∂ -Sim Building Energy & Lighting Simulation
Αισώπου 7, Χαϊδάρι, Τ.Κ. 124 61, ΑΘΗΝΑ
Τηλ./Fax: +30 210 5326230, e-mail: thetasim@tee.gr
www.thetasim.com

ΜΕΛΕΤΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΕΚΘΕΣΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΜΑΣΤΙΧΑΣ ΣΤΗ ΧΙΟ

Φωτοτεχνική ανάλυση

Δρ. Άρης Τσαγκρασούλης
Δρ. Βασίλης Γέρος

Αθήνα
Δεκέμβριος 2007

Απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις που αφορούν το σχεδιασμό του συστήματος φωτισμού κατά το στάδιο της αρχικής προσέγγισης ήταν:

- Να γίνει περιορισμένη χρήση αναρτώμενων ραγών ή φωτιστικών από την οροφή.
- Να μην τοποθετηθούν φωτιστικά επί της οροφής

Οι προαναφερθείσες απαιτήσεις καθόρισαν και το αριθμό των ενναλακτικών σεναρίων που εξετάσθηκαν. Χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα DiaLux 4.4 για το τεχνητό σύστημα φωτισμού και το Radiance γαι τον υπολογισμό των επιπέδων φυσικού φωτισμού. Έτσι η σχεδιαστική φιλοσοφία του συστήματος φωτισμού για το συγκεκριμένο έργο στηρίζεται στα εξής σημεία:

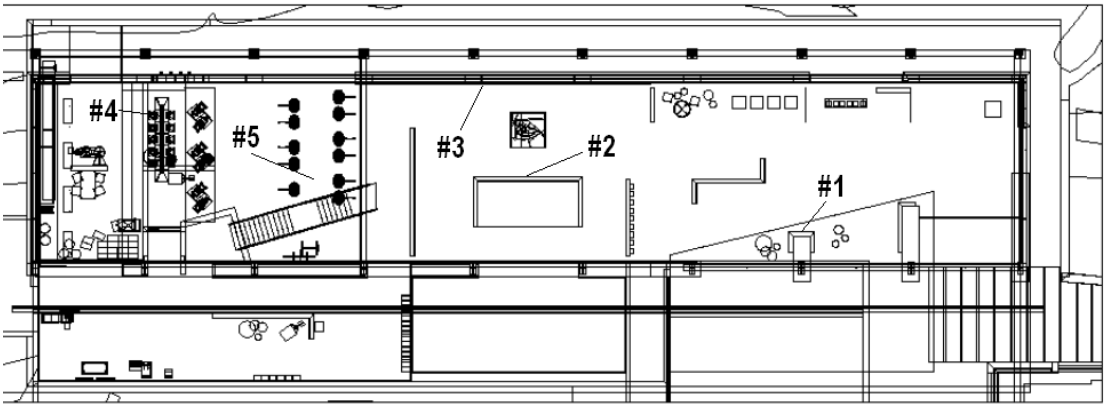
- Δεν χρησιμοποίηθηκε γενικός φωτισμός (π.χ. φωτιστικά αναρτώμενα απο την οροφή σε κάνναβο) αλλά ο ειδικός φωτισμός παρέχει και τα απαιτούμενα επίπεδα στον υπόλοιπο χώρο. Η πλειοψηφία των εκθεμάτων είναι επίπεδες επιφάνειες των οποίων η ανακλαστικότητα είναι σχετικά μικρή (μαύρο υπόβαθρο – λευκές επιγραφές, βλ. φωτογραφία 1).

Φωτογραφία 1: *Εσωτερικό χώρου (απο φωτογραφία μακέτας)*

- Το γεγονός αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η σχεδίαση να οδηγηθεί σε αύξηση των επιπέδων φωτισμού επί των επιγραφών αφού τα γενικά

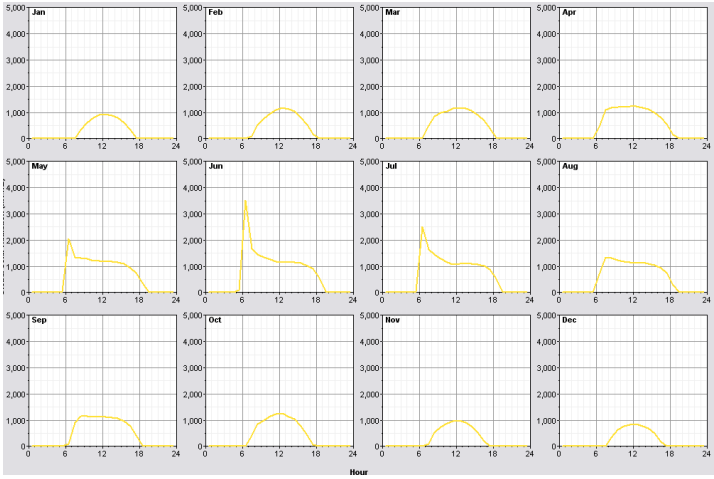
επίπεδα του φωτισμού στους υπόλοιπους χώρους προέρχονται από ανάκλαση. Οι ανακλαστηκότητες που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι 32% για το δάπεδο, 25% για τους πλευρικούς τοίχους, 11% για τους υαλοπίνακες και 35% για την οροφή.

- Η περίπτωση να χρησιμοποιηθεί έμμεσο σύστημα γενικού φωτισμού εξετάσθηκε αλλά δεν υιοθετήθηκε λόγω της σχετικά μικρής ανακλαστικότητας της οροφής. Η συγκεκριμένη μικρή ανακλαστικότητα δεν οφείλεται μόνο στο χρώμα (ξύλο) αλλά και στην ύπαρξη πυκνού πλέγματος δοκαριών (δημιουργία έντονων σκιών).
- Το Μουσείο λειτουργεί με ωράριο 9:00-17:00. Λόγω εκτεταμένων υαλοστασίων είναι προφανές ότι τα επίπεδα φυσικού φωτισμού είναι αυξημένα. Συνεπώς εξετάσθηκε η ωριαία μεταβολή των επιπέδων φυσικού φωτισμού σε σημεία στο χώρο. Τα σημεία αυτά παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.

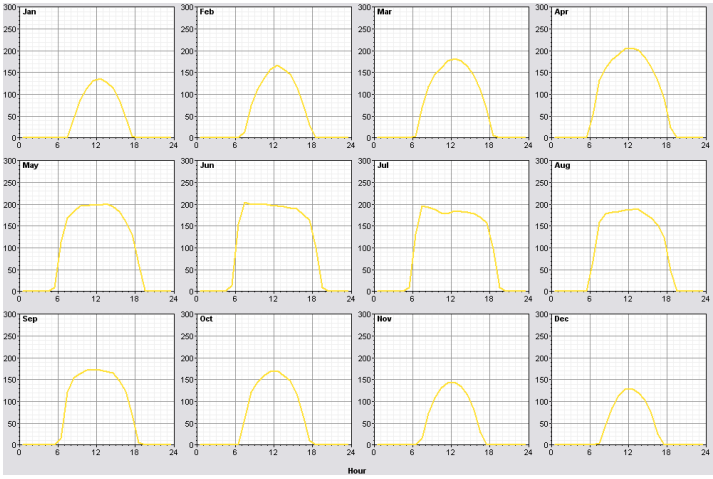


Σχήμα 2: *Σημεία υπολογισμού φυσικού φωτισμού.*

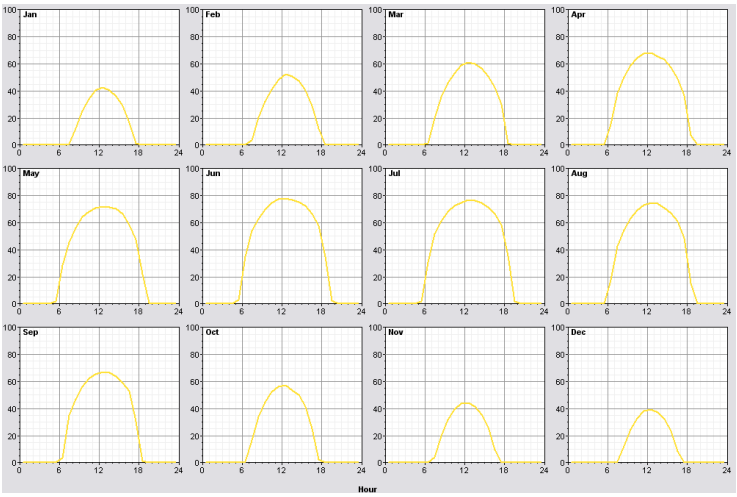
Για τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής έχει χρησιμοποιηθεί η δορυφορική βάση δεδομένων Satel-light (www.satel-light.com).
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.



