



Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Κτιρίων

Διπλωματική Εργασία

Η ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΡΑΦΙΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΙΣ ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ
ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Αθανάσιος Αναστασιάδης

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αικατερίνη Μερέση

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2022

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Η απόδοση των ραφιών φωτισμού σε διάφορους
προσανατολισμούς στην Ελλάδα με κριτήριο αξιολόγησης τις
Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού

Αθανάσιος Αναστασιάδης

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αικατερίνη Μερέση

Δρ. Αρχιτέκτων Μηχανικός Α.Π.Θ.

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Στέλλα Τσόκα

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2022

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια της Διπλωματικής Εργασίας, κα Αικατερίνη Μερέση για την αμέριστη στήριξη, της επισημάνσεις και την άμεση ανταπόκριση που μου προσέφερε σε όλο το δύσκολο ταξίδι της εκπόνησης της Διπλωματικής εργασίας, καθώς και την συν επιβλέπουσα καθηγήτρια κα Τσόκα για τη συμπαράστασή της.

Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τη σύζυγο μου Βούλα και τους δύο θησαυρούς μας, Δάφνη και Θησέα, για την πολυεπίπεδη στήριξή τους κατά τη διάρκεια σπουδής του μεταπτυχιακού.

Περίληψη

Η ορθή ένταξη του φυσικού φωτισμού στα κτίρια αποσκοπεί στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης και στην ελαχιστοποίηση των φορτίων τεχνητού φωτισμού, θέρμανσης και ψύξης. Η εισαγωγή συστημάτων φυσικού φωτισμού μπορεί να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός κτιρίου και επίσης να βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα του φωτός σ' ένα εσωτερικό περιβάλλον. Τα ράφια φωτισμού αποτελούν ένα φυσικό σύστημα φωτισμού που εγκαθίσταται μέσω ή/και έξω από το παράθυρο και αφενός επιτρέπει στο φυσικό φως να εισχωρεί βαθιά μέσα στο χώρο αντανakλώντας το φως από τον ανακλαστήρα του ραφιού φωτός και την οροφή του εσωτερικού χώρου και αφετέρου με τη σκίαση βελτιώνουν την ισορροπία του εσωτερικού φωτισμού εμποδίζοντας την είσοδο υπερβολικού φυσικού φωτός από το παράθυρο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μια νέα προσέγγιση για την αξιολόγηση της δυναμικής του φυσικού φωτισμού είναι αυτή των Χρήσιμων Τιμών Φυσικού Φωτισμού και συγκεκριμένα οι τιμές που εμπίπτουν στην περιοχή 100 - 2000 lux.

Με δεδομένη την χρήση του ραφιού φωτισμού ως ένα από τα πιο απλά συστήματα διαχείρισης του ημερήσιου φωτισμού, τόσο για το χαμηλό κόστος όσο και για την εύκολη τοποθέτησή του σε υφιστάμενες κατασκευές, εξετάζεται στην παρούσα εργασία, η απόδοσή του σε χώρους γραφείων, σε διάφορους προσανατολισμούς στην Ελλάδα, με κριτήριο τις Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν μέσω προσομοίωσης, καταδεικνύουν τους ευνοϊκότερους προσανατολισμούς τοποθέτησης ραφιών φωτισμού στον Ελληνικό χώρο.

Λέξεις – Κλειδιά

ράφια φωτισμού, Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού

The performance of light shelves in various orientations in Greece with evaluation criteria the Useful Daylight Illuminance

Athanasios Anastasiadis

Abstract

The correct inclusion of natural lighting in buildings aims to improve their energy efficiency and minimize artificial lighting, heating and cooling loads. The introduction of natural lighting systems can significantly reduce a building's electricity consumption and also significantly improve the quality of light in an indoor environment. Light shelves are a natural lighting system that is installed inside and/or outside the window and on the one hand allows natural light to penetrate deep into the space by reflecting the light from the light shelf reflector and the ceiling of the interior space and on the other hand by shading to improve the interior lighting balance by preventing excessive natural light from entering the window during the day. A new approach to evaluating the dynamics of natural lighting is that of Useful Daylight Illuminance values, specifically the values that fall in the range of 100 - 2000 lux.

Given the use of the lighting shelf as one of the simplest day lighting management systems, both for its low cost and for its easy installation in existing structures, the present work examines its performance in office spaces, in various orientations in Greece, based on the Useful Daylight Illuminance. The results obtained through simulation, demonstrate the most favorable orientations for placing light shelves in the Greek area.

Keywords

light shelves, Useful Daylight Illuminance

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract.....	vi
Περιεχόμενα	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	viii
Κατάλογος Πινάκων	xvii
Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xviii
Σημαντικότερα σημεία εργασίας.....	xiv
Συνεισφορά εργασίας.....	xv
Εισαγωγή.....	xvi
1. Το Φυσικό Φως	1
1.1 Η φύση του φωτός	2
1.2 Ανθρώπινη υγεία και φυσικό φως	6
2. Κριτήρια Αξιολόγησης Φυσικού Φωτισμού στα κτίρια	8
2.1 Ποσοτικά κριτήρια	9
2.2 Ποιοτικά κριτήρια	10
2.3 Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού	11
3. Ενίσχυση φυσικού φωτισμού στα κτίρια	13
3.1 Τεχνικές Ενίσχυσης Φυσικού Φωτισμού	13
3.2 Ράφια Φωτισμού	14
4. Πρόσφατες μελέτες πάνω στην απόδοση των ραφιών φωτισμού	21
4.1 Ράφια φωτισμού σε κτίρια γραφείων στο Toronto	24
4.2 Ράφια φωτισμού με χρήση μοντέλων στη Μαδρίτη	27
4.3 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής έρευνας	29
5. Πειραματική Διαδικασία	30
5.1 Στόχοι και παραδοχές έρευνας	30
5.2 Εργαλεία έρευνας.....	31
6. Αποτελέσματα πειραματικής διαδικασίας.....	32
6.1 Προσανατολισμοί.....	33
6.1.1 Βόρειος προσανατολισμός.....	33
6.1.2 Βορειοανατολικός προσανατολισμός.....	42
6.1.3 Ανατολικός προσανατολισμός.....	51
6.1.4 Νοτιοανατολικός προσανατολισμός.....	60
6.1.5 Νότιος προσανατολισμός.....	69
6.1.6 Νοτιοδυτικός προσανατολισμός.....	78
6.1.7 Δυτικός προσανατολισμός.....	87
6.1.8 Βορειοδυτικός προσανατολισμός.....	96
6.2 Συμπεράσματα.....	105
Βιβλιογραφία	108

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 3-1 Εισροή φωτός ανάλογα με την εγκατάσταση του ραφιού φωτισμού: α) χωρίς ράφι φωτισμού, β) με ράφι φωτισμού (Lee, Zhao και Seo, 2021).....	15
Εικόνα 3-2 Η ιδέα του ραφιού φωτισμού (Almusaed, 2011).....	17
Εικόνα 3-3 Τομή ανοίγματος με ράφια φωτισμού τοποθετημένα εσωτερικά και εξωτερικά του ανοίγματος (© M. Κατσίμπουρα).....	18
Εικόνα 3-4 Σχεδιαστικές παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοση των ραφιών φωτισμού (© Α. Τσαγκρασούλης).....	18
Εικόνα 3-5 Μεταβλητές που σχετίζονται με τα ράφια φωτισμού (Lee, Zhao και Seo, 2021).....	19
Εικόνα 4-1 Σχηματική απεικόνιση μεταβλητών που σχετίζονται με φωτοβολταϊκά εξαρτήματα σε ράφια φωτισμού: (a) σύνθεση Φ/Β μονάδων, (b) δομή των φωτοβολταϊκών μονάδων, (c) τομή φωτοβολταϊκής μονάδας (Lee, Zhao και Seo, 2021).....	23
Εικόνα 4-2 Σχηματική απεικόνιση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε Φ/Β στοχεία (Lee, Zhao και Seo, 2021).....	24
Εικόνα 4-3. Παραδείγματα εξωτερικών και εσωτερικών ραφιών φωτισμού σε κτίρια γραφείων στη Βόρεια Αμερική (από αριστερά προς τα δεξιά): Air Force Weather Agency headquarter (NE, USA), Wallace Roberts Todd office (PA, USA) και Armstrong World Industries office (PA, USA). (© Berardi and Anaraki).....	25
Εικόνα 5-1 Το μοντέλο της τυπικής αίθουσας γραφείων με εξωτερικό ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect2011.....	31
Εικόνα 5-2 Εύρη των τιμών φυσικού φωτισμού, Πρωτότυπη πηγή: Nabil & Mardaljevic, 2006, Πηγή σε επεξεργασία: Μερέση, 2010.....	32
Εικόνα 6-1 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	33
Εικόνα 6-2 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	33
Εικόνα 6-3 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	34
Εικόνα 6-4 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	34
Εικόνα 6-5 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	35
Εικόνα 6-6 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	35
Εικόνα 6-7 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	36
Εικόνα 6-8 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	36

Εικόνα 6-9 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	37
Εικόνα 6-10 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00μ.μ.με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	37
Εικόνα 6-11 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	38
Εικόνα 6-12 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	38
Εικόνα 6-13 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	39
Εικόνα 6-14 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ.με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	39
Εικόνα 6-15 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	40
Εικόνα 6-16 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	40
Εικόνα 6-17 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	42
Εικόνα 6-18 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	42
Εικόνα 6-19 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	43
Εικόνα 6-20 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	43
Εικόνα 6-21 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	44
Εικόνα 6-22 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	44
Εικόνα 6-23 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	45
Εικόνα 6-24 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	45
Εικόνα 6-25 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	46
Εικόνα 6-26 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ.με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	46
Εικόνα 6-27 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	47
Εικόνα 6-28 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ.χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	47

Εικόνα 6-29 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	48
Εικόνα 6-30 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	48
Εικόνα 6-31 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	49
Εικόνα 6-32 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	49
Εικόνα 6-33 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	51
Εικόνα 6-34 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	51
Εικόνα 6-35 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	52
Εικόνα 6-36 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	52
Εικόνα 6-37 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	53
Εικόνα 6-38 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	53
Εικόνα 6-39 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	54
Εικόνα 6-40 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	54
Εικόνα 6-41 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	55
Εικόνα 6-42 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	55
Εικόνα 6-43 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	56
Εικόνα 6-44 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	56
Εικόνα 6-45 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	57
Εικόνα 6-46 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	57
Εικόνα 6-47 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	58
Εικόνα 6-48 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	58
Εικόνα 6-49 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	60

Εικόνα 6-50 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	60
Εικόνα 6-51 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	61
Εικόνα 6-52 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	61
Εικόνα 6-53 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	62
Εικόνα 6-54 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	62
Εικόνα 6-55 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	63
Εικόνα 6-56 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	63
Εικόνα 6-57 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	64
Εικόνα 6-58 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	64
Εικόνα 6-59 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	65
Εικόνα 6-60 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	65
Εικόνα 6-61 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	66
Εικόνα 6-62 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	66
Εικόνα 6-63 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	67
Εικόνα 6-64 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	67
Εικόνα 6-65 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	69
Εικόνα 6-66 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού με ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	69
Εικόνα 6-67 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Ecotect - Radiance.....	70
Εικόνα 6-68 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού χωρίς ράφι φωτισμού, Πηγή: Autocad.....	70

Εικόνα 6-69 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	71
Εικόνα 6-70 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	71
Εικόνα 6-71 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	72
Εικόνα 6-72 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	72
Εικόνα 6-73 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	73
Εικόνα 6-74 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	73
Εικόνα 6-75 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	74
Εικόνα 6-76 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	74
Εικόνα 6-77 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	75
Εικόνα 6-78 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	75
Εικόνα 6-79 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	76
Εικόνα 6-80 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	76
Εικόνα 6-81 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Ecotect - Radiance.....	78
Εικόνα 6-82 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού , Πηγή: Autocad.....	78
Εικόνα 6-83 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Ecotect - Radiance.....	79
Εικόνα 6-84 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού , Πηγή: Autocad.....	79
Εικόνα 6-85 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	80
Εικόνα 6-86 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	80
Εικόνα 6-87 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	81
Εικόνα 6-88 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	81
Εικόνα 6-89 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	82
Εικόνα 6-90 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	82

Εικόνα 6-91 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	83
Εικόνα 6-92 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	83
Εικόνα 6-93 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	84
Εικόνα 6-94 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	84
Εικόνα 6-95 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	85
Εικόνα 6-96 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	85
Εικόνα 6-97 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Ecotect - Radiance.....	87
Εικόνα 6-98 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού , Πηγή: Autocad.....	87
Εικόνα 6-99 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Ecotect - Radiance.....	88
Εικόνα 6-100 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού , Πηγή: Autocad.....	88
Εικόνα 6-101 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	89
Εικόνα 6-102 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	89
Εικόνα 6-103 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	90
Εικόνα 6-104 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	90
Εικόνα 6-105 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	91
Εικόνα 6-106 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	91
Εικόνα 6-107 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	92
Εικόνα 6-108 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	92
Εικόνα 6-109 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	93
Εικόνα 6-110 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	93
Εικόνα 6-111 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	94
Εικόνα 6-112 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	94

Εικόνα 6-113 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Ecotect - Radiance.....	96
Εικόνα 6-114 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού , Πηγή: Autocad.....	96
Εικόνα 6-115 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, σε συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Ecotect - Radiance.....	97
Εικόνα 6-116 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφосκεπούς ουρανού , Πηγή: Autocad.....	97
Εικόνα 6-117 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	98
Εικόνα 6-118 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	98
Εικόνα 6-119 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	99
Εικόνα 6-120 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Autocad.....	99
Εικόνα 6-121 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	100
Εικόνα 6-122 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	100
Εικόνα 6-123 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	101
Εικόνα 6-124 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	101
Εικόνα 6-125 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	102
Εικόνα 6-126 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	102
Εικόνα 6-127 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. , Πηγή: Ecotect - Radiance.....	103
Εικόνα 6-128 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., Πηγή: Autocad.....	103

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 6-1 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βόρειο προσανατολισμό με ράφι φωτισμού.....	41
Πίνακας 6-2 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βόρειο προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού.....	41
Πίνακας 6-3 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βορειοανατολικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού.....	50
Πίνακας 6-4 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βορειοανατολικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού.....	50
Πίνακας 6-5 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στον Ανατολικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού.....	59
Πίνακας 6-6 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στον Ανατολικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού.....	59
Πίνακας 6-7 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νοτιοανατολικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού.....	68
Πίνακας 6-8 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νοτιοανατολικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού.....	68
Πίνακας 6-9 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νότιο προσανατολισμό με ράφι φωτισμού.....	77
Πίνακας 6-10 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νότιο προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού.....	77
Πίνακας 6-11 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νοτιοδυτικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού.....	86
Πίνακας 6-12 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νοτιοδυτικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού.....	86
Πίνακας 6-13 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Δυτικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού.....	95
Πίνακας 6-14 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Δυτικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού.....	95
Πίνακας 6-15 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βορειοδυτικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού.....	104

Πίνακας 6-16 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βορειοδυτικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού...104	
Πίνακας 6-17 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ποσοστών του χώρου, στα όρια των τιμών φυσικού φωτισμού στα τέσσερα χρονικά σενάρια της μελέτης και σε όλους τους προσανατολισμούς.....107	
Πίνακας 6-18 Βελτίωση ή επιδείνωση των Χ.Τ.Φ.Φ με τη χρήση ραφίου φωτισμού, στα τέσσερα χρονικά σενάρια της μελέτης και σε όλους τους προσανατολισμούς.....107	

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Τ.Φ.Φ	Τιμές Φυσικού Φωτισμού
Χ.Τ.Φ.Φ	Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού
Α.Π.Τ.	Αναλογία Παραθύρου προς Τοίχο
Σ.Φ.Φ.	Συντελεστής Φυσικού Φωτισμού
DF	Daylight Factor

Σημαντικότερα σημεία εργασίας

Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε επαγγελματικούς χώρους και ιδιαίτερα σε χώρους γραφείων.

Βελτίωση της ποιότητας του φωτός στο εσωτερικό περιβάλλον επιδρώντας θετικά στην ψυχική και σωματική υγεία των εργαζομένων.

Προσομοίωση συνθηκών φυσικού φωτισμού αίθουσας χώρου γραφείων με εξειδικευμένα λογισμικά.

Αξιολόγηση της δυναμικής του φυσικού φωτισμού με τις Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού.

Επιλογή βέλτιστων προσανατολισμών τοποθέτησης ραφιών φωτισμού και αξιολόγηση σε σχέση με την περίοδο του έτους.

Συνεισφορά εργασίας

Από την πειραματική διαδικασία της συγκεκριμένης έρευνας προέκυψαν συμπεράσματα για τους βέλτιστους προσανατολισμούς τοποθέτησης ραφιών φωτισμού σε χώρους γραφείων και άλλων, στη διάρκεια του έτους, με στόχο να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο στον εκάστοτε μελετητή.

Εισαγωγή

Το συνηθέστερο πρόβλημα των ερευνών που σχετίζονται με το φυσικό φως, είναι το πως θα αυξηθεί η ποσότητα του φωτός στο βάθος των χώρων. Αυτό αποτελεί και το ευρύτερο ερευνητικό πρόβλημα που καλείται να επιλύσει η παρούσα διπλωματική, δηλαδή την ενίσχυση του φυσικού φωτός σε χώρους με μεγάλο βάθος.

Η ορθή ένταξη του φυσικού φωτισμού στα κτίρια μπορεί να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και επίσης να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα του φωτός σ' ένα εσωτερικό περιβάλλον επιδρώντας θετικά στην ψυχοσωματική υγεία των χρηστών τους. Μια ανασκόπηση των αντιδράσεων των ανθρώπων σε εσωτερικά περιβάλλοντα υποδηλώνει ότι το φως της ημέρας είναι επιθυμητό επειδή πληροί δύο πολύ ουσιαστικές ανθρώπινες ανάγκες: να μπορεί κανείς να έχει καλή οπτική της εργασίας του και του χώρου, αλλά και το να μπορεί να αντιληφθεί κάποιο περιβαλλοντικό ερέθισμα (Boyce, 1998). Τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον για τη μελέτη του φυσικού φωτισμού και του σχεδιασμού των ανοιγμάτων στα κτίρια έχει ενταθεί, εξαιτίας της επίδρασης του φυσικού φωτισμού στην απόδοση της εργασίας, αλλά και στην ευημερία των εργαζομένων (Boukekri and Haghighat, 1993).

Τα ράφια φωτισμού (light shelves) είναι ένα φυσικό σύστημα φωτισμού που εγκαθίσταται μέσω ή/και έξω από το παράθυρο και αφενός επιτρέπει στο φως της ημέρας να εισχωρεί μέσα σε ένα κτίριο και αφετέρου να σκιάζει το άνοιγμα. Το μεγαλύτερό τους πλεονέκτημα είναι ότι εισάγουν το φυσικό φως βαθιά μέσα στο δωμάτιο αντανακλώντας το φως από τον ανακλαστήρα του ραφιού φωτός και την οροφή του εσωτερικού χώρου.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί η απόδοση των ραφιών φωτισμού σε διάφορους προσανατολισμούς στον Ελλαδικό χώρο. Κριτήριο αξιολόγησης για τη διερεύνηση επιλέγονται οι Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού καθώς αποτελούν μια νέα προσέγγιση για την αξιολόγηση της δυναμικής του φυσικού φωτισμού και βασίζεται σε μία μέτρηση του πόσο συχνά μέσα στο έτος επιτυγχάνονται ημερήσιοι φωτισμοί εντός κάποιου εύρους. Συγκεκριμένα, ως χρήσιμες τιμές φυσικού φωτισμού ορίζονται αυτές που εμπίπτουν στην περιοχή 100-2000 lux. Μελετώνται τέσσερα σενάρια ανάλογα με

την εποχή του έτους και για κάθε σενάριο γίνονται υπολογισμοί του φυσικού φωτισμού για κάθε ένα από τους οκτώ κυριότερους προσανατολισμούς.

Στο πρώτο κεφάλαιο, εξετάζεται η φύση του φωτός και ιδιαίτερα του φυσικού καθώς και η επίδρασή του στην ανθρώπινη υγεία, σωματικά και ψυχολογικά.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται τα κριτήρια αξιολόγησης του φυσικού φωτισμού στα κτίρια, τόσο τα ποσοτικά όσο και τα ποιοτικά και επικεντρώνεται στην ανάλυση των Χρήσιμων Τιμών Φυσικού Φωτισμού.

Ακολούθως, στο τρίτο κεφάλαιο, αναφέρονται οι τεχνικές ενίσχυσης του φυσικού στα κτίρια και ιδιαίτερα τα ράφια φωτισμού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται πρόσφατες μελέτες πάνω στην απόδοση των ραφιών φωτισμού, σε κτίρια γραφείων και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της βιβλιογραφικής έρευνας.

Στη συνέχεια, στο πέμπτο κεφάλαιο, αναλύεται η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε και ολοκληρώνεται στο έκτο κεφάλαιο όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, σε κάθε προσανατολισμό και χρονικό σενάριο, εξάγοντας τα αντίστοιχα συμπεράσματα. Από την πειραματική διαδικασία της έρευνας, προκύπτουν συμπεράσματα για τους βέλτιστους προσανατολισμούς τοποθέτησης ραφιών φωτισμού, με στόχο να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο στον εκάστοτε μελετητή.

1. Το Φυσικό Φως

Από τις απαρχές της αρχιτεκτονικής και σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της γης, η σχέση του ανθρώπου με το φως έχει ξεπεράσει τα όρια μιας απλής αναγκαιότητας κι έχει προχωρήσει σε επίπεδα που συχνά υπερβαίνουν ακόμη και στοιχεία της αντικειμενικής πραγματικότητας (Plummer, 2009). Ο τρόπος με τον τοπίο το φυσικό φως αντιμετωπίζεται ιστορικά από τους αρχιτέκτονες προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για το ανθρώπινο ήθος κάθε εποχής και συχνά αφηγείται μια ιστορία που διαφέρει από την περισσότερο ορθολογική γλώσσα της μορφής και του χώρου. Οι πιο αξιοσημείωτες από αυτές τις κατασκευές έχουν θρησκευτικό χαρακτήρα, όπου το φως αξιοποιείται με στόχο να προκαλέσει συναισθήματα μυστικισμού και να μεταδώσει την ιερότητα ενός τόπου. Στην περίπτωση αυτή, το φως ταυτίζεται με πνευματικές δυνάμεις και όντα, εκδηλώνοντας μια θεϊκή παρουσία για τους πιστούς. Ακόμη όμως και στα κτίρια αυτά, το φως εκφράζεται με απλότητα και είναι άμεσα αντιληπτό: μια αιθέρια παρουσία στα απώτερα όρια της υλικής ύπαρξης με μια θαυματουργή ικανότητα να δίνει υπόσταση σε πράγματα σε αισθητηριακό επίπεδο και να δημιουργεί, μπροστά στα μάτια του θεατή, μια αιφνίδια και έντονη αίσθηση της ύπαρξής του.

Η έννοια και ο χειρισμός του φυσικού φωτός στην αρχιτεκτονική, απεικονίζουν ένα ευρύ φάσμα πεποιθήσεων και αξιών που δεν μπορούν να εκφραστούν με υλική μορφή. Εκεί εμφανίζεται μια εξαιρετική πρόκληση για τους αρχιτέκτονες, στον τρόπο που μπορούν να διαχειριστούν δημιουργικά το φυσικό φως που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα τη στιγμή που αυτή η ακτινοβολία δεν μπορεί να συλληφθεί ή να επεξεργαστεί με χειρωνακτικό τρόπο. Ο άνθρωπος δεν μπορεί να δει καθόλου το φως εκτός κι αν αυτό στοχεύει απευθείας στο ανθρώπινο μάτι του ή έρχεται με καθυστέρηση έχοντας ανακλαστεί από κάποιο στερεό αντικείμενο ή έχει διηθήσει μέσα από ένα μέσο, όπως ο καπνός και η ομίχλη. Για να ξεπεραστεί αυτή η δύσκολη κατάσταση, οι αρχιτέκτονες κατέφυγαν στον χειρισμό του φωτός, επινοώντας ένα ρεπερτόριο στοιχείων ελέγχου του φυσικού φωτός που θα μπορούσε πλέον να συμπεριφερθεί με τρόπους πέρα από τις εξίσου πολύτιμες φυσικές τους ιδιότητες και συχνά σε απόσταση από αυτές. Στέγες, τοιχοποιίες, ανοίγματα και τελειώματα, οθόνες και μεμβράνες διαμορφώθηκαν σε οπτικά όργανα που μπορούσαν να εμποδίσουν ή να παραλάβουν, να εστιάσουν ή να διασκορπίσουν, να απορροφήσουν ή να αντανακλάσουν την κίνηση του προσπίπτοντος φωτός που είχαν λάβει, αλλά μπορούσαν

επίσης να στείλουν αυτό το φως όπου και όποτε ήθελαν οι κατασκευαστές και με όποια ένταση ή συχνότητα επιθυμούσαν (Plummer, 2009).

Στην εποχή μας, η προγραμματισμένη χρήση του φυσικού φωτός στα κτίρια, εντάσσεται στα ζητήματα που αφορούν στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα του πλανήτη (όπως η υπερθέρμανση, οι εκπομπές του άνθρακα και η κλιμακούμενη έλλειψη πόρων) και βρίσκονται στο προσκήνιο μιας παγκόσμιας συζήτησης με στόχο τη βελτιστοποίηση των συνθηκών ζωής του ανθρώπου. Η ορθή ένταξη του φυσικού φωτισμού σε κτίρια αποσκοπεί στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης και στην ελαχιστοποίηση των φορτίων φωτισμού, θέρμανσης και ψύξης. Η εισαγωγή καινοτόμων και προηγμένων στρατηγικών, καθώς και συστημάτων φυσικού φωτισμού μπορεί να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός κτιρίου και επίσης να βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα του φωτός σ' ένα εσωτερικό περιβάλλον (Ruck et al., 2000).

1.1 Η φύση του φωτός

Όταν ο Νεύτων ερμήνευσε τα πειραματικά δεδομένα που υπήρχαν στην εποχή του με βάση την υπόθεση ότι το φως αποτελείται από υλικά σωματίδια, η ερμηνεία αυτή είχε και λογική και θεωρητική συνέπεια. Σύντομα όμως άρχισε η αμφισβήτησή της, καθώς νεότερα αποτελέσματα έδειχναν ότι το φως έχει κυματική φύση (Γραμματικάκης, 2010). Κύριος υποστηρικτής της ιδέας ήταν ο Christian Huygens, μια άλλη επιστημονική φυσιογνωμία του δεύτερου μισού του 17^{ου} αιώνα, οποίος δημοσίευσε το 1690 την πραγματεία του για το φως συμπεραίνοντας ότι αυτό διαδίδεται με σφαιρικές επιφάνειες ή κύματα. Λίγο αργότερα, ο μαθηματικός Euler, διαμόρφωσε σε αναλογία με τον ήχο, μια πλήρη θεωρία για τις 'ταλαντώσεις' των φωτεινών αντικειμένων, οδηγώντας στην ανατροπή των κατεστημένων ιδεών. Η συμβολή, ωστόσο, του φωτός αναδείχθηκε με τα πειράματα του Thomas Young το 1801, αποδεικνύοντας ότι υπό ορισμένες συνθήκες, το φως που εκπέμπουν δύο φωτεινές πηγές σε ορισμένα σημεία του χώρου αυτοαναιρείται. Η συμπεριφορά αυτή, που οφειλόταν στην 'καταστρεπτική' συμβολή των κυμάτων και ήταν αδύνατο να ερμηνευθεί με την σωματιδιακή θεωρία, αποκάλυπτε με έμμεσο αλλά σαφή τρόπο την κυματική φύση του φωτός.

Σημαντικό ρόλο στην επικράτηση των κυματικών ιδεών έπαιξε ο γάλλος φυσικός Augustin Fresnel, διαμορφώνοντας ένα πλήρες μαθηματικό πλαίσιο για την κυματική θεωρία του

φωτός. Επιπλέον, κατόρθωσε με βάση αυτή να ερμηνεύσει ένα άλλο οπτικό φαινόμενο, την πόλωση. Η πόλωση αποδείκνυε κάτι περισσότερο από το ό,τι το φως είναι κύμα· αποδείκνυε ότι το κύμα είναι εγκάρσιο και παράγεται με ταλαντώσεις κάθετες προς την κατεύθυνση διάδοσής του. Έτσι εμφανίζεται το φαινόμενο της πόλωσης· τα πολωτικά υλικά επιλέγουν μια κατεύθυνση ταλάντωσης και το φως εξέρχεται στη συνέχεια πολωμένο.

Η πεποίθηση ότι το φως είναι κύματα που οφείλονται στις ταλαντώσεις μιας σχεδόν φαντασματικής, αλλά πάντως υλικής οντότητας, του αιθέρα, είχε διαμορφώσει μια ολική εικόνα χωρίς ουσιαστικά κενά. Η εικόνα όμως αυτή διερράγη το 1864 με την εργασία του James Clerk Maxwell με τίτλο *‘Μια δυναμική θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου’*, στην οποία περιγράφει το χώρο στην περιοχή των ηλεκτρικών ή μαγνητικών κυμάτων και δέχεται ότι σ’ αυτό το χώρο υπάρχει ύλη που με την κίνησή της παράγει τα παρατηρούμενα φαινόμενα. Το φως, δηλαδή, ήταν κι αυτό ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα· μια ηλεκτρομαγνητική διαταραχή που διαδίδεται με την μορφή κύματος και με τους ίδιους νόμους μέσω του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (Γραμματικάκης, 2010).

Χάρη στον Maxwell ο μαγνητισμός, ο ηλεκτρισμός και το φως συνδέονται άρρηκτα, καθώς το φως είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1885, ο Γερμανός φυσικός Heinrich Hertz κατασκεύασε έναν ηλεκτρικό ταλαντωτή και διαπίστωσε πειραματικά ότι οι ηλεκτρικές ταλαντώσεις παρουσιάζουν την ίδια ακριβώς συμπεριφορά που χαρακτηρίζει το φως: ανακλώνται, υφίστανται διάθλαση και παρουσιάζουν φαινόμενα συμβολής. Το μόνο στο οποίο διαφέρει το φως από τα άλλα είδη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι η συχνότητα. Αποτελεί ένα απειροελάχιστο τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που ξεκινά από τις τρισεκατομμύρια φορές βραχύτερες ακτίνες γάμμα και φθάνει στα τρισεκατομμύρια φορές μακρύτερα ραδιοφωνικά κύματα.

Στη στροφή του 19^{ου} αιώνα, ο Αλβέρτος Αϊνστάιν διατυπώνει τη θεωρία της σχετικότητας μέσα από ερωτήματα που σχετίζονταν με το φως και συμπεραίνει ότι το φως και η ταχύτητά του συνδέονται αναπάντεχα με την έννοια του χρόνου. Η ταχύτητα του φωτός έχει πάντα την ίδια τιμή, ανεξάρτητα από την κίνηση της πηγής που το εκπέμπει ή την κίνηση του παρατηρητή. Η ταχύτητα, δηλαδή του φωτός, είναι σταθερή και αναλλοίωτη υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Σύμφωνα, λοιπόν, με τον Αϊνστάιν, το φως αποκτά μια υπεροχή απέναντι στον χρόνο και στο χώρο.

Το 1905 ο Αϊνστάιν δημοσιεύει μια εργασία εξηγώντας το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, γνωστό από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Σε αντίθεση με τον Planck που απέδιδε την κβάντωση της θερμικής ενέργειας στις ταλαντώσεις των ατόμων, ο Einstein θεώρησε ότι κάθε μορφής ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αποτελείται από κβάντα. Τα κβάντα συνιστούν την βαθύτερη υφή της. Έτσι, το ίδιο το φως αποτελείται από απειροελάχιστες ποσότητες, από ‘κβάντα’ ενέργειας, που αργότερα θα ονομαστούν ‘φωτόνια’, ή μ’ άλλα λόγια το φως έχει κάποιου είδους σωματιδιακή υφή. Αποτελείται, δηλαδή, από απειροελάχιστους κόκκους, που ο καθένας μεταφέρει μια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας.

Το φως, όπως προκύπτει άνοιξε το δρόμο στις μεγάλες ανακαλύψεις της φυσική και οδήγησε με σταθερά βήματα τον άνθρωπο στη γνωριμία του παράδοξου κβαντικού κόσμου. Στις μέρες μας, η αξιοποίηση και ο έλεγχος του φωτός καταγράφουν εντυπωσιακά άλματα. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι τα ‘ολογράμματα’, που παράγουν τρισδιάστατες εικόνες αντικειμένων. Για τη δημιουργία ενός ολογράμματος διαχωρίζεται μια δέσμη φωτός laser σε δύο τμήματα: το ένα τμήμα φωτίζει το αντικείμενο που μας ενδιαφέρει και στη συνέχεια το φως ανακλάται προς μια φωτογραφική πλάκα. Το άλλο τμήμα της δέσμης φωτίζει κατευθείαν τη φωτογραφική πλάκα. Τα περίπλοκα φαινόμενα συμβολής πάνω στην πλάκα ή στο φιλμ δημιουργούν μια δομή, το ολόγραμμα. Όταν ένα ολόγραμμα φωτιστεί και πάλι με μια δέσμη laser, παρέχει την τρισδιάστατη εικόνα του αντικειμένου.

Από την εμπειρία γνωρίζουμε κάποιες έκδηλες ιδιότητες του φωτός, μερικά στοιχεία της συμπεριφοράς του, όπως για παράδειγμα ότι το φως διαδίδεται ευθύγραμμα. Η ευθύγραμμη διάδοση του φωτός έχει μια καίρια συνέπεια στην καθημερινή ζωή. Όταν ένα αδιαφανές σώμα παρεμβληθεί στον δρόμο των φωτεινών ακτίνων, δημιουργείται η σκιά, που παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία σε μορφή και ένταση. Όταν το φως συναντά επιφάνειες ή σώματα που άλλοτε είναι διαφανή και άλλοτε αποτελούν εμπόδιο στο πέρασμά του, παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά. Όπως έχει παρατηρηθεί, στις λείες επιφάνειες το φως ανακλάται: μια φωτεινή δέσμη εγκαταλείπει μάλιστα την επιφάνεια με την ίδια γωνία που την συναντά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση που βλέπουμε το πρόσωπό μας στον καθρέφτη, που σημαίνει ότι ακτίνες φωτός φεύγουν ή ανακλώνται από το αντικείμενο και φθάνουν στα μάτια μας. Στην περίπτωση αυτή, ο καθρέφτης είναι ένα λείο αντικείμενο, αλλά δε συμβαίνει το ίδιο σ’ έναν τοίχο ή έναν δρόμο της πόλης.

Τέτοιες επιφάνειες που παρουσιάζουν μικρές προεξοχές, ανακλούν ακανόνιστα, δηλαδή διαχέουν το φως. Η διάχυση είναι εκείνη που κάνει ορατά τα γύρω μας αντικείμενα. Η **διάχυση**, μαζί με την **ανάκλαση**, αποτελούν δύο από τις πιο σημαντικές χάρες του φωτός, που ειδικά στην περίπτωση του ελληνικού τοπίου βρίσκουν την απόλυτη εφαρμογή τους: τα βράχια, η άμμος, η θάλασσα και η πέτρα, στέλνουν πίσω το φως πολλαπλασιασμένο, με αποτέλεσμα το φως να συγκρούεται με το τοπίο, το τοπίο με τον εαυτό του και οι σκιές με τις αντανακλάσεις (Γραμματικάκης, 2010).

Άλλη μια γνωστή ιδιότητα του φωτός είναι η διάθλασή του, όταν αυτό ταξιδεύει στα σύνορα διαφανών μέσων. Κατά τη **διάθλαση**, οι φωτεινές ακτίνες αλλάζουν πορεία, υπακούοντας σε έναν απλό μαθηματικό τύπο που έχει να κάνει και με τη φύση του διαφανούς υλικού. Ακόμη και οι ηλιακές ακτίνες, καθώς εισέρχονται από ψηλότερα ατμοσφαιρικά στρώματα, που είναι αραιότερα, σε στρώματα αέρα κοντά στη Γη παθαίνουν συνεχώς διαθλάσεις. Αυτή η ατμοσφαιρική διάθλαση κάνει τον Ήλιο ή ένα αστέρι να φαίνεται ψηλότερα από εκεί που βρίσκεται στην πραγματικότητα. Στην καμπύλωση των φωτεινών ακτίνων, που προκαλείται από εγκλωβισμένα στρώματα θερμού αέρα, οφείλονται και τα φαινόμενα αντικατοπτρισμού.

Όπως προκύπτει από προσεκτική παρατήρηση, το φως εσωκλείει πολλαπλές χάρες, ενισχύοντας παράλληλα, την πεποίθηση ότι η συμπεριφορά του πρέπει να διέπεται από κάποιον θεμελιώδη νόμο. Στη βάση του, αυτός ο νόμος πρέπει να ερμηνεύει δύο αντιφατικές παρατηρήσεις: την ευθύγραμμη διάδοσή του όταν κινείται σε ομοιόμορφα μέσα, καθώς και τη διάθλασή του όταν περνά από ένα οπτικό μέσο σε κάποιο άλλο. Το 1657 ο Γάλλος Fermat, ένας από τους μεγαλύτερους μαθηματικούς της εποχής, διατύπωσε την αρχή του ελάχιστου χρόνου (Αρχή του Fermat), σύμφωνα με την οποία το φως σε όλα τα ταξίδια του ακολουθεί την πιο σύντομη χρονικά πορεία. Για το λόγο αυτό, στον αέρα ή σε κάποιο άλλο διαφανές μέσο, το φως κινείται ευθύγραμμα, αφού η ευθεία είναι ο συντομότερος δρόμος για κάθε κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Σε διαφορετικές ουσίες, όμως, η συντομότερη διαδρομή δεν είναι πια η ευθύγραμμη. Σε κάθε μέσο, το φως κινείται με διαφορετική ταχύτητα κι έτσι αναγκάζεται να βρει ακριβώς το συντομότερο δρόμο, να διαθλαστεί στο σημείο επαφής.

Εκτός από την ανάκλαση και τη διάθλαση που υποχρεώνουν το φως να εκτραπεί από την κανονική και ευθύγραμμη πορεία του, υπάρχει κι ένας άλλος τρόπος εκτροπής, η

περίθλαση. Αν περάσει το φως από μια λεπτή σχισμή ενός αντικειμένου, η σκιά που εμφανίζει από πίσω δεν εμφανίζει σαφές όριο μεταξύ φωτεινής και σκιασμένης περιοχής. Το φως απλώνεται σε βεντάλια και παρουσιάζει βαθμιαία ελάττωση της έντασής του μέχρι να σκοτεινιάσει εντελώς. Στην περίπτωση αυτή, έχει υποστεί περίθλαση. Η περίθλαση δεν περιορίζεται σε στενές σχισμές ή ανοίγματα, αλλά μπορεί να παρατηρηθεί σε κάθε είδος σκιάς και αποτελεί μια από τις πειστικότερες ενδείξεις της κυματικής φύσης του φωτός (Γραμματικάκης, 2010).

