



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ & ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

ΣΕ ΘΑΛΑΜΟ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ



ΚΑΤΣΑΝΤΩΝΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων καθηγητής: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Συνεπιβλέπουσα: ΣΚΛΑΒΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

**ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2013**

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή του τομέα Δομοσταστικής Ε.Μ.Π., κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, που επέβλεψε τη διπλωματική μου εργασία και με καθοδήγησε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., Ευαγγελία Σκλάβου, για την υποστήριξη και τις πληροφορίες που μου παρείχε σε όλη την πορεία διεκπεραίωσης της διπλωματικής μου εργασίας καθώς και για το γεγονός ότι με έφερε σε επαφή με ένα πολύ ενδιαφέρον αντικείμενο.

Περίληψη

Το ενεργειακό πρόβλημα και οι περιβαλλοντικές του συνέπειες καθώς και η συμβολή των κτιρίων σε αυτό, οδήγησαν στην απαίτηση για εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια, με τη βοήθεια του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των στρατηγικών του.

Τα νοσοκομεία, ώντας από τα πιο ενεργοβόρα κτίρια του τριτογενή τομέα και εξυπηρετώντας ευπαθείς ομάδες ανθρώπων, είναι ένα περιβάλλον που αξίζει να μελετηθεί και να βελτιωθεί.

Η θετική επίδραση του φωτός στον άνθρωπο και δη στο θεραπευτικό περιβάλλον, είναι ο λόγος που η εργασία αυτή επικεντρώνεται στην αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και στη μέγιστη απόδοση των συστημάτων του. Κατ'επέκταση, αναλύεται η διαδικασία σχεδιασμού και μελέτης του φυσικού φωτισμού καθώς και τα συστήματα φυσικού φωτισμού και σκίασης που χρησιμοποιούνται. Αναφορά γίνεται, όμως, και στον τεχνητό φωτισμό και τις απαιτήσεις του.

Για την απόκτηση μιας πιο εμπειριστατωμένης εικόνας, γίνεται προσομοίωση φωτισμού σε τετράκλινο θάλαμο νοσηλείας του νοσοκομείου Αττικόν καθώς και ψηφιακή απεικόνιση για διάφορες συνθήκες φωτισμού, φυσικού και τεχνητού, μέσω του προγράμματος RELUX.

Summary

The energy problem and its environmental consequences as well as the contribution of buildings to it, led to the demand for savings in energy consumption in buildings, with the help of bioclimatic design and its strategies.

Hospitals, being among the most energy intensive buildings of tertiary sector and servicing frail groups of people, are an environment which is worthy of study and improvement.

The positive effect of light in humans and mostly in therapeutic environment, is the reason why this study concentrates on the utilization of daylight and on the maximum efficiency of its systems. Therefore, the procedure of design and study of daylight is analysed, as are as well the daylight and shading systems that are used. However, there is also a reference to artificial light and to its demands.

In order to acquire a more thorough image, a lighting simulation for a four-bed hospital ward of "Attikon" hospital is included, as is as well a digital imaging of various lighting conditions, daylight and artificial, through RELUX program.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1

1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα.....	1
1.2 Περιβαλλοντικές συνέπειες από την κατανάλωση ενέργειας.....	1
1.3 Ενεργειακή πολιτική.....	2
1.4 Βιωσιμότητα & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	3
1.5 Η συμβολή των κτιρίων στην κατανάλωση ενέργειας.....	5
1.6 Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	8
1.7 Νομοθεσία για εξοικονόμηση στα κτίρια.....	12
1.8 Κατανάλωση ενέργειας στα Νοσοκομεία.....	12
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 1 ^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	15

Κεφάλαιο 2

2.1 Το φως και οι ιδιότητές του.....	17
2.1.1 Τι είναι φως.....	17
2.1.2 Η φύση του φωτός.....	18
2.1.3 Ανάκλαση & Διάθλαση.....	18
2.1.4 Το χρώμα του φωτός.....	20
2.2 Η επίδραση του φωτός στον άνθρωπο.....	22
2.2.1 Εκτέλεση οπτικού έργου.....	22
2.2.2 Έλεγχος καρδιακού συστήματος.....	23
2.2.3 Επίδραση στη διάθεση και την απόδοση.....	26
2.2.4 Διευκόλυνση της απευθείας απορρόφησης κρίσιμων χημικών ενώσεων μέσα στο ανθρώπινο σώμα.....	27
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 2 ^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	28

Κεφάλαιο 3

3.1 Γενικά στοιχεία φωτισμού.....	29
3.1.1 Φωτομετρικά μεγέθη.....	29
3.2 Οπτική άνεση.....	30
3.2.1 Παράμετροι φωτισμού προς έλεγχο για την επίτευξη οπτικής άνεσης.....	31
3.3 Θάμβωση.....	33

3.4 Επίδραση φωτισμού σε θεραπευτικού περιβάλλον.....	39
3.4.1 Το φως στην νοσηλεία των ασθενών.....	40
3.4.2 Το φως στο νοσοκομειακό περιβάλλον ως χώρος εργασίας.....	43
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 3 ^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	45

Κεφάλαιο 4

4.1 Προέλευση και χαρακτηριστικά φυσικού φωτισμού.....	47
4.2 Διαδικασία σχεδιασμού φυσικού φωτισμού.....	50
4.3 Διαθεσιμότητα φυσικού φωτός και παράγοντες που την επηρεάζουν.....	51
4.3.1 Επιλογή τιμών παραγόντων στον σχεδιασμό.....	52
4.4 Υπολογισμός ηλιασμού κτιρίου.....	61
4.5 Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού.....	66
4.5.1 Συντελεστής φυσικού φωτισμού (Σ.Φ.Φ).....	66
4.5.2 Αυτονομία φυσικού φωτισμού.....	68
4.5.3 Χρήσιμη αυτονομία φυσικού φωτισμού.....	69
4.6 Συστήματα φυσικού φωτισμού.....	69
4.6.1 Ανοίγματα.....	70
4.6.2 Αίθρια.....	77
4.6.3 Ηλιοστάσια- Φωτοσωλήνες- Φωταγωγοί.....	78
4.6.4 Ράφια φωτισμού.....	81
4.6.5 Ανακλαστικές περσίδες.....	83
4.6.6 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά.....	84
4.6.7 Διαφανείς τοίχοι και οροφές.....	86
4.7 Υαλοπίνακες.....	86
4.8 Συστήματα σκίασης.....	90
4.8.1 Εσωτερικά συστήματα σκίασης.....	92
4.8.2 Εξωτερικά συστήματα σκίασης.....	95
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 4 ^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	100

Κεφάλαιο 5

5.1 Χαρακτηριστικά τεχνητού φωτισμού.....	101
5.2 Τεχνητός φωτισμός σε θάλαμο νοσηλείας.....	102
5.2.1 Λαμπτήρες φθορισμού.....	102

5.2.2 Τρόποι τοποθέτησης φωτιστικών.....	104
5.3 Σημαντικοί οργανισμοί που περιλαμβάνουν οδηγίες για φωτισμό.....	106
5.4 Απαιτήσεις φωτισμού σε περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης.....	108
5.4.1 Συστάσεις για φυσικό φωτισμό σε θάλαμο νοσηλείας.....	108
5.4.2 Συστάσεις για τεχνητό φωτισμό σε θάλαμο νοσηλείας.....	110
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 5 ^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	112

Κεφάλαιο 6

6.1 Σχεδιασμός νοσοκομείων.....	113
6.1.1 Προσανατολισμός.....	113
6.1.2 Μονάδες νοσηλείας.....	114
6.1.3 Γεωμετρικά μοντέλα νοσηλευτικών μονάδων.....	115
6.1.4 Διαστασιολόγηση θαλάμου νοσηλείας.....	116
6.2 Το παράδειγμα του νοσοκομείου «Αττικών».....	122
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 6 ^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	125

Κεφάλαιο 7

7.1 Προγράμματα μελέτης φωτισμού σε υπολογιστή.....	126
7.2 Στάδια μελέτης φωτισμού με χρήση προγράμματος RELUX.....	128
7.3 Παράμετροι συνθηκών διενέργειας προσομοιώσεων.....	144
7.4 Αποτελέσματα και ψηφιακή απεικόνιση φωτισμού σε θάλαμο νοσηλείας.....	146
7.4.1 Με απλό παράθυρο-Καθαρός ουρανός.....	146
7.4.1.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	148
7.4.1.2 Συμπεράσματα.....	165
7.4.2 Με απλό παράθυρο-Νεφοσκεπής ουρανός.....	166
7.4.3 Με απλό παράθυρο και περσίδες.....	169
7.4.3.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα.....	169
7.4.4 Με απλό παράθυρο και ράφι φωτισμού.....	173
7.4.4.1 Ράφι φωτισμού 60/40 οριζόντιο.....	173
7.4.4.2 Ράφι φωτισμού 100 οριζόντιο.....	174
7.4.4.3 Ράφι φωτισμού 100 με κλίση 10°.....	176
7.4.4.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα.....	178
7.4.5 Με πρόβολο 1,5m χωρίς αλλαγή του μεγέθους του παραθύρου.....	181

7.4.5.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα.....	182
7.4.6 Με πρόβολο και περσίδες.....	185
7.4.6.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα.....	185
7.4.7 Με πρόβολο και μπαλκονόπορτα.....	187
7.4.7.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα.....	188
7.4.8 Με μπαλκονόπορτα και ράφι φωτισμού.....	191
7.4.8.1 Ράφι φωτισμού 60/40 οριζόντιο.....	191
7.4.8.2 Ράφι φωτισμού 100 οριζόντιο.....	193
7.4.8.3 Ράφι φωτισμού 100 με κλίση 10°.....	194
7.4.8.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα.....	195
7.4.9 Με μπαλκονόπορτα και περσίδες.....	198
7.4.9.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα.....	200
7.4.10 Τεχνητός φωτισμός.....	201
7.5 Γενικά συμπεράσματα και προτάσεις.....	204
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 7 ^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	206

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Το Ενεργειακό πρόβλημα

Το ενεργειακό πρόβλημα αποτελεί ίσως ένα από τα πιο κεφαλαιώδη ζητήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα. Αν και η κουβέντα γύρω από το πρόβλημα έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια, αποτελεί ένα διαχρονικό και πάγιο ζήτημα, μιας και ο άνθρωπος από την πρώτη στιγμή της εμφάνισής του βρίσκεται σε μια διαρκή αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας, ώστε να εξασφαλίζεται η ίδια του η ύπαρξη αλλά και η πρόοδός του. Η διαρκής αυτή αναζήτηση γεννούσε διαρκώς ένα συνεχές ενεργειακό πρόβλημα που έφτασε σε αρκετές περιπτώσεις στα όρια της κρίσης.¹

Αρκετές είναι οι ιστορικές αναφορές σε τέτοιες ενεργειακές κρίσεις, εντούτοις η πετρελαϊκή κρίση του 1973 συνέβαλε καταλυτικά στην συνειδητοποίηση του προβλήματος αυτού, επισημαίνοντας πως οι ορυκτοί ενεργειακοί πόροι του πλανήτη δεν είναι ανεξάντλητοι. Το μέχρι τότε μοντέλο παραγωγής και χρήσης του ανθρωπογενούς δομημένου περιβάλλοντος, που ουσιαστικά στηριζόταν στην αλόγιστη κατανάλωση ενέργειας, τέθηκε υπό συνολική επανεξέταση. Η ανησυχία αυτή επεκτάθηκε γρήγορα στις Η.Π.Α. και τη Βόρεια Ευρώπη πυροδοτώντας αυτό που ονομάζουμε «οικολογική ευαισθησία».²

1.2 Περιβαλλοντικές συνέπειες από την κατανάλωση ενέργειας

Δυστυχώς όμως, το ενεργειακό πρόβλημα δεν είναι το μόνο πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί από την κατανάλωση ενέργειας και τις ανθρώπινες παρεμβάσεις είναι εξίσου σοβαρά και μας επηρεάζουν άμεσα. Μερικά από τα μεγαλύτερα οικολογικά προβλήματα της σημερινής εποχής είναι:

- Η τρύπα του όζοντος
- Η όξινη βροχή και
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που οφείλεται κυρίως στην έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα και επιβαρύνει τόσο την ανθρώπινη υγεία όσο και το οικοσύστημα.

Η κυριότερη συνέπεια του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι η έντονη κλιματική αλλαγή που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια.

Το κλίμα είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει όλους τους έμβιους οργανισμούς και το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζούνε αυτοί. Κατ'επέκταση η κλιματική αλλαγή είναι ένα φαινόμενο παγκόσμιο, επικίνδυνο που επηρεάζει το μέλλον.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μέσα στα 100 τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί αύξηση της θερμοκρασίας κατά $0,6^{\circ}\text{C}$ (Fior 1992).

Η μελέτη παλαιότερων καταγραφών της θερμοκρασίας αναδεικνύει ότι ο ρυθμός της κλιματικής αλλαγής είναι ιδιαίτερος ασυνήθιστος. Η τελευταία φορά που σημειώθηκε ασυνήθιστη αύξηση της θερμοκρασίας για μεγάλη χρονική περίοδο ήταν περίπου πριν από 125.000 χρόνια κατά τη διάρκεια της μεσοπαγετωνικής περιόδου.³ Φυσικά, η αύξηση της θερμοκρασίας έχει παράπλευρες συνέπειες στο περιβάλλον, όπως το λιώσιμο των πάγων και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας.



Εικ.1.1 Τα αποτελέσματα του φαινομένου του θερμοκηπίου

1.3 Ενεργειακή πολιτική

Οι πρώτοι που άρχισαν να κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την κλιματική μεταβολή που οφείλεται σε ανθρωπογενείς αιτίες ήταν οι επιστήμονες. Στοιχεία από τις δεκαετίες του 1960 και 1970 έδειχναν ότι οι συγκεντρώσεις CO_2 στην ατμόσφαιρα αυξάνονταν σημαντικά, γεγονός που οδήγησε τους κλιματολόγους αρχικά και στη συνέχεια και άλλους επιστήμονες να πιέσουν για δράση. Δυστυχώς, πήρε πολλά χρόνια στη διεθνή κοινότητα για να ανταποκριθεί στο αίτημα αυτό.

Το 1997 οι κίνδυνοι που αντιμετώπιζε η βιόσφαιρα αναγνωρίστηκαν διεθνώς στη σύνοδο που οδήγησε στη δημιουργία του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Συγκεκριμένα, αυτή η διεθνής σύνοδος επισήμανε τους κινδύνους από το φαινόμενο του θερμοκηπίου σχετικά με την αυξανόμενη συγκέντρωση επιβλαβών αερίων στην ατμόσφαιρα, που οδηγούν σε παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές. Σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του Πρωτοκόλλου του Κιότο, οι βιομηχανικές χώρες συνολικά υποχρεούνται να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά 5,2% κατά μέσο όρο σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, κατά τη διάρκεια της πρώτης «περιόδου δέσμευσης», η οποία καλύπτει τα έτη 2008 έως 2012.⁴

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) έχει αναλάβει έναν πρωτοποριακό ρόλο στην παγκόσμια προσπάθεια άμβλυσης της κλιματικής αλλαγής και έχει ασκήσει μεγάλη πίεση για την υιοθέτηση συγκεκριμένων και φιλόδοξων στόχων. Ήδη, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έχει θέσει τη νέα Ευρωπαϊκή στρατηγική για τη βιώσιμη ανάπτυξη έως το έτος 2020 για την Ευρώπη. Η στρατηγική αυτή είναι το λεγόμενο “πακέτο 20-20-20” που σημαίνει παραγωγή του 20% της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, 20% μείωση των εκλυόμενων ρύπων και 20% εξοικονόμηση ενέργειας.⁵

1.4 Βιωσιμότητα & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ο όρος βιωσιμότητα έχει να κάνει άμεσα με τη ζωή, την επιβίωση και την ανάπτυξη όλων των ατόμων μέσα σε μια κοινωνία, αλλά ιδιαίτερα μέσα στο περιβάλλον. Ενέργεια και περιβάλλον είναι δυο όψεις του ίδιου νομίσματος και είναι αναγκαία η μεταξύ τους ισορροπία παρόλο που σήμερα είναι διαταραγμένη. Οι απαιτήσεις τόσο των αναπτυγμένων όσο και των αναπτυσσόμενων χωρών παραμένουν ακόρεστες και δημιουργούν τη σοβαρότερη μεταπολεμικά πετρελαϊκή κρίση. Η ενεργειακή πολιτική προτάσσει την αιεφόρο ανάπτυξη ως σωσίβια λέμβο για την βιωσιμότητα του οικοσυστήματος.⁶

Σπουδαίο ρόλο στη «βιώσιμη ανάπτυξη» παίζουν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές οι οποίες υπάρχουν εν αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στην χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι Α.Π.Ε. πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνο από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά

αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Για πολλές χώρες, οι Α.Π.Ε. αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στην μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στην βελτίωση ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο μόνος δυνατός τρόπος για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο στόχο που έθεσε για τον περιορισμό των ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των Α.Π.Ε.⁷

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι:

- η αιολική
- η ηλιακή
- η γεωθερμική
- η υδραυλική
- η ενέργεια κυμάτων,
- η παλιρροϊκή ενέργεια,
- τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια

όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ.⁸

Όμως παρά τα αυξημένα ποσοστά των εκπομπών CO₂ παγκοσμίως, μόλις το 15% των αναγκών καλύπτεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, με πρωταγωνιστή την ηλιακή.⁹

Παρόλα αυτά, η ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας προχωρά με εντυπωσιακούς ρυθμούς σε όλες τις προηγμένες χώρες. Δυστυχώς όμως, παρότι η τεχνολογία των Α.Π.Ε., που βασίζονται στον ήλιο και στον άνεμο, είναι πια ώριμη και η εμπειρία υπαρκτή και αποδεδειγμένη η αναγκαιότητα εφαρμογής τους, στην Ελλάδα τα πράγματα κινούνται με βραδύτατους ρυθμούς, παρόλο που είναι τόσο ευνοϊμένη από το κλίμα.¹⁰ Αξίζει να αναφέρουμε ότι στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας μας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές κυμαινόμενη από 2200 έως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνάει τις 3100 ώρες ετησίως.¹¹



Εικ.1.2 Ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας ⁷

1.5 Η συμβολή των κτιρίων στην κατανάλωση ενέργειας

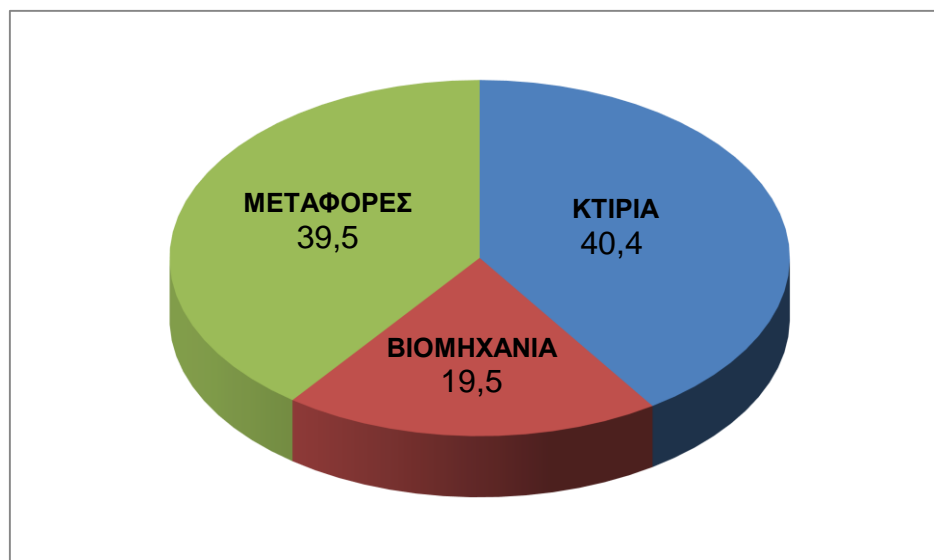
Ο τομέας των κτιριακών κατασκευών καταναλώνει το 45% της παραγόμενης ενέργειας παγκοσμίως, τόσο για την κατασκευή των κτιρίων όσο και για την άνετη λειτουργία τους² και σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας.¹²

Όσον αφορά στην Ελλάδα, το έτος 2005 τα Ελληνικά κτίρια (οικιακός και τριτογενής τομέας) συμμετείχαν με ποσοστό 34% στο Ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο και με ποσοστό 65% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτοί οι δείκτες σημαίνουν ότι το ποσοστό των εκπομπών του CO₂ που αντιστοιχεί στα κτίρια υπερβαίνει το 43%. Τα έτη 1995 και 1985, τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής των Ελληνικών κτιρίων στην κατανάλωση ενέργειας ήταν 25% και 20% αντίστοιχα.

Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας στα Ελληνικά κτίρια αυξάνεται συνεχώς και για την δεκαετία 1995-2005 ανέρχεται στο 5,5%, ενώ ο αντίστοιχος ρυθμός αύξησης για το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας στην Ελλάδα είναι περίπου 3%.⁵

	ΟΛΙΚΗ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	ΚΤΙΡΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ	21,5	4,2	8,5	8,7
Ε.Ε.	1176,1	324,3	370,3	481,5
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ	7911,7	2092,8	2182,9	2933

Πίνακας 1.1 Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (ΜΤΟΕ) το 2006 σε Ελλάδα,Ε.Ε και Παγκόσμια.¹

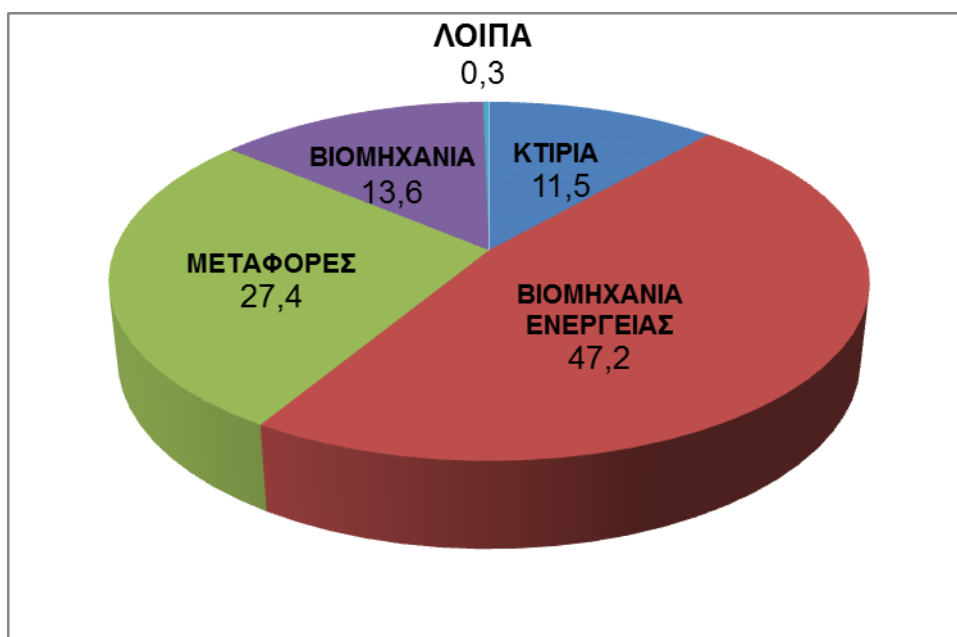


Εικ.1.3 Διασπορά ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα το 2006¹

Από τα παραπάνω φαίνεται πως ο κτιριακός τομέας καταλαμβάνει την πρώτη θέση στην κατανάλωση ενέργειας. Όμως, η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).¹³ Με βάση τα στοιχεία του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA), ο κτιριακός τομέας ευθυνόταν για εκπομπές 3.512,7 εκατομμυρίων τόνων CO₂ το 2006, ποσό που αποτελεί το 12,9% των παγκόσμιων εκπομπών.

	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΛΟΙΠΑ	ΣΥΝΟΛΟ
ΕΛΛΑΔΑ	16,7	33,8	58,2	14,2	0,3	123,2
Ε.Ε.	952,6	1246,9	1562,1	763,4	29,4	4554,4
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ	5612,6	5231,2	12805,5	3512,7	81,7	27243,7

Πίνακας 1.2 Εκπομπές CO₂ (10⁶ τόνοι) ανά τομέα το 2006 σε Ελλάδα,Ε.Ε. και Παγκόσμια ¹



Εικ. 1.4 Διασπορά εκπομπών CO₂ στην Ελλάδα το 2006 ¹

Η ενέργεια που καταναλώνουν τα κτίρια χρησιμοποιείται για την κάλυψη των παρακάτω αναγκών:

- Θέρμανση (λόγω των θερμικών απωλειών από τις διαφανείς και τις αδιαφανείς επιφάνειες, τη διείσδυση του αέρα και τις εξωτερικές συνθήκες)
- Ψύξη (λόγω των θερμικών κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία και τις εξωτερικές συνθήκες)
- Φωτισμό
- Οικιακών συσκευών και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.¹⁴

Επομένως, τα κτίρια καταναλώνουν ενέργεια για την επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων καθώς και για την χρήση ειδικών συσκευών.¹⁵

Όσον αφορά στον φωτισμό, στην Ελλάδα, η κατανάλωση για φωτισμό, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης, αντιπροσωπεύει το 4% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα και 18% στον τριτογενή. Ενώ σε παγκόσμιο επίπεδο αντιστοιχεί περίπου στο 20% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού.²

Τα αίτια της συνεχούς αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι:

- Η ύπαρξη της μεγάλης πλειοψηφίας των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα και απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις συνθήκες άνεσης τον χειμώνα.
- Η κατά κανόνα μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης και επομένως αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση.
- Η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν κυρίως ηλεκτρική ενέργεια.
- Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, κυρίως το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 3.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 25 χρόνια.²

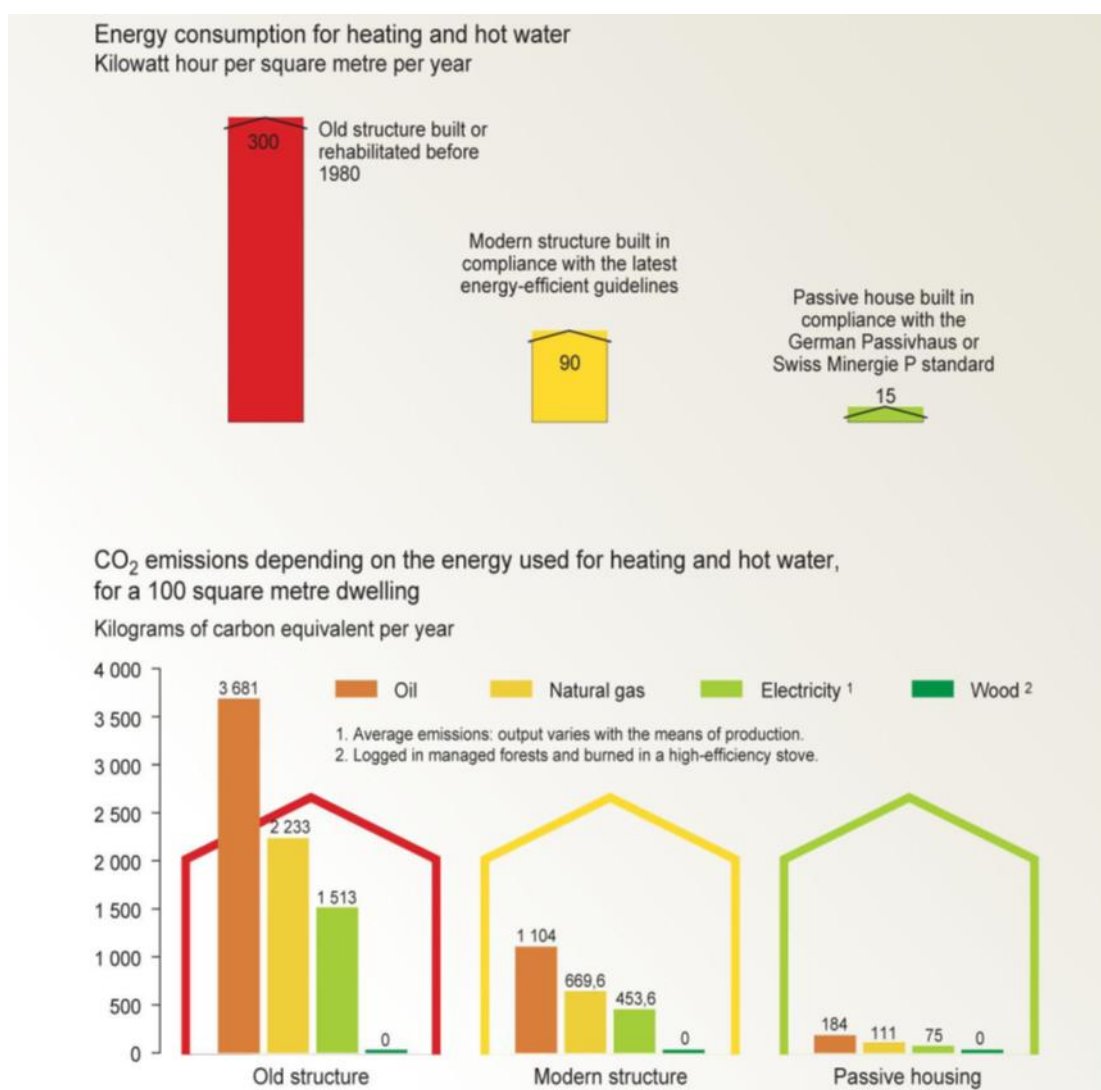
1.6 Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Καθώς από τα παραπάνω στοιχεία γίνεται ξεκάθαρο ότι ο κτιριακός τομέας ευθύνεται, κατά μεγάλο ποσοστό, για την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και τα επιβλαβή για το περιβάλλον παράγωγά της (CO₂), δεν θα μπορούσε να μην ενταχθεί στο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής, που έχει αρχίσει να ακολουθείται παγκοσμίως, με βασικό γνώμονα τη βιωσιμότητα και την οικολογική συνείδηση. Ο κλάδος της αρχιτεκτονικής που λαμβάνει υπόψη του τις επιταγές της οικολογίας και της βιωσιμότητας είναι η βιοκλιματική.

Ο όρος «βιοκλιματική αρχιτεκτονική» ή αλλιώς «βιοκλιματικός σχεδιασμός» αναφέρεται στον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων με βάση το μικροκλίμα, δηλαδή το τοπικό κλίμα του κτιρίου ή του χώρου, με σκοπό να παρέχεται στους χρήστες οπτική και θερμική άνεση καταναλώνοντας την ελάχιστη δυνατή ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται με την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως για παράδειγμα την ηλιακή, την αιολική ή την

γεωθερμική.¹⁶ Η χρήση του όρου «βιοκλιματικός» υποδηλώνει ακριβώς ότι ο σχεδιασμός αυτός εντάσσεται σε μια ευρύτερη αντίληψη οικολογικής δόμησης, που αποβλέπει στον σχεδιασμό κτιρίων με τέτοιο τρόπο ώστε αφενός να καλύπτονται πλήρως οι ενεργειακές τους ανάγκες και αφετέρου η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με εκπομπές ρύπων να είναι μηδαμινή.¹

Αξίζει να σημειωθεί ότι με βιοκλιματικό σχεδιασμό οι ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας μπορούν να μειωθούν μέχρι και 60%.¹⁴



Εικ.1.5 Σύγκριση ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών CO₂ μεταξύ ενός παλιού, ενός νέου και ενός παθητικού κτιρίου.¹

Κατ'επέκταση οι βασικές αρχές στις οποίες βασίζεται ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι οι εξής:

- Εξασφάλιση ηλιασμού και μείωσης των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ώστε να αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση των χώρων
- Εξασφάλιση ηλιοπροστασίας το καλοκαίρι προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση των θερμικών κερδών, άρα και μείωση της ανάγκης για ψυκτικό φορτίο.
- Αξιοποίηση του ήλιου για φυσικό φωτισμό
- Εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων για δροσισμό
- Βελτίωση του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο
- Βελτίωση και ρύθμιση των εσωτερικών συνθηκών ενός χώρου για επίτευξη θερμικής άνεσης των ατόμων¹⁷

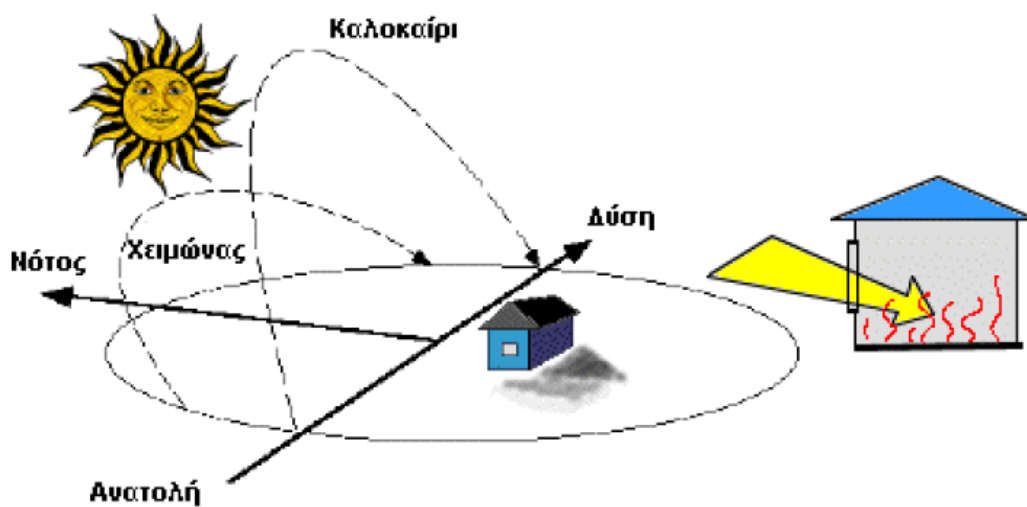


Εικ.1.6 Τρεις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού: απρόσκοπτη είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της χειμερινής ημέρας και διατήρηση της θερμότητας αυτής το βράδυ και επαρκής προστασία από τις ηλιακές ακτίνες το καλοκαίρι¹⁸

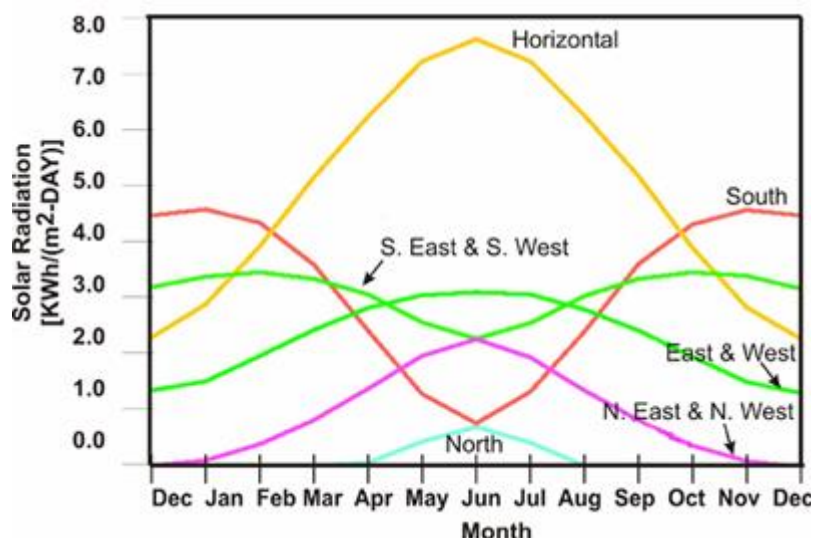
Οι παραπάνω αρχές εξασφαλίζονται με:

- Σωστό προσανατολισμό κτιρίου και ανοιγμάτων (ο ιδανικότερος προσανατολισμός για κτίρια στο βόρειο ημισφαίριο είναι ο νότιος.Επίσης, τα μεγαλύτερα ανοίγματα πρέπει να είναι στον νότο, ενώ τα μικρότερα στον βορρά)¹⁹
- Καλή θερμομόνωση και αεροστεγάνωση
- Παθητικά συστήματα θέρμανσης, δροσισμού και φωτισμού (είναι τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου που υποβοηθούν την καλύτερη άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση, τον δροσισμό και τον φωτισμό του κτιρίου)

- Συστήματα σκίασης
- Φυσικό αερισμό
- Πράσινα υλικά δόμησης (υλικά που απαιτούν λιγότερη ενέργεια για την κατασκευή τους, που μπορούν να ανακυκλωθούν μετά τη χρήση τους και που δεν εκπέμπουν επιβλαβή για την υγεία σωματίδια στους χώρους διαβίωσης)
- Εκμετάλλευση πρασίνου (πράσινες στέγες, δέντρα)¹²



Εικ.1.7 Βασική αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι ο νότιος προσανατολισμός²¹



Εικ.1.8 Ηλιακή ακτινοβολία για διάφορους προσανατολισμούς²⁰

1.7 Νομοθεσία για εξοικονόμηση στα κτίρια

Για την επίτευξη του στόχου που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής της, έχει εκδόσει μια σειρά σχετικών αποφάσεων και οδηγιών, μεταξύ των οποίων η Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αλλά και της μεταφοράς της στην εθνική νομοθεσία με το νόμο Ν3661/08, η οποία λαμβάνει υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, ο επονομαζόμενος ΚΕΝΑΚ, να μπαίνει στη ζωή των κτιρίων, νέων και παλαιών, ως μια καινοτόμος παρέμβαση με διπλό στόχο: αφενός τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, αφετέρου την προστασία του περιβάλλοντος. Ο συγκεκριμένος Κανονισμός προβλέπει την ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων και των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού από ανεξάρτητους διαπιστευμένους εμπειρογνώμονες, που ονομάζονται Ενεργειακοί Επιθεωρητές. Βέβαια η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων δεν επιτυγχάνεται μόνο με την εφαρμογή τεχνολογικών επεμβάσεων και κατά συνέπεια σοβαρών επενδύσεων, αλλά και με την αλλαγή νοοτροπίας των χρηστών του κτιρίου.¹⁴

1.8 Κατανάλωση ενέργειας στα Νοσοκομεία

Τα νοσοκομεία χαρακτηρίζονται από την 24ωρη λειτουργία τους, τους μεγάλους χώρους, τα πολλά ιατρικά μηχανήματα και τις αυστηρές απαιτήσεις θερμικής άνεσης. Τα στοιχεία αυτά έχουν μεγάλη συνεισφορά στην κατανάλωση ενέργειας των νοσοκομείων, η οποία είναι ιδιαίτερα υψηλή. Τα νοσοκομεία καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και ορυκτών καυσίμων για την εξυπηρέτηση ποικίλων λειτουργιών τους.^{22,23}

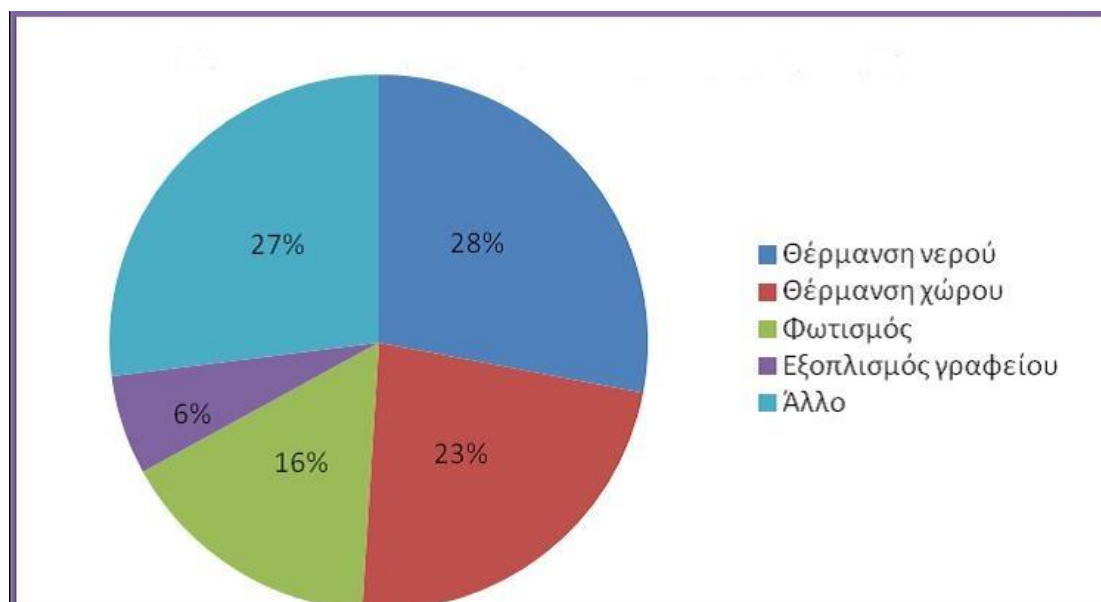
Σύμφωνα με μελέτες, η υγειονομική περίθαλψη είναι δεύτερη σε κατανάλωση ενέργειας μετά τη βιομηχανία τροφίμων.²

Ακόμα, μια εκτενής έρευνα για την ενεργειακή κατανάλωση στα ελληνικά κτίρια έδειξε ότι τα νοσοκομεία συνήθως χρειάζονται διπλάσια ποσότητα ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας δαπέδου σε σύγκριση με τα κτίρια γραφείων και ότι τα $\frac{3}{4}$ αυτής της ενέργειας χρησιμοποιούνται για την θέρμανση. Επίσης, καταναλώνουν διπλάσια ενέργεια για φωτισμό ανά τετραγωνικό μέτρο σε σχέση με τα γραφεία.¹⁵

Στη συνέχεια, ο πίνακας 1.3 παρουσιάζει μια συγκριτική στατιστική ανάλυση της μέσης ενεργειακής κατανάλωσης.

ΤΥΠΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92

Πίνακας 1.3 Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης. Όλες οι τιμές είναι σε KWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο ¹⁵



Εικ. 1.9 Κατανάλωση ενέργειας στα νοσοκομεία ανά χρήση.²⁴

Όπως παρατηρείται σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης η θέρμανση αποτελεί την σημαντικότερη ειδική ενεργειακή κατανάλωση και ακολουθεί ο φωτισμός.

Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότεροι λόγοι που συνεισφέρουν στην υψηλή κατανάλωση των νοσοκομείων:

- 1) 24ωρη λειτουργία (φωτισμός, θέρμανση, κλιματισμός, κατανάλωση ρεύματος)
Η αδιάλειπτη λειτουργία των νοσοκομείων είναι ένας παράγοντας καθοριστικός για την υψηλή κατανάλωση ενέργειας που εμφανίζεται σε αυτά.
- 2) Μεγάλη επιφάνεια κτιρίων
Οι χώροι μεγάλου όγκου, οι μεγάλοι σε μήκος διάδρομοι καθώς και η απαίτηση για επαρκή εξαερισμό και εσωτερικό περιβάλλον υψηλής ποιότητας είναι στοιχεία που αυξάνουν την κατανάλωση ενέργειας στα νοσοκομεία.
- 3) Μεγάλη ανάγκη για ζεστό νερό χρήσης
Στα νοσοκομεία είναι υψηλή η κατανάλωση ζεστού νερού, διαδικασία η οποία είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα. Παράλληλα λόγω του μεγάλου μεγέθους των κτιρίων, παρουσιάζονται σημαντικές απώλειες κατά τη ροή του ζεστού νερού μέσα στις σωληνώσεις.
- 4) Ανάγκη για θερμική άνεση των ασθενών
Το υψηλής ποιότητας εσωτερικό κλίμα στα νοσοκομεία και η εξασφάλιση θερμικής άνεσης για τους ανθρώπους που νοσηλεύονται είναι στοιχεία σημαντικά για τη βελτίωση της υγείας τους με μεγάλη όμως συνεισφορά στην κατανάλωση ενέργειας του νοσοκομείου.
- 5) Εγκαταστάσεις αποστείρωσης
Οι υψηλές ανάγκες για αποστείρωση που υπάρχουν στα νοσοκομεία απαιτούν την εγκατάσταση δικτύων ατμού με σωληνώσεις μεγάλου μήκους.
- 6) Ενεργοβόρα μηχανήματα και εξοπλισμός
Τα ιατρικά μηχανήματα, που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της λειτουργίας των νοσοκομείων, συνεισφέρουν σημαντικά στην υψηλή ενεργειακή κατανάλωση των νοσοκομειακών κτιρίων.²²

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 1^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Σκουτάρης Μιχάλης, «Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με φυτεμένη οροφή κατά τη θερινή περίοδο»
2. Κυργεωργίου Αθηνά & Λευκαδίτη Σοφία, «Η επίδραση των ανοιγμάτων στο φυσικό φωτισμό θαλάμου νοσηλείας»
3. Γεωργόπουλος Α. «Γη, ένας μικρός και εύθραστος πλανήτης»
4. http://el.wikipedia.org/wiki/Πρωτόκολλο_του_Κιότο
5. ΤΕΕ, «Εξοικονόμηση και διαχείριση ενέργειας στα κτίρια», Ιούλιος 2009
6. Μητούλα Ρόϊδω, Βιώσιμη περιφερειακή ανάπτυξη στην Ε.Ε. & ανασυγκρότηση του ελληνικού αστικού περιβάλλοντος
7. Παπαευθυμίου Γεωργία & Παππά Χαρίκλεια, «Βιοκλιματική θεώρηση και ανασχεδιασμός νέων κτιρίων τοπογράφων ΕΜΠ»
8. www.ypeka.gr/?tabid=285
9. Ειρήνη Μ. Ψάλη, «Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός οικίας στο Ν.Ηράκλειο Αττικής»
10. <http://www.buildings.gr/greek/aiforos/ananeosimes/ape.htm>
11. http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/matzarakis_katsoulis_2005_cyprus.pdf
12. Τσίππρας Κώστας, «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων», Αθήνα 2000
13. http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm
14. Βασίλειος Δημητριάδης, «Αξιολόγηση φυσικού φωτισμού σε περιβάλλον θαλάμου νοσηλείας»
15. http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm
16. http://el.wikipedia.org/wiki/Βιοκλιματικός_Σχεδιασμός_Κτιρίων
17. Κτίριο και περιβάλλον, Ηλίας Ευθυμιόπουλος, Αθήνα 2005
18. Εύα Τζανακάκη, αρχές και τεχνολογίες ενεργειακού σχεδιασμού
19. Σταμάτης Δ.Περδίδης, «Τα μυστικά για την ενεργειακή βελτίωση του ακινήτου σας», αθήνα 2010
20. <http://www.learn.londonmet.ac.uk>
21. Αμπλιανίτη Αλίκη & Σταματοπούλου Σταυρούλα, «Η συμβολή των δομικών επιφανειών στο φυσικό φωτισμό των θαλάμων νοσηλείας»
22. Energy Efficiency Office, Energy consumption in hospitals, Best Practice Programme, Department of the Environment, London, 1996

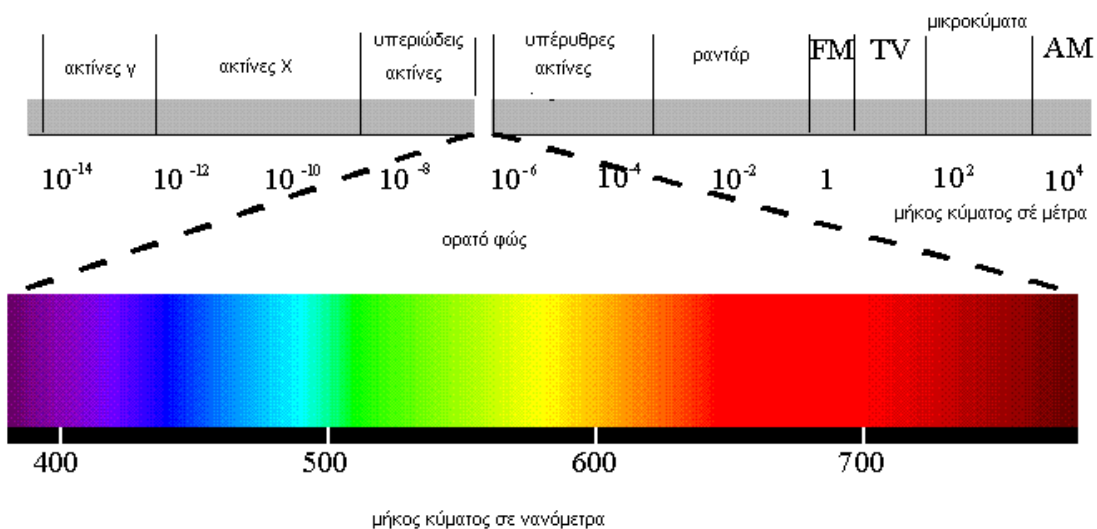
23. Energy Efficiency Office, Energy efficiency in hospitals, Best Practice Programme, Department of the Environment, London, 2001
24. www.eere.energy.gov

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Το φως και οι ιδιότητές του

2.1.1 Τι είναι φως

Φως ονομάζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανιχνεύεται από το ανθρώπινο μάτι και που εκλαμβάνεται ως αίσθηση (αντίληψη) αυτής. Συνεπώς είναι το αίτιο της όρασης. Το φως μετράται από τα φωτεινά κύματα ορισμένων συχνοτήτων τα οποία ονομάζονται νανόμετρα (nm). Ένα νανόμετρο είναι ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου. Το "ορατό" φως που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος αποτελεί τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, το οποίο καλύπτει ένα εύρος μηκών κύματος που «μεταφράζονται», από το μάτι, στα χρώματα του φωτεινού φάσματος. Αυτά είναι: το βιολετί (380-436 nm), το μπλε (436-495 nm), το πράσινο (495-566 nm), το κίτρινο (566-589 nm), το πορτοκαλί (589-627 nm) και το κόκκινο (627-781 nm).¹



Εικ.2.1 Το τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αποτελεί το ορατό φως²

2.1.2 Η φύση του φωτός

Ως προς τη φύση του φωτός, πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες είχαν αντιληφθεί και διατυπώσει αυτό που εμείς σήμερα ονομάζουμε «σωματιδιακή φύση» του φωτός. Πίστευαν, δηλαδή, ότι το φως που εκπέμπει ο Ήλιος, αλλά και κάθε φωτοβολούσα πηγή, αποτελείται από μικρά σωματίδια τα οποία κινούνται με πολύ μεγάλη ταχύτητα και, όταν πέφτουν στο μάτι του παρατηρητή, διεγείρουν το αισθητήριο όργανο της όρασης. Πολύ αργότερα, οι Huygens και Young, απέδειξαν μέσα από πειραματικές διαδικασίες, ότι το φως έχει κυματική φύση και συγκεκριμένα ότι είναι εγκάρσια κύματα. Το αποκορύφωμα της έρευνας για τη φύση του φωτός ήρθε το 1865, όταν ο Maxwell αναπτύσσοντας τη μεγαλειώδη θεωρία του, απέδειξε ότι το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Σήμερα πιστεύουμε στη διπλή φύση του φωτός, δηλαδή ότι το φως συμπεριφέρεται ως κύμα και ως σωματίδιο, που ονομάζεται φωτόνιο. Σε φαινόμενα όπως η συμβολή, η περίθλαση και η πόλωση εκδηλώνεται η κυματική φύση του φωτός (ηλεκτρομαγνητικό κύμα), ενώ σε φαινόμενα που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη (απορρόφηση - εκπομπή), όπως το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, εκδηλώνεται η σωματιδιακή φύση του φωτός. Τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης ερμηνεύονται και με τις δύο φύσεις του.³

2.1.3 Ανάκλαση & Διάθλαση

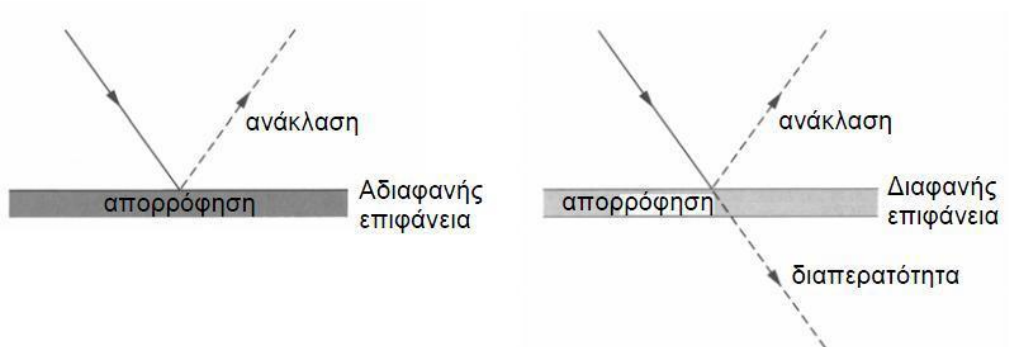
Ιδιαίτερα τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης του φωτός είναι πολύ σημαντικά για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στα κτίρια.

Όταν το φως προσπέσει σε μια επιφάνεια:

- ένα τμήμα του θα ανακλαστεί, ανάλογα με την ανακλαστικότητα R της επιφάνειας
- ένα τμήμα του θα απορροφηθεί, ανάλογα με την απορροφητικότητα α της επιφάνειας και
- ένα τμήμα του θα διαπεράσει την επιφάνεια, εφόσον αυτή έχει διαπερατότητα $T > 0$

Το άθροισμα των τριών αναφερόμενων τμημάτων ισούται με την μονάδα,

$$R + \alpha + T = 1$$



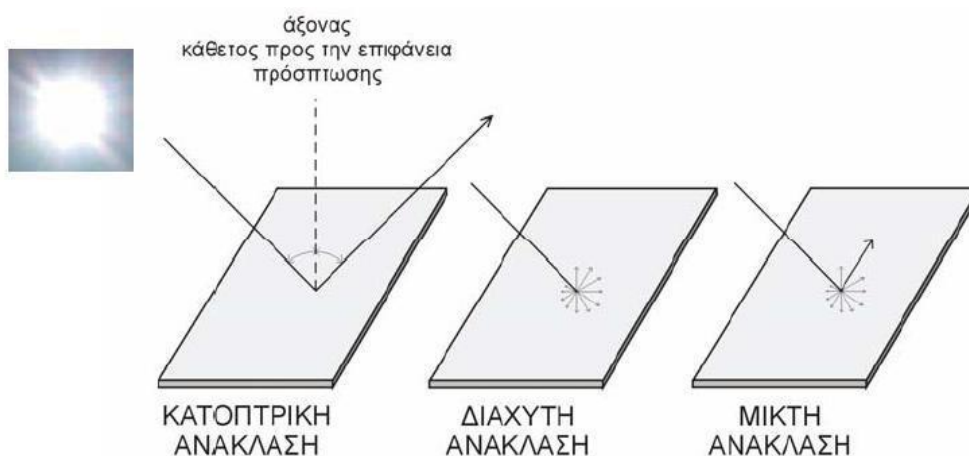
Εικ.2.2 Κατά την πρόσπτωση φωτός σε μια επιφάνεια, ένα τμήμα θα ανακλαστεί, ένα θα απορροφηθεί και ένα θα διαπεράσει την επιφάνεια αν αυτή είναι διαφανής.⁴

Ανάκλαση φωτός ονομάζεται η αλλαγή διεύθυνσης διάδοσης του φωτός, μέσα στο ίδιο μέσο, από μια διαχωριστική επιφάνεια.⁵

Οι βασικές κατηγορίες ανάκλασης του φωτός είναι τρεις ανάλογα με την επιφάνεια πρόσπτωσης:

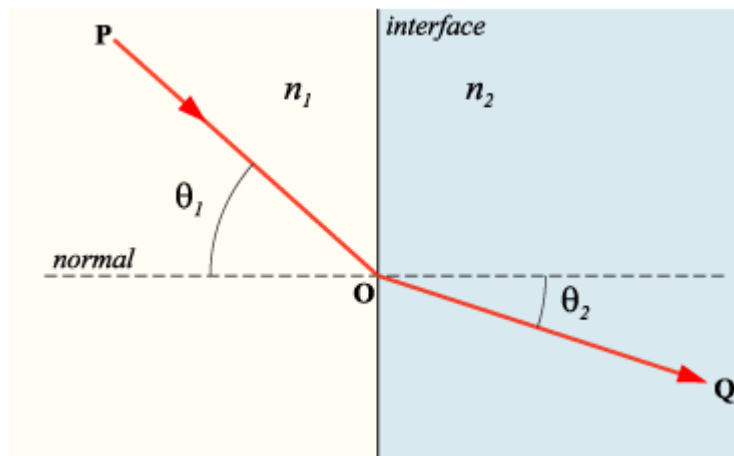
- η κατοπτρική
- η διάχυτη και
- η μικτή.

Οι διαχυτικές επιφάνειες ονομάζονται Lambertian, ενώ για τα περισσότερα υλικά, φυσικά ή τεχνητά, ισχύει η μικτή ανάκλαση.⁶



Εικ.2.3 Οι τρεις βασικές κατηγορίες ανάκλασης ανάλογα με την επιφάνεια πρόσπτωσης.⁶

Διάθλαση φωτός χαρακτηρίζεται κάθε οπτικό φαινόμενο της εκτροπής της διεύθυνσης των φωτεινών ακτίνων κατά τη μετάβασή τους από ένα διαπερατό μέσο διάδοσης με δείκτη διάθλασης n_1 σε άλλο μέσο διάδοσης με δείκτη διάθλασης $n_2 \neq n_1$ ⁷

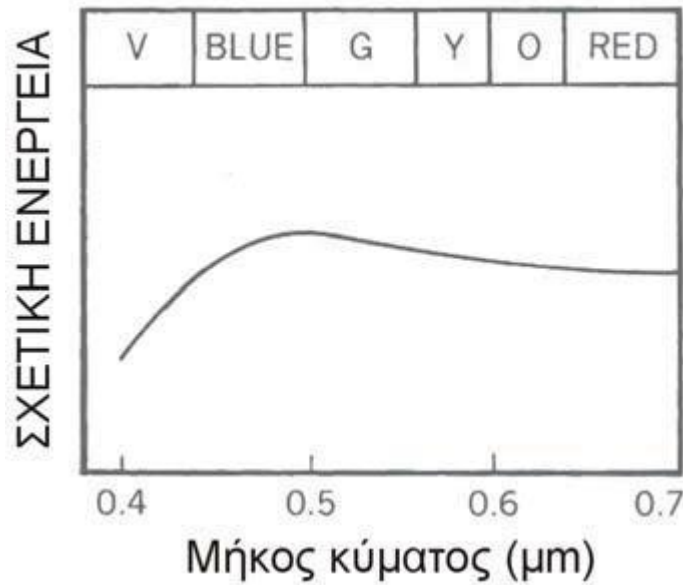


Εικ.2.4 Διάθλαση του φωτός στην επιφάνεια μεταξύ δύο μέσων διαφορετικών δεικτών διάθλασης, με $n_2 > n_1$. Η ταχύτητα είναι μικρότερη στο δεύτερο μέσο, οπότε και η γωνία διάθλασης θ_2 είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης θ_1 . Στο διάγραμμα η διακεκομμένη ευθεία είναι η κάθετη στην επιφάνεια πρόσπτωσης.⁷

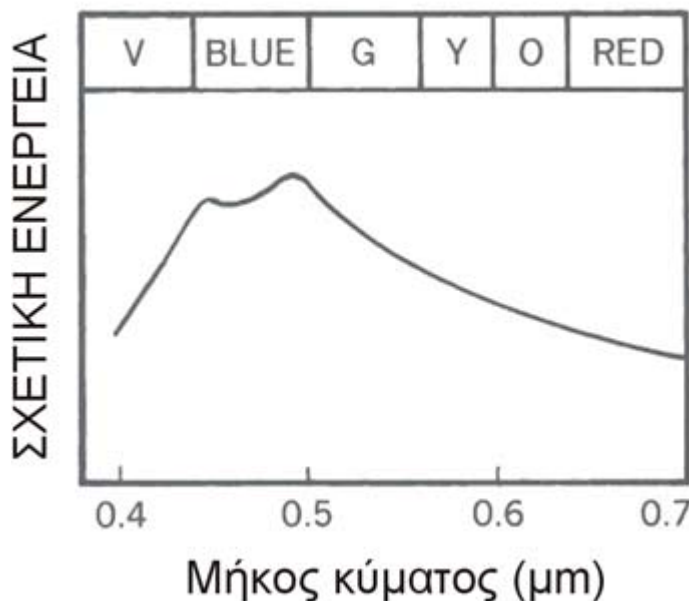
2.1.4 Το χρώμα του φωτός

Η εκπομπή ενέργειας σε διαφορετικά μήκη κύματος έχει ως αποτέλεσμα το χρώμα του φωτός, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Το χρώμα του φυσικού φωτός είναι σχετικά λευκό κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης καλοκαιρινής ημέρας, ενώ το φως μέσω ενός βόρειου παραθύρου έχει μια κυανή απόχρωση. Η κατανομή της ενέργειας που εκπέμπεται σε κάθε μήκος κύματος φαίνεται στα διαγράμματα που ακολουθούν.⁸



Εικ.2.5 Η κατανομή της ενέργειας που εκπέμπεται σε κάθε μήκος κύματος κατά τη διάρκεια μιας ημέρας του Ιουνίου. Το φως είναι σχεδόν λευκό εξαιτίας της σχεδόν ισόποσης κατανομής.⁸



Εικ.2.6 Η κατανομή της ενέργειας που εκπέμπεται σε κάθε μήκος κύματος όταν το φως εισέρχεται από βορεινό παράθυρο. Ως αποτέλεσμα το φως έχει μια κυανή απόχρωση.⁸

Πρέπει να τονιστεί ότι το χρώμα δεν είναι αντικειμενικό χαρακτηριστικό ή ιδιότητα μιας ουσίας, αλλά η αίσθηση που δημιουργείται σε ένα κύτταρο του ματιού από το φως που εκπέμπουν τα διάφορα στοιχεία που μας περιβάλλουν.

2.2 Η επίδραση του φωτός στον άνθρωπο

Το φως αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα στη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Αυτό επιτρέπει στον άνθρωπο να δει γύρω του, να διακρίνει αντικείμενα και να εκτελεί διάφορες δραστηριότητες της καθημερινότητάς του. Επίσης, είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την ανθρώπινη ψυχολογία και φυσιολογία. Πολλές μελέτες παρουσιάζουν ξεκάθαρα τη σημαντικότητα του φωτός στην καταπολέμηση της κατάθλιψης, την αντιμετώπιση της κούρασης, την προώθηση του κύκλου «επαγρύπνησης-εγρήγορσης», στη μοντελοποίηση του κερκαδικού συστήματος και σε άλλες καταστάσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας. Επίσης, το φως, τεχνητό ή φυσικό, φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην αίσθηση ικανοποίησης και άνεσης που συνεπάγεται την αποδοτικότητα σε περιβάλλοντα εργασίας.⁹

Επομένως, το φως επιδρά στην υγεία του ανθρώπου μέσω τεσσάρων μηχανισμών:

1. Επιτρέπει την εκτέλεση του οπτικού έργου.
2. Ελέγχει το κερκαδικό σύστημα του σώματος.
3. Επηρεάζει τη διάθεση και την απόδοση.
4. Διευκολύνει την απευθείας απορρόφηση κρίσιμων χημικών ενώσεων μέσα στο ανθρώπινο σώμα.¹⁰

2.2.1 Εκτέλεση οπτικού έργου

Η πιο προφανής επίδραση του φωτός είναι ότι κάνει δυνατή τη λειτουργία της όρασης και επιτρέπει την εκτέλεση του οπτικού έργου. Χάρη στην ύπαρξη του φωτός ο άνθρωπος είναι σε θέση να βλέπει αντικείμενα γύρω του, να ξεχωρίζει χρώματα και να προστατεύει τον εαυτό του. Η ποσότητα, το φάσμα και η κατανομή του φωτός προσδιορίζουν τα επίπεδα των αποδόσεων όρασης που επιτυγχάνονται. Η εκτέλεση του οπτικού έργου βελτιώνεται καθώς αυξάνονται τα επίπεδα φωτισμού. Οι περισσότερες καθημερινές οπτικές λειτουργίες μπορούν να επιτευχθούν τόσο με φυσικό όσο και με τεχνητό φωτισμό όταν τα επίπεδα ποσότητας-κατανομής του φωτός ελεγχθούν κατάλληλα. Εντούτοις, το φυσικό φως είναι καλύτερο για εργασίες που περιλαμβάνουν ακριβή διάκριση χρώματος, όταν παρέχεται σε υψηλά επίπεδα χωρίς θάμβωση ή οποιαδήποτε μείωση της ευκρίνειας στην επιφάνεια εργασίας που προκαλείται από τις αντανάκλασεις ή τις σκιές.¹⁰

2.2.2 Έλεγχος του κिरκαδικού συστήματος

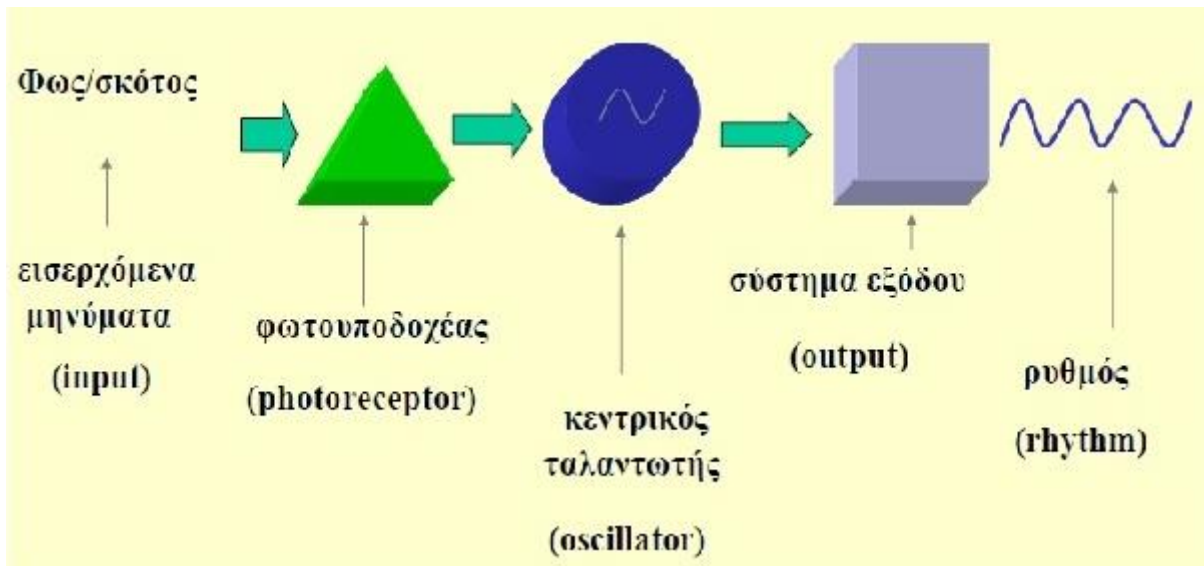
Το κिरκαδικό σύστημα είναι ο μηχανισμός που ελέγχει το βιολογικό ρολόι του ανθρώπου και το οποίο συνδέεται άμεσα με την ύπαρξη ή μη του φωτός. Ως κिरκαδικός ρυθμός αναφέρεται κατά προσέγγιση ένας 24ώρος κύκλος στις φυσιολογικές διεργασίες των ζωντανών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των φυτών, των ζώων, των μυκήτων και των βακτηρίων.¹¹

Υπό μια ακριβή έννοια, οι κिरκαδικοί ρυθμοί παράγονται ενδογενώς αν και μπορούν να διαμορφωθούν από εξωτερικά ερεθίσματα, όπως το φως του ήλιου κυρίως και η θερμοκρασία δευτερευόντως.¹²

Πιο συγκεκριμένα, ο κिरκαδικός ρυθμός συνδέεται με τον κύκλο φως- σκοτάδι. Τα περιβαλλοντικά ερεθίσματα που επαναρυθμίζουν τους ρυθμούς καθημερινά ονομάζονται «Zeitgebers» που στα ελληνικά μεταφράζεται ως «χρονικοί επισημαντές»¹³

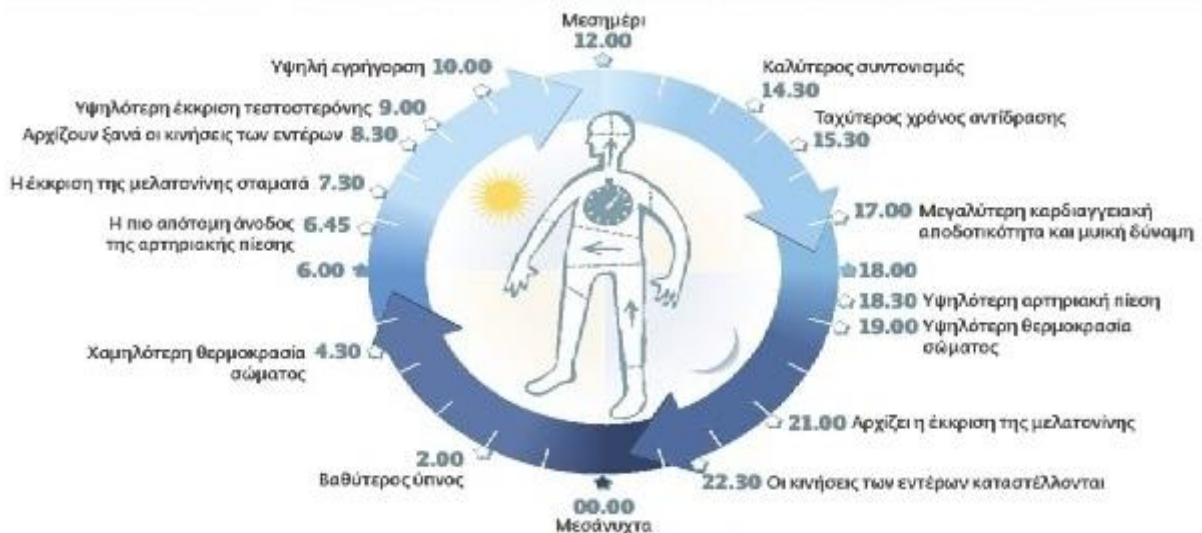
Το ανθρώπινο κिरκαδικό σύστημα αποτελείται από τρία μέρη:

- Έναν εσωτερικό ταλαντωτή, ο οποίος βρίσκεται στον υπερχιασματικό πυρήνα του υποθαλάμου στον εγκέφαλο.
- Διάφορους εξωτερικούς ταλαντωτές, οι οποίοι μπορούν να επαναρυθμίσουν τον εσωτερικό ταλαντωτή (εξωτερικό ερέθισμα όπως ο κύκλος φωτός-σκότους μεταξύ της ημέρας και της νύχτας).
- Τη μελατονίνη, μια ορμόνη που εκκρίνεται από το κωνάριο ή αλλιώς επίφυση, που φέρει πληροφορίες σε όλα τα μέρη του σώματος μέσω της κυκλοφορίας του αίματος.¹⁴



Εικ.2.7 Το κिरκαδικό σύστημα¹²

Αναφορικά στη μελατονίνη, η ορμόνη αυτή αποτελεί σημαντικό σταθεροποιητικό παράγοντα για το βιολογικό ρολόι του ανθρώπινου οργανισμού, καθώς βοηθάει τον οργανισμό μας να γνωρίζει πότε είναι ώρα για ύπνο και πότε είναι η ώρα για να ξυπνήσουμε. Η σύνθεση και έκκριση της μελατονίνης στον εγκέφαλο ενεργοποιείται από το σκοτάδι και απενεργοποιείται από το φως. Η συγκέντρωση της μελατονίνης στο αίμα φτάνει στα υψηλότερά της επίπεδα λίγο πριν από την ώρα του ύπνου τη νύχτα.¹⁵ Έκθεση σε έντονο φως τη νύχτα ή λιγιστό την ημέρα αποσυντονίζει την ρύθμιση των παραγωγών της μελατονίνης και έχει ως αποτέλεσμα την κούραση και την μη ομαλή λειτουργία του οργανισμού.¹⁶



Εικ.2.8 Το ανθρώπινο βιολογικό ρολόι και η έκκριση μελατονίνης.¹⁷

Ένας ακόμα παράγοντας που η μελατονίνη είναι σημαντική για τον οργανισμό μας είναι το γεγονός ότι έχει αντιοξειδωτικές ιδιότητες και ενισχύει το ανοσολογικό μας σύστημα, καθώς αυξάνει την παραγωγή των λεμφοκυττάρων τύπου T, που είναι βασικός πυλώνας της αμυντικής ικανότητας του ανοσολογικού συστήματος.

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι η μείωση της παραγωγής της μελατονίνης λόγω των αυξημένων ωρών που οι άνθρωποι εκτίθενται στο φως στην εποχή μας, εξαιτίας του τεχνητού φωτισμού τη νύχτα, έχει προταθεί ως μια από τις αιτίες της μεγάλης αύξησης των καρκίνων που παρατηρούνται.

