοντα για το χρώμα. Με πειράματα που έκανε με έγχρωμες λάμπες, έδειξε τη διαδικασία της **εξάλειψης**. Δηλαδή, ότι τα έξι χρώματα του φάσματος μπορούν να μειωθούν σε τρία βασικά χρώματα του ίδιου φάσματος. Ανακάλυψε ότι με τρία μόνο χρώματα, το κόκκινο, το πράσινο και το σκούρο μπλε μπορούσε να αναπαράγει το λευκό χρώμα.

Ακόμα, διαπίστωσε πως αναμειγνύονται αυτά τα τρία χρώματα μεταξύ τους ανά δύο μπορούσε να επιτύχει τρία άλλα χρώματα: το κυανό, το πορφυρό και το κίτρινο. Το αποτέλεσμα αυτού του πειράματος ήταν ότι ο Γιανγκ μπόρεσε να προσδιορίσει τα πρωτογενή και τα δευτερογενή χρώματα του φάσματος. Τα Πρωτογενή χρώματα φωτός είναι Κόκκινο, Πράσινο,

Μπλε. Τα Δευτερογενή χρώματα φωτός είναι Κυανό, Ματζέντα και Κίτρινο. Τα χρώματα αυτά δημιουργούνται αναμιγνύοντας τα πρωτογενή χρώματα ανά δύο.

- **Πράσινο + Κόκκινο = Κίτρινο**
- **Μπλε + Πράσινο = Κυανό (Cyan).** Η τονικότητα του κυανού αντιστοιχεί σ' ένα ουδέτερο μπλε μέτριας έντασης.
- **Κόκκινο + Μπλε = Ματζέντα (Magenta).** Αυτό το χρώμα αντιστοιχεί σ' ένα κόκκινο βυσσινί- που στις γραφικές τέχνες ονομάζεται ματζέντα μέτριας τονικότητας (μαγεντιανό κόκκινο).



Εικόνα 2-16: Δημιουργία του λευκού από τη σύνθεση των τριών βασικών χρωμάτων

2.5.1 Δημιουργία χρωμάτων

Για τη δημιουργία χρωμάτων ακολουθούνται δύο διαδικασίες η προσθετική διαδικασία και η αφαιρετική διαδικασία. Η μεν πρώτη αφορά δημιουργία χρωμάτων με ανάμειξη έγχρωμων φωτεινών ακτίνων ή δε δεύτερη δημιουργία χρωμάτων με ανάμειξη βαφών.

- **Προσθετική διαδικασία:** Χαρακτηρίζεται η ανάμειξη φωτεινών ακτίνων των τριών βασικών χρωμάτων κόκκινου, πράσινου και μπλε εκ της οποίας παράγονται άλλα χρώματα, π.χ. ακτίνες κόκκινες και

πράσινες δίνουν κίτρινο χρώμα, ενώ αν οι ακτίνες και των τριών παραπάνω βασικών χρωμάτων αναμιχθούν, σε ίσες αναλογίες, δίνουν χρώμα λευκό. Οι οθόνες των εγχρώμων τηλεοράσεων φέρουν χιλιάδες κουκκίδες ή λωρίδες που εκπέμπουν τα τρία αυτά βασικά χρώματα τα οποία συνδυαζόμενα παρατηρούνται (από τον οφθαλμό) ως έγχρωμη εικόνα.

- **Αφαιρετική διαδικασία:** Χαρακτηρίζεται η ανάμειξη χρωστικών για δημιουργία χρωμάτων. Οι μπογιές, οι διάφορες βαφές και τα έγχρωμα μελάνια απορροφούν κάποια χρώματα από το λευκό φως, ενώ το δικό τους χρώμα, δηλ. αυτό που βλέπει ο παρατηρητής, είναι ο συνδυασμός των χρωμάτων που δεν απορροφήθηκαν. Τα τρία βασικά χρώματα στη περίπτωση της αφαιρετικής διαδικασίας είναι: το κίτρινο, το κυανό και το ματζέντα (μαγεντιανό ερυθρό, απόχρωση του κόκκινου προς το ιώδες). Για παράδειγμα το κίτρινο και το ματζέντα δίνουν κόκκινο. Μια κίτρινη βαφή απορροφά τα μπλε μήκη κύματος ενώ διαχέει τα κόκκινα και τα πράσινα που συνδυαζόμενα δίνουν το κίτρινο χρώμα. Αν σε αυτό το χρώμα προστεθεί ματζέντα χρωστική θα απορροφηθούν και τα πράσινα μήκη κύματος με συνέπεια να φαίνεται μόνο το κόκκινο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Ο φωτισμός μπορεί να μεταβάλλει την εικόνα ενός χώρου προβάλλοντας τα προνόμιά του, αποκρύβοντας τυχόν δυσμορφίες ή αστοχίες και να αναδείξει τη λειτουργικότητά του. Ως δομικό στοιχείο που συμπληρώνει την εικόνα του χώρου, θα πρέπει να είναι λειτουργικός και ευέλικτος εξασφαλίζοντας την ασφαλή δράση και παραμονή και αναδεικνύοντας τις διαφορετικές λειτουργίες του χώρου. Επιπλέον, θα πρέπει να ακολουθεί και να τονίζει τα ιδιαίτερα στοιχεία της διακόσμησης και να συμπληρώνει αρμονικά το ύφος και τους στόχους που είχε ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να αποδίδεται στη σχέση μεταξύ των διαφορετικών χώρων, ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο και να είναι ομαλή η μετάβαση μεταξύ τους.

3.1 Ψυχολογία, διάθεση και φυσική κατάσταση

Η βασική πρόκληση που καλείται να αντιμετωπίσει ο δημιουργικός σχεδιασμός συστημάτων φωτισμού, είναι η ανάδειξη χώρων που επιδρούν συναισθηματικά στους επισκέπτες προσελκύοντας και εμπνέοντας τους και ταυτόχρονα η υποστήριξη των διαφορετικών χρήσεών τους. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με τον χειρισμό των εναλλαγών στη φωτεινότητα των επιμέρους στοιχείων του υπό μελέτη χώρου. Αυτό συμβαίνει γιατί η κύρια αιτία για τις υποκειμενικές προβολές του χώρου στο μάτι ενός επισκέπτη είναι η αντίθεση στη φωτεινότητα ενός χώρου, δηλαδή η σχέση μεταξύ των φωτισμένων στοιχείων και των πιο σκοτεινών επιφανειών. Έχει αποδειχθεί ότι όσο αλλάζουν οι αναλογίες στην φωτεινότητα των επιφανειών, τόσο αλλάζει η οπτική διέγερση που δημιουργούν μεταβάλλοντας την εντύπωση του επισκέπτη για τον χώρο. Παρ'όλο που ο κάθε άνθρωπος αντιδρά διαφορετικά στο ίδιο περιβάλλον, υπάρχουν πολλές ομοιότητες στις αντιδράσεις τους στο φως.

Έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με τις αντιδράσεις στην αντίθεση φωτεινότητας έχουν δείξει ότι τα τρία βασικά πεδία αντίληψης που επηρεάζονται είναι:

- Αίσθηση χωρητικότητας. Η αντίληψη για τον όγκο ενός χώρου επηρεάζεται από την ένταση και ομοιομορφία του φωτισμού της διαμέτρου ενός δωματίου. Διαφορές στην ποσότητα του οριζόντιου φωτισμού αλλάζουν δραματικά την αντίληψη της χωρητικότητας. Ο διάχυτος φωτισμός οροφής συμβάλλει στην ανάδειξη του χώρου ως καθαρού, φωτεινού και πιο μεγάλου.
- Αίσθηση οπτικής διαύγειας. Η διαύγεια συνήθως επιβάλλεται σε δημόσιους χώρους – καθώς αυτοί στοχεύουν στο να φέρουν πολλούς άγνωστους ανθρώπους σε επικοινωνία- ενώ η έλλειψη της πολλές φορές αποτελεί την ειδοποιό διαφορά για τον επισκέπτη ότι πρόκειται για ιδιωτικό χώρο. Η αίσθηση οπτικής καθαρότητας προσφέρεται από πλούσιο φωτισμό με ομοιόμορφη διανομή από φωτεινές πηγές που βρίσκονται ψηλά και περιμετρικά του χώρου.
- Αίσθηση Ευφορίας. Στο συναίσθημα αυτό συμβάλλουν τα συστήματα που αποτελούνται από μικρά ποσοστά φωτισμού από την οροφή και από ανομοιόμορφη διανομή του φωτός με έμφαση κυρίως στον φωτισμό των τοίχων.

Το πρώτο βήμα για τον σωστό σχεδιασμό φωτιστικών συστημάτων λοιπόν, είναι η αναγνώριση των δραστηριοτήτων που θα λάβουν μέρος στον χώρο και η εκτίμηση του ποσοστού της ενέργειας που θα εκλύεται από τη δραστηριότητες αυτές. Το επόμενο στάδιο περιλαμβάνει την αξιολόγηση της αναγκαίας αντίθεσης στη φωτεινότητα που θα αποδώσει ικανοποιητικά το αναγκαίο επίπεδο ενέργειας που θα εκλυθεί. Οι εναλλαγές επιτυγχάνονται με τη δημιουργία μοντέλων φωτός και σκίασης διαλέγοντας αντικείμενα που θα φωτιστούν περισσότερο και έτσι θα έρθουν στο προσκήνιο και αφήνοντας άλλα σε σχετική σκοτεινότητα τοποθετώντας τα να πλαισιώνουν τα βασικά στοιχεία. Ένα ακραίο

παράδειγμα είναι η ύπαρξη μιας μοναδικής μικρής πηγής φωτός στην οροφή (π.χ ένα spot). Ο φωτισμός αυτός μπορεί σε μεγάλο ποσοστό να ελέγξει τους ανθρώπους μέσα στον χώρο. Η αντίθεση στη φωτεινότητα που δημιουργείται οδηγεί την προσοχή τους και κρατάει το ενδιαφέρον τους αμείωτο δημιουργώντας οπτική κατεύθυνση και εστίαση προς τα σημεία που φωτίζονται εντονότερα.

3.2 Αντίθεση φωτεινότητας και πεδία αντίληψης

3.2.1 Χώροι με αντίθεση φωτεινότητας

Τα συστήματα φωτισμού που δημιουργούν χώρους με αντιθέσεις αποτελούνται συνήθως από μικρή αναλογία διάχυτου φωτισμού και μεγάλη ποσότητα τοπικού φωτισμού. Η εναλλαγή φωτός και σκιών, που μπορεί να δημιουργήσει ο τεχνητός φωτισμός, παραπέμπουν στα χαρακτηριστικά του φυσικού φωτισμού μιας ηλιόλουστης μέρας, το οποίο δημιουργεί αισθήματα ευφορίας και ξεκούρασης. Δημιουργείται ουσιαστικά μια ιεραρχία στην προβολή των στοιχείων η οποία μετατρέπει τα αντικείμενα και την μεταξύ των σχέση, σε ερεθίσματα που προκαλούν έντονα συναισθήματα στον επισκέπτη. Η προσοχή υποσυνείδητα δρομολογείται προς τα φωτισμένα αντικείμενα τα οποία έρχονται σε έντονη αντίθεση με τις σκοτεινότερες επιφάνειες που τα πλαισιώνουν. Αυτό μπορεί επίσης να καθοδηγήσει και να διευκολύνει την πορεία του επισκέπτη που μπαίνει για πρώτη φορά στον χώρο.

3.2.2 Χώροι χωρίς αντίθεση φωτεινότητας

Το χαρακτηριστικό των χώρων με χαμηλή αντίθεση είναι ότι όλα τα στοιχεία είναι φωτισμένα με τον ίδιο τρόπο με αποτέλεσμα να προσφέρουν ελάχιστα ερεθίσματα στο μάτι στου επισκέπτη. Τα συστήματα φωτισμού σχεδιάζονται με μεγάλα ποσοστά γενικού φωτισμού οροφής και μικρα ποσοστά τοπικού φωτισμού και έτσι μειώνουν στο ελάχιστο τις διαβαθμίσεις φωτεινότητας με αποτέλεσμα να μην ξεχωρίζουν οι μορφές και η υφή των αντικειμένων και επιφανειών (αφού η σκιά και όχι το φως είναι αυτή που αναδεικνύει τη φόρμα των στοιχείων του χώρου).

Ο τρόπος αυτός φωτισμού είναι κατάλληλος σε εργασιακά περιβάλλοντα με έντονη και παρατεταμένη οπτική εργασία καθώς επιτρέπει στον χρήστη να αγκαλιάζει με μια ματιά όλο τον χώρο, διευκολύνει την ορατότητα και καθιστά εύκολη την περιήγηση και την εργασία. Ωστόσο, τα συστήματα αυτά δε θα πρέπει να προτιμούνται στον χώρο της κατοικίας που προορίζεται για αναψυχή, χαλάρωση και επικοινωνία καθώς σε βάθος χρόνου δημιουργούν αισθήματα μονοτονίας και υποτονικότητας.

3.3 Αίσθηση Ευφορίας και επιλογή θερμοκρασίας λαμπτήρα ανά περιπτώσεις χρωματικών μοντέλων

“Θερμοκρασία χρώματος” είναι η ορολογία μέτρησης της φωτεινότητας, για τα χρώματα του περιβάλλοντος φωτισμού. Είναι μια κλίμακα του “Kelvin” που μετρά την ψυχρότητα ή την θερμότητα της ακτινοβολίας του περιβάλλοντος φωτισμού, κατά την διάρκεια της ημέρας, αλλά και ανάλογα τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες. Η ψυχρότητα είναι τα χρώματα του μπλε και κυανού, ενώ τα θερμά από το κίτρινο προς το βαθύ κόκκινο.

Μια κανονική μέρα είναι στα 5500-5600K (Kelvin) και θεωρείται το λευκό. Αυτή η μονάδα μέτρησης όμως αλλάζει το πρωί ή αργά το απόγευμα και είναι η πιο υψηλή στις μεσημεριανές ώρες, ή η πιο χαμηλή τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Ανάλογα την πηγή φωτισμού σε συνδυασμό με τον φωτισμό του ήλιου μπορεί να έχουμε δυο διαφορετικές θερμοκρασίες χρωμάτων. Με άλλα λόγια, διαφορετικές πηγές φωτός παράγουν διαφορετικά χρώματα φωτός.

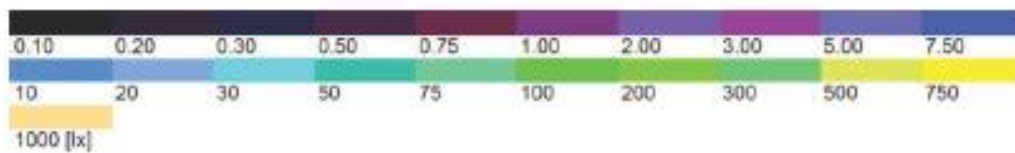
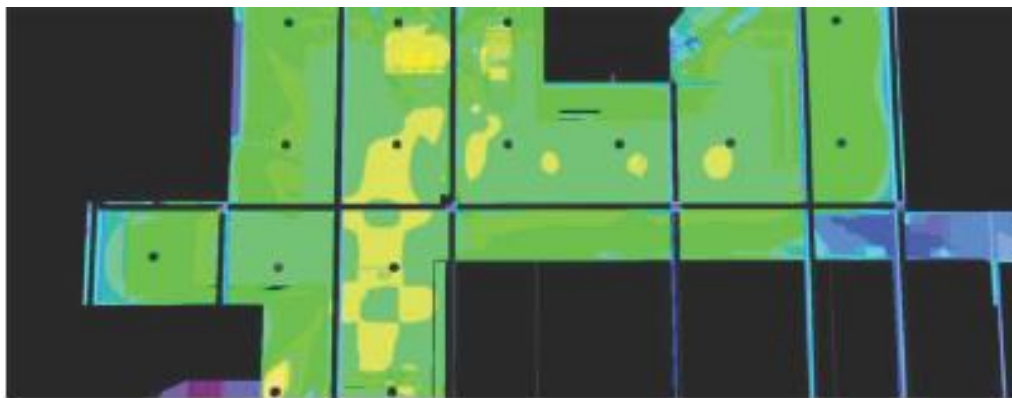
Για παράδειγμα, ένα κερί εκπέμπει ένα κοκκινωπό φως, ενώ οι ακτίνες του ήλιου το μεσημέρι έχουν μια μπλε απόχρωση. Αυτά τα διαφορετικά χρώματα μπορούν να εκφραστούν χρησιμοποιώντας έναν αριθμό, και αυτός ο αριθμός είναι γνωστός ως θερμοκρασία χρώματος.