1.2 Ανθρώπινη υγεία και φυσικό φως

Έρευνες και παρατηρήσεις της ανθρώπινης συμπεριφοράς, αλλά και των διατάξεων σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων, έχουν αποδείξει ότι το φυσικό φως είναι επιθυμητό για την ανθρώπινη υγεία. Καταλυτικό ρόλο έχουν τα παράθυρα που επιτρέπουν στο φως της ημέρας να εισρέει στα κτίρια, συμβάλλοντας παράλληλα στη θέα και την οπτική σύνδεση με τον εξωτερικό χώρο. Το φυσικό φως είναι επίσης σημαντικό για την ποιότητά του, τη φασματική του σύνθεση και τη μεταβλητότητά του. Μια ανασκόπηση των αντιδράσεων των ανθρώπων σε εσωτερικά περιβάλλοντα υποδηλώνει ότι το φως της ημέρας είναι επιθυμητό επειδή πληροί δύο πολύ ουσιαστικές ανθρώπινες ανάγκες: να μπορεί κανείς να έχει καλή οπτική της εργασίας του και του χώρου, αλλά και το να μπορεί να αντιληφθεί κάποιο περιβαλλοντικό ερέθισμα (Boyce, 1998).

Η μακροχρόνια εργασία με τη χρήση τεχνητού φωτισμού υποστηρίζεται ότι είναι επιβλαβής για την υγεία: αντίθετα η εργασία με το φως της ημέρας οδηγεί σε λιγότερο άγχος και δυσφορία. Το φως της ημέρας παρέχει υψηλή φωτεινότητα και επιτρέπει τη διάκριση και την απόδοση των χρωμάτων. Αυτές οι δύο ιδιότητες έχουν ως αποτέλεσμα το φως της ημέρας να παρέχει τις προϋποθέσεις για καλή όραση. Ωστόσο, το φως της ημέρας μπορεί να παράγει δυσάρεστη ηλιακή λάμψη και αντανάκλασεις υψηλής φωτεινότητας σε οθόνες προβολής (υπολογιστών, κ.ά.), δημιουργώντας παρεμβολές στην καλή όραση. Για το λόγο αυτό, η επίδραση του φυσικού φωτός στην απόδοση μιας εργασίας από τον άνθρωπο εξαρτάται από τον τρόπο που το προσλαμβάνει. Όλοι αυτοί οι παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν στο σχεδιασμό του φωτισμού των κτιρίων (Ruck et al., 2000).

Οι αρχικές μελέτες που διερευνούσαν τον φωτισμό και την ανθρώπινη συμπεριφορά επικεντρώθηκαν στις προτιμήσεις των χρηστών στις συνθήκες φωτισμού, ιδιαίτερα στο χώρο εργασίας τους. Τα κοινά αποτελέσματα μεταξύ αυτών των μελετών υποδηλώνουν ότι οι άνθρωποι προτιμούν πολύ υψηλότερα επίπεδα φωτός από αυτά που συνήθως συνιστώνται από επαγγελματικούς οργανισμούς (π.χ. ο Illuminating Engineering Society in North America, ο Chartered Institution of Building Services Engineers in the UK, κ.ά.). Οι αρχιτέκτονες περιβαλλοντικού σχεδιασμού ενδιαφέρθηκαν για τη σχέση του φωτισμού με την απόδοση εργασίας από τις πρώτες μελέτες του Elton Mayo (1933) στο The Western Electric Hawthorne Works στο Σικάγο, όπου εξέτασε την παραγωγικότητα και τις συνθήκες εργασίας, ιδιαίτερα τον φωτισμό. Τα τελευταία 40 χρόνια, το ενδιαφέρον για τη μελέτη του φυσικού φωτισμού και του σχεδιασμού των ανοιγμάτων στα κτίρια έχει ενταθεί, εξαιτίας της επίδρασης του φυσικού φωτισμού στην απόδοση της εργασίας, αλλά και στην ευημερία των εργαζομένων (Boukekri and Haghighat, 1993). Το βασικό ερώτημα ήταν ο βαθμός επιρροής του φωτός στην ψυχολογική ευεξία των ανθρώπων σε συνδυασμό με την οπτική του απόδοση. Οι ερευνητές συμφώνησαν ότι τόσο το ένα όσο και το άλλο ενισχύονται με την αύξηση του φωτισμού ως ένα σημείο (Weston, 1949, Blackwell, 1959, Hopkinson et al., 1966, Boyce, 1973). Ένας ισχυρισμός, που ωστόσο δεν έχει ακόμη αποδειχθεί, είναι ότι για τις ίδιες οπτικές εργασίες, οι άνθρωποι χρειάζονται 20% λιγότερο φωτισμό υπό το φως της ημέρας απ' ό,τι κάτω από το ηλεκτρικό φως. Αυτή η διαφορά εντοπίζεται κυρίως στα ανώτερα χαρακτηριστικά του φωτός της ημέρας, όπως ο δυναμικός του χαρακτήρα και η πλήρης φασματική κατανομή του. Μελέτες αναφέρουν επίσης ότι λόγω αυτών των ιδιοτήτων, η ανοχή των χρηστών στην οπτική δυσφορία που προέρχεται από το φως της ημέρας, τείνει να είναι υψηλότερη από εκείνη που προκαλούν οι πηγές τεχνητού φωτός. Για παράδειγμα, ο δείκτης λάμψης ημέρας διαφέρει από τον δείκτη θάμβωσης από τις πηγές τεχνητού φωτός, όχι μόνο επειδή οι πηγές του φυσικού φωτός τείνουν να είναι μεγάλες και απαιτούν διαφορετικές ποσοτικές μεθόδους, αλλά επειδή το επίπεδο ανοχής για την αντανάκλαση του φυσικού φωτός είναι υψηλότερο από αυτό του τεχνητού φωτισμού (Chauvel and Dogniaux, 1982, Boubekri and Boyer, 1992).

Συνειδητοποιώντας τη σημασία της επίδρασης του φωτός στην αρχιτεκτονική, μελέτες στράφηκαν και στην διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του φωτός και τη διάθεσης των ενοίκων ενός κτιρίου διαφόρων λειτουργιών: θρησκευτικοί χώροι, κοινωνικοί χώροι όπως εστιατόρια, θέατρα κ.ά. Διαπιστώθηκε ότι σε μέρη όπου ο φωτισμός δεν είναι τόσο

έντονος, όπως σ' ένα κτίριο γραφείων ή κάποιον εργασιακό χώρο, μικρές αλλαγές στο φωτισμό μπορούν να αλλάξουν τη συναισθηματική κατάσταση των χρηστών (Flynn, 1977, Beltcher and Kluczny, 1987). Το γενικό παράδειγμα που βασίζεται σ' αυτή την υπόθεση είναι ότι η παρουσία ή απουσία φωτός, μαζί με άλλα περιβαλλοντικά ερεθίσματα, μπορεί να παράγει θετικά ή αρνητικά αποτελέσματα. Οι αισθήσεις που συνοδεύουν τον καλό φωτισμό περιλαμβάνουν τον ενθουσιασμό, την εγρήγορση και την κυριαρχία. Αντίθετα, ο κακός φωτισμός έχει ως αποτέλεσμα την ανία, την πλήξη και την υποταγή. Παράλληλα, η έρευνα αυτή υποστηρίζει περαιτέρω ότι αυτές οι συναισθηματικές καταστάσεις με τη σειρά τους μεσολαβούν στην κοινωνική συμπεριφορά των χρηστών και στη λήψη αποφάσεων σ' ένα εργασιακό περιβάλλον (Mehrabian and Russell, 1974).

2. Κριτήρια Αξιολόγησης Φυσικού Φωτισμού στα κτίρια

Όπως προκύπτει από τα προηγούμενα κεφάλαια, το ημερήσιο φως είναι μια αποτελεσματική στρατηγική για τη διατήρηση ενός άνετου εσωτερικού περιβάλλοντος και παρέχει μεγάλες ευκαιρίες για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Ωστόσο, σε επίπεδο διαχείρισης του φυσικού φωτός, η συνεχώς αυξανόμενη τάση για την υιοθέτηση μεγάλων διάφανων κελυφών απαιτεί συχνά τη χρήση συστημάτων σκίασης. Τα συστήματα αυτά μειώνουν την αντανάκλαση και τα θερμικά προβλήματα, παρέχουν καλύτερη κατανομή φωτισμού και μπορούν επίσης να αυξήσουν τη διείσδυση του φωτός της ημέρας στους εσωτερικούς χώρους. Εξαίρεση αποτελούν ορισμένα κτίρια (εμπορικά κέντρα, supermarket, κ.ά.) στα οποία προτιμάται ο τεχνητός φωτισμός λόγω της σταθερότητάς του. Στις άλλες κατηγορίες κτιρίων η αξιολόγηση του φυσικού φωτισμού ακολουθεί κριτήρια, τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά (Μερέση, 2010).

Σε επίπεδο ενεργειακής απόδοσης, οι μέχρι τώρα στρατηγικές και τα συστήματα για την αξιοποίηση του ημερήσιου φωτός δεν απέφεραν πάντα τα μέγιστα στην ενίσχυση της άνεσης και της απόδοσης των χρηστών στις καθημερινές τους εργασίες. Ένας λόγος είναι η έλλειψη κατάλληλων, χαμηλού κόστους αλλά υψηλής απόδοσης συστημάτων φυσικού φωτισμού, απλών εργαλείων για την πρόβλεψη της απόδοσης αυτών των προηγμένων στρατηγικών για το φυσικό φως και τεχνικών για την ενσωμάτωση του σχεδιασμού του φυσικού φωτός στη διαδικασία σχεδιασμού των κτιρίων.

Οι πιο κοινοί λόγοι που παρεμπόδισαν στο παρελθόν την ενσωμάτωση φυσικού φωτός στα κτίρια είναι:

- Η έλλειψη γνώσης σχετικά με την απόδοση προηγμένων συστημάτων φωτισμού και στρατηγικών ελέγχου φωτισμού
- Η έλλειψη κατάλληλων, εύχρηστων εργαλείων σχεδιασμού φυσικού φωτισμού
- Η έλλειψη στοιχείων μέσα από μελέτες για τα πλεονεκτήματα του φυσικού φωτισμού στα κτίρια

Τα παραπάνω εμπόδια αναγνωρίστηκαν από τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας και επιχειρήθηκαν να επιλυθούν με συντονισμένες εργασίες που κάλυπταν τρεις γενικούς τομείς (Ruck et al., 2000):

- 1) την αξιολόγηση της απόδοσης των συστημάτων και στρατηγικών ελέγχου φωτισμού
- 2) την ανάπτυξη ολοκληρωμένων εργαλείων σχεδιασμού και
- 3) τις μελέτες περίπτωσης για την παροχή αποδείξεων αναφορικά με την απόδοση του φυσικού φωτός σε υλοποιημένα κτίρια.

2.1 Ποσοτικά κριτήρια

Ένας από τους πιο τυπικούς δείκτες στα ποσοτικά κριτήρια ανάλυσης και εκτίμησης του φυσικού φωτισμού είναι η **τιμή έντασης φωτισμού**. Η μέτρηση γίνεται στην επιφάνεια εργασίας ή όπου κριθεί απαραίτητο ενώ η ελάχιστη τιμή εξαρτάται από τη δραστηριότητα και καθορίζεται από το μοντέλο σχετικής απόδοσης (Mardaljevic et al., 2009). Για τις συνιστώμενες μέσες τιμές λαμβάνονται υπόψη τα πρότυπα για το σχεδιασμό φωτισμού.

Στα ποσοτικά κριτήρια ανήκει κι ένας από τους πιο διαχρονικούς δείκτες, ο **Συντελεστής Φυσικού Φωτισμού (Σ.Φ.Φ.)** (Daylight Factor), ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της τιμής φωτισμού στο εσωτερικό ενός χώρου προς την αντίστοιχη τιμή του οριζόντιου φωτισμού στο εξωτερικό, υπό την προϋπόθεση ότι ο ουρανός είναι πλήρως νεφοσκεπής και φυσικά χωρίς την ύπαρξη σημαντικών εμποδίων τα οποία μειώνουν την τιμή του εξωτερικού φωτισμού. (Τσαγκρασούλης, 2016). Με άλλα λόγια, ο Σ.Φ.Φ. είναι η αναλογία (εκφρασμένη σε ποσοστό) της εσωτερικής φωτεινότητας E_{in} (interior) σ' ένα σταθερό σημείο προς την εξωτερική φωτεινότητα E_{ext} (exterior) υπό συννεφιασμένο ή ομοιόμορφο

ουρανό όπως ορίζεται από την Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του Σ.Φ.Φ. τόσο περισσότερο είναι το διαθέσιμο φυσικό φως στο χώρο. Η επίδραση του άμεσου ηλιακού φωτός και στις δύο φωτεινότητες πρέπει να εξετάζεται χωριστά και δεν συμπεριλαμβάνεται (Kubba, 2012).

Ο υπολογισμός του Σ.Φ.Φ. με χρήση παραδοσιακών μεθόδων γίνεται ιδιαίτερα δύσκολος όταν γίνεται προσπάθεια να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις της μεταφοράς υαλοπινάκων, των εξωτερικών προεξοχών ή των ραφιών φωτισμού. Οι σύγχρονοι υπολογισμοί με τη μέθοδο 'radiosity'¹ ή τη μέθοδο 'ray tracing'² είναι πλέον άμεσα διαθέσιμοι και είναι εύχρηστοι, αλλά εξακολουθούν να προσφέρουν γενικά αποτελέσματα με τη μορφή του συντελεστή φυσικού φωτισμού ή με τα επίπεδα lux που αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη στατική εξωτερική κατάσταση (Kubba, 2012).

2.2 Ποιοτικά κριτήρια

Πολλές παράμετροι επηρεάζουν την ποιότητα του φωτισμού της ημέρας σε έναν εσωτερικό χώρο και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις ομάδες. Πρώτον, οι μεταβλητές που σχετίζονται με τα αρχιτεκτονικά στοιχεία του χώρου όπως οι διαστάσεις, ο προσανατολισμός και η ανάκλαση των εσωτερικών επιφανειών. Δεύτερον, αυτές που σχετίζονται με την πρόσοψη, όπως η περιοχή του παραθύρου, ο τύπος των υαλοπινάκων, ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων (π.χ. ποδιά παραθύρων και πρέκι, τρόπος σκίασης, κ.ά.). Τρίτον, οι παράμετροι που σχετίζονται με την τοποθεσία όπως το γεωγραφικό πλάτος, ο τοπικός καιρός και οι μεταβλητές που εξαρτώνται από το χρόνο, όπως το ηλιακό αζιμούθιο. Αυτές οι πολλές μεταβλητές δημιουργούν μια σημαντική δυσκολία στη γενίκευση των αποτελεσμάτων σχετικά με την ποιότητα του φωτός της ημέρας ενός χώρου (Camarano και Pellegrino, 2015).

¹ Η μέθοδος 'radiosity' απορρέει από τη θεωρία μεταφοράς της θερμικής ενέργειας στα αντικείμενα μιας σκηνής, με στόχο τη δημιουργία ρεαλιστικών σκιών και σκιάσεων σ' αυτά. Σύμφωνα με τη θεωρία, η ακτινοβολία (radiation) περιγράφεται ως μεταφορά ενέργειας από μία επιφάνεια, όταν αυτή διεγερθεί θερμικά.

² Η τεχνική 'ray tracing' (ανίχνευση ακτίνας) αποτελεί μια σύνθετη υπολογιστική μέθοδο για τις επιδράσεις του φωτός στο αντικείμενο. Επιχειρεί να ακολουθήσει τις ακτίνες φωτός, καθώς αυτές ανακλώνται όταν προσπίπτουν στα αντικείμενα της σκηνής.

2.3 Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού

Όπως είδαμε, η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού αναγνωρίζεται ως ένα αποτελεσματικό μέσο για τη μείωση των απαιτήσεων τεχνητού φωτισμού σε μη οικιστικά κτίρια. Ωστόσο, το φυσικό φως ημέρας, στους εργασιακούς χώρους, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Για παράδειγμα, το φυσικό φως συνήθως μειώνεται γρήγορα με την αύξηση της απόστασης από τα ανοίγματα. Ομοίως, το φυσικό φως σ' ένα σημείο του χώρου μπορεί να διαφέρει πολύ από τη μία στιγμή στην άλλη λόγω της αλλαγής της θέσης του ήλιου ή/και των συνθηκών του ουρανού (Nabil and Mardaljevic, 2006).

Στην πράξη, λοιπόν, το φως της ημέρας δεν είναι ένας πολύ αξιοποιήσιμος φυσικός πόρος και γι' αυτό, η τυπική μέθοδος πρόβλεψης που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα, αυτή του Συντελεστή Φυσικού Φωτισμού (Daylight factor), δεν μπορεί να ανταποκριθεί πλήρως στα πραγματικά δεδομένα. Οι συμβάσεις που γίνονται για την ομοιομορφία της φωτεινότητας με την τυπική προσέγγιση ενός συνεφιασμένου ουρανού, δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε ρεαλιστικές συνθήκες όπου η συμβολή του άμεσου ηλιακού φωτός οδηγεί σε μεγάλες διαφορές μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου επιπέδου φυσικού φωτός. Κατά συνέπεια, οποιαδήποτε προτεινόμενη μέτρηση που επινοείται για να λαμβάνει υπ' όψιν τις ρεαλιστικές χρονικά μεταβαλλόμενες ανακλάσεις του φυσικού φωτισμού πρέπει, κατά κάποιο τρόπο, να καλύπτει το μεγάλο εύρος των επιπέδων του φυσικού φωτισμού.

Μια νέα προσέγγιση για την αξιολόγηση της δυναμικής του φυσικού φωτισμού είναι αυτή των **Χρήσιμων Τιμών Φυσικού Φωτισμού** / Χ.Τ.Φ.Φ. (Usefull Daylight Illuminance / UDI), η οποία διατηρεί σε μεγάλο μέρος την ερμηνευτική απλότητα της τυπικής μεθόδου. Ωστόσο, οι Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού καθορίζονται από τις απόλυτες τιμές του κυμαινόμενου χρονικά φωτισμού ημέρας στη διάρκεια ενός ολόκληρου έτους. Αυτή η μέθοδος μοντελοποίησης του φωτισμού της ημέρας βασίζεται στο 'κλίμα', καθώς οι (ωριαίες) συνθήκες του ήλιου και του ουρανού βασίζονται σε τιμές από ετήσια σύνολα δεδομένων κλίματος (π.χ. άμεση κανονική ακτινοβολία και παγκόσμια οριζόντια ακτινοβολία). Η ιδέα αυτονόμησης του φωτός της ημέρας έχει χρησιμοποιηθεί από άλλους για την αξιολόγηση των προβλέψεων φωτισμού από αναλύσεις που βασίζονται στο κλίμα. Είναι ένα μέτρο του πόσο συχνά (π.χ. ποσοστό του εργάσιμου έτους) μπορεί να

διατηρηθεί ένα ελάχιστο όριο φωτισμού επιπέδου εργασίας 500 lux μόνο από το φως της ημέρας. Αντίθετα, η μέθοδος των Χ.Τ.Φ.Φ. βασίζεται σε μία μέτρηση του πόσο συχνά μέσα στο έτος επιτυγχάνονται ημερήσιοι φωτισμοί εντός κάποιου εύρους (Nabil and Mardaljevic, 2006).

Συγκεκριμένα, ως χρήσιμες τιμές φυσικού φωτισμού ορίζονται αυτές που εμπίπτουν στην περιοχή 100-2000 lux. Αυτό το εύρος βασίζεται σε μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση των πιο πρόσφατων δεδομένων από έρευνες πεδίου για τη συμπεριφορά χρηστών υπό συνθήκες φωτισμού ημέρας. Η μέθοδος των Χ.Τ.Φ.Φ. εφαρμόζεται με τον προσδιορισμό της εμφάνισης φωτισμού ημέρας που:

- Είναι εντός του εύρους που ορίζεται ως χρήσιμο (δηλαδή 100-2000 lux).
- Υπολείπονται του ωφέλιμου εύρους (δηλαδή λιγότερο από 100 lux).
- Υπερβαίνουν του ωφέλιμου εύρους (δηλαδή μεγαλύτερο από 2000 lux).

Με τη μέθοδο αυτή, εγκαταλείπει κανείς την έννοια του ορίου φωτεινότητας, δηλαδή την τιμή των 500 lux που έθετε η προηγούμενη μέθοδος, και στη θέση της προτείνει ένα σύστημα μέτρησης για την περίπτωση ενός εύρους φωτεινότητας - με τη μορφή χρήσιμων επιπέδων φωτισμού - το οποίο παρέχει μια περισσότερο πληροφοριακή μέθοδο μέτρησης.

Αν ο φυσικός φωτισμός είναι χαμηλός (δηλαδή κάτω από το ελάχιστο), ενδέχεται να μη συμβάλλει με κανέναν χρήσιμο τρόπο, ούτε στην αντίληψη του οπτικού περιβάλλοντος ή στην εκτέλεση οπτικών εργασιών. Αντίθετα, αν ο φυσικός φωτισμός είναι υψηλός (δηλαδή πάνω από το μέγιστο), μπορεί να προκαλέσει οπτική ή/και θερμική δυσφορία. Οι φωτισμοί που εμπίπτουν στα όρια του ελάχιστου και του μέγιστου ονομάζονται Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού (Nabil and Mardaljevic, 2006).

Συνεπώς, μόνο τρεις μετρήσεις χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό των ωριαίων μεταβλητών φυσικού φωτισμού για έναν ολόκληρο χρόνο σε καθένα από τα σημεία υπολογισμού.

3. Ενίσχυση φυσικού φωτισμού στα κτίρια

Το φως της ημέρας έχει δύο συστατικά: το ηλιακό φως, όπου η πηγή είναι ο ήλιος, και το ουράνιο φως, όπου η πηγή είναι ο ουρανός. Πολλά, αλλά όχι πολλά υφιστάμενα συστήματα φυσικού φωτισμού είναι σχεδιασμένα για να συλλαμβάνουν το φως του ήλιου και να το αποδίδουν στο κτίριο. Σε μια ηλιόλουστη μέρα, όπως περίπου 100.000 lumen θα μπορούσαν να στοχεύσουν σε 1 m² ενός κελύφους κτιρίου, πετυχαίνοντας φωτισμό 100.000 lux. Εάν η αποτελεσματικότητα μιας στρατηγικής φυσικού φωτισμού ήταν 100%, τότε θα σήμαινε ότι υπάρχει αρκετή φωτεινή ενέργεια για να φωτίσει 100 m² με 1000 lux. Η πρόκληση σε κάθε στρατηγική φυσικού φωτισμού είναι η βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος διανομής του φωτός και, επομένως, η ελαχιστοποίηση του μεγέθους της επιφάνειας συλλογής. Ωστόσο, κανένα σύστημα φυσικού φωτισμού δεν έχει 100% απόδοση, επομένως, το μέγεθος της επιφάνειας συλλογής είναι γραμμικά ανάλογο με την απόδοση του συστήματος (Boubekri, 2008).

3.1 Τεχνικές Ενίσχυσης Φυσικού Φωτισμού

Οι τεχνικές ενίσχυσης φυσικού φωτισμού διακρίνονται γενικά σε δύο ομάδες. Η πρώτη περιλαμβάνει συστήματα πλευρικού φωτισμού, όπου το φως μεταφέρεται από τις πλευρές ενός κτιρίου στον εσωτερικό χώρο. Το πιο απλό παράδειγμα αυτής της στρατηγικής είναι το παράθυρο. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει συστήματα φωτισμού από ψηλά, όπου το φως μεταφέρεται από την κορυφή ενός κτιρίου και διανέμεται στον εσωτερικό χώρο. Αντίστοιχα, το απλούστερο παράδειγμα σ' αυτή την περίπτωση, είναι ο φεγγίτης. Για να θεωρηθεί μία τεχνική ενίσχυσης του φυσικού φωτισμού επιτυχημένη, οφείλει να μεγιστοποιεί τα επίπεδα του φυσικού φωτός μέσα στο κτίριο, ενώ ταυτόχρονα βελτιστοποιεί την ποιότητα του φωτιστικού περιβάλλοντος για τους χρήστες. Ωστόσο, ο σχεδιασμός του φυσικού φωτισμού δεν αφορά μόνο στη μεγιστοποίηση των επιπέδων φωτός. Για παράδειγμα, το υπερβολικό ηλιακό φως σ' έναν εσωτερικό χώρο μπορεί να είναι εξαιρετικά άβολο για όσους χρησιμοποιούν το χώρο καθημερινά. Γι' αυτό και η λέξη κλειδί στο σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού είναι ο έλεγχος, όχι μόνο των επιπέδων του φωτός, αλλά και της κατεύθυνσης και της κατανομής του φωτός μέσα στο χώρο (Boubekri, 2008).

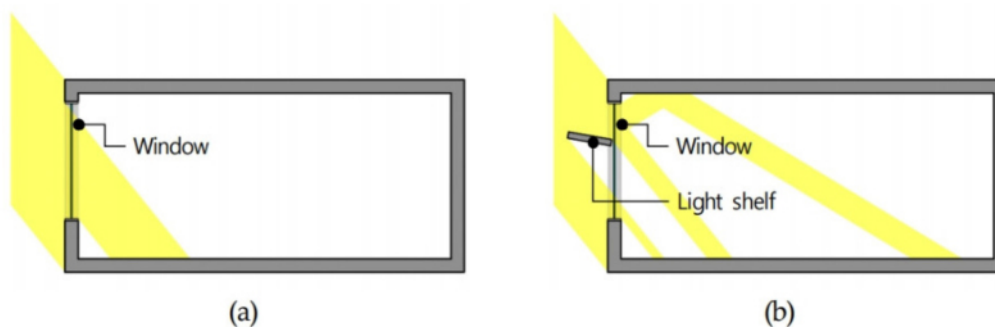
Α) Συστήματα **πλευρικού φωτισμού**: τα περισσότερα έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να υπερσκελίζουν το πρόβλημα της ανομοιόμορφης κατανομής του φυσικού φωτισμού εξαιτίας της χρήσης παραδοσιακών πλαϊνών παραθύρων. Γι' αυτό και τα συστήματα αυτά λειτουργούν μειώνοντας τα υπερβολικά επίπεδα φυσικού φωτισμού κοντά στα παράθυρα και αυξάνοντάς τα σε περιοχές μακριά από αυτά, οδηγώντας έτσι σε μια πιο ισορροπημένη κατανομή του φυσικού φωτισμού σε όλο τον εσωτερικό χώρο. Η προσθήκη συσκευών στα υαλοστάσια των παραθύρων, όπως ράφια φωτισμού ή ανακλαστικές περσίδες, προσφέρει μια βιώσιμη στρατηγική πλευρικού φωτισμού λόγω της ικανότητας αυτών των συσκευών να εκτρέπουν το φως πιο μακριά από τον τοίχο του παραθύρου και προς το βάθος του χώρου.

Β) Συστήματα φωτισμού από ψηλά: Ένα φεγγίτης, αποτελεί, όπως είδαμε το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας. Συνήθως παρέχει ένα οριζόντιο ή κεκλιμένο άνοιγμα στην οροφή ενός κτιρίου κι έχει σχεδιαστεί για να συλλαμβάνει το φως του ήλιου όταν ο ήλιος είναι ψηλά στον ουρανό και να διαχέει το φως από την περιοχή ξενίθ του ουράνιου θόλου και να το εισάγει στο τμήμα του εσωτερικού χώρου κάτω από τον φεγγίτη. Αυτή η προσέγγιση φυσικού φωτισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για το ρετιρέ ενός πολυώροφου κτιρίου ή για μονώροφα κτίρια. Μέσα από τη σωστή κατανομή των φεγγιτών στην οροφή, μπορεί να επιτευχθεί μια ομοιόμορφη κατανομή φυσικού φωτισμού μέσα στο χώρο (Boubekri, 2008).

3.2 Ράφια Φωτισμού

Τα ράφια φωτισμού (light shelves) είναι ένα φυσικό σύστημα φωτισμού που εγκαθίσταται μέσω ή/και έξω από το παράθυρο, με ή χωρίς κλίση και αφενός επιτρέπει στο φως της ημέρας να εισχωρεί βαθιά μέσα σε ένα κτίριο και αφετέρου να σκιάζει το άνοιγμα. Διαχωρίζονται σε εξωτερικούς και εσωτερικούς τύπους, ανάλογα με τον αν είναι εγκατεστημένα έξω ή/και μέσα από το παράθυρο. Το μεγαλύτερό τους πλεονέκτημα είναι ότι εισάγουν το φυσικό φως βαθιά μέσα στο δωμάτιο αντανακλώντας το φως από τον ανακλαστήρα του ραφιού φωτός και την οροφή του εσωτερικού χώρου (Εικόνα 3-1). Αυτή η διαδικασία βελτιώνει το φωτιστικό περιβάλλον στο εσωτερικό και εξοικονομεί ενέργεια φωτισμού. Επιπλέον, τα ράφια φωτισμού μπορούν να βελτιώσουν την ισορροπία του εσωτερικού φωτισμού εμποδίζοντας την είσοδο υπερβολικού φυσικού φωτός στο παράθυρο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα ράφια φωτισμού μπορούν επίσης να

προκαλέσουν θερμικές αλλαγές σ' έναν εσωτερικό χώρο εμποδίζοντας το φυσικό φως να ρέει μέσα από το παράθυρο (Lee, Zhao και Seo, 2021).



Εικόνα 3-1 Εισροή φωτός ανάλογα με την εγκατάσταση του ραφίου φωτισμού: α) χωρίς ράφι φωτισμού, β) με ράφι φωτισμού (Lee, Zhao και Seo, 2021)

Αποτελούν ίσως το απλούστερο σύστημα διαχείρισης του φυσικού φωτισμού, καθώς διαχωρίζουν το εκάστοτε άνοιγμα σε δύο τμήματα, το χαμηλότερο που λειτουργεί ως πάροχος θέας και το ψηλότερο που παρέχει φωτισμό, ενώ με χρήση προβόλου ενδιάμεσα τα ράφια φωτισμού λειτουργούν και ως σκίαστρα στη χαμηλότερη ζώνη (Τσαγκρασούλης, 2016).

Συγκεκριμένα, η ιδέα της λειτουργίας ραφιών φωτισμού περιλαμβάνει ένα παράθυρο με μια όψη προς τον ήλιο η οποία λαμβάνει μια τεράστια ποσότητα ενέργειας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για ημερήσιο φωτισμό. Το ράφι, η οριζόντια ή κεκλιμένη προεξοχή που αντανακλά το φως, τοποθετείται πάνω από το επίπεδο των ματιών ώστε να μην αποτελεί πηγή θάμβωσης και έχει στο επάνω μέρος της μια υψηλής ανάκλασης επιφάνεια. Αυτή η επιφάνεια χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να αντανακλά το φως της ημέρας στην οροφή και βαθύτερα σε ένα χώρο (Schrum and Parker 1996). Θεωρητικά, εάν ένα παράθυρο είναι στραμμένο οπουδήποτε μεταξύ νοτιοανατολικού και νοτιοδυτικού προσανατολισμού και αν δέχεται άμεσο ηλιακό φως, κάθε στοιχείο της επιφάνειας του παραθύρου θα μπορούσε να φωτίσει 20-100 στοιχεία του εσωτερικού χώρου (Franco 2001).

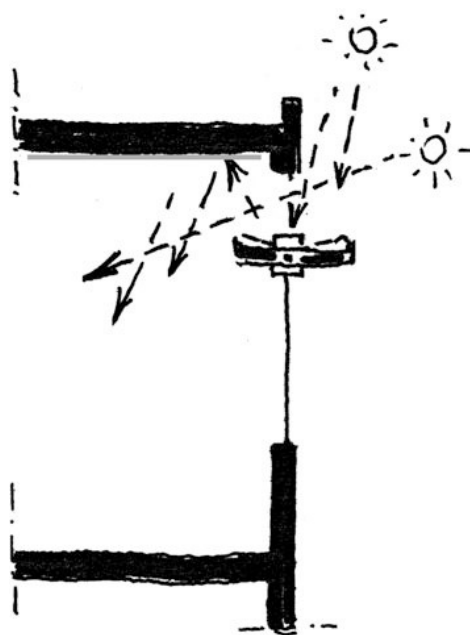
Ωστόσο, αυτό είναι δυνατό μόνο αν το ηλιακό φως μπορεί να διανεμηθεί με ικανοποιητικό τρόπο. Οι προκλήσεις στη διανομή αυτής της δωρεάν ενέργειας φωτισμού είναι η γεωμετρία του φωτισμού και η αντανάκλαση. Για να είναι χρήσιμος ο φωτισμός,

πρέπει να προέρχεται από ψηλά. Ένα ράφι φωτισμού είναι ένας καθρέφτης που βρίσκεται μέσα σε ένα παράθυρο, στραμμένος προς τα επάνω. Ο καθρέφτης αντανακλά το εισερχόμενο φως του ήλιου προς την οροφή. Στη συνέχεια, η οροφή διανέμει το φως στον εσωτερικό χώρο. Συνεπώς, ένα ράφι φωτισμού είναι μια οριζόντια προεξοχή που αντανακλά το φως που προσπίπτει στην επιφάνειά του. Αυτή η συσκευή, η οποία είναι πιο αποτελεσματική σε νότιους προσανατολισμούς, βελτιώνει τη διείσδυση του ημερήσιου φωτός, δημιουργεί σκίαση κοντά στο παράθυρο και συμβάλλει στη μείωση της αντανάκλασης των παραθύρων. Τα εξωτερικά ράφια είναι πιο αποτελεσματικές συσκευές σκίασης από τα εσωτερικά ράφια, γι' αυτό οι εξωτερικοί τύποι του συστήματος χρησιμοποιούνται και ως σκίαστρα.

Ακόμη όμως καλύτερα, είναι ένας συνδυασμός εξωτερικών και εσωτερικών ραφιών, παρέχοντας ομοιόμορφο φωτισμό. Όπως με κάθε είδους ημερήσιου φωτός, η είσοδος του στο χώρο μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Αυτό αυξάνει το φορτίο ψύξης όταν ο καιρός είναι ζεστός και μειώνει το φορτίο θέρμανσης σε κρύο και εύκρατο κλίμα. Τα ράφια φωτισμού διαχέουν αποτελεσματικά το ηλιακό φως με αποτέλεσμα, η ποσότητα της θερμικής ενέργειας που λειτουργεί συμπληρωματικά μέσα στο χώρο μπορεί να μην είναι πολύ καλύτερη από ό,τι θα ήταν από μια επιπλέον αντίστοιχη ποσότητα τεχνητού φωτισμού (Almusaed, 2011), ή σύμφωνα με άλλους ερευνητές μπορεί και να μειώσει την ποσότητα θερμότητας που εισέρχεται σ' ένα χώρο (Floyd and Parker 1995).

Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση, ο **ζωτικός ρόλος** του ραφιού φωτισμού είναι ότι αποτελεί μια βιοκλιματική συσκευή που επιτρέπει στο φως της ημέρας να εισχωρεί βαθιά στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Λειτουργούν ως ανακλαστικές οριζόντιες επιφάνειες που εκτείνονται από το εξωτερικό στο εσωτερικό ενός κτιρίου, παρέχοντας τη δυνατότητα να επεκτείνουν τη χρήσιμη ποικιλία του περιμετρικού φωτισμού ημέρας στη νότια πλευρά ενός κτιρίου σε περίπου 6-8 μέτρα τις ηλιόλουστες μέρες, ανάλογα με το κλίμα της περιοχής. Παράλληλα, τα ράφια φωτισμού μπορούν να εμποδίσουν το ανεπιθύμητο άμεσο ηλιακό φως - που δημιουργεί θάμβωση - να εισέλθει σε ένα χώρο. Το φως του ήλιου αντανακλάται στην οροφή, ελαχιστοποιώντας την αντανάκλαση και ενισχύοντας τα επίπεδα φωτός στο χώρο. Για το λόγο αυτό, τα ράφια φωτισμού λειτουργούν καλά σε μεγάλες ζενιθιακές γωνίες, καθώς στις μικρότερες, τα ράφια πρέπει να εκτείνονται βαθύτερα στο δωμάτιο για να προσλάβουν το φως του ήλιου.

Το πρόβλημα της θάμβωσης αποφεύγεται από ένα σύστημα που περιορίζει τη διάχυση για χρήση του ημερήσιου φωτισμού μέσα από τα παράθυρα. Παρέχει επίσης το μοναδικό πλεονέκτημα της μεταβλητότητας του φωτός από το παράθυρο έτσι ώστε να προέρχεται από μια κατεύθυνση από ψηλά, δημιουργώντας μια ποιότητα φωτισμού πιο οικεία στο χρήστη (Coley and Crabb 1994). Το ράφι φωτισμού είναι από μόνο του μια απλή συσκευή που είναι εγκατεστημένη μέσα από το παράθυρο. Στις περισσότερες εφαρμογές, πρέπει να συνδυάζεται με άλλες συσκευές για να αποφευχθεί η θάμβωση από το ηλιακό φως που εισέρχεται στην κατώτερη ζώνη του παραθύρου (Εικόνα 3-2).



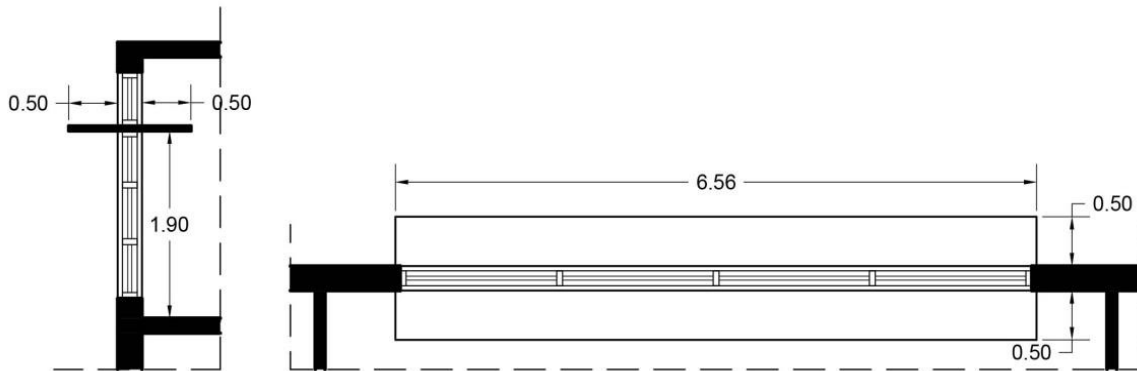
Εικόνα 3-2 Η ιδέα του ραφιού φωτισμού (Almusaed, 2011)

Η εγκατάσταση του ραφιού φωτισμού δεν είναι δύσκολη. Τα συστήματα ραφιών φωτισμού, συμπεριλαμβανομένης της εξωτερικής συσκευής σκίασης, είναι πλέον διαθέσιμα από τους κατασκευαστές ως προκατασκευασμένα εξαρτήματα. Τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα των ραφιών φωτισμού είναι αφενός ότι μόνο το τμήμα των παραθύρων πάνω από το ύψος του κεφαλιού λειτουργεί για ημερήσιο φωτισμό και αφετέρου ότι απαιτούν περιοδικό καθαρισμό.