Η θεωρία αυτή ισχυροποιείται από έρευνες που έδειξαν σημαντική αύξηση περιστατικών καρκίνου σε εργαζόμενους τη νύχτα, που εκτίθενται για πολύ περισσότερες ώρες στο φως.¹⁵ Συγκεκριμένα, οι νυχτερινές βάρδιες που αφορούν περίπου το 20% των εργαζομένων στις ανεπτυγμένες χώρες (Ευρωπαϊκή Ένωση και Η.Π.Α.) θεωρούνται ως «πιθανές καρκινογόνες» από το Διεθνές Κέντρο Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC/CIRC), την υπηρεσία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας που ασχολείται με τον καρκίνο. Η νυχτερινή εργασία με ακανόνιστες εναλλαγές ημερίσιων και νυχτερινών βαρδιών ή και επί μία βδομάδα με ρεπό τα Σαββατοκύριακα, που διαταράσσει το βιολογικό ρολόι κατατάσσεται στην ίδια κατηγορία με άλλους «πιθανούς» καρκινογόνους παράγοντες, όπως οι αναθυμιάσεις των πετρελαιομηχανών, η υπεριώδης ακτινοβολία, ο μόλυβδος από τις παλιές μπιγιές και τις παλιές σωληνώσεις.¹⁶

Οι διαταραχές του κερκαδικού ρυθμού μπορεί να έχουν και άλλες αρνητικές επιπτώσεις για την υγεία του ανθρώπου, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Πολλοί ταξιδιώτες μακρινών αποστάσεων έχουν βρεθεί σε μια κατάσταση γνωστή ως «Σύνδρομο αλλαγής

χρονικής ζώνης» ή αλλιώς «Jet Lag», όπου εμφανίζονται συμπτώματα κούρασης, αποπροσανατολισμού και αϋπνίας. Έχει υπολογιστεί ότι για κάθε ώρα διαφοράς ώρας χρειάζεται μία μέρα για να επανέλθει ο οργανισμός στη φυσιολογική του κατάσταση. Δηλαδή, για μια πτήση μεταξύ δύο χωρών που έχουν διαφορά 5 ωρών χρειάζονται 5 μέρες για την αποκατάσταση του κίρκαδικού ρυθμού. Διάφορες άλλες αναταραχές, όπως για παράδειγμα η διπολική διαταραχή που αναφέρεται σε επαναλαμβανόμενες αναταραχές στη διάθεση, καθώς και αναταραχές ύπνου συνδέονται με την ανώμαλη ή παθολογική λειτουργία του κίρκαδικού συστήματος. Επομένως, το φως έχει τη δυνατότητα να επαναρυθμίζει το βιολογικό ρολόι. Η δυνατότητα αυτή του φωτός εξαρτάται από την καμπύλη φάσης απόκρισης (Phase Response Curve). Αναλόγως της φάσης του ύπνου, το φως μπορεί να προωθήσει ή να καθυστερήσει τον κίρκαδικό ρυθμό. Η απαραίτητη ποσότητα του φωτός που απαιτείται για αυτόν τον επαναπροσδιορισμό ποικίλει από είδος σε είδος. Εκτός από την ένταση του φωτός, το μήκος κύματος (ή χρώμα) του φωτός είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τον βαθμό στον οποίο το βιολογικό ρολόι επαναρυθμίζεται.¹⁶

2.2.3 Επίδραση στη διάθεση και την απόδοση

Πρόσφατες μελέτες υποδεικνύουν το γεγονός ότι η ανθρώπινη διάθεση επηρεάζεται από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Οι αλλαγές της διάθεσης πιθανώς επηρεάζουν τις αλλαγές στη συμπεριφορά και την επίδοση σε χώρους εργασίας. Ωστόσο, οι εναλλαγές της διάθεσης δεν ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη ροή ανάμεσα σε διαφορετικούς ανθρώπους, κάτω από τις ίδιες συνθήκες φωτισμού. Μάλιστα για τις ίδιες συνθήκες φωτισμού, η έλλειψη άνεσης, οι προτιμήσεις, οι προσδοκίες καθώς και το φύλο ενός ατόμου επιδρούν στο πώς θα αλλάξει η διάθεση.

Αυτός είναι και ο λόγος που ενώ σε αρκετές μελέτες η δυνατότητα πρόσβασης σε ένα παράθυρο μείωσε την αρνητική διάθεση σε κάποιους ανθρώπους, εντούτοις δεν συνέβει σε όλες τις περιπτώσεις.

Επίσης, παράγοντες όπως η θάμβωση και η θερμική δυσφορία μπορούν πραγματικά να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στη διάθεση και την εκτέλεση της εργασίας.

Παρόλο που δεν υπάρχουν πειστικά στοιχεία που να συνδέουν την παρουσία παραθύρων με τη βελτίωση της διάθεσης και της απόδοσης, μελέτες έχουν δείξει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθρώπων προτιμά τον φυσικό από τον τεχνητό φωτισμό.

Είναι σημαντικό, λοιπόν, να παρέχεται πρόσβαση στο φυσικό φως μαζί με τη δυνατότητα ελέγχου της θάμβωσης και των επιπέδων φωτισμού.¹⁰

2.2.4 Διευκόλυνση της απευθείας απορρόφησης κρίσιμων χημικών ενώσεων μέσα στο ανθρώπινο σώμα

Το φυσικό φως του ήλιου, μέσω του δέρματος, υποκινεί χημικές αντιδράσεις στο αίμα και σε άλλους ιστούς. Πιο συγκεκριμένα, ενισχύει το μεταβολισμό της βιταμίνης D.

Οι βιταμίνες είναι τάξη οργανικών χημικών ενώσεων, οι οποίες είναι απαραίτητες για την κανονική αύξηση και διατήρηση ενός ζωντανού οργανισμού, ο οποίος δεν είναι σε θέση να τις συνθέσει. Βρίσκονται στην τροφή των οργανισμών και δρουν ακόμα και όταν βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες.¹⁸

Συγκεκριμένα, η βιταμίνη D είναι απαραίτητη στον οργανισμό για τον μεταβολισμό του ασβεστίου, του φωσφόρου και για υγιή δυνατά οστά. Πρόκειται για μια λιποδιαλυτή βιταμίνη, δηλαδή διαλύεται και αποθηκεύεται στο λίπος του οργανισμού. Η βιταμίνη D υπάρχει σε διάφορα φαγητά, όμως η πρόσληψή της από τη διατροφή δεν είναι αρκετή, καθώς για να μετατραπεί σε ενεργό μορφή χρειάζεται έκθεση του δέρματος στον ήλιο. Η υπεριώδης ακτινοβολία UV του φυσικού φωτός θεωρείται πολύ σημαντική για τον σχηματισμό και την διοχέτευση της βιταμίνης D στον οργανισμό.

Οι περισσότεροι άνθρωποι είναι σε θέση να μεταβολίσουν την βιταμίνη αυτή με την έκθεσή τους στο φως. Εντούτοις, μερικοί άνθρωποι όπως τα χρόνια άρρωστα και ιδρυματοποιημένα άτομα, οι ηλικιωμένοι, οι εργαζόμενοι με βάρδιες και εκείνοι που ζουν στα ακραία πολικά γεωγραφικά πλάτη, μπορεί να μην είναι σε θέση να λάβουν την απαραίτητη έκθεση στο φυσικό φως.¹⁹

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 2^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. <https://el.wikipedia.org/wiki/Φως>
2. <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Fos/PeriFotos.htm>
3. <http://users.sch.gr/avelentz/CD%20METRSHS%20h/theor%20fisi%20fotos.htm>
4. Μετάφρ. από Baker, N., Steemers, K., 2002. Daylight Design of Buildings, London : James & James Ltd., p.89
5. <https://el.wikipedia.org/wiki/Ανάκλαση>
6. Lechner N., Heating, Cooling, Lighting: Design Methods f Architects, Canada: John Wiley and Sons, 2001
7. <https://el.wikipedia.org/wiki/Διάθλαση>
8. Lechner N., Heating, Cooling, Lighting: Design Methods f Architects, Canada: John Wiley and Sons, 2001
9. <http://greekarchitects.gr>
10. Boyce P., Hunter C., Howlett O., The benefits of Daylight through windows, Troy: New York, Rensselaer Polytechnic Institute, 2003
11. http://el.wikipedia.org/wiki/Κιρκαδικός_Ρυθμός
12. Αγγελική Γαλέου, «Μελέτη ρυθμιστικών στοιχείων ενός φωτοπεριοδικά ελεγχόμενου γονιδίου του φασολιού (Phaseolus Vulgaris)», Αθήνα 2011
13. Δρ. Α. Προμπονά , «Το Βιολογικό Ρολόι:Θεμελιώδης Ρυθμιστής τηςΦυσιολογίας των Οργανισμών», Ιούλιος 2005
14. <http://en.wikipedia.org/wiki/Melatonin>
15. http://www.medlook.net.cy/article.asp?item_id=2033
16. Κυργεωργίου Αθηνά & Λευκαδίτη Σοφία, «Η επίδραση των ανοιγμάτων στο φυσικό φωτισμό θαλάμου νοσηλείας»
17. <http://tdd.aua.gr/node/472>
18. <http://el.wikipedia.org/wiki/Βιταμίνη>
19. Βερροίου Κωνσταντίνα & Βούτζη Μυρτώ, «Αξιολόγηση Φυσικού φωτισμού σε θάλαμο νοσηλείας. Το παράδειγμα του Εθνικού Ιδρύματος Αποκατάστασης Αναπήρων.»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Γενικά στοιχεία φωτισμού

3.1.1 Φωτομετρικά μεγέθη

Φωτεινή ροή- Luminous Flux (F)

Είναι το συνολικό ποσό ορατής ακτινοβολίας που εκπέμπει μια πηγή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Με άλλα λόγια είναι η φωτεινή ενέργεια που αποδίδεται από μια φωτεινή πηγή και διέρχεται από μια επιφάνεια ή προσπίπτει σε αυτήν στην μονάδα του χρόνου (sec). Η φωτεινή ροή εκφράζει την ισχύ του φωτός και η μονάδα μέτρησής της είναι το lumen (1 lumen = 1/683 Watt στο μήκος κύματος των 555nm όπου το ανθρώπινο μάτι είναι πιο ευαίσθητο).

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια λάμπα πυράκτωσης των 100W αποδίδει 1.630 lumens, ενώ μια λάμπα φθορισμού των 100W αποδίδει 4.400 lumens.

Ο λόγος της φωτεινής ροής με την ισχύ κατανάλωσης μιας λάμπας ορίζει την ποσοστιαία απόδοσή της (lumen/Watt), η οποία εξαρτάται και από το μέγεθος της φωτεινής πηγής.

Ένταση φωτεινής πηγής- Luminous Intensity (I)

Είναι το φως που εκπέμπει μια πηγή προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση ή αλλιώς ανά μονάδα στερεάς γωνίας (sr). Η μονάδα μέτρησης είναι η candela (cd) και είναι η ένταση μιας ορισμένης φωτεινής πηγής που εκπέμπει μονοχρωματική ακτινοβολία σε μια δεδομένη κατεύθυνση με συχνότητα $540 \cdot 10^{12}$ Hertz και έχει ένταση 1/683 Watt ανά μονάδα στερεάς γωνίας. Επομένως $1 \text{ cd} = 1 \text{ lm/sr}$.

Ενδεικτικά, η ένταση ενός κεριού είναι 1 cd, ενώ η ένταση του ήλιου είναι $3 \cdot 10^{27}$ cd.

Φωτισμός επιφάνειας- Illuminance (E)

Είναι η ποσότητα του φωτός που πέφτει ομοιόμορφα σε μια δοθείσα επιφάνεια. Στον φωτισμό παίζει ρόλο ο προσανατολισμός της επιφάνειας, ενώ μπορεί να υπολογιστεί και για οποιοδήποτε σημείο στον χώρο. Όσο απομακρυνόμαστε από μια πηγή φωτισμού, τόσο μικραίνει ο φωτισμός που δέχεται μια επιφάνεια ή ένα σημείο.

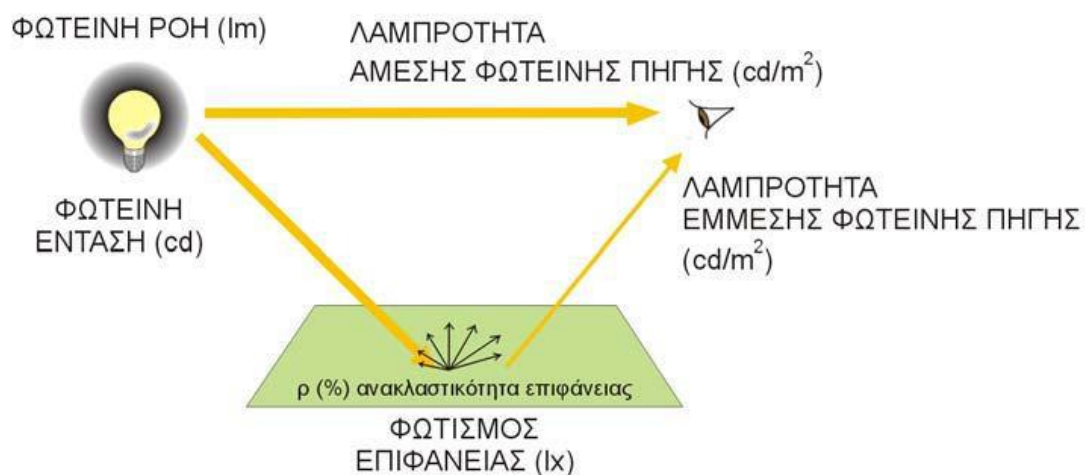
Μονάδα μέτρησης είναι το lux (lm/m^2). Όταν το φως πέφτει κάθετα στην επιφάνεια, ο φωτισμός ισούται με το πηλίκο της έντασης προς το τετράγωνο της απόστασης.

Λαμπρότητα- Luminance (L)

Είναι η ποσότητα φωτός που φτάνει στο μάτι μας ύστερα από ανάκλαση σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια και αποτελεί το αντικειμενικό μέτρο αίσθησης της φωτεινότητας μιας επιφάνειας.

Η λαμπρότητα μιας επιφάνειας ποικίλει ανάλογα με τη γωνία θέασης και μικραίνει όσο μεγαλώνουμε την πηγή.

Μονάδα μέτρησης είναι η στίλβη (sb), όπου $1 \text{ sb} = 1 \text{ cd}/\text{m}^2$.



Εικ.3.1 Σχηματική αναπαράσταση των φωτομετρικών μεγεθών ¹

3.2 Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση σε έναν χώρο απαιτεί την εξασφάλιση τεσσάρων επιμέρους προϋποθέσεων ²:

- Την επίτευξη των απαραίτητων επιπέδων φωτισμού για το είδος των εργασιών που επιτελούνται στον χώρο
- Την αποφυγή θάμβωσης
- Την εξασφάλιση οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον και
- Την οπτική επαφή με εξωτερικά στοιχεία ευχάριστα στο άτομο

3.2.1 Παράμετροι φωτισμού προς έλεγχο για την επίτευξη οπτικής άνεσης

Η επίτευξη συνθηκών οπτικής άνεσης σε ένα χώρο εξαρτάται από τον έλεγχο ορισμένων παραμέτρων του φωτισμού.

Ανακλαστικότητα

Όπως έχει αναφερθεί, κατά την πρόσπτωση φωτός σε μια επιφάνεια, ένα μέρος της προσπίπτουσας επιφανείας θα ανακλαστεί, ενώ η υπόλοιπη ροή θα απορροφηθεί. Η ιδιότητα του υλικού της επιφάνειας να ανακλά το φως, εκφράζεται με τον συντελεστή ανάκλασης R που παρέχει το ποσοστό της προσπίπτουσας στην επιφάνεια φωτεινής ροής, το οποίο ανακλάται ³:

$$R = \text{Ανακλώμενη Φωτεινή Ροή} / \text{Προσπίπτουσα Φωτεινή Ροή}$$

Ως γενικός κανόνας για χώρους μεσαίου μεγέθους και ύψους προτείνονται οι παρακάτω συντελεστές ανάκλασης για διάφορα δομικά στοιχεία.⁴

Κατακόρυφες επιφάνειες	40 - 70%
Δάπεδο	15 - 40 %
Οροφή	70 - 85 %

Πίνακας 3.1 Προτεινόμενες ανακλαστικότητες για δομικά στοιχεία⁴

Κατευθυντικότητα

Για κάποιες εργασίες απαιτείται ικανοποιητική κατευθυντικότητα του φωτός για να διαμορφώσει και να αξιολογήσει τρισδιάστατα αντικείμενα και επιφάνειες. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό του διάχυτου φωτός, τόσο το παραπάνω φαινόμενο ελαττώνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της δυνατότητας αξιολόγησης του βάθους τρισδιάστατων αντικειμένων, του σχήματος και της υφής μιας επιφάνειας. Η ισορροπία μεταξύ διάχυτου και κατευθυντικού φωτός επιτρέπει την εκτίμηση της τραχύτητας, του ιριδισμού, της ανακλαστικότητας και άλλων ιδιοτήτων μιας επιφάνειας.⁵

Κατανομή

Η κατανομή των επιπέδων φωτισμού και της λαμπρότητας είναι ένα μέτρο για το πώς ο φωτισμός μεταβάλλεται από σημείο σε σημείο πάνω στο επίπεδο εργασίας. Για την καλή ορατότητα είναι επιθυμητός ένας ορισμένος βαθμός ομοιομορφίας πάνω στο επίπεδο εργασίας. Εάν το μάτι αναγκάζεται να προσαρμοστεί πάρα πολύ γρήγορα σε ένα ευρύ φάσμα φωτεινών επιπέδων, τότε υπάρχει κακής ποιότητας κατανομή του φωτός και οπτική ενόχληση. Οι λόγοι φωτισμού E_{max}/E_{ave} και E_{ave}/E_{min} χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό της ομοιομορφίας του φωτισμού και συνήθως π.χ. για χώρους γραφείων η ομοιομορφία μετριέται πάνω σε ένα οριζόντιο επίπεδο αναφοράς σε ύψος 0,8m πάνω από το δάπεδο.⁵

Φωτεινότητα

Η εντύπωση της φωτεινότητας ενός χώρου είναι μια σημαντική ψυχολογική πτυχή. Δηλαδή, αν το εσωτερικό ενός χώρου εμφανίζεται σκοτεινό ή φωτεινό μπορεί να είναι ανεξάρτητο από την φυσική αξία του φωτισμού ή της λαμπρότητας. Για παράδειγμα, δύο δωμάτια με τα ίδια επίπεδα φωτισμού, αλλά με διαφορετικά μεγέθη παραθύρων, θα δώσουν διαφορετικές εντυπώσεις φωτεινότητας. Συγκεκριμένα, το δωμάτιο με τα μεγαλύτερα παράθυρα θα δώσει την εντύπωση μεγαλύτερης φωτεινότητας.⁶

Ένταση φωτισμού

Αν και ο ανθρώπινος οφθαλμός είναι εξαιρετικά ευπροσάρμοστος, παρ' όλα αυτά μπορεί να εκτελεί οπτικές λειτουργίες μόνο μέσα σ' ένα μικρό πεδίο στάθμης έντασης φωτισμού. Για ένα συγκεκριμένο στόχο, το πεδίο επηρεάζεται από την οπτική απόδοση που απαιτείται, τη κατανομή του φωτός στο χώρο και τη λαμπρότητα των τοίχων και των άλλων επιφανειών.³

Αντίθεση

Αντίθεση είναι η διαφορά μεταξύ της οπτικής εμφάνισης ενός αντικειμένου και του άμεσου βάθους πίσω απ' αυτό. Μπορεί να εκφραστεί με βάση τη λαμπρότητα, την ένταση φωτισμού ή την ανακλαστικότητα μεταξύ επιφανειών. Η ποσότητα και η κατανομή του φωτός (και στο εξής το μέγεθος της αντίθεσης) σ' ένα χώρο εξαρτάται κατά πολύ από την ανακλαστικότητα των τοίχων και των άλλων επιφανειών. Γι' αυτό, είναι σημαντικό να

επιλέγονται οι επικαλύψεις του τοίχου, του δαπέδου και της οροφής σύμφωνα με την ανακλαστικότητα τους. Ως γενικός κανόνας επισημαίνεται ότι για να επιτευχθεί μια σωστή κατανομή λαμπρότητας, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για μεγάλες επιφάνειες απαλά χρώματα και για μικρότερες επιφάνειες, όπως είναι τα έπιπλα, οι πόρτες κτλ, ζωνρά χρώματα.

Παρακάτω φαίνονται οι ανακλαστικότητες που προτείνονται για ποικίλες εσωτερικές επιφάνειες.³

3.3 Θάμβωση

Σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE), θάμβωση είναι η έλλειψη οπτικής άνεσης ή η μείωση της ικανότητας να διακρίνονται οι λεπτομέρειες των αντικειμένων.⁷

Θάμβωση προκαλείται από την εισαγωγή πολύ έντονης πηγής φωτισμού στο οπτικό πεδίο και οφείλεται είτε σε ακατάλληλες αναλογίες λαμπρότητας των γύρω επιφανειών, είτε σε πολύ έντονες αντιθέσεις στη φωτεινότητά τους. Η θάμβωση μπορεί να περισπά ελαφρά ή να τυφλώνει οπτικά τους ενοίκους. Όποια και αν είναι η στάθμη της προκαλείται πάντοτε αίσθημα δυσφορίας και κόπωσης.³

Βάθος οπτικού στόχου: περιβάλλον	3:1
Βάθος οπτικού στόχου: περιφερειακό πεδίο	10:1
Φωτιστική πηγή: παρακείμενα πεδία	20:1
Εσωτερικοί χώροι γενικά	40:1

Πίνακας 3.2 Λόγοι λαμπρότητας³

Η θάμβωση μπορεί να προκληθεί άμεσα ή έμμεσα από ανάκλαση.

- Άμεση θάμβωση προκύπτει όταν είναι ορατή η πηγή φωτισμού από το σημείο παρατήρησης (βρίσκεται μέσα στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή) και εξαρτάται από την λαμπρότητα, την ανακλαστικότητα και το μέγεθος της επιφάνειας που βλέπουμε, τη διάταξη των φωτιστικών σε σχέση με τη θέση του σημείου αναφοράς-παρατηρητή και τέλος το επίπεδο φωτισμού.

- Θάμβωση από ανάκλαση προκύπτει όταν υπάρχουν υψηλά ανακλαστικές επιφάνειες στο άμεσο οπτικό πεδίο του παρατηρητή όπου ανακλώνται οι πηγές φωτός.

Και οι δύο τύποι θάμβωσης μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση ανικανότητας ή ψυχολογική θάμβωση/θάμβωση δυσφορίας. Η ψυχολογική θάμβωση είναι αυτή που συναντάμε μέσα στα κτίρια και είναι ιδιαίτερα ενοχλητική, αλλά δεν σταματάει κάποιον από το να δουλέψει, αντίθετα με την θάμβωση ανικανότητας (π.χ. τα μεγάλα φώτα αντίθετα διερχομένου αυτοκινήτου κατά τη νυχτερινή οδήγηση).⁹



Εικ.3.2 Περίπτωση θάμβωσης από ανάκλαση.³

Μέχρι σήμερα έχουν γίνει πολλές προσπάθειες ποσοτικοποίησης του φαινομένου της θάμβωσης, μέσω του ορισμού ενός Δείκτη Θάμβωσης. Όσον αφορά στον τεχνητό φωτισμό, η IES (Illuminating Engineering Society-Η.Π.Α.) προσδιόρισε το δείκτη θάμβωσης GI (Glare Index), ο οποίος υπολογίζεται βάσει της εξίσωσης που ακολουθεί:

$$GI=10*\log_{10}*(K*P*(L_s^{1,6} * \omega^{0,8} / L_b)$$

όπου:

K, μια σταθερά που εξαρτάται από τις μονάδες

P, ένας συντελεστής «θέσης» που εξαρτάται από τη θέση της φωτεινής πηγής σε σχέση με τη γραμμή της όρασης

Ls, η τιμή λαμπρότητας της φωτεινής πηγής

Lb, η τιμή λαμπρότητας του περιβάλλοντα χώρου

ω, η στερεά γωνία που ξεκινά από τον οφθαλμό και περικλείει τη φωτεινή πηγή

Επίσης, ορίστηκε ένας δείκτης θάμβωσης φυσικού φωτισμού DGI (*Daylight Glare Index*) ο οποίος σχετίζεται με τον IES GI ως εξής:

$$DGI = 2/3 (GI + 14) \text{ για τιμές έως } 28$$

Η παραπάνω εξίσωση εκφράζει το γεγονός ότι έχει παρατηρηθεί μεγαλύτερη ανοχή των παρατηρητών σε θάμβωση μέσω φυσικού φωτισμού (συγκεκριμένα σε θάμβωση που προκαλείται από τη θέα του ουρανού μέσω ενός παραθύρου) από ότι μέσω τεχνητού φωτισμού.

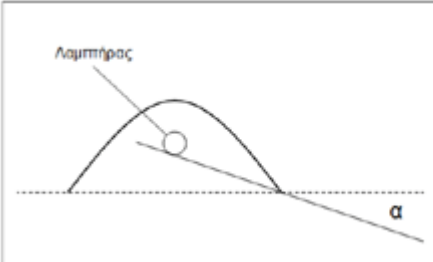
Για λεπτομερείς εργασίες ο δείκτης είναι στο 16, για δουλειά γραφείου στο 19 και για βιομηχανικές δραστηριότητες κυμαίνεται από 25-28.

Ο πίνακας 3.3 παρουσιάζει τους μέγιστους αποδεκτούς δείκτες θάμβωσης για τεχνητό και φυσικό φωτισμό.⁷

Χαρακτηρισμός θάμβωσης	IES GI	DGI
Ανεπαίσθητη	10-13	16-18
Αποδεκτή	16-19	20-22
Μη ανεκτή	22-25	22-24
Αφόρητη	28	28

Πίνακας 3.3 Μέγιστοι αποδεκτοί δείκτες θάμβωσης για τεχνητό και φυσικό φωτισμό⁷

Για τον τεχνητό φωτισμό υπάρχει και ο δείκτης UGR (Unified Glare Rating). Σημειώνεται ότι ο δείκτης δεν αποτελεί αξιόπιστη παράμετρο εκτίμησης της θάμβωσης, όταν οι φωτεινές πηγές είναι μεγάλων ή πολύ μικρών διαστάσεων. Εξαρτάται από την λαμπρότητα των φωτιστικών, το μέγεθος τους, την σχετική θέση τους με την κατεύθυνση παρατήρησης και τέλος από την λαμπρότητα υποβάθρου. Το EN 12464-1 προβλέπει μια στοιχειώδη κάλυψη των λαμπτήρων με βάση την λαμπρότητα της φωτεινής πηγής όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.4.

	Λαμπρότητα λαμπτήρα (cd/m²)	Ελάχιστη τιμή για τη γωνία α
	20000 < < 50000	15 ⁰
	50000 < < 500000	20 ⁰
>=500000	30 ⁰	

Πίνακας 3.4 Ελάχιστη τιμή για τη γωνία α και η αντίστοιχη λαμπρότητα.⁸

Με χρήση των φωτομετρικών δεδομένων του φωτιστικού υπολογίζεται ο πίνακας UGR ο οποίος παρουσιάζει τον δείκτη UGR σε τυπικούς χώρους με διάφορες ανακλαστικότητες επιφανειών. Τυπική εξέταση του συγκεκριμένου δείκτη (UGR) γίνεται σε δύο κατευθύνσεις παρατήρησης (εγκάρσια και διαμήκη) σε χώρο 4Hx8H με ανακλαστικότητες οροφής, τοίχων, δαπέδου 70, 50 και 20% αντίστοιχα και SHR =0.25 (όπου H το ύψος των φωτιστικών πάνω από την επιφάνεια εργασίας). Στον πίνακα 3.5 φαίνεται η έξοδος από πρόγραμμα φωτοτεχνικής ανάλυσης του πίνακα UGR για SHR=0.25.

Αξιολόγηση θάμβωσης κατά UGR											
ρ Οροφή		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Τοίχοι		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Δάπεδο		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Μέγεθος χώρου		Οπτική κατεύθυνση εγκάρσια προς τον άξονα λάμπας					Οπτική κατεύθυνση παράλληλα προς τον άξονα λάμπας				
X	Y										
2H	2H	17.3	18.3	17.6	18.5	18.7	16.9	17.9	17.2	18.1	18.3
	3H	17.2	18.0	17.5	18.3	18.5	16.8	17.7	17.1	17.9	18.2
	4H	17.1	17.9	17.4	18.2	18.4	16.7	17.5	17.0	17.8	18.1
	6H	17.0	17.8	17.4	18.1	18.3	16.7	17.4	17.0	17.7	18.0
	8H	17.0	17.7	17.3	18.0	18.3	16.6	17.3	17.0	17.6	17.9
4H	12H	17.0	17.6	17.3	17.9	18.3	16.6	17.2	16.9	17.6	17.9
	2H	17.2	18.0	17.5	18.3	18.6	16.8	17.6	17.2	17.9	18.2
	3H	17.1	17.8	17.4	18.1	18.4	16.7	17.4	17.0	17.7	18.0
	4H	17.0	17.6	17.4	17.9	18.3	16.6	17.2	17.0	17.5	17.9
	6H	16.9	17.4	17.4	17.8	18.2	16.5	17.0	17.0	17.4	17.8
8H	8H	16.9	17.4	17.3	17.7	18.1	16.5	17.0	16.9	17.3	17.8
	12H	16.9	17.3	17.3	17.7	18.1	16.5	16.9	16.9	17.3	17.7
	4H	16.9	17.4	17.3	17.7	18.1	16.5	17.0	16.9	17.3	17.8
	6H	16.8	17.2	17.3	17.6	18.1	16.4	16.8	16.9	17.2	17.7
	8H	16.8	17.1	17.2	17.5	18.0	16.4	16.7	16.9	17.1	17.6
12H	12H	16.7	17.0	17.2	17.5	18.0	16.3	16.6	16.8	17.1	17.6
	4H	16.9	17.3	17.3	17.7	18.1	16.5	16.9	16.9	17.3	17.7
	6H	16.8	17.1	17.2	17.5	18.0	16.4	16.7	16.9	17.1	17.6
	8H	16.7	17.0	17.2	17.5	18.0	16.3	16.6	16.8	17.1	17.6
	8H	16.7	17.0	17.2	17.5	18.0	16.3	16.6	16.8	17.1	17.6
Παραλλαγή της θέσης παρατηρητή για αποστάσεις φωτιστικών S											
S = 1.0H		+2.0 / -5.8					+2.0 / -4.9				
S = 1.5H		+3.6 / -17.7					+3.1 / -24.1				
S = 2.0H		+5.5 / -23.4					+4.8 / -27.3				
Στάνταρ πίνακας		BK00					BK00				
Προσθετός διορθωτής		-2.4					-2.8				
Διορθωμένοι δείκτες εκτύφλωσης αναφορικά με 6600lm Συνολική φωτεινή ροή											

Οι τιμές UGR υπολογίζονται σύμφωνα με το CIE δημοσ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25.

Πίνακας 3.5 Δείκτης UGR⁸

Προφανώς η απόσταση των φωτιστικών όπως ορίσθηκε κατά τον υπολογισμό του προαναφερθέντος πίνακα είναι μικρή σε σχέση με την απόσταση που πιθανόν να υιοθετηθεί στον σχεδιασμό. Όμως αν ικανοποιείται η απαίτηση για τον δείκτη UGR όπως αυτή ορίζεται στο EN 12464-1 τότε θα ικανοποιείται και στον κανονικό σχεδιασμό. Στον πίνακα 3.6 παρουσιάζονται τιμές για τον δείκτη UGR σε διαφορετικούς χώρους. Δραστηριότητες με σχετική δυσκολία στην εκτέλεση τους απαιτούν συνήθως μικρές τιμές του δείκτη θάμβωσης.⁸

	UGR
Περιοχές γενικής κυκλοφορίας	28
Σκάλες	25
Εστιατόρια	22
Γραφεία	19
Αίθουσες διδασκαλίας	19
Γραφεία (σχεδίαση)	16
Εργαστήρια ηλεκτρονικών	16

Πίνακας 3.6 Τιμές δείκτη UGR για διάφορους χώρους⁸

Πρέπει να σημειωθεί ότι για την άμεση θάμβωση από τις πηγές τεχνητού φωτισμού είναι κρίσιμη η ζώνη ανάμεσα στις 45° και στις 85°, όπως επίσης και η γωνία αποκοπής των φωτιστικών η οποία μας ενδιαφέρει να είναι μικρή (άρα στενή φωτεινή δέσμη). Προσοχή πρέπει να δίνεται σε πολύ γυαλιστερά και σπιλπνά αντικείμενα, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν πηγή υψηλών λαμπροτήτων, άρα και θάμβωσης.⁹

Κάποια συμπεράσματα από έρευνες σχετικά με τη θάμβωση είναι τα παρακάτω:

- 1) Οι βασικοί τρόποι για την αποφυγή της θάμβωσης από τα ανοίγματα είναι οι εξής:
 - Η μείωση της λαμπρότητας του ουρανού (π.χ. μέσω σκιάστρων ή ειδικών υαλοστασίων)
 - Η μείωση της αντίθεσης σε φωτεινότητα (contrast) μεταξύ ουρανού και κουφωμάτων - εσωτερικών τοίχων
 - Η μείωση του ορατού τμήματος του ουρανού από το εσωτερικό του χώρου
- 2) Η θάμβωση που προκαλείται από την απευθείας θέαση ενός παραθύρου (δηλαδή υπό γωνία 90°) ποικίλει σε μεγάλο βαθμό από παρατηρητή σε παρατηρητή, ενώ σχετίζεται και με παράγοντες όπως η εμφάνιση του παραθύρου, η εξωτερική θέα κτλ. Επίσης, η θάμβωση που προκαλείται από την απευθείας θέαση ενός παραθύρου είναι πρακτικά ανεξάρτητη από το μέγεθος του ανοίγματος και την απόσταση του παρατηρητή, ενώ εξαρτάται κυρίως από τη λαμπρότητα του ουρανού και λιγότερο από την ανακλαστικότητα των εσωτερικών επιφανειών.

Τέλος, σε ένα χώρο με μέσο συντελεστή ανακλαστικότητας 40%, ο Δείκτης Θάμβωσης παραμένει ουσιαστικά σταθερός για όλες τις περιπτώσεις παραθύρων με μέγεθος μεγαλύτερο του 2% της επιφάνειας του χώρου όταν πρόκειται για απευθείας θέαση από το παράθυρο.

- 3) Φωτεινές πηγές σε γωνία μεγαλύτερη των 50° σε σχέση με την ευθεία της όρασης (σε οριζόντιο επίπεδο) δεν επηρεάζουν το δείκτη θάμβωσης φυσικού φωτισμού. Έτσι, η τοποθέτηση των θέσεων εργασίας σύμφωνα με αυτό το κριτήριο αποτελεί έναν από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της θάμβωσης.⁷

Ένας απλός τρόπος για την αποφυγή της θάμβωσης από φυσικό φωτισμό είναι η χρήση ανοιχτόχρωμων κουφωμάτων στα ανοίγματα, ώστε να μειώνεται η αντίθεση μεταξύ φωτεινού ουρανού και κουφώματος. Ένας άλλος τρόπος είναι η αποφυγή των έντονα ανακλαστικών (γυαλιστερών) επιφανειών, οι οποίες προκαλούν έμμεση θάμβωση επαναδημιουργώντας την αρχική φωτεινή πηγή (συνήθως τον ήλιο).

Βέβαια, ο σωστός σκιασμός των ανοιγμάτων είναι σε κάθε περίπτωση απαραίτητος, ώστε να αποφευχθεί τόσο η θάμβωση, όσο και η υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.