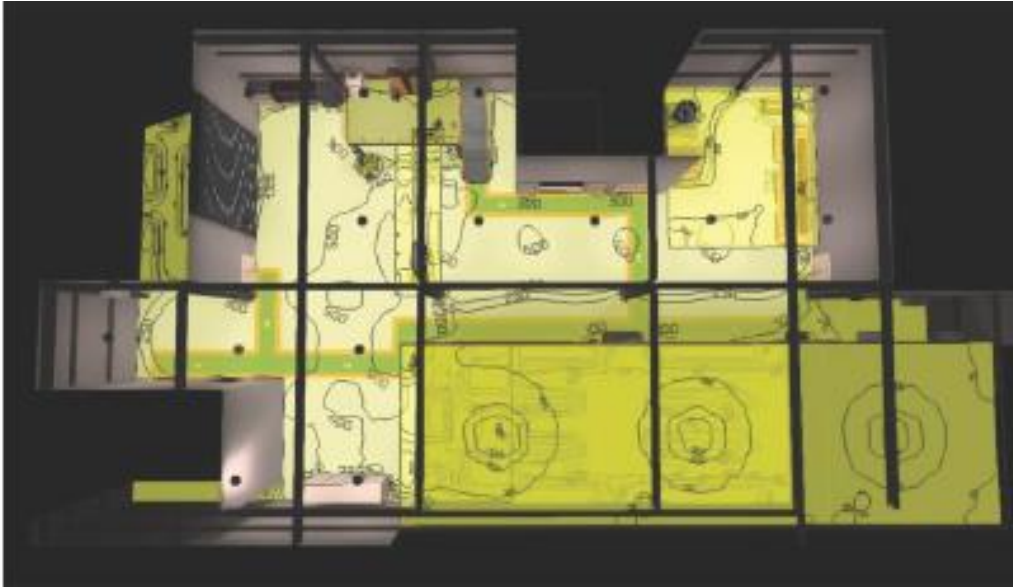
Το καλύτερο εργαλείο επάνω στην γη που ξεχωρίζει πραγματικά τα διάφορα χρώματα, αλλά και τις αλλαγές από τις διάφορες

περιβαλλοντολογικές συνθήκες είναι ένα και δεν είναι άλλο από το ανθρώπινο μάτι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Η ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

4.1 Κύριος χώρος υποσταθμού

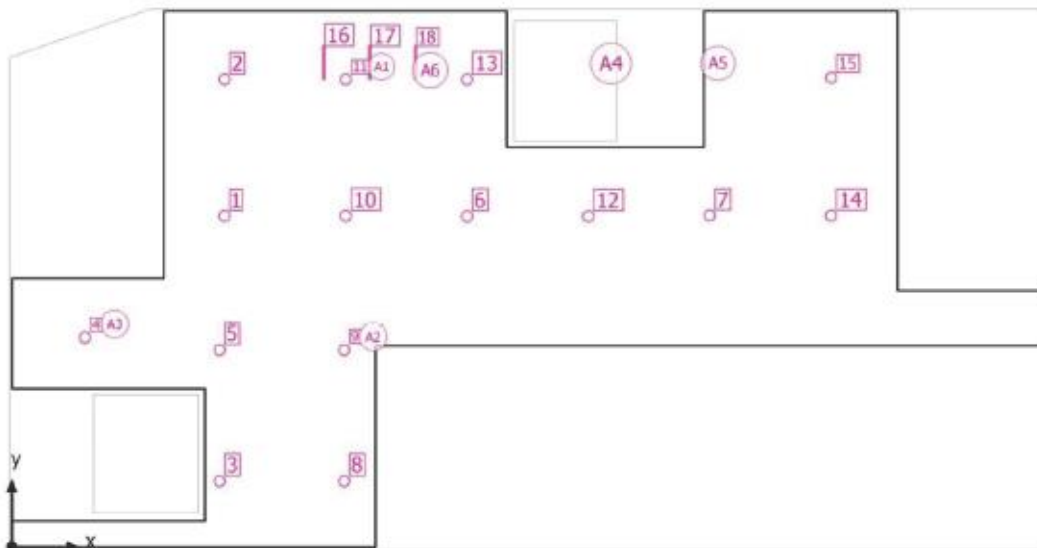




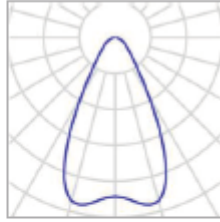
4.1.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών

Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
11	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	22002 lm	120.2 lm/W
3	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	25002 lm	136.6 lm/W
1	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	20001 lm	109.3 lm/W
3	Philips		WT120C G2 PSU L1500 LED60S/- NO	46.0 W	6000 lm	130.4 lm/W



PHILIPS



Luminaire layout plan

Manufacturer	PHILIPS	P	183.0 W
Article name	BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	22002 lm
Fitting	1x LED250S/840/-		

4 x Philips BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	9.647 m / 14.981 m / 8.000 m	9.647 m	14.981 m	8.000 m	1
X-direction	2 pcs., Centre - centre, 5.495 m	9.647 m	21.167 m	8.000 m	2
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 6.186 m	15.142 m	14.981 m	8.000 m	10
Arrangement	A1				

4 x Philips BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO

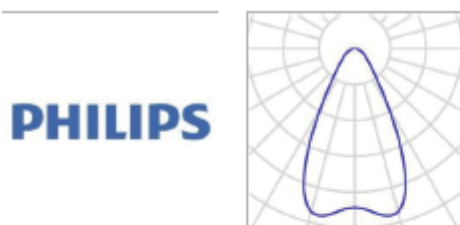
Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	9.424 m / 2.973 m / 8.000 m	9.424 m	2.973 m	8.000 m	3
X-direction	2 pcs., Centre - centre, 5.646 m	9.424 m	8.919 m	8.000 m	5
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 5.946 m	15.070 m	2.973 m	8.000 m	8
Arrangement	A2	15.070 m	8.919 m	8.000 m	9

1 x Philips BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	3.314 m / 9.480 m / 8.000 m	3.314 m	9.480 m	8.000 m	4
X-direction	1 pcs., Centre - centre, 6.618 m				
Y-direction	1 pcs., Centre - centre, 4.836 m				
Arrangement	A3				

3 x Philips BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	20.646 m / 14.964 m / 8.000 m	20.646 m	14.964 m	8.000 m	6
X-direction	2 pcs., Centre - centre, Distances not equal	26.154 m	14.964 m	8.000 m	12
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, Distances not equal	20.646 m	21.161 m	8.000 m	13
Arrangement	A4				



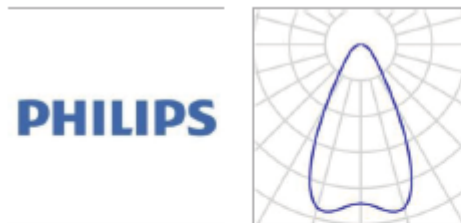
Luminaire layout plan

Manufacturer	PHILIPS	P	183.0 W
Article name	BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	25002 lm
Fitting	1x LED250S/840/-		

3 x Philips BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	31.651 m / 15.008 m / 8.000 m	31.651 m	15.008 m	8.000 m	7
X-direction	2 pcs., Centre - centre, Distances not equal	37.156 m	14.998 m	8.000 m	14
		37.167 m	21.242 m	8.000 m	15
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, Distances not equal				
Arrangement	A5				

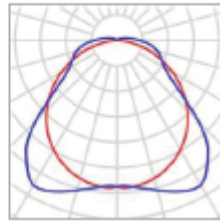
Luminaire layout plan



Manufacturer	PHILIPS	P	183.0 W
Article name	BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	20001 lm
Fitting	1x LED250S/840/-		

4 x Philips BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	15.142 m / 21.167 m / 8.000 m	15.142 m	21.167 m	8.000 m	11
X-direction	2 pcs., Centre - centre, 5.495 m				
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 6.186 m				
Arrangement	A1				

PHILIPS

Luminaire layout plan

Manufacturer	Philips	P	46.0 W
Article name	WT120C G2 PSU L1500 LED60S/- NO	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	6000 lm
Fitting	1x LED60S/840/-		

3 x Philips WT120C G2 PSU L1500 LED60S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	14.146 m / 21.924 m / 3.000 m	14.146 m	21.924 m	3.000 m	16
X-direction	3 pcs., Centre - centre, 2.081 m	16.228 m	21.924 m	3.000 m	17
Y-direction	1 pcs., Centre - centre, 3.629 m	18.309 m	21.924 m	3.000 m	18
Arrangement	A6				

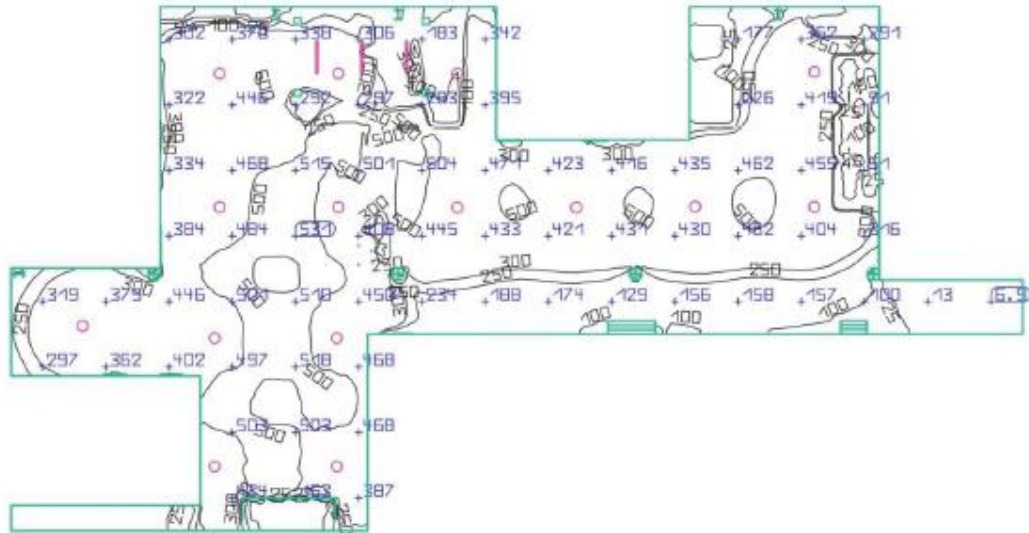
4.1.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX

Luminaire list

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
355029 lm	2883.0 W	123.1 lm/W

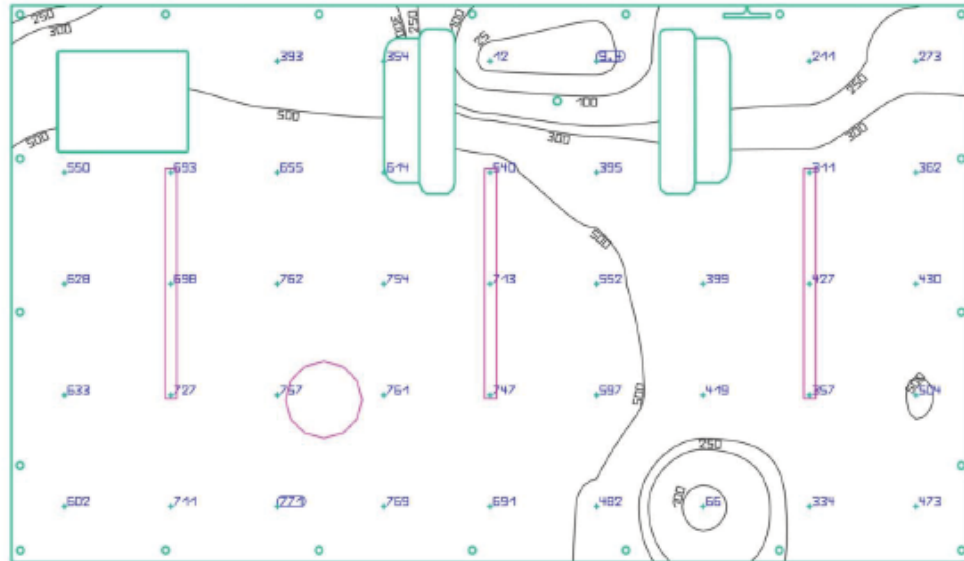
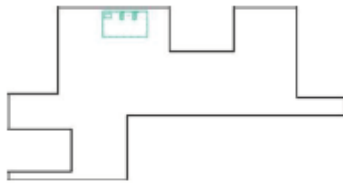
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
11	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	22002 lm	120.2 lm/W
3	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	25002 lm	136.6 lm/W
1	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	20001 lm	109.3 lm/W
3	Philips		WT120C G2 PSU L1500 LED60S/- NO	46.0 W	6000 lm	130.4 lm/W

4.1.2.1 Κύριος χώρος υποσταθμού



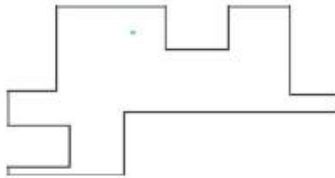
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Workplane (Κύριος χώρος Υποσταθμού) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.020 m, Wall zone: 0.000 m	341 lx	2.38 lx	623 lx	0.007	0.004

4.1.2.2 Πάτωμα



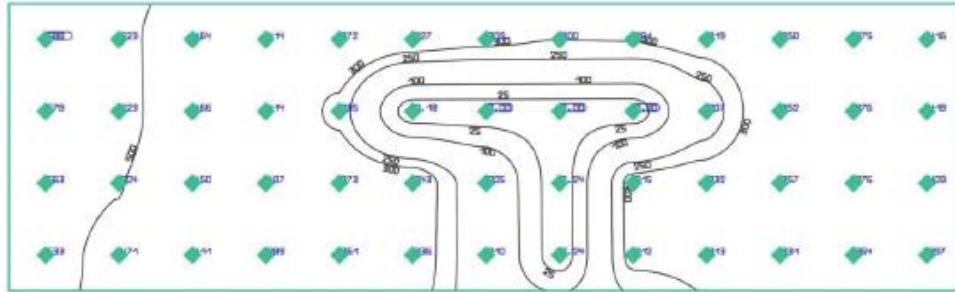
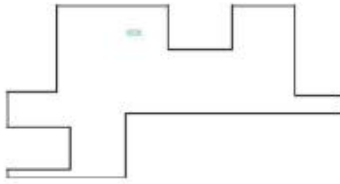
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πάτωμα Vertical caterpillar Perpendicular illuminance Height: 3.210 m	516 lx	9.35 lx	771 lx	0.018	0.012

4.1.2.3 Χειριστήριο



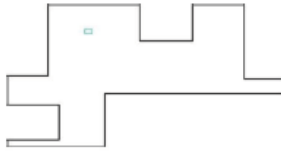
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Χειριστήριο Vertical caterpillar Perpendicular illuminance Height: 4.050 m	327 lx	296 lx	361 lx	0.91	0.82