Ράφια φωτισμού: Θέση, Λειτουργίες, Υλικά

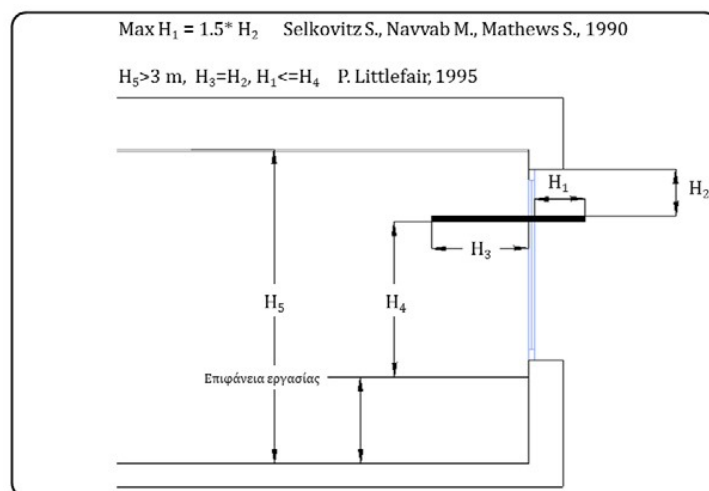
Α. Η **τοποθέτηση** του ραφιού φωτισμού μπορεί να γίνει στο εσωτερικό ή/και στο εξωτερικό μέρος του ανοίγματος, αφήνοντας ένα ελεύθερο τμήμα πάνω από το ράφι

φωτισμού, ενώ το μήκος τους συνήθως καλύπτει ολόκληρο το άνοιγμα (Κατσίμπουρα, Μ. 2016), (Εικόνα 3-3).



Εικόνα 3-3 Τομή ανοίγματος με ράφια φωτισμού τοποθετημένα εσωτερικά και εξωτερικά του ανοίγματος (© Μ. Κατσίμπουρα).

Συνήθως τοποθετούνται πάνω από το επίπεδο των ματιών. Όταν ένα οριζόντιο ράφι φωτισμού βρίσκεται σε ύψος διαφορετικό από την οροφή του χώρου, ανάλογα με τις διαστάσεις του φωτιστικού ραφίου τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά, το τμήμα του φωτιστικού ραφίου που είναι στο εσωτερικό του χώρου αναχαιτίζει το άμεσο ηλιακό φως από την περιοχή του παραθύρου πάνω από το ράφι, ενώ ταυτόχρονα το εξωτερικό τμήμα σκιάζει την περιοχή του χώρου που βρίσκεται πιο κοντά στο παράθυρο (Εικόνα 3-4).

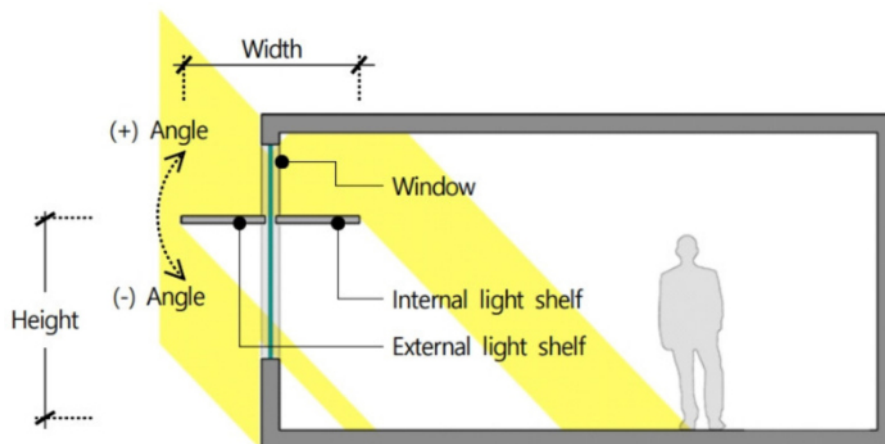


Εικόνα 3-4 Σχεδιαστικές παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοση των ραφιών φωτισμού (© Α. Τσαγκρασούλης).

Όπως προκύπτει, η τοποθέτηση επηρεάζει την απόδοση του ραφιού· συγκεκριμένα, όταν είναι εσωτερικό, μεγιστοποιείται όταν είναι τοποθετημένο σε χώρους με ύψος μεγαλύτερο των 3μ. και όταν το μήκος τους ισούται με το ύψος του φεγγίτη, ενώ όταν είναι τοποθετημένο στην εξωτερική όψη, το μήκος του δεν πρέπει να υπερβαίνει την απόστασή τους από την επιφάνεια εργασίας (Littlefair, 1995). Επίσης, το μήκος του εξωτερικού ραφιού μπορεί να είναι 1.5 φορές μεγαλύτερο από το ύψος του φεγγίτη (Selkowitz et al., 1983).

Η θέση είναι προφανής στα ψηλά παράθυρα, όπου τα ράφια φωτισμού μπορούν να παρέχουν βαθύτερη διείσδυση απ' ό,τι το ημερήσιο φως που επιτυγχάνεται με τη σκίαση των παραθύρων (Scarazzato et al. 2001).

Συνεπώς, το ύψος της εγκατάστασης, η γωνία και η ανάκλαση του ανακλαστήρα του ραφιού φωτισμού είναι οι κύριες παράμετροι που καθορίζουν την απόδοση σε φως των ραφιών φωτισμού (Lee, Zhao και Seo, 2021), (Εικόνα 3-5).



Εικόνα 3-5 Μεταβλητές που σχετίζονται με τα ράφια φωτισμού (Lee, Zhao και Seo, 2021)

Β. Για την αποτελεσματική **λειτουργία** του συστήματος ραφιών φωτός, απαιτείται άμεσο ηλιακό φως. Τα παράθυρα πρέπει, όπως είδαμε, να βλέπουν προς τον ήλιο για μεγάλο χρονικό διάστημα όσο ο χώρος είναι κατειλημμένος. Τα φιμέ ή ανακλαστικά τζάμια μπορεί να μειώσουν πολύ τα πιθανά οφέλη από τα ράφια φωτισμού ή να τα καταστήσουν αντισυμβατικά. Αυτοί οι τύποι υαλοπινάκων συνήθως μπλοκάρουν περίπου το 70-80% του εισερχόμενου ηλιακού φωτός. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τέτοιους υαλοπίνακες σε χαμηλότερα ύψη όπου οι άνθρωποι δεν

μπορούν να τους προσεγγίσουν. Όπως με κάθε είδους φωτισμού ημέρας, ο ηλεκτρικός φωτισμός πρέπει να είναι διατεταγμένος και ελεγχόμενος έτσι ώστε να μπορεί να απενεργοποιηθεί για να εκμεταλλευτεί το φως της ημέρας που παρέχεται από το σύστημα ραφιών φωτισμού.

Τα ράφια φωτισμού μπορούν να δημιουργήσουν πλήρη διάχυση του άμεσου ηλιακού φωτός στο χώρο. Αντίθετα, η χρήση σκίασης με σκοπό να δαμάσει το ηλιακό φως κατά τη διάρκεια της ημέρας αφήνει το μεγαλύτερο μέρος της εν δυνάμει ημερήσιας ενέργειας φωτισμού εκτός κτιρίου. Ωστόσο, ακόμη και στην περίπτωση αυτή, ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των ραφιών φωτισμού παραμένει αυτή παράλληλη δυνατότητα σκίασης του παραθύρου και παροχής φυσικού φωτισμού μέσω ενός φεγγίτη (Τσαγκρασούλης, 2016).

Γ. Τα **υλικά** κατασκευής των ραφιών φωτισμού είναι αυξημένης ανακλαστικότητας και είτε η ανάκλαση γίνεται διαχυτικά, είτε κατοπτρικά (με καλύτερη συνήθως απόδοση όταν αποφεύγονται προβλήματα θάμβωσης ή θέματα ανακλάσεων στην οροφή) (Τσαγκρασούλης, 2016).

Σε μία γενική επισκόπηση, για τη βέλτιστη οργάνωση της λειτουργίας των ραφιών φωτισμού χρειάζεται:

- Καλός χειρισμός των παραθύρων. Το τμήμα του παραθύρου κάτω από το ράφι φωτισμού έχει ανάγκη από ξεχωριστή επεξεργασία για να αποφευχθεί η αντανάκλαση. Ένα παράθυρο πρέπει να είναι εκτεθειμένο στο άμεσο ηλιακό φως για να μπορεί σ' αυτό να τοποθετηθεί ένα ράφι φωτισμού. Ο πραγματικός φωτισμός της ημέρας με οποιαδήποτε μέθοδο εξακολουθεί να είναι ένα δύσκολο εγχείρημα. Είναι αδύνατο να γίνει αντιληπτό το οπτικό αποτέλεσμα του ημερήσιου φωτός με λεκτικό ή σχηματικό τρόπο.
- Χρήση απλών υλικών ώστε να λειτουργήσει ο ανακλαστήρας του ραφιού φωτισμού. Θα μπορούσε να είναι μια πολύ απλή μέθοδος, όσο ένα αλουμινόχαρτο κολλημένο σε ένα κομμάτι χαρτόνι.

- Η λειτουργία διανομής του ημερήσιου φωτός να είναι από το τμήμα του παραθύρου που εκτείνεται πάνω από το ράφι φωτισμού. Το κάτω μέρος του παραθύρου συμβάλλει στο φως της ημέρας μόνο στη λεπτή ζώνη κάτω από το ράφι φωτισμού. Το παράθυρο πρέπει να βλέπει προς τον ήλιο για μεγάλο μέρος του χρόνου, ενώ εξωτερικά αντικείμενα δεν πρέπει να το σκιάζουν. Εάν τα υαλοστάσια των παραθύρων είναι φιμέ ή ανακλαστικά, η δυναμική του φωτισμού ημέρας μειώνεται σημαντικά.
- Σωστή αξιοποίηση της οροφής, ως μιας άλλης και ζωτικής σημασίας μορφής διανομής του ηλιακού φωτός, η οποία λαμβάνεται από το ράφι φωτισμού. Στη συνέχεια, η οροφή διανέμει το φως στους χρήστες. Η οροφή παίζει τον ίδιο ρόλο με τον εξοπλισμό του τεχνητού φωτός. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η οροφή πρέπει να είναι ιδιαίτερα ανακλαστική για εξοικονόμηση όσο το δυνατόν περισσότερου φωτός. Το ύψος και ο προσανατολισμός της οροφής και τα χαρακτηριστικά διάχυσής της κατανέμουν το ημερήσιο φως.

Τα ράφια φωτισμού έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα με θετικά αποτελέσματα σε διάφορους κτιριακούς τύπους, όπως σχολεία, κτίρια γραφείων, βιβλιοθήκες, κ.ά., όπου το σχετικά μεγάλο βάθος των χώρων τους απαιτούσε μεταφορά φυσικού φωτός μέσω ανάκλασης (Μερέση και Αξαρχή, 2011).

4. Πρόσφατες μελέτες πάνω στην απόδοση των ραφιών φωτισμού

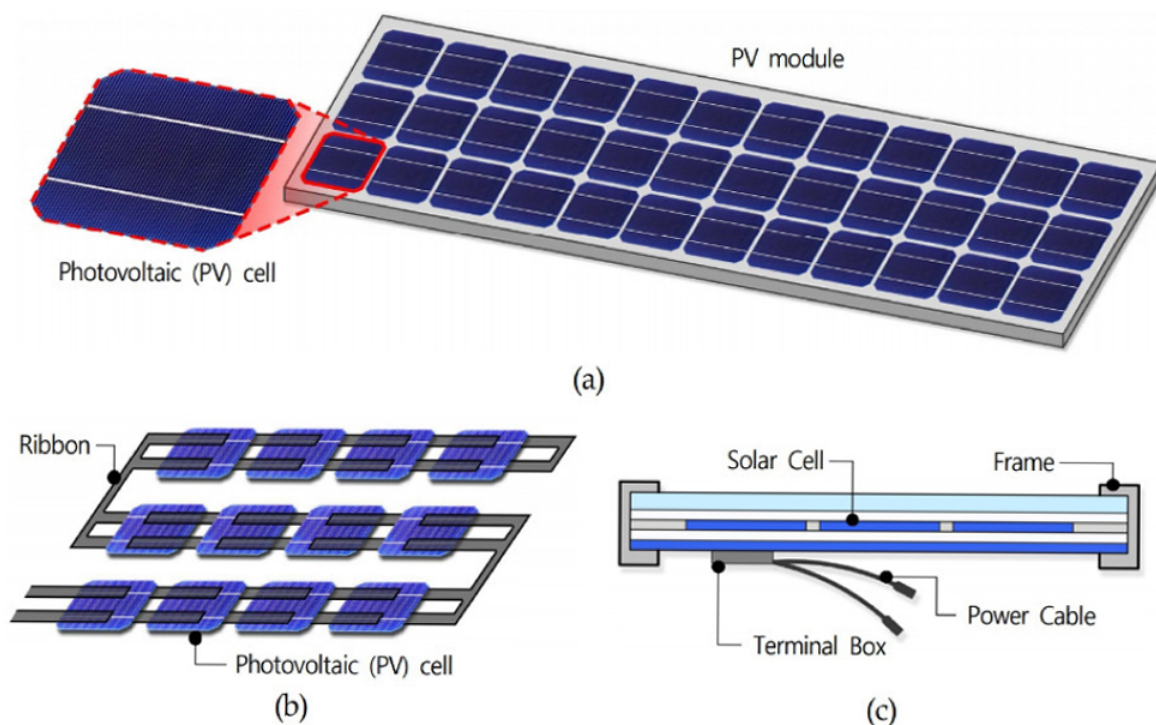
Συνεχείς μετρήσεις και αναλύσεις της φωτεινότητας σε οριζόντια και κεκλιμένα επίπεδα καθώς και της κατανομής της φωτεινότητας του ουρανού, βρίσκονται σε εξέλιξη σε διάφορα ερευνητικά κέντρα του κόσμου, στο πλαίσιο του Διεθνούς Προγράμματος Μέτρησης του Ημερήσιου Φωτός, που ξεκίνησε επίσημα η Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) τον Ιούλιο του 1991. Η έρευνα για τον φυσικό φωτισμό στα κτίρια, και πιο συγκεκριμένα για το σχεδιασμό και την ανάλυση απόδοσης καινοτόμων συστημάτων φωτισμού, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης μοντέλων προσομοίωσης σε υπολογιστές, έλαβε πρόσφατα διεθνή υποστήριξη από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Πρόγραμμα Joule II), τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA Task XXI, Daylighting in

Buildings) και τη δημιουργία νέων εργαστηρίων αφιερωμένων στην έρευνα για τον φυσικό φωτισμό, προωθώντας έτσι τη θεώρηση του φωτισμού ημέρας ως σημαντικό κλάδο των κτιριακών επιστημών. Η διάχυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν σε πρόσφατη έρευνα σχετικά με το φως της ημέρας, σε περιοχές όπου μπορεί να γίνει ευρεία χρήση τους, είναι επίσης σε εξέλιξη. Τα ράφια φωτισμού, τα οποία θεωρούνται καινοτόμα συστήματα ημερήσιου φωτισμού, είναι όπως είδαμε συνήθως επίπεδα στοιχεία (οριζόντια ή κεκλιμένα) τοποθετημένα πάνω από ένα παράθυρο για τον έλεγχο και την ανακατανομή του εισερχόμενου φωτός της ημέρας και μπορεί να είναι εσωτερικά, εξωτερικά ή και τα δύο (Soler and Oteiza, 1996).

Η πρόκληση ενός επιτυχημένου σχεδιασμού με φυσικό φωτισμό σε χώρους γραφείων συνήθως οφείλεται στη διακύμανση των μετεωρολογικών συνθηκών, γι' αυτό και οι λεπτομερείς απαιτήσεις του σχεδιασμού αποτέλεσαν αντικείμενο έρευνας από πολλούς ερευνητές (π.χ. Lee et al., 1994). Ως πιθανή συσκευή φωτισμού για ένα δωμάτιο με πλευρικό φωτισμό, ένα ράφι φωτισμού θα πρέπει τουλάχιστον να παράγει μια βελτιωμένη κατανομή του φωτός της ημέρας, να ανακατευθύνει το εισερχόμενο φως με ανάκλαση προς την οροφή και από εκεί στο βάθος του χώρου, αυξάνοντας τα επίπεδα ημερήσιου φωτός στα πιο σκοτεινά σημεία και μειώνοντας ταυτόχρονα τα υψηλά επίπεδα ημερήσιου φωτός κοντά στο παράθυρο.

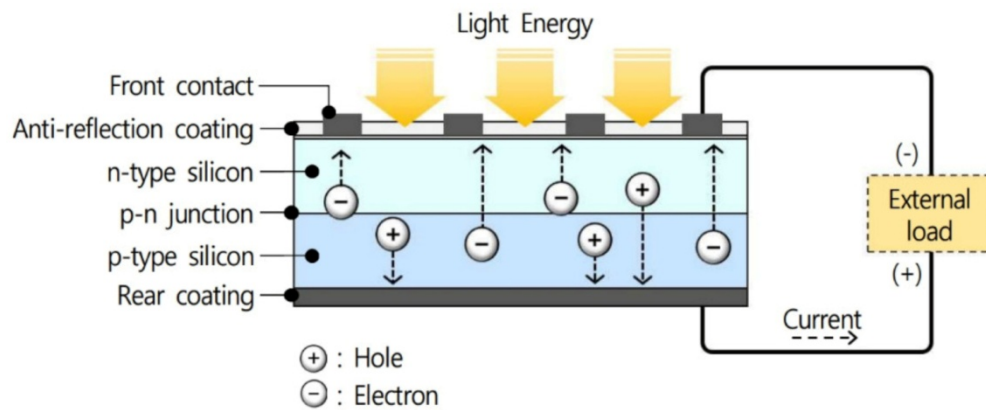
Τα ράφια φωτισμού, όπως προαναφέρθηκε, είναι ένα από τα πιο απλά συστήματα φυσικού φωτισμού ημέρας, παρότι λεπτομερείς πειραματικές μελέτες της απόδοσής τους ως συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους, του ηλιακού ύψους και του αζιμούθιου, της ανακλαστικότητας ραφιών φωτισμού και μοντέλων προσομοίωσης, της θέσης τους στο παράθυρο, τα εσωτερικά και εξωτερικά πλάτη κ.λ.π., προφανώς είναι συνεχώς σε πειραματικό στάδιο, σύμφωνα με τις εργασίες αρκετών ερευνητών, τόσο σε υπό κλίμακα μοντέλα όσο και σε υφιστάμενα κτίρια. Η ανάλυση της απόδοσης των ραφιών φωτός σε υπολογιστή έχει επίσης γίνει, μεταξύ άλλων (Littlefair et al., 1994), λαμβάνοντας υπόψη τις διαθέσιμες, αλλά και τις μελλοντικές εξελίξεις (στο πλαίσιο της Εργασίας 21 του IEA) των εργαλείων σχεδιασμού (π.χ. μέσω του ADELIN: Advanced Daylighting and Electric Lighting Integrated New Environment) και άλλων καινοτόμων συστημάτων φωτισμού ημέρας (Soler and Oteiza, 1996).

Σε μια πρόσφατη μελέτη των Heangwoo Lee, Xialong Zhao και Janghoo Seo (2021) για τα ράφια φωτισμού, διαπιστώθηκε ότι η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων θα μπορούσε να μεγιστοποιηθεί με την εφαρμογή φωτοβολταϊκών (PV) μονάδων σε ανακλαστήρες ραφιών φωτισμού. Αν και οι φωτοβολταϊκές μονάδες παράγουν σημαντική ποσότητα θερμότητας και αλλάζουν την κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη στους εσωτερικούς χώρους, οι αξιολογήσεις απόδοσης που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής δεν έχουν λάβει υπ' όψιν τους αυτές τις παραμέτρους. Συγκεκριμένα, στη μελέτη τους διαπιστώθηκε ότι τα ράφια φωτισμού με φωτοβολταϊκές μονάδες βελτίωσαν την άνεση στους εσωτερικούς χώρους και εξοικονόμησαν ενέργεια για τη θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου (Εικόνα 4-1).



Εικόνα 4-1 Σχηματική απεικόνιση μεταβλητών που σχετίζονται με φωτοβολταϊκά εξαρτήματα σε ράφια φωτισμού: (α) σύνθεση Φ/Β μονάδων, (β) δομή των φωτοβολταϊκών μονάδων, (γ) τομή φωτοβολταϊκής μονάδας (Lee, Zhao και Seo, 2021)

Κατασκευάζοντας ένα πραγματικό δωμάτιο για την αξιολόγηση της απόδοσης σύμφωνα με τις μεταβλητές του ραφιού φωτισμού, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αναλογία ομοιομορφίας βελτιώθηκε σύμφωνα με την τιμή γωνίας του ραφιού φωτισμού και μειώθηκε όσο αυξανόταν η περιοχή εγκατάστασης της φωτοβολταϊκής μονάδας (Εικόνα 4-2).



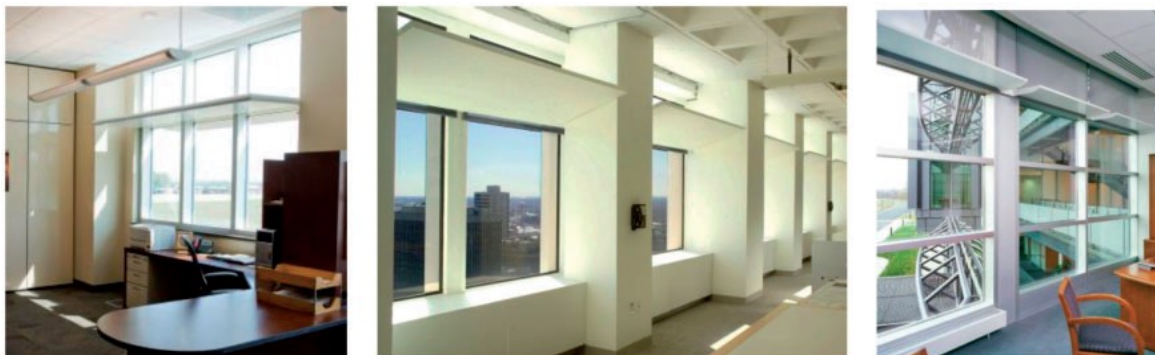
Εικόνα 4-2 Σχηματική απεικόνιση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε Φ/Β στοιχεία (Lee, Zhao και Seo, 2021)

Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι φωτοβολταϊκές μονάδες θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν στο σχεδιασμό των ραφιών φωτισμού, καθώς η απόδοσή τους σε φωτισμό και σε συγκέντρωση προσοχής αλλάζει ανάλογα με τις γωνίες τους. Διαπιστώθηκε επίσης ότι οι φωτοβολταϊκές μονάδες που είναι εγκατεστημένες σε ράφια φωτισμού αλλάζουν το περιβάλλον ψύξης και θέρμανσης των εσωτερικών χώρων. Ο βαθμός μιας τέτοιας αλλαγής αυξανόταν όσο μεγάλωνε η επιφάνεια της φωτοβολταϊκής μονάδας. Τέλος, οι προδιαγραφές ραφιών φωτισμού για τη μείωση της ενέργειας του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, δε βρέθηκαν να ισχύουν για φωτοβολταϊκές μονάδες, καθώς οι φωτοβολταϊκές μονάδες σε ράφια φωτισμού αυξάνουν την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου (Lee, Zhao και Seo, 2021).

4.1 Ράφια φωτισμού σε κτίρια γραφείων στο Toronto

Μια από τις πιο πρόσφατες μελέτες πάνω στην απόδοση των ραφιών φωτισμού είναι αυτή των Berardi και Anaraki (2016), η οποία διερευνά τα οφέλη των ραφιών φωτισμού -που φέρουν τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά μέρη- μέσω προσομοιώσεων φωτισμού ημέρας. Όπως υποστηρίζουν: «Οι παραδοσιακές προσεγγίσεις για τις αξιολογήσεις του φωτός της ημέρας με βάση την τιμή της οριζόντιας φωτεινότητας σε ηλιοστάσια και ημέρες ισημερίας και υπό ορισμένες συνθήκες ουρανού έχουν αποδειχθεί ανεπαρκείς για την αξιολόγηση του φωτός της ημέρας. Σε αυτό το πλαίσιο, ένα λογισμικό προσομοίωσης φωτισμού θα παρείχε νέες ευκαιρίες για τη μελέτη του φωτισμού της ημέρας χρησιμοποιώντας πραγματικά κλιματικά δεδομένα» (Berardi and Anaraki, 2016).

Η έρευνά τους βασίστηκε στην αξιολόγηση της ποιότητας και της ποσότητας του φωτός της ημέρας σε κτίρια γραφείων στο Τορόντο με ράφια φωτισμού, λαμβάνοντας διαφορετικές μεταβλητές σχεδιασμού του κτιρίου προκειμένου να υπάρξει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση σχετικά με τα πλεονεκτήματα των ραφιών φωτισμού έναντι του φωτισμού της ημέρας (Εικόνα 4-3).



Εικόνα 4-3. Παραδείγματα εξωτερικών και εσωτερικών ραφιών φωτισμού σε κτίρια γραφείων στη Βόρεια Αμερική (από αριστερά προς τα δεξιά): Air Force Weather Agency headquarter (NE, USA), Wallace Roberts Todd office (PA, USA) και Armstrong World Industries office (PA, USA). (© Berardi and Anaraki).

Συγκεκριμένα, η μελέτη επικεντρώθηκε σ' ένα γραφείο με ανοιχτού τύπου κάτοψη (open plan) και συγκρίθηκαν διαφορετικές **Αναλογίες Παραθύρου προς τον Τοίχο (Α.Π.Τ.)**, προσανατολισμοί και σχέδια ραφιών φωτισμού. Το κτίριο είχε ορθογώνια κάτοψη, πλάτους 15 μ. στην κατεύθυνση ανατολής-δύσης και βάθους 10 μ. κατά τον άξονα βορρά-νότου, με συνολικό καθαρό ύψος χώρου από πλάκα σε πλάκα 3μ. Η τυπική εσωτερική ανάκλαση για χώρους γραφείων βάσει βιβλιογραφίας (Carlos and Soler, 2001; Ochoa and Capeluto, 2006; Reinhart and Wienold, 2011; Tai and Kim, 2010) ανέρχεται σε 80%, 60% και 20% για την οροφή, τους τοίχους και το δάπεδο αντίστοιχα. Στις πρώτες προσομοιώσεις, τα παράθυρα πλήρους ύψους θεωρήθηκαν ότι έχουν πλάτος 1 μ., με εμβαδόν 3μ² για κάθε παράθυρο· ένας διαφορετικός αριθμός παραθύρων στην πρόσοψη επέτρεπε να υπάρχουν Α.Π.Τ. 25%, 35%, 45% και 55%. Επιλέχτηκε διπλό τζάμι διαφανές low-e (με οπτική διαπερατότητα ίση με 70%), που είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα στη Βόρεια Αμερική.

Το σχέδιο στη συνέχεια επικεντρώθηκε στα ράφια φωτισμού. Η έρευνα έλαβε υπόψη ότι τα συστήματα σκίασης μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να πληρούν διαφορετικά κριτήρια,

όπως η πρόληψη της υπερθέρμανσης, η ενίσχυση της οπτικής άνεσης και η παροχή θέας προς το εξωτερικό ή προστατεύοντας τα παράθυρα από ατμοσφαιρικά φαινόμενα. Παράλληλα, με βάση τη βιβλιογραφία, ο βέλτιστος σχεδιασμός είναι γενικά μια αντιστάθμιση μεταξύ της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος και της ενεργειακής απαίτησης του κτιρίου (IEA, 2000; Carletti et al., 2014). Το κύριο κριτήριο στο σχεδιασμό των ραφιών φωτισμού για την παρούσα μελέτη ήταν να αποκλειστεί πλήρως η άμεση διείσδυση του ηλιακού φωτός πάνω από το ύψος του επιπέδου εργασίας (0,8 m πάνω από το δάπεδο). Το βέλτιστο μήκος και πλάτος των συσκευών σκίασης υπολογίστηκαν με βάση τις ακόλουθες παραμέτρους: το ύψος από την ποδιά και το πρέκι του παραθύρου, το ύψος του ραφιού φωτισμού, το πάχος του τοίχου και τη θέση του ήλιου (υψόμετρο και αζιμούθιο).

Σε επίπεδο αποτελεσμάτων η μελέτη έδειξε ότι στο πλαίσιο της ανάλυσης, τα κτίρια γραφείων στο Τορόντο, αυξάνοντας πάνω από 25% την Α.Π.Τ. μειώνονται προοδευτικά τα επίπεδα των Χρήσιμων Τιμών Φυσικού Φωτισμού ημέρας (Χ.Τ.Φ.Φ.) για σημεία πιο κοντά στα παράθυρα δεδομένων των μεγαλύτερων περιόδων με φωτισμό πάνω από 2000 Lux, ενώ αυξάνουν τη Χ.Τ.Φ.Φ. στο πίσω μέρος του δωματίου. Ωστόσο, η ενσωμάτωση ραφιών φωτισμού βελτιώνει τα επίπεδα Χ.Τ.Φ.Φ. στην μπροστινή ζώνη, με μειωμένα αποτελέσματα σε σημεία μακριά από την πρόσοψη. Στο πλαίσιο της ανάλυσης, ούτε η Α.Π.Τ., ούτε οι συσκευές σκίασης επηρεάζουν ουσιαστικά τη Χ.Τ.Φ.Φ. στη μέση του δωματίου. Η μελέτη έδειξε επίσης ότι τα παράθυρα πλήρους ύψους επιτρέπουν τη βαθιά διείσδυση του φωτός της ημέρας, με τη Χ.Τ.Φ.Φ. να είναι πάντα πάνω από 50% στην πίσω ζώνη για όλες τις περιπτώσεις, ακόμη και με 25% Α.Π.Τ.. Οι προσομοιώσεις απέδειξαν ότι στο Τορόντο, η υιοθέτηση μιας Α.Π.Τ. άνω του 35% δεν είναι ποτέ πλεονεκτική για την ποιότητα του φωτισμού ημέρας (Berardi and Anaraki, 2016).

Ανεξάρτητα από την Α.Π.Τ., τα ράφια φωτισμού αύξησαν το ποσοστό της περιοχής εντός του καλύτερου σε φωτισμό ημέρας εύρους σε όλες τις περιπτώσεις. Η μεγαλύτερη βελτίωση επιτεύχθηκε με την προσθήκη συσκευών σκίασης στην περίπτωση με 35% Α.Π.Τ., ακολουθούμενη από 45% Α.Π.Τ.. Στην πραγματικότητα, ενώ η προσθήκη συσκευών σκίασης στην περίπτωση με χαμηλή Α.Π.Τ. (για παράδειγμα 25%) αυξάνει την περιοχή με Χ.Τ.Φ.Φ. πάνω από 50% μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ σε όλες τις άλλες περιπτώσεις τα ράφια φωτισμού βελτίωσαν την κατάσταση καθ' όλη τη διάρκεια

του χρόνου. Η μηνιαία ανάλυση των δεδομένων αποκάλυψε ότι τα ράφια φωτισμού είναι λιγότερο αποτελεσματικά για την περίπτωση με Α.Π.Τ. 25%.

Η μελέτη έδειξε επίσης ότι τα παράθυρα πλήρους ύψους παρέχουν καλύτερη ποιότητα φωτισμού ημέρας σε σύγκριση με τις περιπτώσεις που παρά την ίδια χρήση υαλοστασίων τα παράθυρα είναι πιο χαμηλά σε ύψος και πιο φαρδιά. Ανεξάρτητα από τη γεωμετρία των παραθύρων, τα ράφια φωτισμού ενισχύουν τον φυσικό φωτισμό ειδικά στην μπροστινή ζώνη και στις νότιες προσόψεις. Το εξωτερικό εμπόδιο στα νότια ενίσχυσε το φως της ημέρας στην μπροστινή ζώνη, ενώ επηρέασε το πίσω μέρος με αντίθετο τρόπο. Ωστόσο, τα ράφια φωτισμού αποδείχθηκαν αποτελεσματικά στην αύξηση της ποιότητας του φωτισμού της ημέρας ακόμη και με την παρουσία εξωτερικών εμποδίων (Berardi and Anaraki, 2016). Αυτό σημαίνει ότι είναι επιθυμητή η σύσταση για τη χρήση ραφιών φωτισμού στην εισαγωγή των οικοδομικών κανονισμών κατά το σχεδιασμό κτιρίων στη σύγχρονη εποχή.

Όπως προκύπτει, η έρευνα δε δίνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις ενδιαμέσες περιοχές φωτεινότητας που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν ως στόχος σχεδιασμού. Στην πραγματικότητα, η χρήση μιας μεθόδου μέτρησης που προέρχεται από τις τιμές οριζόντιας φωτεινότητας είναι ένας σημαντικός περιορισμός της μελέτης, ο οποίος θα έπρεπε επίσης να συμπληρωθεί με εκτιμήσεις φωτισμού και κατακόρυφης φωτεινότητας. Συμπληρωματικές αναλύσεις για τη διανομή του φωτισμού της ημέρας με ηλιακά οφέλη και εξοικονόμηση ενέργειας, είναι άλλα θέματα για μελλοντικές έρευνες.

4.2 Ράφια φωτισμού με χρήση μοντέλων στη Μαδρίτη

Οι κλιματολογικές συνθήκες της Ισπανίας (40,4''B, 4,4''Δ) στις περισσότερες περιοχές, αλλά και στη Μαδρίτη συγκεκριμένα, απαιτούν για 7 περίπου μήνες το χρόνο θέρμανση και για τους υπόλοιπους μήνες ψύξη. Επιπλέον, στη Μαδρίτη, η μέγιστη τυπική μέση θερμοκρασία το καλοκαίρι είναι 41°C και γι' αυτό λαμβάνεται η τιμή 1 για το κλάσμα ωριαίας ηλιοφάνειας u σχεδόν για το 90% των πιθανών ωρών ηλιοφάνειας, γεγονός που καθιστά απαραίτητα τα συστήματα σκίασης. Ωστόσο, τα περισσότερα από αυτά που έχουν σχεδιαστεί για να αποκόπτουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, μειώνουν παράλληλα τα επίπεδα του ημερήσιου φωτισμού σε όλα τα σημεία του χώρου, με αποτέλεσμα να απαιτείται τεχνητός φωτισμός, αυξάνοντας έτσι το ηλεκτρικό φορτίο.

Κατά συνέπεια χρειάζονται συσκευές σκίασης που είναι επίσης αποτελεσματικά συστήματα ημερήσιου φωτισμού.

Σε μία πρόσφατη έρευνα, κατασκευάστηκαν δύο μοντέλα διαστάσεων 60X60X28 εκ. από μέταλλο σε κλίμακα 1:10 με ορθογώνια ανοίγματα πλάτους 56εκ. και ύψους 15εκ. στη νότια όψη. Το ύψος της ποδιάς των παραθύρων ορίστηκε στα 9εκ. Το ένα ήταν εξοπλισμένο με το ράφι φωτισμού και το άλλο αφέθηκε χωρίς κάποιο στοιχείο περιορισμού για σύγκριση. Τα μοντέλα τοποθετήθηκαν στο δώμα του σχολείου *Escuela Tcnica Superior de Arquitectura* στη Μαδρίτη και δοκιμάστηκαν σε μια ανοιχτή τοποθεσία κάτω από πραγματικές κλιματικές συνθήκες. Και τα δύο μοντέλα βάφτηκαν εσωτερικά: τοιχοποιίες και δάπεδο με μαύρο ματ χρώμα (5% ανακλαστικότητα) και με λευκό ματ η οροφή (90% ανακλαστικότητα). Επομένως, η μελέτη εξετάζει μόνο μία περιοριστική περίπτωση. Η θέση και οι διαστάσεις του ραφίου φωτισμού επιλέχθηκαν έτσι ώστε να μην υπάρξει βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας του ημερήσιου φωτισμού σ' ένα ορισμένο σημείο του μοντέλου, αλλά απλώς να ληφθεί μια κατακόρυφη γωνία σκίασης 50°, επαρκής για συσκευές σκίασης με νότιο προσανατολισμό κατά την ετήσια περίοδο υπερθέρμανσης.

Λαμβάνοντας αυτό υπόψη, είναι σαφές ότι τα επιλεγμένα πλάτη των εσωτερικών και εξωτερικών τμημάτων του ραφίου φωτισμού εξαρτήθηκαν από το ύψος τοποθέτησής του στο παράθυρο, δηλαδή τον χώρο που απομένει για τον φεγγίτη (πάνω από το ράφι φωτισμού) και ο χώρος που απομένει για τη θέαση από κάτω. Το ράφι φωτισμού προσαρτήθηκε στο μοντέλο με ένα ορθογώνιο κομμάτι αλουμινίου. ένα μέρος στερεωμένο στη νότια επιφάνεια του μοντέλου και το άλλο μέρος κάθετο στο μοντέλο. Για να επιτραπεί η δυνατότητα μεταβολής του ύψους του φωτιστικού ραφίου, η προέκταση του εξαρτήματος στήριξης ήταν στη βάση του παραθύρου θέασης μέχρι το πάνω μέρος του φεγγίτη. Έτσι, για μεγάλα ηλιακά αζιμούθια, ένα μέρος του ραφίου φωτισμού βρισκόταν στη σκιά που δημιουργήθηκε από το κομμάτι στήριξης. Επιπλέον, δημιουργήθηκε μια οριζόντια σκιά 10° από το σημείο στο ράφι φωτισμού στην επιφάνεια του παραθύρου και από το όριο του εξαρτήματος στήριξης κάθετα στο παράθυρο. Το ράφι φωτισμού ήταν από αλουμίνιο βαμμένο με τρεις στρώσεις λευκού ματ χρώματος (Soler and Oteiza, 1996).

Η έρευνα συμπεραίνει ότι το ράφι φωτισμού που μελετήθηκε λειτουργεί ως συσκευή ημερήσιου φωτισμού για καθαρές ημέρες (αρκετά σύνηθες φαινόμενο στη Μαδρίτη), ενώ

το επιλεγμένο σημείο στο μοντέλο προσομοίωσης (σε απόσταση 5μ. από το άνοιγμα στο μοντελοποιημένο παράθυρο), για ορισμένες περιοχές ηλιακού ύψους t (σε συγκεκριμένο εύρος ημερών ($110 < n < 270$, όπου n είναι η ημέρα του έτους)). Πρέπει ωστόσο να τονιστεί ότι αυτά τα αποτελέσματα λαμβάνονται χωρίς βελτιστοποίηση της θέσης του ραφιού φωτισμού σε σχέση με την αποτελεσματικότητά του στον φυσικό φωτισμό και με τις ανακλάσεις του ραφιού φωτισμού και του μοντέλου που μπορεί να θεωρηθεί ως περιοριστική συνθήκη: πρακτικά καμία κατοπτρική ανάκλαση για το φωτεινό ράφι και τους τοίχους δε βάρη σε μαύρο χρώμα στο μοντέλο. Τα πειράματα που βρίσκονται τώρα σε εξέλιξη εξετάζουν τοίχους και δάπεδο στο μοντέλο και μια σειρά από ράφια φωτισμού, με ανακλάσεις διαφορετικές από αυτές που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία.

4.3 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής έρευνας

Από μία γενική επισκόπηση του Α' μέρους της παρούσας εργασίας συμπεραίνουμε ότι οι πρώτες μελέτες που αφορούσαν τα ράφια φωτισμού έλεγξαν τις μεταβλητές που σχετίζονται με αυτά ή άλλαξαν την μορφολογία τους για να βελτιώσουν την απόδοση του φυσικού φωτισμού. Οι μεταγενέστερες και πιο πρόσφατες μελέτες, ενσωμάτωσαν διάφορες κινούμενες ή λειτουργικές τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένης της πληροφορικής, εφαρμόζοντας άλλα στοιχεία σε ράφια φωτισμού, όπως σκέπαστρα και φωτοβολταϊκές μονάδες.

Το κύριο ερευνητικό ερώτημα, το οποίο θα αποτελέσει και ελκυστικό εργαλείο για τον εκάστοτε μελετητή, είναι διατηρώντας την απλότητα του ραφιού φωτισμού χωρίς πρόσθετες τεχνολογίες πλην της υψηλής ανακλαστικότητας, να ερευνηθεί σε ποιους προσανατολισμούς αποδίδει περισσότερο υπό το πρίσμα αξιολόγησης των Χρήσιμων Τιμών Φυσικού Φωτισμού.