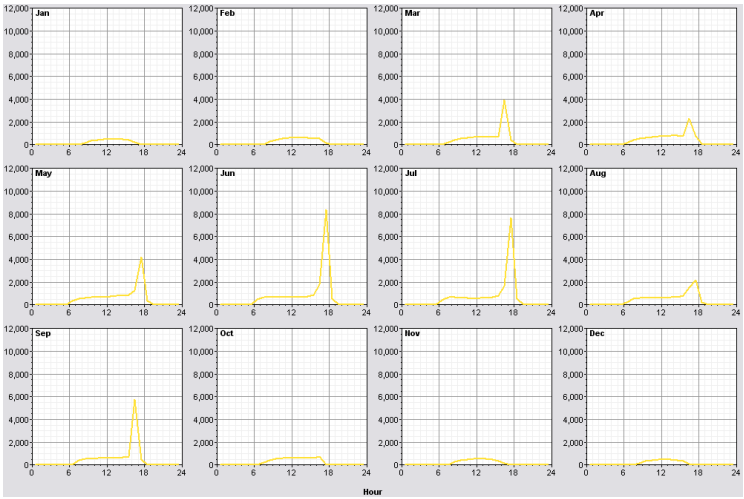
Διάγραμμα 3: *Χρονική εξέλιξη τιμών φυσικού φωτισμού στο σημείο #1.*



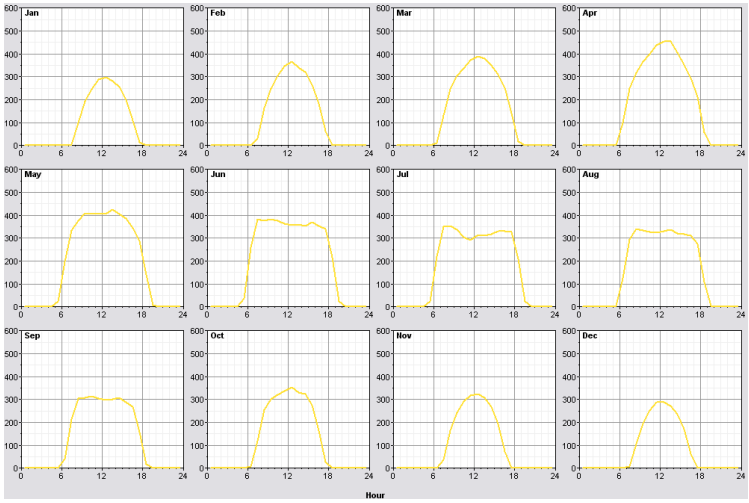
Διάγραμμα 4: *Χρονική εξέλιξη τιμών φυσικού φωτισμού στο σημείο #2.*



Διάγραμμα 5: *Χρονική εξέλιξη τιμών φυσικού φωτισμού στο σημείο #3.*



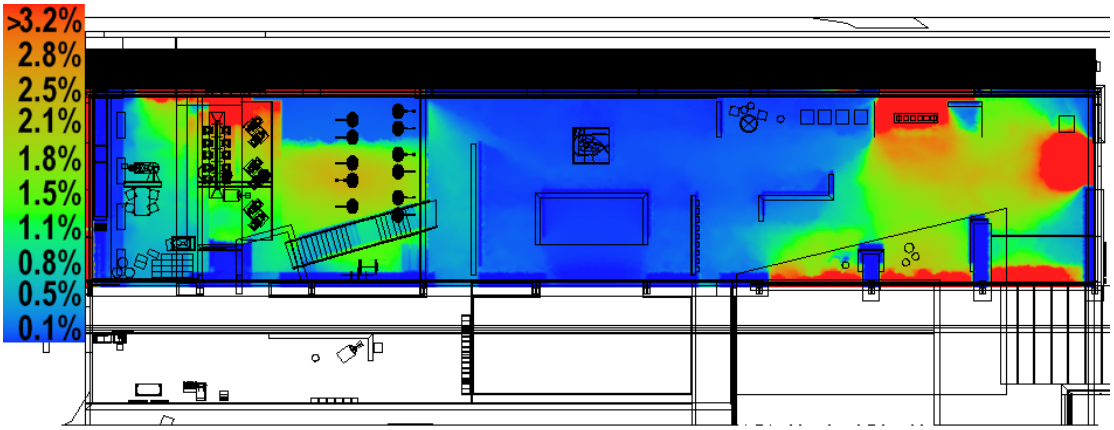
***Διάγραμμα 6**: Χρονική εξέλιξη τιμών φυσικού φωτισμού στο σημείο #4.*



***Διάγραμμα 7:** Χρονική εξέλιξη τιμών φυσικού φωτισμού στο σημείο #5.*

Είναι φανερό από τις τιμές που επιτυγχάνονται ότι η 'πλέον σκοτεινή' περιοχή είναι η επιφάνεια που βρίσκεται το σημείο #3 (τιμές <100 lux) ενώ η περιοχή του παταριού δέχεται φυσικό φωτισμό, σε σημείο που να μην χρειάζεται στο μεγαλύτερο τμήμα του ωραρίου λειτουργίας επιπρόσθετη χρήση συστήματος ηλεκτροφωτισμού. Για την ευρύτερη αντίληψη της επίδρασης του φυσικού φωτισμού στο χώρο είναι χρήσιμο να εκτιμηθεί η κατανομή των παραγόντων φυσικού φωτισμού. Οι παράγοντες αυτοί εκφράζουν σε % τον λόγο του φωτισμού σε κάποιο σημείο στο εσωτερικό του κτιρίου , προς τον ολικό φωτισμό (οριζόντια) στο εξωτερικό. Οι ΠΦΦ σε συνθήκες πλήρως νεφοσκεπούς ουρανού εξαρτώνται μόνο από την γεωμετρία και τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των επιφανειών. Συνεπώς αποτελούν σχεδιαστικό παράγοντα με την βοήθεια του οποίου μπορεί να γίνει μια αρχική εκτίμηση της επάρκειας του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του κτιρίου. Γενικά στις περιοχές με τιμές ΠΦΦ < 1% δεν θεωρούμε ότι ο φυσικός φωτισμός

συμβάλλει σημαντικά στα γενικά επίπεδα φωτισμού. Στο συγκεκριμένο χώρο εισέρχεται φυσικός φωτισμός από τα πλευρικά (περιμετρικά) ανοίγματα στα οποα έχει θεωρηθεί ότι χρησιμοποιούνται υαλοπίνακες διαπρατότητας 70%.
Η κατανομή του φυσικού φωτισμού στο δάπεδο του χώρου παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Η ανακλαστικότητα των υλικών επελέγη από αντιπροσωπευτικές τιμές των πραγματικών υλικών που αναφέρονται στο σχέδιο.

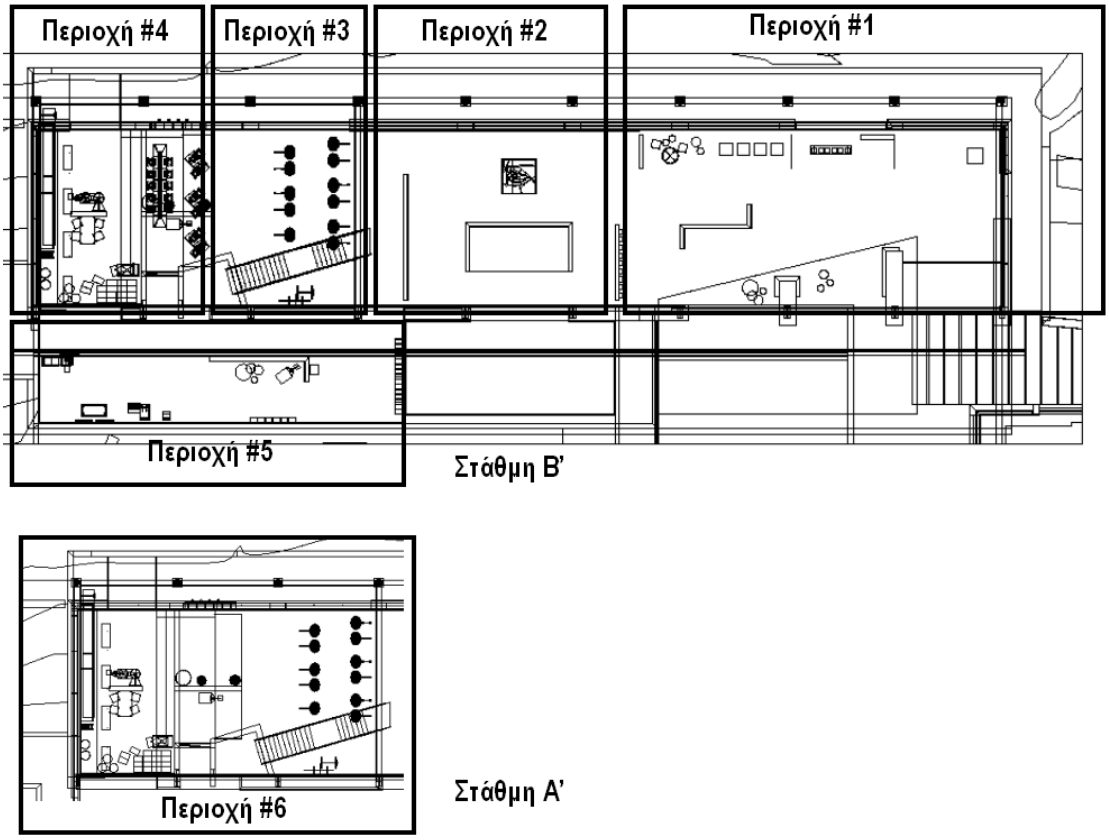


Σχήμα 8: *Κατανομή ΠΦΦ στο δάπεδο.*

Η επίδραση του συστήματος σκίασης είναι φανερή , με αποτέλεσμα ο πυρήνας του χώρου να διατηρείται σε χαμηλά φυσικού φωτισμού.