4.1.2.4 Γραφείο



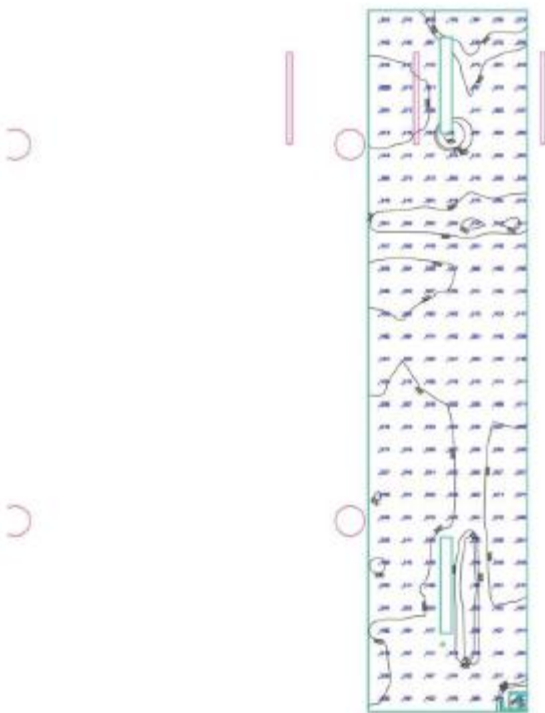
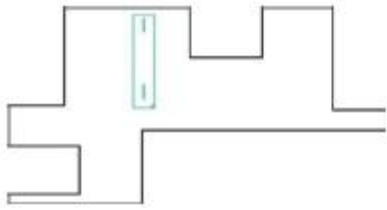
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Γραφείο Vertical caterpillar Perpendicular illuminance Height: 3.920 m	341 lx	0.00 lx	588 lx	0.00	0.00

4.1.2.5 Γραφείο εργαζόμενου



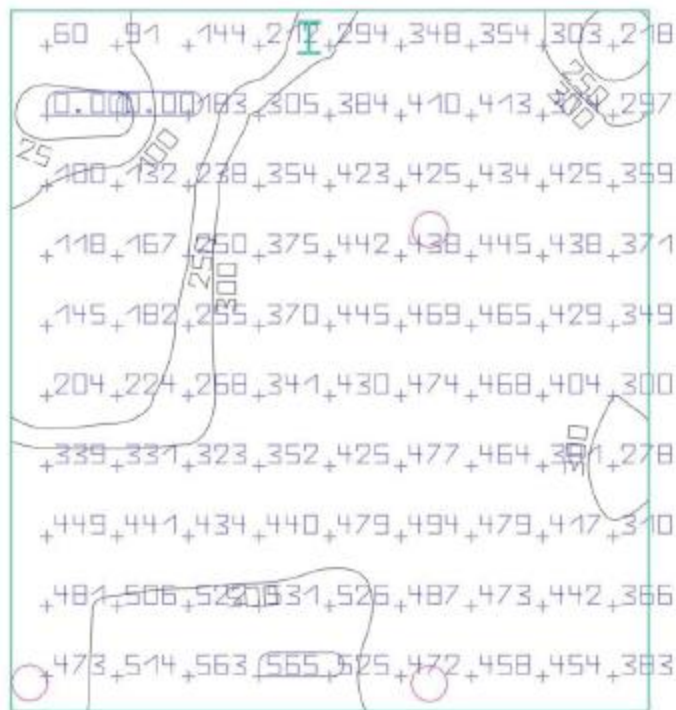
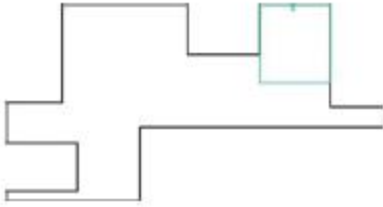
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Γραφείο εργαζόμενου Capstan Perpendicular illuminance Height: 0.750 m	289 lx	0.037 lx	502 lx	0.000	0.000

4.1.2.6 Είσοδος αγωγού



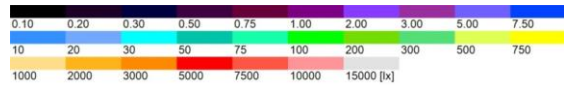
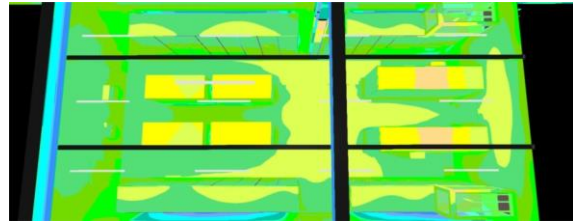
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Capstan Εισόδου Αγωγού Perpendicular illuminance Height: 1.100 m	430 lx	16.3 lx	599 lx	0.038	0.027

4.1.2.7 Αποθηκευτικός χώρος κεφαλών

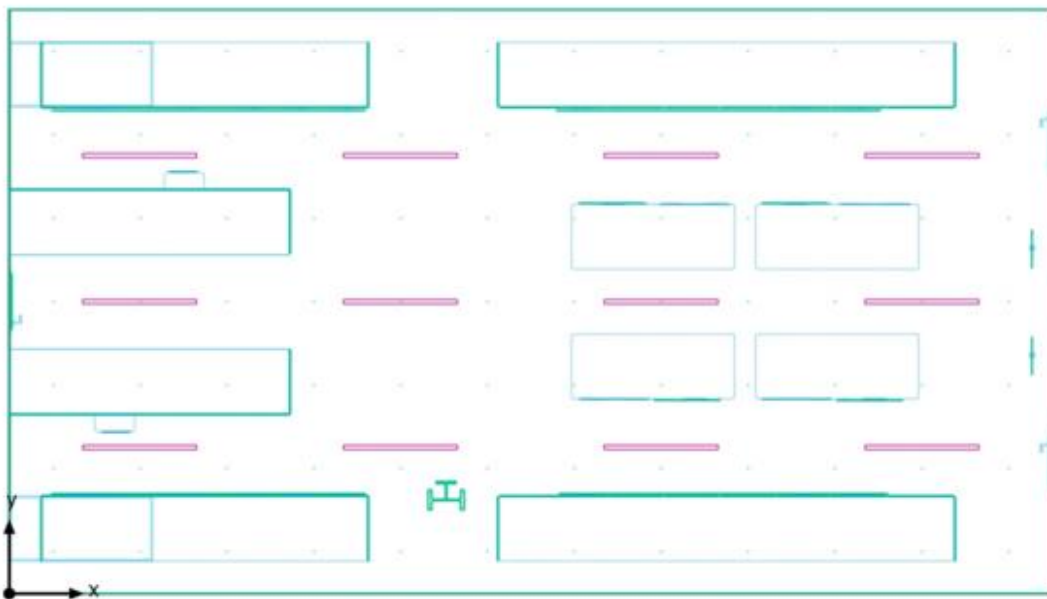


Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Αποθηκευτικός χώρος Κεφαλών Perpendicular illuminance Height: 0.800 m	362 lx	0.00 lx	565 lx	0.00	0.00

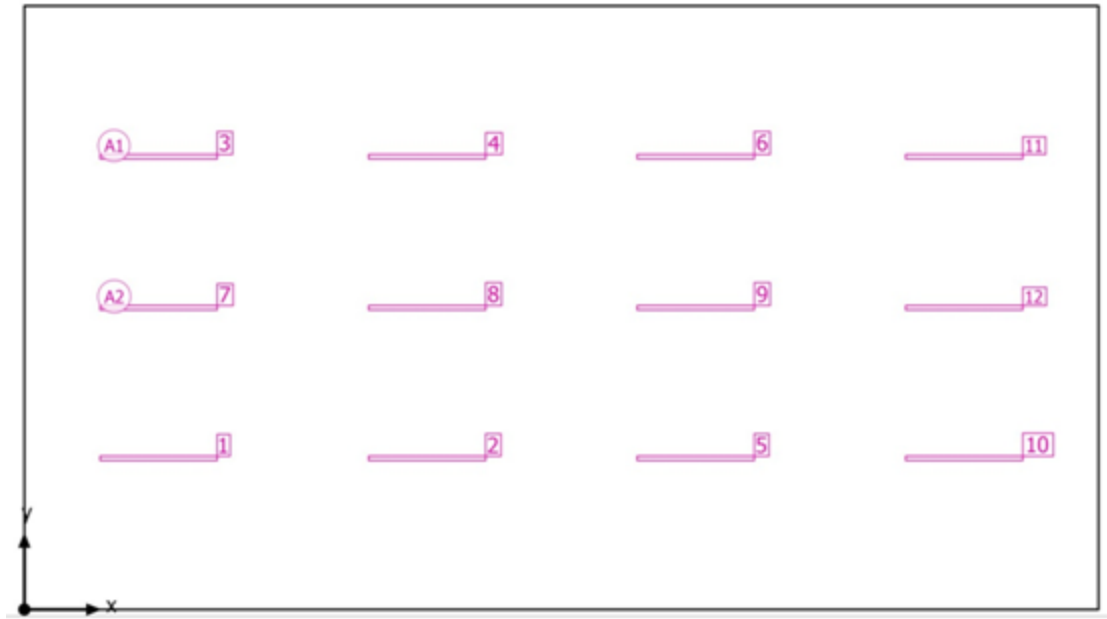
4.2 Χώρος Πεδίων Χαμηλής Τάσης

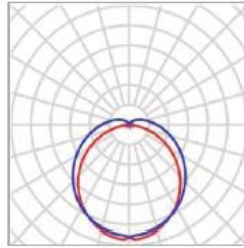


4.2.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών



pcs.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
8	BN126C L1800 LED100S/- NO	75.0 W	14000 lm	186.7 lm/W
4	BN126C L1800 LED100S/- NO	75.0 W	12000 lm	160.0 lm/W





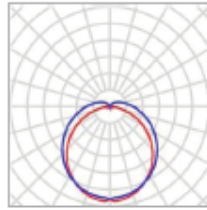
Article name	BN126C L1800 LED100S/- NO	P	75.0 W
Fitting	1x LED100S/840/-	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	14000 lm

8 x BN126C L1800 LED100S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	2.000 m / 2.255 m / 5.000 m	2.000 m	2.255 m	5.000 m	1
X-direction	4 pcs., Centre - centre, 4.001 m	6.001 m	2.255 m	5.000 m	2
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 4.498 m	2.000 m	6.753 m	5.000 m	3
		6.001 m	6.753 m	5.000 m	4
Arrangement	A1				

4 x BN126C L1800 LED100S/- NO

Type	Line arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	2.000 m / 4.500 m / 5.000 m	2.000 m	4.500 m	5.000 m	7
X-direction	4 pcs., Centre - centre, 4.001 m	6.001 m	4.500 m	5.000 m	8
		10.002 m	4.500 m	5.000 m	9
Arrangement	A2	14.002 m	4.500 m	5.000 m	12



Article name	BN126C L1800 LED100S/- NO	P	75.0 W
Fitting	1x LED100S/840/-	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	12000 lm

8 x BN126C L1800 LED100S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	10.002 m / 2.255 m / 5.000 m	10.002 m	2.255 m	5.000 m	5
X-direction	4 pcs., Centre - centre, 4.001 m	10.002 m	6.753 m	5.000 m	6
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 4.498 m	14.002 m	2.255 m	5.000 m	10
Arrangement	A1	14.002 m	6.753 m	5.000 m	11

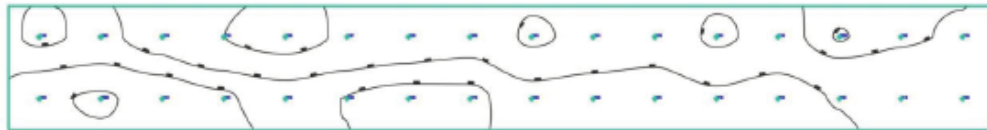
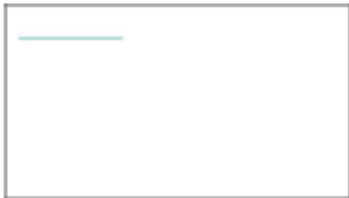
4.2.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα

Φ_{total} 160000 lm	P_{total} 900.0 W	Luminous efficacy 177.8 lm/W
------------------------------------	-------------------------------	---------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
8			BN126C L1800 LED100S/- NO	75.0 W	14000 lm	186.7 lm/W
4			BN126C L1800 LED100S/- NO	75.0 W	12000 lm	160.0 lm/W

4.2.3 Διαγράμματα Isolux

4.2.3.1 Διακόπτες Χ.Τ. 1



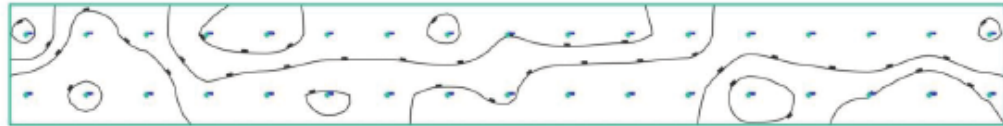
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Low Voltage switches 1 Horizontal illuminance Height: 1.750 m	617 lx	392 lx	803 lx	0.64	0.49

4.2.3.2 Διακόπτες Χ.Τ. 2



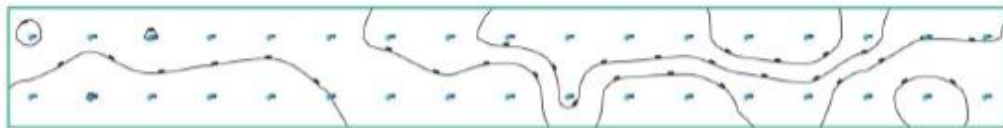
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Low Voltage switches 2 Horizontal illuminance Height: 1.750 m	604 lx	371 lx	788 lx	0.61	0.47

4.2.3.3 Διακόπτες Χ.Τ. 3



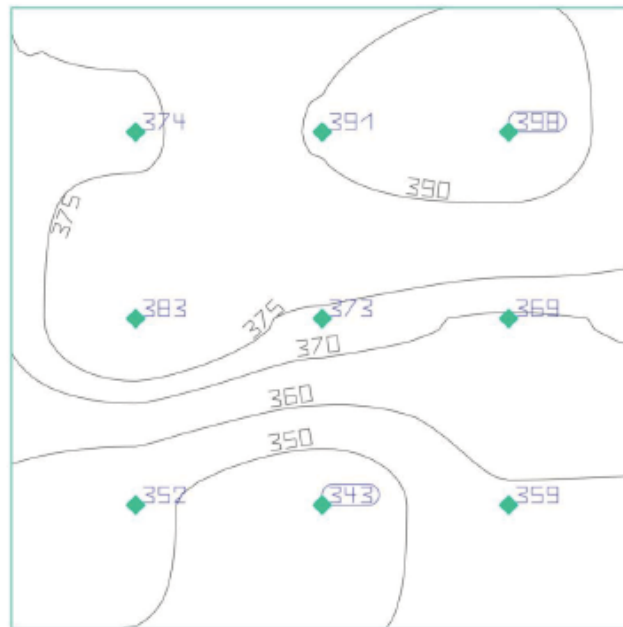
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Low Voltage switches 3 Horizontal illuminance Height: 1.750 m	685 lx	503 lx	826 lx	0.73	0.61

4.2.3.4 Διακόπτες Χ.Τ. 4



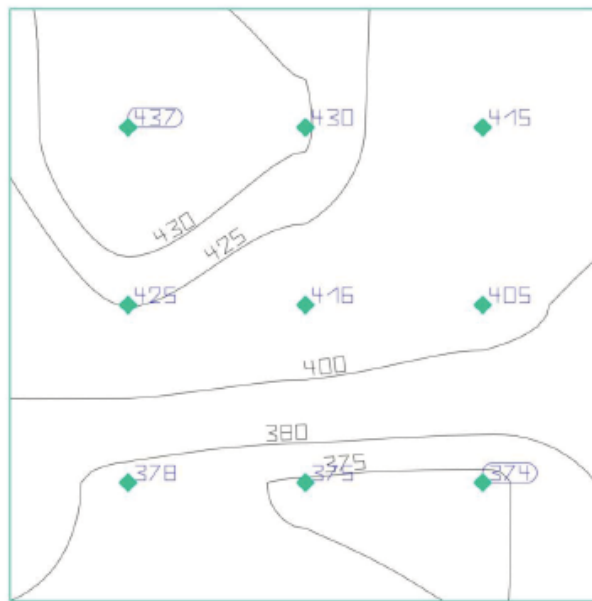
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Low Voltage switches 4 Horizontal illuminance Height: 1.750 m	675 lx	499 lx	846 lx	0.74	0.59