Ο σχεδιασμός του κατάλληλου συστήματος σκίασης είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την αποφυγή της θάμβωσης σε κτίρια με μεγάλες γυάλινες επιφάνειες και ιδιαίτερες απαιτήσεις ως προς τη χρήση τους (π.χ. χώροι εκθέσεων, γυμναστήρια, κολυμβητήρια, χώροι όπου γίνεται χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών κ.ο.κ.).⁸

3.4 Επίδραση του φωτισμού σε θεραπευτικό περιβάλλον

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το φως είναι σημαντικό για τη λειτουργία του ανθρώπου, δεδομένου ότι επιτρέπει την θέαση των αντικειμένων και την εκτέλεση δραστηριοτήτων. Αλλά είναι επίσης σημαντικό, γιατί επηρεάζει τον άνθρωπο σωματικά και ψυχολογικά. Πολλές μελέτες έχουν τεκμηριώσει τη σημασία του φωτός στη μείωση της κατάθλιψης, της κούρασης, στη βελτίωση της εγρήγορσης, στη ρύθμιση των κίρκαδικών ρυθμών και στην αντιμετώπιση περιπτώσεων όπως ο ίκτερος μεταξύ των νηπίων.¹⁰

Συγκεκριμένα σε νοσοκομειακό περιβάλλον, η έκθεση στο φυσικό φως:

- Μειώνει τη διάρκεια νοσηλείας
- Αμβλύνει τον πόνο
- Βελτιώνει τον ύπνο και τους κίρκαδικούς ρυθμούς
- Μειώνει την κατάθλιψη μεταξύ των ασθενών με εποχιακή κατάθλιψη (seasonal affective disorder) και διπολική διαταραχή

- Μειώνει την αναταραχή μεταξύ των ψυχικά ασθενών
- Αυξάνει την ικανοποίηση του προσωπικού στην εργασία
- Συμβάλλει στην μείωση των ιατρικών λαθών

3.4.1 Το φως στην νοσηλεία των ασθενών

Μείωση της διάρκειας νοσηλείας

Μελέτες διαπίστωσαν ότι η έκθεση στο φως μπορεί επίσης να συνδεθεί με την διάρκεια παραμονής των μη κλινικά καταθλιπτικών ασθενών. Μια μελέτη ασθενών μυοκαρδιακού εμφράγματος, σε μια καρδιολογική μονάδα εντατικής θεραπείας, που νοσηλεύτηκαν είτε σε ηλιόλουστα δωμάτια είτε σε «σκοτεινά» δωμάτια, διαπίστωσε ότι οι θηλυκοί ασθενείς έμειναν μικρότερο χρονικό διάστημα στα ηλιόλουστα δωμάτια (2,3 ημέρες στα ηλιόλουστα δωμάτια έναντι 3,3 ημερών στα «σκοτεινά» δωμάτια).¹¹

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η θνησιμότητα ήταν μεγαλύτερη και για τα δύο φύλα στα «σκοτεινά» δωμάτια (21/293 στα ηλιόλουστα έναντι 39/335 στα «σκοτεινά»).

Μια άλλη μελέτη έδειξε ότι στα νοσοκομεία που βρίσκονταν σε ψυχρότερα κλίματα οι ασθενείς νοσηλεύονταν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα τον χειμώνα και το φθινόπωρο, όπως επίσης και συγκριτικά με νοσοκομεία που βρίσκονταν σε θερμότερο και ξηρότερο κλίμα.¹²

Άμβλυση του πόνου

Η έκθεση στο ηλιακό φως αυξάνει τα επίπεδα της σεροτονίνης, ενός νευροδιαβιβαστή γνωστό για την αναστολή του πόνου. Ο Walch και οι συνεργάτες του διεξήγαγαν μια καλά ελεγχόμενη έρευνα των επιπτώσεων του φυσικού φωτός στην μείωση του πόνου σε ασθενείς που υποβάλλονται σε χειρουργικές επεμβάσεις σπονδυλικής στήλης.

Κατά τη διάρκεια αυτής, οι ασθενείς εισήχθησαν μετά την επέμβαση σε δωμάτια είτε στο φωτεινό είτε στο σκιερό μέρος μιας χειρουργικής πτέρυγας. Οι ασθενείς στα φωτεινά δωμάτια εκτέθηκαν σε 46% μεγαλύτερη ένταση φωτός από εκείνους που είχαν μεταφερθεί στα πιο σκοτεινά δωμάτια. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι πρώτοι ανέφεραν λιγότερους πόνους και στρες, και πήραν 22% λιγότερα αναλγητικά φάρμακα, οδηγώντας έτσι σε μείωση της τάξης του 21% των φαρμακευτικών δαπανών.¹³

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειώσουμε ότι στην άμβλυση του πόνου δεν συμβάλλει μόνο το φως που διέρχεται από το παράθυρο αλλά και η θέα από αυτό. Η θέα ενός φυσικού τοπίου μπορεί να μειώσει τον πόνο προκαλώντας θετικά συναισθήματα, μειώνοντας το στρες, και αποσπώντας την προσοχή του ασθενή από το επίκεντρο του πόνου του.

Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ασθενείς που ανάρρωναν από εγχείρηση στην κοιλιακή χώρα διαπιστώθηκε ότι σε εκείνους τους ασθενείς που έχουν δοθεί δωμάτια με θέα σε φυσικό τοπίο (δέντρα) είχαν καλύτερη μετεγχειρητική αποκατάσταση από τους ασθενείς που τους είχαν ανατεθεί πανομοιότυπα δωμάτια με παράθυρα με θέα σε τοίχο ενός κτιρίου από τούβλα. Οι ασθενείς με φυσική θέα υπέστησαν σημαντικά λιγότερο πόνο, όπως προέκυψε από την ανάγκη τους για πολύ λιγότερες δόσεις ισχυρών αναλγητικών φάρμακων σε σχέση με τους αντίστοιχους, με θεά τον τοίχο. Επιπλέον, οι πρώτοι είχαν μικρότερη μετεγχειρητική παραμονή, καλύτερη συναισθηματική ευεξία, και λιγότερες μικροεπιπλοκές, όπως επίμονη ναυτία ή πονοκέφαλο.¹⁰

Βελτίωση του ύπνου και του καρδιακού ρυθμού

Ένας μικρός αριθμός μελετών έχει διαπιστώσει ότι η χρονομετρημένη έκθεση σε τεχνητό έντονο φως μπορεί να είναι χρήσιμη στη βελτίωση του ύπνου και του καρδιακού ρυθμού. Σε μια μελέτη, ενήλικοι που εκτέθηκαν σε έντονο λευκό φως ή σε αμυδρό κόκκινο φως για 12 διαδοχικές ημέρες διαπίστωσαν ουσιαστικές αλλαγές στην ποιότητα του ύπνου. Ο χρόνος που ξυπνούσαν κατά τη διάρκεια του ύπνου μειώθηκε μέχρι και μια ώρα, ενώ η αποδοτικότητα του ύπνου βελτιώθηκε από 77,5% σε 90%, χωρίς αλλαγή του χρόνου διαμονής στο κρεβάτι.¹⁴

Δύο άλλες μελέτες έδειξαν ότι η έκθεση σε έντονο φως το απόγευμα σχετιζόταν με τη βελτίωση των ρυθμών ανάπαυσης- δραστηριότητας των ατόμων με άνοια στους οίκους ευγηρίας. Όταν τα επίπεδα φωτισμού του περιβάλλοντος αυξήθηκαν, κατά τη διάρκεια της ημέρας, στους διαφορετικούς ζωτικούς χώρους μιας μονάδας άνοιας, διαπιστώθηκε ότι κατά τη διάρκεια των περιόδων αυξημένου φωτισμού, η σταθερότητα του ρυθμού δραστηριότητας- ανάπαυσης αυξήθηκε στους ασθενείς με ανέπταφη όραση, αλλά όχι στους ασθενείς με εξασθενημένη.¹⁵

Επίσης, τρεις μελέτες απέδειξαν ότι παρέχοντας φωτισμό με κυκλική επανάληψη (μειωμένα επίπεδα φωτισμού τη νύχτα) σε μονάδα εντατικής θεραπείας νεογνών, είχε ως αποτέλεσμα βελτίωση του ύπνου και αύξηση του βάρους στα πρόωρα βρέφη. Συγκεκριμένα, 41 πρόωρα νήπια στις ίδιες δομικά μονάδες εντατικής παρακολούθησης έλαβαν φωτισμό με κυκλική ή

με μη κυκλική επανάληψη (σταθερά επίπεδα φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας) κατά τη διάρκεια μεγάλης παραμονής στο νοσοκομείο. Έναντι των νηπίων με μη κυκλική επανάληψη φωτισμού, τα νήπια που βρίσκονταν υπό συνθήκες κυκλικής εναλλαγής φωτισμού παρουσίασαν μεγαλύτερο ποσοστό κέρδους βάρους, ήταν σε θέση να ταΐστούν από το στόμα συντομότερα και έμειναν λιγότερες μέρες στον αναπνευστήρα και την φωτοθεραπεία.¹⁶

Μείωση της κατάθλιψης

Τουλάχιστον 11 σημαντικές μελέτες διαπιστώνουν ότι το φυσικό φως είναι αποτελεσματικό στη μείωση της κατάθλιψης μεταξύ των ασθενών με εποχιακή κατάθλιψη ή διπολική διαταραχή.¹⁷

Σε ένα άρθρο του, το Αμερικανικό περιοδικό Ψυχιατρικής φτάνει στο ισχυρό συμπέρασμα ότι το φυσικό φως για τη θεραπεία της μη εποχιακής και της εποχιακής κατάθλιψης είναι «αποτελεσματικό, με αποτελέσματα τα οποία ισοδυναμούν σε μέγεθος με εκείνα των περισσότερων αντικαταθλιπτικών φαρμακοθεραπειών»¹⁸

Επιπλέον, η έκθεση σε φυσικό φωτισμό προσφέρει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι ενεργεί πολύ γρηγορότερα από ότι τα κοινά αντικαταθλιπτικά φάρμακα. Έχει αποδειχθεί ότι το φως μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της κατάθλιψης μετά από λιγότερο από 2 εβδομάδες θεραπείας, ενώ τα αντικαταθλιπτικά φάρμακα χρειάζονται τουλάχιστον 4-6 εβδομάδες πριν τα πρώτα αποτελέσματα γίνουν εμφανή.⁵

Η πλειοψηφία των μελετών, όμως, έχει εξετάσει και το αντίκτυπο που έχει ο τεχνητός φωτισμός στη μείωση της κατάθλιψης. Η θεραπευτική αγωγή με τεχνητό φως κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 2.500 lux και 10.000 lux .Η θεραπεία θεωρείται αποτελεσματική με την καταστολή της παραγωγής της μελατονίνης. Δύο μελέτες έχουν δείξει ότι η θεραπεία αυτή είναι εξίσου αποτελεσματική με την έκθεση σε φυσικό έντονο φως.¹¹

Επίσης, ο Benedetti και οι συνεργάτες του, διαπίστωσαν ότι οι διπολικοί ασθενείς που νοσηλεύονται σε θαλάμους με ανατολικό προσανατολισμό, δηλαδή εκτίθενται σε έντονο φως το πρωί, έμειναν κατά μέσο όρο 3,7 μέρες λιγότερες στο νοσοκομείο, σε σύγκριση με παρόμοιους ασθενείς που βρίσκονταν σε δωμάτια με δυτικό προσανατολισμό.¹⁹ Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα μιας πειραματικής μελέτης που συνέκρινε την επίδραση του πρωινού και του απογευματινού φωτός στους ασθενείς με χειμερινή κατάθλιψη και διαπίστωσε ότι το πρωινό φως ήταν δύο φορές αποτελεσματικότερο από το απογευματινό σε αυτές τις περιπτώσεις.²⁰

Μείωση της αναταραχής μεταξύ των ψυχικά ασθενών

Οι Sloane και συνεργάτες διαπίστωσαν ότι οι ασθενείς με χαμηλά επίπεδα φωτός επέδειξαν υψηλότερα επίπεδα αναταραχής.

Όταν η Lagarde μελέτησε το αντίκτυπο των συνθηκών φωτισμού στις παραγμένες συμπεριφορές μεταξύ των ασθενών με Άλτσχάιμερ, βρήκε μια σημαντική πτώση στις αποδιοργανωτικές συμπεριφορές όταν οι ασθενείς ήταν στην πειραματική ρύθμιση (σταθερά επίπεδα φωτισμού) παρά στη ρύθμιση ελέγχου (ποικίλα επίπεδα φωτισμού).²¹

Η έκθεση στο πρωινό έντονο φως έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την αναταραχή μεταξύ των ηλικιωμένων ασθενών με άνοια. Όταν οι ηλικιωμένοι ασθενείς με άνοια εκτέθηκαν σε 2.500 lux για 2 ώρες το πρωί για 2 περιόδους των 10 ημερών, η αναταραχή τους μειώθηκε. Οι ασθενείς ήταν περισσότερο ανήσυχοι τις μέρες χωρίς θεραπεία.²²

3.4.2 Το φως στο νοσοκομειακό περιβάλλον ως χώρος εργασίας

Ικανοποίηση εργαζομένων

Οι Mroczek, Mikitarian, Vieira, και Rotrius διεξήγαγαν μία διαδικτυακή έρευνα στο προσωπικό που εργάζονταν σε ένα προσφάτως κατασκευασμένο κτίριο και διαπίστωσαν ότι το φυσικό φως των νέων εγκαταστάσεων είχε τις πιο θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην εργασιακή ζωή, ακολουθούμενη από τη ζωντανή μουσική στο αίθριο.²³ Μια άλλη μελέτη διαπίστωσε ότι το προσωπικό που εκτίθεται περισσότερες από 3 ώρες στο φως της ημέρας κατά τη διάρκεια της βάρδιας είχε μεγαλύτερη ικανοποίηση κατά την διάρκεια της εργασίας από το προσωπικό με λιγότερη έκθεση στο φως της ημέρας.²⁴

Μείωση ιατρικών λαθών

Τα ιατρικά λάθη αποτελούν αιτία για ένα μεγάλο ποσοστό θανάτων κάθε χρόνο, που σύμφωνα με στατιστικά, φτάνουν σε αριθμό ίσο με αυτόν των θανάτων από αυτοκινητιστικά δυστυχήματα. Τα ιατρικά λάθη μπορεί να περιλαμβάνουν μια σειρά από ανεπιθύμητες ενέργειες, συμπεριλαμβανομένων φυσικών λαθών που έγιναν κατά τη διάρκεια χειρουργικών επεμβάσεων, εσφαλμένες διαγνώσεις, λάθη σε φαρμακευτικές αγωγές. Τα λάθη αυτά μπορεί να οφείλονται είτε σε λανθάνουσες συνθήκες που επικρατούν στο χώρο

(π.χ. ελλιπής φωτισμός, κακή ηχομόνωση, έλλειψη χώρου και άλλες αποτυχίες σχεδιασμού) είτε σε λάθη του προσωπικού λόγω υπερβολικού φόρτου εργασίας, έλλειψης προσωπικού και απειρίας για τις συνθήκες εργασίας.³

Πολλές μελέτες σε μη νοσοκομειακές εγκαταστάσεις έχουν δείξει ότι η απόδοση και τα λάθη μπορούν να επηρεαστούν από το επίπεδο φωτισμού καθώς επίσης και από αυτό του θορύβου. Τέτοιες κακές επιδόσεις σε χώρους υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να οδηγήσουν σε ιατρικά λάθη.

Σε μια μεγάλης κλίμακας μελέτη σε φαρμακείο, εξετάστηκαν οι επιπτώσεις των διαφορετικών επιπέδων φωτισμού στη συχνότητα εμφάνισης λαθών σε χορήγηση αγωγής από τους φαρμακοποιούς. Σε αυτή παρατηρήθηκε δραματική μείωση των σφαλμάτων όταν στην επιφάνεια εργασίας η ένταση φωτισμού ήταν σχετικά υψηλή. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για τρεις διαφορετικές εντάσεις φωτισμού, συμπεριλαμβανομένων των 450 lux, 1.100 lux, και 1.500 lux. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ποσοστά σφάλματος στην χορήγηση φαρμακευτική αγωγής μειώθηκαν σημαντικά (2,6%) σε ένταση φωτισμού 1.500 lux, σε σύγκριση με αυτά στα 450 lux (3,6%).²⁵

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 3^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

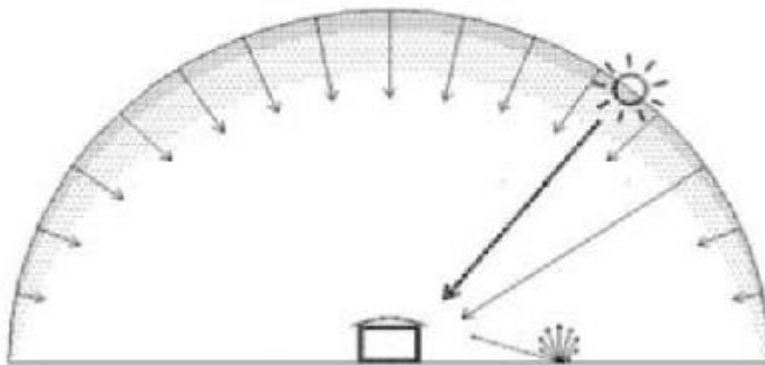
1. Tsangrassoulis A., Synnefa A., Jacobs A., Wilson M., Solomon J., Fontoynt M., Pohl W., Zimmermann A., SynthLight Handbook: European Educational Infrastructure on Energy Efficient Lighting Technologies, Assisted by 3D Environments, 2004
2. Κυργεωργίου Αθηνά & Λευκαδίτη Σοφία, «Η επίδραση των ανοιγμάτων στο φυσικό φωτισμό θαλάμου νοσηλείας»
3. Αμπλιανίτη Αλίκη & Σταματοπούλου Σταυρούλα, «Η συμβολή των δομικών επιφανειών στο φυσικό φωτισμό των θαλάμων νοσηλείας»
4. Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ, «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων», Ιανουάριος 2011
5. Βερροίου Κωνσταντίνα & Βούτζη Μυρτώ, «Αξιολόγηση Φυσικού φωτισμού σε θάλαμο νοσηλείας. Το παράδειγμα του Εθνικού Ιδρύματος Αποκατάστασης Αναπήρων.»
6. Tiller D.K, Veitch J.A., Perceived room brightness: Pilot study on the effect of luminance distribution. Lighting Research and Technology, 1995
7. Baker N., Fanchiotti A., Steemers K., Daylighting in Architecture – A European Reference Book, Commission of the European Communities Directorate - General XII for Science Research and Development, Brussels: James & James Ltd., 1993
8. Γεωργούλη Ευρύκλεια, «Μελέτη παραμέτρων φυσικού φωτισμού θαλάμου νοσηλείας μέσω λογισμικού», Μάρτιος 2013
9. Ακριβού Αναστασία, «Το φυσικό φως στο μουσείο.Ανάλυση και μελέτη συστήματος φωτισμού σε εκθεσιακό χώρο.», Σεπτέμβριος 2010
10. Ulrich R. S., Zimring C., Joseph A. ,Quan X., Choudhary R., The role of the physical environment in the hospital of the 21st century: A once-in-a-lifetime opportunity. Concord, CA:The center for Health design, 2004
11. Beauchemin K. M., Hays P., Sunny hospital rooms expedite recovery from severe and refractory depressions, Journal of affective disorders, 40 (1-2), 1996
12. Federman E.J., Drebing C.E., Boisvert C., Penk W., Relationship between climate and psychiatric inpatient length of stay in Veterans Health Administration Hospitals, American journal of Psychiatry, 157(10), 2000
13. Walch J.M., Rabin B. S., Day R., Williams J. N., Choi K., Kang J. D., The effect of sunlight on postoperative analgesic medication usage: A prospective study of spinal surgery patients. Psychosomatic Medicine, 2005
14. Satlin A., Volicer L., Ross V., Herz L., Campbell S., “Bright light treatment of behavioral and sleep disturbances”. American journal of Psychiatry, 1992

15. Van Someren E.J.W., Kessler A., Mirmiran M., Swaab D. F., "Indirect light improves circadian restactivity rhythm disturbances in demented patients". *Biological Psychiatry*, 1997
16. Miller C. L., White R., Whitman T. L., O' Callaghan M. F., Maxwell S. E., "The effects of cycled versus noncycled lighting on growth and development in preterm infants. *Infant behavior and development*", 1995
17. Anjali J, The impact of light on outcomes in healthcare settings. The center for Health Design issue, Paper 2, August 2006
18. Golden et al., "Depression and anxiety in patients with hepatitis C: prevalence, detection rates and risk factors", 2005
19. Benedetti F. Colombo C., Bardini B., Campori E., Smeraldi E., Morning sunlight reduces lenght of hospitalization in bipolar depression, *Journal of affective disorders*, 62(3), 2001
20. Lewy A. J., Bauer V. K, Cutler N. L., Sack R.L., et al, Morning vs. Evening light treatment of patients with winter depression, *Achieves of general Psychiatry*, 55(10), 1998
21. LaGarce M., Control of environmental lighting and its effects on behaviors of the Alzheimer's type. *Journal of interior design*, 28(2), 2002
22. Lovell B.B., Ancoli-Israel S., Gevirtz R., Effect of bright light treatment on agitated behavior in institutionalized elderly subjects. *Psychiatry Research*, 57(1), 1995
23. <http://www.healthdesign.org/chd/research/review-research-literature-evidence-based-healthcare-design>
24. Alimoglu, M. K., & Donmez, L. ,Daylight exposure and the other predictors of burnout among nurses in a university hospital., 2005
25. Buchanan T. L., Barker K. N., Gilbson J. T., Jiang B.C., Pearson R. E., Illumination and errors in dispensing. *American Journal of Hospital Pharmacy*, 48(10), 1991

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

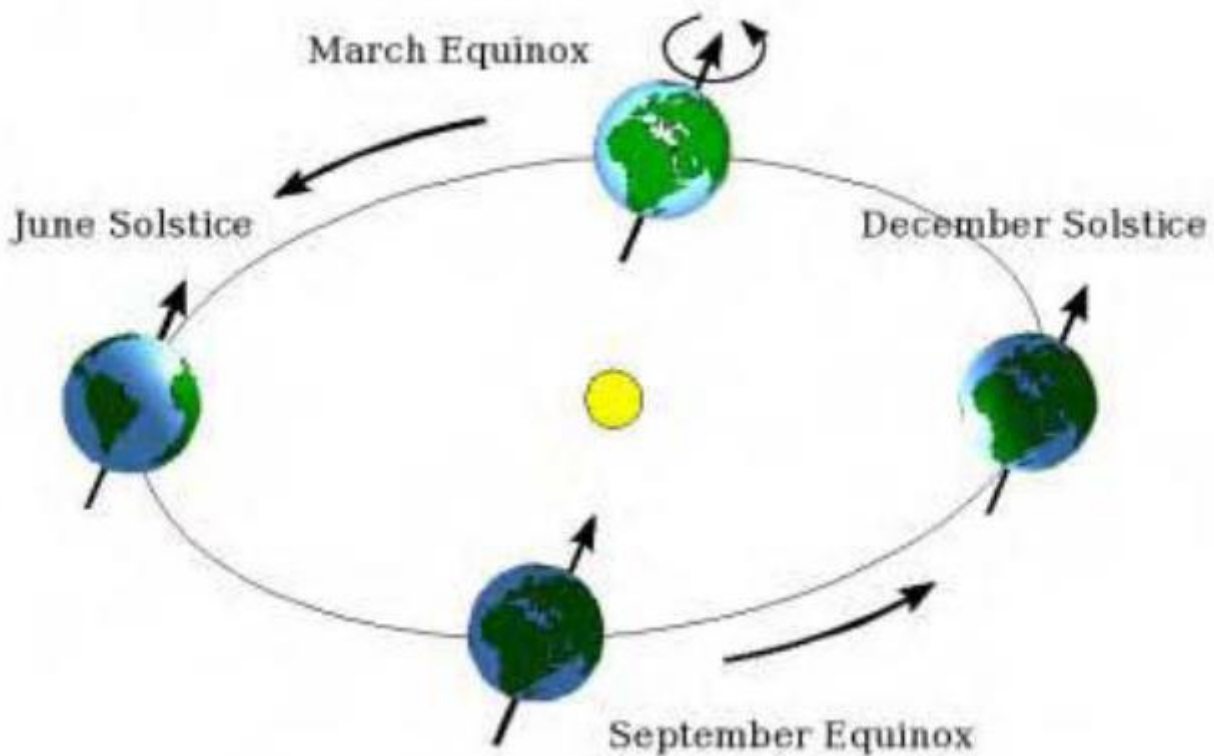
4.1 Προέλευση και χαρακτηριστικά φυσικού φωτισμού

Για τον σχεδιασμό το φυσικού φωτισμού και τις διάφορες στρατηγικές αυτού χρησιμοποιείται το φως που έρχεται από τον ήλιο, τον ουρανό, τα κτίρια και το έδαφος.



Εικ.4.1 Πηγές φυσικού φωτισμού ¹

Ο διαχωρισμός της μέρας και της νύχτας και κατά συνέπεια η ύπαρξη ή μη φυσικού φωτός οφείλεται στην 24ωρη περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα Βορρά – Νότου ο οποίος σχηματίζει γωνία $23,45^\circ$ με την κατακόρυφο. Επίσης, η Γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο, ακολουθώντας ελλειπτική τροχιά, αποτέλεσμα της οποίας είναι η αλλαγή των εποχών και της διάρκειας της ημέρας καθ' όλο το έτος.



Εικ.4.2 Η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της και γύρω από τον ήλιο.¹

Κατά τη διάρκεια της ισημερίας (equinox) στις 21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου ο ήλιος κατανέμεται ομοιόμορφα στο Βόρειο και στο Νότιο ημισφαίριο, ενώ είναι ίση η διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.

Τον Ιούνιο, η θέση της Γης είναι τέτοια που το βόρειο ημισφαίριο δέχεται περισσότερη ακτινοβολία από τον ήλιο, σε σχέση με το νότιο ημισφαίριο. Στο βόρειο ημισφαίριο, ο ήλιος βρίσκεται πιο ψηλά και είναι ορατός τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Στην υψηλότερη θέση βρίσκεται στις 21 Ιουνίου, οπότε και έχουμε το θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει στις 21 Δεκεμβρίου, οπότε έχουμε το χειμερινό ηλιοστάσιο. Στο νότιο ημισφαίριο προφανώς τα δύο ηλιοστάσια (equators) εμφανίζονται ανάποδα απ' ότι στο βόρειο.

Ο φυσικός φωτισμός έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεγάλη φωτεινή δραστικότητα 90-110 lm/W
- άριστη χρωματική απόδοση (συνεχές φάσμα, όλα τα χρώματα)
- διαθέσιμος και ανεξάντλητος (ενδείκνυται για εξοικονόμηση ενέργειας)

- ο φωτισμός που προέρχεται από τον ήλιο ανέρχεται σε 80.000 lux το καλοκαίρι και από τον ουρανό σε 20.000 lux το καλοκαίρι

Ωστόσο, η κατανομή των λαμπροτήτων στον ουράνιο θόλο και συνεπώς η φωτεινότητα του ουρανού ποικίλει ανάλογα με τα κλιματικά δεδομένα. Για την απλοποίηση των υπολογισμών έχουν αναπτυχθεί τα ακόλουθα πρότυπα:

- Ομοιόμορφη κατανομή λαμπροτήτων (uniform luminance sky distribution)

Σταθερή τιμή προς όλες τις διευθύνσεις, ανταποκρίνεται σε μέρα με ομίχλη

- CIE νεφосκεπής ουρανόσ (overcast sky distribution)

Ουρανόσ καλυμμένοσ με σύννεφα όπου δε φαίνεται ο ήλιοσ. Το κέντρο είναι 3 φορές πιο λαμπρό από την περιφέρεια.

Για τα κλιματικά δεδομένα της Ελλάδας ο νεφосκεπής ουρανόσ είναι η χειρότερη περίπτωση και συμβαίνει με τη μικρότερη συχνότητα.

- Καθαρόσ ουρανόσ (clear sky luminance distribution)

Μη ομοιόμορφη κατανομή λαμπροτήτων. Η περιφέρεια είναι πιο λαμπρή από το κέντρο. Το πιο σκοτεινό κομμάτι βρίσκεται σε γωνία 90° από τον ήλιο.¹



Εικ.4.3 Πρότυπα κατανομής λαμπροτήτων στον ουράνιο θόλο (ομοιόμορφη, νεφосκεπής, καθαρόσ) ¹

4.2 Διαδικασία σχεδιασμού φυσικού φωτισμού

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός συνδέεται άρρηκτα με τον φυσικό φωτισμό στα κτίρια. Ο φυσικός φωτισμός δεν αντικαθιστά μόνο τον τεχνητό μειώνοντας την ενέργεια που απαιτείται για φωτισμό, αλλά επηρεάζει, επίσης, τα φορτία θέρμανσης και ψύξης. Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι σε κάθε στάδιο σχεδιασμού του κτιρίου ως προς το φυσικό φωτισμό, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση και προσοχή στα παρακάτω:

- **Αρχικό στάδιο σχεδιασμού:** Κατά το αρχικό στάδιο του σχεδιασμού και τη δημιουργία του αρχιτεκτονικού σχεδίου, ο σχεδιασμός του φυσικού φωτισμού επηρεάζει και επηρεάζεται από τις βασικές αποφάσεις για το σχήμα του κτιρίου, τις αναλογίες και τα ανοίγματα καθώς επίσης και από την ενσωμάτωσή του και τον ρόλο του στο κτίριο.
- **Φάση σχεδιασμού:** Καθώς ο σχεδιασμός του κτιρίου εξελίσσεται πρέπει να αναπτυχθούν στρατηγικές φυσικού φωτισμού για τα διάφορα μέρη του κτιρίου. Ο σχεδιασμός των προσόψεων και των εσωτερικών επιφανειών καθώς και η επιλογή και η ολοκλήρωση των συστημάτων και των υπηρεσιών (συμπεριλαμβανομένου του τεχνητού φωτισμού), συνδέονται όλα με τον σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού.
- **Μελέτη εφαρμογής:** Σε αυτό το στάδιο ο σχεδιασμός του φυσικού φωτισμού θα καθορίσει σε μεγάλο βαθμό την επιλογή των υλικών και των προϊόντων και οι τελικές λεπτομέρειες του σχεδιασμού που συνδέονται με τον φυσικό φωτισμό πρέπει να επιλυθούν για την δημιουργία των τελικών κατασκευαστικών σχεδίων.
- **Παράδοση του κτίσματος στους χρήστες:** Μόλις κατασκευαστεί το κτίριο, μέσω των δοκιμαστικών τεστ, μέσω της σωστής ρύθμισης των λειτουργιών, των υπόλοιπων συστημάτων ελέγχου του φυσικού φωτισμού και της συντήρησης του συστήματος θα επιτευχθεί το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα για τους χρήστες του κτιρίου.³

4.3 Διαθεσιμότητα φυσικού φωτός και οι παράγοντες που την επηρεάζουν

Οι κύριοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το ποσό του φυσικού φωτός στα κτίρια είναι:

- Ο προσανατολισμός
- Το σχήμα του κτιρίου
- Η απόσταση μεταξύ των κτιρίων
- Το ύψος των απέναντι κτιρίων
- Το μέγεθος και η θέση των ανοιγμάτων
- Το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του συστήματος σκίασης
- Η ανακλαστικότητα των εσωτερικών επιφανειών που γίνεται ο υπολογισμός
- Ο προσανατολισμός και η ανακλαστικότητα των όψεων των απέναντι κτιρίων
- Η ανακλαστικότητα των υλικών του εδάφους
- Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και η τοπογραφία ²

Η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτός παίζει ουσιαστικό ρόλο στο σχεδιασμό και καθορίζεται, όπως προαναφέρεται, από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής καθώς και από τις συνθήκες που το περιβάλλουν, π.χ. την παρουσία εμποδίων (παρακείμενα κτίρια, βλάστηση) και την τοπογραφία.

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει επίσης το κλίμα και κατά συνέπεια ο προσδιορισμός των εποχιακών, επικρατούντων κλιματικών συνθηκών, ιδιαίτερα των περιβαλλοντικών θερμοκρασιών, της πιθανότητας ηλιοφάνειας και της διακύμανσης του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Συνεπώς, πρέπει να εξεταστούν όλοι οι προαναφερθέντες παράγοντες για να προκύψει μια αποδοτική σχεδιαστική λύση για τον φωτισμό ενός κτιρίου.

4.3.1 Επιλογή τιμών παραγόντων στον σχεδιασμό

Προσανατολισμός

Ο νότιος προσανατολισμός είναι αρκετά καλός ως προς τη διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτός, ιδιαίτερα τη χειμερινή περίοδο. Η νότια όψη των κτιρίων δέχεται την απευθείας ηλιακή ακτινοβολία σε μεγαλύτερο ποσοστό, με σταθερότερο ρυθμό και με καλύτερη κατανομή τόσο στις εποχές του έτους, όσο και στη διάρκεια της ημέρας. Τη θερινή περίοδο όμως, λόγω της υψηλής λαμπρότητας που παρατηρείται στις Μεσογειακές χώρες και τη συνεχή μεταβολή της στάθμης του φωτισμού, εάν δε συνδυαστεί με κατάλληλη σκίαση, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ανισοκατανομής και θάμβωσης.

Ο δεύτερος καλύτερος προσανατολισμός, σε σχέση με το φυσικό φωτισμό του χώρου, είναι ο βορεινός, εξαιτίας της σταθερότητας του φωτός στη διάρκεια της ημέρας, και του μειωμένου κινδύνου για θάμβωση. Αν και η ποσότητα του φωτισμού μπορεί να είναι χαμηλή κατά τη χειμερινή περίοδο, η ποιότητα είναι σταθερή, επειδή δεν υπάρχει πρόσπτωση άμεσης ακτινοβολίας. Επίσης, το βορεινό φως εμφανίζει την καλύτερη κατανομή του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο σταθερός ομοιόμορφος διάχυτος φωτισμός, καθιστά το βορινό προσανατολισμό τον πλέον κατάλληλο για ορισμένες χρήσεις, όπως βιβλιοθήκες, χώρους εργασίας, κλπ. Ειδικότερα, προτιμάται για τους εκθεσιακούς χώρους και τα μουσεία επειδή δεν υπάρχει κίνδυνος καταστροφής των εκθεμάτων από την υπεριώδη ακτινοβολία.

Οι χειρότεροι προσανατολισμοί, σε σχέση με το φυσικό φως, είναι ο ανατολικός και ο δυτικός, γιατί δέχονται ανομοιογενή κατανομή της ακτινοβολίας (μειωμένη ακτινοβολία τη μισή μέρα), τόσο ημερήσια όσο και διεποχιακή (μεγαλύτερη ποσότητα το καλοκαίρι και μικρότερη το χειμώνα). Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα είναι ότι η χαμηλή θέση του ήλιου στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό δημιουργεί έντονα προβλήματα θάμβωσης.¹

Το σχήμα του κτιρίου

Το σχήμα του κτιρίου καθορίζει την ποσότητα των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό σε σχέση με το φωτιζόμενο χώρο (τμήμα του δαπέδου που μπορεί να φωτιστεί με φυσικό φως).

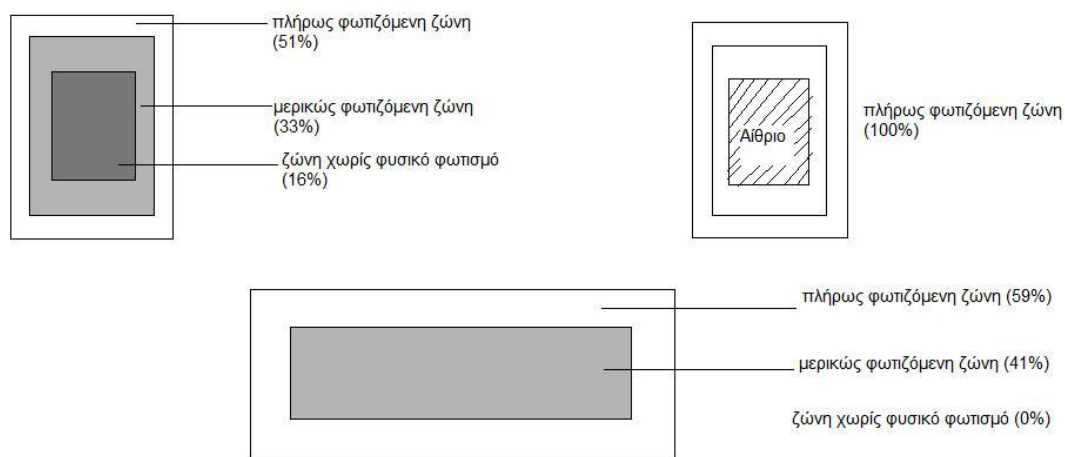
Η ποσότητα του φυσικού φωτός μέσα σ' ένα χώρο μειώνεται συναρτήσει της απόστασης από το άνοιγμα. Περιμετρική ζώνη πλάτους περίπου 5m, είναι αυτή που μπορεί να φωτιστεί

πλήρως από τα πλευρικά ανοίγματα. Μια δεύτερη, προς το εσωτερικό του κτιρίου, περιμετρική ζώνη φωτίζεται μερικώς με φυσικό φως.