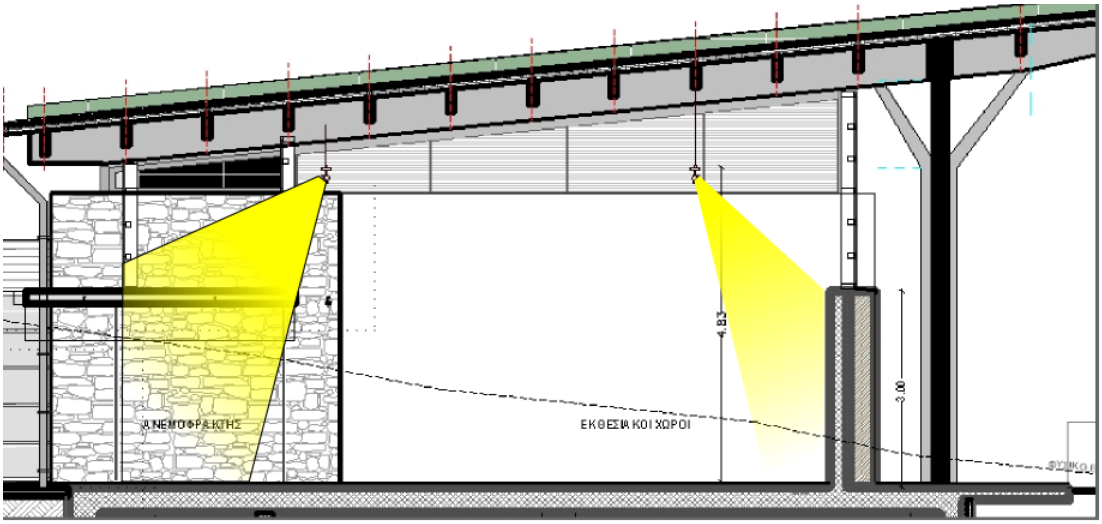
.

- Ο χώρος διαιρέθηκε σε 5 περιοχές στη στάθμη Β' και μία περιοχή στη στάθμη Α' όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



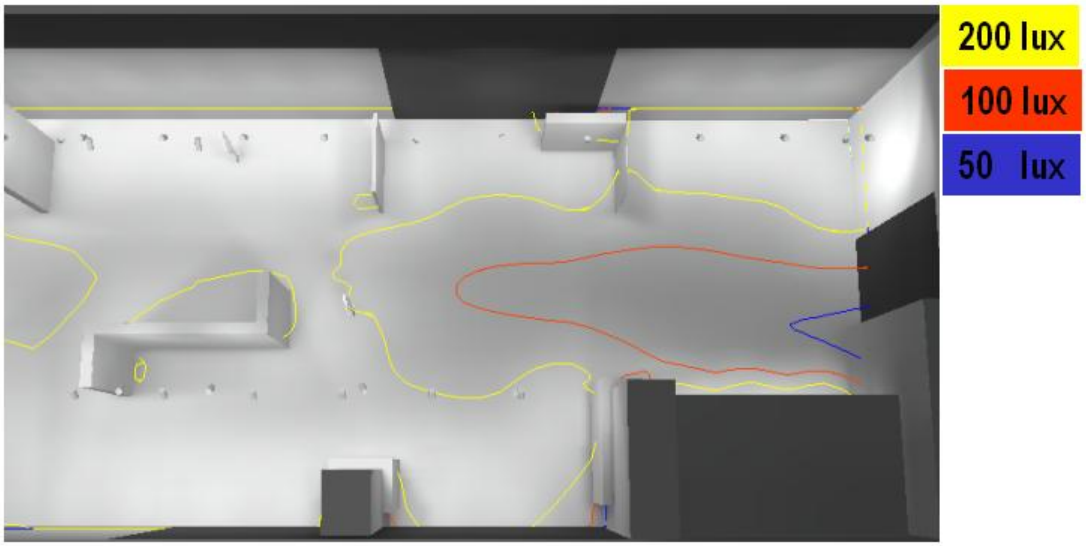
Σχήμα 9: *Περιοχές μελέτης.*

- Στη περιοχή #1 χρησιμοποιήθηκαν ράγες φωτισμού οι οποίες αναρτώνται σε σχετικά μικρή απόσταση από την οροφή. Το ύψος των φωτιστικών είναι 4.7μ. Η σχεδιαστική ιδέα παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

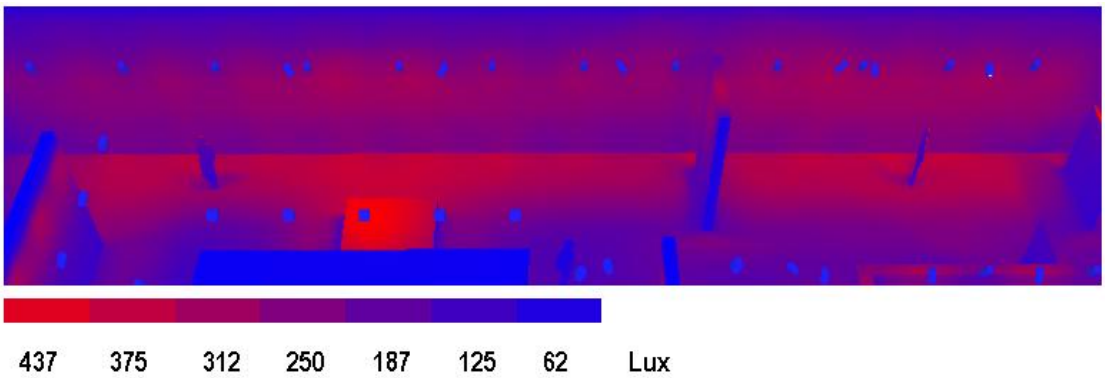


Σχήμα 10: *Χρήση ραγών με προβολείς στη περιοχή #1.*

Χρησιμοποιήθηκαν οι προβολέις Parallel της iGuzzini (4805 + 4803). Αρχικά διερευνήθηκε το σενάριο να χρησιμοποιηθούν προβολείς με ευρεία φωτομετρική κατανομή οι οποίοι θα φώτιζαν και τον πυρήνα του κτιρίου. Παρόλο που η λύση είναι καλύτερη από άποψη κατανάλωσης ενέργειας η θέαση των πηγών φωτισμού είναι πιθανό να δημιουργήσει ενόχληση του εισερχόμενους στο χώρο. Η κλίση των προβολέων είναι μεταξύ 20-30^0 ανάλογα με τα εκθέματα. Είναι προφανές ότι με την προαναφερθείσα διευθέτηση το κεντρικό τμήμα της περιοχής #1 φωτίζεται κυρίως έμμεσα λόγω ανάκλασης. Το γεγονός της μικρής ανακλαστικότητας των πινακίδων οδήγησε σε αύξηση των επιδιωκόμενων επιπέδων φωτισμού σε αυτές ώστε ο γενικός φωτισμός (κυκλοφορίας) να είναι ~200 lux. Οι λαμπτήρες είναι μεταλλικών αλογονιδίων 70 W με θερμοκρασία χρώματος 3000^{0}K ενώ λόγω μικρής απόστασης από το έκθεμα έχει χρησιμοποιηθεί και μικρός αριθμός λαμπήρων με ισχύ 35W. Ο φωτισμός του κέντρου της περιοχής #1 που ενδέχεται να τοποθετηθούν εκθέματα καλύπτεται από προβολείς που τοποθετούνται επί των ραγών. Το αριστερό τμήμα της ίδια περιοχής (σε σχέση με το σχήμα 9) δεν έχει σημαντικό αριθμό εκθεμάτων λόγω ύπαρξης υαλοπετασμάτων. Ετσι η τοποθέτηση των προβολέων σε αυτή τη ράγα έχει σαν σκοπό α) να φωτίσει αντικείμενα που βρίσκονται στο έδαφος και β) να προσφέρει γενικό φωτισμό.

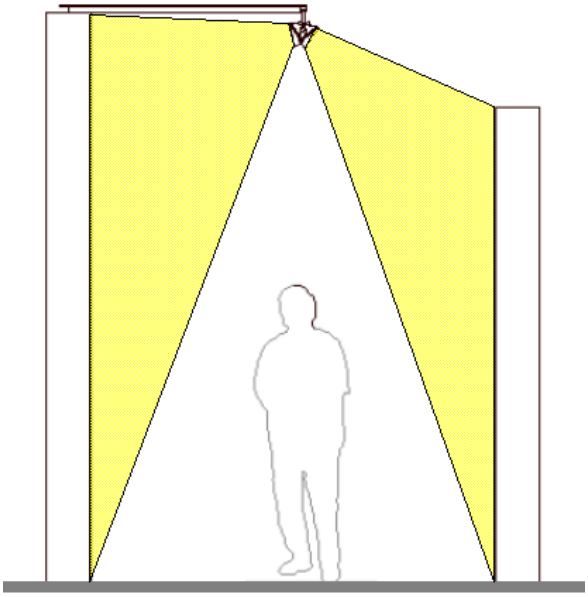


Σχήμα 11: *Κατανομή επιπέδων φωτισμού στη περιοχή #1.*



Σχήμα 12: *Κατανομή επιπέδων φωτισμού στις κατακόρυφες επιφάνειες της περιοχής #1. Στο δεξί τμήμα της εικόνας τα επίπεδα είναι αυξημένα λόγω παρουσίας πρόσθετων προβολέων (βλ. Σχέδιο).*