4.2.3.5 Οθόνη UPS 1



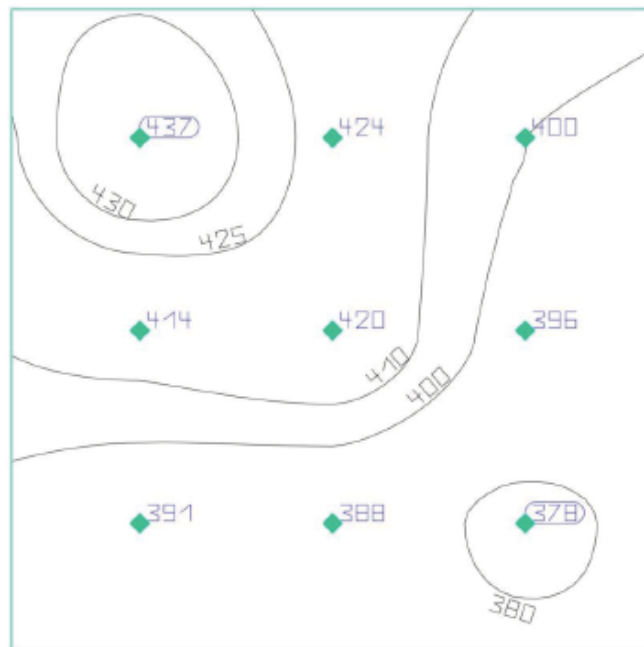
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
UPS Screen 1 Horizontal illuminance Height: 2.000 m	371 lx	343 lx	398 lx	0.92	0.86

4.2.3.6 Οθόνη UPS 2



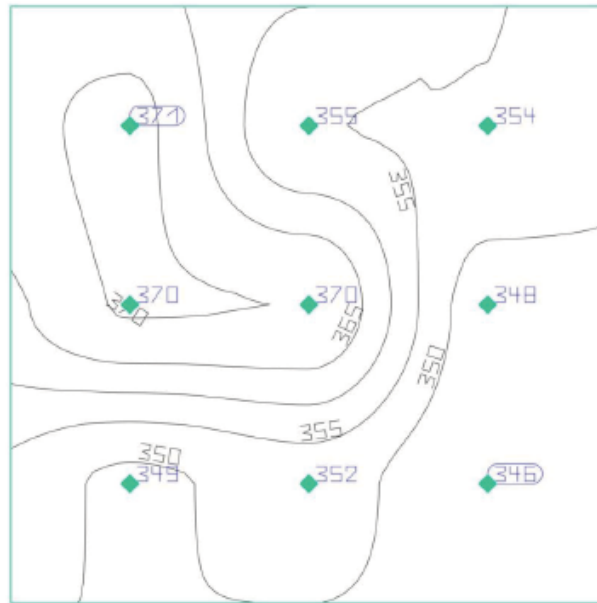
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
UPS Screen 2 Horizontal illuminance Height: 2.000 m	406 lx	374 lx	437 lx	0.92	0.86

4.2.3.7 Οθόνη UPS 3



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
UPS Screen 3 Horizontal illuminance Height: 2.000 m	405 lx	378 lx	437 lx	0.93	0.86

4.2.3.8 Οθόνη UPS 4



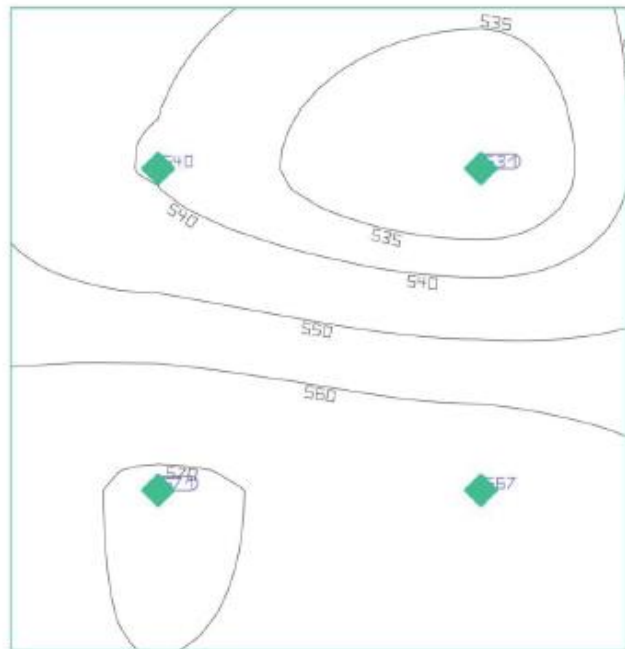
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
UPS Screen 4 Horizontal illuminance Height: 2.000 m	357 lx	346 lx	371 lx	0.97	0.93

4.2.3.9 Διακόπτης ισχύος μπαταριών 1

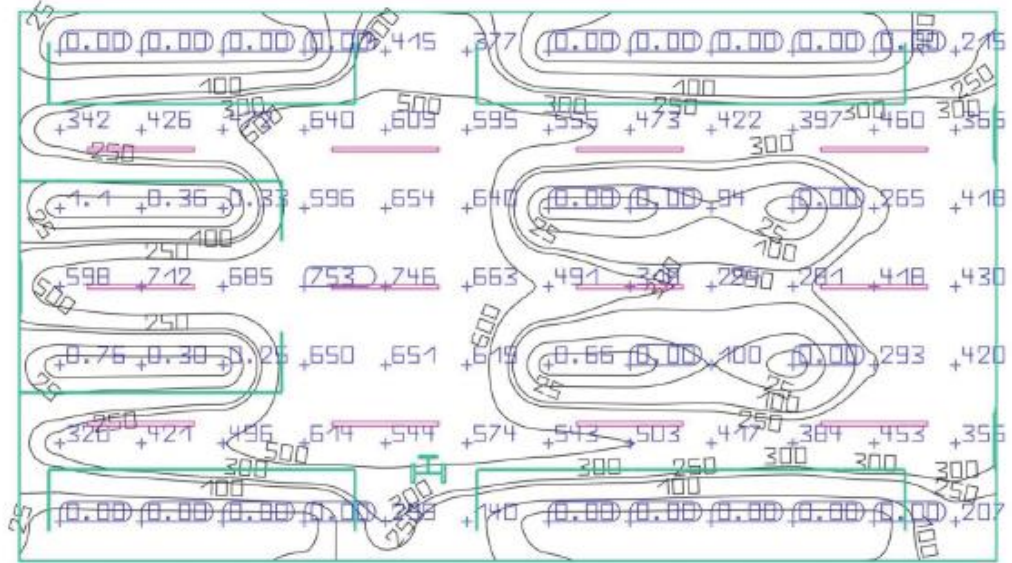
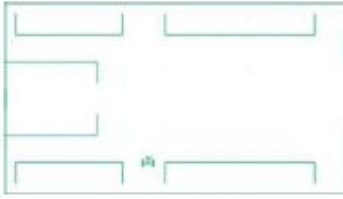


Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
batteries circuit breaker 1 Horizontal illuminance Height: 1.900 m	559 lx	516 lx	591 lx	0.92	0.87

4.2.3.10 Διακόπτης ισχύος μπαταριών 2

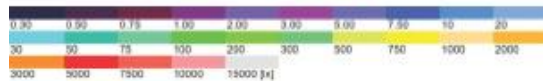
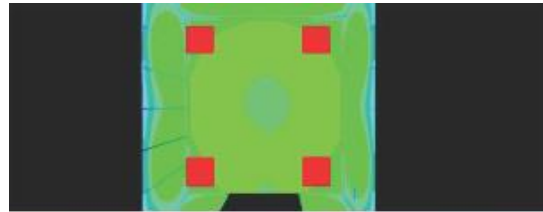
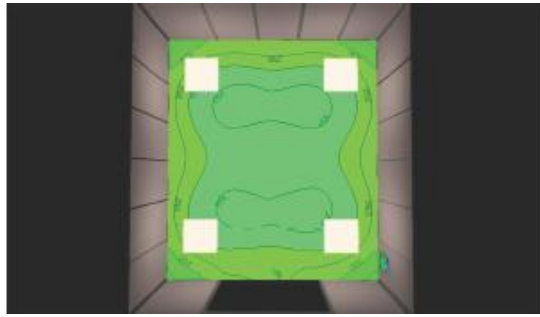


4.2.3.11 Πάτωμα πεδίων Χ.Τ.



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πάτωμα πεδίων χαμηλής τάσης Perpendicular illuminance Height: 0.650 m	296 lx	0.00 lx	753 lx	0.00	0.00

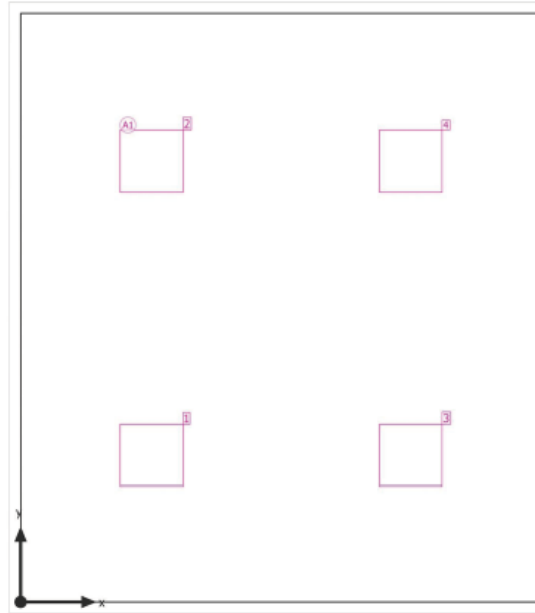
4.3 Ανελκυστήρας 2



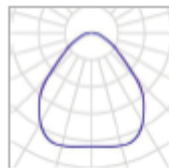
4.3.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών

Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
4			RC132V W60L60 PSD OC LED43S/- NO	17.0 W	2801 lm	164.7 lm/W



Luminaire layout plan



Article name	RC132V W60L60 PSD OC LED43S/- NO	P	17.0 W
Fitting	1x LED43S/840/-	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	2801 mm

4 x RC132V W60L60 PSD OC LED43S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	1.147 m / 1.290 m / 2.670 m	1.147 m	1.290 m	2.670 m	1
X-direction	2 pcs., Centre - centre, 2.271 m	1.147 m	3.874 m	2.670 m	2
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 2.583 m	3.418 m	1.290 m	2.670 m	3
Arrangement	A1	3.418 m	3.874 m	2.670 m	4

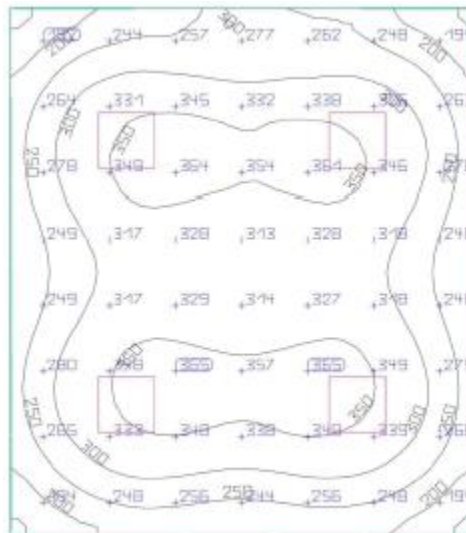
4.3.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX

Luminaire list

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
11204 lm	68.0 W	164.8 lm/W

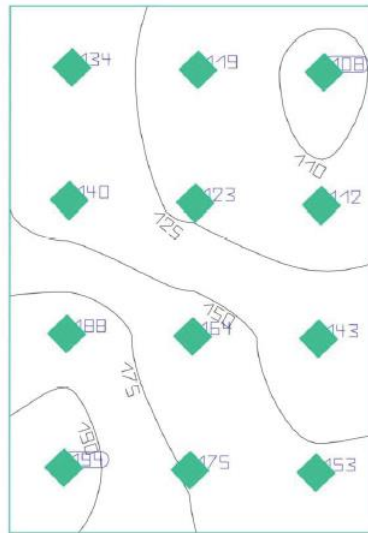
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
4			RC132V W60L60 PSD OC LED43S/- NO	17.0 W	2801 lm	164.7 lm/W

4.3.2.1 Πάτομα



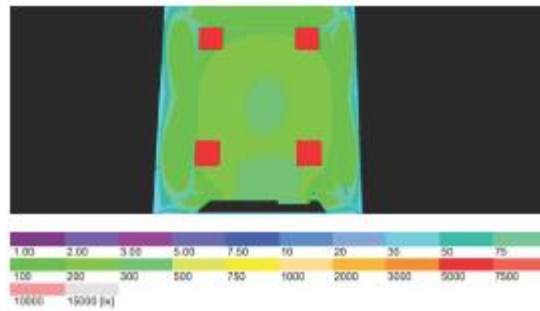
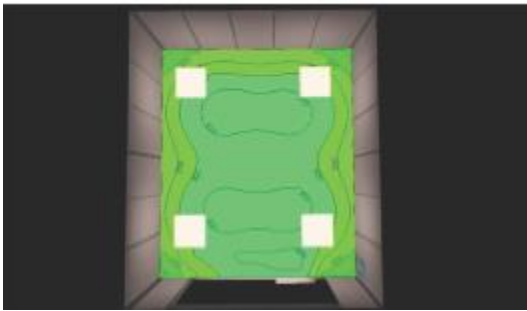
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Workplane (elevator 2) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	295 lx	137 lx	369 lx	0.46	0.37

4.3.2.2 Μπουτόν



Properties	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}	g_1	g_2
Μπουτόν Horizontal illuminance Height: 1.268 m	146 lx	108 lx	194 lx	0.74	0.56

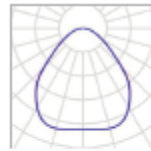
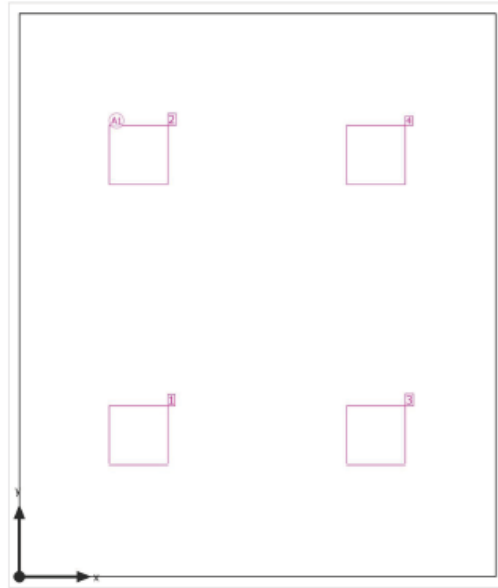
4.4 Ανελκυστήρας 2



4.4.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών

Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
4			RC132V W60L60 PSD OC LED43S/- NO	17.0 W	2801 lm	164.7 lm/W



Article name	RC132V W60L60 PSD OC LED43S/- NO	P	17.0 W
Fitting	1x LED43S/840/-	$\Phi_{luminaire}$	2801 mm