5. Πειραματική διαδικασία

5.1 Στόχοι και παραδοχές έρευνας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι να ερευνηθεί σε ένα τυπικό χώρο εργασίας στην Ελλάδα, σε ποιους προσανατολισμούς και σε ποια εποχή του έτους, είναι ευνοϊκότερη η χρήση των ραφιών φωτισμού, έχοντας ως κριτήριο αξιολόγησης τις Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού.

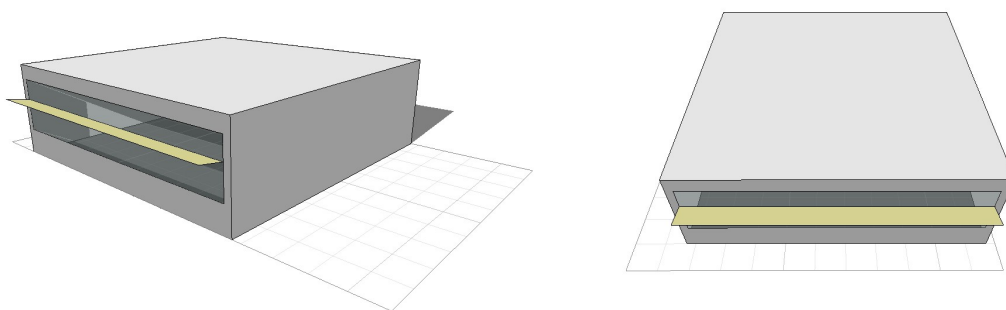
Μελετάται μία αίθουσα χώρου γραφείου τοποθετημένη γεωγραφικά στην περιοχή της Αθήνας, χρησιμοποιώντας τα κλιματικά δεδομένα αυτής, καθώς είναι αντιπροσωπευτικά της Ελληνικής επικράτειας (Meresi, 2016) και οι μετρήσεις πραγματοποιούνται στις 12 το μεσημέρι, που αποτελεί το μέσο όρο του εργασιακού ωραρίου. Αναλύονται τέσσερα σενάρια στη διάρκεια του έτους εκ των οποίων το ένα μελετά τις συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού, ενώ τα υπόλοιπα τρία αντιστοιχούν σε κάθε εποχή του έτους. Συγκεκριμένα πραγματοποιούνται μετρήσεις με συνθήκες πλήρους ηλιασμού στις 21 Μαρτίου (εαρινή ισημερία) και 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο) ενώ μερικού ηλιασμού στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο). Στις 21 Σεπτεμβρίου (φθινοπωρινή ισημερία) η ηλιακή γεωμετρία είναι σχεδόν ίδια με αυτή στις 21 Μαρτίου, οπότε θεωρείται ότι έχουν κοινά αποτελέσματα και αποτελούν ένα σενάριο.

- 1^ο σενάριο: Αίθουσα υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού 21 Δεκεμβρίου στις 12.00μ.μ.
- 2^ο σενάριο: Αίθουσα σε συνθήκες πλήρους ηλιασμού στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ.
- 3^ο σενάριο: Αίθουσα σε συνθήκες πλήρους ηλιασμού στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ.
- 4^ο σενάριο: Αίθουσα σε συνθήκες μερικού ηλιασμού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00μ.μ.

Για κάθε σενάριο πραγματοποιούνται μετρήσεις με ράφι και χωρίς ράφι φωτισμού, όπου η αίθουσα είναι στραμμένη στους οκτώ κύριους προσανατολισμούς ανά 45° ήτοι:

Βόρεια, Βορειοανατολικά, Ανατολικά, Νοτιοανατολικά, Νότια, Νοτιοδυτικά, Δυτικά, Βορειοδυτικά

Επιλέγεται μία τυπική αίθουσα γραφείων (Εικόνα 5-1) διαστάσεων 10,00 x 10,00 μ. x 3,20 μ. με ένα άνοιγμα στη μία όψη με διαστάσεις 9,50 x 1,80 μ.. Σε αυτό τοποθετείται ένα ράφι φωτισμού στην εξωτερική πλευρά του παραθύρου, σε ύψος 2,00 μ από την τελική στάθμη του δαπέδου, με πλάτος 0,80 μ και κλίση 10° (με την εξωτερική ακμή ψηλότερα) και κατοπτρικότητα 90% το οποίο παρουσιάζει τα βέλτιστα χαρακτηριστικά (Meresi, 2016).



**Εικόνα 5-1 Το μοντέλο της τυπικής αίθουσας γραφείων με εξωτερικό ράφι φωτισμού,
Πηγή: Ecotect**

5.2 Εργαλεία έρευνας

Το μοντέλο της αίθουσας, σχεδιάστηκε στο λογισμικό Autodesk® Ecotect® Analysis ενώ για την προσομοίωση επιπέδων φωτισμού, χρησιμοποιείται το λογισμικό Radiance. Για την οπτική ομοιομορφία των αποτελεσμάτων και καθώς το ενδιαφέρον εστιάζεται στις Χ.Τ.Φ.Φ., χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση χρωματική κλίμακα με ελάχιστο όριο τα 0 lx και μέγιστο όριο τα 2000 lx ενώ τα μεγαλύτερα μεγέθη από 2000 lx περιλαμβάνονται σε αυτό του μέγιστου. Τα αποτελέσματα σε μορφή εικόνων, εισήχθησαν στο λογισμικό Autodesk® Autocad® όπου υπολογίστηκαν οι επιφάνειες που αντιστοιχούν σε κάθε ένα από τα τρία εύρη των Τιμών Φυσικού Φωτισμού στο χώρο (Εικόνα 5-2) για κάθε περίπτωση και υπολογίστηκαν τα αναλογούντα εκατοστιαία ποσοστά.

< 100lx	100lx – 2000lx	> 2000lx
Μικρές τιμές φυσικού φωτισμού, ανεπαρκείς για τις περισσότερες δραστηριότητες	Οι χρήσιμες τιμές φυσικού φωτισμού που εξασφαλίζουν ικανοποιητικό φωτισμό για τις περισσότερες δραστηριότητες	Υψηλές τιμές φυσικού φωτισμού που πιθανόν οδηγούν σε θάμβωση

Εικόνα 5-2 Εύρη των τιμών φυσικού φωτισμού
Πρωτότυπη πηγή: Nabil & Mardaljevic, 2006, Πηγή σε επεξεργασία: Μερέση, 2010

Για την προσομοίωση ορίσθηκαν οι ανακλαστικότητες των επιφανειών της αίθουσας, στο λογισμικό Ecotect ως εξής:

- Ανακλαστικότητα δαπέδου 30%
- Ανακλαστικότητα τοίχων 60%
- Ανακλαστικότητα οροφής 90%
- Ανακλαστικότητα ραφίου φωτισμού 90%

6. Αποτελέσματα Πειραματικής Διαδικασίας

Σε κάθε προσανατολισμό και κάθε σενάριο, από την πειραματική διαδικασία εξάγονται από το λογισμικό Ecotect, οι παρακάτω εικόνες διαγραμμάτων με τη συνέργεια του λογισμικού Radiance. Τα αποτελέσματα, υπό μορφή εικόνων, εισάγονται στη συνέχεια στο λογισμικό Autocad όπου υπολογίζονται οι επιφάνειες που αντιστοιχούν σε κάθε ένα από τα τρία εύρη των Τιμών Φυσικού Φωτισμού στο χώρο για κάθε περίπτωση και ανάγονται σε ποσοστά της συνολικής επιφάνειας.

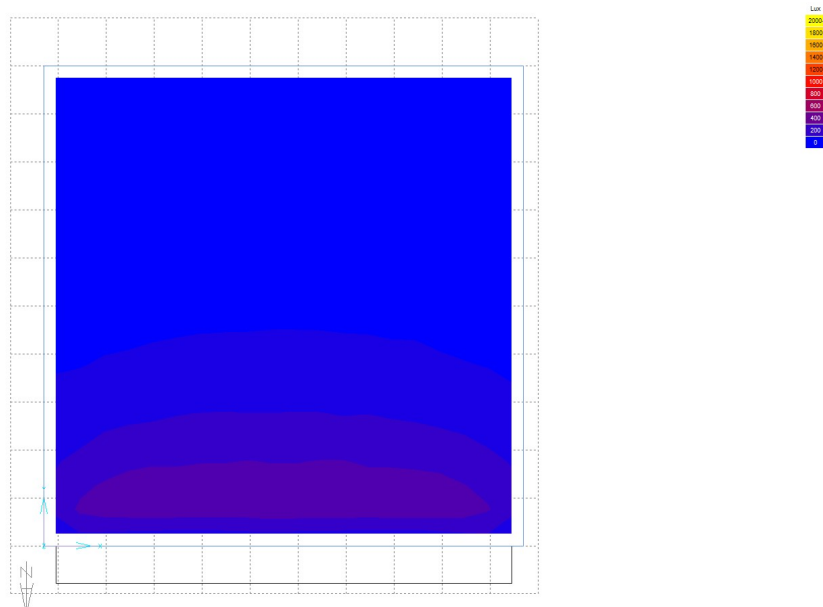
Μελετήθηκαν με τον ίδιο τρόπο όλοι οι προσανατολισμοί, ανά 45 μοίρες, για κάθε χρονικό σενάριο, με ράφι και χωρίς ράφι φωτισμού.

6.1 Προσανατολισμοί

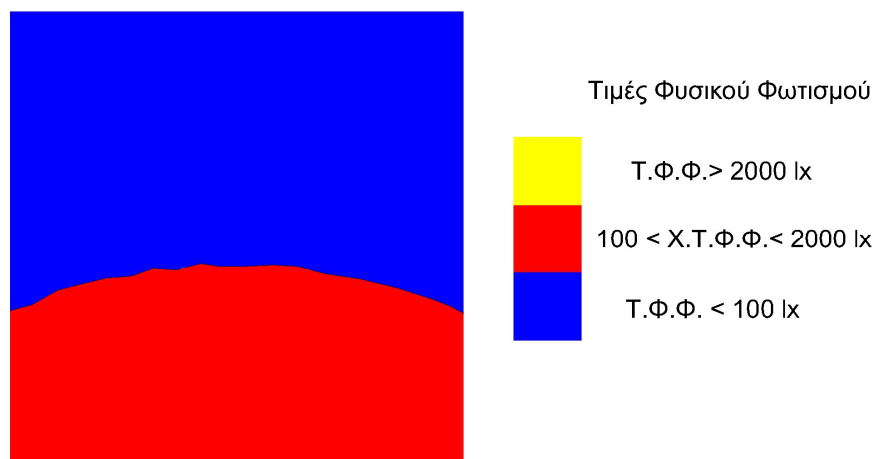
6.1.1 Βόρειος Προσανατολισμός

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου με ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Center Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect v4



Εικόνα 6-1 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

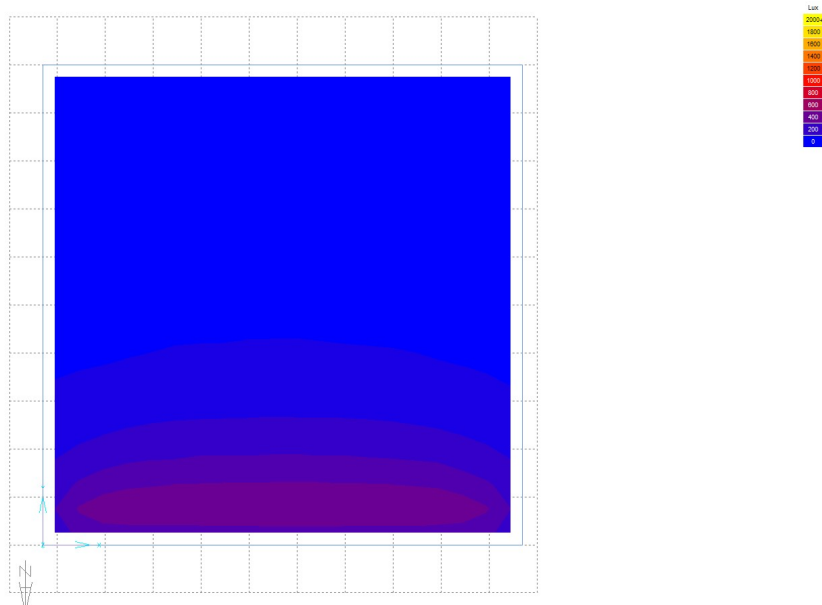


Εικόνα 6-2 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

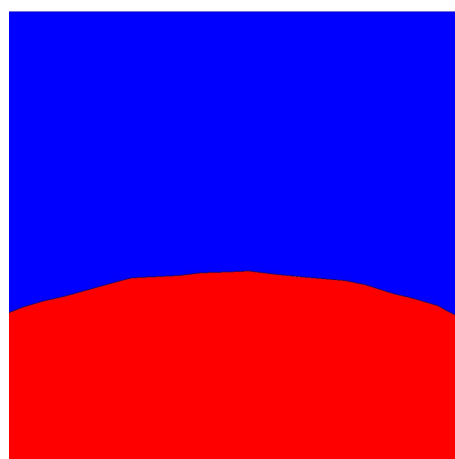
Στην περίπτωση του Βόρειου προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (ρύθμιση overcast sky στο λογισμικό Radiance) και ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό χώρου 40.7% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 59.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου χωρίς ράφι φωτισμού

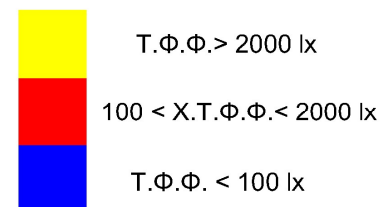
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect.rtd



Εικόνα 6-3 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

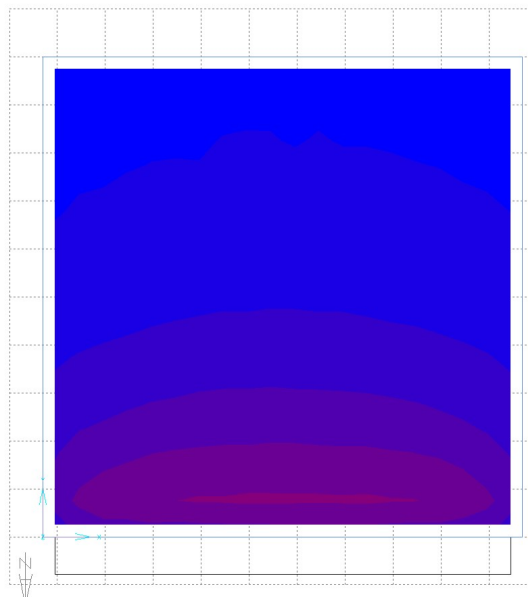


Εικόνα 6-4 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βόρειου προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (ρύθμιση overcast sky στο λογισμικό Radiance), χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό χώρου 39.5% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 60.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

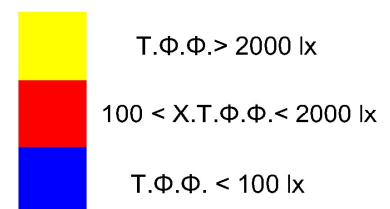
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
in Steps of: 100 Lux
ecotect .d



Εικόνα 6-5 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού) , Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

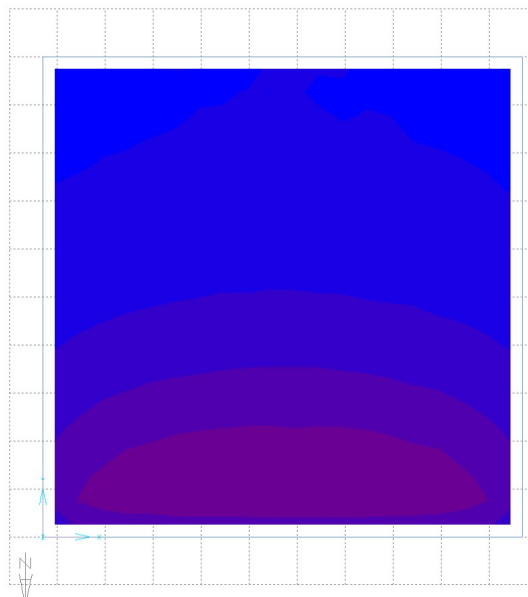


Εικόνα 6-6 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού) , Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βόρειου προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (ρύθμιση sunny sky στο λογισμικό Radiance), με ράφι φωτισμού, στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ., υπολογίστηκε ποσοστό χώρου 79.6% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 20.4% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

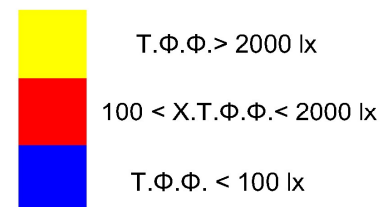
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
in Steps of: 100 Lux
ecotect v4



Εικόνα 6-7 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

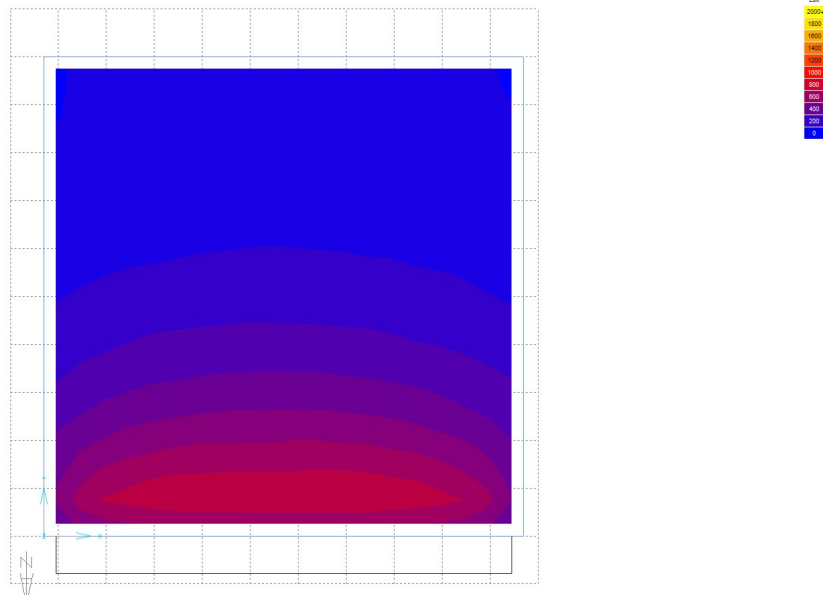


Εικόνα 6-8 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

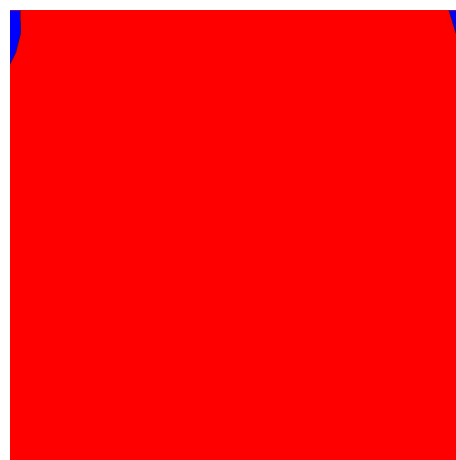
Στην περίπτωση του Βόρειου προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (ρύθμιση sunny sky στο λογισμικό Radiance), χωρίς ράφι φωτισμού, στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ., υπολογίστηκε ποσοστό χώρου 87.1% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 12.9% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

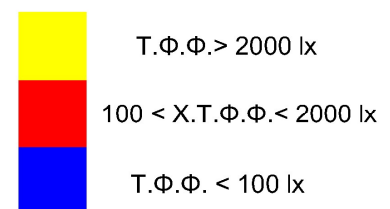
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect v4



Εικόνα 6-9 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

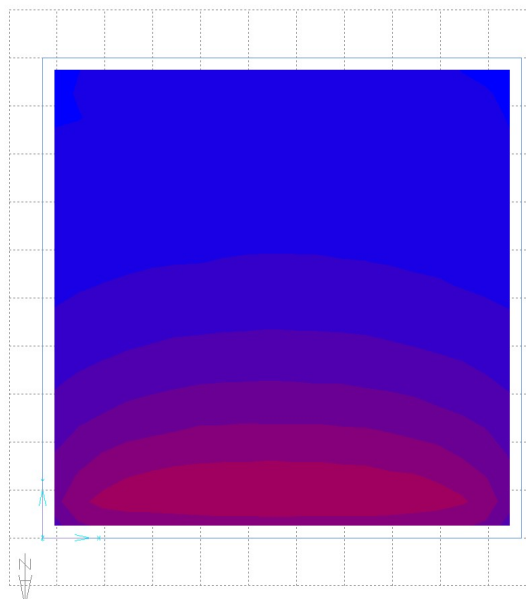


Εικόνα 6-10 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βόρειου προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (ρύθμιση sunny sky στο λογισμικό Radiance) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 99.6 % Χ.Τ.Φ.Φ. και 0.4 % με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

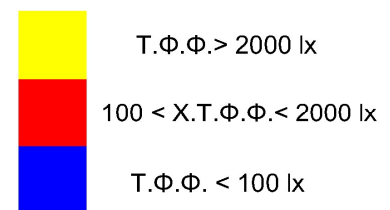
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Shade of: 100 Lux
© Ecotect v4



Εικόνα 6-11 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού) , Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

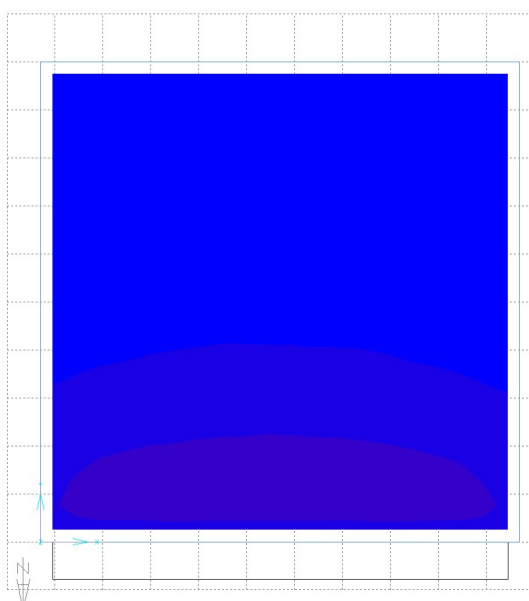


Εικόνα 6-12 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

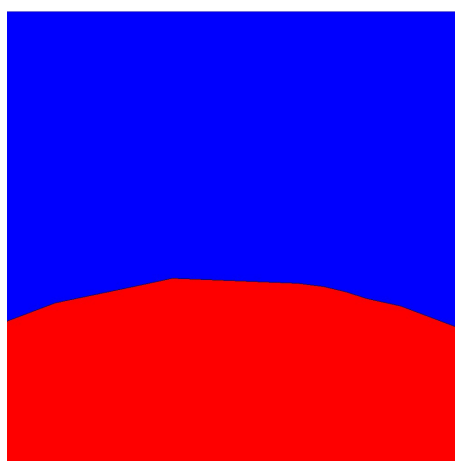
Στην περίπτωση του Βόρειου προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (ρύθμιση sunny sky στο λογισμικό Radiance) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 98.9 % Χ.Τ.Φ.Φ. και 1.1 % με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

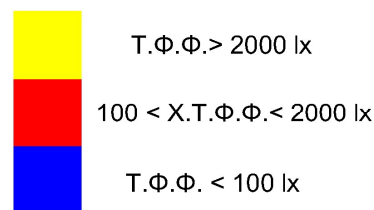
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
in Steps of: 100 Lux
ecotect v4



Εικόνα 6-13 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

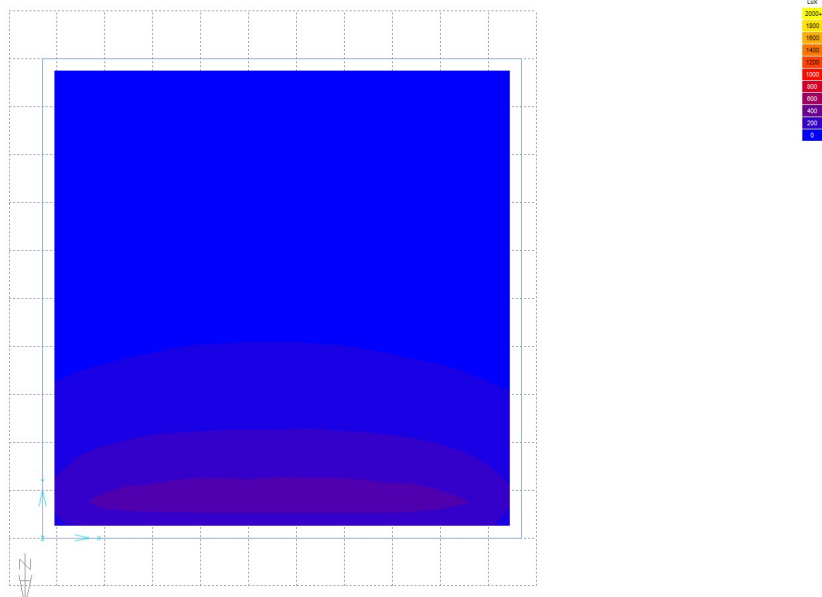


Εικόνα 6-14 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

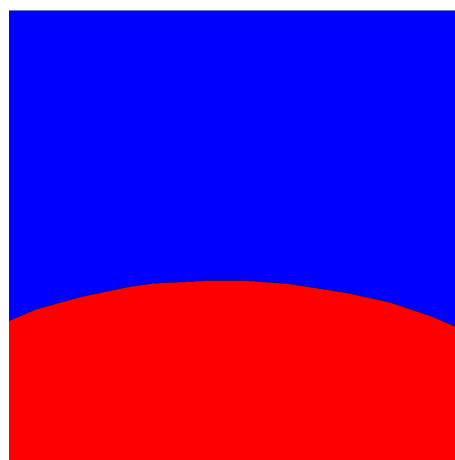
Στην περίπτωση του Βόρειου προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (ρύθμιση intermediate sky στο λογισμικό Radiance) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 37.6 % Χ.Τ.Φ.Φ. και 62.4 % με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

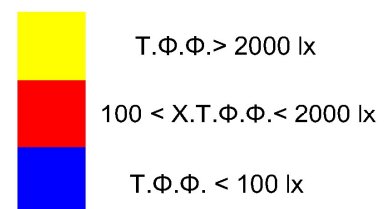
Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect rad



Εικόνα 6-15 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού



Εικόνα 6-16 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βόρειο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βόρειου προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (ρύθμιση intermediate sky στο λογισμικό Radiance) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 37.3 % Χ.Τ.Φ.Φ. και 62.7 % με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

Συνοψίζοντας στους παρακάτω πίνακες για το Βόρειο προσανατολισμό:

ΒΟΡΕΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (με ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ (%)		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < Χ.Τ.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	59.3	40.7	0
2. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	20.4	79.6	0
3. 21 Ιουνίου	0.4	99.6	0
4. 21 Δεκεμβρίου	62.4	37.6	0

Πίνακας 6-1 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βόρειο προσανατολισμό με ράφι φωτισμού

ΒΟΡΕΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (χωρίς ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ (%)		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < Χ.Τ.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
5. Νεφосκεπής ουρανός	60.5	39.5	0
6. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	12.9	87.1	0
7. 21 Ιουνίου	1.1	98.9	0
8. 21 Δεκεμβρίου	62.7	37.3	0

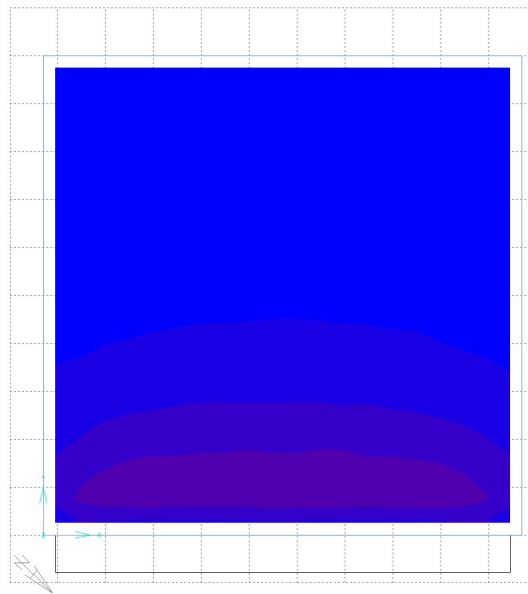
Πίνακας 6-2 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βόρειο προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού

Στο Βόρειο προσανατολισμό το μεγαλύτερο ποσοστό Χ.Τ.Φ.Φ. παρουσιάζεται στο τρίτο σενάριο, το καλοκαίρι στις 21 Ιουνίου με ράφι φωτισμού και τιμή 99,6% με μικρή αύξηση της τάξης του 0.7% σε σχέση με την περίπτωση χωρίς ράφι φωτισμού. Την άνοιξη και φθινόπωρο οι Χ.Τ.Φ.Φ. παρουσιάζουν μείωση ποσοστού χώρου με ράφι φωτισμού κατά 7.5% το οποίο οφείλεται στη σκίαση του χώρου από αυτό.

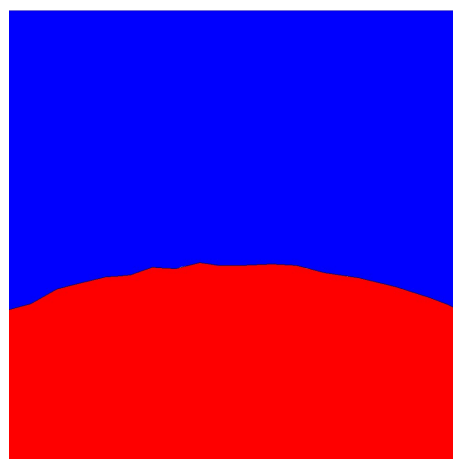
6.1.2 Βορειανατολικός Προσανατολισμός

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου με ράφι φωτισμού

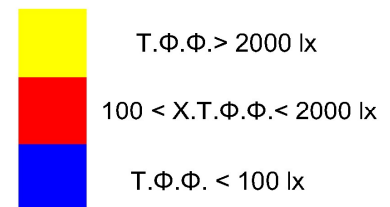
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT v5



Εικόνα 6-17 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

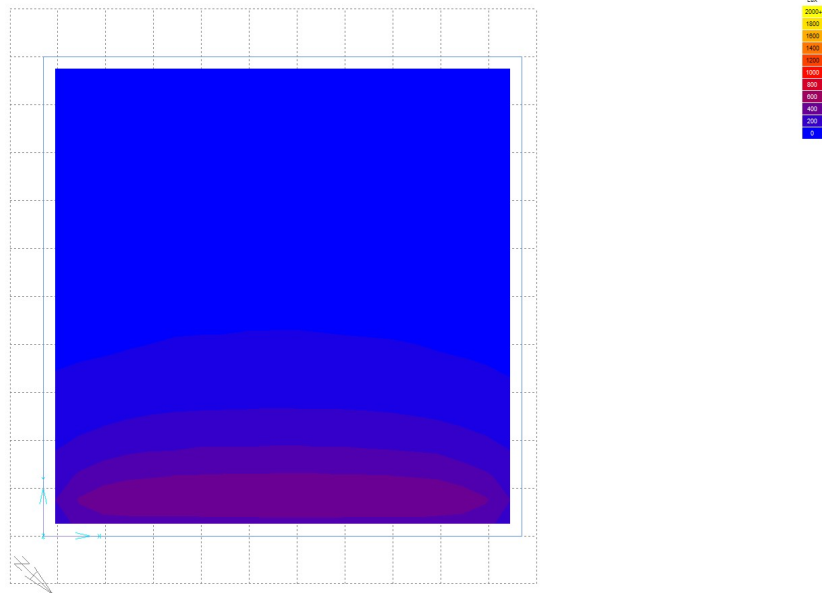


Εικόνα 6-18 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

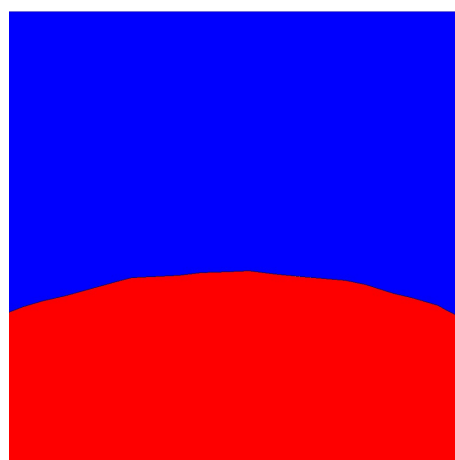
Στην περίπτωση του Βορειοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 40.7% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 59.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου χωρίς ράφι φωτισμού

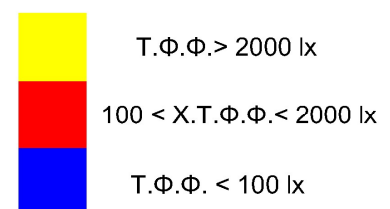
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© Ecotect Ltd



Εικόνα 6-19 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

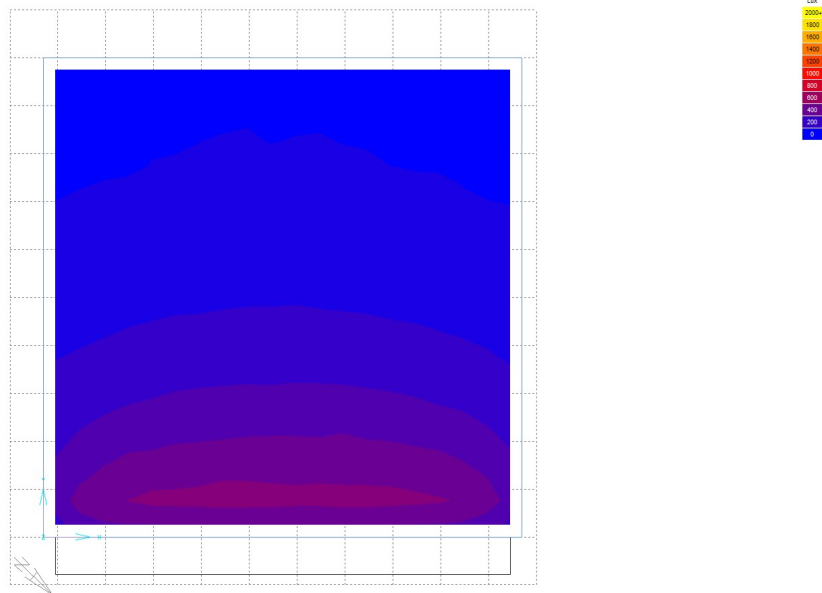


Εικόνα 6-20 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

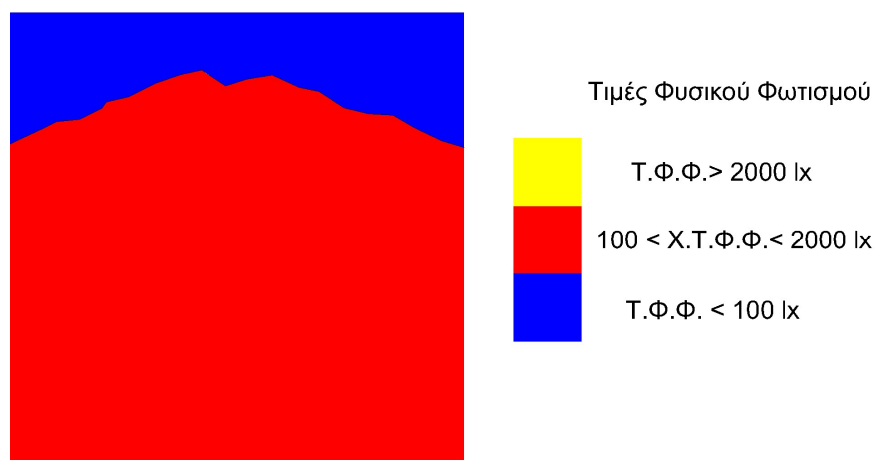
Στην περίπτωση του Βορειοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 39.5% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 60,5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In: Overcast 100 Lux
© Ecotect Ltd



Εικόνα 6-21 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

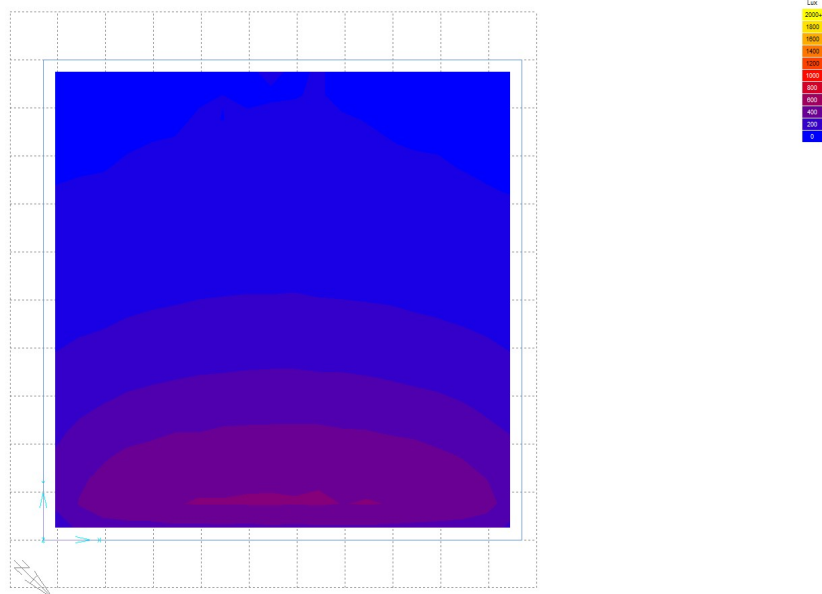


Εικόνα 6-22 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

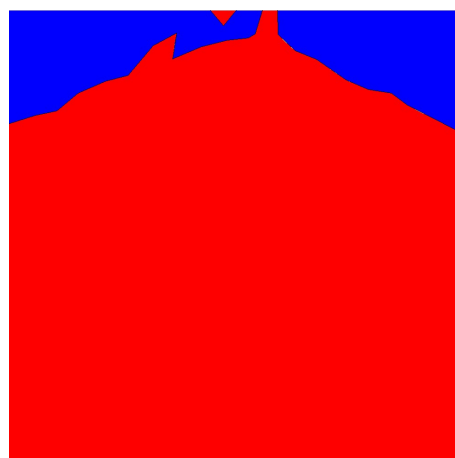
Στην περίπτωση του Βορειοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 79.8% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 20.2% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

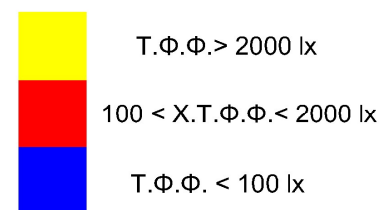
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect.com



Εικόνα 6-23 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

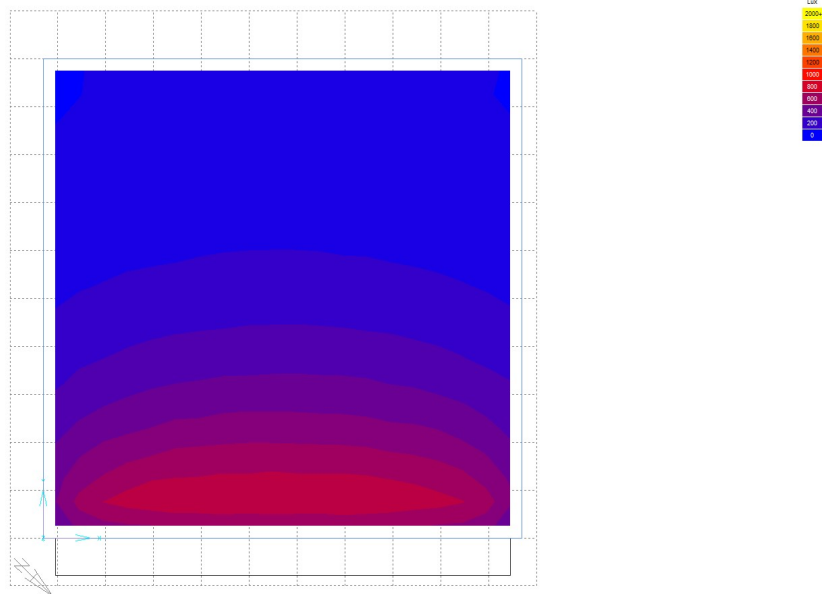


Εικόνα 6-24 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βορειοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 85.7 % Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 14.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