Στη περιοχή της εισόδου της περιοχής χρησιμοποιήηκαν 9 χωνευτά spots (iGuzzini Laser 8003). Αυτά φέρουν λαμπτήρα τύπου OSRAM DECOSTAR 51 50W 60^0. **Υπάρχει μια ασυμφωνία μεταξύ της κάτοψης και της τομής του χώρου με αποτέλεσμα τα φωτιστικά να τοποθετηθούν με βάση τη κάτοψη.** Τα συγκεκριμένα φωτιστικά χρειάζονται σχετική τροφοδοσία από μετασχηματιστή λόγω χρήσης λαμπτήρων χαμηλής τάσης (50 W, 12V).
Στη περιοχή #2 του χώρου το σύστημα φωτισμού αλλάζει. Υπάρχουν κάθετα εκθέματα τα οποία εκτείνονται σε όλο το ύψος των τοιχίων (ύψη από 3 και 3.6 μ.). Σε αυτή τη περίπτωση τα φωτιστικά έχουν στηριχθεί επί των ψηλότερων τοιχίων με τη βοήθεια μεταλλικών βραχιόνων όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

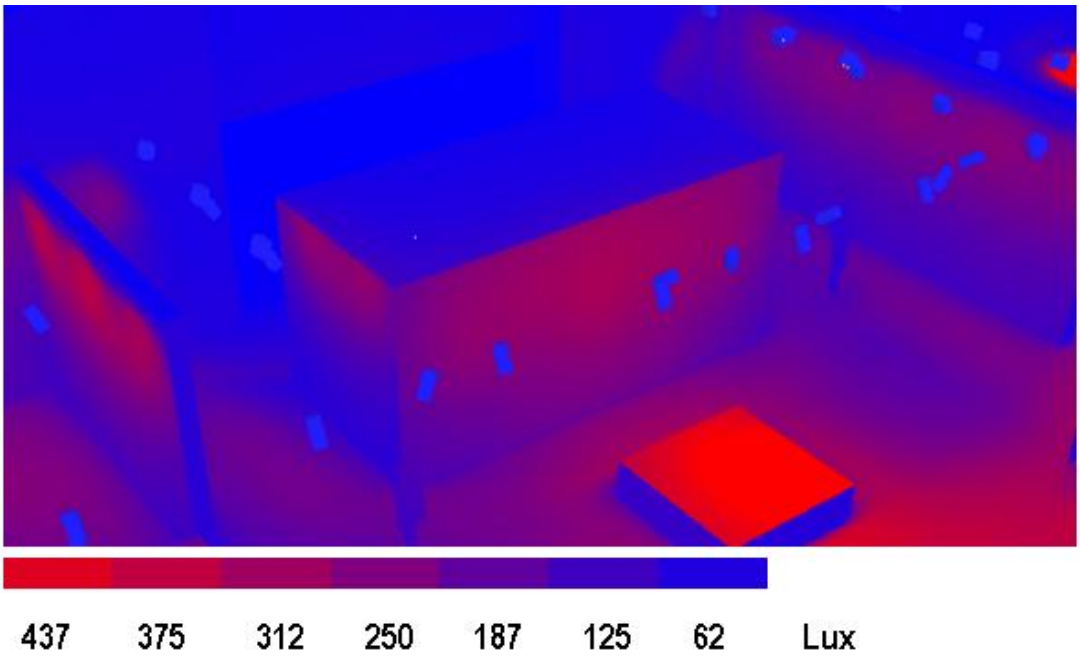


Σχήμα 13: *Ενδεικτικό σύστημα στήριξης των φωτιστικών.*

Τα φωτιστικά που επελέγησαν έπρεπε να καλύπτουν τις εξής απαιτήσεις :

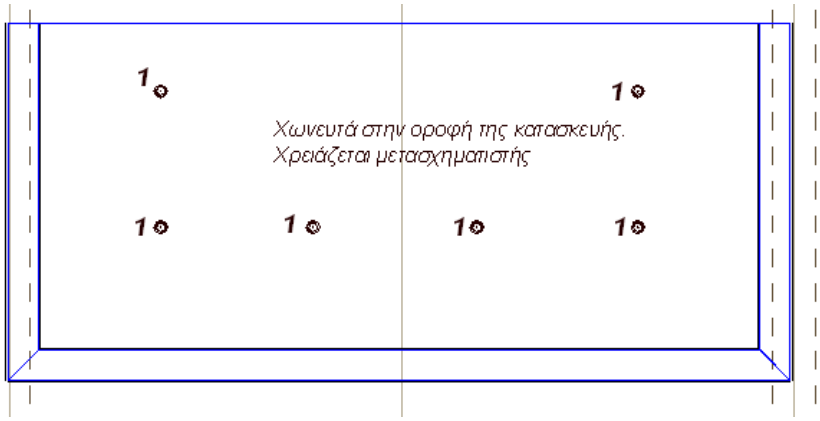
1. Να έχουν μικρό βάρος.
2. Ο αριθμός τους να είναι περιορισμένος
3. Να έχουν ασσύμετρη φωτομετρική κατανομή.

Οι παραπάνω απαιτήσεις οδήγησαν στην επιλογή του φωτιστικού 4818 της iGuzzini με λαμπτήρα αλογόνου 150W. Ζυγίζει 1 χγρ. με ευρεία φωτομετρική κτανομή η οποία γίνεται ελαφρώς ασσύμετρη με τη προσαρμογή ειδικής μάσκας (κωδ. 9888). Αυτά τοποθετούνται περίπου στο ύψος των τοιχίων ώστε να μην είναι ορατός ο λαμπτήρας από την αντίθετη πλευρά και να μην δημιουργούνται έντονες σκιές στα γειτονικά εκθέματα (βλ. σχετικά σχέδια)



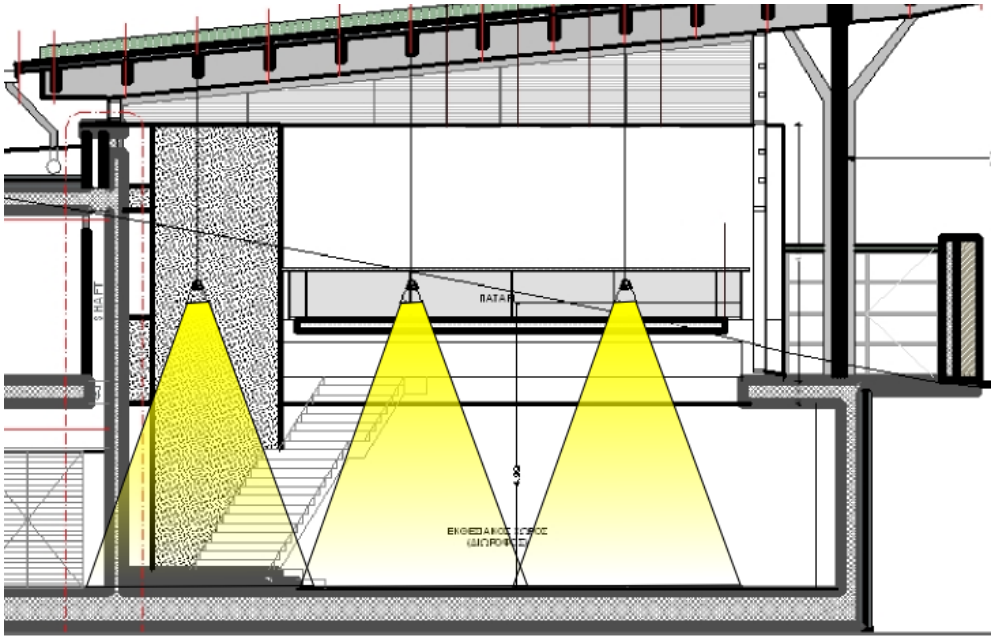
Σχήμα 14: *Κατανομή επιπέδων φωτισμού στις κατακόρυφες επιφάνειες της περιοχής #2.*

Η ύπαρξη dimmer για τα συγκεκριμένα φωτιστικά θα μπορούσε να δώσει τη δυνατότητα μεταβολής της λαμπρότητας της περιοχής ανάλογα με τις μουσειολογικές απαιτήσεις. Στο κέντρο αυτής περιοχής (#2) υπάρχει σχεδόν κλειστή κατασκευή στο εσωτερικό της οποίας δεν είναι δυνατό να τοποθετηθούν τα προαναφερθέντα φωτιστικά. Όπως παρουσιάζεται και στο παρακάτω σχήμα χρησιμοποιήθηκαν χωνευτά φωτιστικά μεταβαλλόμενης κλίσης υπό τη προυπόθεση ότι η οροφή της συγκεκριμένης κατασκευής έχει το απαραίτητο πάχος (>15 εκ). Τα συγκεκριμένα φωτιστικά χρειάζονται σχετική τροφοδοσία από μετασχηματιστή λόγω χρήσης λαμπτήρων χαμηλής τάσης (75 W, 12V).