4 x RC132V W60L60 PSD OC LED43S/- NO

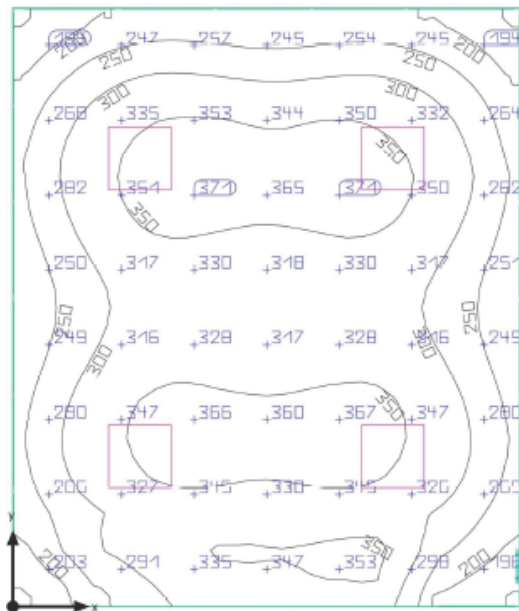
Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	1.116 m / 1.317 m / 2.670 m	1.116 m	1.317 m	2.670 m	1
X-direction	2 pcs., Centre - centre, 2.222 m	1.116 m	3.932 m	2.670 m	2
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 2.615 m	3.339 m	1.317 m	2.670 m	3
		3.339 m	3.932 m	2.670 m	4
Arrangement	A1				

4.4.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
11204 lm	68.0 W	164.8 lm/W

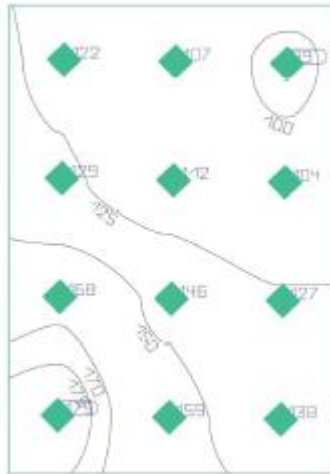
pos.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
4			RC132V W80L60 PSD OC LED43SI- NO	17.0 W	2801 lm	164.7 lm/W

4.4.2.1 Πάτωμα



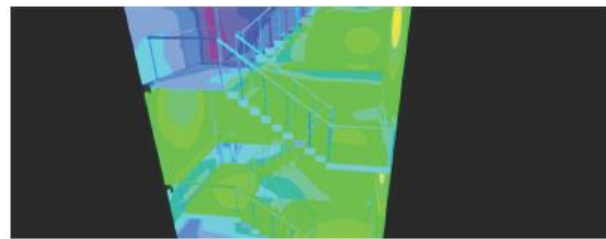
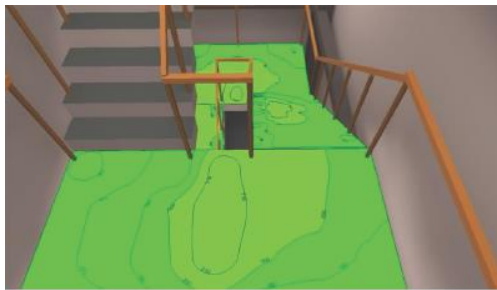
Propertes	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_0	g_2
Work plane (elevator 1) Perpendicular luminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	303 lx	141 lx	375 lx	0.47	0.38

4.4.2.2 Μπουτόν



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_0	g_2
Μπουτόν Horizontal Illuminance Height: 1.268 m	133 lx	98.6 lx	179 lx	0.74	0.55

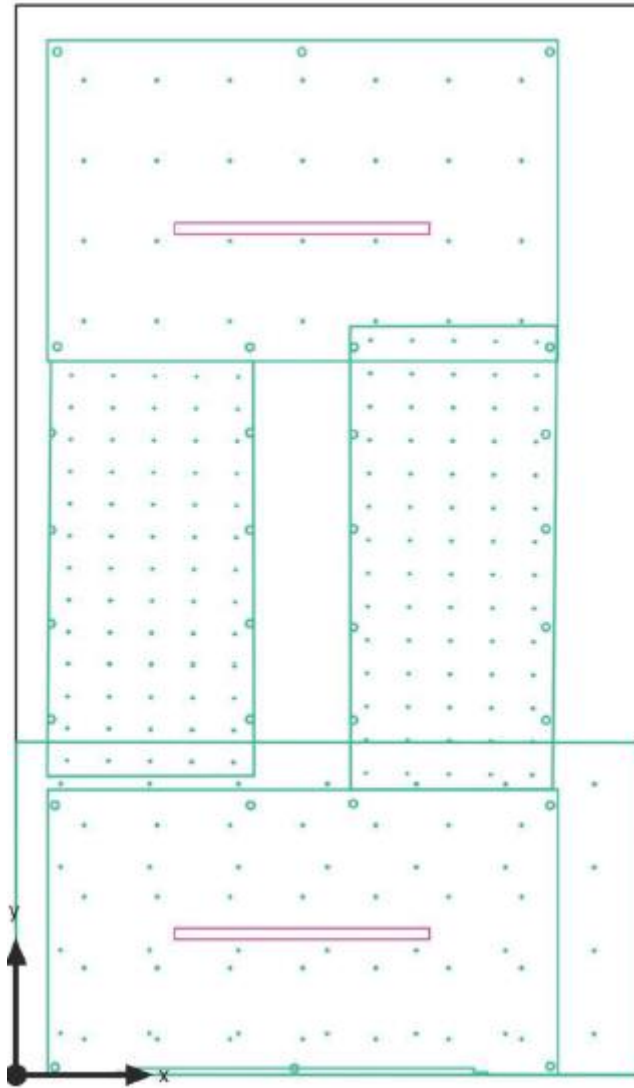
4.5 Κλιμακοστάσιο 2



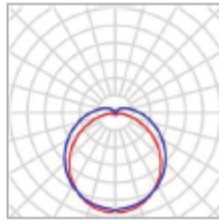
4.5.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών

Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
3			BN126C L1500 LED74S/- NO	59.0 W	8800 lm	149.2 lm/W



Luminaire layout plan



Article name	BN126C L1500 LED74S/- NO	P	59.0 W
Fitting	1x LED74S/830/-	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	8800 lm

Individual luminaires

X	Y	Mounting height	Luminaire
1.620 m	0.800 m	3.601 m	1
1.620 m	4.799 m	5.590 m	2
1.620 m	0.800 m	7.550 m	3

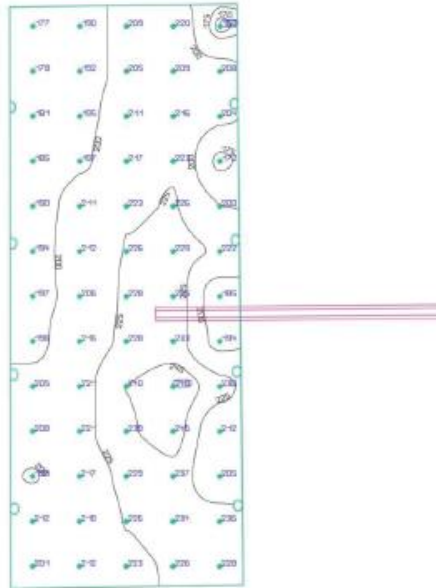
4.5.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX

Luminaire list

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
26400 lm	177.0 W	149.2 lm/W

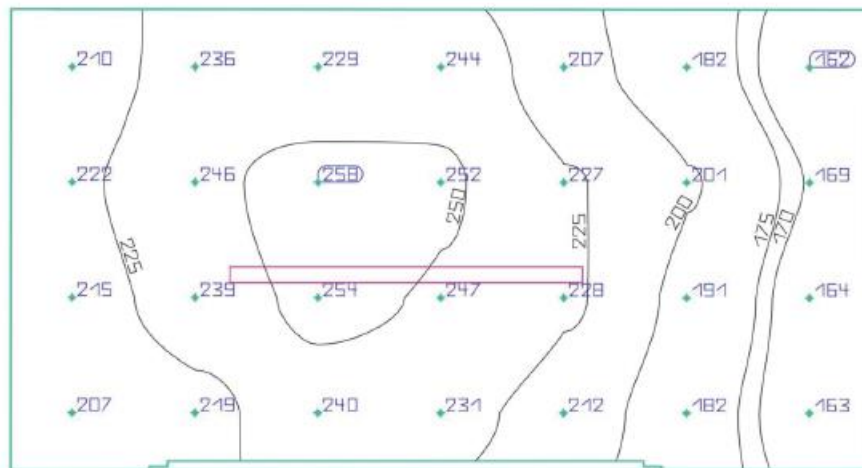
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
3			BN126C L1500 LED74S/- NO	59.0 W	8800 lm	149.2 lm/W

4.5.2.1 Σκαλοπάτια 2



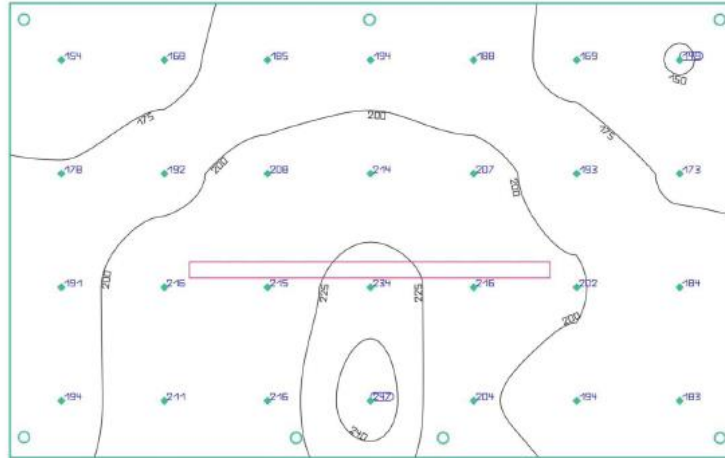
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Σκαλοπάτια 2 Perpendicular illuminance Height: 0.942 m	212 lx	168 lx	248 lx	0.79	0.68

4.5.2.2 Πόρτα και πάτωμα 2



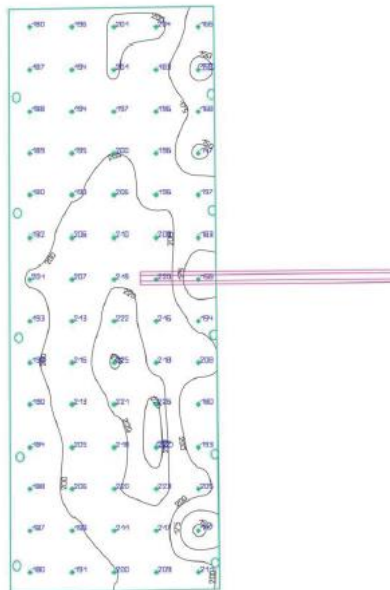
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πόρτα και Πάτωμα 2 Perpendicular illuminance Height: 0.000 m	216 lx	162 lx	258 lx	0.75	0.63

4.5.2.3 Πλατύσκαλο 2



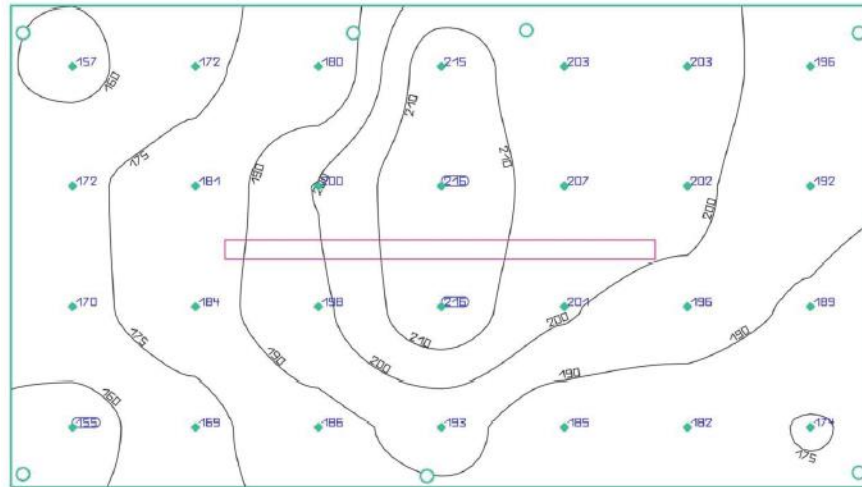
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πλατύσκαλο 2 Perpendicular illuminance Height: 1.800 m	196 lx	149 lx	247 lx	0.76	0.60

4.5.2.4 Σκαλοπάτια 2.1



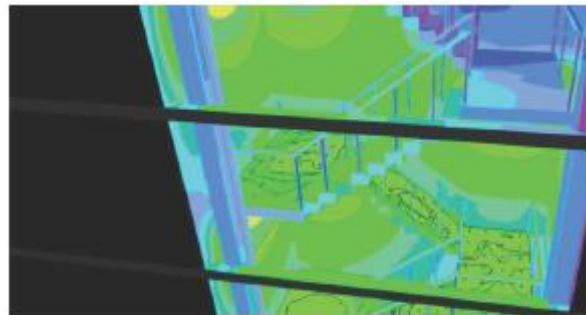
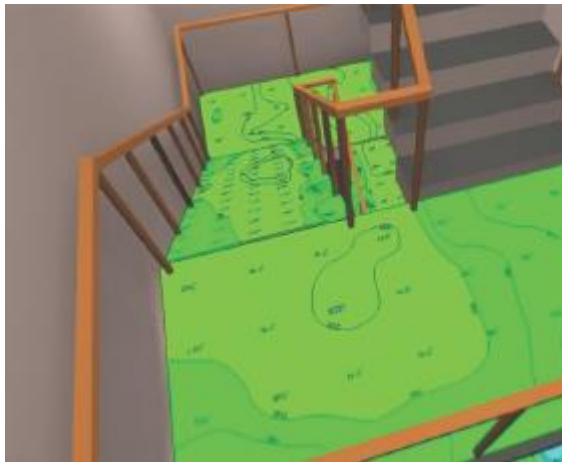
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Σκαλοπάτια 2.1 Horizontal illuminance Height: 2.847 m	198 lx	146 lx	227 lx	0.74	0.64

4.5.2.5 Πλατύσκαλο 2.1



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πλατύσκαλο 2.1 Perpendicular illuminance Height: 3.801 m	189 lx	155 lx	216 lx	0.82	0.72

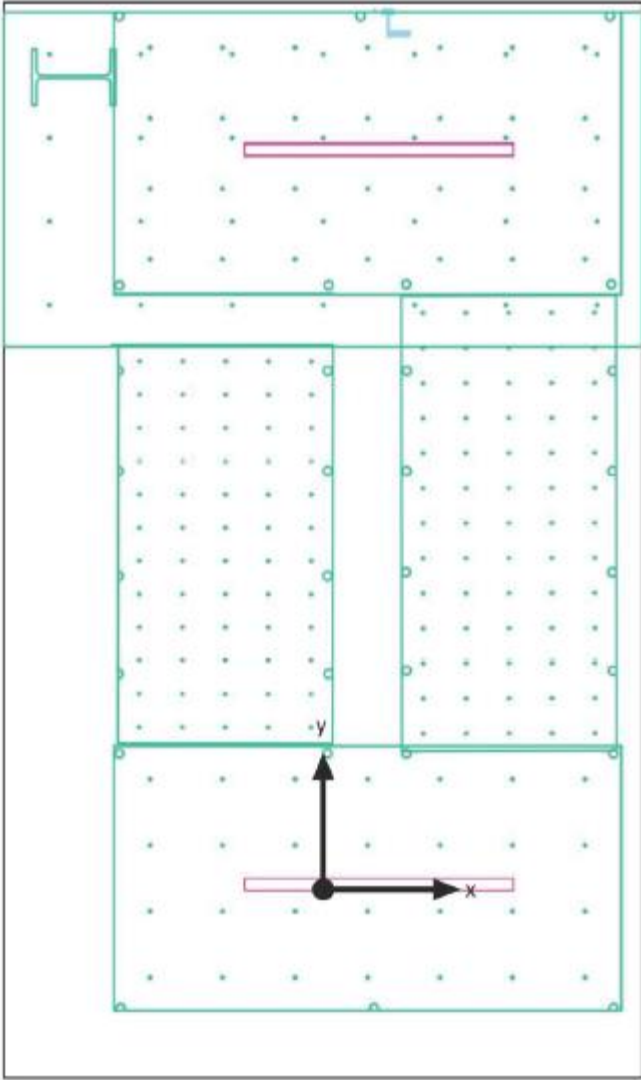
4.6 Κλιμακοστάσιο 1



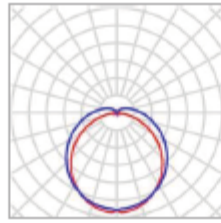
4.6.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών

Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
3			BN126C L1500 LED74S/- NO	59.0 W	8800 lm	149.2 lm/W



Luminaire layout plan



Article name	BN126C L1500 LED74S/- NO	P	59.0 W
Fitting	1x LED74S/830/-	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	8800 lm

Individual luminaires

X	Y	Mounting height	Luminaire
0.300 m	3.978 m	3.600 m	1
0.300 m	0.028 m	5.600 m	2
0.300 m	3.986 m	7.603 m	3

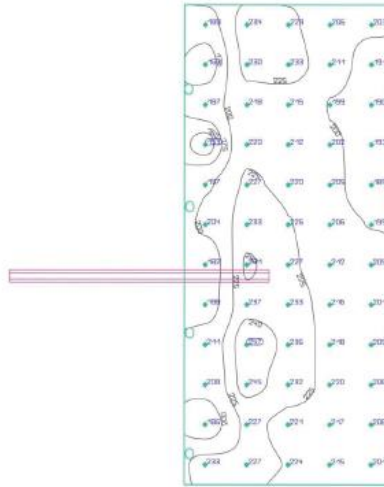
4.6.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX

Luminaire list

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
26400 lm	177.0 W	149.2 lm/W

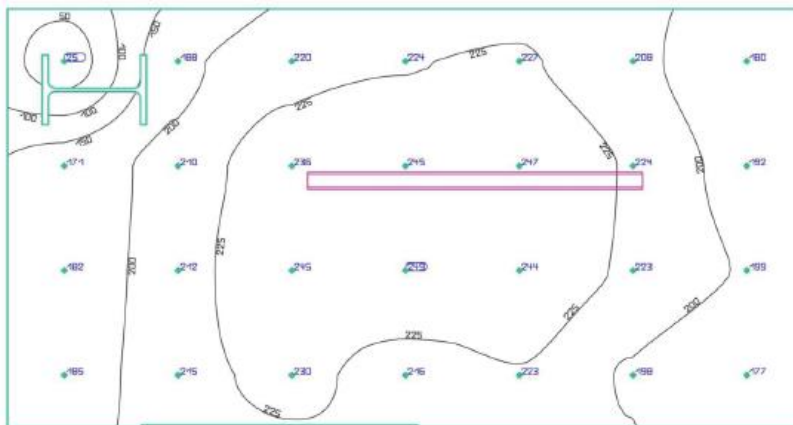
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
3			BN126C L1500 LED74S/- NO	59.0 W	8800 lm	149.2 lm/W

4.6.2.1 Σκαλοπάτια 1



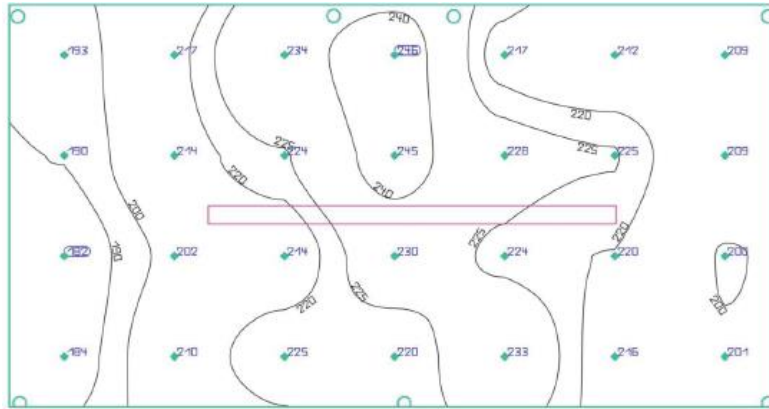
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Σκαλοπάτια 1 Perpendicular illuminance Height: 1.012 m	212 lx	153 lx	247 lx	0.72	0.62

4.6.2.2 Πόρτα και πάτωμα 2



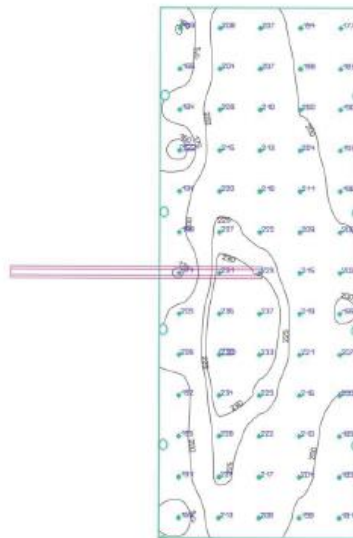
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πάτωμα και Πόρτα 1 Perpendicular illuminance Height: 0.000 m	207 lx	25.3 lx	249 lx	0.12	0.10

4.6.2.3 Πλατύσκαλο 1



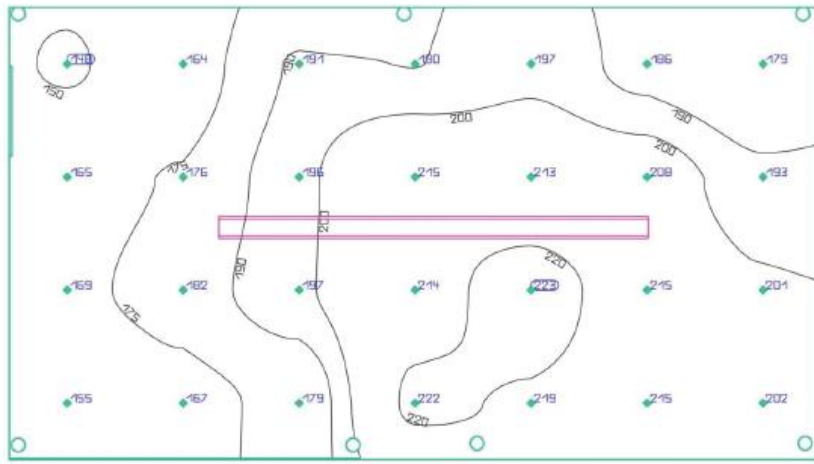
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πλατύσκαλο 1 Perpendicular illuminance Height: 1.825 m	215 lx	182 lx	246 lx	0.85	0.74

4.6.2.4 Σκαλοπάτια 1.2



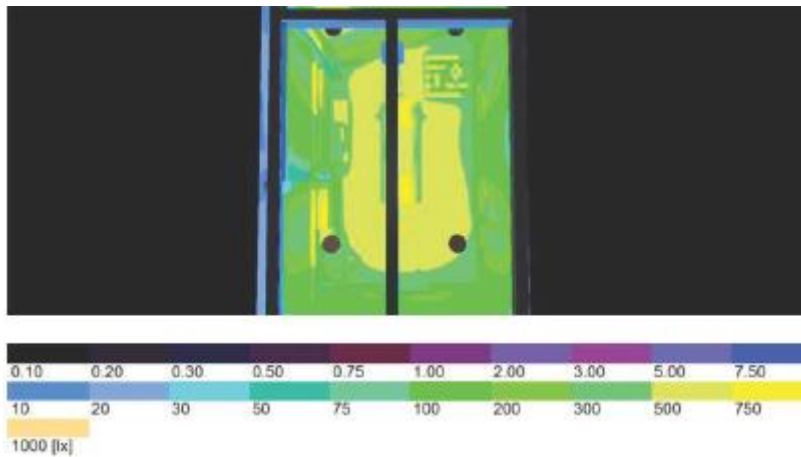
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Σκαλοπάτια 1.2 Perpendicular illuminance Height: 2.954 m	205 lx	155 lx	238 lx	0.76	0.65

4.6.2.5 Πλατύσκαλο 1.2



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πλατύσκαλο 1.2 Perpendicular illuminance Height: 3.848 m	192 lx	148 lx	223 lx	0.77	0.66

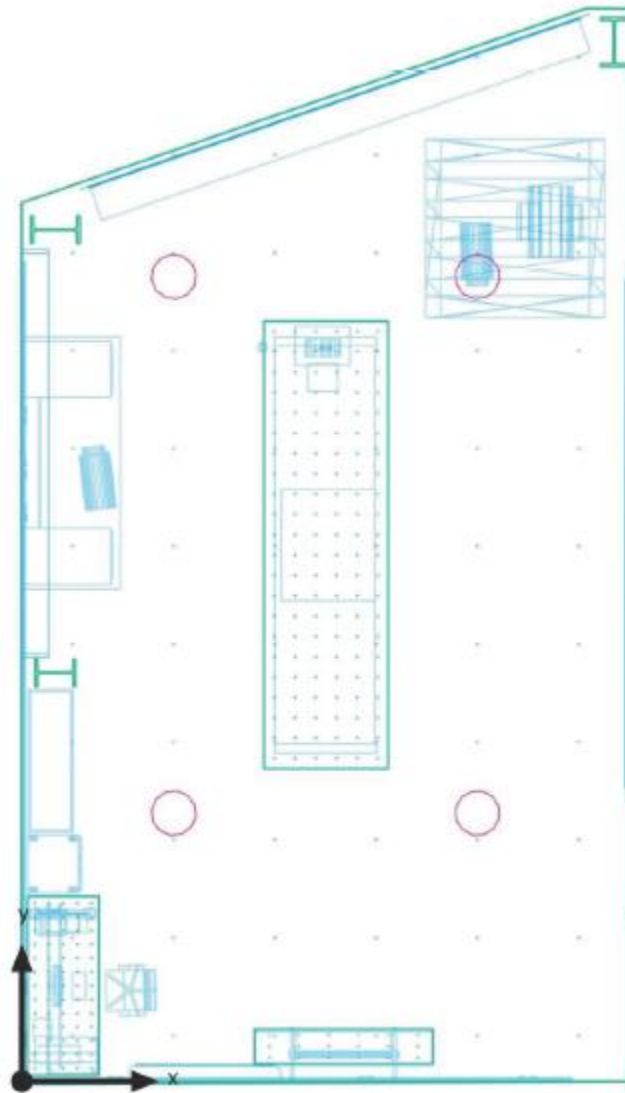
4.7 Μηχανουργείο 1



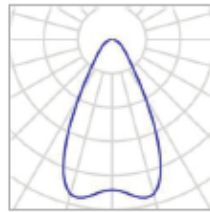
4.7.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών

Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
4	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	25002 lm	136.6 lm/W



PHILIPS



Luminaire layout plan

Manufacturer	PHILIPS	P	183.0 W
Article name	BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	25002 lm
Fitting	1x LED250S/840/-		

4 x Philips BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	1.700 m / 2.998 m / 7.300 m	1.700 m	2.998 m	7.300 m	1
X-direction	2 pcs., Centre - centre, 3.400 m	1.700 m	8.994 m	7.300 m	2
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 5.996 m	5.100 m	2.998 m	7.300 m	3
		5.100 m	8.994 m	7.300 m	4
Arrangement	A1				

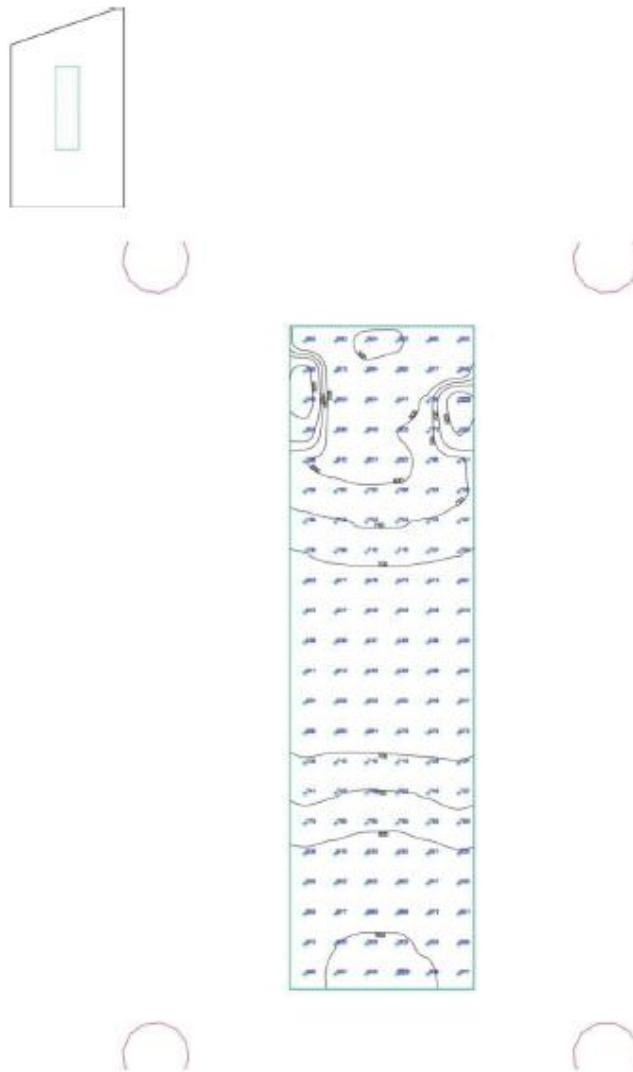
4.7.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX

Luminaire list

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
100008 lm	732.0 W	136.6 lm/W

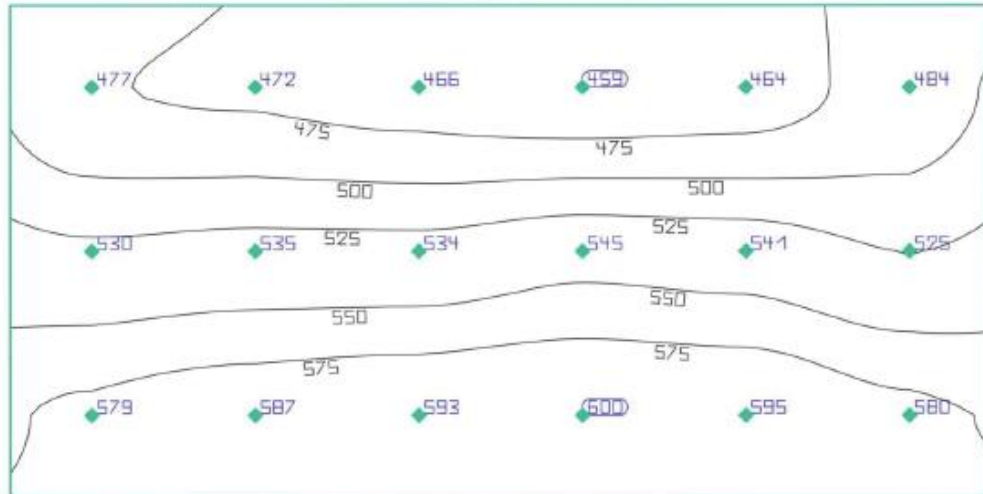
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
4	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	25002 lm	136.6 lm/W

4.7.2.1 Πάγκος καθαρισμού κεφαλών 1



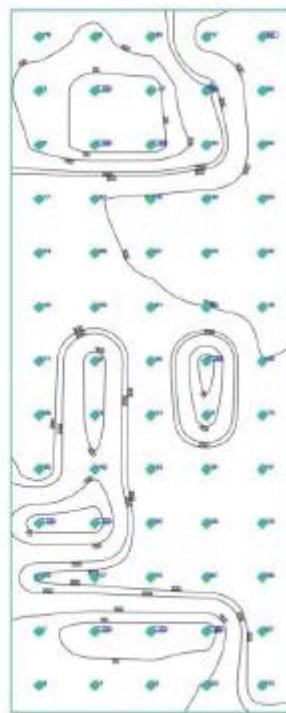
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πάγκος καθαρισμού κεφαλών 1 Perpendicular illuminance Height: 0.810 m	760 lx	529 lx	924 lx	0.70	0.57