Η αναλογία πλήρως φωτισμένης / μερικώς φωτισμένης / σκοτεινής περιοχής σε ένα κτίριο εξαρτάται από τις διαστάσεις του. Στα μεγάλα κτίρια διαμορφώνεται μεγαλύτερη σκοτεινή περιοχή στο εσωτερικό, όταν η περιβάλλουσα επιφάνεια είναι μικρή σε σχέση με το σχήμα της κάτοψης.

Γενικά, ανάλογα με το σχήμα του κτιρίου, δίνεται παράδειγμα σύγκρισης πλήρως φωτισμένης / μερικώς φωτισμένης / σκοτεινής περιοχής, χωρίς να σημαίνει ότι τα ποσοστά αυτά είναι απόλυτα (τα μεγέθη των ανοιγμάτων, τα υλικά του ανοίγματος, του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανομή του φυσικού φωτισμού):

- Σε κτίριο με τετράγωνη κάτοψη το 16% της κάτοψης δεν δέχεται καθόλου φυσικό φωτισμό. Ένα ποσοστό 51% φωτίζεται πλήρως και το υπόλοιπο 33% μερικώς.
- Σε κτίριο με ορθογώνια κάτοψη δεν δημιουργούνται «σκοτεινοί χώροι». Η περιοχή που φωτίζεται πλήρως ανέρχεται σε ποσοστό 59% και η φωτιζόμενη μερικώς σε ποσοστό 41%.
- Σε κτίριο με τετράγωνη κάτοψη και κεντρικό αίθριο, όλοι οι χώροι φωτίζονται πλήρως με φυσικό φως.



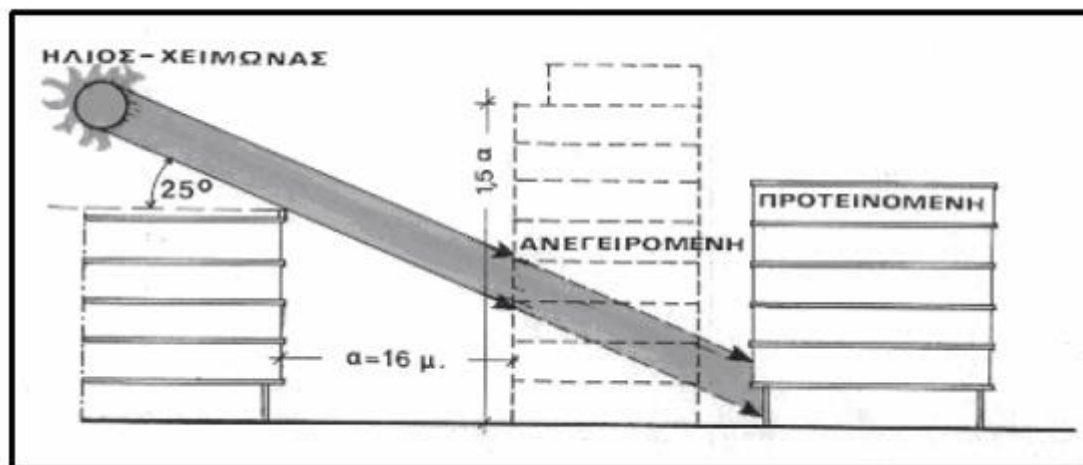
Εικ.4.4 Τρεις περιπτώσεις επίλυσης της κάτοψης πολυώροφων κτιρίων, και η επίδρασή τους στο φυσικό φωτισμό των χώρων.⁶

Σε γενικές γραμμές, βάθος 13m θεωρείται το βέλτιστο βάθος κτιρίου για να γίνει πλήρης εκμετάλλευση του φυσικού φωτός με αντιδιαμετρικά ανοίγματα. Κτίρια με πτέρυγες εκμεταλλεύονται περισσότερο το φυσικό φως, ενώ η ύπαρξη αίθριου διευκολύνει τον φυσικό φωτισμό.⁶

Για το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας το καταλληλότερο σχήμα είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για τη συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης πρέπει να είναι περίπου 1/1,5. Βεβαίως, όταν το οικόπεδο είναι επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, τότε επιλέγονται λύσεις με όγκους σπαστούς ή κλιμακωτή οργάνωση του κτιρίου, έτσι ώστε οι πίσω χώροι να δέχονται ήλιο το χειμώνα.¹

Απόσταση και ύψος παρακείμενων κτιρίων

Η απόσταση και το ύψος των παρακείμενων κτιρίων παίζει σημαντικό ρόλο στην ποσότητα φυσικού φωτός που δέχεται το κτίριο που σχεδιάζουμε. Κτίρια σε πολύ κοντινή απόσταση ή πολύ ψηλά κτίρια μπορεί να «κρύψουν» τον ήλιο από το νέο κτίριο που σχεδιάζεται. Στην Εικ.4.5 φαίνεται η προτεινόμενη απόσταση και το προτεινόμενο ύψος των παρακείμενων κτιρίων.



Εικ.4.5 Απόσταση και ύψος παρακείμενων κτιρίων.¹

Εσωτερικές επιφάνειες

Οι βασικές ιδιότητες των επιφανειών που έχουν σχέση με την εμφάνιση του χώρου και επηρεάζουν τον φωτισμό είναι η ανακλαστικότητα τους και το χρώμα τους.

Για τις επιφάνειες του χώρου έχουμε τους εξής συντελεστές ανάκλασης:

- συντελεστής ανάκλασης οροφής R_c
- συντελεστής ανάκλασης τοίχων R_w
- συντελεστής ανάκλασης δαπέδου R_f .

Οι συντελεστές ανάκλασης των παραπάνω επιφανειών επηρεάζουν των ποσοστό του ανακλώμενου φωτός που προσπίπτει στην επιφάνεια εργασίας.

Ταβάνι

Σε έναν εσωτερικό χώρο η σημασία της ανακλαστικότητας του ταβανιού αυξάνει όσο αυξάνει το μέγεθος του χώρου. Σε ένα μικρό δωμάτιο, το ταβάνι δεν καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια και έτσι η συμβολή του στο φωτισμό του επίπεδου εργασίας είναι συνήθως μικρή. Αντίθετα σε ένα μεγάλο δωμάτιο, η συμβολή του φωτός που αντανακλάται από το ταβάνι, για το συνολικό φωτισμό στο επίπεδο εργασίας είναι συνήθως μεγάλη και το ταβάνι καταλαμβάνει ένα σημαντικό μέρος του οπτικού πεδίου ανάλογα βέβαια με την θέση του παρατηρητή.

Η επίτευξη ενός αποδεκτού συντελεστή ανακλαστικότητας για την έκταση του ταβανιού απαιτεί ένα λευκό ή σχεδόν λευκό ταβάνι. Σε μικρά δωμάτια ένα ταβάνι χαμηλής ανακλαστικότητας μπορεί να είναι αποδεκτό. Παρόλα αυτά, αν το δωμάτιο φωτίζεται κυρίως από το φως της ημέρας από τα πλαϊνά παράθυρα, εάν επιλεγεί πάρα πολύ χαμηλή ανακλαστικότητα μπορεί να φαίνεται ζοφερό και σκοτεινό. Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται έμμεσος φωτισμός, ένα λευκό ή σχεδόν λευκό ταβάνι είναι απαραίτητο, ανεξάρτητα από το μέγεθος του δωματίου.⁶



Εικ.4.6 Χώρος με μεγάλο βάθος- ταβάνι και δάπεδο με υψηλή ανακλαστικότητα.⁶



Εικ.4.7 Εξαιρετικά σκουρόχρωμοι τοίχοι και οροφή μπορούν να κάνουν έναν τεράστιο χώρο να δείχνει αρκετά μικρότερος.⁶

Η σύσταση για γενικό φωτισμό με καθοδική διανομή είναι ο λόγος της μέσης έντασης φωτισμού από το ταβάνι προς τη μέση ένταση φωτισμού στο οριζόντιο επίπεδο εργασίας και είναι εντός του εύρους 0,3 - 0,9.

Σε γενικές γραμμές η ανακλαστικότητα του ταβανιού πρέπει να είναι τόσο υψηλή όσο και εφικτή, δηλαδή τουλάχιστον 0,6. Η ανακλαστικότητα των φινιρισμένων επιφανειών ως εκ τούτου θα πρέπει να είναι της τάξης του 0,8. Σε κάθε περίπτωση, η μέση φωτεινότητα ενός τέτοιου ταβανιού δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 500 cd/m². Για έμμεσο φωτισμό, η μέση φωτεινότητα όλων των επιφανειών που αποτελούν το ταβάνι δεν θα πρέπει να είναι πάνω από 500 cd/m². Ωστόσο, γενικά είναι αποδεκτές μικρές περιοχές όπου η φωτεινότητα φτάνει μέχρι και 1500 cd/m², υπό την προϋπόθεση ότι αποφεύγονται απότομες αλλαγές από υψηλή σε χαμηλή φωτεινότητα.⁶

Τοίχοι

Η ανακλαστικότητα του τοίχου είναι συνήθως ασήμαντη για το φωτισμού ενός μεγάλου δωματίου εκτός από τις θέσεις κοντά σε αυτόν. Αν χρησιμοποιούνται τοίχοι χαμηλής ανακλαστικότητας, ο φωτισμός στις παρακείμενες περιοχές μπορεί να είναι πολύ χαμηλός. Στα μικρά δωμάτια όμως, η ανακλαστικότητα του τοίχου είναι πάντα σημαντική. Ένας τοίχος υψηλής ανακλαστικότητας θα ενισχύσει την ένταση φωτισμού στο επίπεδο εργασίας και θα βελτιώσει την ομοιομορφία του φωτισμού στον χώρο.

Η σημασία της ύπαρξης ενός τοίχου υψηλής ανακλαστικότητας αυξάνεται όταν το δωμάτιο κατά κύριο λόγο φωτίζεται από το φυσικό φως από τα πλαϊνά παράθυρα. Σε όλα τα δωμάτια, εκτός εάν στον τοίχο του παραθύρου εφαρμόζεται επίχρισμα υψηλής ανακλαστικότητας, η διαφορά της φωτεινότητας μεταξύ του τοίχου που υπάρχει παράθυρο και της θέας κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να είναι υπερβολική και ενοχλητική.

Όλα αυτά δείχνουν ότι τελειώματα υψηλής ανακλαστικότητας στους τοίχους είναι ιδιαίτερα επιθυμητά. Ωστόσο, η χρήση τέτοιων τελειωμάτων θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερη προσοχή. Μεγάλες επιφάνειες υψηλής ανακλαστικότητας είναι πιθανό να αποσπούν την προσοχή από τις επιφάνειες εργασίας, με αποτέλεσμα έντονη καταπόνηση των ματιών και συναίσθημα δυσφορίας.

Επιπλέον, εάν οι υψηλής ανακλαστικότητας επιφάνειες οφείλονται στη χρήση γυαλιστερού χρώματος, είναι πιθανό να προκληθεί έντονη θάμβωση.

Η πραγματική ανακλαστικότητα των τελειωμάτων του τοίχου θα μειωθεί από την ύπαρξη των υαλοπινάκων εκτός και αν μπροστά από αυτά χρησιμοποιούνται ανοιχτόχρωμα στόρια ή κουρτίνες.

Σκουρόχρωμοι τοίχοι, ντουλάπια ή άλλος εξοπλισμός πάνω από το επίπεδο εργασίας θα μειώσει επίσης την πραγματική ανακλαστικότητα του τοίχου.

Υψηλής ανακλαστικότητας επιφάνειες βοηθούν, και συνήθως συνιστώνται στους εργασιακούς χώρους. Αυτό δεν αποκλείει την ορθολογική χρήση έντονων χρωμάτων και ενός χαμηλότερου συντελεστή ανάκλασης ως μέρος της εσωτερικής διακόσμησης έτσι ώστε να δοθεί στον χώρο ένα οπτικό ενδιαφέρον. Τα ματ τελειώματα συνιστώνται για την αποφυγή κατοπτρικής αντανάκλασης και για το καμουφλάρισμα πιθανών ατελειών στις επιφάνειες.

Οι τοίχοι με τα παράθυρα είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση. Οι επιφάνειες που περιβάλλουν τα παράθυρα θα πρέπει να έχουν συντελεστή ανάκλασης όχι μικρότερο από 0,6, προκειμένου να μειωθεί η αντίθεση με τη σχετικά φωτεινή εξωτερική θέα από το παράθυρο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα παράθυρα τη νύχτα σχηματίζουν μια σκοτεινή κατοπτρική επιφάνεια, η οποία πρέπει να καλύπτεται με κατάλληλες κουρτίνες ή περσίδες. Ο λόγος της μέσης έντασης φωτισμού στους τοίχους προς τη μέση ένταση φωτισμού στο οριζόντιο επίπεδο εργασίας σχετίζεται με το μέσο κατακόρυφο επίπεδο φωτισμού σε όλο το χώρο. Αυτό έχει αποδειχθεί ότι συσχετίζεται θετικά με την οπτική άνεση στο εργασιακό περιβάλλον. Η σύσταση για την αναλογία της μέσης έντασης φωτισμού σε οποιοδήποτε τοίχο προς τη μέση ένταση φωτισμού στο οριζόντιο επίπεδο εργασίας είναι να είναι της τάξης 0,5- 0,8.

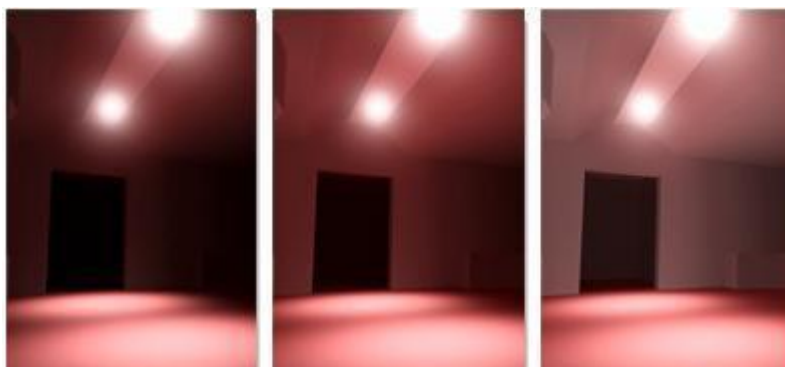
Σε γενικές γραμμές, η πραγματική ανακλαστικότητα των κύριων τοίχων θα πρέπει να είναι μεταξύ 0,3 και 0,7 και η ανακλαστικότητα των επιφανειών των τοίχων όπου βρίσκονται τα παράθυρα πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,6.⁶



Εικ.4.8 Έντονη θαμβωση από χρήση γυαλιστερού χρώματος.⁶

Δάπεδο

Σκουρόχρωμα δάπεδα έχουν την τάση να κάνουν τα ταβάνια και τους τοίχους να φαίνονται υποφωτισμένα, ειδικά όταν χρησιμοποιείται το φυσικό φως από τα παράθυρα. Ωστόσο, με τα πολύ φωτεινά πατώματα ανακύπτει πρόβλημα συντήρησης. Η ανακλαστικότητα του δαπέδου παίζει σημαντικό ρόλο στην οπτική άνεση ενός δωματίου. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις φωτισμού ένα ποσοστό του φωτός της οροφής αντικατοπτρίζεται από το πάτωμα. Σε περιπτώσεις που αυτό έχει χαμηλό συντελεστή ανάκλασης μπορεί τα αποτελέσματα να μην είναι τα επιθυμητά και να είναι απαραίτητη η χρήση άμεσου φωτισμού σε κάποιες επιφάνειες αλλάζοντας έτσι την ισορροπία της φωτεινότητας. Αντίθετα, καθώς το δάπεδο μπορεί να είναι ένα από τα μεγαλύτερα επίπεδα σε ένα χώρο, είναι σημαντικό η φωτεινότητα του να μην είναι τόσο υψηλή ώστε να κυριαρχεί στον χώρο. Συνεπώς, είναι ανεπιθύμητο για το δάπεδο να έχουμε ένα μέσο συντελεστή ανάκλασης μικρότερο από 0,20 ή μεγαλύτερο από 0,40.⁶



Εικ.4.9 Η αύξηση της ανακλαστικότητας του δαπέδου φωτίζει ολόκληρο το δωμάτιο.⁶

Ανακλαστικότητα εδάφους και όψης παρακείμενων κτιρίων

Όπως οι ανακλαστικότητες και το χρώμα των εσωτερικών επιφανειών επηρεάζουν τον φωτισμό έτσι επηρεάζουν και η ανακλαστικότητα των υλικών του εδάφους και της όψης των παρακείμενων κτιρίων. Άλλωστε, όπως αναφέραμε παραπάνω, οι πηγές φυσικού φωτισμού δεν είναι μόνο ο ήλιος και ο ουρανός αλλά και το έδαφος και τα κτίρια. Στον Πίνακα 4.1 δίνονται οι συντελεστές ανάκλασης για κάποια οικοδομικά υλικά και στον Πίνακα 4.2 για κάποια χρώματα.

ΥΛΙΚΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ (%)
Άσφαλτος	10
Αλουμίνιο (γυαλιστερό)	70-85
Σκυρόδεμα	30-50
Γυαλί διαυγές	7
Γυαλί ανακλαστικό	20-40
Γυαλί με επικάλυψη καθρέφτη	80-90
Ξύλο	5-40
Πέτρα	5-50
Εφυσωμένα πλακίδια (άσπρα)	60-90
Χιόνι	60-75
Γρασίδι (σκούρο πράσινο)	10
Γρασίδι ξεραμένο	35
Μέση φύτευση	25

Πίνακας 4.1 Συντελεστές ανάκλασης ορισμένων οικοδομικών υλικών.⁷

ΧΡΩΜΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ (%)
Μαύρο	3
Μαύρο ματ	5
Μαύρη λαδομπογιά	9
Μαύρο σκυρόδεμα	10
Σκούρο γκρι	9
Σκούρο πράσινο (λαδί)	11
Σκούρο καφέ	12
Καφέ σκυρόδεμα	15
Σκούρο μπλε-γκρι	12
Κόκκινη λαδομπογιά	26
Κόκκινα τούβλα	30
Φυσικό σκυρόδεμα	35
Πράσινο	41
Πορτοκαλί	42
Κίτρινο	43
Ανοιχτό πράσινο	53
Άσπρο	75
Ασημί	75

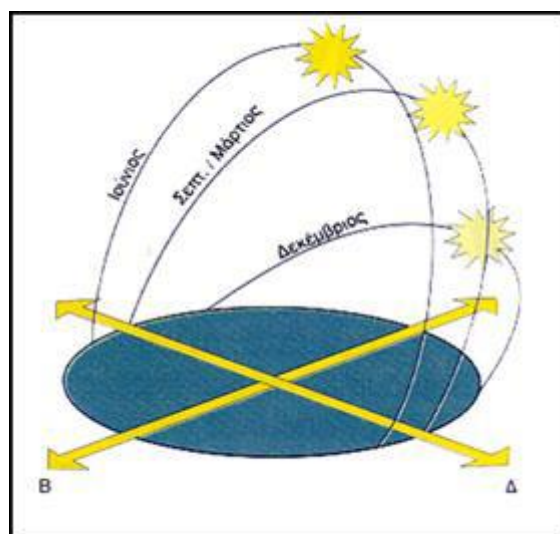
Πίνακας 4.2 Ανακλαστικότητα ορισμένων χρωμάτων και έγχρωμων οικοδομικών υλικών.⁷

4.4 Υπολογισμός ηλιασμού κτιρίου

Για τον προσδιορισμό του ηλιασμού ενός κτιρίου απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο προσδιορισμός της θέσης του ήλιου για να συσχετιστούν τα γεωμετρικά δεδομένα του κτιρίου με τα γεωμετρικά δεδομένα της εκάστοτε θέσης του ήλιου. Τα ηλιακά διαγράμματα μας δίνουν πληροφορίες για τη θέση του ήλιου στον ουράνιο θόλο ανά πάσα στιγμή, με βάση το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της υπό μελέτη περιοχής.

Η ακριβής θέση του ήλιου ορίζεται από τις ηλιακές γωνίες (solar angles), δηλαδή το αζιμουθιο (azimuth) και το ύψος (altitude).

Πρέπει να σημειωθεί ότι, προκειμένου να προσδιοριστεί ο ηλιασμός ενός κτιρίου ή ενός οικοπέδου υιοθετείται η παραδοχή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, δηλαδή θεωρείται ότι η γη παραμένει σταθερή, ενώ ο ήλιος κινείται. Αυτή η παραδοχή διευκολύνει στη γεωμετρική απεικόνιση των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, οι οποίες ακολουθούν μια μεγάλη συνεχή σπείρα. Οι φαινόμενες τροχιές του ήλιου ταυτίζονται ανά δύο μήνες εκτός του Δεκεμβρίου και του Ιουνίου. Ο μήνας Δεκέμβριος έχει τη χαμηλότερη τροχιά, ενώ ο Ιούνιος την υψηλότερη.

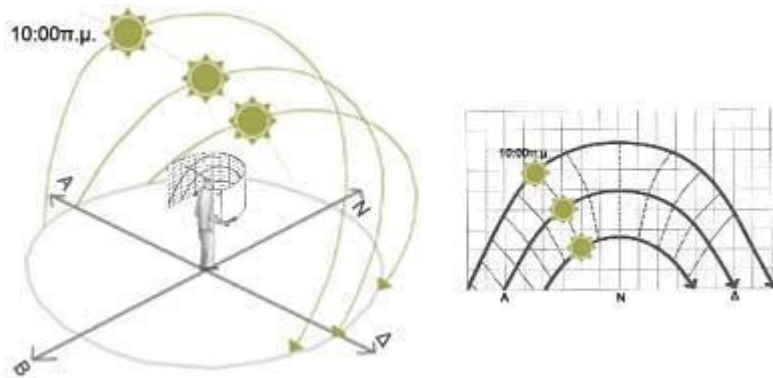


Εικ.4.10 Φαινόμενες τροχιές του ήλιου¹

Η θέση του ηλίου, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, περιγράφεται από δύο γωνίες:

- . Το ηλιακό ύψος (α)
- . Το ηλιακό αζιμούθιο (γ_s)

Το ύψος του ηλίου (α) είναι η γωνία σε μοίρες που σχηματίζεται μεταξύ της θέσης του ήλιου στον ουρανό και του οριζόντιου επιπέδου, ενώ το αζιμούθιο (γ_s) είναι η γωνία σε μοίρες της ορθής προβολής του ήλιου επάνω στο οριζόντιο επίπεδο, σε σχέση με τον τοπικό μεσημβρινό Βορρά-Νότου.



Εικ.4.11 Οι γωνίες ύψους και αζιμούθιου ορίζουν τη θέση του ήλιου. Ορθή προβολή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου στον ηλιακό χάρτη.⁶

Προκειμένου όμως να ορίσουμε τη θέση του ήλιου σε σχέση με ένα κτίριο χρειαζόμαστε και τις γωνίες σκίασης της επιφάνειας:

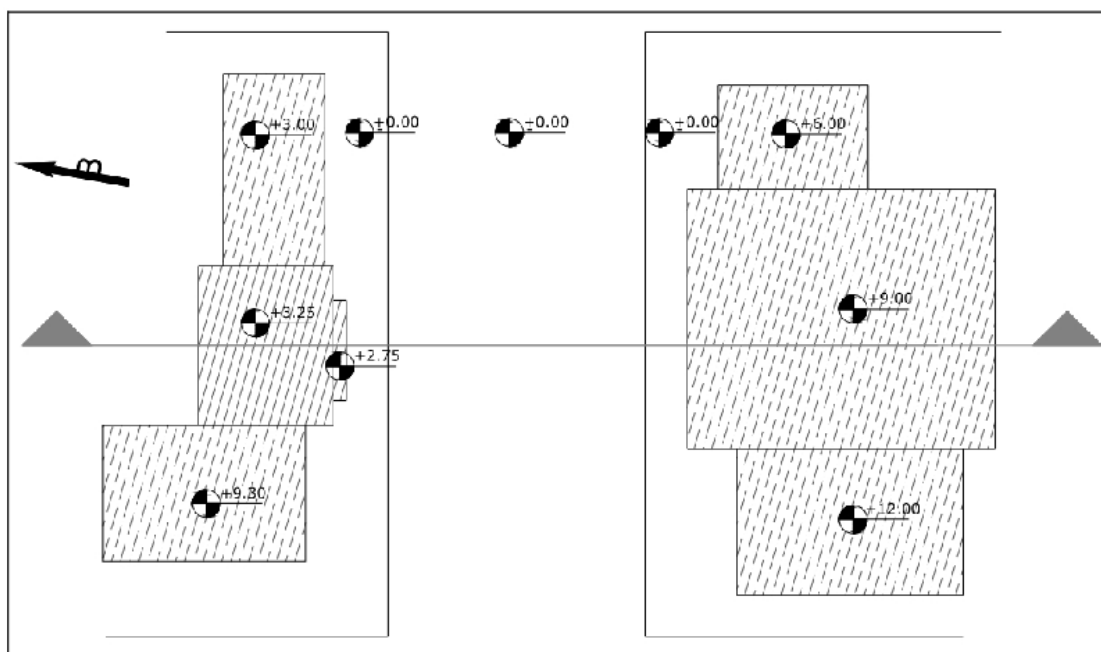
- της οριζόντιας (HSA) και
- της κατακόρυφης γωνίας σκίασης (VSA)

Η οριζόντια γωνία σκίασης (HSA) είναι η γωνία, σε μοίρες, που σχηματίζεται μεταξύ του αζιμουθίου της επιφάνειας (γ) και του ηλιακού αζιμουθίου, ενώ η κατακόρυφη γωνία σκίασης (VSA) είναι η γωνία, σε μοίρες, μεταξύ της διεύθυνσης του ηλίου, σε σχέση με το επίπεδο της επιφάνειάς μας και το οριζόντιο επίπεδο και εξαρτάται από το ύψος του ήλιου και την οριζόντια γωνία σκίασης.

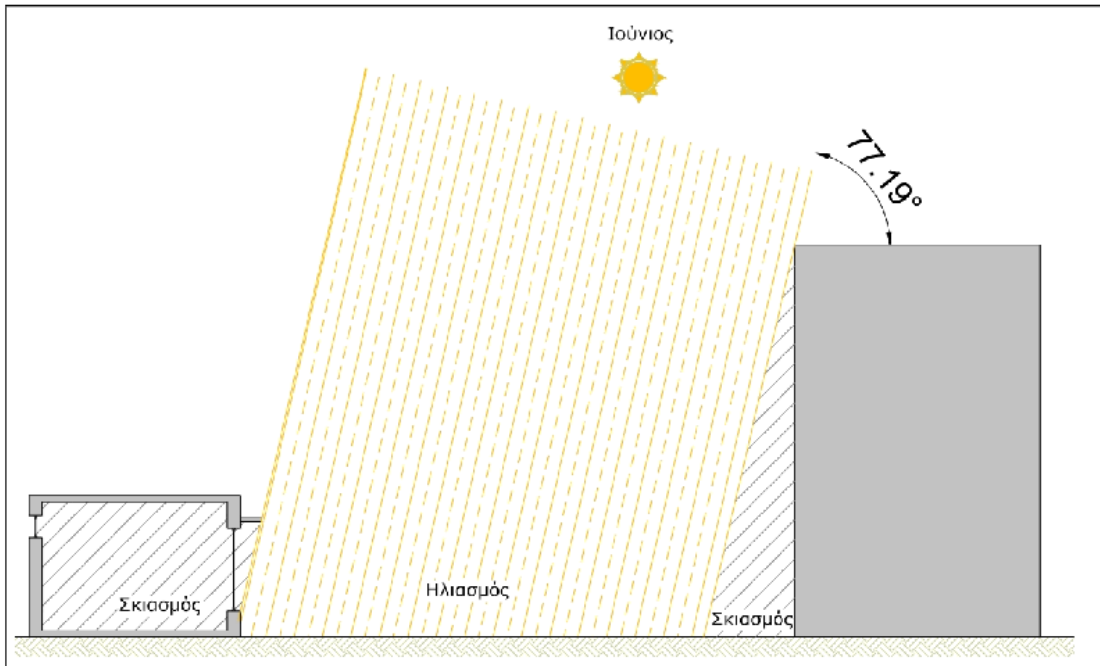
Το αζιμούθιο της επιφάνειας ($-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του μεσημβρινού που περνά από το επίπεδο αναφοράς και την προβολή σε οριζόντιο επίπεδο της καθέτου επί του επιπέδου. Σύμφωνα με την παραδοχή, για τους υπολογισμούς του ηλιασμού / σκιασμού για επίπεδο με νότιο προσανατολισμό ισχύει $\gamma=0^\circ$, για δυτικό προσανατολισμό $\gamma=90^\circ$, για ανατολικό προσανατολισμό $\gamma= - 90^\circ$ και για βόρειο προσανατολισμό $\gamma=180^\circ$.

Γνωρίζοντας την κατακόρυφη γωνία σκίασης, μπορεί εύκολα να οριστεί ο ηλιασμός και ο σκιασμός από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία των επιφανειών του κτιρίου, σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές.

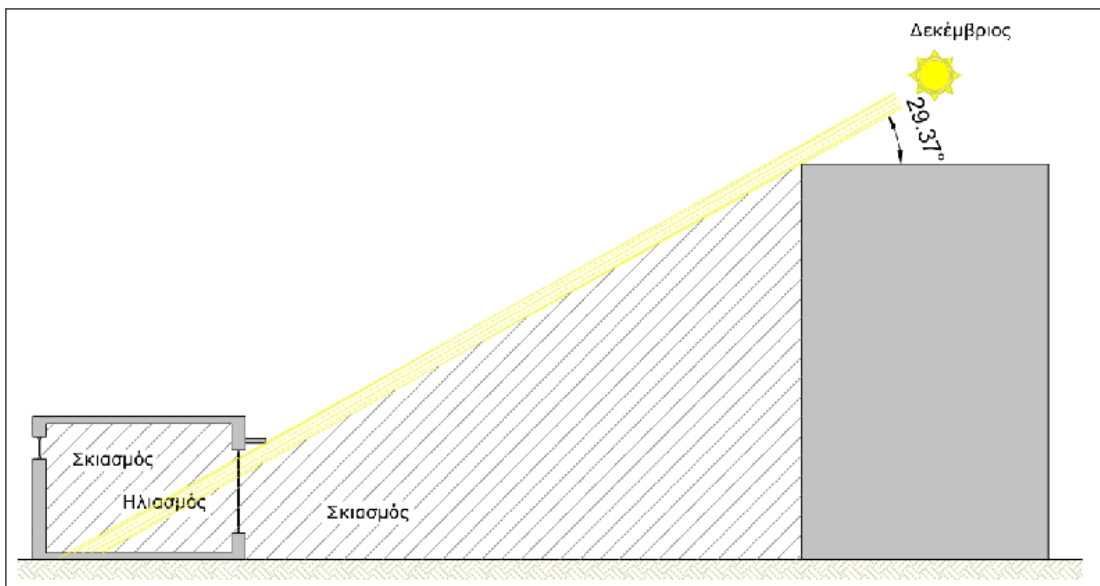
Παρακάτω δίνεται ένα παράδειγμα μέσω εικόνων. Στην Εικ.4.12 φαίνεται το σκαρίφημα του τοπογραφικού ενός κτιρίου του οποίου ζητείται να υπολογισθεί η σκίαση. Δεδομένου ότι η νότια επιφάνεια έχει 10° απόκλιση προς τη Δύση, μπορούν να ορισθούν σχηματικά (στις τομές που φαίνονται στις Εικ.4.13,4.14) ο ηλιασμός και η σκίαση του κτιρίου, το μεσημέρι, τόσο από τον περιβάλλοντα χώρο της, όσο και από τις αρχιτεκτονικές προεξοχές για τον Ιούνιο και το Δεκέμβριο αντίστοιχα, με τις γωνίες που υπολογίσθηκαν παραπάνω.



Εικ.4.12 Σκαρίφημα τοπογραφικού διαγράμματος κτιρίου που ζητείται ο ηλιασμός, σκιασμός του από τον περιβάλλοντα χώρο και προεξοχές, του οποίου οι τομές φαίνονται στις Εικ.4.13 και 4.14.⁶



Εικ.4.13 Ηλιασμός και σκισμός κτιρίου από τον περιβάλλοντα χώρο και από προεξοχές, για νότια προσανατολισμένη επιφάνεια με 10° απόκλιση προς τη Δύση, στις 12:00 το μεσημέρι τον Ιούνιο, για γεωγραφικό πλάτος 38° Β.⁶



Εικ.4.14 Ηλιασμός και σκισμός από τον περιβάλλοντα χώρο και από προεξοχές, για νότια προσανατολισμένη επιφάνεια με 10° απόκλιση προς τη Δύση, στις 12:00 το μεσημέρι το Δεκέμβριο, για γεωγραφικό πλάτος 38° Β.⁶

Παρατηρείται ότι τον Ιούνιο, που ο ήλιος βρίσκεται ψηλά, η νότια πλευρά του κτιρίου μπορεί να σκιασθεί κυρίως από οριζόντιες προεξοχές. Το Δεκέμβριο, που ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, τα ψηλά γειτονικά κτίρια μπορεί να εμποδίσουν τον ηλιασμό της νότιας πλευράς του κτιρίου σε μεγάλο βαθμό. Ο χειμερινός ηλιασμός του κτιρίου είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπ'όψη κατά τη χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο. Για τη διαστασιολόγηση

των αρχιτεκτονικών προεξοχών που προσφέρουν σκιασμό σε νότια ανοίγματα τη θερινή περίοδο, λαμβάνεται υπ' όψη ο θερινός ηλιασμός.

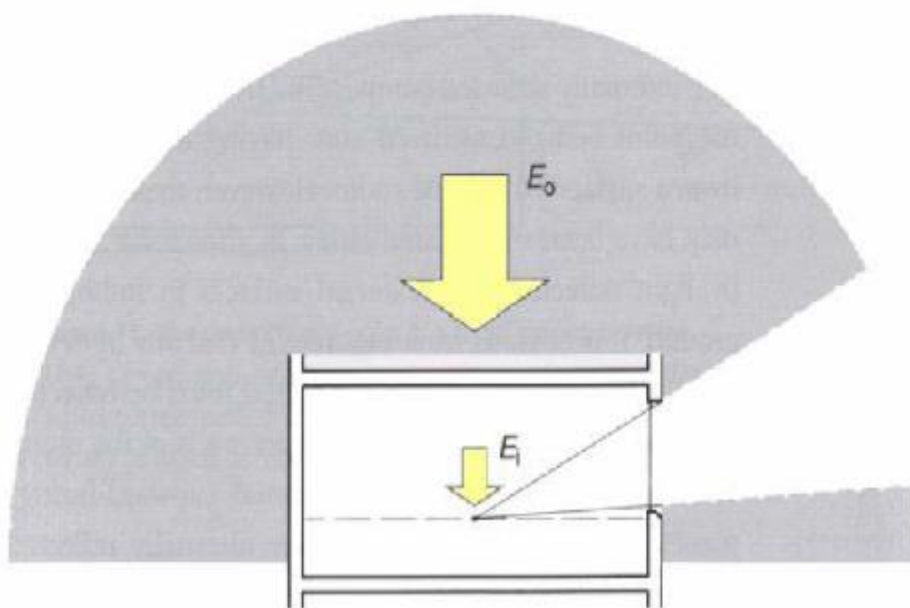
Επισημαίνεται, τέλος, ότι στην αγορά διατίθεται πληθώρα λογισμικών για τον υπολογισμό της σκίασης / ηλιασμού στοιχείων του κτιρίου καθώς και κτιριακών συνόλων.⁶

4.5 Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού

4.5.1 Συντελεστής Φυσικού Φωτισμού (Σ.Φ.Φ.)