Σχήμα 15: *Τοποθέτηση φωτιστικών στο εσωτερικό της κλειστής κατασκευής στη περιοχή #2.*

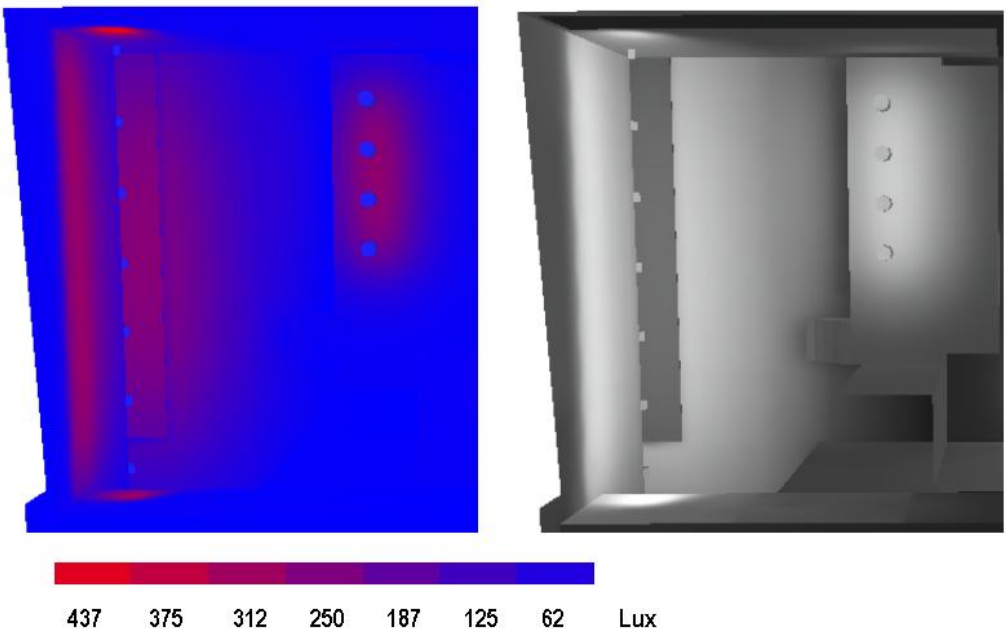
Η περιοχή #3 παρουσιάζει την εξής ιδιομορφία. Εκτείνεται καθ' ύψος από τη στάθμη Α' μέχρι την οροφή (διώροφος). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αν χρησιμοποιηθεί γενικό σύστημα φωτισμού σε ύψος μεγαλύτερο από το δάπεδο της στάθμης Β' να επηρεαστεί ο φωτισμός των περιοχών #2, #4. Επιπρόσθετα τη περιοχή #4 χρησιμοποιούνται υπολογιστές με αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλημάτων θάμβωσης. Το σύστημα φωτισμού που υιοθετήθηκε αναρτάται από την οροφή σε ύψος ~5μ. από το δάπεδο της στάθμης Α' όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 16: *Σύστημα φωτισμού περιοχής #3.*

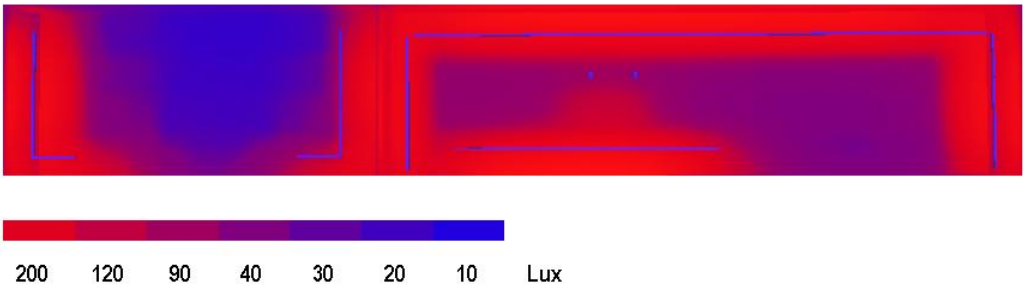
Τα φωτιστικά που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι αναρτώμενες 'καμπάνες' με λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων ισχύος 70W εκτός από τα δύο φωτιστικά τα οποία βρίσκονται πάνω από τα εκθέματα τα οποία φέρουν λαμπτήρα 150W.

Στη περιοχή #4 φωτίζεται ο τοίχος με σειρά προβολέων ευρείας δέσμης οι οποίοι αναρτώνται σε ράγα ίδιου ύψους με τις προηγούμενες της περιοχής #1. Από την ανάλυση του φυσικού φωτισμού είναι φανερό ότι το πατάρι με το αναγνωστήριο μπορεί να βασίσει τη λειτουργία του στη παροχή φυσικού φωτισμού. Συνεπώς μόνο με τη χρήση επιτραπέζιων φωτιστικών μπορούν καλυφθούν οι ανάγκες ιδίως κατά τις απογευματινές ώρες των χειμερινών μηνών. Η λύση που προτείνεται (ομοιογένεια) είναι η χρήση ίδιας μορφής φωτιστικών με αυτά του χώρου #3 αλλά ο λαμπτήρας που φέρουν είναι πυράκτωσης.



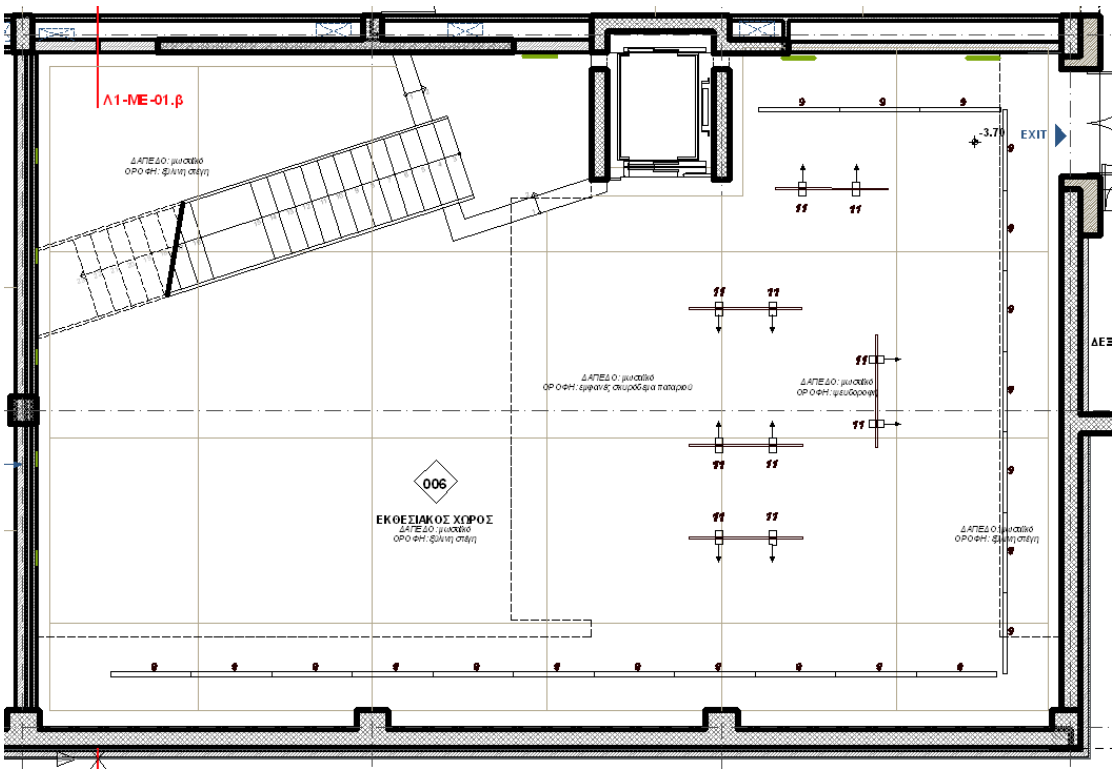
Σχήμα 17: *Κατανομή επιπέδων φωτισμού στις επιφάνειες της περιοχής #4.*

Στις περιοχές #5 και #6 χρησιμοποιείται το ίδιο σύστημα το οποίο αποτελείται απο συνεχή γραμμή φωτιστικών με γραμμικό λαμπτήρα φθορισμού και ασύμμετρη φωτομετρική κατανομή (iGuzzini Lineup wall-washer με λαμπτήρα φθορισμού ισχύος 35W). Στην αίθουσα προβολής έχει τοποθετηθεί το ίδιο σύστημα όμως πλησίον της οθόνης έχει χρησιμοποιηθεί μικρότερων διαστάσεων φωτιστικό. Στον συγκεκριμένο χώρο τα φωτιστικά είναι εφοδιασμένα με ηλεκτρονική διάταξη ρύθμιση της φωτεινής ροής με τη βοήθεια τάσης 0-10V. Ο έλεγχος δεν γίνεται αυτόματα αλλά ρυθμίζεται in-situ. Για τα εκθέματα που τυχόν τοποθετηθούν έχουν προβλεφθεί μονοφασικές χωνευτές ράγες στην ψευδοροφή στις οποίες τοποθετούνται spots (iGuzzini Parallel square). **Το βάθος της ψευδοροφής χρειάζεται να είναι τουλάχιστον 10 εκ. μιας και τι ύψος του χωνευτού φωτιστικού είναι 9 εκ.**