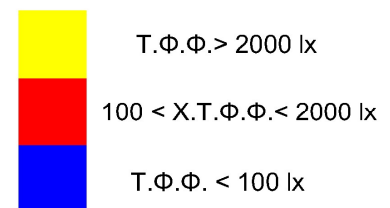
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© Ecotect Ltd



Εικόνα 6-25 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

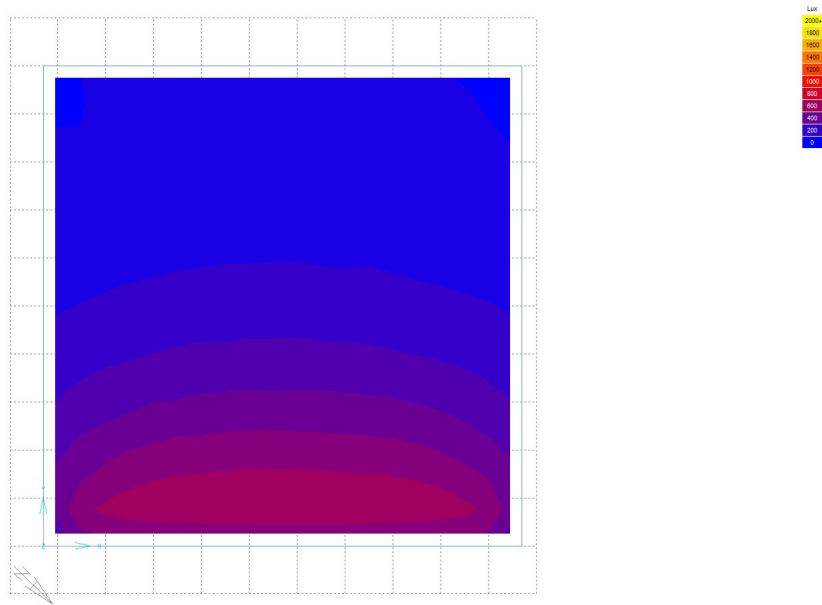


Εικόνα 6-26 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βορειοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 99.2% Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 0.8% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

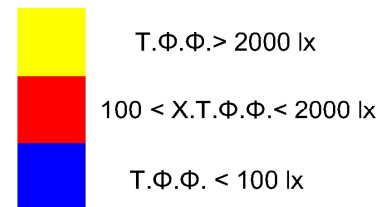
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect id



Εικόνα 6-27 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

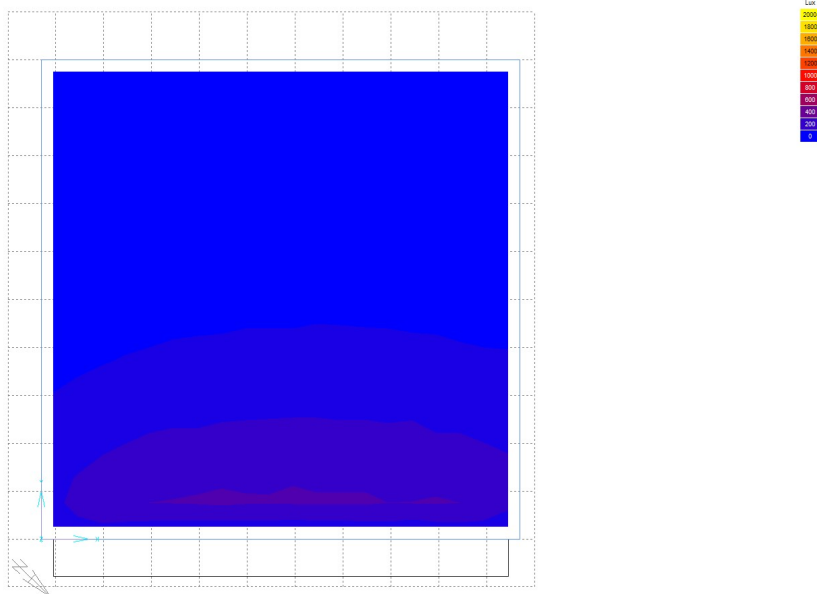


Εικόνα 6-28 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

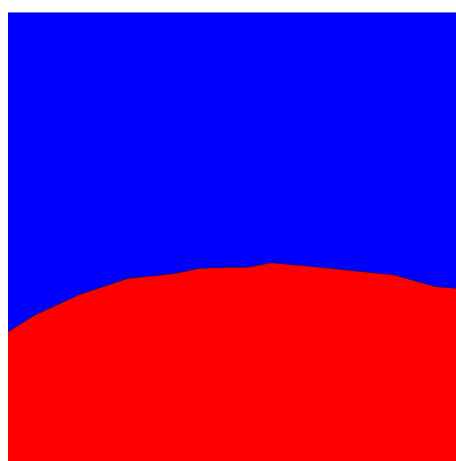
Στην περίπτωση του Βορειοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 98.5% Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 1,5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

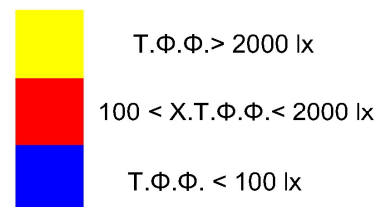
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of 100 Lux
ecotect v4



Εικόνα 6-29 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



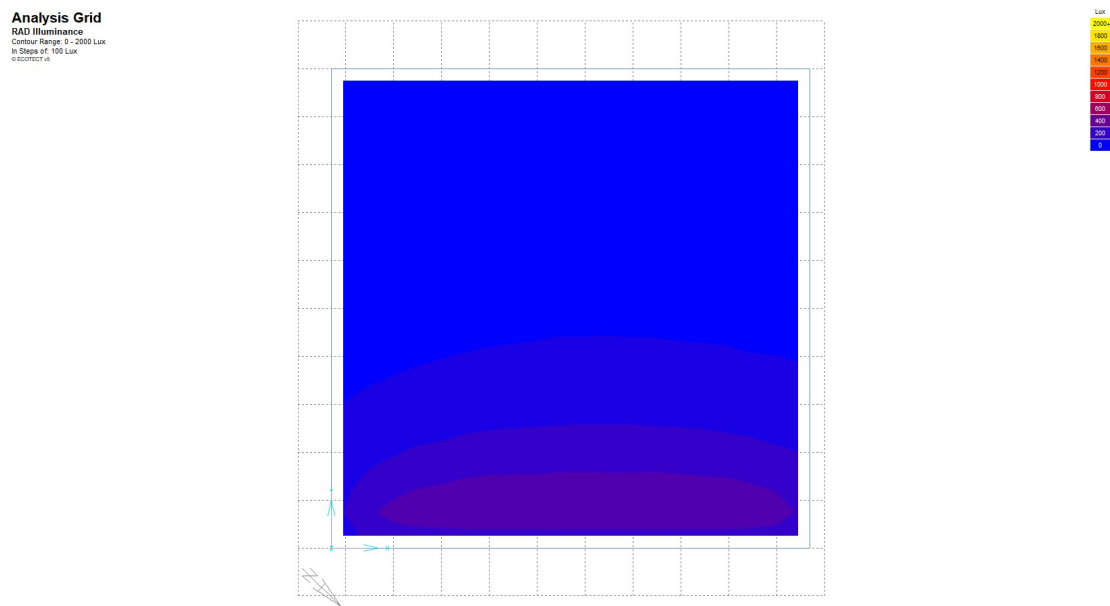
Τιμές Φυσικού Φωτισμού



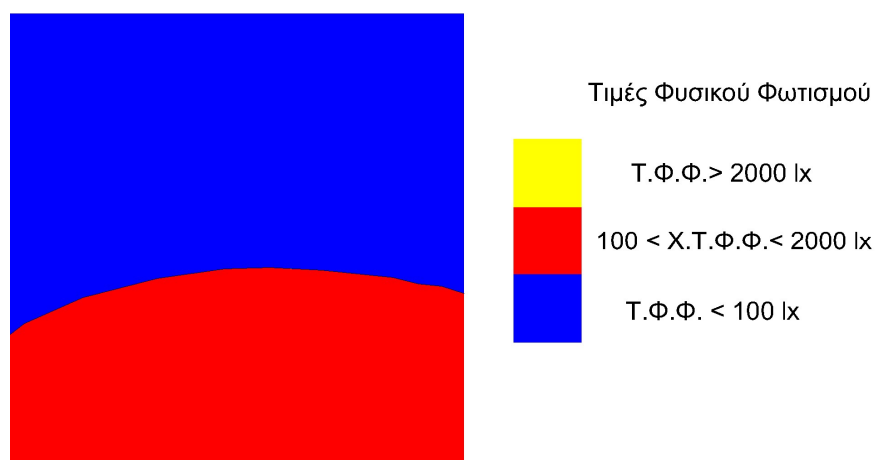
Εικόνα 6-30 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βορειοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 40.9% Χ.Τ.Φ.Φ. και 59.1% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού



Εικόνα 6-31 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Εικόνα 6-32 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βορειοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 40.5% Χ.Τ.Φ.Φ. και 59.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

Συνοψίζοντας στους παρακάτω πίνακες για το Βορειοανατολικό προσανατολισμό:

ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (με ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < Χ.Τ.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφοσκεπής ουρανός	59.3	40.7	0
2. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	20.2	79.8	0
3. 21 Ιουνίου	0.8	99.2	0
4. 21 Δεκεμβρίου	59.1	40.9	0

Πίνακας 6-3 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βορειοανατολικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού

ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (χωρίς ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < Χ.Τ.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφοσκεπής ουρανός	60.5	39.5	0
5. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	14.3	85.7	0
6. 21 Ιουνίου	1.5	98.5	0
7. 21 Δεκεμβρίου	59.5	40.5	0

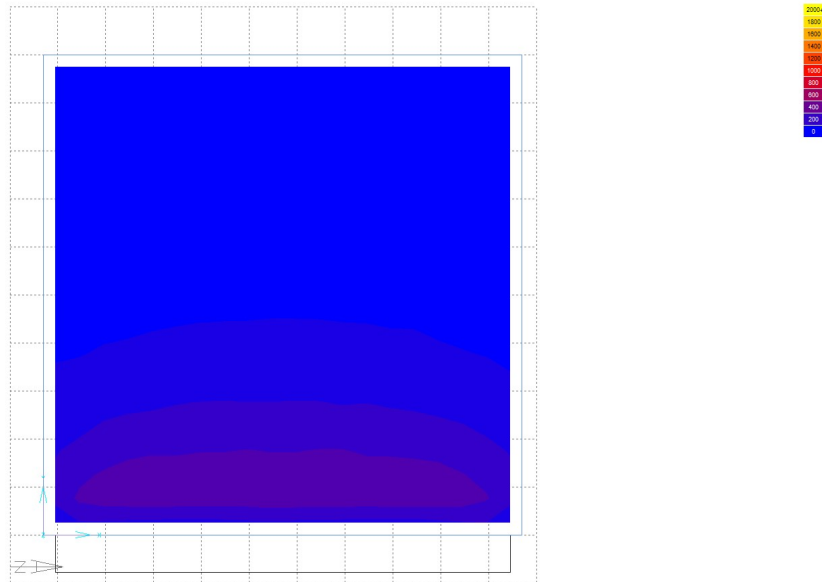
Πίνακας 6-4 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βορειοανατολικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού

Στο Βορειοανατολικό προσανατολισμό το μεγαλύτερο ποσοστό Χ.Τ.Φ.Φ. παρουσιάζεται στο τρίτο σενάριο, το καλοκαίρι στις 21 Ιουνίου με ράφι φωτισμού και τιμή 99.2% με μικρή αύξηση της τάξης του 0.7% σε σχέση με την περίπτωση χωρίς ράφι φωτισμού. Την άνοιξη και φθινόπωρο οι Χ.Τ.Φ.Φ. παρουσιάζουν μείωση ποσοστού χώρου με ράφι φωτισμού κατά 5.9% το οποίο οφείλεται στη σκίαση του χώρου από αυτό.

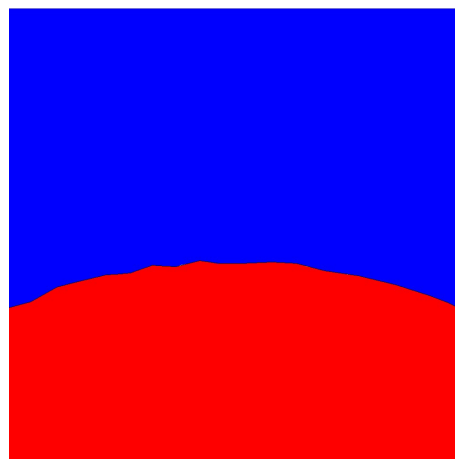
6.1.3 Ανατολικός Προσανατολισμός

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου με ράφι φωτισμού

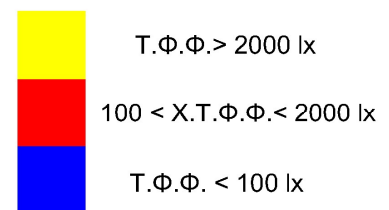
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT 14



Εικόνα 6-33 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

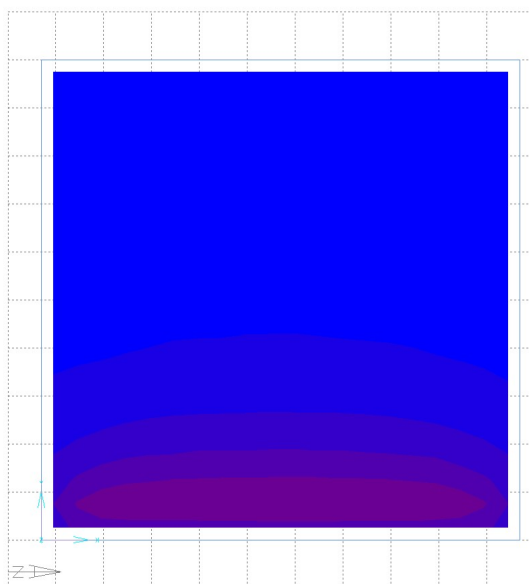


Εικόνα 6-34 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

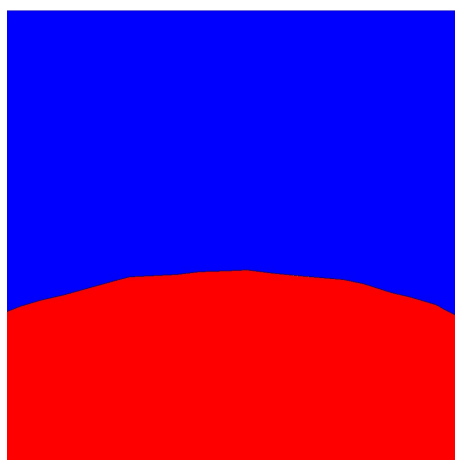
Στην περίπτωση του Ανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 40.7% με X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 59.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου χωρίς ράφι φωτισμού

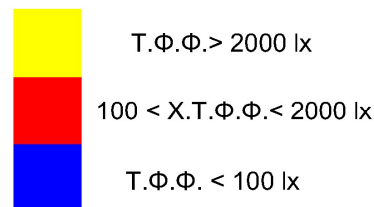
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT v8



Εικόνα 6-35 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

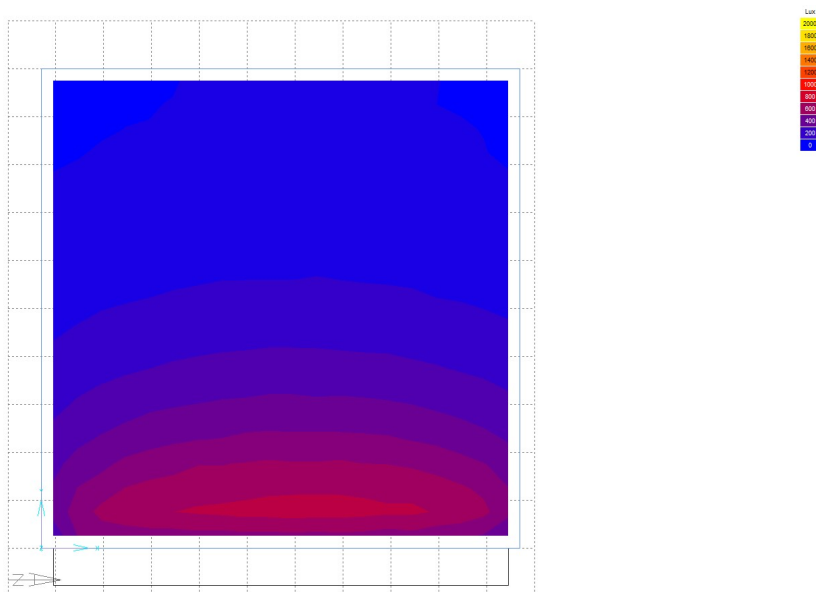


Εικόνα 6-36 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Ανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 39.5% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 60.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

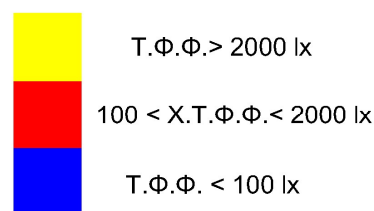
Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotectrad



Εικόνα 6-37 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

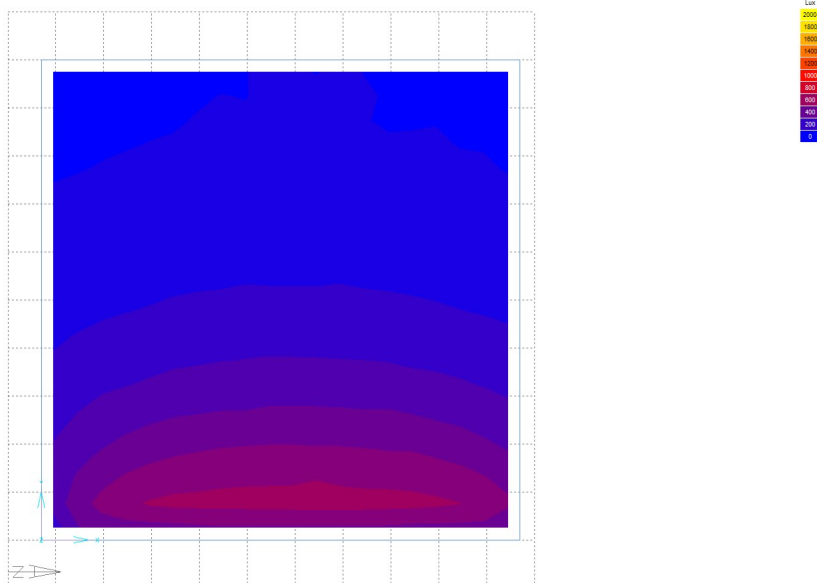


Εικόνα 6-38 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Ανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 95,0% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 5.0% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

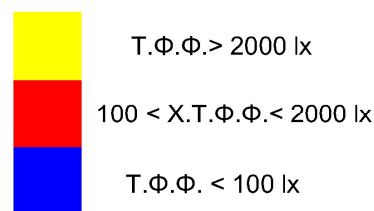
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range 0 - 2000 Lux
In Steps of 100 Lux
© Ecotect Ltd



Εικόνα 6-39 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

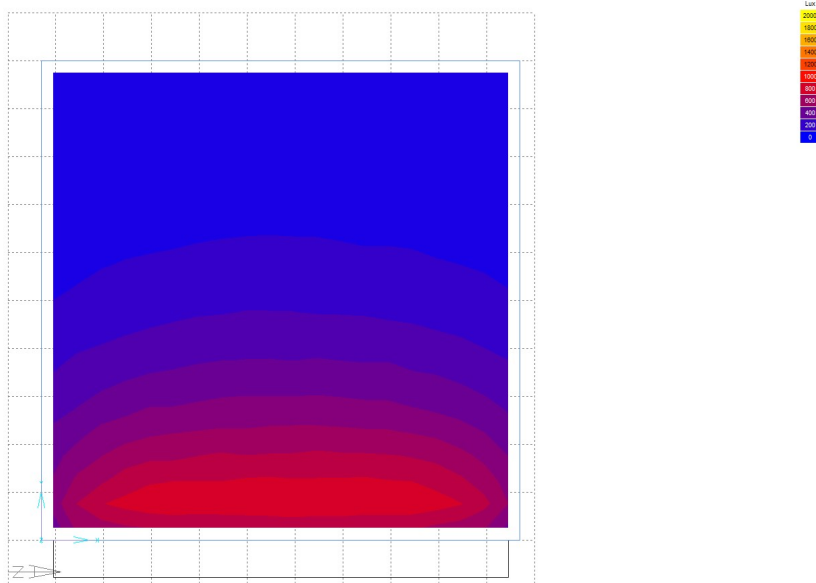


Εικόνα 6-40 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

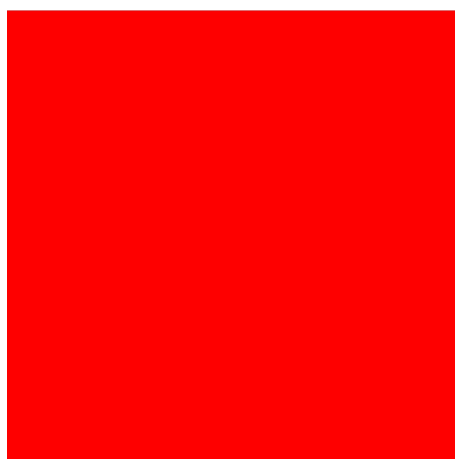
Στην περίπτωση του Ανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 89.2% Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 10.8% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

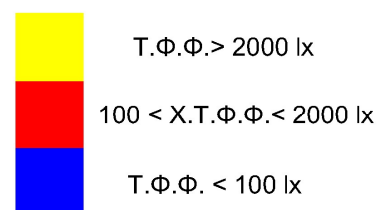
Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotectrad



Εικόνα 6-41 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

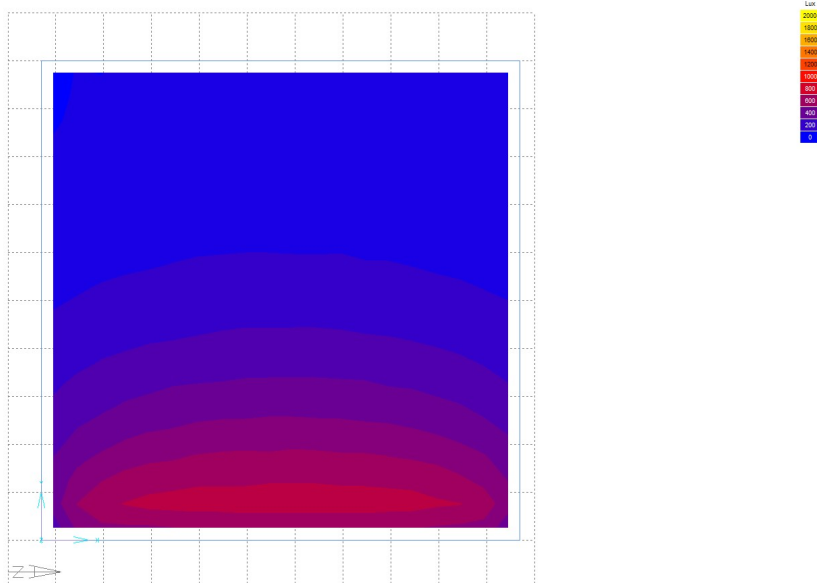


Εικόνα 6-42 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Ανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 100.0% X.T.Φ.Φ..

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

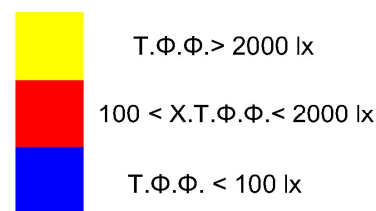
Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotectrad



Εικόνα 6-43 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



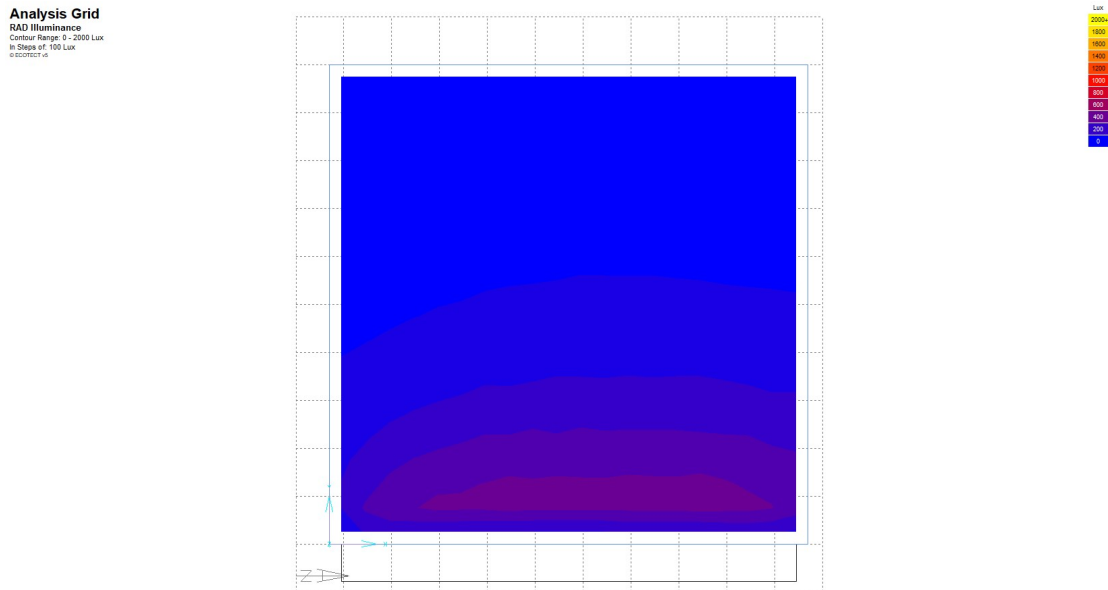
Τιμές Φυσικού Φωτισμού



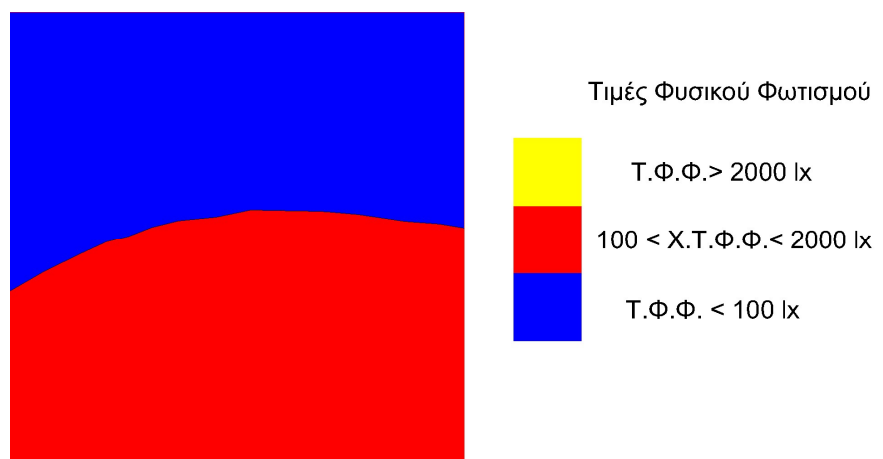
Εικόνα 6-44 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Ανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., υπολογίστηκε ποσοστό 99.6% Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 0.4% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού



Εικόνα 6-45 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

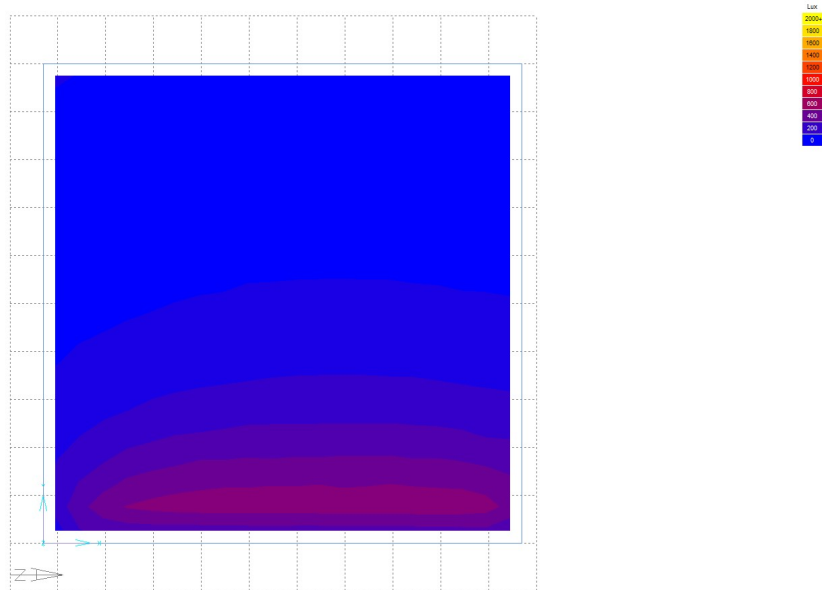


Εικόνα 6-46 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

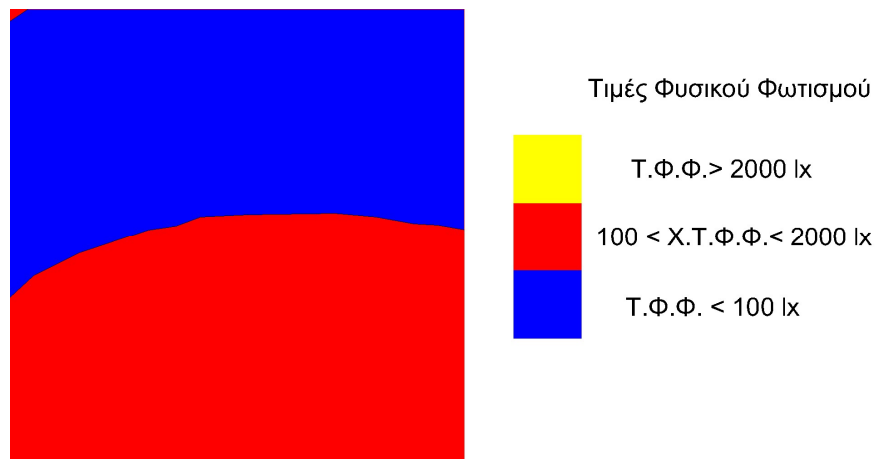
Στην περίπτωση του Ανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 53.3% Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 46.7% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx..

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© Ecotect v4.0



Εικόνα 6-47 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Εικόνα 6-48 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Ανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Ανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 51.4% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 48.6% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

Στους παρακάτω πίνακες συνοψίζονται οι τιμές φυσικού φωτισμού για τον Ανατολικό προσανατολισμό :

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (με ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	59.3	40.7	0
2. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	5.0	95.0	0
3. 21 Ιουνίου	0	100.0	0
4. 21 Δεκεμβρίου	46.7	53.3	0

Πίνακας 6-5 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στον Ανατολικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (χωρίς ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	60.5	39.5	0
5. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	10.8	89.2	0
6. 21 Ιουνίου	0.4	99.6	0
7. 21 Δεκεμβρίου	48.6	51.4	0

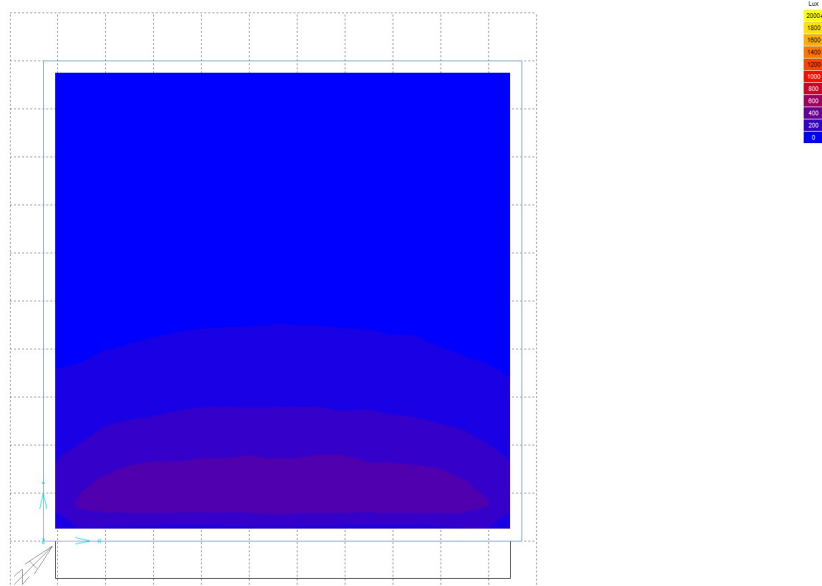
Πίνακας 6-6 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στον Ανατολικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού

Στον Ανατολικό προσανατολισμό το μεγαλύτερο ποσοστό X.T.Φ.Φ παρουσιάζεται στο τρίτο σενάριο, το καλοκαίρι στις 21 Ιουνίου με τιμή 100%. Η μεγαλύτερη αύξηση σε ποσοστό X.T.Φ.Φ., λόγω του ραφιού φωτισμού παρουσιάζεται την άνοιξη και φθινόπωρο, στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου, με αυξημένο ποσοστό κατά 5.8%

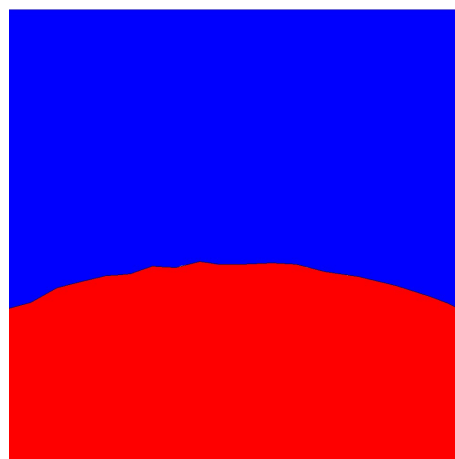
6.1.4 Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου με ράφι φωτισμού

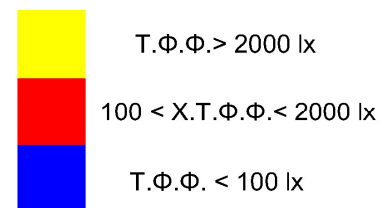
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect id



Εικόνα 6-49 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

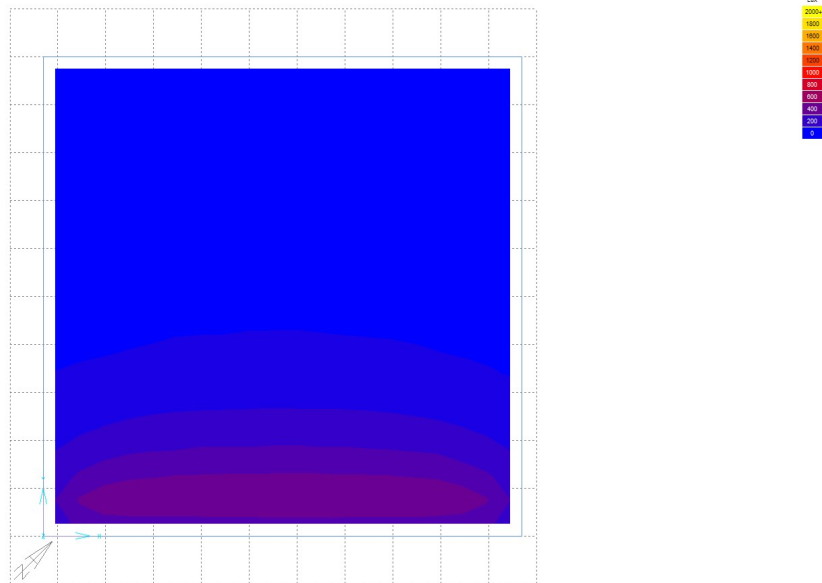


Εικόνα 6-50 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

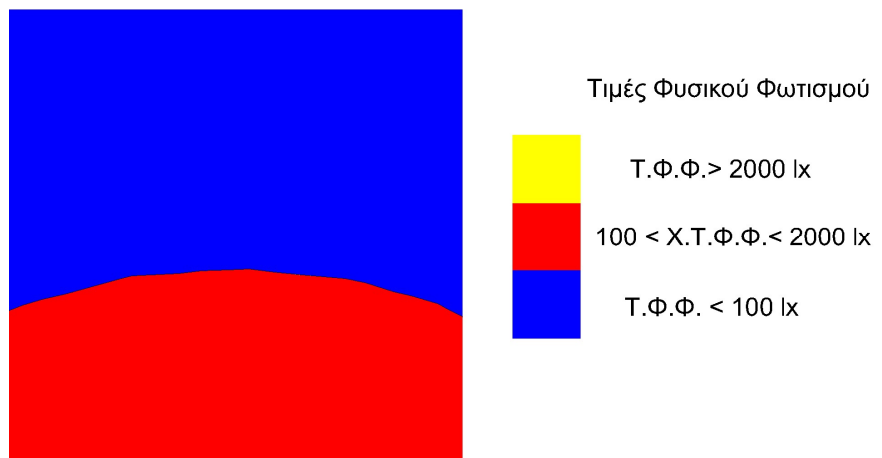
Στην περίπτωση του Νοτιοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 40.7% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 59.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect v5



Εικόνα 6-51 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

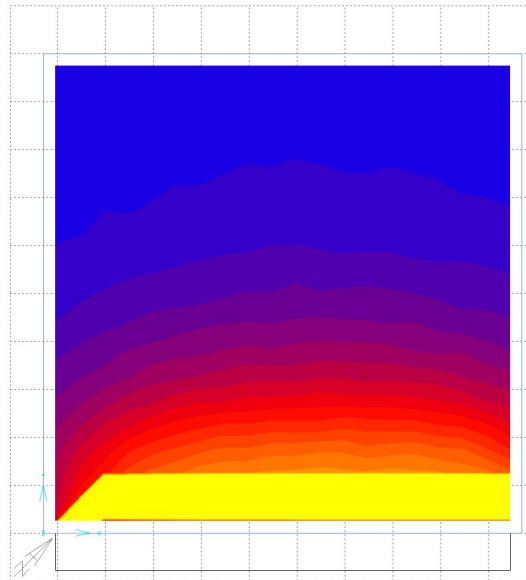


Εικόνα 6-52 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νοτιοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 39.5% με X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 60.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

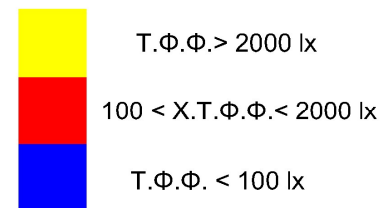
Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT Ltd



Εικόνα 6-53 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

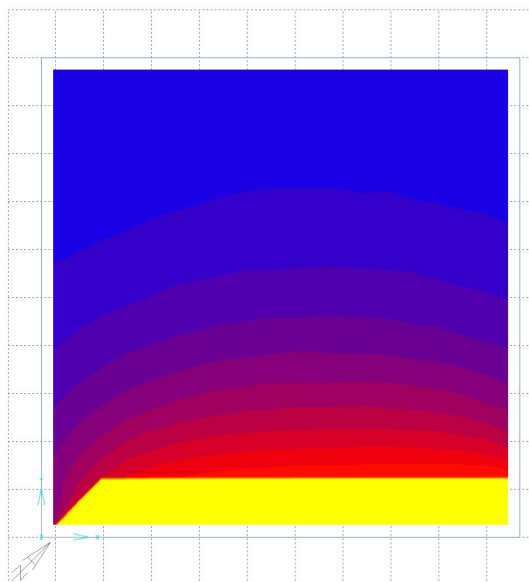


Εικόνα 6-54 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νοτιοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 90.8% Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 9.2% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού πάνω από 2000 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

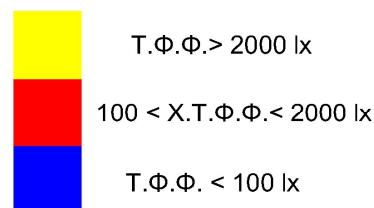
Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT Ltd



Εικόνα 6-55 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

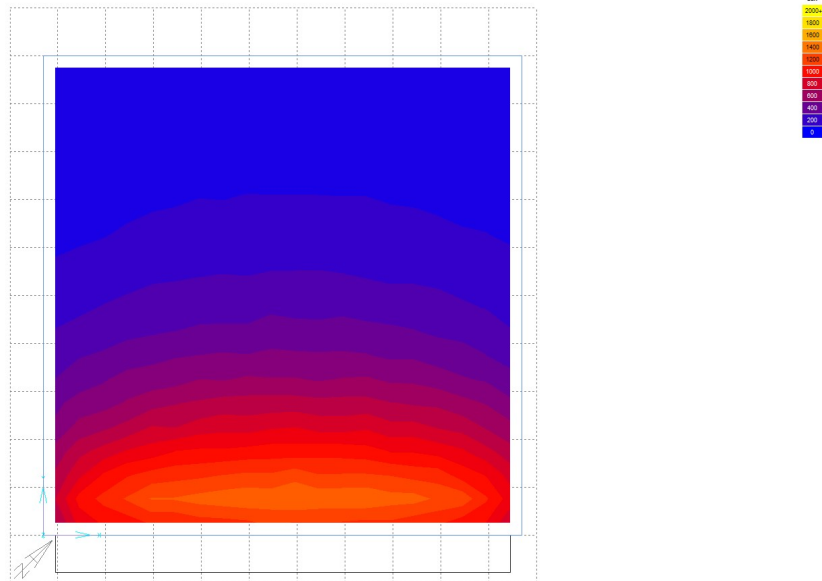


Εικόνα 6-56 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νοτιοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 90.6% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 9.4% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού πάνω από 2000 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect.us



Εικόνα 6-57 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού



Τ.Φ.Φ. > 2000 lx

100 < Χ.Τ.Φ.Φ. < 2000 lx

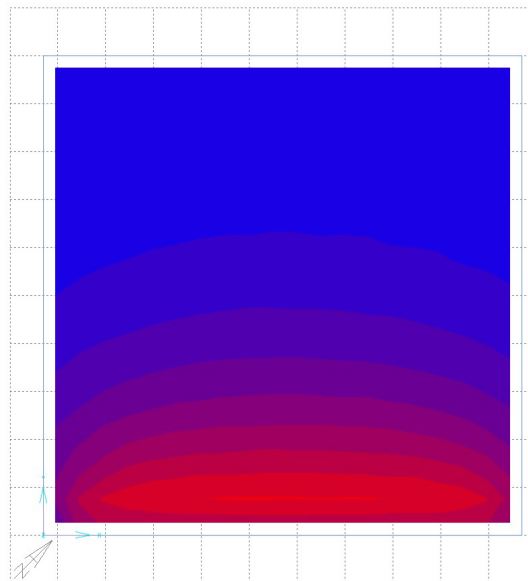
Τ.Φ.Φ. < 100 lx

Εικόνα 6-58 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νοτιοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ., υπολογίστηκε ποσοστό 100.0% Χ.Τ.Φ.Φ..