4.7.2.2 Πίνακας ενημερώσεων 1



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πίνακας ενημερώσεων 1 Horizontal illuminance Height: 1.381 m	531 lx	459 lx	600 lx	0.86	0.77

4.7.2.3 Γραφείο 1



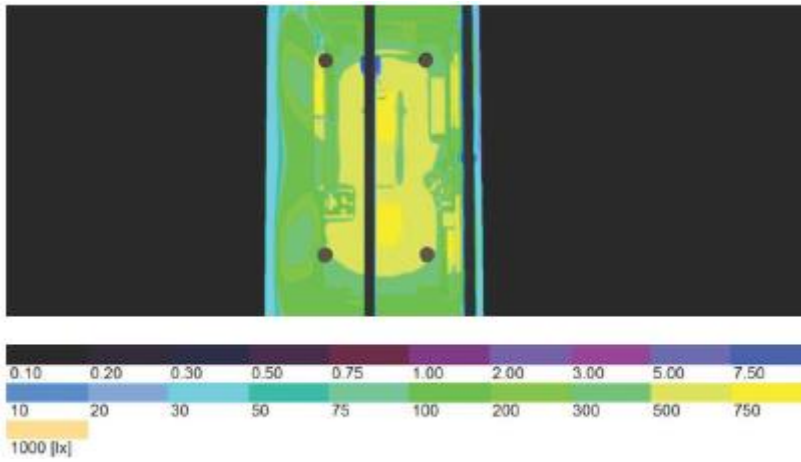
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Γραφείο 1 Perpendicular illuminance Height: 0.758 m	293 lx	0.00 lx	568 lx	0.00	0.00

4.7.2.4 Πάτωμα 1



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πάτωμα 1 Perpendicular illuminance Height: 0.000 m	388 lx	0.00 lx	759 lx	0.00	0.00

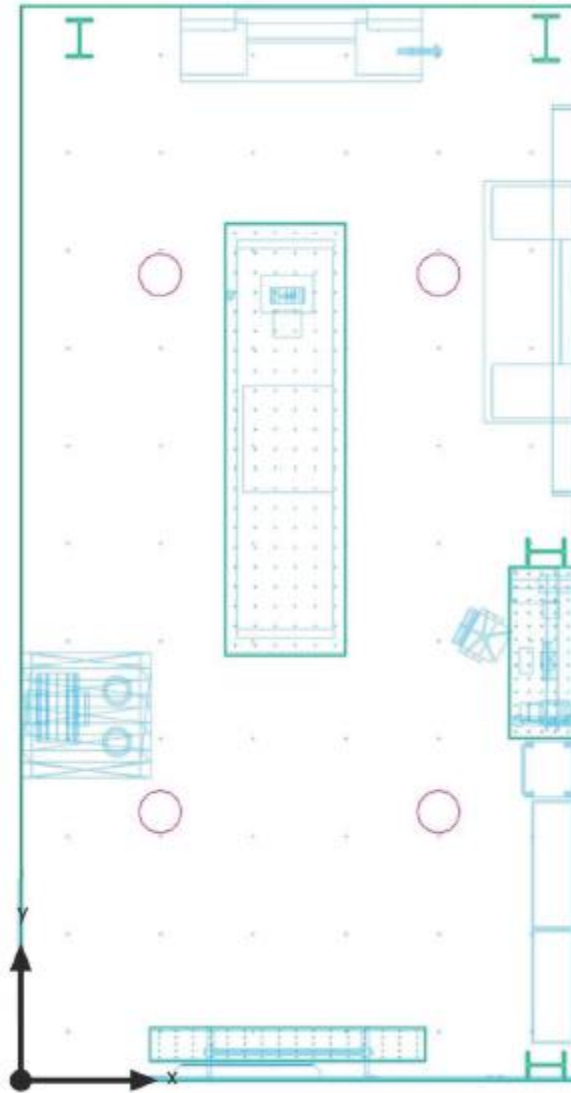
4.8 Μηχανουργείο 2



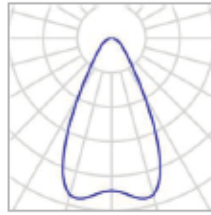
4.8.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών

Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
4	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	25002 lm	136.6 lm/W



PHILIPS



Luminaire layout plan

Manufacturer	PHILIPS	P	183.0 W
Article name	BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	25002 lm
Fitting	1x LED250S/840/-		

4 x Philips BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	1.631 m / 3.139 m / 7.300 m	1.631 m	3.139 m	7.300 m	1
X-direction	2 pcs., Centre - centre, 3.262 m	1.631 m	9.418 m	7.300 m	2
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 6.279 m	4.894 m	3.139 m	7.300 m	3
		4.894 m	9.418 m	7.300 m	4
Arrangement	A1				

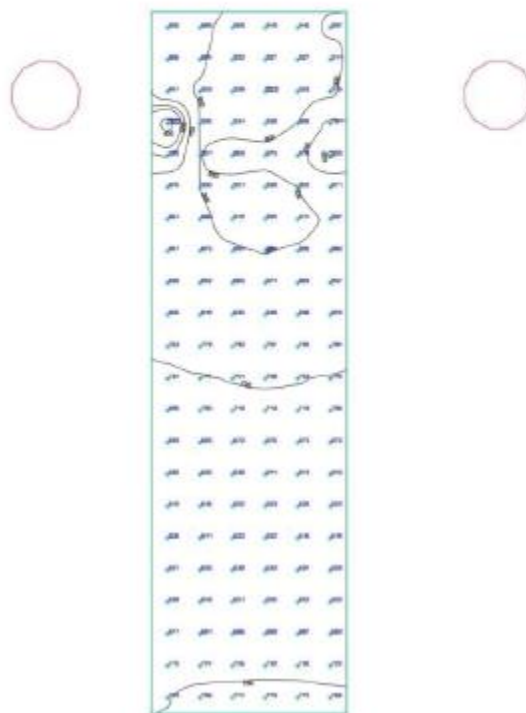
4.8.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX

Luminaire list

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
100008 lm	732.0 W	136.6 lm/W

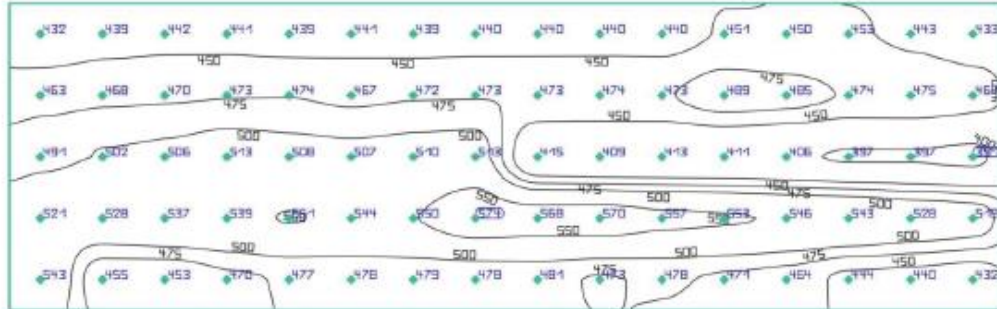
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
4	PHILIPS		BY122P G4 PSD WB LED250S/- NO	183.0 W	25002 lm	136.6 lm/W

4.8.2.1 Πάγκος καθαρισμού κεφαλών 2



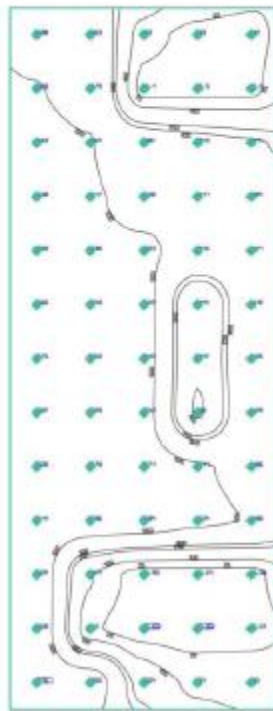
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πάγκος καθαρισμού κεφαλών 2 Perpendicular illuminance Height: 0.810 m	767 lx	260 lx	941 lx	0.34	0.28

4.8.2.2 Πίνακας ενημερώσεων 2



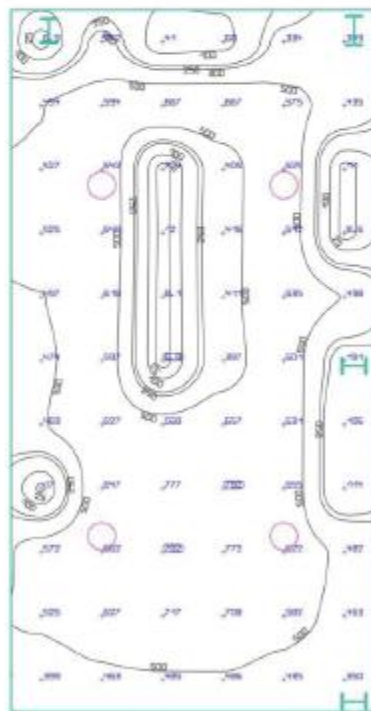
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πίνακας ενημερώσεων 2 Horizontal illuminance Height: 1.367 m	477 lx	391 lx	574 lx	0.82	0.68

4.8.2.3 Γραφείο 2



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Γραφείο 2 Perpendicular illuminance Height: 0.810 m	369 lx	0.00 lx	612 lx	0.00	0.00

4.8.2.4 Πάτωμα 2



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πάτωμα 2 Perpendicular illuminance Height: 0.000 m	457 lx	6.78 lx	782 lx	0.015	0.009

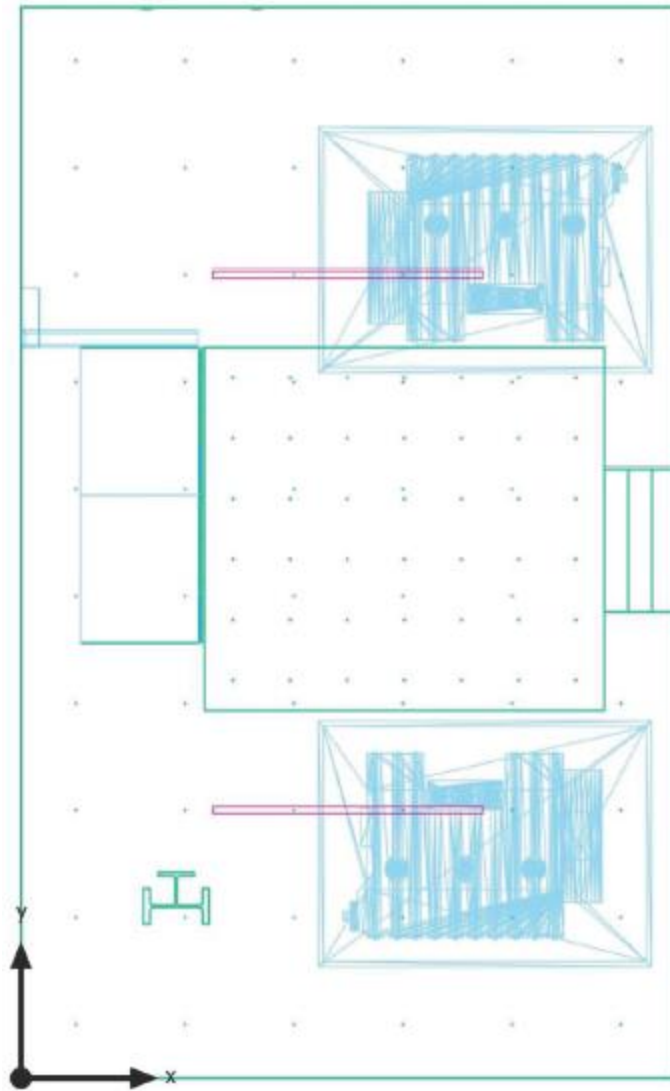
4.9 Χώρος μετασχηματιστών



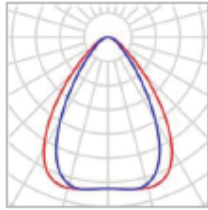
4.9.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών

Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
2	PHILIPS		LL523X MB LED160S/840 NO	127.0 W	11992 lm	94.4 lm/W



PHILIPS



Luminaire layout plan

Manufacturer	PHILIPS	P	127.0 W
Article name	LL523X MB LED160S/840 NO	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	11992 lm
Fitting	1x LED160S/840		

2 x Philips LL523X MB LED160S/840 NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	2.751 m / 2.255 m / 5.000 m	2.751 m	2.255 m	5.000 m	1
X-direction	1 pcs., Centre - centre, 5.502 m	2.751 m	6.753 m	5.000 m	2
Y-direction	2 pcs., Centre - centre, 4.498 m				
Arrangement	A1				

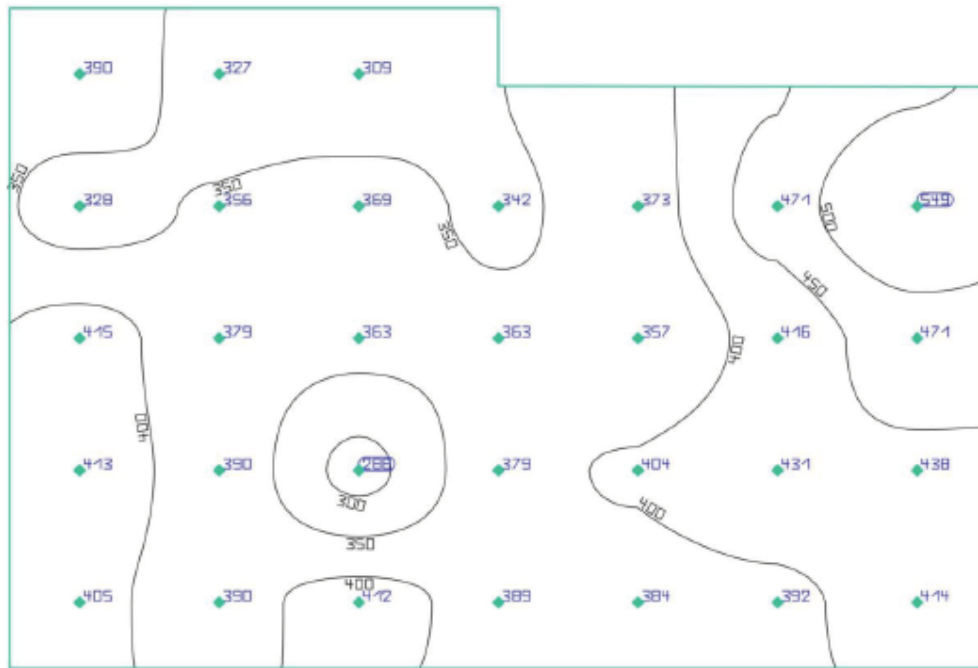
4.9.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX

Luminaire list

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
23984 lm	254.0 W	94.4 lm/W

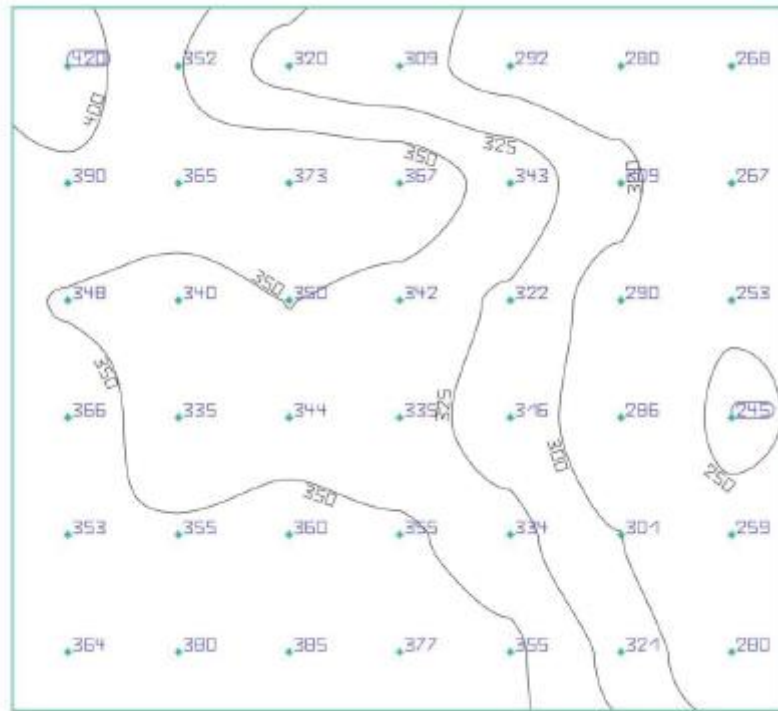
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
2	PHILIPS		LL523X MB LED160S/840 NO	127.0 W	11992 lm	94.4 lm/W

4.9.2.1 20kV circuit breaker



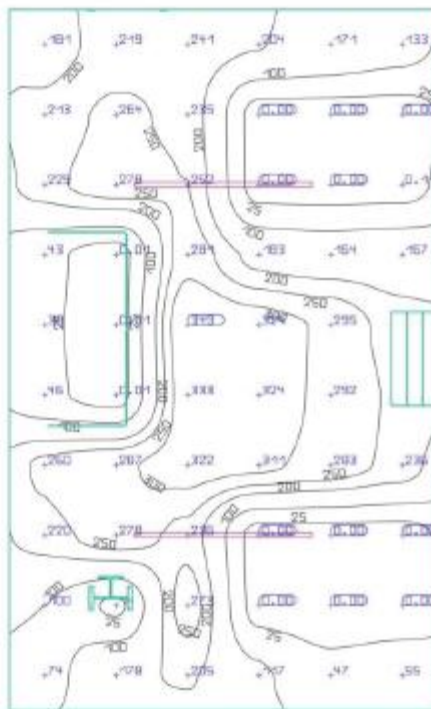
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
20KV circuit breaker Horizontal illuminance Height: 1.074 m	391 lx	288 lx	549 lx	0.74	0.52

4.9.2.2 Επίπεδο εργασίας 20kV



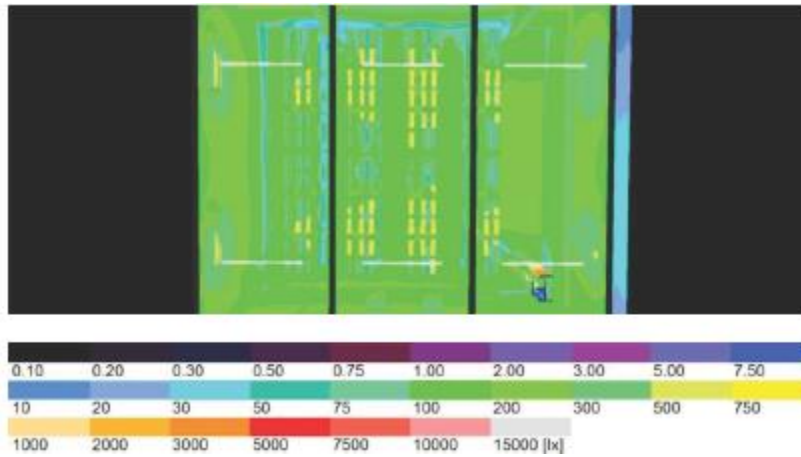
Properties	E	E _{min}	E _{max}	g ₁	g ₂
Επίπεδο εργασίας 20 KV Perpendicular illuminance Height: 0.800 m	331 lx	245 lx	420 lx	0.74	0.58

4.9.2.3 Πάτωμα μετασχηματιστών



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Πάτωμα μετασχηματιστών Perpendicular illuminance Height: 0.020 m	154 lx	0.00 lx	349 lx	0.00	0.00

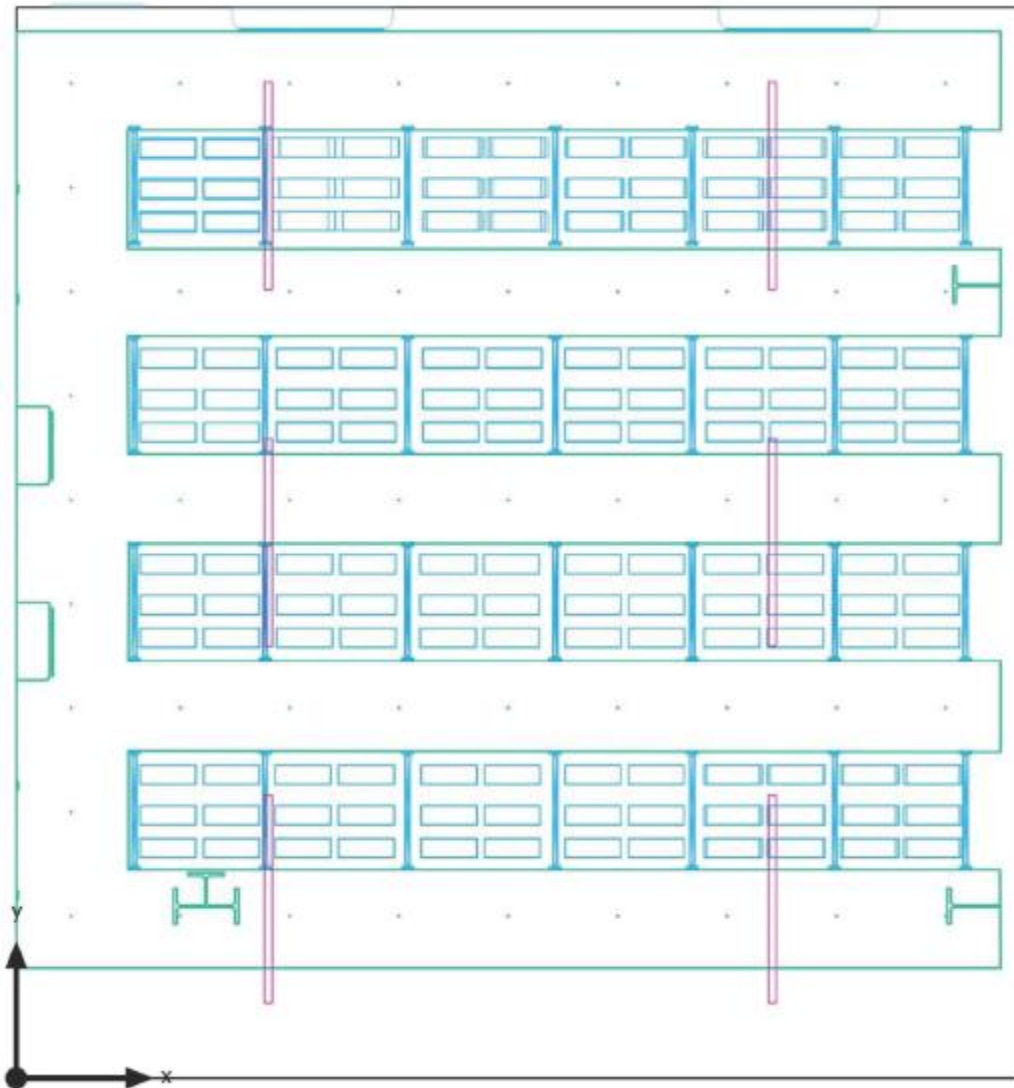
4.10 Χώρος συσσωρευτών



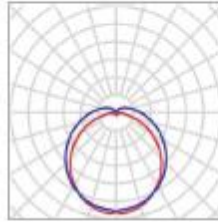
4.10.1 Διάταξη και τεχνικές πληροφορίες φωτιστικών

Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
6			BN126C L1800 LED100S/- NO	75.0 W	12000 lm	160.0 lm/W



Luminaire layout plan



Article name	BN126C L1800 LED100S/- NO	P	75.0 W
Fitting	1x LED100S/840/-	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	12000 lm

6 x BN126C L1800 LED100S/- NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	2.125 m / 1.504 m / 5.000 m	2.125 m	1.504 m	5.000 m	1
X-direction	2 pcs., Centre - centre, 4.250 m	2.125 m	4.503 m	5.000 m	2
		6.375 m	1.505 m	5.000 m	3
Y-direction	3 pcs., Centre - centre, 2.998 m	6.375 m	4.503 m	5.000 m	4
		2.125 m	7.501 m	5.000 m	5
Arrangement	A1	6.375 m	7.501 m	5.000 m	6

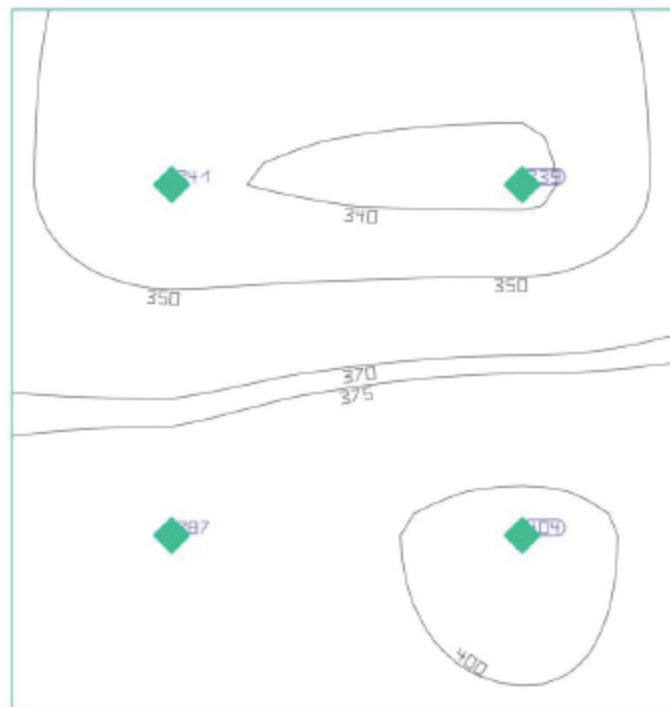
4.10.2 Φωτοτεχνικά αποτελέσματα και διαγράμματα ISOLUX

Luminaire list

Φ_{Total}	P_{Total}	Luminous efficacy
72000 lm	450.0 W	160.0 lm/W

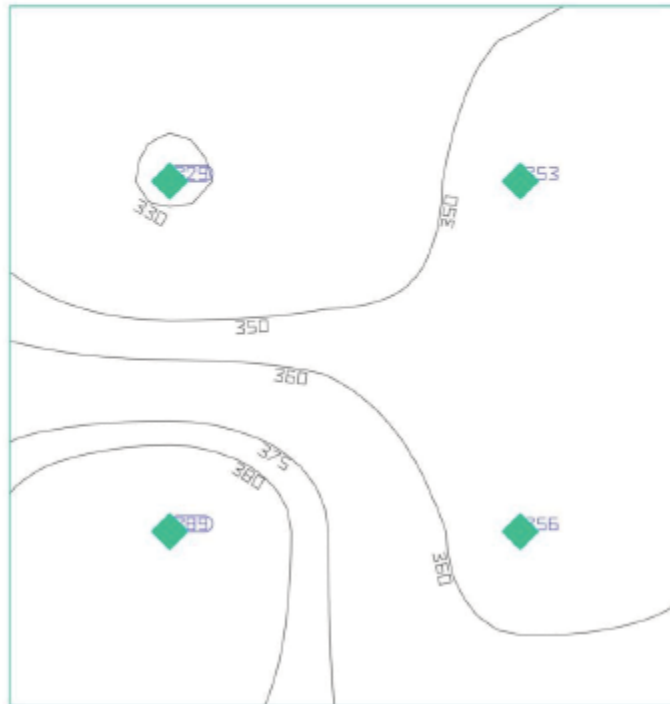
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
6			BN126C L1800 LED100S/- NO	75.0 W	12000 lm	160.0 lm/W

4.10.2.1 circuit breaker 2



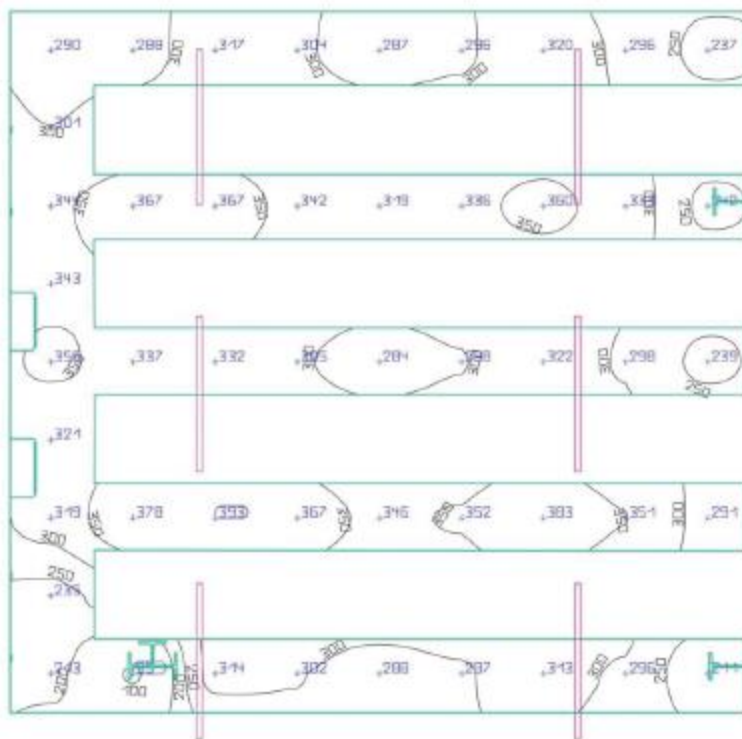
Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
batteries circuit breaker 2 Horizontal illuminance Height: 1.900 m	368 lx	339 lx	404 lx	0.92	0.84

4.10.2.2 Circuit breaker 1



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
batteries circuit breaker 1 Horizontal illuminance Height: 1.900 m	357 lx	329 lx	389 lx	0.92	0.85

4.10.2.3 Επίπεδο εργασίας συσσωρευτών



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Επίπεδο εργασίας μπαταριών Perpendicular illuminance Height: 1.600 m	309 lx	94.7 lx	393 lx	0.31	0.24

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Φωτοτεχνία, Τοπάλης, Οικονόμου, Κουρτέση, Εκδόσεις Τζιόλα

Richard Kelly: Defining A Modern Architecture of Light, M.M Petty

Architectural Lighting Design, G. Steffy, John Wiley & Sons, 2002

Φωτίζοντας τη σύγχρονη κατοικία: μια νέα δημιουργική προσέγγιση, Θ. Κοντορήγας, 2009,

ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<https://socratic.org/questions/when-an-electron-goes-from-ground-state-to-excited-state-does-it-absorb-or-lose->

<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/983/1/Kef.%204.pdf>

<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/983/1/Kef.%204.pdf>

<https://www.kontorigas.gr/blogs/βασικές-φωτομετρικές-μονάδες/φως-και-χρώμα>

<https://www.leditnow.gr/ti-einai-thermokrasia-hromatos.-poia-lampa-na-dialekso.html>

<https://pgs.com.cy/el/ψυχρό-ή-θερμό-φως/>

<https://www.leditnow.gr/deiktis-hromatikis-apodosis-cri.html>

http://graficnotes.blogspot.com/2013/02/blog-post_51.html

<http://graficnotes.blogspot.com/2016/04/blog-post.html>