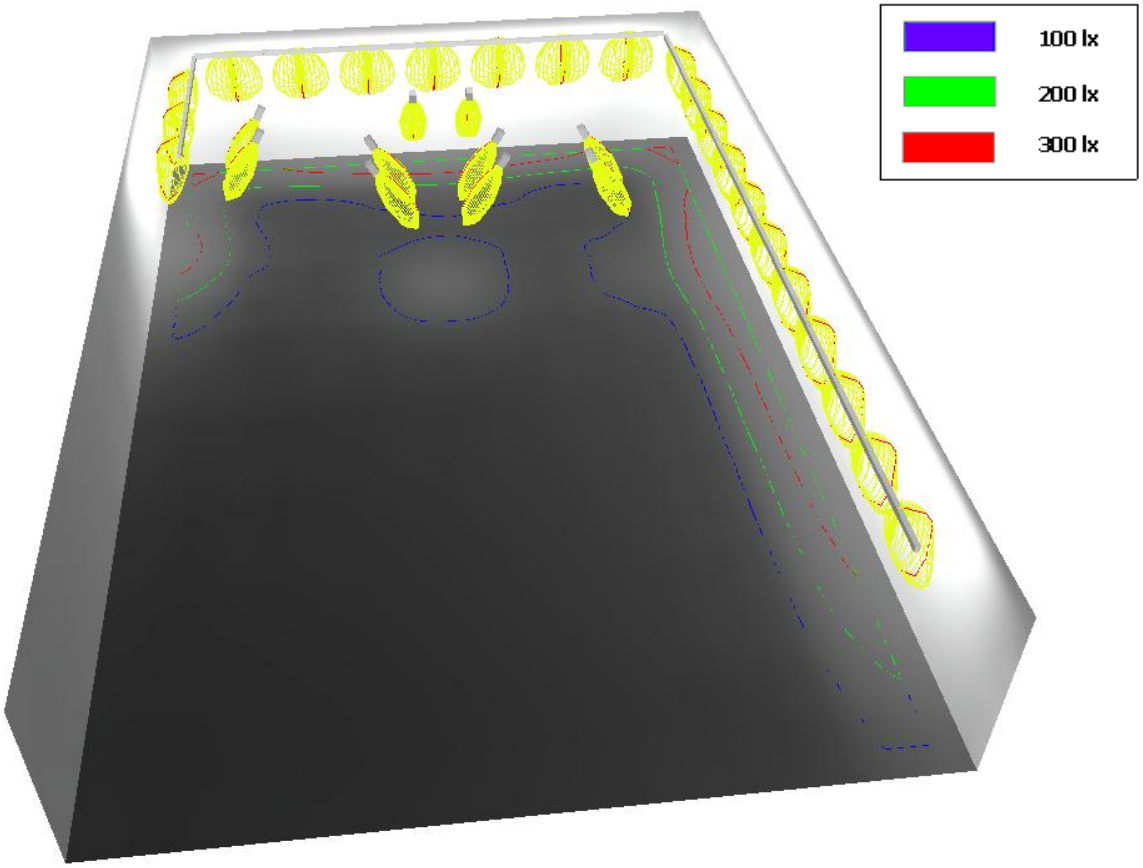
Σχήμα 18: *Κατανομή επιπέδων φωτισμού στις επιφάνειες της περιοχής #5.*

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ίδια στρατηγική ηακολουθήθηκε και στην περιοχή #6.

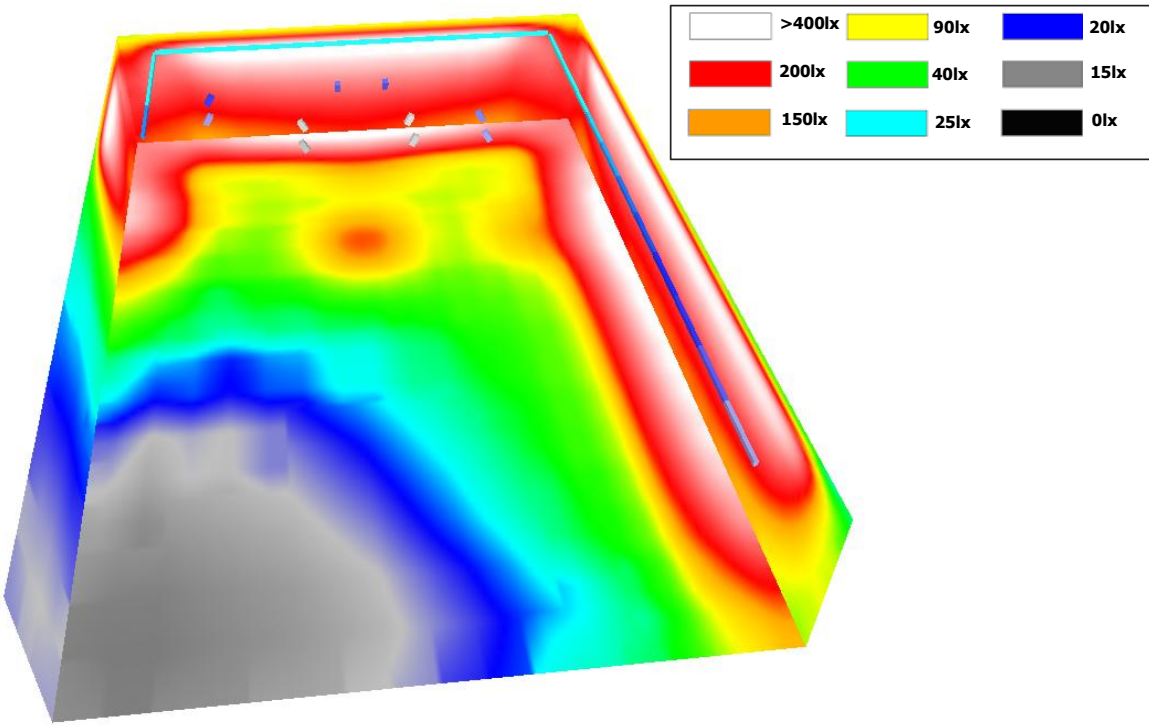


Σχήμα 19: *Θέσεις των φωτιστικών στην περιοχή #6.*

Συνολικά χρησιμοποιούνται 10 φωτιστικά spot τα οποία έχουν την δυνατότητα περιστροφής σε δύο άξονες (90° κατακόρυφα και 340° οριζόντια) και είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα αλογόνου ισχύος 100W (24V) και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C. Τροφοδοτούνται δε με 230V.
Η φωτοτεχνική ανάλυση για τον συγκεκριμένο χώρο παρουσιάζεται στα ακόλουθα σχήματα.

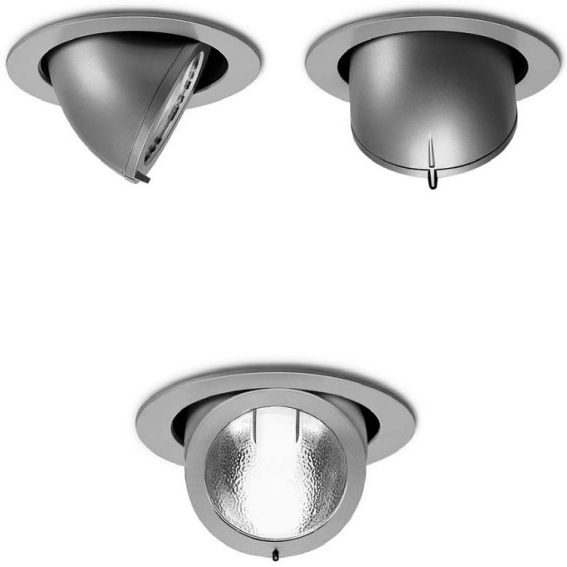


Σχήμα 20: *Φωτομετρικές καμπύλες φωτιστικών και επίπεδα φωτισμού στη περιοχή #6.*

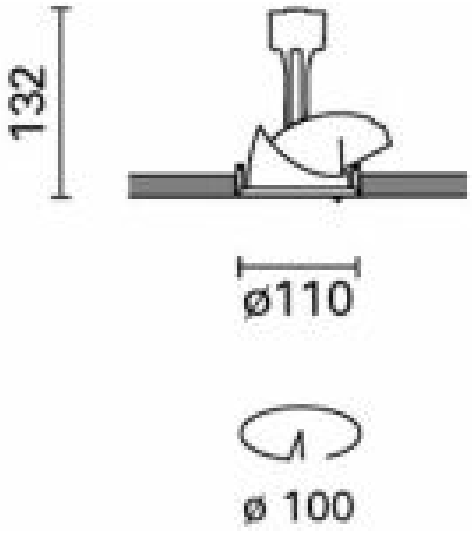


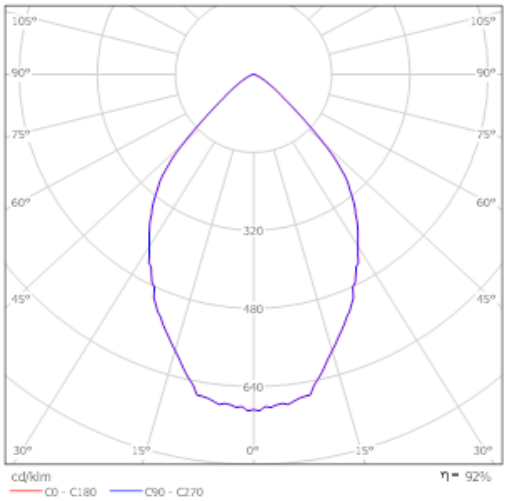
Σχήμα 21: *Κατανομή επιπέδων φωτισμού στις επιφάνειες της περιοχής #6.*

Φωτιστικό #1: Pixel Plus small της iGuzzini [4265]



Φωτιστικό κατασκευασμένο από αλουμίνιο, κατάλληλο για τοποθέτηση σε ψευδοροφές, με IP 23. Έχει την δυνατότητα περιστροφής σε δύο άξονες (65° κατακόρυφα και 355° οριζόντια). Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα αλογόνου ισχύος 75W (12V) και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C.