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect.us



Εικόνα 6-59 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού



Τ.Φ.Φ. > 2000 lx

100 < Χ.Τ.Φ.Φ. < 2000 lx

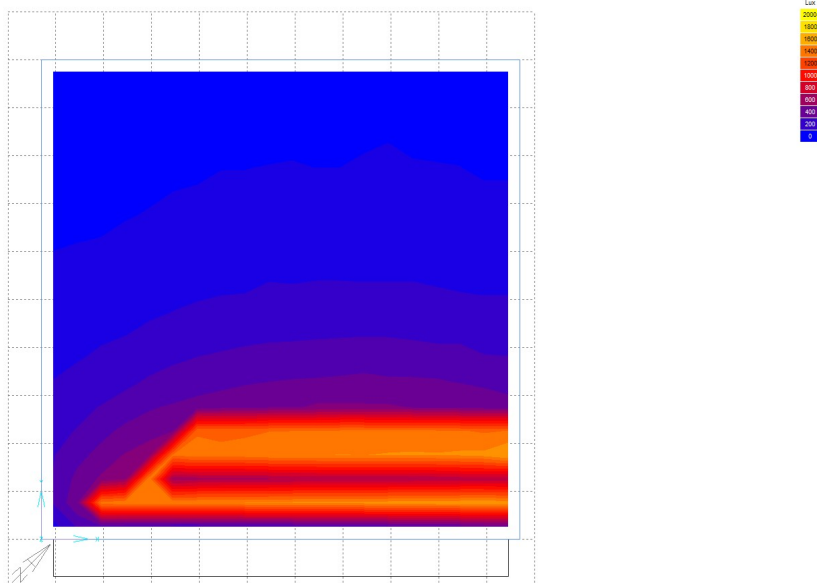
Τ.Φ.Φ. < 100 lx

Εικόνα 6-60 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

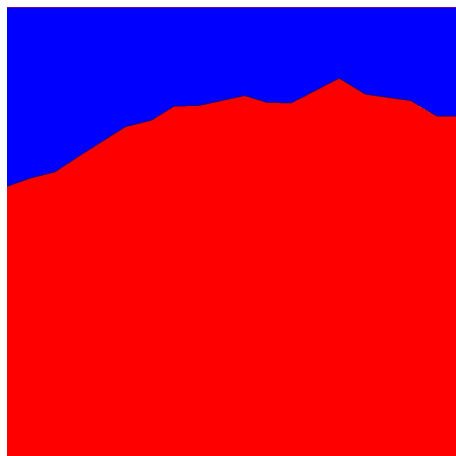
Στην περίπτωση του Νοτιοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 100.0% Χ.Τ.Φ.Φ..

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

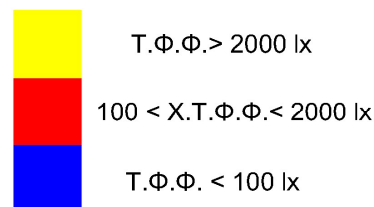
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
isocomes.gd



Εικόνα 6-61 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

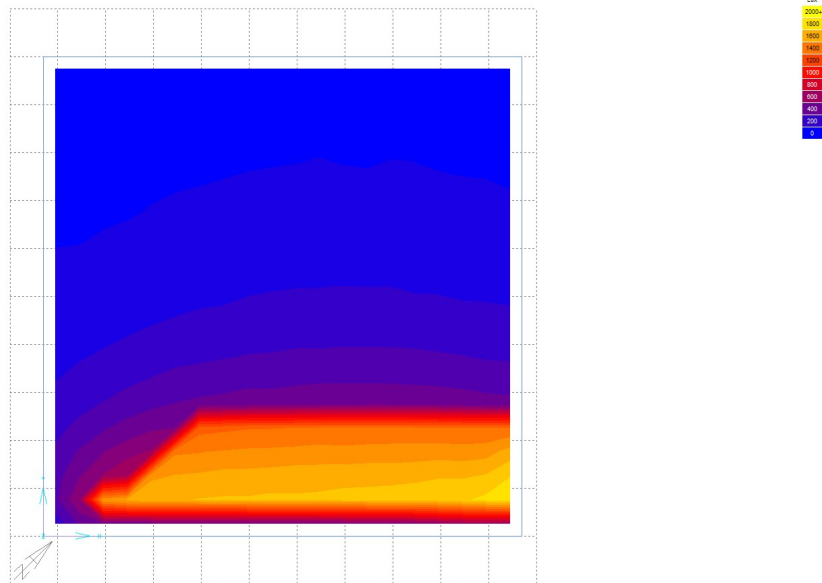


Εικόνα 6-62 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

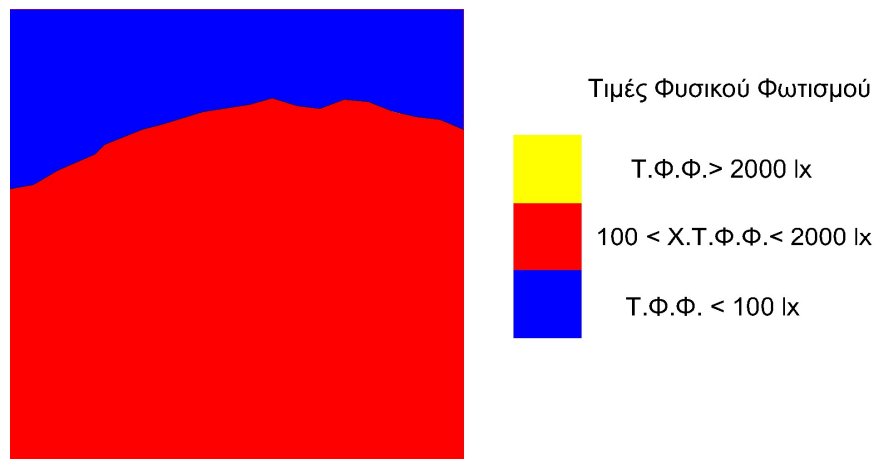
Στην περίπτωση του Νοτιοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., υπολογίστηκε ποσοστό 75.7% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 24.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT 14



Εικόνα 6-63 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Εικόνα 6-64 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νοτιοανατολικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ., υπολογίστηκε ποσοστό 74.4% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 25.6% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

Συνοψίζοντας στους παρακάτω πίνακες για τον Νοτιοανατολικό προσανατολισμό:

ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (με ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	59.3	40.7	0
8. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	0	90.8	9.2
9. 21 Ιουνίου	0	100	0
10. 21 Δεκεμβρίου	24.3	75.7	0

Πίνακας 6-7 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νοτιοανατολικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού

ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (χωρίς ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	60.5	39.5	0
11. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	0	90.6	9.4
12. 21 Ιουνίου	0	100	0
13. 21 Δεκεμβρίου	25.6	74.4	0

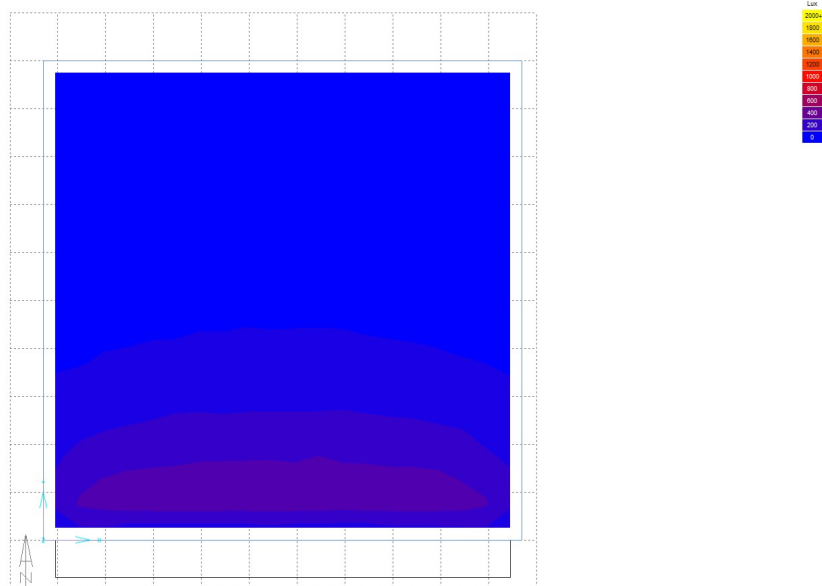
Πίνακας 6-8 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νοτιοανατολικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού

Στο Νοτιοανατολικό προσανατολισμό το μεγαλύτερο ποσοστό X.T.Φ.Φ παρουσιάζεται στο τρίτο σενάριο, το καλοκαίρι στις 21 Ιουνίου με τιμή 100.0% αλλά η μεγαλύτερη βελτίωση λόγω του ραφιού φωτισμού, παρουσιάζεται το χειμώνα με αύξηση 1,3% ποσοστού χώρου με X.T.Φ.Φ..

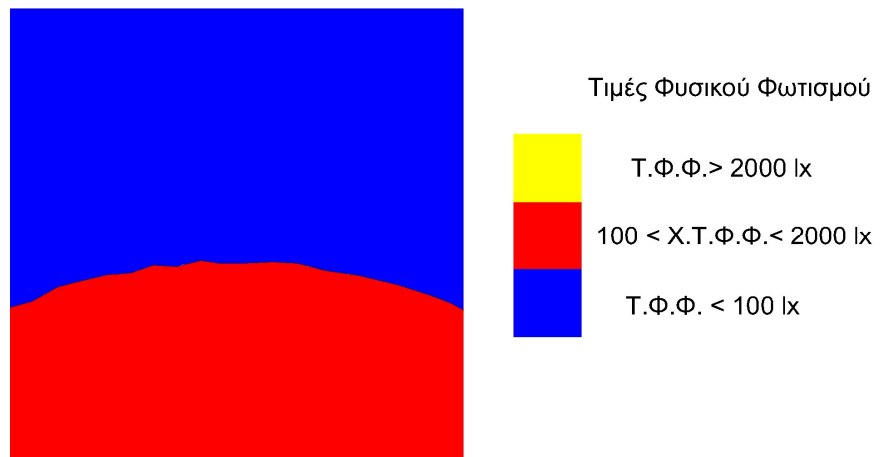
6.1.5 Νότιος Προσανατολισμός

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου με ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect v8



Εικόνα 6-65 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

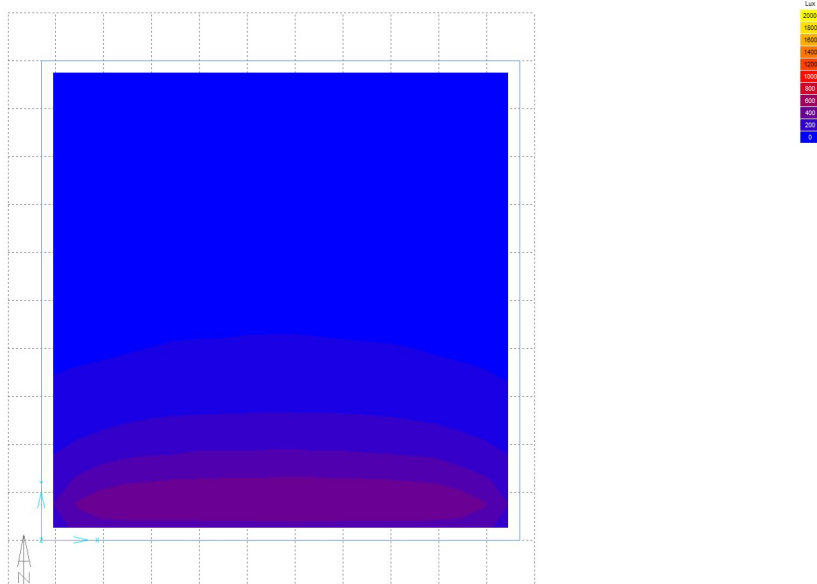


Εικόνα 6-66 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

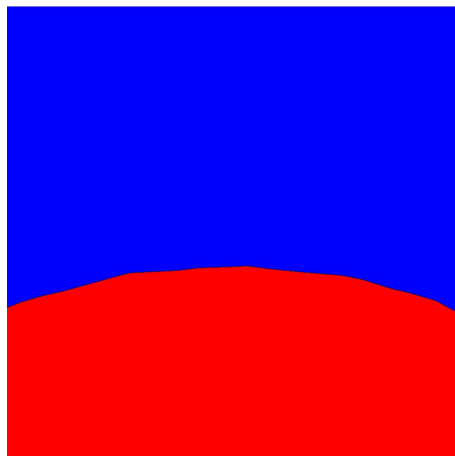
Στην περίπτωση του Νότιου προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 40.7% με X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 59.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect v4



Εικόνα 6-67 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού



T.Φ.Φ. > 2000 lx

100 < X.Τ.Φ.Φ. < 2000 lx

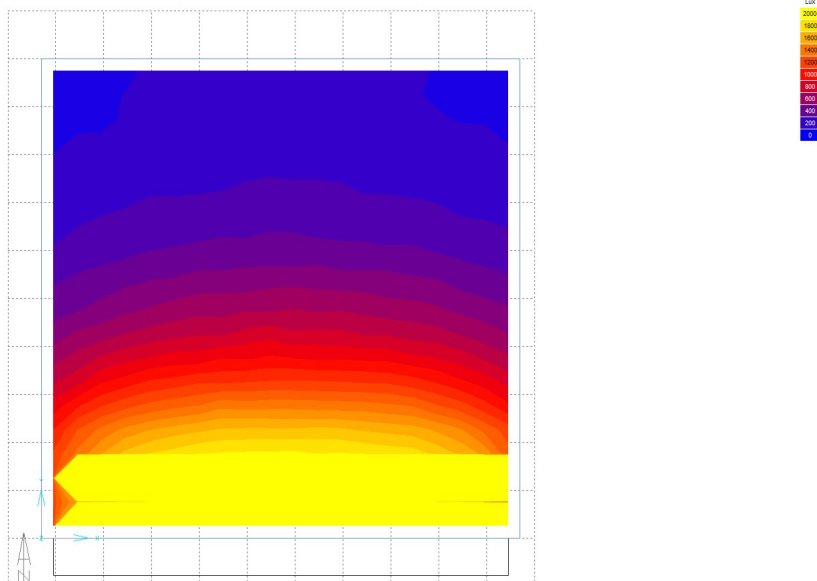
T.Φ.Φ. < 100 lx

Εικόνα 6-68 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

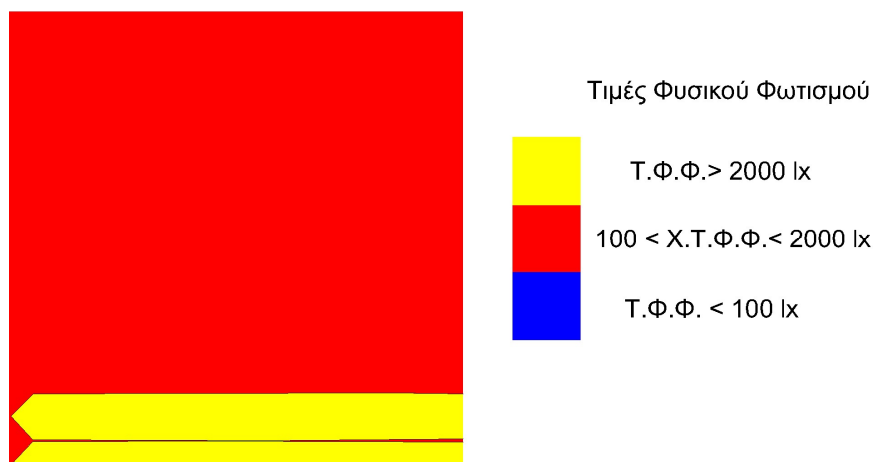
Στην περίπτωση του Νότιου προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 39.5% με X.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 60.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotectrad



Εικόνα 6-69 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

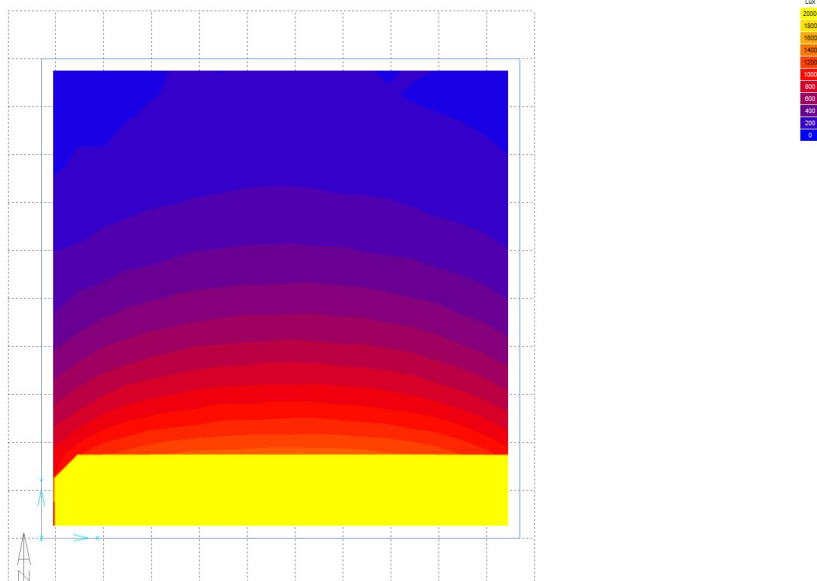


Εικόνα 6-70 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

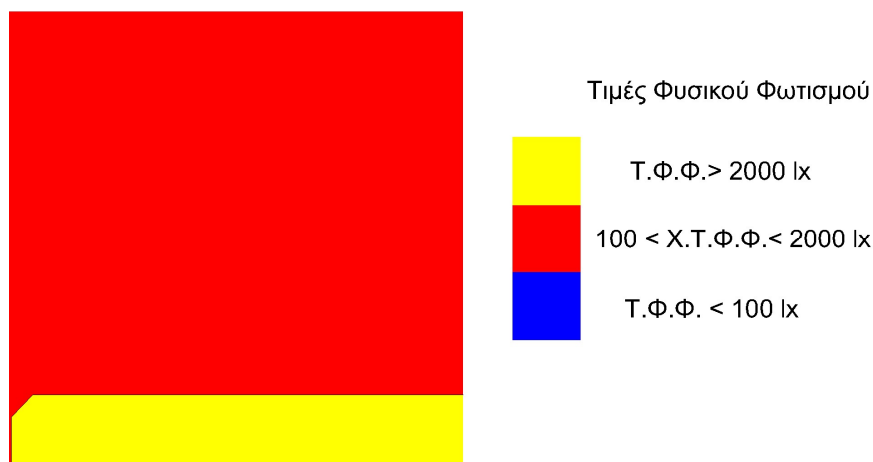
Στην περίπτωση του Νότιου προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 85.0% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 15.0% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού πάνω από 2000 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotectrad



Εικόνα 6-71 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

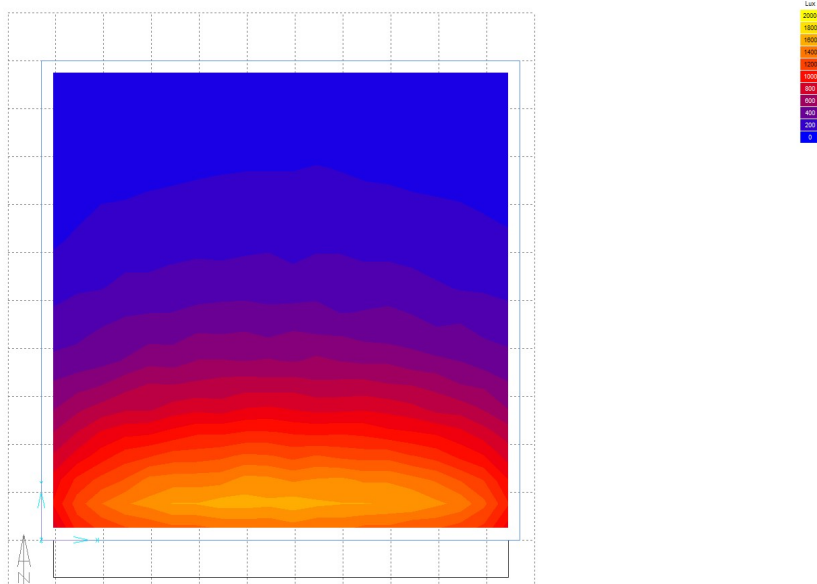


Εικόνα 6-72 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νότιου προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 84.8% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 15.2% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού πάνω από 2000 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

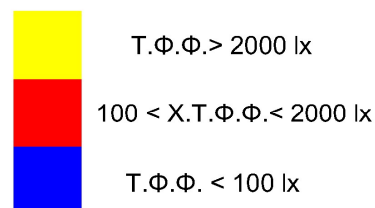
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotectrad



Εικόνα 6-73 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

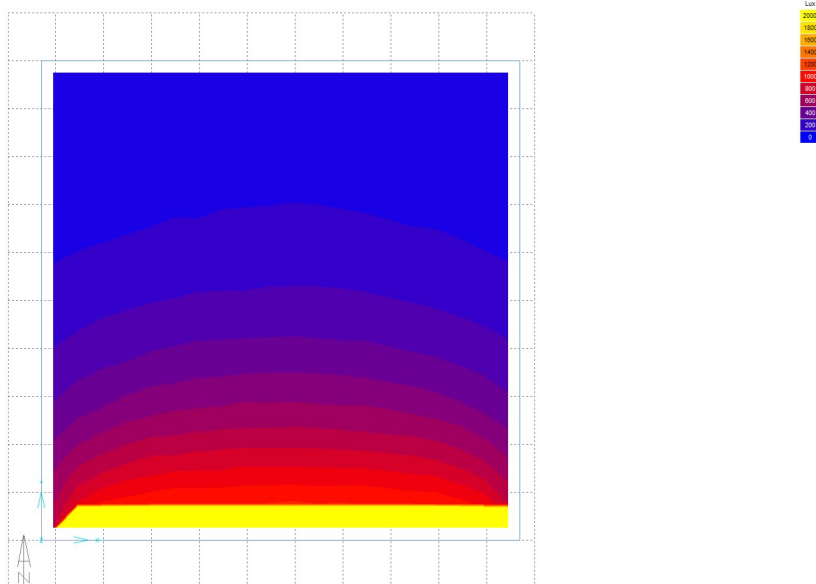


Εικόνα 6-74 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νότιου προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 100.0% X.T.Φ.Φ..

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

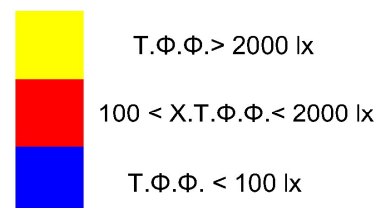
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect.rad



Εικόνα 6-75 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



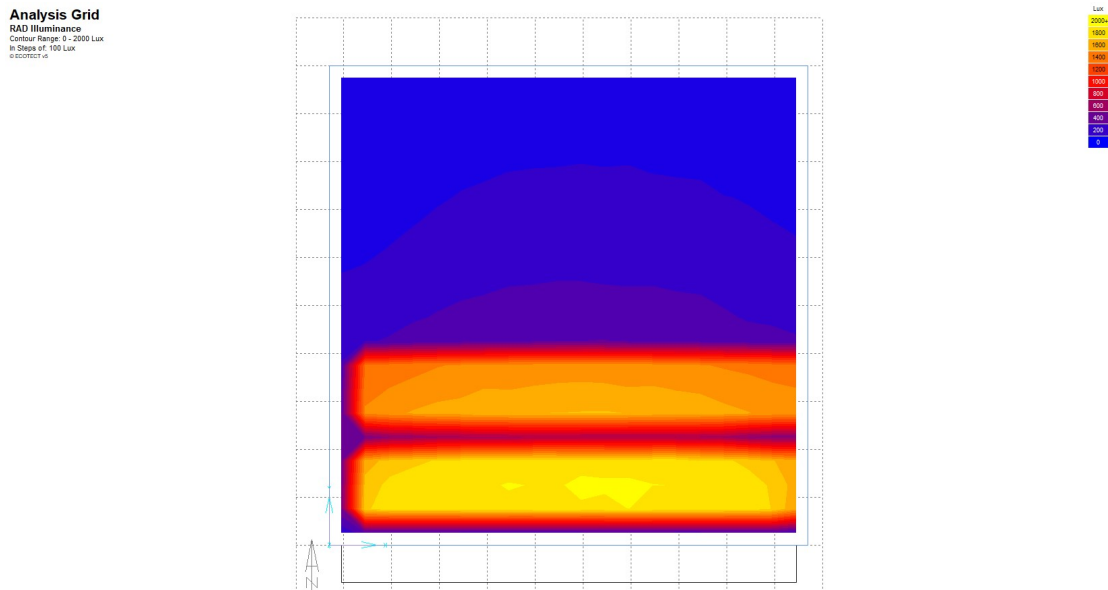
Τιμές Φυσικού Φωτισμού



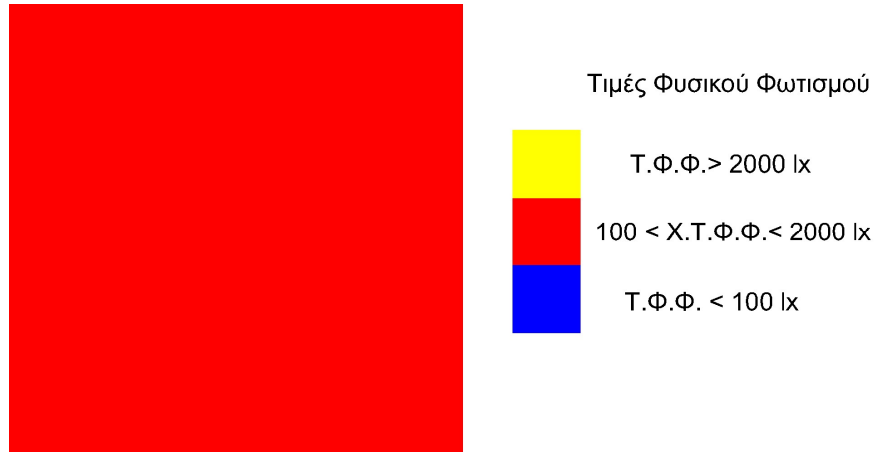
Εικόνα 6-76 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νότιου προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 95.6% X.T.Φ.Φ. και 4.4% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού πάνω από 2000 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού



Εικόνα 6-77 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

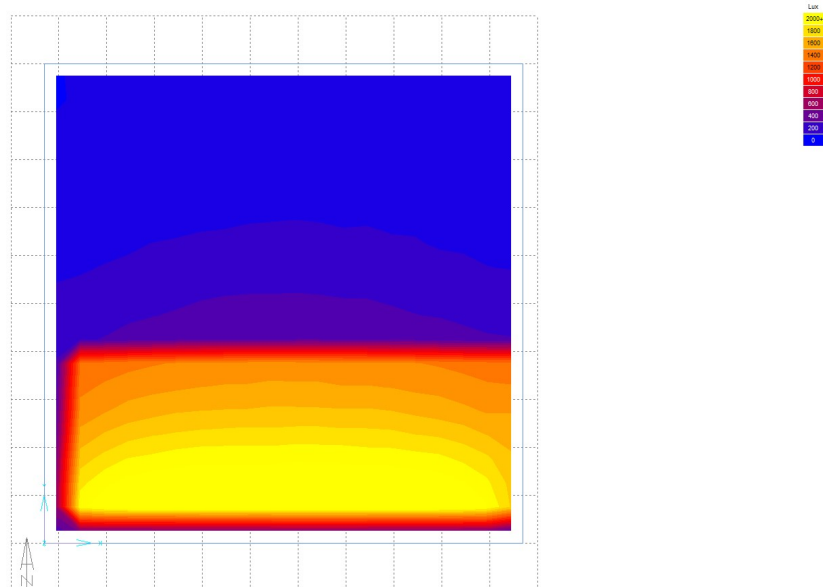


Εικόνα 6-78 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

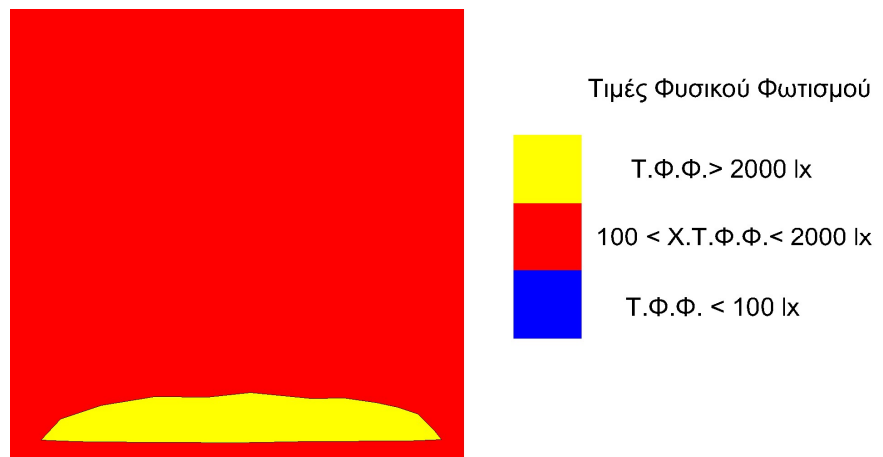
Στην περίπτωση του Νότιου προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 100.0% X.T.Φ.Φ..

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of 100 Lux
ecotect v4



Εικόνα 6-79 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Εικόνα 6-80 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νότιο προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νότιου προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 92.5% Χ.Τ.Φ.Φ. και 7.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού πάνω από 2000 lx.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι τιμές φυσικού φωτισμού για το Νότιο προσανατολισμό:

ΝΟΤΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (με ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	59.3	40.7	0
2. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	0	85.0	15.0
3. 21 Ιουνίου	0	100.0	0
4. 21 Δεκεμβρίου	0	100.0	0

Πίνακας 6-9 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νότιο προσανατολισμό με ράφι φωτισμού

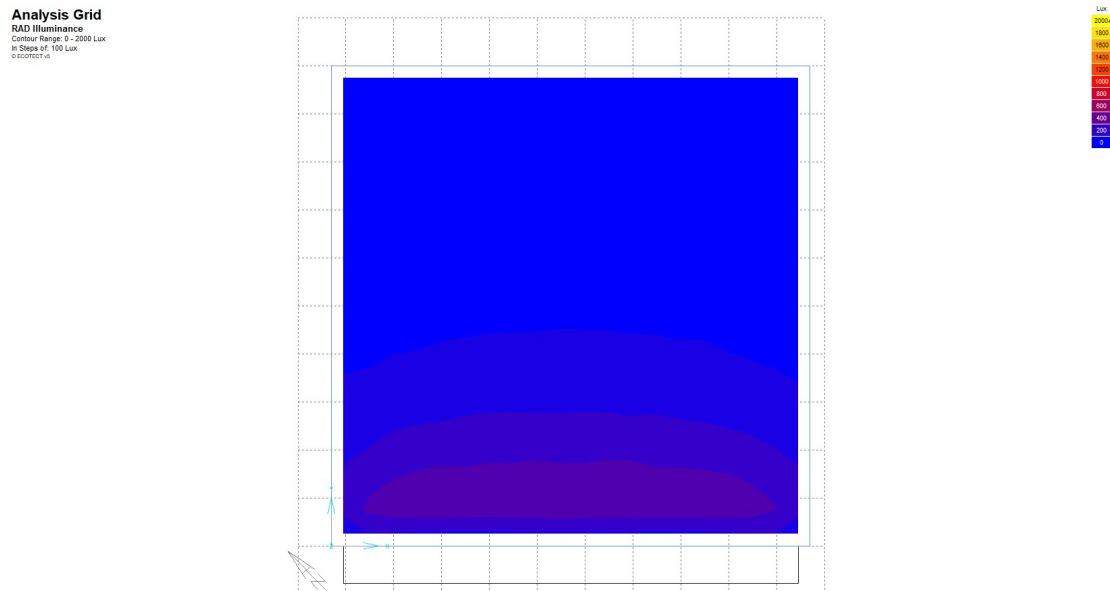
ΝΟΤΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (χωρίς ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	60.5	39.5	0
5. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	0	84.8	15.2
6. 21 Ιουνίου	0	95.6	4.4
7. 21 Δεκεμβρίου	0	92.5	7.5

Πίνακας 6-10 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νότιο προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού

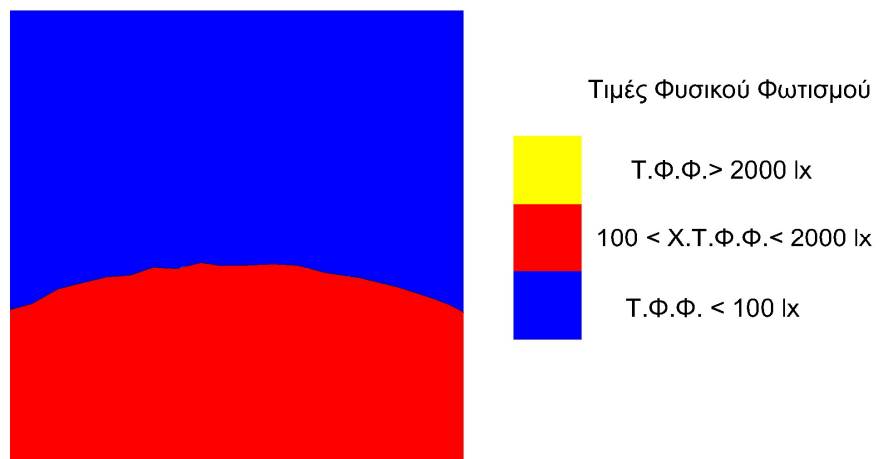
Στο Νότιο προσανατολισμό το μεγαλύτερο ποσοστό X.T.Φ.Φ. παρουσιάζεται στο τρίτο και τέταρτο σενάριο, το καλοκαίρι και το χειμώνα, στις 21 Ιουνίου και στις 21 Δεκεμβρίου αντίστοιχα, με ποσοστό 100.0%. Όμως η μεγαλύτερη αύξηση με τη συμβολή του ραφιού φωτισμού, παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα με αύξηση 7.5%. Δεν είναι αμελητέα βέβαια και η αύξηση που παρουσιάζεται το καλοκαίρι, κατά 4.4%.