Ο Συντελεστής Φυσικού Φωτισμού (*Daylight Factor*) είναι ο λόγος του φωτισμού που δέχεται ένα σημείο του εσωτερικού χώρου (E_i), συνήθως στο ύψος του επιπέδου εργασίας (0,70-0,80 m από το δάπεδο αναφοράς), προς τον αντίστοιχο φωτισμό σε εξωτερικό ανεμπόδιστο σημείο (E_o) σε συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού, εκφρασμένος επί τοις εκατό

$$\text{Σ.Φ.Φ.} = E_i / E_o \times 100 \%$$



Εικ.4.15 Συντελεστής φυσικού φωτισμού ⁴

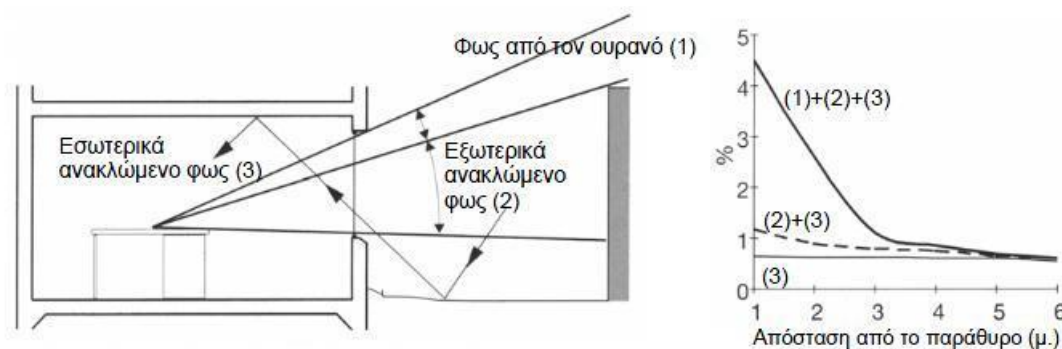
Ουσιαστικά, ο λόγος αυτός δίνει μια αίσθηση του πόσο «φωτεινό» ή «σκοτεινό» είναι το εσωτερικό ενός κτιρίου και είναι πάντοτε σταθερός για ένα συγκεκριμένο σημείο του χώρου (είτε ο χώρος είναι στο Όσλο είτε στην Αθήνα), αφού όσο αυξάνεται ο αριθμητής αυξάνεται και ο παρονομαστής.

Με λίγα λόγια, ο Σ.Φ.Φ. εκφράζει τη γεωμετρία και τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά ενός χώρου.

Η ποσότητα του φυσικού φωτός σε ένα σημείο, και συνεπώς ο Σ.Φ.Φ., εξαρτάται από:

- το φως που προέρχεται απευθείας από τον ουρανό
- το φως που προέρχεται από ανάκλαση σε εξωτερικές επιφάνειες
- το φως που προέρχεται από ανάκλαση σε εσωτερικές επιφάνειες

Σε ένα τυπικό χώρο με εξωτερικά εμπόδια, η συνεισφορά του εσωτερικά ανακλώμενου φωτός είναι ίδια σε όλο το βάθος του χώρου. Η συνεισφορά του εξωτερικά ανακλώμενου φωτός και αυτού που προέρχεται απευθείας από τον ουρανό μειώνονται όσο αυξάνει η απόσταση από το παράθυρο.⁵



Εικ.4.16 Αριστερά:Οι τρεις παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο Σ.Φ.Φ. Δεξιά: Η σχετική συνεισφορά του φωτός από τον ουρανό καθώς και του εσωτερικά και του εξωτερικά ανακλώμενου στον φωτισμό ενός τυπικού χώρου με εξωτερικό εμπόδιο.⁴

Ο συντελεστής φυσικού φωτισμού είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος διότι είναι μια διαισθητική ποσότητα που μπορεί να μετρηθεί ή και να υπολογιστεί με τη χρήση πινάκων υπολογισμού είτε με πιο ακριβείς μεθόδους προσομοίωσης.

Παρόλα αυτά, ο Σ.Φ.Φ. έχει την αδυναμία ότι δεν επηρεάζεται από τον προσανατολισμό του υπό μελέτη κτιρίου, καθώς ο ουρανός αναφοράς (νεφοσκεπής) κατά CIE είναι αμετάβλητος (ως προς τον άξονα περιστροφής) και ανεξάρτητος από το γεωγραφικό πλάτος του κτιρίου. Ο νεφοσκεπής ουρανός τείνει να υποτιμά τις λαμπρότητες κοντά στον ορίζοντα και συνεπώς ο Σ.Φ.Φ. δεν μπορεί να αποτελεί κριτήριο για τον σχεδιασμό αν μελετάται σε καθαρό ουρανό, αφού το ποσοστό αυτό αλλάζει σημαντικά κατά τη διάρκεια της ημέρας.^{2,4}

4.5.2 Αυτονομία φυσικού φωτισμού

Η αυτονομία φυσικού φωτισμού (Daylight Autonomy- DA) σε ένα σημείο σε ένα κτίριο ορίζεται ως το ποσοστό των κατειλημμένων ωρών ετησίως που μπορεί να διατηρηθεί το κατώτατο επίπεδο έντασης φωτισμού μόνο από το φυσικό φως.

Το κατώτατο επίπεδο έντασης φωτισμού αντιστοιχεί στην ελάχιστη φυσική απαίτηση φωτισμού που πρέπει να διατηρηθεί, έτσι ώστε μια ορισμένη εργασία να μπορεί να εκτελεστεί ακίνδυνα και χωρίς κούραση του εργαζόμενου. Για παράδειγμα, μια αυτονομία φυσικού φωτισμού 70% για έναν χώρο εργασίας με ώρες απασχόλησης στις εργάσιμες ημέρες μεταξύ 8π.μ. και 6μ.μ. και κατώτερα επίπεδα φωτισμού στα 500 lux, υπονοεί ότι ο υπάλληλος μπορεί να εργαστεί, σε γενικές γραμμές, το 70% του έτους μόνο με τη χρήση φυσικού φωτισμού.

Η αυτονομία φυσικού φωτισμού είναι ένας νέος σχετικά δείκτης απόδοσης φυσικού φωτισμού. Το κύριο πλεονέκτημα της συγκριτικά με τον συντελεστή φυσικού φωτισμού είναι ότι λαμβάνει υπόψη τον προσανατολισμό των προσόψεων, την παρουσία των χρηστών και εξετάζει όλες τις συνθήκες του ουρανού καθ'όλη τη διάρκεια του έτους. Είναι, επομένως, μια ολιστική προσέγγιση που περιγράφει την ετήσια διαθεσιμότητα φυσικού φωτός σε έναν χώρο και μπορεί να υπολογιστεί μόνο με προγράμματα προσομοίωσης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι παρόλο που η αυτονομία φυσικού φωτισμού είναι ανεξάρτητη από την εγκατεστημένη ισχύ ηλεκτρικού φωτισμού και τον ηλεκτρικό έλεγχο του φωτισμού, μια υψηλή αυτονομία φυσικού φωτισμού είναι μια απαραίτητη απαίτηση, αλλά όχι μια εγγύηση εξοικονόμησης ενέργειας λόγω του φυσικού φωτός.³

4.5.3 Χρήσιμη αυτονομία φυσικού φωτισμού

Οι χρήσιμες εντάσεις φυσικού φωτός (Useful Daylight Illuminances –UDI), προτεινόμενες από τους Mardaljevic και Nabil το 2005, είναι ένας δυναμικός δείκτης απόδοσης φυσικού φωτισμού που είναι επίσης βασισμένος στις εντάσεις φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας. Όπως προτείνει το όνομά του, στοχεύει να καθορίσει πότε τα επίπεδα φυσικού φωτός είναι χρήσιμα για τον κάτοχο, δηλαδή ούτε πολύ χαμηλά (<100 lux) ούτε πολύ υψηλά (> 2000 lux).

Το ανώτερο όριο ανιχνεύει τα διαστήματα που μια ποσότητα φυσικού φωτός μπορεί να οδηγήσει σε οπτική, ή ακόμα και θερμική, δυσφορία.

Το προτεινόμενο εύρος προέκυψε από τις αναφερόμενες προτιμήσεις χρηστών σε γραφεία που λάμβαναν επαρκές φυσικό φως.³

4.6 Συστήματα Φυσικού Φωτισμού

Οι στόχοι που τίθενται μέσω της χρήσης συστημάτων φυσικού φωτισμού για τους χώρους ενός κτιρίου είναι:

- να φωτίζεται επαρκώς το σύνολο του χώρου σύμφωνα με τη χρήση του
- να δημιουργείται ένα οπτικό περιβάλλον με την καλύτερη οπτική ποιότητα φωτισμού και
- η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη¹⁰

Οι **κατηγορίες** συστημάτων φυσικού φωτισμού είναι:

- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί/ Φωτοσωλήνες

Ενώ οι **τεχνικές** που σκοπεύουν στην βελτίωση αυτών των συστημάτων περιλαμβάνουν:

- Ηλιοστάσια
- Ειδικούς υαλοπίνακες
- Σκίαστρα
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

- Ράφια φωτισμού
- Ανακλαστικές περσίδες
- Διαφανή μονωτικά υλικά⁸

4.6.1 Ανοίγματα

Τα ανοίγματα αποτελούν θεμελιώδες κομμάτι στον σχεδιασμό ενός κτιρίου, επιτελώντας ποικιλία λειτουργιών (φωτισμό, αερισμό, ηλιακή ενέργεια, θέα, προστασία από καιρικές συνθήκες και θόρυβο) ενώ προσδιορίζουν τον χαρακτήρα του χώρου.

Μια βασική λειτουργία ενός ανοίγματος είναι να παρέχει θέαση του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η θέα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην θετική αξιολόγηση του εσωτερικού χώρου από τον χρήστη του και σχετίζεται με τις αλλαγές στις συνθήκες του ουρανού, του φυσικού φωτός και της εποχής. Ικανοποιεί την ανάγκη του ματιού για αλλαγή από το πεδίο συγκέντρωσης και παρέχει μια εποπτεία του περιβάλλοντος γύρω από το κτίριο.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι διάταξης ανοιγμάτων που ικανοποιούν τα διαφορετικά επίπεδα φωτισμού που επιβάλλουν οι διαφορετικές δραστηριότητες.²

Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία

Τα ανοίγματα πρέπει να κατανέμονται σωστά στην όψη και να έχουν το κατάλληλο μέγεθος και σχήμα. Οι σχεδιαστικές πρακτικές που αφορούν στην επιλογή των πλευρικών ανοιγμάτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

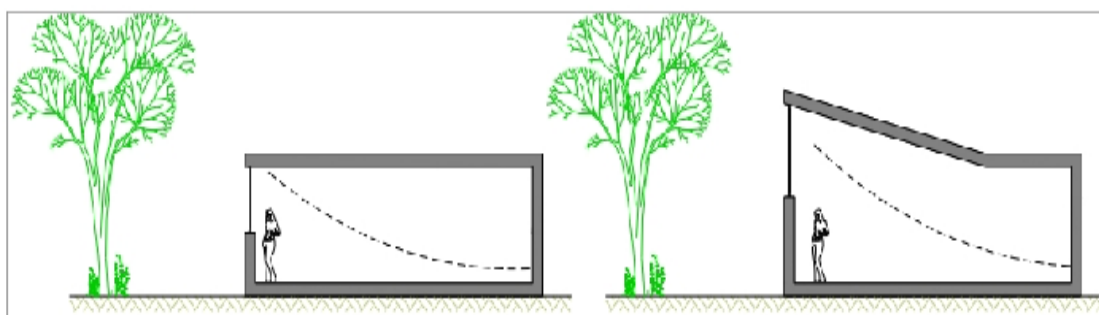
-Το μέγεθος του ανοίγματος σχετίζεται άμεσα με το μέγεθος του φωτιζόμενου χώρου.

Ένας εμπειρικός κανόνας καθορίζει ότι ποσοστό ανοίγματος ίσο με το 20% της επιφάνειας του φωτιζόμενου χώρου παρέχει ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτός και συγχρόνως αποφεύγονται οι υπερβολικές θερμικές απώλειες το χειμώνα, η υπερθέρμανση το καλοκαίρι και μειώνεται ο κίνδυνος θάμβωσης. Η αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων πέραν αυτού του ορίου επιφέρει μικρή αύξηση του φυσικού φωτισμού, ενώ προκαλεί δυσανάλογα μεγάλη αύξηση του θερμικού και ψυκτικού φορτίου του χώρου.

Σύμφωνα με τον ελληνικό Κτιριοδομικό Κανονισμό, το μέγεθος των ανοιγμάτων πρέπει να είναι τουλάχιστον το 10% της επιφάνειας του δαπέδου του φωτιζόμενου χώρου, για να επιτυγχάνεται ο ελάχιστος φωτισμός και αερισμός. Βέβαια αυτή η προδιαγραφή δεν είναι

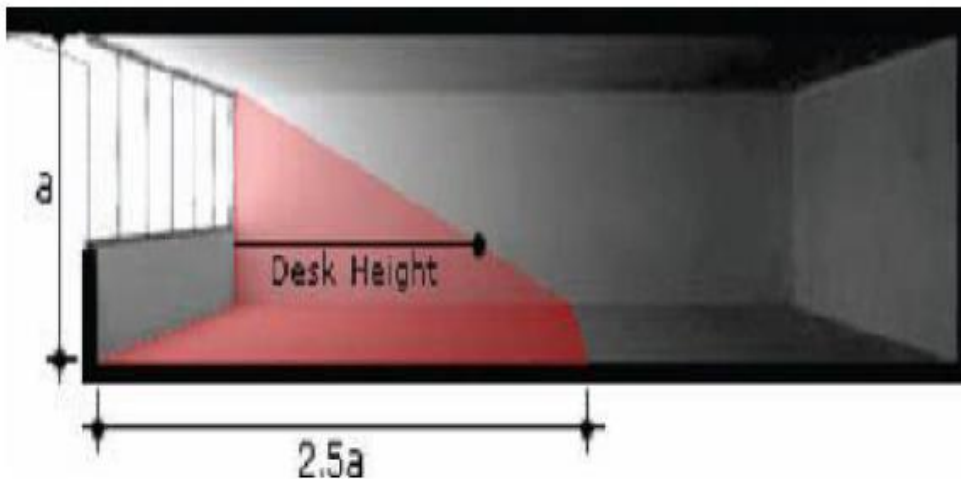
αρκετή, γιατί δε λαμβάνεται υπόψη η αυξομείωση της έντασης του φυσικού φωτισμού, σε σχέση με τα υπάρχοντα εξωτερικά εμπόδια, τον όροφο που βρίσκεται αυτός ο χώρος κλπ. Σε γενικές γραμμές η επιφάνεια του ανοίγματος είναι ανάλογη με τα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο χώρο και αύξηση του μεγέθους του ανοίγματος κατά 10% συμβάλλει στην αύξηση του μέσου συντελεστή φυσικού φωτός κατά περίπου 1%.

-Η θέση του ανοίγματος στον τοίχο. Όσο πιο ψηλά είναι τοποθετημένο ένα άνοιγμα, τόσο πιο βαθιά φτάνει το φυσικό φως στο χώρο. Με την τοποθέτηση των ανοιγμάτων ψηλά, σε συνδυασμό με την αύξηση της ανακλαστικότητας του πίσω τοίχου του φωτιζόμενου χώρου, επέρχεται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού σε όλο το βάθος.



Εικ.4.17 Επίδραση της θέσης του παραθύρου στην κατανομή του φυσικού φωτισμού⁶

Εάν το βάθος του χώρου ξεπερνά κατά 2,5 φορές το ύψος του ανοίγματος μέχρι το ανώφλι, τότε ο φωτισμός στο πίσω μέρος του χώρου δεν είναι ικανοποιητικός, τόσο ως προς την ποσότητα, όσο και ως προς την ποιότητα.



Εικ.4.18 Φωτισμός σε μακρόστενο δωμάτιο.⁹

-**Το σχήμα του ανοίγματος** επηρεάζει την κατανομή του φωτός στο χώρο. Με **ανοίγματα μεγάλου πλάτους** (αναλογίες πλάτους προς ύψος περίπου 2:1), ο φωτισμός του χώρου διαμορφώνεται σε ζώνες διαφορετικής έντασης, παράλληλες προς τον τοίχο που φέρει το άνοιγμα. Η ένταση του φωτισμού παραμένει σχεδόν σταθερή όλη την ημέρα και εμφανίζεται μικρός κίνδυνος θάμβωσης. Με **κατακόρυφα ανοίγματα** (αναλογίες πλάτους προς ύψος περίπου 1:2), ο φωτισμός διανέμεται σε μια ζώνη κάθετη προς τον τοίχο του ανοίγματος, με αποτέλεσμα τη διαφορετική ένταση του φωτισμού στη διάρκεια της ημέρας. Αυτός ο τύπος του ανοίγματος προσφέρει καλύτερο φωτισμό σε περιοχές απομακρυσμένες από το άνοιγμα, αλλά προκαλεί και μεγαλύτερη θάμβωση.

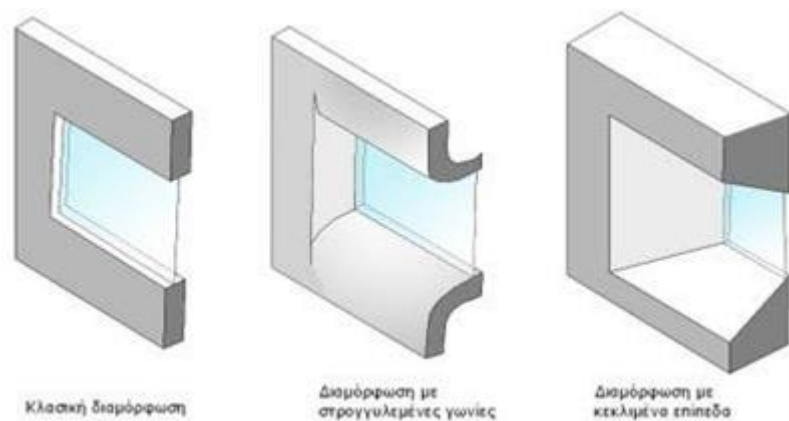
-**Πολλά μικρότερα ανοίγματα αντί για ένα άνοιγμα μεγάλου μεγέθους** συμβάλλουν σε καλύτερη κατανομή του φυσικού φωτός στο χώρο.

Εάν ο χώρος έχει μεγάλο βάθος, δεν επαρκεί ο μονόπλευρος φωτισμός. Απαιτείται συμπληρωματικός φωτισμός από πλευρικά παράθυρα, φεγγίτες και ανοίγματα στην οροφή. Με τα διαμπερή ανοίγματα επιτυγχάνεται καλύτερη κατανομή του φωτός και μειώνεται η θάμβωση. Ιδιαίτερα όταν τα ανοίγματα τοποθετούνται σε παρακείμενους τοίχους μειώνεται

σημαντικά ο κίνδυνος θάμβωσης, επειδή εξομαλύνεται η διαφορά λαμπρότητας μεταξύ των τοίχων και του ανοίγματος.

- **Τοποθέτηση των ανοιγμάτων κοντά στους εσωτερικούς τοίχους.** Με τη βοήθεια των διαδοχικών ανακλάσεων της φωτεινής ακτινοβολίας όλοι, οι τοίχοι φωτίζονται κι έτσι μειώνεται η διαφορά λαμπρότητας των επιφανειών και ο κίνδυνος θάμβωσης .

- **Διαμόρφωση των παραστάδων ή του ανωφλιού ή και της ποδιάς των παραθύρων με κλίση ή με στρογγυλεμένες γωνίες,** για να διευκολυνθεί η μετάβαση από τη φωτεινή περιοχή του παραθύρου στη μη φωτιζόμενη ζώνη της τοιχοποιίας, έτσι ώστε να αποφευχθεί η θάμβωση και να βελτιωθεί η οπτική άνεση.⁶



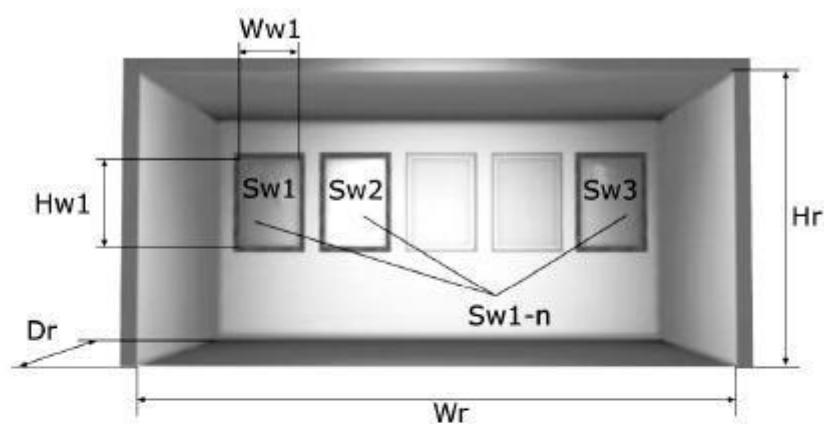
Εικ.4.19 Διαμόρφωση των παραστάδων ή του ανωφλιού ή και της ποδιάς των παραθύρων με κλίση ή με στρογγυλεμένες γωνίες.⁶

Διαστασιολόγηση ανοιγμάτων κατά DIN

Η αναγκαιότητα της ύπαρξης των παραθύρων οδήγησε στους παρακάτω κανόνες αρχιτεκτονικού σχεδιασμού σύμφωνα με τα γερμανικά πρότυπα (ASR 7/1.DIN 5034-1):

1. Το πλάτος των παραθύρων να μην είναι μικρότερο από 1m ($W_w \geq 1m$)
2. Το ύψος των παραθύρων να μην είναι μικρότερο από 1,25m ($H_w \geq 1,25m$)
3. Η επιφάνεια ενός παραθύρου, για βάθος δωματίου μέχρι 5m, να μην είναι μικρότερη από $1,25m^2$, ενώ για βάθος άνω των 5m, να μην είναι μικρότερη από $1,5m^2$ (για $D_R < 5m$ τότε $W_w \times H_w \geq 1,25m^2$ και για $D_R > 5m$ τότε $W_w \times H_w \geq 1,5m^2$)

4. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων ενός δωματίου μέχρι 600m^2 , να μην είναι μικρότερη από το 10% της επιφάνειας του δαπέδου (για $W_R \times D_R < 600\text{m}^2$ τότε $S_w \geq 0,10(W_R \times D_R)$).
Στην Ελλάδα η συνολική επιφάνεια των παραθύρων καλύπτει το 10% της επιφάνειας του δαπέδου, ενώ συγκεκριμένα στα κτίρια υγειονομικής περίθαλψης το ποσοστό ανέρχεται στο 20%.
5. Η συνολική επιφάνεια των παραθύρων για ύψος δωματίου μέχρι 3,5m να μην είναι μικρότερη από το 30% της επιφάνειας του δαπέδου (για $H_R \leq 3,5\text{m}$ τότε $S_w \geq 0,3(W_R \times D_R)$)
6. Το συνολικό πλάτος του παραθύρου να μην είναι μικρότερο από το 55% του πλάτους του τοίχου του δωματίου ($W_w \geq 0,55 \times W_R$).³



$W_{1..n}$ → παράθυρα 1 έως n

$S_{w_{1..n}}$ → επιφάνεια παραθύρων 1 έως n

H_w → ύψος παραθύρου

W_w → πλάτος παραθύρου

D_r → βάθος δωματίου

W_r → πλάτος δωματίου

H_r → ύψος δωματίου

Εικ.4.20 Διαστασιολόγηση ανοιγμάτων ³

Συντελεστής αναλογίας παραθύρου τοίχων (WWR-window to wall ratio)

Ο συντελεστής αναλογίας παραθύρου τοίχων (WWR-window to wall ratio) είναι το εμβαδόν των παραθύρων διαιρούμενο με το εμβαδόν του τοίχου, που είναι τοποθετημένα τα παράθυρα, όπως τον βλέπει κανείς μέσα από το δωμάτιο. Το εμβαδόν του τοίχου περιλαμβάνει και το εμβαδόν των παραθύρων στον τοίχο και υπολογίζεται ως το γινόμενο του ύψους του τοίχου από το πάτωμα μέχρι την οροφή πολλαπλασιαζόμενο με το οριζόντιο μήκος του τοίχου που περιέχει το παράθυρο δίπλα στην ζώνη φυσικού φωτισμού (daylight zone).

Αν ένα δωμάτιο φωτίζεται από τη μια πλευρά μόνο, το βάθος του δωματίου L , δεν πρέπει γενικά να υπερβαίνει την τιμή που δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$(L/W + L/H) \leq 2/(1-R_{back})$$

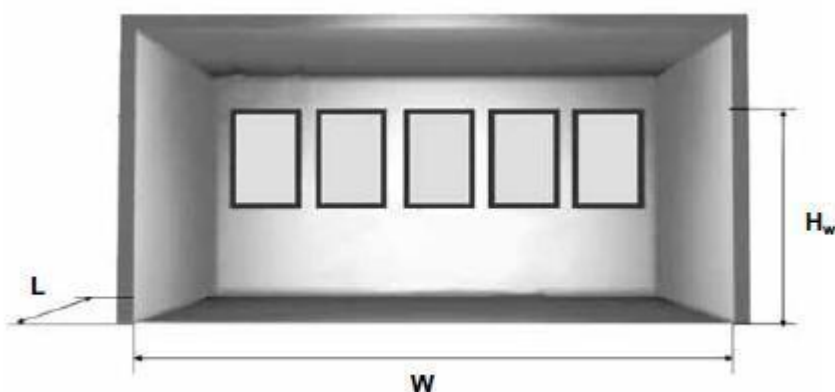
Όπου:

W = το πλάτος του δωματίου

H = το ύψος του παραθύρου μετρούμενο από το δάπεδο

R_b = η μέση ανακλαστικότητα των επιφανειών στο εσωτερικό, πίσω μέρος του δωματίου.

Αν το L , υπερβεί αυτή την τιμή, το πίσω μέρος του δωματίου θα είναι σκοτεινό και θα παρουσιαστεί η ανάγκη για βοηθητικό τεχνητό φωτισμό.³

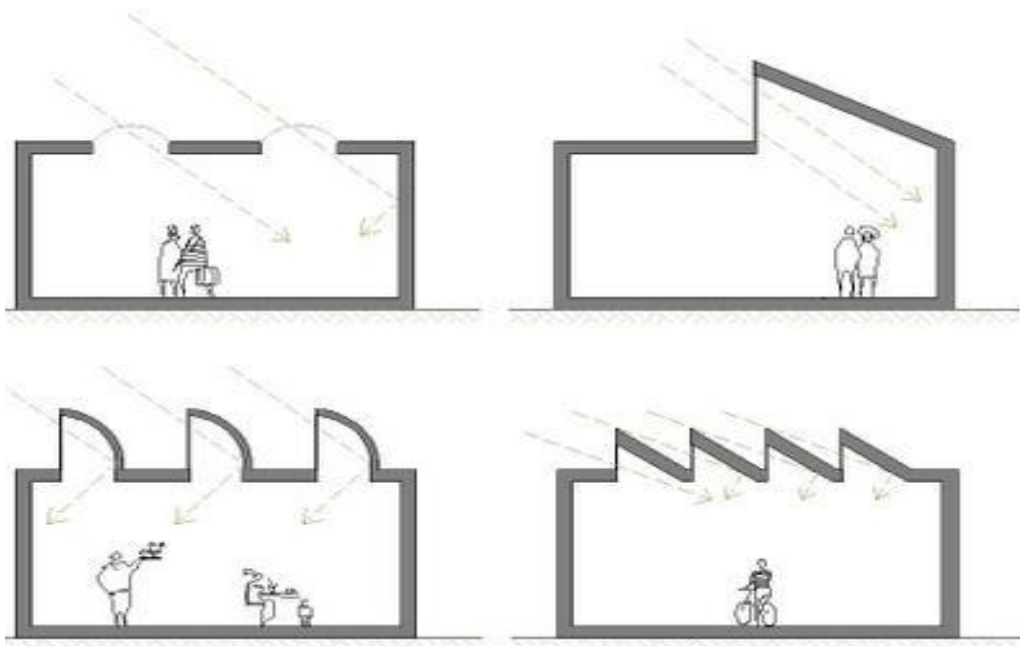


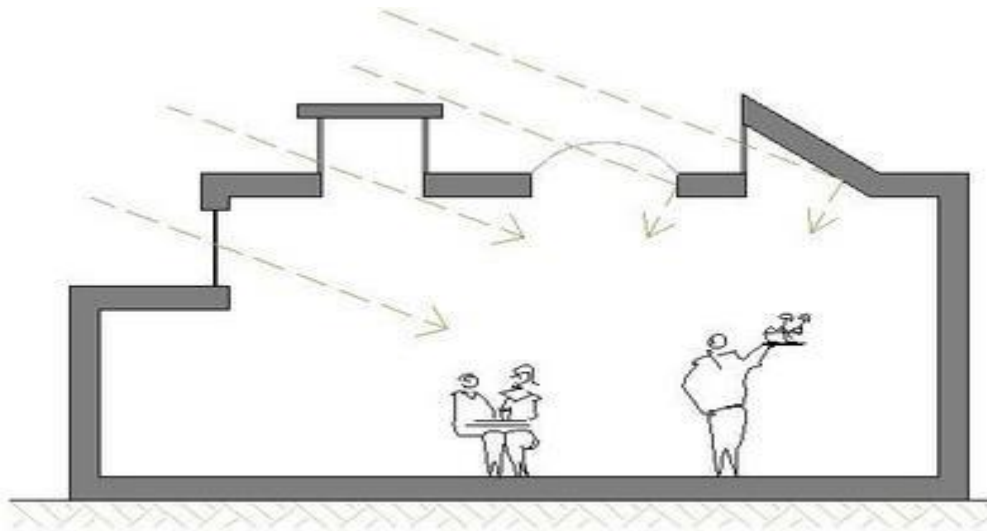
Εικ.4.21 Απεικόνιση διαστάσεων.³

Ανοίγματα οροφής

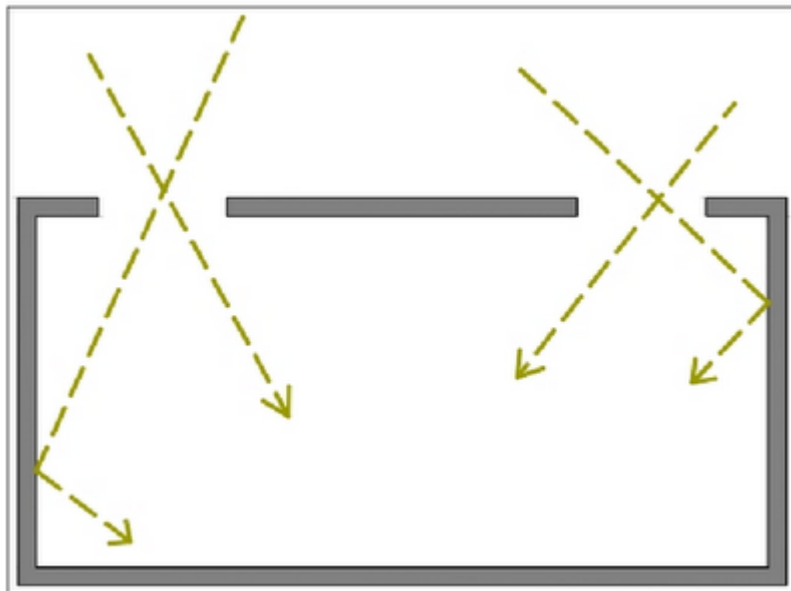
Οριζόντια, κεκλιμένα ή κατακόρυφα, επίπεδα ή καμπυλόμορφα, υπερυψωμένα ή συνεπίπεδα ανοίγματα στην οροφή είναι διατάξεις που επιτρέπουν το φωτισμό των χώρων από ψηλά. Κατά κανόνα, σε σχέση με τα πλευρικά ανοίγματα, επιτρέπουν την εισχώρηση μεγαλύτερης ποσότητας φυσικού φωτός και ο άνωθεν φωτισμός κατανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο παρέχοντας καλύτερες οπτικές συνθήκες. Αυτά τα ανοίγματα εφαρμόζονται σε μονώροφα κτίρια ή στον τελευταίο όροφο πολυώροφων κτιρίων. Ειδική περίπτωση αποτελούν οι φωτοσωλήνες, που εφαρμόζονται σε πολυώροφα κτίρια και περιγράφονται στη συνέχεια.

Τα ανοίγματα οροφής επειδή δεν συνεισφέρουν στην οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον δεν πρέπει να αποτελούν τα μοναδικά ανοίγματα, αλλά να χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά για το φωτισμό του χώρου.





Εικ.4.22 Διάφορες διατάξεις ανοιγμάτων οροφής.⁶



Εικ.4.23 Η ποσότητα και η κατανομή του φυσικού φωτισμού επηρεάζεται από την ανάκλαση του φωτός από τους παρακείμενους στα ανοίγματα τοίχους.⁶

4.6.2 Αίθρια

Τα αίθρια στο εσωτερικό ενός κτιρίου, συμβάλλουν στην βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου με παράλληλη αύξηση της στάθμης του στους διάφορους χώρους. Επίσης, βοηθούν στην ομοιογενή κατανομή διάχυτου φωτός που προέρχεται από το ουράνιο θόλο, με αποτέλεσμα την αποφυγή της ανεπιθύμητης εμφάνισης του φαινομένου της θάμβωσης.

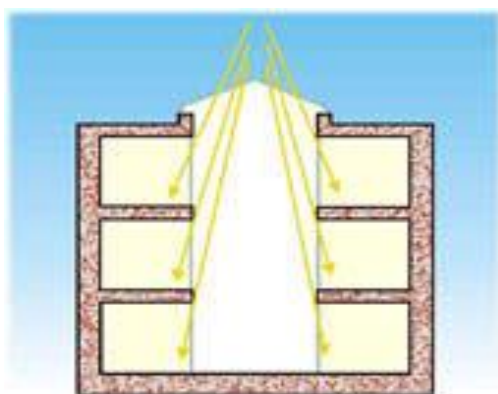
Εξασφαλίζουν, δηλαδή καλή οπτική άνεση για ένα κτίριο. Η στάθμη φωτισμού των διάφορων χώρων καθορίζεται από τα *γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αίθριου*, την *ανακλαστικότητα* των επιφανειών (τοιχών-δαπέδων) και τα *οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων* που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο. Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος φωτισμού είναι:

- παροχή φωτισμού και θέας σε παρακείμενους χώρους
- δημιουργία φωτεινού χώρου προστατευμένου από τη βροχή

Ενώ στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται:

- πιθανότητα θερμικής ενόχλησης
- ενεργειακή κατανάλωση αν θερμαίνεται ή ψύχεται.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, θα πρέπει περίπου το 20% της επιφάνειας της οροφής τους να μπορεί να ανοιχθεί, ενώ το πλάτος ενός μονώροφου αιθρίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 7m. Αυτές οι διαστάσεις είναι απαραίτητες για να αποτραπεί υπερβολική απώλεια θερμότητας το χειμώνα και υπερθέρμανση το καλοκαίρι.⁸



Εικ.4.24 Αίθριο για φωτισμό.¹¹

4.6.3 Ηλιοστάσια – Φωτοσωλήνες - Φωταγωγοί

Τα **ηλιοστάσια** είναι ένα σύστημα κατόπτρων και φακών που τοποθετούνται στα δώματα των κτιρίων και συλλέγουν το φυσικό φως. Η θέση τους ρυθμίζεται έτσι ώστε να συλλέγεται η μέγιστη ποσότητα φυσικού φωτός, ανάλογα με την εποχή του έτους και την ώρα της ημέρας. Το φυσικό φως που συγκεντρώνεται κατευθύνεται σε δέσμη προς την είσοδο ενός φωτοσωλήνα ή ενός φωταγωγού, δια μέσου του οποίου μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.



Εικ.4.25 Ηλιοστάσιο¹³

Οι **φωτοσωλήνες** είναι σωλήνες (light pipes) διαμέτρου 0,5m περίπου, που εξέρχουν από την στέγη, διαπερνούν τη σοφίτα ή το δώμα και καταλήγουν στο εσωτερικό του κτιρίου. Η εσωτερική επιφάνεια τους είναι κατασκευασμένη από υψηλά ανακλαστικό υλικό ικανό να ανακλάσει το φως σε μεγάλο βαθμό. Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας, το φως μεταφέρεται στο κτίριο χωρίς μεγάλες απώλειες. Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε όλο το μήκος του. Για να μεταφέρεται κατά το μέγιστο η φωτεινή δέσμη, πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Διαφορετικά θα πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους και μεγάλης διατομής. Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά, πλήρως ακριλικοί φωτοσωλήνες, ενώ στο εσωτερικό τους μπορούν να έχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες, οι οποίες τον καθιστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν η εισερχόμενη φωτεινή δέσμη χρειάζεται να διανεμηθεί σε επιμέρους δέσμες. Χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ιδίως σε κτίρια που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως είναι αποθήκες και στο οικιακό τομέα, στους διαδρόμους και στους προθαλάμους-εισόδους. Δεν είναι σχετικά ακριβοί και εύκολα προσαρμόζονται σε υφιστάμενα κτίρια.