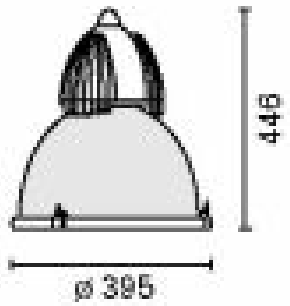
850°C IP 23

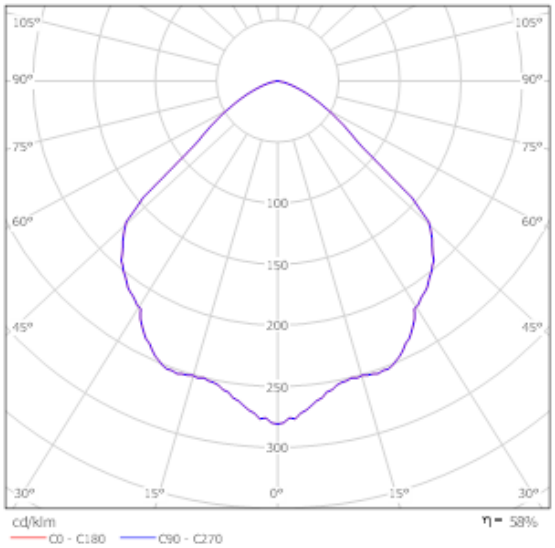
Φωτιστικό #2: Επιτραπέζιο φωτιστικό (χρειάζονται μόνο αναμονές στη περιοχή)

	.

Φωτιστικό #3: Berlino Aluminium small της iGuzzini [4305]

Φωτιστικό με IP 65 κατάλληλο για εσωτερική και εξωτερική χρήση. Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα metal halide ισχύος 70W και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C.

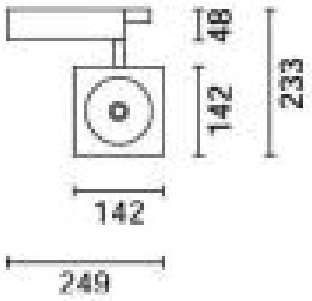


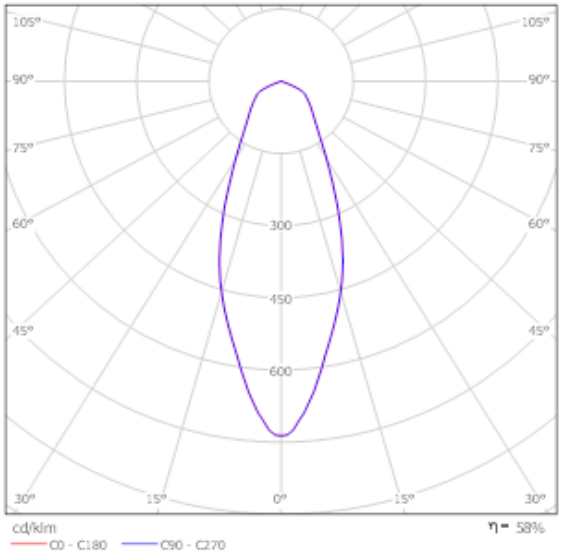


960°C IP 65

Φωτιστικό #4: Parallel square HIT (CDM-TC) 35W της iGuzzini [4803]

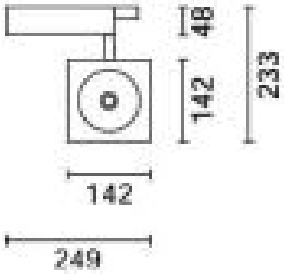
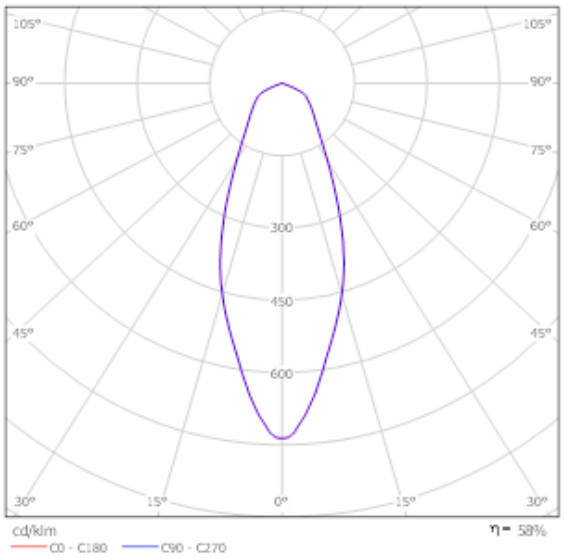
Φωτιστικό κατασκευασμένο από αλουμίνιο με IP 40. Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα metal halide ισχύος 35W και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C.



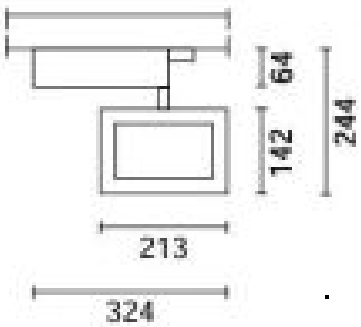
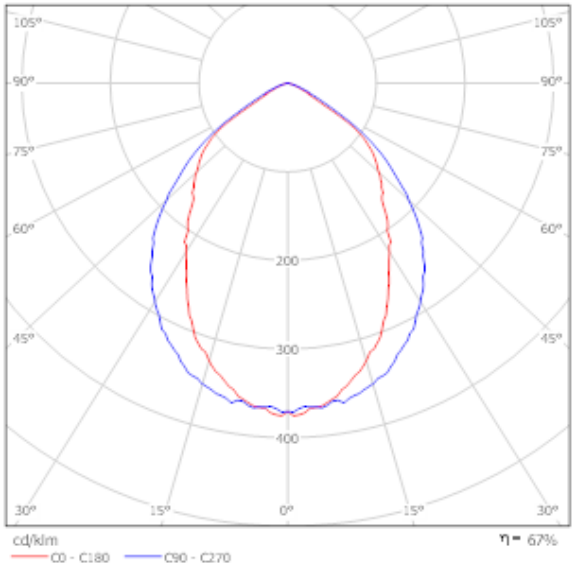


850°C IP 40

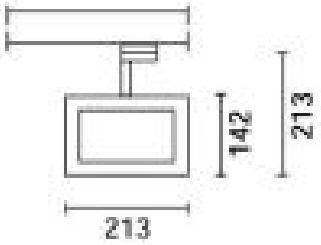
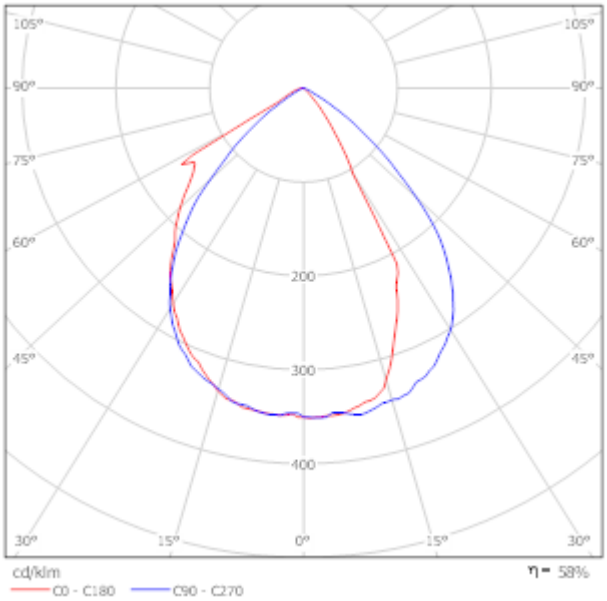
Φωτιστικό #5: Parallel square HIT (CDM-TC) 70W της iGuzzini [4805]

<table>
<tr>
<td> </td>
<td>Φωτιστικό κατασκευασμένο από αλουμίνιο με IP 40. Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα metal halide ισχύος 70W και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C.</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">850°C F IP 40</td>
</tr>
</table>

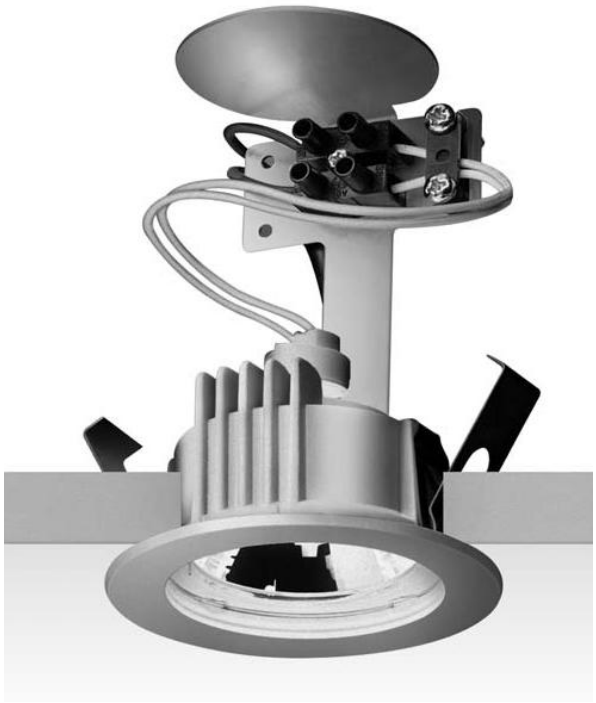
Φωτιστικό #6: Parallel rectangular HIT-DE 70W της iGuzzini [4816]