6.1.6 Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου με ράφι φωτισμού



Εικόνα 6-81 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ.(με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

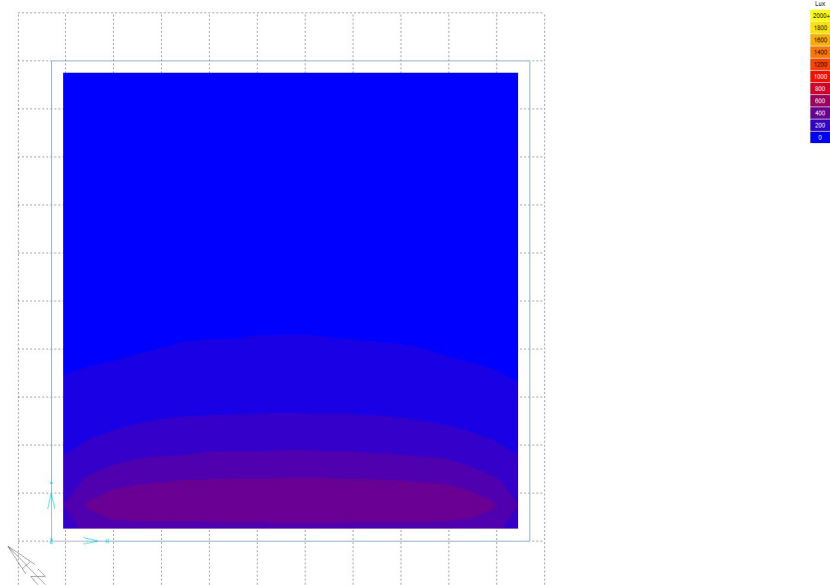


Εικόνα 6-82 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

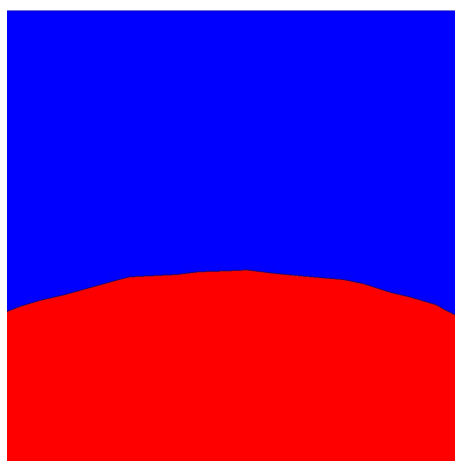
Στην περίπτωση του Νοτιοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 40.7% με X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 59.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου χωρίς ράφι φωτισμού

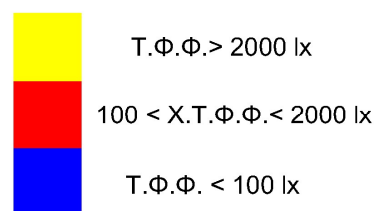
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT 16



Εικόνα 6-83 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ.(χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

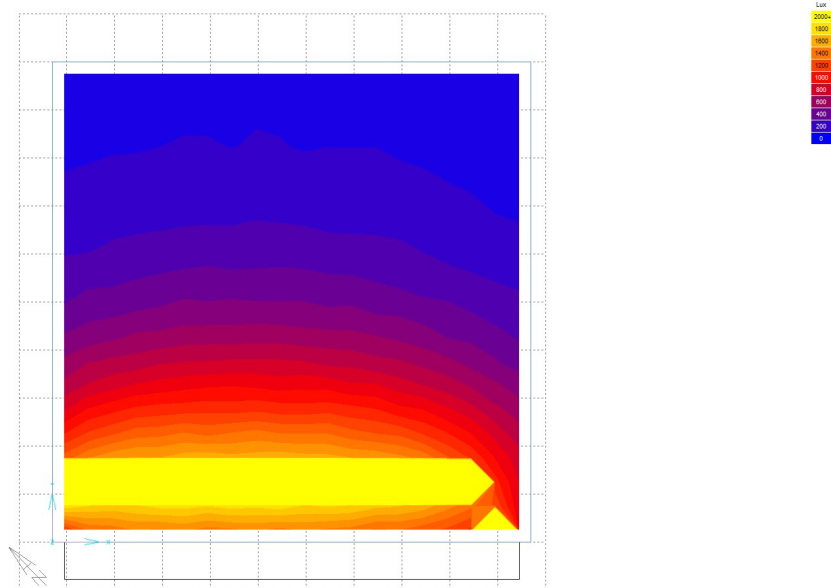


Εικόνα 6-84 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

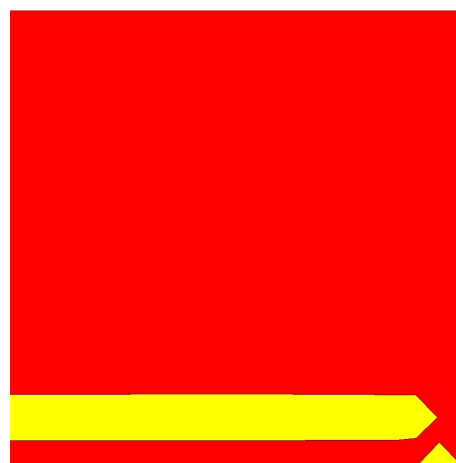
Στην περίπτωση του Νοτιοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 39.5% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 60.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

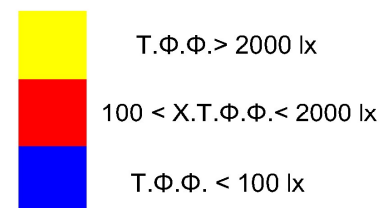
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT v5



Εικόνα 6-85 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

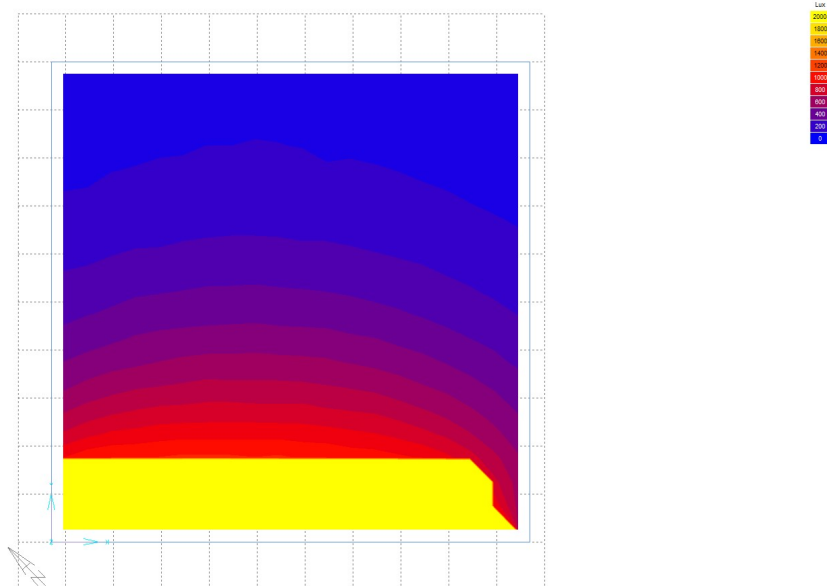


Εικόνα 6-86 Υπολογισμός επιφανειών T.F.F. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νοτιοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 90.5% X.T.F.F. και ποσοστό 9.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού πάνω από 2000 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

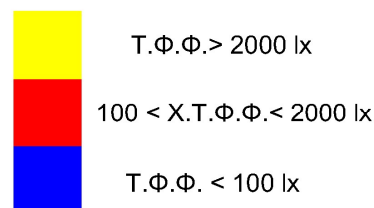
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT V5



Εικόνα 6-87 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

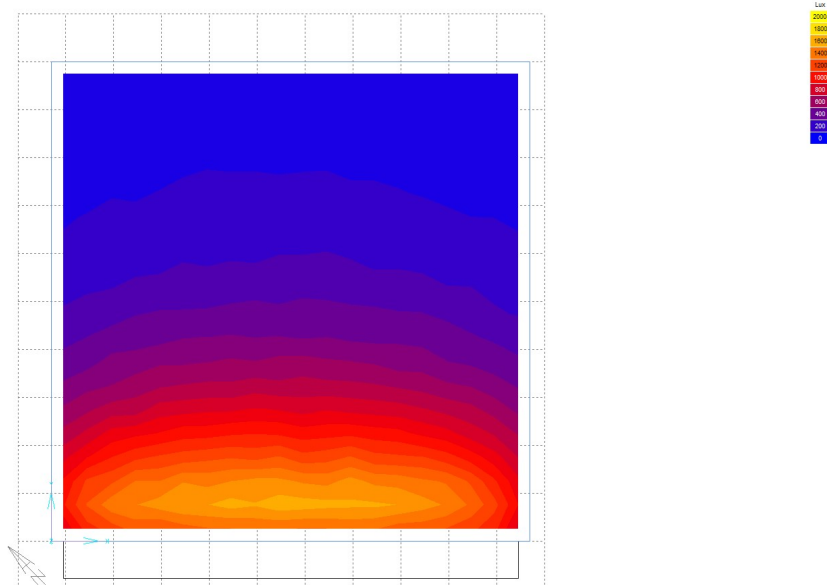


Εικόνα 6-88 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

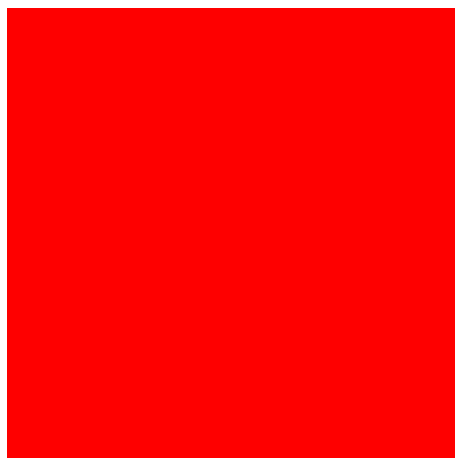
Στην περίπτωση του Νοτιοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 85.6% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 14.4% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού πάνω από 2000 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT LTD



Εικόνα 6-89 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού



Τ.Φ.Φ. > 2000 lx

100 < Χ.Τ.Φ.Φ. < 2000 lx

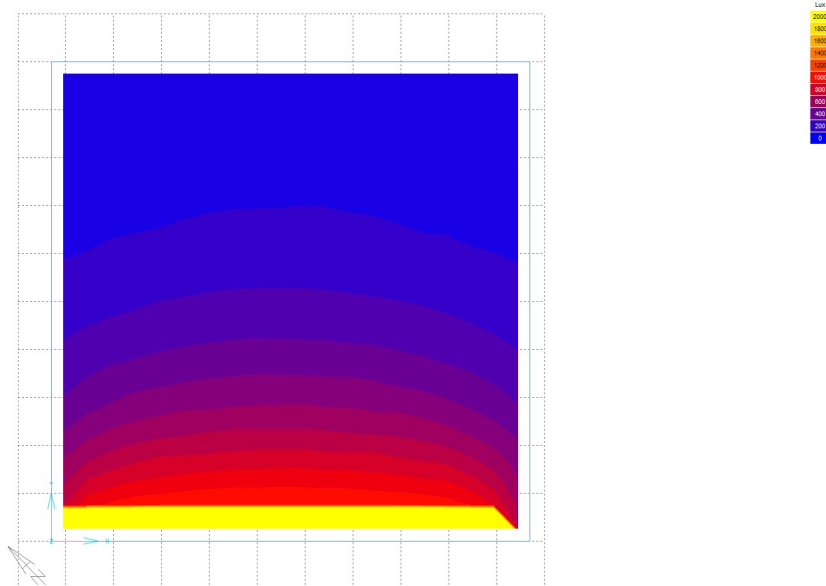
Τ.Φ.Φ. < 100 lx

Εικόνα 6-90 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

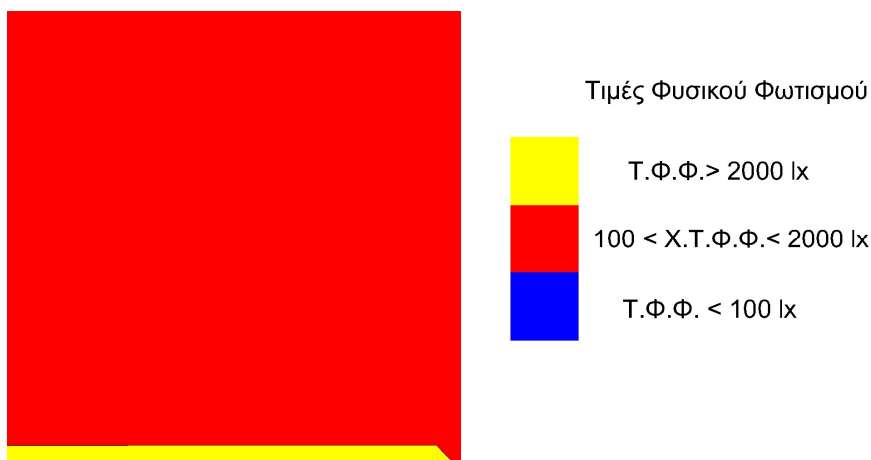
Στην περίπτωση του Νοτιοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 100.0% Χ.Τ.Φ.Φ..

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© Ecotect Ltd



Εικόνα 6-91 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

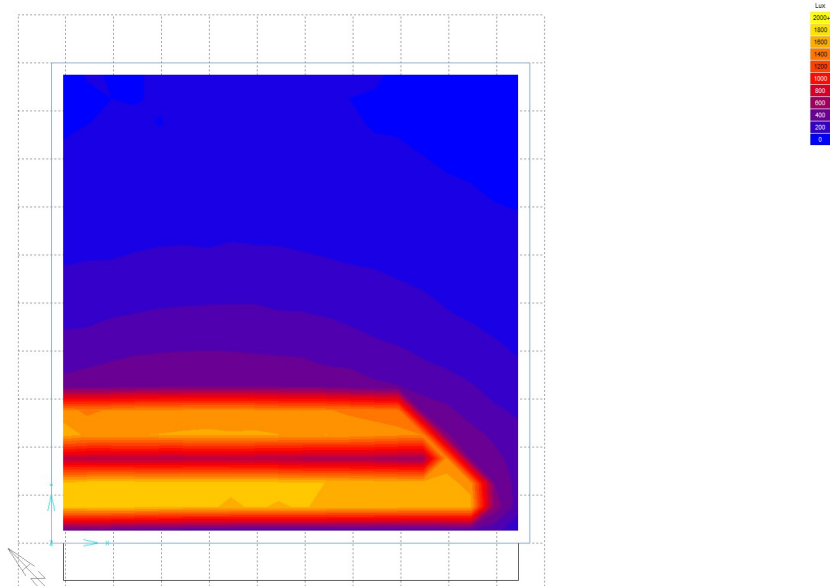


Εικόνα 6-92 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νοτιοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 95.6% Χ.Τ.Φ.Φ. και 4.4% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού πάνω από 2000 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

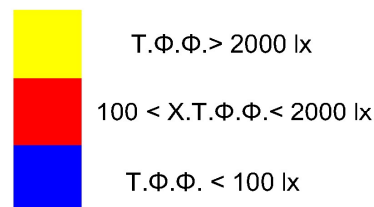
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect.rvt



Εικόνα 6-93 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

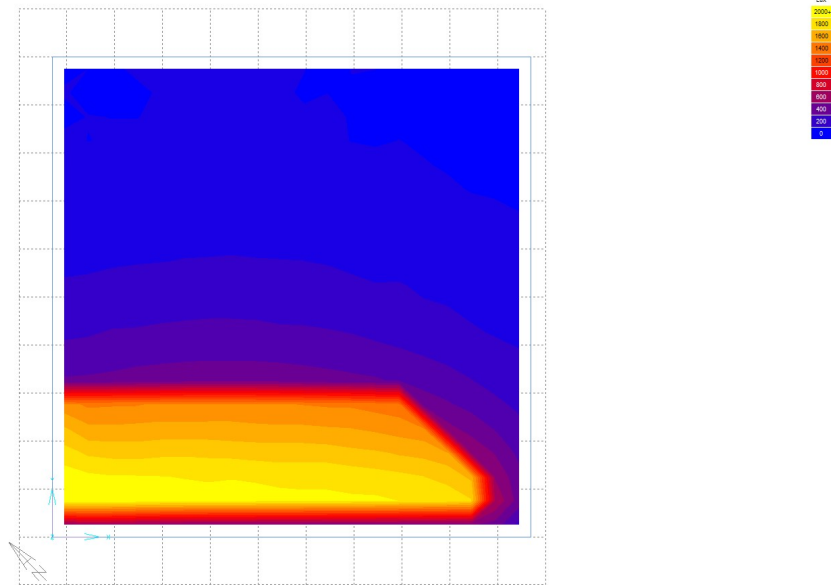


Εικόνα 6-94 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

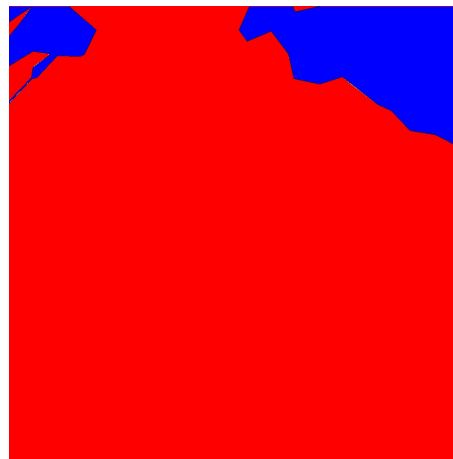
Στην περίπτωση του Νοτιοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 91.6% Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 8.4% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

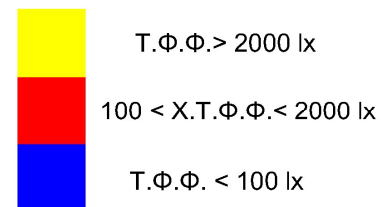
Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotectrad



Εικόνα 6-95 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού



Εικόνα 6-96 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Νοτιοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 88.9% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 11.1% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι τιμές φυσικού φωτισμού για το Νοτιοδυτικό προσανατολισμό:

ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (με ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	59.3	40.7	0
2. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	0	90.5	9.5
3. 21 Ιουνίου	0	100.0	0
4. 21 Δεκεμβρίου	8.4	91.6	0

Πίνακας 6-11 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νοτιοδυτικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού

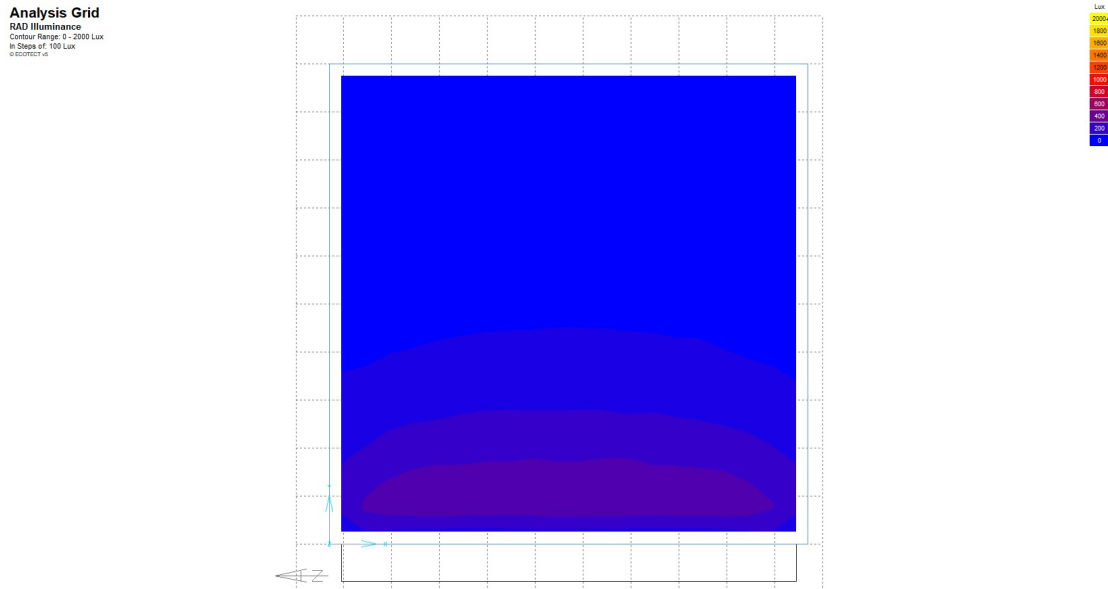
ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (χωρίς ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	60.5	39.5	0
5. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	0	85.6	14.4
6. 21 Ιουνίου	0	95.6	4.4
7. 21 Δεκεμβρίου	11.1	88.9	0

Πίνακας 6-12 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Νοτιοδυτικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού

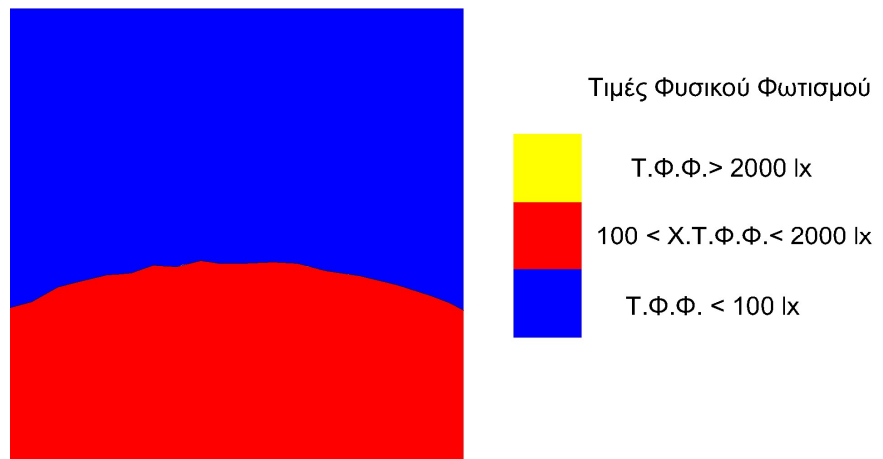
Στο Νοτιοδυτικό προσανατολισμό το μεγαλύτερο ποσοστό X.T.Φ.Φ παρουσιάζεται στο τρίτο σενάριο, το καλοκαίρι στις 21 Ιουνίου με πλήρη ηλιασμό και τιμή 100%. Παρ' όλα αυτά η μεγαλύτερη βελτίωση λόγω του ραφιού φωτισμού παρουσιάζεται την άνοιξη και φθινόπωρο με αύξηση 4.9% ενώ το καλοκαίρι έπεται με αύξηση 4.4%.

6.1.7 Δυτικός Προσανατολισμός

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου με ράφι φωτισμού



Εικόνα 6-97 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

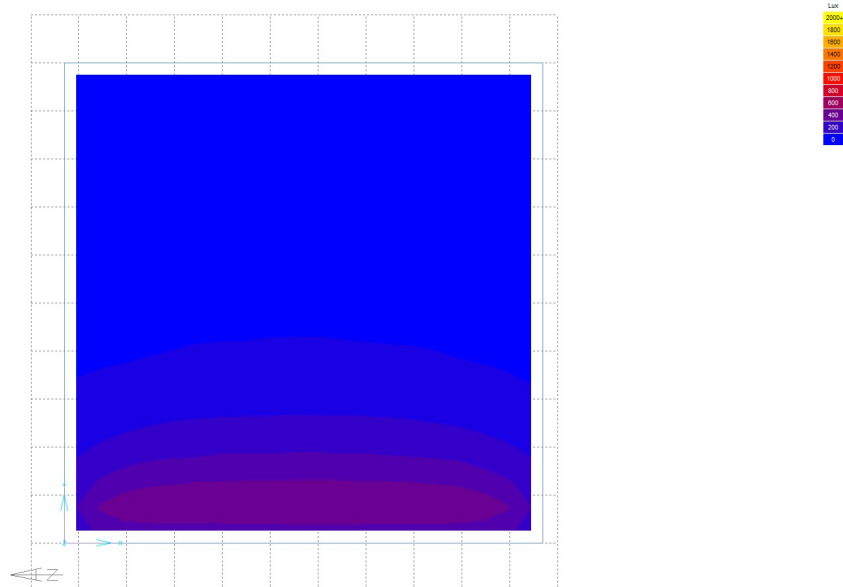


Εικόνα 6-98 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

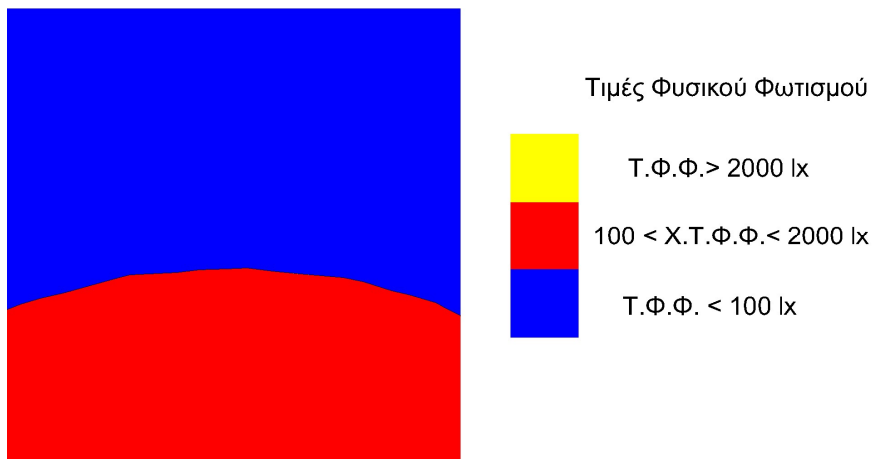
Στην περίπτωση του Δυτικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 40.7% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 59.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT 4d



Εικόνα 6-99 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

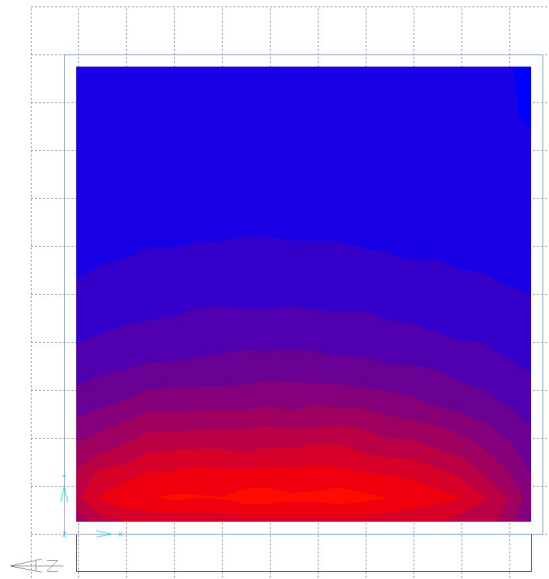


Εικόνα 6-100 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Δυτικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 39.5% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 60.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

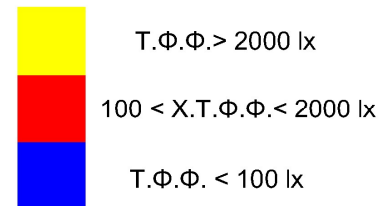
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT v5



Εικόνα 6-101 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

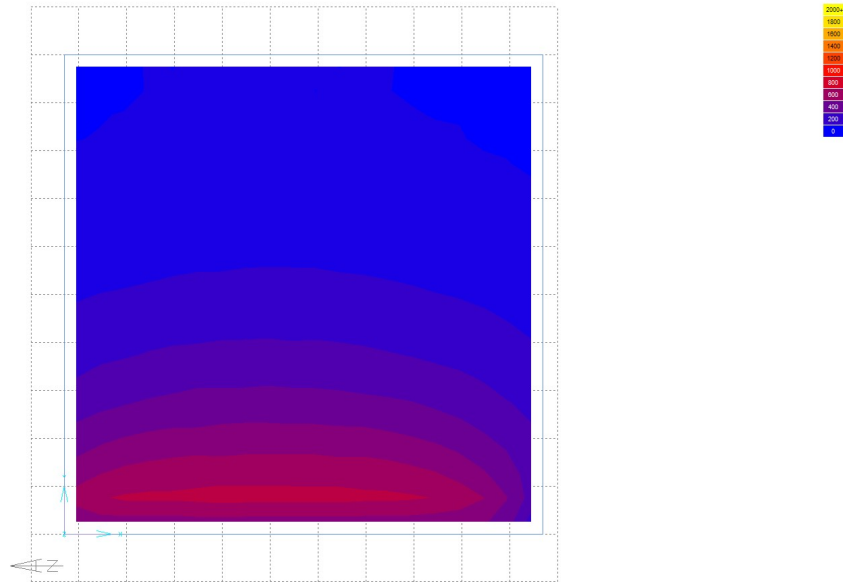


Εικόνα 6-102 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Δυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 100.0% X.T.Φ.Φ..

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

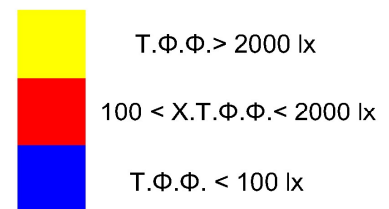
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT 16



Εικόνα 6-103 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

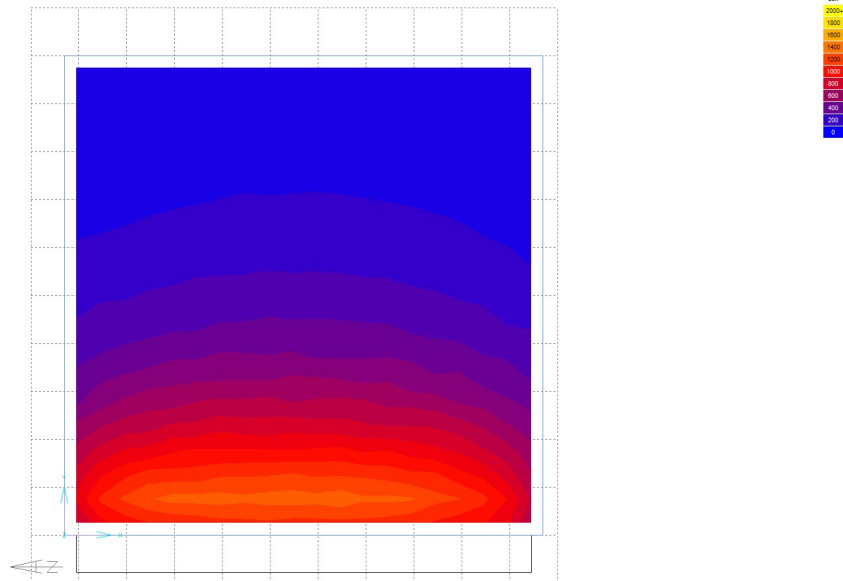


Εικόνα 6-104 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Δυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 93.8% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 6.2% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

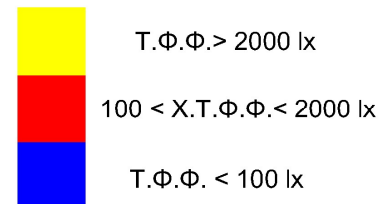
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect id



Εικόνα 6-105 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

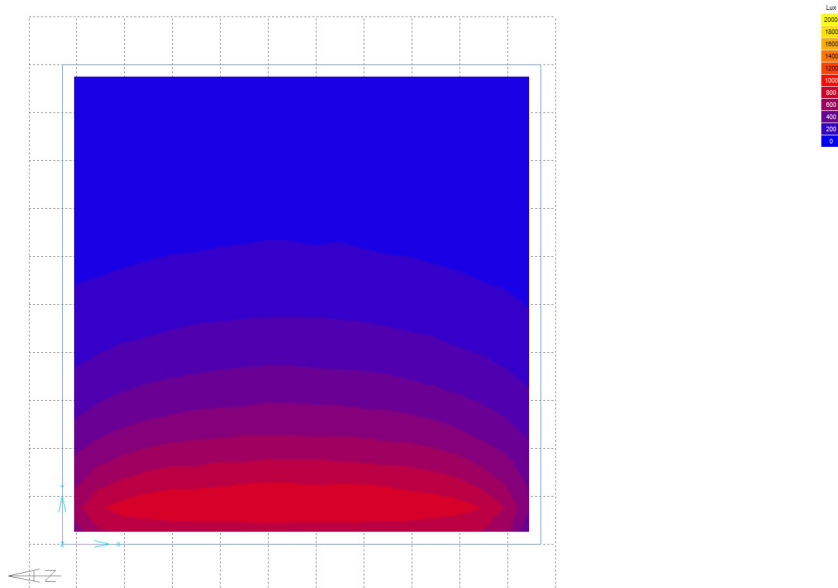


Εικόνα 6-106 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Δυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 100.0% Χ.Τ.Φ.Φ..

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

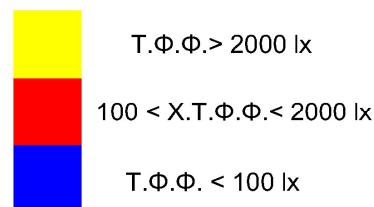
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect id



Εικόνα 6-107 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

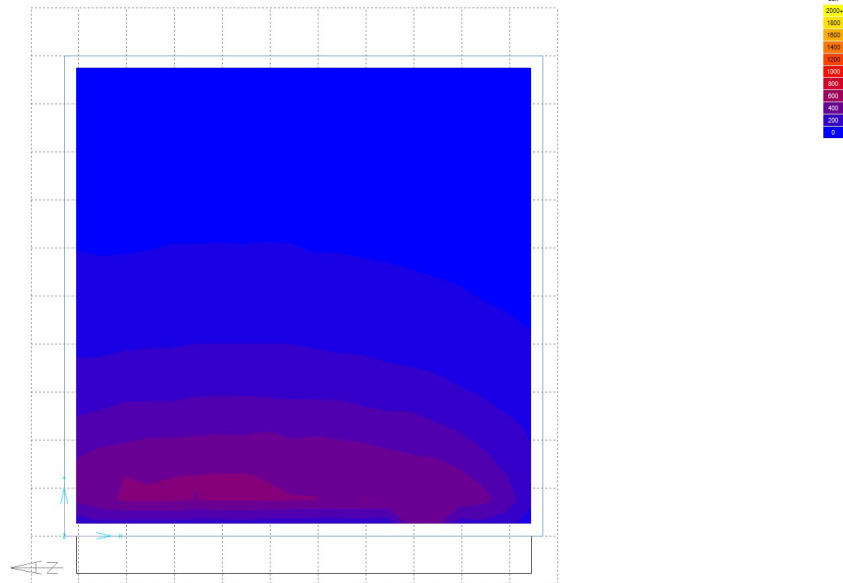


Εικόνα 6-108 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

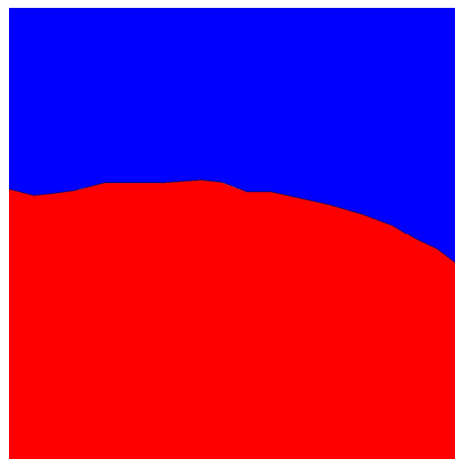
Στην περίπτωση του Δυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 100.0% X.T.Φ.Φ..