Εικ.4.26 Φωτοσωλήνας¹⁴

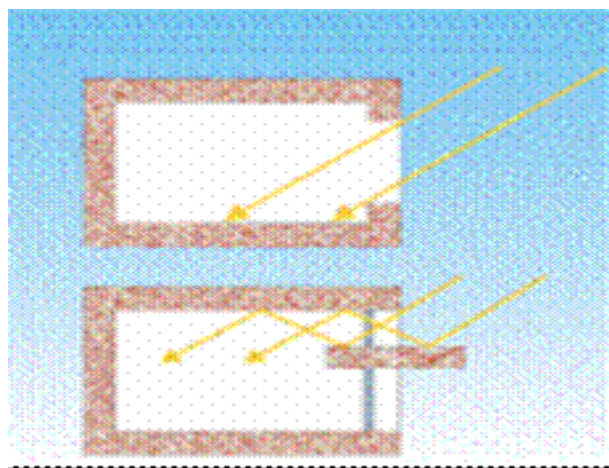
Οι **φωταγωγοί** (light ducts) είναι αγωγοί που διαπερνούν το κτίριο κάθετα, ώστε να μεταδίδεται το φως σε όλους τους ορόφους. Συνηθέστερα, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό, το οποίο μετά διαχέεται μέσω μιας σειράς από διαχυτικά τζάμια, κατάλληλης γεωμετρίας. Είναι δύσκολο, ωστόσο, να προσαρμοστούν σε υφιστάμενο κτίριο, λόγω των αλλαγών που χρειάζονται να γίνουν για τα ανοίγματα. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο σε καινούρια κτίρια.¹²



Εικ.4.27 Φωταγωγός σε πολυκατοικία¹⁵

4.6.4 Ράφια φωτισμού

Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία που τοποθετούνται οριζόντια στα πλαίσια των ανοιγμάτων, πάνω από το επίπεδο του ματιού, προεξέχουν εξωτερικά ή εσωτερικά και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου.⁸



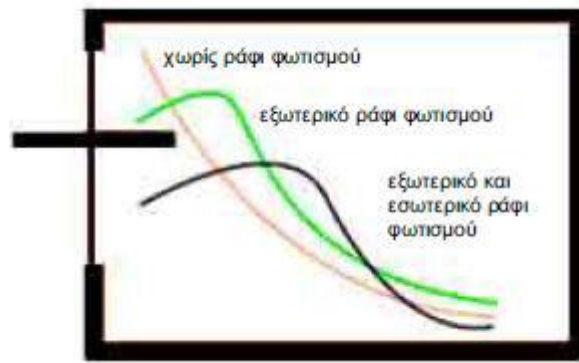
Εικ.4.28 Άνοιγμα με και χωρίς ράφι φωτισμού¹

Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, αυξάνοντας τη στάθμη του φωτισμού σε απομακρυσμένες από τα παράθυρα ζώνες, μειώνοντας παράλληλα τη στάθμη φωτισμού στη ζώνη των παραθύρων. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς το ράφι φωτισμού ανακλά το φως που προσπίπτει σε αυτό και το διαχέει προς το πίσω μέρος του δωματίου, χωρίς να αποκόπτει τη θέα η οποία εξασφαλίζεται από το χαμηλότερο μέρος του παραθύρου. Η τοποθέτησή του πρέπει να έχει προβλεφθεί από την αρχική μελέτη του κτιρίου, καθώς προϋποθέτει μεγάλο ελεύθερο ύψος εσωτερικά στο χώρο που εφαρμόζεται.

Η χρήση του συνίσταται σε περιοχές που δέχονται επί μεγάλο διάστημα το άμεσο φως του ηλίου και σε νότιο προσανατολισμό για το βόρειο ημισφαίριο. Το ράφι φωτισμού ανάλογα με το αν τοποθετείται εσωτερικά ή εξωτερικά, μπορεί να λειτουργήσει και ως σκίαστρο, επηρεάζοντας κάθε φορά με διαφορετικό τρόπο τη σχέση ανάμεσα στις απαιτήσεις για φυσικό φωτισμό και σκίαση .

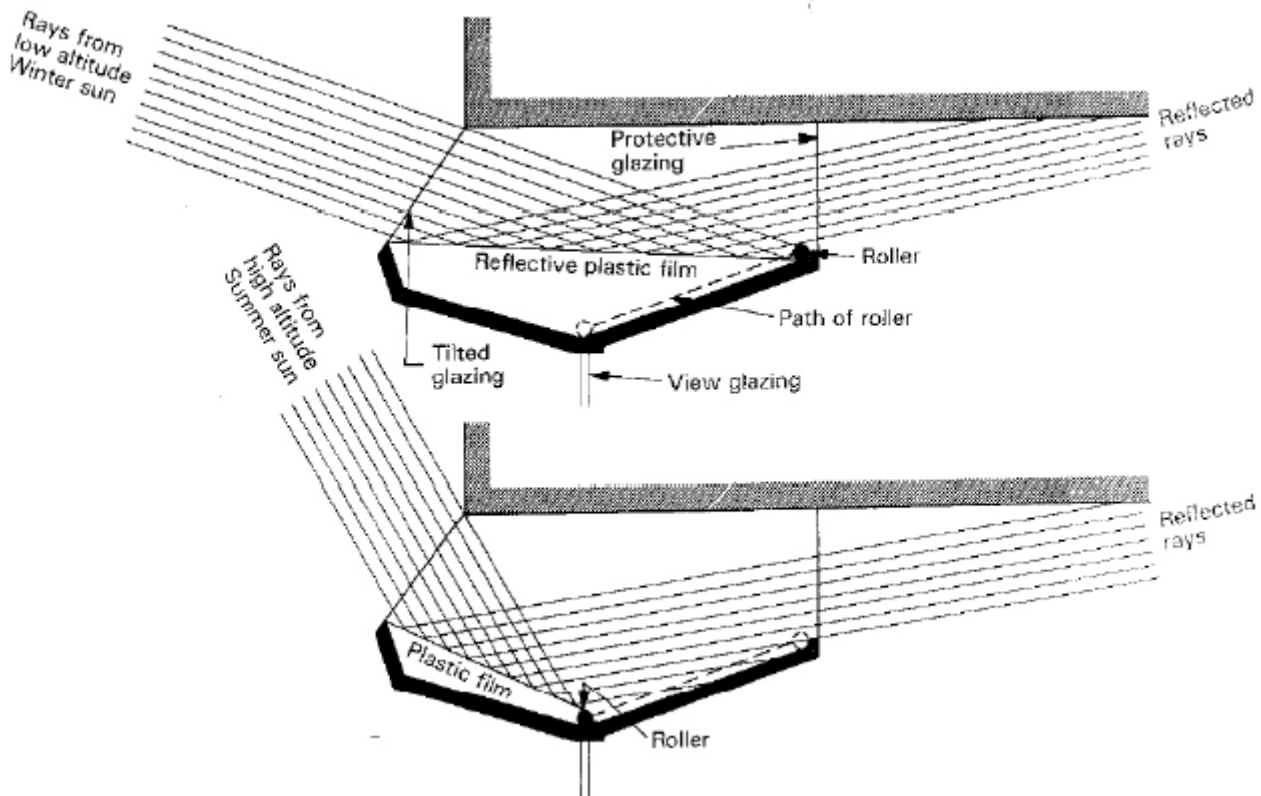
Για την αποτελεσματική λειτουργία του απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής του χώρου.

Η χρήση των ραφιών φωτισμού είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε εργασιακούς χώρους, όπου απαιτείται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού.



Εικ.4.29 Τα ράφια φωτισμού βελτιώνουν την κατανομή του φυσικού φωτός¹⁶

Πιο εξελιγμένες τεχνολογικά περιπτώσεις του συμβατικού ραφίου φωτισμού, αποτελούν εκείνα που η γεωμετρία τους είναι τέτοια που να ανακλά το άμεσο φως όταν πέφτει υπό συγκεκριμένες γωνίες καθώς και εκείνα που έχουν ενσωματωμένα στην επιφάνειά τους υψηλά ανακλαστικά φιλμ. Τέλος υπάρχουν και εκείνα που κινούνται ανάλογα με τη θέση του ηλίου, ώστε να προσαρμόζονται στις διαφορετικές απαιτήσεις που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα τελευταία είναι αποτελεσματικά για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης του ηλιακού φωτός, όμως το κόστος εφαρμογής και συντήρησής τους είναι πολύ μεγαλύτερο ειδικά στην περίπτωση που η κίνηση γίνεται μηχανοκίνητα.¹



Εικ.4.30 Μη συμβατικό ράφι φωτισμού¹

4.6.5 Ανακλαστικές περσίδες

Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις σταθερές και τις ρυθμιζόμενες. Όσον αφορά στις σταθερές περσίδες πρόκειται για ένα πλαίσιο από ανακλαστικό υλικό που καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια του ανοίγματος ή τμήμα του. Η κλίση των περσίδων καθορίζεται έτσι ώστε να αποτρέπεται η διείσδυση των ηλιακών ακτινών κατά την περίοδο του θέρους. Η ανακλαστική τους ικανότητα μπορεί να μειωθεί εξαιτίας της συγκέντρωσης ρύπων στην επιφάνεια τους, γι'αυτό απαιτείται συχνή συντήρηση.

Μειονέκτημα των σταθερών περσίδων είναι ότι λειτουργούν αποτελεσματικά μόνο για ορισμένη διεύθυνση των ηλιακών ακτινών. Έτσι προτιμούνται οι ρυθμιζόμενες, των οποίων η ρύθμιση γίνεται είτε χειροκίνητα, είτε μηχανοκίνητα. Πιο εξελιγμένα συστήματα περιλαμβάνουν καμπύλες περσίδες, οι οποίες είναι εξοπλισμένες με ρυθμιζόμενο πλαστικό φιλμ. Εκτός από την κλίση των περσίδων, ρυθμίζεται επίσης, η κλίση του φιλμ αυτού, έτσι ώστε για κάθε γωνία πρόσπτωσης των ακτινών, η ανακλώμενη δέσμη να διατηρεί σταθερή

κατεύθυνση. Εκτός από την εκτροπή των ηλιακών ακτινών κατά το θέρος και την αντιμετώπιση της θάμβωσης, λειτουργούν επίσης αποτελεσματικά όσον αφορά τον απαιτούμενο χειμερινό ηλιασμό. Τόσο οι σταθερές, όσο και οι κινητές ανακλαστικές περσίδες μπορούν να τοποθετηθούν εσωτερικά, αλλά και εξωτερικά του ανοίγματος, αλλά και στο διάκενο διπλών τζαμιών.¹⁷



Εικ.4.31 Ανακλαστικές περσίδες¹²

4.6.6 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά είναι ημιδιαφανή στοιχεία, που διαθλούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και αναλόγως της κατασκευής τους μπορούν είτε να της αλλάξουν κατεύθυνση, είτε να αποκλείσουν τελείως την είσοδο της. Τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου, ή μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι πρισματικοί ακρυλικοί υαλοπίνακες, που αποτρέπουν την είσοδο των ηλιακών ακτινών με κατάλληλο προσανατολισμό. Για καλύτερη ηλιοπροστασία, είναι απαραίτητη η ρύθμιση της κλίσης τους ανάλογα με το ύψος του ήλιου.

Μια ειδική κατηγορία αποτελούν οι ασύμμετροι υαλοπίνακες (τα στοιχειώδη πρίσματα τους δεν έχουν όμοιες πλευρές), οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να αλλάζουν την διεύθυνση των ηλιακών ακτινών, με σκοπό τη βελτίωση της οπτικής άνεσης.



Εικ.4.32 Πρισματικό σύστημα φωτισμού¹⁶

Συστήματα Okasolar

Το σύστημα Okasolar είναι ένα σταθερό σύστημα που αποτελείται από πολυάριθμες επιφάνειες με τρεις πλευρές από ανακλαστικό υλικό, τοποθετημένες μέσα σε μια διπλή γυάλινη μονάδα. Ανακλά το φως πάνω στην οροφή το χειμώνα και έχει μια επιρροή σκίασης το καλοκαίρι. Προσαρμόζονται στο γεωγραφικό πλάτος που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.¹



Εικ.4.33 Σύστημα Okasolar¹

4.6.7 Διαφανείς τοίχοι και οροφές

Οι τοιχοποιίες και οι οροφές, όταν προβλέπεται από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό να λειτουργούν ως στοιχεία που συμβάλλουν στο φυσικό φωτισμό των χώρων, ανάλογα με το εάν είναι επιθυμητή η οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον κατασκευάζονται με διαφανή ή ημιδιαφανή υλικά. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι γυαλί, πλαστικά ή συνθετικά υλικά (πολυκαρβονικά, ακρυλικά, υαλοϋφάσματα, κλπ.) ή και διαφανής μόνωση.

Οι τοιχοποιίες κατασκευασμένες με υαλότουβλα ή άλλα ημιδιαφανή υλικά, π.χ. ακρυλικά, επιτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός, το οποίο διαχέεται από το ημιδιαφανές υλικό, έτσι ώστε να δημιουργούνται εσωτερικές ζώνες, κοντά στην τοιχοποιία, με υψηλό επίπεδο διάχυτου φωτισμού. Το πάχος αυτών των τοιχοποιιών κυμαίνεται από 0,05 έως 0,30m, ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους.

Συχνά κατακόρυφα στοιχεία από γυαλί ή πλαστικό, διαφανή ή ημιδιαφανή, διαμορφώνουν ολόκληρη την όψη του κτιρίου. Η σύγχρονη αρχιτεκτονική των μεγάλων ειδικών κτιρίων στρέφεται στη χρησιμοποίηση του «δομικού υαλοστασίου» (structural glazing) για τη διαμόρφωση των εξωτερικών όψεων. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι μεγάλοι χώροι με υψηλό επίπεδο φωτισμού. Απαιτείται όμως τα υαλοστάσια να κατασκευαστούν από υλικά με ειδικές θερμικές ιδιότητες, προκειμένου να μειωθεί το θερμικό και ψυκτικό φορτίο των κτιρίων.⁶

4.7 Υαλοπίνακες

Δε θα ήταν υπερβολή να υποστηρίξει κανείς ότι το γυαλί αποτελεί το κύριο δομικό στοιχείο κατασκευής των σύγχρονων κτιρίων. Έτσι οι απαιτήσεις γι' αυτό το υλικό αυξάνονται συνεχώς, με αποτέλεσμα να αποτελεί στις μέρες μας ένα από τα πιο μελετημένα δομικά υλικά, με διαρκείς εξελίξεις στην τεχνολογία και τις ιδιότητές του. Το τζάμι πρέπει να προστατεύει από την υπεριώδη ακτινοβολία, το θόρυβο και την υγρασία, να επιτρέπει στο φυσικό φως να εισέλθει στο κτίριο και να αντισταθμίζει τα θερμικά κέρδη, προστατεύοντας ταυτόχρονα από το κρύο, να προφυλάσσει το κτίριο από κακόβουλες επιθέσεις και βανδαλισμούς, να είναι άφλεκτο κλπ.¹

Κάθε υαλοπίνακας χαρακτηρίζεται από 3 τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Συντελεστής θερμοπερατότητας U_g** , αντιπροσωπεύει την ικανότητα του υαλοπίνακα να περιορίζει τις θερμικές απώλειες του εσωτερικού χώρου. Μικρή τιμή του U_g σημαίνει αυξημένη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας.
- Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους G** , αντιπροσωπεύει την ικανότητα του υαλοπίνακα να μεταφέρει την ηλιακή ακτινοβολία στον εσωτερικό χώρο. Μεγάλη τιμή του G σημαίνει σημαντική αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Συντελεστής διαπερατότητας στην ορατή ακτινοβολία LT** , αντιπροσωπεύει την ικανότητα του υαλοπίνακα να μεταφέρει φυσικό ηλιακό φως στον εσωτερικό χώρο. Μεγάλη τιμή του LT σημαίνει σημαντική αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και συνεπώς μικρότερη ανάγκη για τεχνητό φωτισμό.
Τέλος, το πηλίκο του συντελεστή διαπερατότητας στην ορατή ακτινοβολία προς τον συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους (LT/G) ονομάζεται **συντελεστής ψυχρότητας CF** .¹⁸

Οι βασικότεροι τύποι υαλοπινάκων είναι οι ακόλουθοι:

- **Μονός υαλοπίνακας**

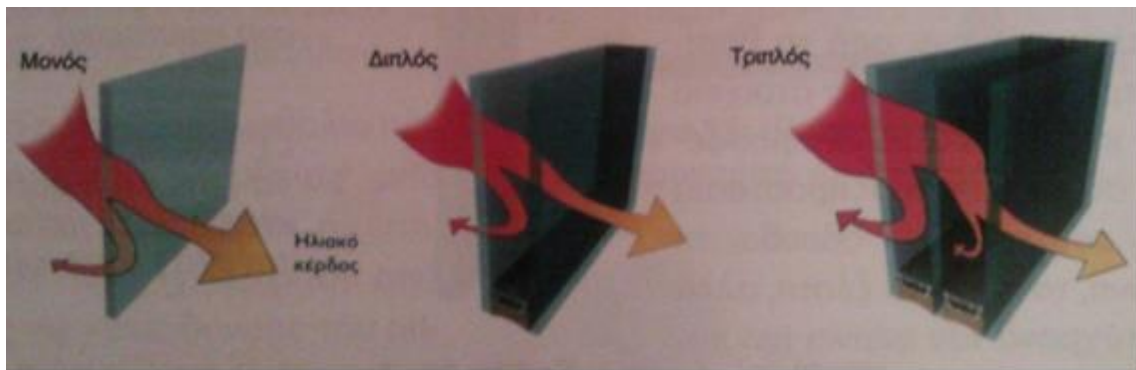
Έχει μεγάλους συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακού θερμικού κέρδους

- **Διπλός υαλοπίνακας**

Μεταξύ των υαλοπινάκων υπάρχει κενό ξηρού αέρα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μειώνεται όσο αυξάνεται το πάχος του κενού και των υαλοπινάκων. Συνήθη πάχη κενού: 6-16mm. Συνήθη πάχη υαλοπινάκων: 4-12mm.

- **Τριπλός υαλοπίνακας**

Μεταξύ των υαλοπινάκων υπάρχει κενό ξηρού αέρα. Έχουν καλύτερες θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ικανότητες από τους διπλούς υαλοπίνακες, αλλά σημαντικά μεγαλύτερο βάρος και κόστος.



Εικ.4.34 Μονός, διπλός και τριπλός υαλοπίνακας¹⁸

- **Διπλός και τριπλός υαλοπίνακας με αδρανές αέριο**
Μεταξύ των υαλοπινάκων υπάρχει αδρανές αέριο (αργό ή κρυπτό), το οποίο μειώνει τον συντελεστή θερμοπερατότητας.
- **Ανακλαστικός υαλοπίνακας**
Είναι μονός ή διπλός υαλοπίνακας με ανακλαστική επίστρωση (λεπτό υμένα), η οποία ανακλά σημαντικό μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (μείωση ηλιακού θερμικού κέρδους), αλλά περιορίζει τη διαπερατότητα φυσικού ηλιακού φωτός. Η επίστρωση τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια του μονού ή του διπλού υαλοπίνακα και μπορεί να προκαλέσει θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο.
- **Υαλοπίνακας χαμηλού συντελεστή θερμικής ακτινοβολίας (Low-e)**
Είναι διπλός υαλοπίνακας με επίστρωση από μεταλλικά οξείδια, η οποία τοποθετείται στην στραμμένη προς το διάκενο επιφάνεια του εσωτερικού ή του εξωτερικού υαλοπίνακα. Στην πρώτη περίπτωση παγιδεύει μέσα στο κτίριο τα θερμικά κέρδη τον χειμώνα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση δεν επιτρέπει την είσοδο των ηλιακών θερμικών κερδών το καλοκαίρι.



Εικ.4.35 Υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή θερμικής ακτινοβολίας (Low-e)¹⁸

- **Απορροφητικός υαλοπίνακας**

Είναι ο μόνος υαλοπίνακας που απορροφά σημαντικό μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς να μειώνει πολύ τη διαπερατότητα φυσικού ηλιακού φωτός. Δεν δημιουργεί θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο όπως ο ανακλαστικός υαλοπίνακας, αλλά μέρος της απορροφούμενης ακτινοβολίας απελευθερώνεται αργότερα στον εσωτερικό χώρο. Πολύ καλύτερη λύση είναι να χρησιμοποιηθεί διπλός υαλοπίνακας, του οποίου ο εξωτερικός υαλοπίνακας είναι απορροφητικός. Έτσι η απορροφηθείσα ακτινοβολία απελευθερώνεται στο εξωτερικό περιβάλλον και όχι στον εσωτερικό χώρο.

- **Υαλοπίνακες μεταβλητών ιδιοτήτων**

Είναι υαλοπίνακες που μεταβάλλουν τις ιδιότητές τους με την επίδραση ενός ερεθίσματος και διακρίνονται σε 4 τύπους:

- **Θερμοχρωμικός υαλοπίνακας**

Με την αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος μεταβάλλεται από διαφανής σε γαλακτόχρωμο.

- **Φωτοχρωμικός υαλοπίνακας**

Είναι ιδανικός για τον έλεγχο της θάμβωσης, γιατί με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας μειώνεται η διαπερατότητα του φυσικού ηλιακού φωτός.

- **Ηλεκτροχρωμικός υαλοπίνακας**

Με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσεως μεταβάλλονται οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες.

- **Υαλοπίνακας υγρών κρυστάλλων**

Με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσεως μεταβάλλεται από γαλακτόχρωμος σε διαφανή.

- **Αντιθαμβωτικοί υαλοπίνακες**

Είναι υαλοπίνακες που εξασφαλίζουν καλύτερη κατανομή του φυσικού φωτισμού και ελαχιστοποιούν τα προβλήματα θάμβωσης. Οι βασικότεροι τύποι αντιθαμβωτικών υαλοπινάκων είναι:

- **Διπλός υαλοπίνακας με εσωτερικά σκίαστρα**

Τα σκίαστρα είναι σταθερά ή κινητά (με τη χρήση μαγνητικών ή ηλεκτρικών μέσων), τοποθετούνται ανάμεσα στους υαλοπίνακες και έχουν υψηλή ανακλαστικότητα. Με το σύστημα αυτό η άμεση ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται,

ενώ η διάχυτη κατευθύνεται προς την οροφή του εσωτερικού χώρου με άμεση συνέπεια τη βελτίωση της κατανομής του φυσικού φωτισμού.

– **Διπλός υαλοπίνακας με εσωτερικό ολογραφικό υμένιο**

Ανακλά την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και επιτρέπει την είσοδο της διάχυτης.

– **Πρισματικός υαλοπίνακας**

Η εξωτερική πρισματική επιφάνεια ανακλά την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και επιτρέπει την είσοδο της διάχυτης.¹⁸



Εικ.4.36 Αντιθαμβωτικοί υαλοπίνακες¹⁸

4.8 Συστήματα σκίασης

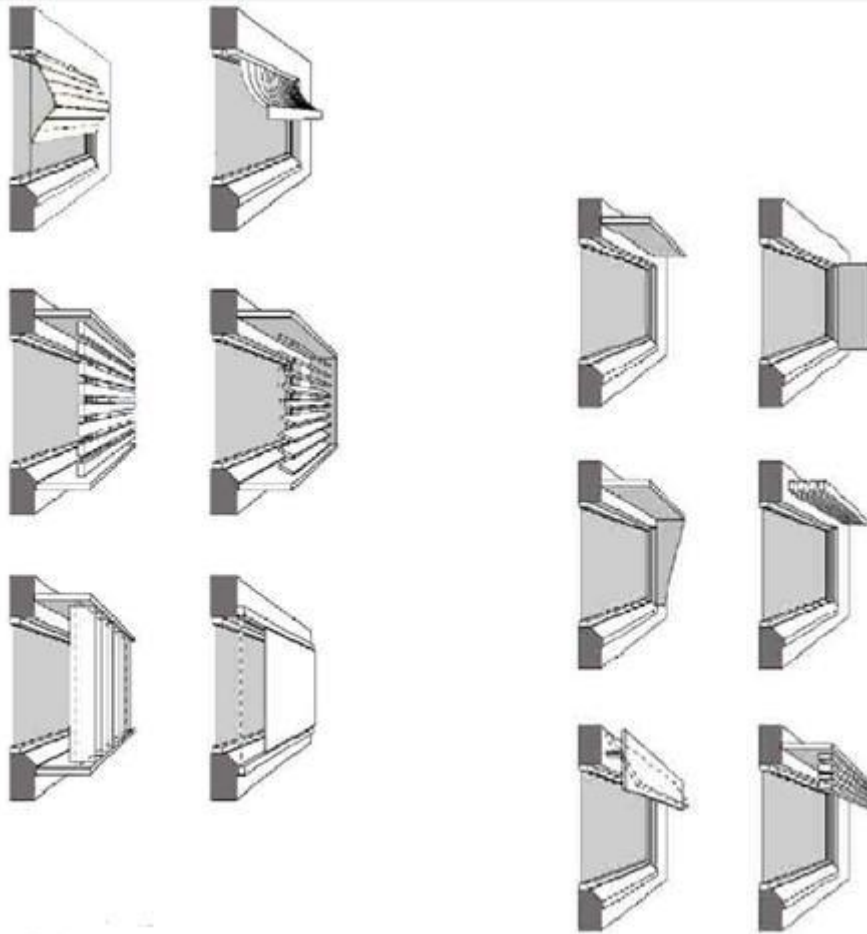
Σύμφωνα με τις τελευταίες τάσεις του αρχιτεκτονικού βιοκλιματικού σχεδιασμού, ο έλεγχος της ηλιακής ενέργειας που εισέρχεται στο εσωτερικό των κτιρίων με τη χρήση εξωτερικών συστημάτων σκίασης, αποτελεί σημαντική πηγή εξοικονόμησης ενέργειας. Η εξωτερική σκίαση δίνει τη δυνατότητα ρύθμισης του εισερχόμενου φωτός στα επιθυμητά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ενώ ταυτόχρονα βοηθά στον έλεγχο της θερμοκρασίας και εξασφαλίζει ομοιόμορφες συνθήκες σε κάθε χώρο. Βελτιώνει δηλαδή σημαντικά τις συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος με τον πιο ευχάριστο υγιεινό και οικολογικό τρόπο.

Είναι γνωστό πως το συνολικό φορτίο ηλιακής ακτινοβολίας προκύπτει από το συνδυασμό του άμεσου, του διάχυτου και του φωτός που προέρχεται από αντανάκλαση. Για να αποτραπεί η ανεπιθύμητη υπερθέρμανση ενός χώρου, ένα άνοιγμα πρέπει να προστατευθεί πρωτίστως από την άμεση ακτινοβολία.

Ο τύπος, το μέγεθος και η θέση των συστημάτων σκίασης εξαρτώνται από το μέγεθος του προσλαμβανόμενου φορτίου όπως και από τον προσανατολισμό και τη γεωμετρία του τμήματος του κτιρίου στο οποίο τοποθετείται.

Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες σκιάστρων, σταθερά και κινητά. Ξεκινώντας με τα **σταθερά**, τα ανοίγματα που είναι προσανατολισμένα στο νότο καλό είναι να σκιάζονται με οριζόντια στοιχεία (προβόλους) που μπορούν να εμποδίζουν την έντονη ακτινοβολία χωρίς να περιορίζουν το φωτισμό. Για ανοίγματα με ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό ενδείκνυται η χρήση κατακόρυφων σκιάστρων που μπορούν να εμποδίζουν την ακτινοβολία με μικρές γωνίες πρόσπτωσης, ή ακόμα και ο συνδυασμός δύο τύπων (κατακόρυφου και οριζόντιου) που δημιουργούν ένα πλαίσιο προστασίας γύρω από το άνοιγμα. Βόρεια ανοίγματα συνήθως δεν έχουν ανάγκη από ηλιοπροστασία εκτός μόνο της περίπτωσης που δέχονται έντονη ακτινοβολία προερχόμενη από αντανάκλασεις, οπότε για την περίπτωση αυτή μικρά κατακόρυφα στοιχεία αρκούν. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής κυψελωτών σκιάστρων που στην ουσία αποτελούνται από ένα σύνολο κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων. Ενδείκνυται για νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό, είναι πολύ αποτελεσματικά, περιορίζουν όμως σε σημαντικό βαθμό τη θέαση στο εξωτερικό.

Στη δεύτερη κατηγορία, αυτή των **κινητών** σκιάστρων, η ευελιξία είναι μεγαλύτερη. Τα σκίαστρα αυτά έχουν μεγάλη προσαρμοστικότητα στην εναλλαγή των συνθηκών. Αυτό άλλωστε είναι και το μεγάλο τους πλεονέκτημα. Πέρα όμως από αυτό συμβάλλουν και στην αισθητική του χώρου και επίσης έχουν τη δυνατότητα να περιορίζουν το φαινόμενο της θάμβωσης. Το μειονέκτημά τους είναι ότι προκειμένου να περιορίσουν την ανεπιθύμητη ακτινοβολία εμποδίζουν ολοκληρωτικά τη θέα.¹



Εικ.4.37 Εξωτερικά συστήματα σκίασης¹⁶

4.8.1 Εσωτερικά συστήματα σκίασης

Τα εσωτερικά σκίαστρα διαμορφώνονται με τη μορφή πατζουριού, βενετικών περσίδων ή κουρτινών και είναι σχεδόν πάντα διευθετήσιμα.

Με την κατάλληλη ρύθμιση, οι περσίδες μπορούν να λειτουργήσουν ως σύστημα φυσικού φωτισμού ανακατευθύνοντας το φως στην οροφή. Η αυτοματοποίηση μπορεί να αποδειχθεί αποδοτική στα μεγάλα κτίρια γραφείων.

Τα *πλεονεκτήματά* τους είναι ότι μπορούν να παρέχουν νυχτερινές συνθήκες (σκοτάδι).

Προστατεύουν από τη θάμβωση μέσω του ελέγχου του άμεσου και του ανακλώμενου φωτός. Οι κουρτίνες και το πατζούρι μπορούν να ελέγξουν τη λαμπρότητα ενώ οι περσίδες την κατεύθυνση του φωτός.

Επίσης, είναι κατάλληλα για όλα τα κλίματα. Τέλος, λόγω της απλότητάς τους δεν εμφανίζουν κάποια ιδιαιτερότητα στον τομέα του κόστους. Ο χειρισμός των εσωτερικών συστημάτων σκίασης είναι πιο εύκολος και φθηνός όταν γίνεται χειροκίνητα. Πρέπει να

σημειωθεί ότι τα συστήματα σκίασης που τοποθετούνται εσωτερικά μπορούν να εξυπηρετήσουν μόνο λόγους ιδιωτικότητας και περιορισμού της φωτεινής έντασης ή της θάμβωσης.

Στα *μειονεκτήματα* τους συγκαταλέγονται ότι είναι θερμικά ανεπαρκή καθώς δεν επηρεάζουν το άμεσο φως του ήλιου. Μόλις αυτό περάσει στους υαλοπίνακες και η μικρού μήκους ακτινοβολία απορροφηθεί, παρατηρείται μια μικρή αύξηση στη θερμοκρασία του παραθύρου. Οι ανακλαστικές περσίδες μειώνουν αυτήν την επίπτωση με την ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας στο εξωτερικό. Η χρήση όμως ανακλαστικού υαλοπίνακα με ανακλαστικές περσίδες, δε φέρνει συνήθως ένα επιθυμητό αποτέλεσμα, καθώς ποσοστό της ανακλώμενης προς το εξωτερικό θερμότητας μπορεί να ανακλαστεί εκ νέου στο εσωτερικό. Επίσης, πρέπει να τονίσουμε ότι τα εσωτερικά σκίαστρα δε συμβάλλουν στο φυσικό δροσισμό, εφόσον επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο χώρο χωρίς να την περιορίζουν, με αποτέλεσμα να απαιτούνται πρόσθετα μέτρα για τη μείωση των θερμικών κερδών το καλοκαίρι.¹



Εικ.4.38 Κουρτίνες¹



Εικ.4.39 Οριζόντιες περσίδες¹



Εικ.4.40 Κάθετες περσίδες¹

Σχετικά με τις περσίδες, κάθε γρίλια εντός των πλαισίων είναι σε θέση να στραφεί κατά μέγιστο υπό γωνία 85° με το χέρι.

Τα είδη των υλικών για περσίδες είναι:

* Αλουμίνιο: οι περσίδες από αλουμίνιο κατασκευάζονται από ανθεκτικό στη διάβρωση προφίλ αλουμινίου (από κράμα $AlMgSi0.5$).

* Ξύλο: οι ξύλινες περσίδες, κατασκευάζονται από κέδρο, και μπορεί να διαθέτουν είτε ελλειπτικό ή επιμήκες σχήμα.

Όλα τα εξαρτήματα πείροι, βίδες και ροδέλες μπορεί να είναι από ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικό.¹



Εικ.4.41 Οι κουρτίνες Roman δουλεύουν με χειροκίνητο μηχανισμό¹



Εικ.4.42 Τα rollers δουλεύουν με ηλεκτρικό μηχανισμό.¹

4.8.2 Εξωτερικά συστήματα σκίασης

Στα εξωτερικά συστήματα ο χειρισμός τους είναι αποδοτικός όταν έχουμε να αντιμετωπίσουμε άμεση ηλιακή ακτινοβολία χαμηλού ύψους, διάχυτη ή από ανάκλαση. Όταν ο χειρισμός γίνεται μηχανικά, τότε μιλάμε για ακριβή λύση η οποία κάθε φορά πρέπει να εξετάζεται για το αν αξίζει να εφαρμοστεί, αφού εκτός από το αρχικό κόστος εγκατάστασης πρέπει να υπολογιστεί το κόστος και η δυνατότητα συντήρησης και αντικατάστασης.

Βλάστηση, δέντρα

Ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος ηλιοπροστασίας του κτιρίου και των ανοιγμάτων του είναι και η χρήση βλάστησης είτε με κατάλληλα φυτεμένα φυλλοβόλα ή αειθαλή δέντρα, είτε με άλλα φυτά σε κατάλληλες θέσεις (πέργκολες, μπαλκόνια, κ.λπ.). Τα φυλλοβόλα δέντρα έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν σταδιακή ηλιοπροστασία από την άνοιξη ως και το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα αφήνουν τις ωφέλιμες ηλιακές ακτίνες να εισχωρούν στο κτίριο και έτσι αποτελούν ιδανική λύση για νότιο προσανατολισμό.

Ιδιαίτερα ωφέλιμη είναι η σκίαση που παρέχουν τα δέντρα (είτε αειθαλή είτε φυλλοβόλα) σε ανοίγματα με ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό. Όσον αφορά στην περιοχή της Μεσογείου η θερμοκρασία μιας εξωτερικής επιφάνειας κτιρίου (άσπρου τοίχου) είναι μέχρι και 20°C χαμηλότερη από τη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Εκτός, όμως, από τη σκίαση του κτιρίου, η βλάστηση έχει την ιδιότητα να παρέχει δροσισμό από την εξάτμιση μέσω των φυλλωμάτων και συχνά, να εμποδίζει ή να κατευθύνει τους ανέμους προς ή από το κτίριο, συντελώντας έτσι στο φυσικό δροσισμό ή τη θερμική προστασία του.

Τέλος, η βλάστηση συντελεί στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος με αποτέλεσμα να περιορίζεται η θερμική επιβάρυνση του κτιρίου κατά τις θερμές περιόδους, αλλά και να δημιουργείται ευχάριστη ατμόσφαιρα για την παραμονή των ενοίκων εκτός του κτιρίου για μεγάλες περιόδους του χρόνου.

Έρευνες έδειξαν ότι το παραπάνω μπορεί να συμβεί με τους εξής τρόπους:

Τα ψηλά δέντρα και οι πέργκολες τοποθετούνται σε κοντινή απόσταση από τα παράθυρα και τους τοίχους του κτιρίου για να παράγουν σκίαση χωρίς να μειώνεται ο αερισμός.

Τα αναρριχώμενα φυτά και οι θάμνοι κοντά στους τοίχους μπορούν να προσφέρουν σκιά και να μειώσουν την ταχύτητα του αέρα.

Η θερμοκρασία του αέρα στην εξωτερική πρόσοψη του κτιρίου μειώνεται και

κατά συνέπεια μειώνονται τα ηλιακά κέρδη μέσω αγωγιμότητας.