<table>
<tr>
<td> </td>
<td>Φωτιστικό κατασκευασμένο από αλουμίνιο με IP 40. Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα metal halide ισχύος 70W και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C.</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">850°C IP 40</td>
</tr>
</table>

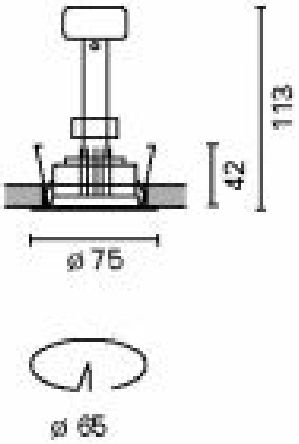
Φωτιστικό #7: Parallel rectangular QT-DE 150 + Asymmetrical screen accessory της iGuzzini [4818+9888]

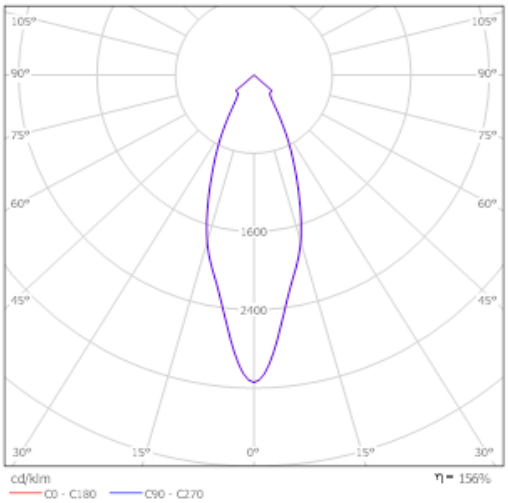
<table>
<tr>
<td> </td>
<td>Φωτιστικό κατασκευασμένο από αλουμίνιο με IP 40. . Έχει την δυνατότητα περιστροφής σε δύο άξονες (90° κατακόρυφα και 340° οριζόντια).Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα αλογόνου ισχύος 150W και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C. Επίσης είναι εφοδιασμένο με το εξάρτημα 9888 για δημιουργία σύμμετρης δέσμης.</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">850°C IP 40</td>
</tr>
</table>

Φωτιστικό #8: Laser fixed square της iGuzzini [8003]



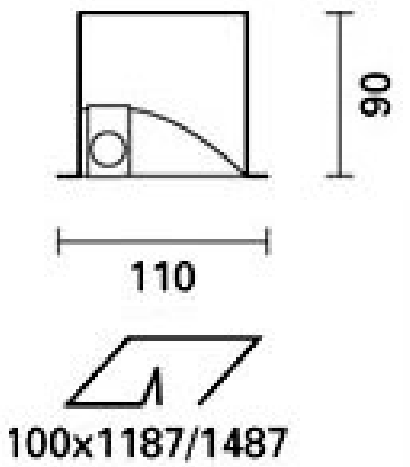
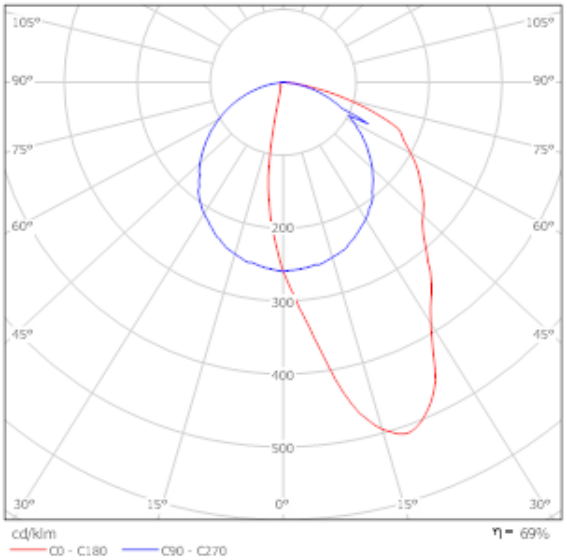
Φωτιστικό κατασκευασμένο από αλουμίνιο, κατάλληλο για τοποθέτηση σε ψευδοροφές, με IP 23. Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα αλογόνου ισχύος 50W (12V) και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C.





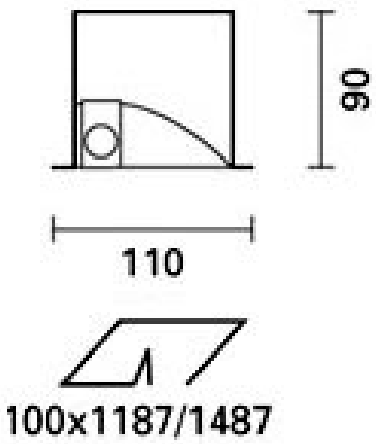
850°C IP 23

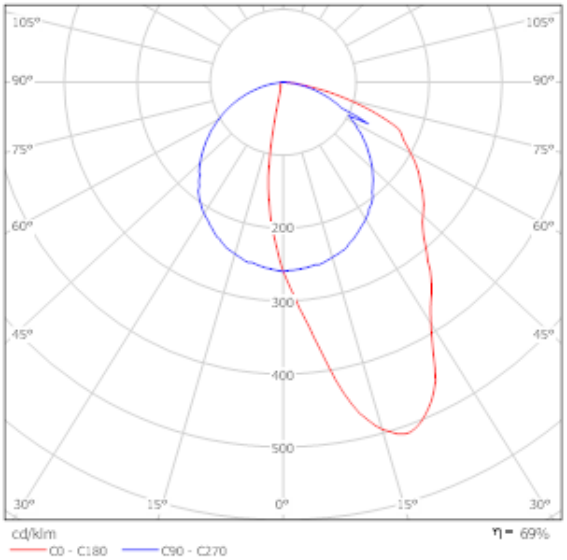
Φωτιστικό #9: Lineup wall-washer της iGuzzini [5801]

<table>
<tr>
<td> </td>
<td>Φωτιστικό ασύμμετρης δέσμης για wall-washing (μήκους 1.5m), κατάλληλο για τοποθέτηση σε ψευδοροφές, με IP 20. Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα φθορισμού T5, ισχύος 35W και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C. Το φωτιστικό φέρει ηλεκτρονική ρυθμιστική διάταξη για την ρύθμιση της φωτεινής ροής με την βοήθεια τάσης 0-10V.</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">850°C IP 20</td>
</tr>
</table>

Φωτιστικό #10: Lineup wall-washer της iGuzzini [5800]

Φωτιστικό ασύμμετρης δέσμης για wall-washing (μήκους 1.2m), κατάλληλο για τοποθέτηση σε ψευδοροφές, με IP 20. Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα φθορισμού T5, ισχύος 28W και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C. Το φωτιστικό φέρει ηλεκτρονική ρυθμιστική διάταξη για την ρύθμιση της φωτεινής ροής με την βοήθεια τάσης 0-10V.

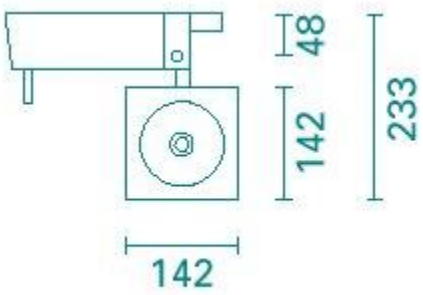


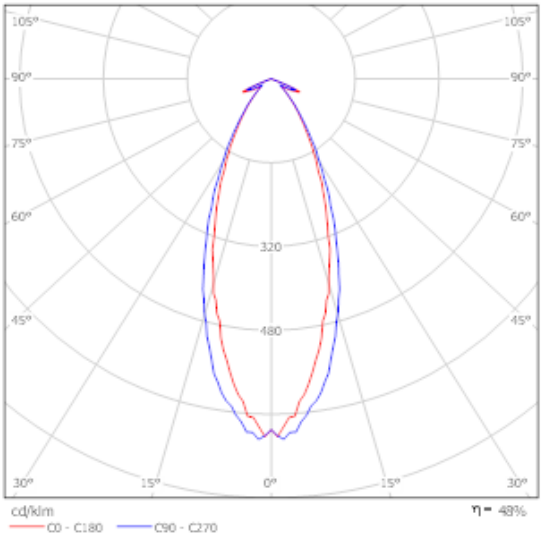


850°C IP 20

Φωτιστικό #11: Parallel square της iGuzzini [4811]

Φωτιστικό κατασκευασμένο από αλουμίνιο με IP 40. Έχει την δυνατότητα περιστροφής σε δύο άξονες (90° κατακόρυφα και 340° οριζόντια). Είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα αλογόνου ισχύος 100W (24V) και θερμοκρασίας χρώματος 3000°C. Τροφοδοτείται με 230V.





850°C IP 40