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

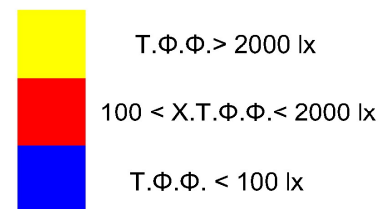
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect.rvt



Εικόνα 6-109 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

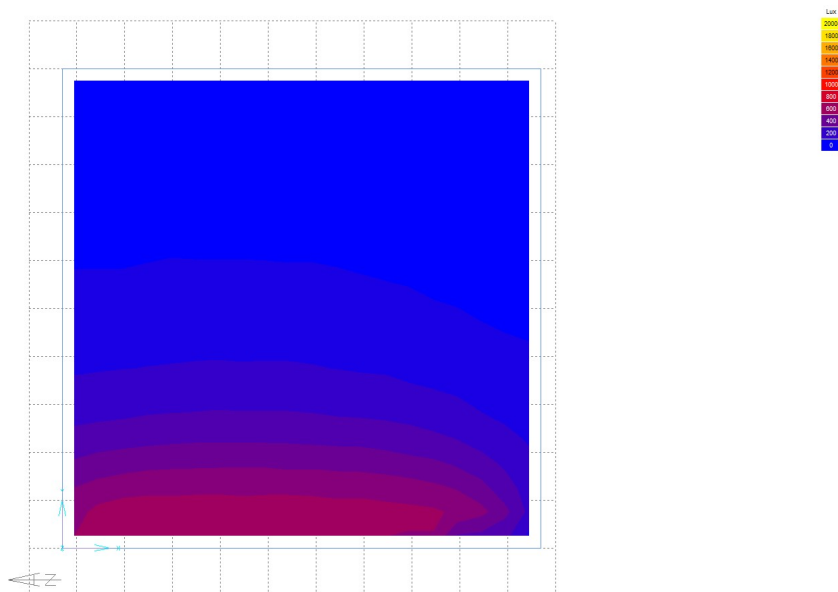


Εικόνα 6-110 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

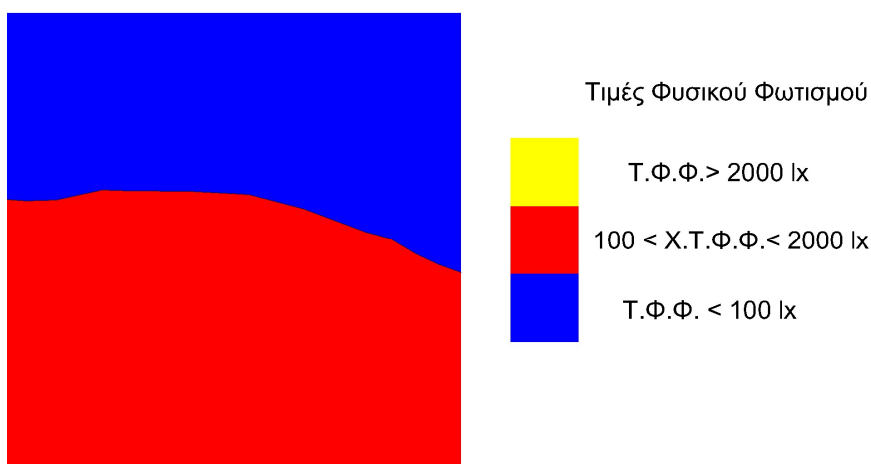
Στην περίπτωση του Δυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 57.5% Χ.Τ.Φ.Φ. και 42.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Color Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotectrad



Εικόνα 6-111 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Εικόνα 6-112 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Δυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Δυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 56.4% Χ.Τ.Φ.Φ. και 43.6% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

Συνοψίζοντας στους παρακάτω πίνακες για το Δυτικό προσανατολισμό:

ΔΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (με ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	59.3	40.7	0
2. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	0	100.0	0
3. 21 Ιουνίου	0	100.0	0
4. 21 Δεκεμβρίου	42.5	57.5	0

Πίνακας 6-13 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Δυτικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού

ΔΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (χωρίς ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ. < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	60.5	39.5	0
5. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	6.2	93.8	0
6. 21 Ιουνίου	0	100.0	0
7. 21 Δεκεμβρίου	43.6	56.4	0

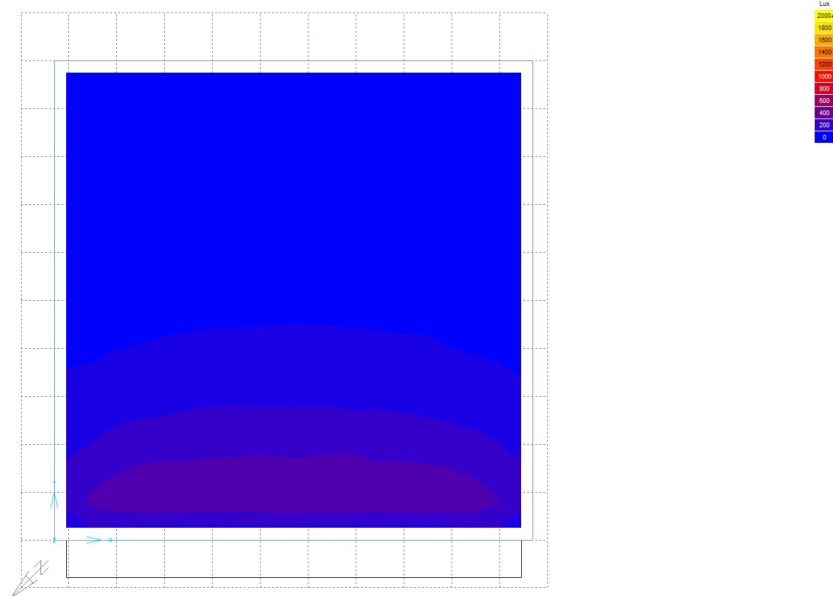
Πίνακας 6-14 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Δυτικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού

Στο Δυτικό προσανατολισμό το μεγαλύτερο ποσοστό X.T.Φ.Φ. παρουσιάζεται στο δεύτερο και τρίτο σενάριο, κατά τη μεγαλύτερη περίοδο του έτους, την άνοιξη το φθινόπωρο και το καλοκαίρι με πλήρη ηλιασμό, με ποσοστό 100.0%. Κατά την άνοιξη και φθινόπωρο (δεύτερο σενάριο), παρουσιάζει την μεγαλύτερη αύξηση X.T.Φ.Φ. με τιμή 6.2%

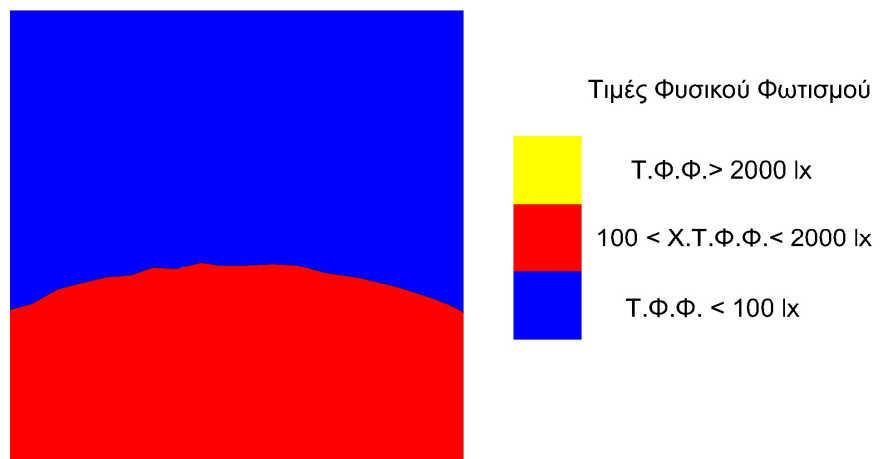
6.1.8 Βορειοδυτικός Προσανατολισμός

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου με ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT v5



Εικόνα 6-113 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

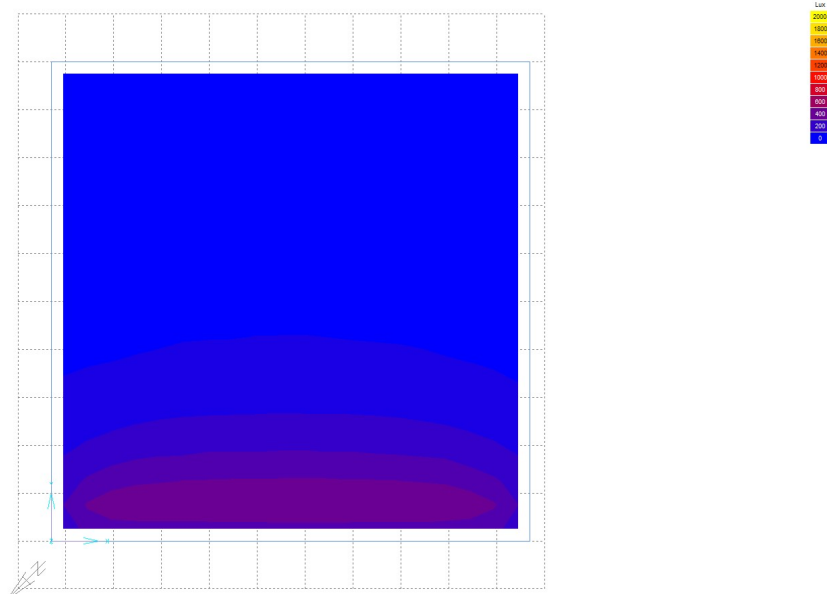


Εικόνα 6-114 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

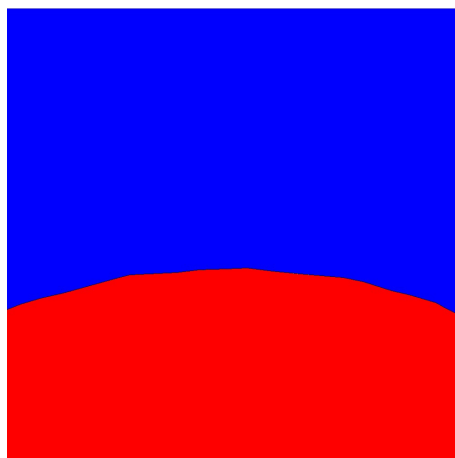
Στην περίπτωση του Βορειοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 40.7% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 59.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

1^ο Σενάριο - Νεφοσκεπής ουρανός στις 12.00 μ.μ. στις 21 Δεκεμβρίου χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect .us



Εικόνα 6-115 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού



T.Φ.Φ. > 2000 lx

100 < X.T.Φ.Φ. < 2000 lx

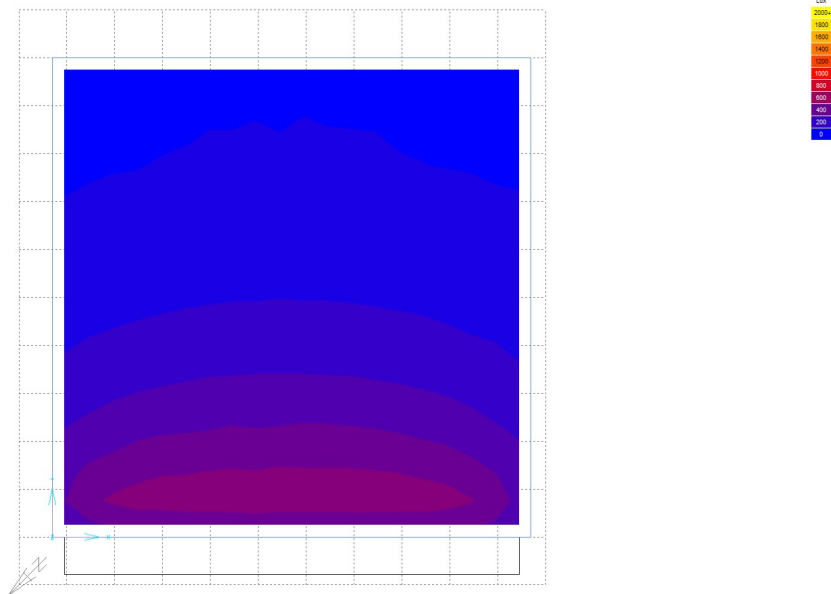
T.Φ.Φ. < 100 lx

Εικόνα 6-116 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βορειοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού (overcast sky) χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 39.5% με Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 60.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

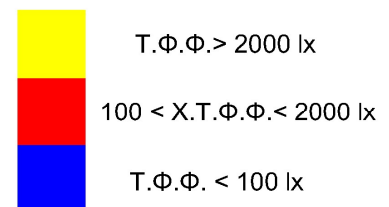
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect id



Εικόνα 6-117 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

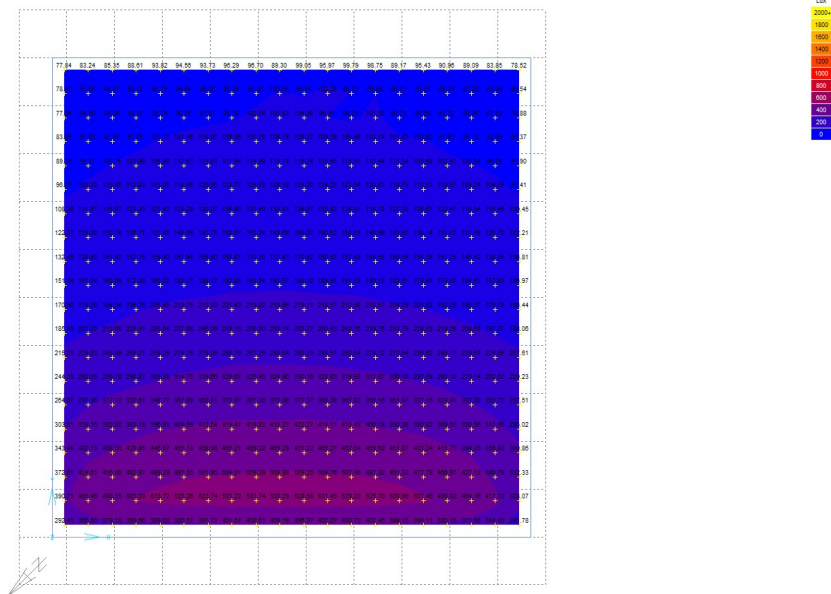


Εικόνα 6-118 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

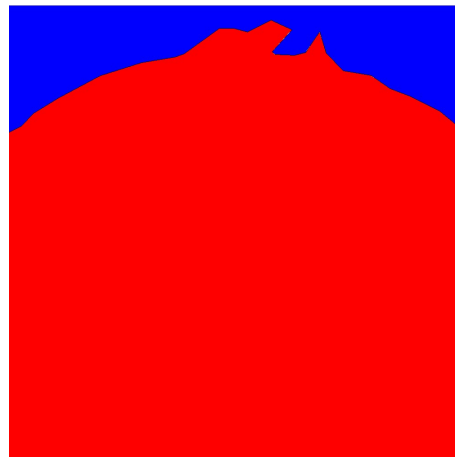
Στην περίπτωση του Βορειοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 82.0% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 18.0% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

2^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

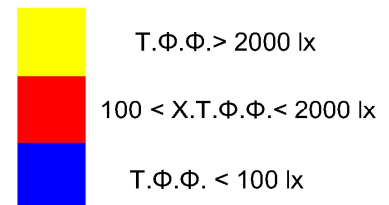
Analysis Grid
RAD Illuminance
Centre Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ecotect v4



Εικόνα 6-119 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

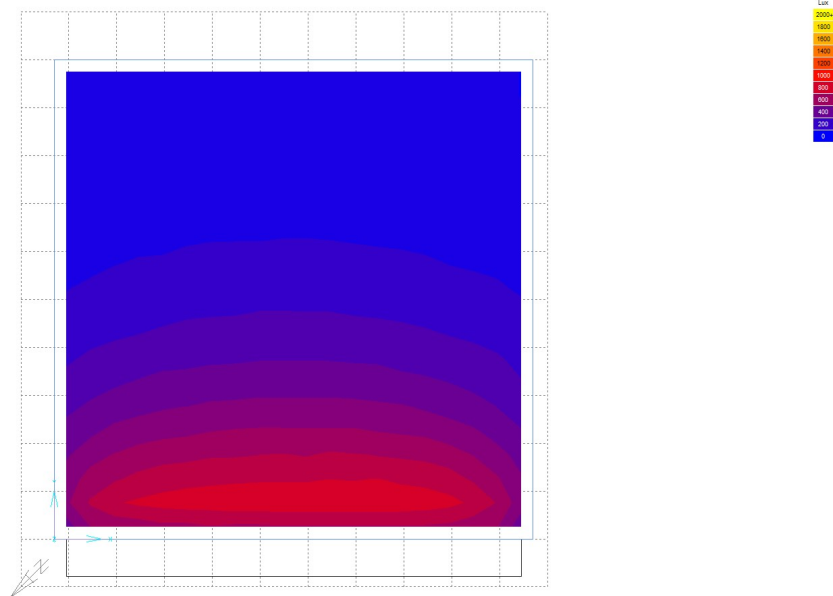


Εικόνα 6-120 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Μαρτίου/ 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βορειοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 85.4% Χ.Τ.Φ.Φ. και ποσοστό 14.6% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

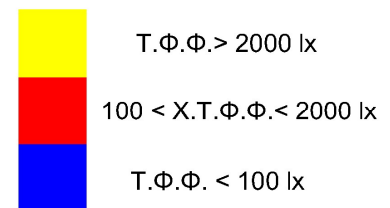
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect.rad



Εικόνα 6-121 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

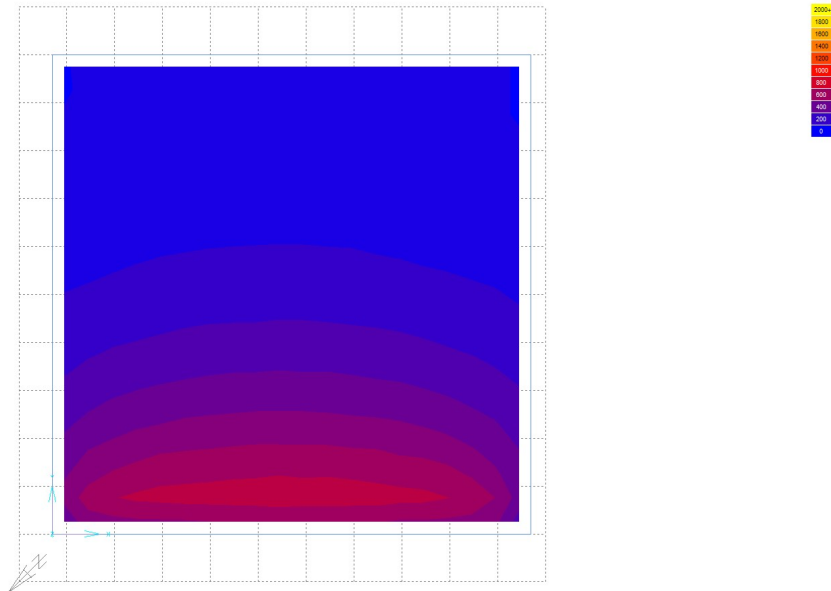


Εικόνα 6-122 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βορειοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 99.9% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 0.1% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

3^ο Σενάριο - Πλήρης ηλιασμός στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

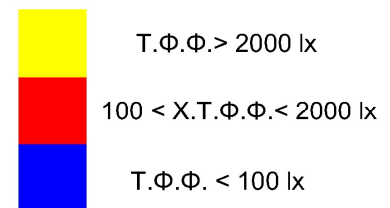
Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect v4



Εικόνα 6-123 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Τιμές Φυσικού Φωτισμού

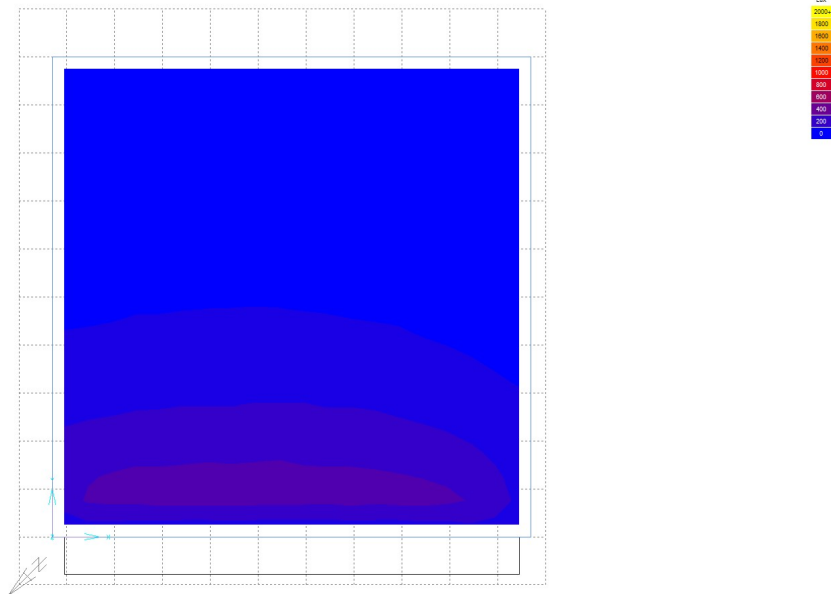


Εικόνα 6-124 Υπολογισμός επιφανειών T.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

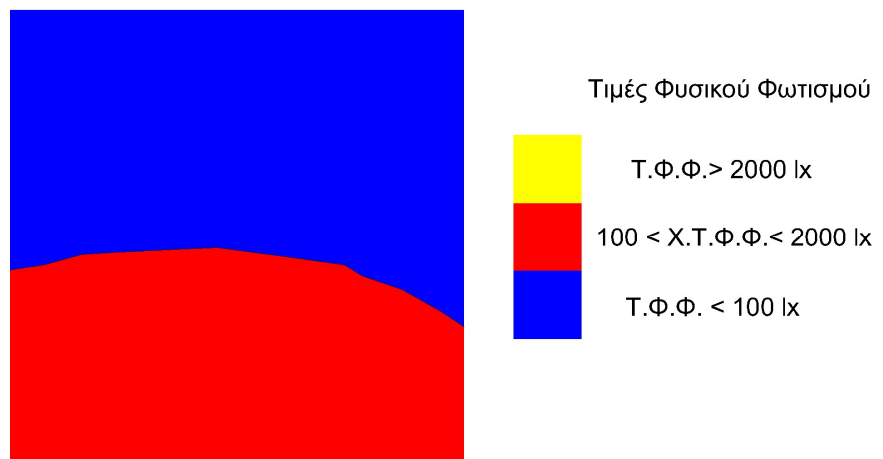
Στην περίπτωση του Βορειοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με πλήρη ηλιασμό (sunny sky) στις 21 Ιουνίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 99.7% X.T.Φ.Φ. και ποσοστό 0.3% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT LTD



Εικόνα 6-125 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance

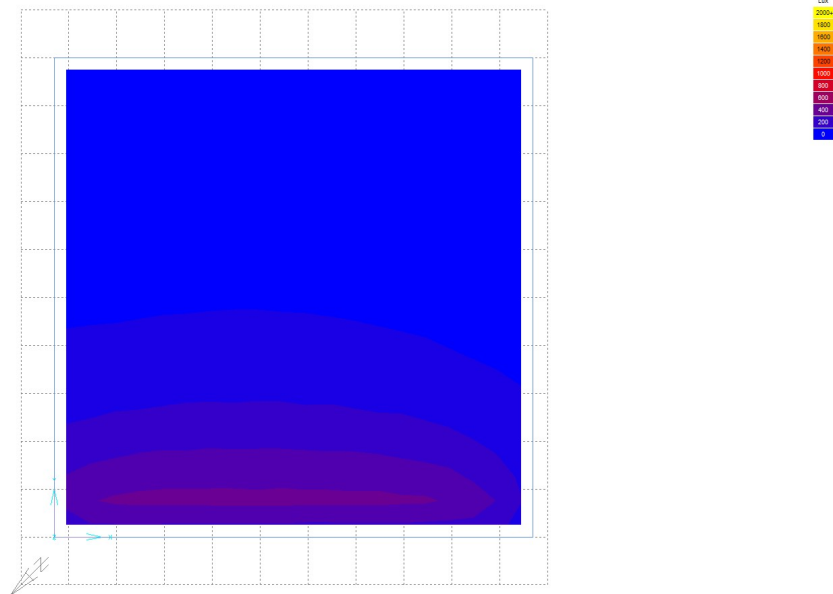


Εικόνα 6-126 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (με ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

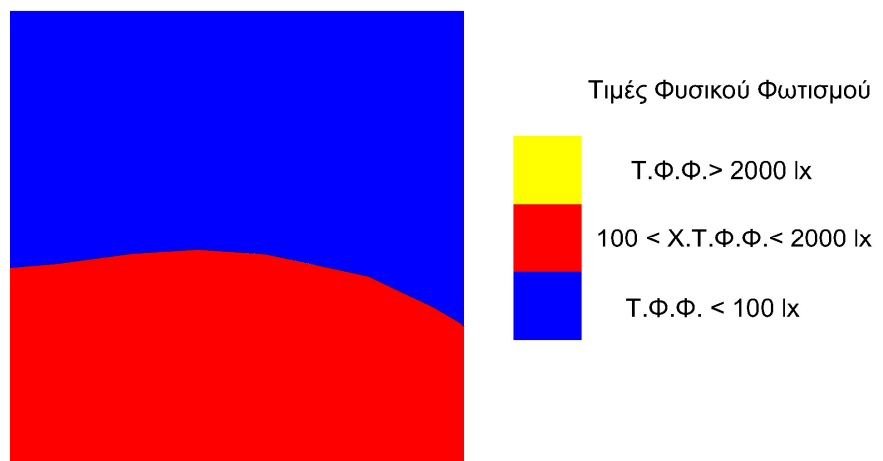
Στην περίπτωση του Βορειοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. με ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 43.5% X.T.Φ.Φ. και 56.5% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

4^ο Σενάριο - Μερικός ηλιασμός στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού

Analysis Grid
RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 2000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ecotect.rad



Εικόνα 6-127 Αποτέλεσμα μελέτης φωτισμού της αίθουσας σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Ecotect - Radiance



Εικόνα 6-128 Υπολογισμός επιφανειών Τ.Φ.Φ. σε Βορειοδυτικό προσανατολισμό, στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. (χωρίς ράφι φωτισμού), Πηγή: Autocad

Στην περίπτωση του Βορειοδυτικού προσανατολισμού της αίθουσας με μερικό ηλιασμό (intermediate sky) στις 21 Δεκεμβρίου στις 12.00 μ.μ. χωρίς ράφι φωτισμού, υπολογίστηκε ποσοστό 43.3% Χ.Τ.Φ.Φ. και 56.7% με Τιμές Φυσικού Φωτισμού κάτω από 100 lx.

Οι τιμές φυσικού φωτισμού συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες για το Βορειοδυτικό προσανατολισμό:

ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (με ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	59.3	40.7	0
2. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	18.0	82.0	0
3. 21 Ιουνίου	0.1	99.9	0
4. 21 Δεκεμβρίου	56.5	43.5	0

Πίνακας 6-15 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βορειοδυτικό προσανατολισμό με ράφι φωτισμού

ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ (χωρίς ράφι φωτισμού)			
ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΩΡΟ		
	T.Φ.Φ < 100	100 < X.T.Φ.Φ. < 2000	T.Φ.Φ. > 2000
1. Νεφосκεπής ουρανός	60.5	39.5	0
5. 21 Μαρτ. και 21 Σεπτ.	14.6	85.4	0
6. 21 Ιουνίου	0.3	99.7	0
7. 21 Δεκεμβρίου	56.7	43.3	0

Πίνακας 6-16 Ποσοστά τιμών φυσικού φωτισμού στο Βορειοδυτικό προσανατολισμό χωρίς ράφι φωτισμού

Στο Βορειοδυτικό προσανατολισμό το μεγαλύτερο ποσοστό X.T.Φ.Φ. παρουσιάζεται στο τρίτο σενάριο, κατά τον Ιούνιο με πλήρη ηλιασμό, με ποσοστό 99.9%. Την περίοδο της άνοιξης και του φθινοπώρου, παρουσιάζει μείωση λόγω του ραφίου φωτισμού στο ποσοστό X.T.Φ.Φ. κατά 3.4% από τη σκίαση αυτού.

6.2 Συμπεράσματα

Στα πλαίσια, της παρούσας έρευνας, διερευνήθηκε η ευνοϊκότερη χρήση των ραφιών φωτισμού για ένα τυπικό χώρο γραφείων στην Ελλάδα, σε διάφορους προσανατολισμούς και εποχές του έτους, έχοντας ως κριτήριο αξιολόγησης τις Χρήσιμες Τιμές Φυσικού Φωτισμού. Πρέπει να επισημανθεί πως τα συμπεράσματα που ακολουθούν, αντιστοιχούν στα βέλτιστα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν και που προτείνονται από την βιβλιογραφία. Διαφορετικά ράφια φωτισμού ως προς τις διαστάσεις, την κλίση, την ανακλαστικότητα κλπ. είναι πιθανό να παρουσιάσουν διαφορετική συμπεριφορά ως προς την απόκριση στο φυσικό φως.

Μετά τη συγκέντρωση των αποτελεσμάτων από την έρευνα προσομοίωσης προκύπτουν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Σε όλους τους προσανατολισμούς, προκύπτουν τα ίδια ποσοστά χώρου Χρήσιμων Τιμών Φυσικού Φωτισμού κατά το πρώτο σενάριο υπό συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού, ενώ με απουσία ραφιού υπάρχει μικρή μείωση των τιμών. Αυτό σημαίνει ότι υπό τις παραπάνω συνθήκες, οι Χ.Τ.Φ.Φ. με ή χωρίς ράφι, είναι ανεξάρτητες του προσανατολισμού και το ράφι φωτισμού προσδίδει πολύ μικρό όφελος.
- Η χρήση των ραφιών φωτισμού στους Βόρειους προσανατολισμούς, ήτοι στο Βόρειο, Βορειοανατολικό και Βορειοδυτικό και σε όλες τις εποχές, παρουσιάζει πολύ μικρή βελτίωση ή επιδείνωση των Χ.Τ.Φ.Φ.. Αυτό εν μέρη εξηγείται από το γεγονός ότι στις συγκεκριμένες συνθήκες, τα ράφια φωτισμού μειώνουν το εισερχόμενο φυσικό φως.
- Η μεγαλύτερη βελτίωση των Χ.Τ.Φ.Φ. με τη χρήση ραφιών φωτισμού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, παρουσιάζεται στο Νότιο και Νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Στο Νότιο προσανατολισμό δε, μετρήθηκε κατά τη διάρκεια του χειμώνα η μεγαλύτερη αύξηση των Χ.Τ.Φ.Φ. από όλες τις περιπτώσεις προσανατολισμού και εποχών ενώ στο Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, παρουσιάζονται σταθερά βελτιωμένες τιμές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
- Στον Ανατολικό και Δυτικό προσανατολισμό παρουσιάζονται αρκετά αυξημένες τιμές χώρου με Χ.Τ.Φ.Φ. κυρίως κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου.

Συμπερασματικά, μπορεί να ειπωθεί πως για τα συγκεκριμένα κλιματικά δεδομένα, τα ράφια φωτισμού είναι πιο αποδοτικά ως προς τις Χ.Τ.Φ.Φ., στο Νοτιοδυτικό και Νότιο προσανατολισμό σε όλες τις εποχές του έτους, οπότε προτείνεται η τοποθέτησή τους.

Παράλληλα, επειδή είναι σημαντική η βελτίωση της φωτεινότητας ενός χώρου, στον Ανατολικό και Δυτικό προσανατολισμό, κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου που αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο τμήμα του έτους, κρίνεται και σε αυτή την περίπτωση, αποδοτική η χρήση των ραφιών φωτισμού.

Στο Βόρειο, Βορειοανατολικό και Βορειοδυτικό προσανατολισμό, κρίνεται μη επωφελής η χρήση των ραφιών φωτισμού, διότι παρόλο που το καλοκαίρι και το χειμώνα παρουσιάζεται μικρή βελτίωση, την άνοιξη και το φθινόπωρο που αντιπροσωπεύουν μεγάλο τμήμα του έτος, παρουσιάζεται επιδείνωση των Χ.Τ.Φ.Φ.

Κρίνεται πολύ μικρής ωφέλειας η τοποθέτηση ραφιών στο Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, λόγω μικρής απόδοσης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Επιγραμματικά κρίνεται επωφελής η χρήση των ραφιών φωτισμού, στο Νότιο και Νοτιοδυτικό προσανατολισμό, με σημαντικό όφελος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ στον Ανατολικό και Δυτικό προσανατολισμό προτείνεται η χρήση τους καθώς παρουσιάζουν σημαντικό όφελος σε όλες τις εποχές του έτους εκτός του καλοκαιριού όπου η βελτίωση είναι μικρή. Στο Βόρειο, Βορειοανατολικό και Βορειοδυτικό προσανατολισμό, κρίνεται μη επωφελής η χρήση των ραφιών φωτισμού, διότι παρόλο που το καλοκαίρι και το χειμώνα παρουσιάζεται μικρή βελτίωση, την άνοιξη και το φθινόπωρο που αντιπροσωπεύουν μεγάλο τμήμα του έτους, παρουσιάζεται επιδείνωση των Χ.Τ.Φ.Φ..

Περαιτέρω μελλοντική έρευνα, θα μπορούσε να διερευνήσει άλλες παραμέτρους όπως περισσότερα χαρακτηριστικά ραφιών φωτισμού και πιθανόν περισσότερες χρονικές περιπτώσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας για τις χαρακτηριστικές ημερομηνίες του έτους.

ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ %											
	21 Δεκεμβρίου overcast sky			21 Μαρτίου - 21 Σεπτ. sunny sky			21 Ιουνίου sunny sky			21 Δεκεμβρίου intermediate sky		
	ΜΕ ΡΑΦΙ Φ.	ΧΩΡΙΣ ΡΑΦΙ Φ.		ΜΕ ΡΑΦΙ Φ.	ΧΩΡΙΣ ΡΑΦΙ Φ.		ΜΕ ΡΑΦΙ Φ.	ΧΩΡΙΣ ΡΑΦΙ Φ.		ΜΕ ΡΑΦΙ Φ.	ΧΩΡΙΣ ΡΑΦΙ Φ.	
ΒΟΡΕΙΟΣ	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	40.7 59.3	39.5 60.5	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	79.6 20.4	87.1 12.9	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	99.6 0.4	98.9 1.1	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	37.6 62.4	37.3 62.7
ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	40.7 59.3	39.5 60.5	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	79.8 20.2	85.7 14.3	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	99.2 0.8	98.5 1.5	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	40.9 59.1	40.5 59.5
ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	40.7 59.3	39.5 60.5	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	95.0 5.0	89.2 10.8	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	100.0 0.0	99.6 0.4	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	53.3 46.7	51.4 48.6
ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	40.7 59.3	39.5 60.5	Χ.Τ.Φ.Φ. > 2000	90.8 9.2	90.6 9.4	Χ.Τ.Φ.Φ. > 2000	100.0 0.0	100.0 0.0	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	75.7 24.3	74.4 25.6
ΝΟΤΙΟΣ	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	40.7 59.3	39.5 60.5	Χ.Τ.Φ.Φ. > 2000	85.0 15.0	84.8 15.2	Χ.Τ.Φ.Φ. > 2000	100.0 0.0	95.6 4.4	Χ.Τ.Φ.Φ. > 2000	100.0 0.0	92.5 7.5
ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΣ	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	40.7 59.3	39.5 60.5	Χ.Τ.Φ.Φ. > 2000	90.5 9.5	85.6 14.4	Χ.Τ.Φ.Φ. > 2000	100.0 0.0	95.6 4.4	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	91.6 8.4	88.9 11.1
ΔΥΤΙΚΟΣ	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	40.7 59.3	39.5 60.5	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	100.0 0.0	93.8 6.2	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	100.0 0.0	100.0 0.0	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	57.5 42.5	56.4 43.6
ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟΣ	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	40.7 59.3	39.5 60.5	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	82.0 18.0	85.4 14.6	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	99.9 0.1	99.7 0.3	Χ.Τ.Φ.Φ. < 100	43.5 56.5	43.3 56.7

Πίνακας 6-17 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ποσοστών του χώρου, στα όρια των τιμών φυσικού φωτισμού στα τέσσερα χρονικά σενάρια της μελέτης και σε όλους τους προσανατολισμούς

ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΒΕΛΤΙΩΣΗ / ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ ΤΙΜΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΡΑΦΙΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ		
	21 Μαρτίου - 21 Σεπτ. sunny sky	21 Ιουνίου sunny sky	21 Δεκεμβρίου intermediate sky
ΒΟΡΕΙΟΣ	-7.5	0.7	0.3
ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ	-5.9	0.7	0.4
ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ	5.8	0.4	1.9
ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ	0.2	0.0	1.3
ΝΟΤΙΟΣ	0.2	4.4	7.5
ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΣ	4.9	4.4	2.7
ΔΥΤΙΚΟΣ	6.2	0.0	1.1
ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟΣ	-3.4	0.2	0.2

Πίνακας 6-18 Βελτίωση ή επιδείνωση των Χ.Τ.Φ.Φ με τη χρήση ραφίου φωτισμού, στα τέσσερα χρονικά σενάρια της μελέτης και σε όλους τους προσανατολισμούς

Βιβλιογραφία

- Almusaed, A. (2011). *Biophilic and Bioclimatic Architecture. Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture*. London: Springer
- Arnheim, R. (2005). *Τέχνη και Οπτική αντίληψη: η ψυχολογία της δημιουργικής όρασης*. 3^η έκδ. Αθήνα: Θεμέλιο
- Beltcher, C.M. and Kluczny, R. (1987). Lighting ergonomics and the decision process. In: *Proceedings of the 8th Annual Meeting of the ASEM*, pp. 51-55
- Berardi, U. and Anaraki, H. K. The benefits of light shelves over the daylight illuminance in office buildings in Toronto. In: *Indoor and Built Environment*, November 2016, pp. 1-19. DOI: 10.1177/1420326X16673413
- Blackwell, H. R. (1959). The development and use of a quantitative method for specifications of interior illumination levels on the basis of performance data. In: *Journal of Illuminating Engineering Institute of Japan*, 54: pp. 317-53
- Boubekri, M. (2008). *Daylighting, Architecture and Health. Building Design Strategies*. Amsterdam, Boston, London: Architectural
- Boyce, P.R. (1973). Age, illumination, visual performance and preference. In: *Lighting Research and Technology*, 5: pp. 125-144
- Cammarano, S., Pellegrino, A., Lo Verso V.R.M. and Aghemo C. (2014). Assessment of daylight in rooms with different architectural features. In: *Build Research and Information*, 43 (2): pp. 222-237
- Carletti, C., Sciurpi, F. and Pierangioli, L. (2014). The energy upgrading of existing gbuidings: window and shading device typologies for energy efficiency refurbishment. In: *Sustainability*, 6 (8): pp. 5354-5377
- Carlos, S.T. and Soler, A. (2001). Indoor daylight climate-comparison between light shelves and overhang performances in Madrid for house with unit sunshine fractions and realistic values of model reflectance. In: *Solar Energy*, 71: pp. 233-239
- Coley DA, Crabb JA (1994). Computerized control of artificial light for maximum use of daylight. In: *Lighting Research & Technology* ,CIBSE 26(4):189–194

- Floyd DB, Parker DS (1995) Field commissioning of a daylight-dimming lighting system. In: *Proceedings of the 3rd European conference on energy-efficient lighting*, Newcastle upon Tyne, pp. 80–90
- Flynn, J. E. (1977). A study of subjective responses to low energy and nonuniform lighting systems. In: *Lighting Design and Application*, Vol. 7, Issue 2, pp. 6-15
- Franco IM (2001). Preliminary comparative study for passive and dynamic shading devices concerning to light and thermal behaviour. In: *Proceedings of the 18th international conference on passive and low energy architecture*, Vol. 1, Florianópolis, November 7–9: pp. 305–307
- Ganslandt, R. and Hofmann, H., (1992). *Handbook of Lighting Design*. Wiesbaden: Verlag Vieweg
- Γραμματικάκης, Γ., (2010). *Η Αυτοβιογραφία του Φωτός*. Ηράκλειο: Εκδόσεις Κρήτης
- Hopkinson, R. G., Petherbridge, P. and Longmore, J. (1966). *Daylighting*. London: Heinemann
- International Energy Agency (2000). *Daylight in Buildings: a source book on daylighting systems and components*. Annex 29, Task 21. St Albans, UK: AECOM
- Kahn, L. and Büttiker, U. (1994). *Louis I. Kahn: Light and Space*. New York: Whitney Library of Design
- Κατσίμπουρα, Μ. (2016). *Η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού σε χώρους γραφείων και η παράμετρος της θάμβωσης*. Διπλωματική εργασία, ΕΑΠ (επιβλ. Ε. Ανάγνου).
- Kubba, S. (2012). Indoor Environmental Quality. In: *Handbook of Green Building Design and Construction*.
- Lee, H., Zhao, X. and Seo, J. (2012). A Study of Optimal Specifications for Light Shelves with Photovoltaic Modules to Improve Indoor Comfort and Save Building Energy. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 18, Issue 5
- Lee, E. S., Stephen, E., Selkowitz, F. M., Rubinstein, J. H., Klems, L. O., Beltran, D. L. and DiBartolomeo, D. L., (1994). A comprehensive approach to integrated envelope and lighting system for new commercial buildings. In: *ACEEE 1994 Summer Study on Energy*

Efficiency in Buildings, Building Tomorrow: The Path to Energy Efficiency Conference, Pacific Grove, CA, 28/08 – 03/09/1994.

Littlefair, P. (1995). Light shelves: Computer assessment of daylight performance. In: *Lighting Research and Technology*, Vol. 27, Issue 2, pp. 79-91.

Mardaljevic, L., Heschong, E. Lee (2009). Daylight Metrics and energy savings. In: *Lighting Research and Technology*, Vol. 41, Issue 261

Mehrabian, A. and Russell, J. A. (1974). *An Approach to Environmental Psychology*. Cambridge: MIT Press

Meresi, A. (2016). *Evaluating daylight performance of light shelves combined with external blinds in south-facing classrooms in Athens, Greece*. In: *Energy and Buildings*, Issue 116, pp. 190-205

Μερέση, Α. (2010). *Εξοικονόμηση Ενέργειας στη Σχολική Αίθουσα Μέσω του Φυσικού Φωτισμού*. Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μερέση, Α. & Αξαρχή, Κ. (2011). *Φυσικός Φωτισμός Κτιρίων: Η Απόδοση των Ραφιών Φωτισμού στην Ελλάδα*. Στο: ARENEP 2011: Αρχιτεκτονική, Ενέργεια & Περιβάλλον στα κτίρια και τις πόλεις. Αθήνα, 03-04/05/2011

Nabil, A. and Mardaljevic, J., (2005). Useful daylight illuminance: A new paradigm for assessing daylight in buildings. In: *Lighting Research and Technology*. March, 2005

Nabil, A. and Mardaljevic, J., (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. In: *Energy and Building*, Issue 38, pp. 905-913

Plummer, H. (2009). *The Architecture of Natural Light*. New York: The Monacelli Press

Reinhart, C.F. and Wienold, J. (2011). The daylighting dashboard - a simulation-based design analysis for daylight spaces. In: *Build Environment*, 46: 386-396.

Ruck, N., Aschehoug, Ø, Aydinli, S., Christoffersen, J., Courret, G., Edmonds, I., Jakobiak, R, Kischkoweit-Lopin, M., Klinger, M., Lee, E.S, Michel, L., Scartezzini, J. L., Selkowitz, S.E., (2000). *Daylight in Buildings. A Source Book on Daylighting Systems and Components*. Washington, DC.: International Energy Agency (IEA), Solar Heating

and Cooling Programme, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, Task 21, Programme Annex 29.

Παπαϊωάννου, Τ., (2009). *Το αμετάκλητο φως*. Ελευθεροτυπία, 20/03/2009.

Phillips, D., (2004). *Daylighting: Natural Light in Architecture*. Amsterdam, Boston: Elsevier, Architectural Press

Phillips, D., (1964). *Lighting in architectural design*. New York: McGraw – Hill Book Company

Τσαγκρασούλης, Α.(2016). *Φυσικός Φωτισμός*. Βόλος: Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Scarazzato PS et al (2001). The performance of daylighting systems under partly cloudy skies. In: *Proceedings of the performance of exterior envelopes of whole buildings VII—integration of buildings envelopes*, Clearwater Beach, December 2–7

Schrum L, Parker DS (1996) *Daylighting dimming and energy savings: the effects of window orientation and blinds*, FSEC-PF-305-96. Florida Solar Energy Center, Cocoa

Selkowitz, S, Navvab, M., Mathews, S. (1983). Design and Performance of Light Shelves. In: *International Daylighting Conference*, Phoenix, AZ.

Singh, P. (2018). Built Architecture: The Role of Natural Light. In: *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJPAR)*, 5 (3)

Soler, A. and Oteiza, R. (1996). Metodos experimentales, utilidades informáticas y dispositivos para la iluminación natural. *Revista de Tecnologia y Construcción*, Vo.12, Núm. 2, pp. 9-18.

Tai, K.J. and Kim, G. (2019). Advanced external shading device to maximize visual and view performans. In: *Indoor Build Environment*, 19: pp. 65-72

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.