Η επίγεια κάλυψη με φυτά του χώρου γύρω από ένα κτίριο μειώνει την ανάκλαση του φωτός προς τους τοίχους του κτιρίου μειώνοντας κατά συνέπεια το ηλιακό κέρδος.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η βλάστηση γύρω από το συμπυκνωτή μιας μονάδας κλιματιστικού που βρίσκεται εκτός του κτιρίου μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και ως εκ τούτου, να βελτιώσει την απόδοση του συστήματος αφού έτσι καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια για την ψύξη του κτιρίου.¹

Πάνελ

Κάθε πάνελ μπορεί να εγκατασταθεί σε σχεδόν οποιοδήποτε προσανατολισμό. Διαθέτει οριζόντιο σύστημα άρθρωσης. Τα σύστημα είναι διαθέσιμο είτε ως στατικά, συρόμενο ή πτυσσόμενο (κάθετα ή οριζόντια) πάνελ, είτε με σταθερή γωνία ή γωνία με ρυθμιζόμενα πτερύγια. Οι λεπίδες αλουμινίου απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και έχουν επίσης ως στόχο να αντισταθμίζουν τη θερμική διαστολή. Τα πλαίσια λειτουργούν είτε χειροκίνητα είτε μέσω ηλεκτρικού διακόπτη με κίνηση κατά μήκος συνεχώς συρόμενης σιδηροτροχιάς, η οποία είναι διαθέσιμη σε σχεδόν οποιοδήποτε μέγεθος.¹



Εικ.4.43 Οριζόντιο σύστημα άρθρωσης στο νοσοκομείο Rothschild, Paris¹

Σύστημα με περσίδες σε σταθερό σκελετό

Το σύστημα εκτός από τα προφίλ των περσίδων και τα προφίλ που χρησιμοποιούνται ως οδηγοί για την στήριξη τους, περιλαμβάνει και ειδικό προφίλ οδηγού για εύκολη καθ' ύψος ρύθμιση της θέσης της περσίδας. Μια ολοκληρωμένη γκάμα εξαρτημάτων εξασφαλίζει στο σύστημα απόλυτη ακρίβεια και ευκολία τοποθέτησης σε κάθε κτίριο, ενώ διατίθενται και μηχανισμοί για έλεγχο της κίνησης στις περσίδες με δυνατότητα τηλεχειρισμού. Αποτελείται από προφίλ περσίδων σε σχήμα 'L' και σχήμα 'οβάλ', οδηγούς στήριξης – τοποθέτησης και τα εξαρτήματα. Προτείνεται για κατακόρυφη εξωτερική σκίαση με τις περσίδες σε οριζόντια διάταξη, καθώς και για σκίαση τύπου προβόλου. Ο βαθμός σκίασης καθορίζεται από την απόσταση μεταξύ των περσίδων.



Εικ.4.44 Εξωτερικές περσίδες με σταθερό σκελετό¹

Στέγαστρο με φωτοβολταϊκό σύστημα(ProSol TF)

Το στέγαστρο ProSol TF μπορεί να εγκατασταθεί σε νέες και ανακαινισμένες προσόψεις, ως ελκυστικό στοιχείο ηλιακής σκίασης. Ακόμα μπορεί να συνδεθεί σε υαλοπετάσματα και απλές προσόψεις με τη μορφή μεγάλων σταθερών περσίδων. Οι μεγάλες περσίδες πραγματοποιούν ταυτόχρονα πολλές λειτουργίες: εκτός από τη σκίαση, συμβάλλουν στην παραγωγή ενέργειας και λειτουργούν ταυτόχρονα ως σχεδιαστικό στοιχείο. Μέσω της εξατομικευμένης κοπής με λέιζερ των στοιχείων, η ηλιακή σκίαση χρησιμεύει επίσης στο σχεδιασμό της πρόσοψης. Τα στοιχεία είναι διαθέσιμα σε αδιαφανή έκδοση και σε διαφορετικούς βαθμούς διαφάνειας.

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα

- Σταθερό σύστημα υπόστεγου, με Φ/Β στοιχεία ProSol TF thin-film
- Δυνατότητα γενικής χρήσης, σε παράθυρα και προσόψεις, για προσωποποιημένες σχεδιαστικές επιλογές
- Περσίδες με Φ/Β στοιχεία thin-film ProSol TF, πλάτους 0,650m
- Προσαρτούμενα ή γραμμικά συστήματα στήριξης μπορεί να τοποθετηθούν σε σειρές, ως συνεχής λύση
- Διαθέσιμο, ως αδιαφανής μονάδα ή ως μονάδα διαβαθμισμένης διαφάνειας
- Μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, με αποδοτική παραγωγή ενέργειας, κατά τη διάρκεια του χειμώνα¹

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 4^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Γεωργούλη Ευρύκλεια, «Μελέτη παραμέτρων φυσικού φωτισμού θαλάμου νοσηλείας μέσω λογισμικού», Μάρτιος 2013
2. Ακριβού Αναστασία, «Το φυσικό φως στο μουσείο.Ανάλυση και μελέτη συστήματος φωτισμού σε εκθεσιακό χώρο», Σεπτέμβριος 2010
3. Δράκου Κατερίνα «Σχεδιασμός Φυσικού και Τεχνητού Φωτισμού σε Θάλαμο Νοσηλείας Νοσοκομείων». Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας 2007-2008
4. Baker N., Steemers K., Daylight Design of Buildings, London: James & James Ltd., 2002.
5. Μέρεση Αικατερίνη, Αρχιτέκτων Μηχανικός Α.Π.Θ. «Εξοικονόμηση ενέργειας στη σχολική αίθουσα μέσω του φυσικού φωτισμού», Θεσσαλονίκη 2010
6. Αμπλιανίτη Αλίκη & Σταματοπούλου Σταυρούλα, «Η συμβολή των δομικών επιφανειών στο φυσικό φωτισμό των θαλάμων νοσηλείας»
7. Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ, «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων», Ιανουάριος 2011
8. Ειρήνη Μ. Ψάλτη, «Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός οικίας στο Ν.Ηράκλειο Αττικής»
9. www.sqi.org
10. Βερροίου Κωνσταντίνα & Βούτζη Μυρτώ, «Αξιολόγηση Φυσικού φωτισμού σε θάλαμο νοσηλείας. Το παράδειγμα του Εθνικού Ιδρύματος Αποκατάστασης Αναπήρων.»
11. Παπαευθυμίου Γεωργία & Παππά Χαρίκλεια, «Βιοκλιματική θεώρηση και ανασχεδιασμός νέων κτιρίων τοπογράφων ΕΜΠ»
12. http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm
13. <http://www.learn.londonmet.ac.uk>
14. www.cres.gr
15. http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_anoigmata_orofis.htm
16. Κυργεωργίου Αθηνά & Λευκαδίτη Σοφία, «Η επίδραση των ανοιγμάτων στο φυσικό φωτισμό θαλάμου νοσηλείας»
17. Κώστας & Θέμης Τσίππρας, «Οικολογική αρχιτεκτονική», Εκδόσεις κέδρος 2005
18. Σταμάτης Δ.Περδίο, «Τα μυστικά για την ενεργειακή βελτίωση του ακινήτου σας», Αθήνα 2010

Κεφάλαιο 5

5.1 Χαρακτηριστικά τεχνητού φωτισμού

Κατά τη διάρκεια της ημέρας η κύρια πηγή φωτισμού είναι το φυσικό φως. Όταν τα επίπεδα του φυσικού φωτισμού δεν είναι επαρκή, όπως αργά το απόγευμα, ή είναι ανύπαρκτα, όπως τη νύχτα, η κύρια πηγή φωτισμού είναι το φως που προέρχεται από τους λαμπτήρες.

Οι λαμπτήρες είναι οι διατάξεις εκείνες οι οποίες, σε μια συστηματική προσέγγιση, δέχονται ως είσοδο ηλεκτρική ενέργεια και παρέχουν ως έξοδο φωτεινή, αλλά και θερμική ενέργεια. Ο τρόπος μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας και οι υπόλοιπες λεπτομέρειες αυτής της διαδικασίας είναι χαρακτηριστικά του τύπου και της τεχνολογίας του κάθε λαμπτήρα.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη και κριτήρια που αφορούν στους λαμπτήρες είναι τα εξής:

Τεχνικά

- τάση λειτουργίας του δικτύου(Volt)
- ονομαστική ισχύς(W)
- θέση λειτουργίας(0)
- συνθήκες λειτουργίας ή αλλιώς θερμοκρασία περιβάλλοντος($^{\circ}\text{C}$)
- τύπος και διαστάσεις κάλυκα-λυχνιολαβής(mm)
- χρήση

Οικονομοτεχνικά

- φωτεινή δραστικότητα ή απόδοση(lumen/watt)
- διάρκεια ζωής λαμπτήρων(h)-μέγιστος αριθμός κύκλων λειτουργίας

Φωτοτεχνικά

- θερμοκρασία χρώματος CCT, $(^{\circ}\text{K})$
- δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra (CRI) (τιμές από 0 έως 100)
- φωτεινή ροή ($\text{lux}=\text{lm}/\text{m}^2$) και φωτεινή ένταση-φωτοβολία(cd/m^2)

Οικολογικά-περιβαλλοντικά

- περιεκτικότητα βλαβερών ουσιών
- εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας¹

5.2 Τεχνητός φωτισμός σε θάλαμο νοσηλείας

5.2.1 Λαμπτήρες φθορισμού

Υπάρχουν οι εξής τύποι λαμπτήρων²:

- πυράκτωσης
- αλογόνου
- φθορισμού
- ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης
- ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης
- φωτοдиодοι (LED)

Από αυτούς τους τύπους λαμπτήρων, στους θαλάμους νοσηλείας χρησιμοποιούνται συνήθως οι λαμπτήρες φθορισμού.

ΛΑΜΠΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ (Fluorescent Lamps)

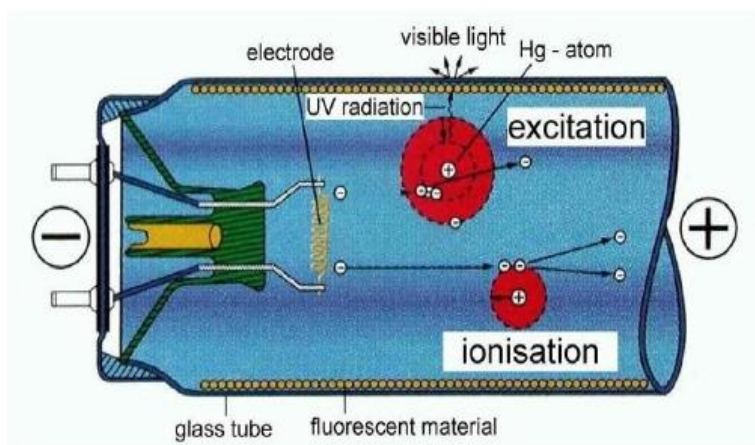
Ο λαμπτήρας φθορισμού είναι ένας λαμπτήρας εκκένωσης αερίου ο οποίος χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό για την διέγερση ατμών υδραργύρου. Οι λαμπτήρες αυτοί υπάρχουν σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, με τα πιο κοινά αυτών του σωλήνα (χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό γραφείων και καταστημάτων) και του συμπαγούς λαμπτήρα φθορισμού (χρησιμοποιείται για τον φωτισμό σπιτιών). Κατασκευάζονται σε τυποποιημένα μήκη, τα ευθύγραμμα, και διαμέτρους, τα κυκλικά και για τάσεις δικτύου 220 V και 110 V. Ο σωλήνας των λαμπτήρων αυτών περιέχει δύο νήματα πυράκτωσης, αέρια, άζωτο, αργό και μια σταγόνα υδραργύρου. Επίσης, εσωτερικά ο σωλήνας είναι επιχρισμένος με φθορίζουσα ουσία που συνήθως είναι ένωση φθορίου, η οποία είναι πολύ τοξική. Γι' αυτό και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στον χειρισμό τους αν σπάσουν, για την αποφυγή τραυματισμού ή εισπνοής σκόνης που πιθανόν να εκτοξευθεί.

Όλοι οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν στραγγαλιστική διάταξη για την εξασφάλιση των κατάλληλων συνθηκών έναυσης και ελέγχου της εκκένωσης.

Για τον λόγο αυτόν, αποτελούνται από εκκινητή (starter) καθώς και πυκνωτή διόρθωσης συνημιτόνου.

Ο εκκινητής είναι ένα διμεταλλικό έλασμα με ηλεκτρόδια και είναι απαραίτητος για την έναυση του λαμπτήρα, η οποία δεν μπορεί να γίνει με απλή σύνδεση προς την τάση του δικτύου γιατί τα ηλεκτρόδια είναι ψυχρά και δεν εκπέμπουν ηλεκτρόνια (δεν ξεκινά δηλαδή η διαδικασία εκκένωσης).

Οι πυκνωτές αντισταθμίζουν το χαμηλό συντελεστή ισχύος των διατάξεων των λαμπτήρων φθορισμού. Η διόρθωση του συντελεστή ισχύος γίνεται με τη σύνδεση παράλληλα με τους αγωγούς τροφοδοσίας κατάλληλου μεγέθους πυκνωτή.



Εικ.5.1 Τρόπος λειτουργίας λαμπτήρων φωτισμού¹

Τύποι λαμπτήρων φθορισμού:

- Γραμμικός λαμπτήρας φθορισμού(ή σωληνοειδής)
- Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού(Compact Fluorescent Lamps CFL)
- Λαμπτήρας επαγωγής ή Λαμπτήρας υψηλών συχνοτήτων(High Frequency)

Χαρακτηριστικά λαμπτήρα

- Φωτεινή ροή 300-7000 lm
- Χρωματική απόδοση 100(άριστη)
- Φωτεινή δραστηριότητα ή απόδοση έως και λίγο πάνω από 100lm/W
- Θερμοκρασία χρώματος 2700-6500 K (ή 2900-10000 K)
- Διάρκεια ζωής 10000-36000 h
- Δυνατότητα αυξομείωσης έντασης του φωτός(dimming)
- Έναυση, με προθέρμανση(Preheat),Γρήγορη(RS),Στιγμιαία(IS)
- Χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος απαιτούν υψηλές τιμές τάσης και ανάλογα ballasts.

-Λειτουργία σε θέση οριζόντια (προτιμητέα). Η λειτουργία σε κατακόρυφη θέση προκαλεί μια μη ομοιόμορφη κατανομή των αερίων του λαμπτήρα με αποτέλεσμα τη μείωση του φωτός και της ομοιομορφίας του, που συνεπάγεται μείωση της ζωής της λάμπας.¹



Εικ.5.2 Λαμπτήρες φθορισμού³



5.2.2 Τρόποι τοποθέτησης φωτιστικών

Οι φωτιστικές συσκευές αποτελούνται από την λυχνιολαβή, στην οποία καταλήγουν τα ηλεκτρικά καλώδια, τον λαμπτήρα, που συνδέεται με την λυχνιολαβή, και το φωτιστικό σώμα, που περιβάλλει τον λαμπτήρα.²

Οι κατηγορίες φωτιστικών αναλόγως με την χρήση τους και τον τρόπο τοποθέτησής τους είναι οι εξής:

-Φωτιστικά τοποθετημένα στην οροφή

Το ύψος της οροφής μπορεί να είναι 3,0m ή λιγότερο. Συνήθως τοποθετούνται φωτιστικά με ένα λαμπτήρα για να συμπίπτει με τα διαστήματα των κλινών. Τα φωτιστικά με ένα λαμπτήρα φθορισμού αναμένεται να δώσουν τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού. Τα φωτιστικά πρέπει να έχουν ποσοστό φωτεινής ροής προς την οροφή μεταξύ 15% και 30% και η μέση λαμπρότητα, όπως την αντιλαμβάνεται ο ξαπλωμένος ασθενής, να μην υπερβαίνει τις 1800 cd/m².

-Φωτιστικά χωνευτικά και ημι-χωνευτικά σε ψευδοροφή

Τα χωνευτικά και ημι-χωνευτικά σε ψευδοροφή φωτιστικά χρησιμοποιούνται σε οροφές ύψους μεταξύ 2,4m και 3,0 m. Το ποσοστό φωτεινής ροής προς την οροφή αυτών των συσκευών φωτισμού πρέπει να είναι λιγότερο από 10% ενώ η μέση λαμπρότητα, όπως γίνεται αντιληπτή από τον ξαπλωμένο ασθενή, να μην υπερβαίνει τις 700cd/m².

-Φωτιστικά ανάγνωσης τοποθετημένα σε τοίχους

Η ύπαρξη ρυθμιζόμενων συσκευών φωτισμού τοποθετημένων σε τοίχους είναι αναγκαία ώστε να επιτρέπεται η εύκολη ρύθμιση τους από τους ασθενείς. Το φωτιστικό πρέπει να έχει περιορισμένη ακτίνα μετακίνησης για να μην προκαλεί ενόχληση σε άλλους ασθενείς. Τα συνηθισμένα ύψη συναρμολόγησης είναι 1,6m. Σε μερικές περιπτώσεις επιλέγεται τα φωτιστικά αυτά να τοποθετούνται στην οροφή για να παρέχουν υψηλότερο βαθμό ασφάλειας αλλά και για να αφήνουν το χώρο επάνω από το προσκέφαλο της κλίνης ανεμπόδιστο.

-Φωτισμός εξέτασης

Η παροχή κινητού λαμπτήρα εξέτασης συστήνεται καθώς δεν είναι πραγματοποιήσιμο να συνδυαστούν οι λειτουργίες του φωτός εξέτασης και του φωτός ανάγνωσης σε μια συσκευή φωτισμού. Τα αποσπώμενα φωτιστικά δεν προτείνονται γιατί παρουσιάζουν κινδύνους, ηλεκτρικούς και θερμικούς.

-Φωτισμός παρακολούθησης

Ο σκοπός του φωτισμού παρακολούθησης είναι να επιτρέπει τη συνεχή παρατήρηση ενός ιδιαίτερου ασθενή ατόμου έχει σβήσει ο γενικός φωτισμός, χωρίς τη διαταραχή που θα προκαλούνταν από το φως ανάγνωσης. Επίπεδα φωτισμού 5-10 lux στο προσκέφαλο της κλίνης είναι επαρκή. Η χαμηλή ένταση φωτισμού που απαιτείται για το φωτισμό επαγρύπνησης μπορεί να ληφθεί με τη χρησιμοποίηση ενός λαμπτήρα που τροφοδοτείται μόνο μέσω ενός κυκλώματος μεταβαλλόμενης ροής. Εναλλακτικά χρησιμοποιείται λαμπτήρας πυράκτωσης 40Watt που βρίσκεται είτε στη μονάδα στο προσκέφαλο της κλίνης είτε στη συσκευή φωτισμού.

-Νυχτερινός φωτισμός

Ο νυχτερινός φωτισμός είναι απαραίτητος για την ασφαλή κυκλοφορία των ασθενών και του προσωπικού, ωστόσο δεν πρέπει να ενοχλεί τους ασθενείς που κοιμούνται.

Η λαμπρότητα, όπως την αντιλαμβάνονται οι ασθενείς από τις κλίνες τους, οποιουδήποτε φωτιστικού που παραμένει ανοιχτό κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν πρέπει να υπερβαίνει

τις 30 cd/m². Τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού για το χώρο κυκλοφορίας κυμαίνονται μεταξύ 3 και 5lux αλλά στο προσκέφαλο της κλίνης δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 0,1 lux για τους ενήλικους ασθενείς. Τα επίπεδα αυτά επιτυγχάνονται με τη χρήση μικρών κυλινδρικών τύπου μεταλλικού κουτιού συσκευών φωτισμού. Προτείνεται η χρήση τάσης 8-12 και λαμπτήρων νυχτερινού φωτισμού βολφραμίου ή κάτι αντίστοιχο. Η τοποθέτηση των φωτιστικών μπορεί να γίνεται στην οροφή ,όχι όμως σε σημείο που απέχει περισσότερο από 3,0m από το δάπεδο.⁴



Εικ.5.3 Φωτιστικό σε θάλαμο νοσηλείας, για γενικό και προσωπικό φωτισμό¹

5.3 Σημαντικοί οργανισμοί που περιλαμβάνουν οδηγίες για φωτισμό

CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers)

Ο CIBSE είναι ένα ινστιτούτο με μέλη από όλο τον κόσμο τα οποία ασχολούνται με ό,τι έχει να κάνει με τον φωτισμό, τη θέρμανση, τον εξαερισμό, τους ανελκυστήρες, τις σκάλες, την ακουστική, τα υδραυλικά, την κατανάλωση ενέργειας και τα συστήματα ασφαλείας. Το κομμάτι του CIBSE που ασχολείται με τον φωτισμό είναι η **Society of Light & Lighting (SLL)**, που είναι και ο μεγαλύτερος οργανισμός που ασχολείται με την τέχνη και την επιστήμη του φωτισμού.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers)

Αποτελεί οργανισμό που ανήκει στο ευρύτερο σύνολο του CIBSE .Ιδρύθηκε το 1984 και πλέον έχει πάνω από 50.000 μέλη παγκοσμίως τα οποία ασχολούνται με θέματα της κατασκευής και της ενεργειακής της απόδοσης.

IEA (International Energy Agency)

Ιδρύθηκε το 1973-74 ως αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης με 28 κράτη μέλη παγκοσμίως.Βασικός ρόλος αυτού του οργανισμού ήταν να συμβάλλει σε μια συλλογική λύση στις διακοπές στην παροχή πετρελαίου, μέσω της απελευθέρωσης έκτακτης ανάγκης αποθεμάτων πετρελαίου στις αγορές.Ενώ συνεχίζει να είναι αυτός ο βασικός ρόλος του IEA, ο οργανισμός έχει διευρυνθεί.Πλέον παίζει σημαντικό ρόλο στον παγκόσμιο διάλογο για την ενέργεια και παρέχει για αυτόν τον λόγο έρευνες, στατιστικές αναλύσεις και συστάσεις.

IESNA (Illuminating Engineering Society of North America)

Οργανισμός με 8.000 μέλη παγκοσμίως, τα περισσότερα των οποίων βρίσκονται στις Η.Π.Α., στον Καναδά και το Μεξικό.Στόχος του οργανισμού αυτού είναι η βελτίωση των συστημάτων φωτισμού και για αυτόν τον λόγο διενεργεί έρευνες με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων και συστάσεων πάνω σε αυτόν τον τομέα.

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) και LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

Αποτελούν συστήματα αξιολόγησης και πιστοποίησης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.Το BREEAM δημιουργήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ το LEED στις Η.Π.Α.Προφανώς έχουν συμπεριλάβει στοιχεία της χώρας στην οποία προορίστηκαν και είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι ένα κτίριο που έχει διαμορφωθεί με κανονισμούς του ενός συστήματος αξιολόγησης μπορεί να χαρακτηριστεί χαμηλής ενεργειακής ποιότητας σύμφωνα με το άλλο σύστημα.

Για τον τομέα της υγείας και των νοσοκομείων υπάρχουν οι κατηγοριοποιήσεις των παραπάνω: BREEAM HEALTHCARE και LEED HEALTHCARE, GREEN GUIDE FOR HEALTHCARE αντίστοιχα.⁵

5.4 Απαιτήσεις φωτισμού σε περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης

5.4.1 Συστάσεις για φυσικό φωτισμό σε θάλαμο νοσηλείας

Ο φωτισμός, σε ένα νοσοκομείο, πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένος ώστε να λαμβάνονται υπόψη τα άτομα που θα χρησιμοποιούν το χώρο, οι εργασίες που θα πραγματοποιούνται, η αισθητική του δωματίου καθώς και η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας. Η όραση είναι μια δυναμική διαδικασία. Τα μάτια δεν παραμένουν σταθερά σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο χώρο αλλά κοιτάζουν σε όλα τα σημεία του. Γι' αυτόν το λόγο πρέπει να δίνεται έμφαση σε τρεις ζώνες φωτισμού.

Ειδικά δε, στα χειρουργεία : Η ζώνη υψηλότερης σημασίας πρέπει να βρίσκεται στο χειρουργικό τραπέζι. Η ζώνη μεσαίας σημασίας γύρω από το χειρουργικό τραπέζι και η τρίτη ζώνη στις υπόλοιπες επιφάνειες.

Βάσει αυτών των γενικών αρχών ο IESNA διαχωρίζει τις ενέργειες που γίνονται στα δωμάτια των ασθενών και με αυτόν τον τρόπο δίνει τις συστάσεις για το φυσικό φωτισμό.

Επισκέψεις νοσοκόμων στα δωμάτια των ασθενών:

Φωτισμός χωρίς μεγάλες απαιτήσεις αρκεί. Αλλά πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να βοηθά τη δουλειά των νοσοκόμων. Η φωτεινότητα πρέπει να είναι λιγότερη από 310 cd/m^2 .

Επισκέψεις γιατρών στα δωμάτια των ασθενών:

Πρέπει να υπάρχει αρκετό φως στο κρεβάτι του ασθενή καθώς και γύρω από αυτό. Η φωτεινότητα πρέπει να είναι λιγότερη από 70 cd/m^2 .

Φωτισμός εξέτασης:

Πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μην αλλοιώνει το χρώμα του δέρματος των ασθενών. Ακόμη και όταν χρησιμοποιείται κουρτίνα για απομόνωση του ασθενή από τα υπόλοιπα άτομα του δωματίου,

πρέπει να χρησιμοποιείται τεχνητός φωτισμός ώστε να διατηρείται το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Προσωπικός φωτισμός ασθενή: Πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη φωτεινότητα που να εξυπηρετεί τον ασθενή και να μην ενοχλεί.⁵

ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΣΕ ΦΩΤΙΣΜΟ

ΧΩΡΟΣ/ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ	ΕΠΙΠΕΔΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ(LUX)	ΘΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
ΧΩΡΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	300	ΓΡΑΦΕΙΟ
ΔΩΜΑΤΙΟ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	200-400 ,1000 τοπικά	ΕΠΙΦΕΝΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗΣ	300,500 τοπικά	ΠΑΓΚΟΣ
ΔΩΜΑΤΙΑ ΜΕ ΚΛΙΝΕΣ		
ΔΩΜΑΤΙΑ/ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ	100 ελάχιστο(πρωί)	ΠΑΤΩΜΑ
ΔΩΜΑΤΙΑ/ΑΣΘΕΝΗΣ	150 ελάχιστο(πρωί)	ΠΡΟΣΚΕΦΑΛΟ
ΔΩΜΑΤΙΑ/ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	5(νύχτα)	ΠΡΟΣΚΕΦΑΛΟ
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ	400	ΚΛΙΝΗ
ΕΞΕΤΑΣΗ	1000 τοπικά	ΠΡΟΣΚΕΦΑΛΟ
ΤΡΑΠΕΖΑ ΑΙΜΑΤΟΣ	200-300	ΕΠΙΦΕΝΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΣΤΑΘΜΟΣ ΝΟΣΗΛΕΥΤΩΝ	300	ΓΡΑΦΕΙΟ
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	150	ΠΑΤΩΜΑ
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	300	ΓΡΑΦΕΙΟ

Πίνακας 5.1 Απαιτήσεις σε φωτισμό για διάφορους χώρους του νοσοκομείου⁶

Στις νοσοκομειακές μονάδες για μεγαλύτερη άνεση των ασθενών, επισκεπτών και εργαζόμενων σε αυτές είναι αναγκαίος ο διαχωρισμός του παραθύρου σε περιοχή θέασης και σε περιοχή φεγγίτη. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος, είναι ο διαχωρισμός του παραθύρου οριζοντίως ώστε να μεγιστοποιείται η διείσδυση του φωτός της ημέρας. Στην περιοχή φεγγίτη, η οποία χωροθετείται πάνω από την περιοχή θέασης, περίπου 1,83m πάνω από το πάτωμα πρέπει να τοποθετείται υαλοπίνακας υψηλής απόδοσης (high VT glazing). Παράθυρα για θέα και για φωτισμό πρέπει πρωτίστως να τοποθετούνται στη βόρεια και τη νότια όψη του κτιρίου. Τα παράθυρα στην ανατολική και τη δυτική όψη πρέπει να ελαχιστοποιούνται καθώς είναι δύσκολο να προστατευθούν από την υπερθέρμανση και τη θάμβωση.⁷

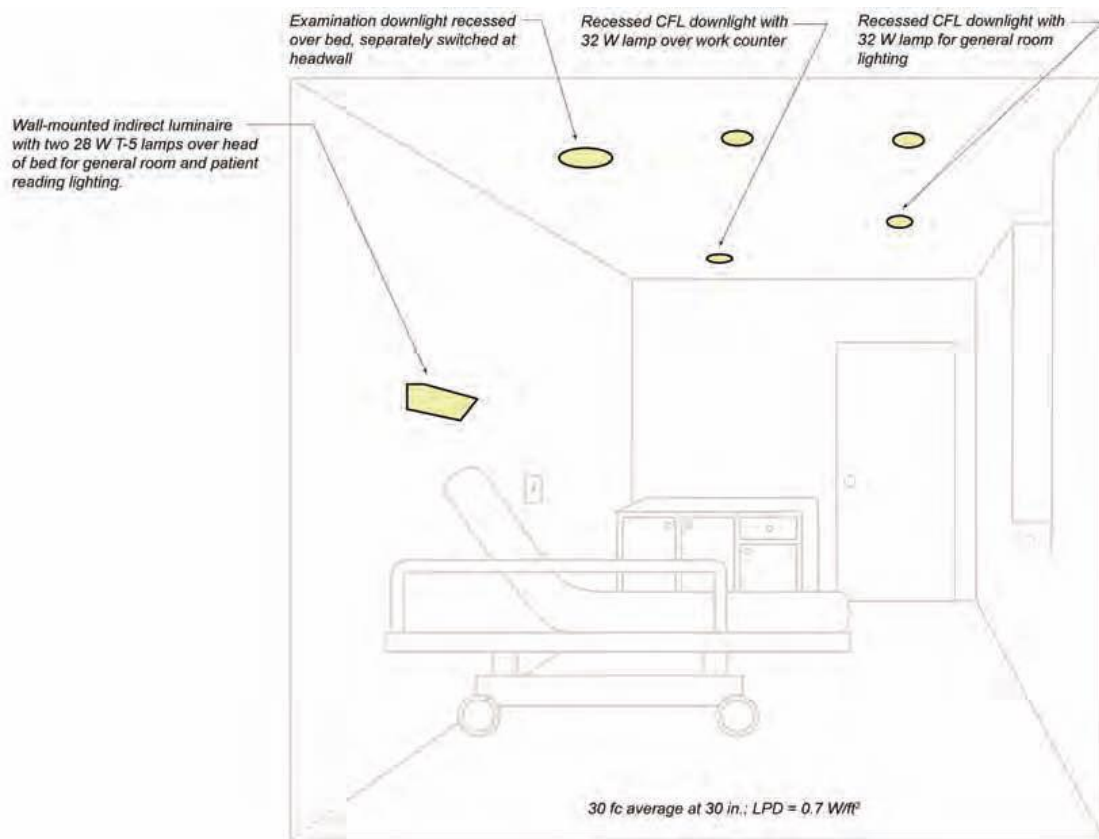
5.4.2 Συστάσεις για τεχνητό φωτισμό σε θάλαμο νοσηλείας

Ο γενικός φωτισμός πρέπει να είναι επαρκής για την περίθαλψη των ασθενών από το νοσηλευτικό προσωπικό, του οποίου τα καθήκοντα περιλαμβάνουν την επίβλεψη των ασθενών, τη συμπλήρωση διαγραμμάτων και τον έλεγχο των θερμομέτρων. Για την αποτελεσματική εκτέλεση αυτών των καθηκόντων η ένταση φωτισμού στα πρόσωπα των ασθενών πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 30 και 50 lux ενώ στον κεντρικό χώρο μεταξύ των κλινών πρέπει να είναι τουλάχιστον 100 lux .Αυτά τα επίπεδα κρίνονται επίσης ικανοποιητικά για τις γενικές δραστηριότητες των περιπατητικών αλλά και ξαπλωμένων ασθενών, χωρίς να προκαλούν διαταραχή στους υπόλοιπους ασθενείς του δωματίου που πιθανώς να κοιμηθούν.

Ο τύπος της πηγής φωτισμού είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Όλα τα δωμάτια που βρίσκονται στις κλινικές περιοχές πρέπει να έχουν να έχουν λαμπτήρες φθορισμού με ανάλογες ιδιότητες χρωματικής απόδοσης. Συνιστάται η χρήση λαμπτήρων με σταθερή απόδοση χρώματος είτε σε κάποια τμήματα είτε σε ολόκληρο το νοσοκομείο. Για χώρους όπου τα προτεινόμενα επίπεδα φωτισμού είναι μικρότερα από 30 lux δεν απαιτούνται απαραίτητα λαμπτήρες τόσο καλής χρωματικής απόδοσης.⁴

ΓΕΝΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΗΣ	ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ
Fluorescent T8 or T5 Light color 840, 4000o K, Ra80	Fluorescent T8 or T5 Light color 840, 4000o K, Ra80	Incandescent or Compact Fluorescent or LED
1 or 2 36W	1 or 2 18W	15 W
1 or 2 58W	1 or 2 24W	7 W
1 or 2 39W		2 W
1 or 2 54W		
ΓΕΝΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ(ΕΜΜΕΣΟΣ)	ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΗΣ(ΑΜΕΣΟΣ)	ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ(ΕΜΜΕΣΟΣ ΚΑΙ ΑΜΕΣΟΣ)
Recommendations according to EN 12464		
100 Lux	300 Lux	300 Lux
2 x T5 54W	1 x T5 24W	2xT5 54W + 1xT5 24W
Average Illuminance= 120Lux	Average Illuminance=330Lux	Average Illuminance=350Lux

Πίνακας 5.2 Συστάσεις για τεχνητό φωτισμό σύμφωνα με EN 12464¹



Εικ.5.4 Τεχνητός φωτισμός σε θάλαμο νοσηλείας⁷

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 5^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Γεωργούλη Ευρύκλεια, «Μελέτη παραμέτρων φυσικού φωτισμού θαλάμου νοσηλείας μέσω λογισμικού», Μάρτιος 2013
2. Σταμάτης Δ.Περδίδης, «Τα μυστικά για την ενεργειακή βελτίωση του ακινήτου σας», Αθήνα 2010
3. http://el.wikipedia.org/wiki/Λαμπτήρες_Φθορισμού
4. Δράκου Κατερίνα «Σχεδιασμός Φυσικού και Τεχνητού Φωτισμού σε Θάλαμο Νοσηλείας Νοσοκομείων». Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας 2007-2008
5. Κυργεωργίου Αθηνά & Λευκαδίτη Σοφία, «Η επίδραση των ανοιγμάτων στο φυσικό φωτισμό θαλάμου νοσηλείας»
6. IESNA lighting handbook
7. ASHRAE, «ADVANCED ENERGY DESIGN GUIDE FOR SMALL HOSPITALS AND HEALTHCARE FACILITIES»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Σχεδιασμός νοσοκομείων

Προϋπόθεση για την χωρίς προβλήματα εκτέλεση του σχεδιασμού και της κατασκευής νοσοκομείων είναι η εξασφάλιση:

- Ευελιξίας/μεταβλητότητας: δυνατότητα προσαρμογής του κτιρίου με βάση μεταβαλλόμενες λειτουργίες και με δεδομένη μια μόνιμη φέρουσα κατασκευή.
- Ποικιλίας: προσαρμογή του κτιρίου σε εναλλασσόμενες λειτουργίες μέσω της αλλαγής της δομής μη φερόντων στοιχείων διαχωρισμού των επιμέρους χώρων με διατήρηση της φέρουσας κατασκευής.
- Δυνατότητας επέκτασης ή μείωσης της έκτασης του νοσοκομείου: δυνατότητα προσαρμογής του κτιρίου σε αυξανόμενες ή μειούμενες απαιτήσεις χώρου.¹

6.1.1 Προσανατολισμός

Ο ευνοϊκός προσανατολισμός για την διάταξη χώρων για θεραπεία και περίθαλψη ασθενών βρίσκεται μεταξύ ΒΔ και ΒΑ προς Β. Για τους θαλάμους ασθενών ευνοϊκός προσανατολισμός είναι από νότια έως νοτιοανατολικά : ευχάριστη ζώνη ηλιασμού, μικρή υπερθέρμανση από ήλιο, μικρή ανάγκη σκιασμού, καλός φωτισμός το απόγευμα. Αντίθετα, χώροι με προσανατολισμό ανατολή- δύση επιτρέπουν την εισχώρηση του ήλιου σε μεγαλύτερο βάθος αλλά μικρότερο ηλιασμό τον χειμώνα.³ Παρ' όλα αυτά, έρευνα που διεξήχθη σε ασθενείς με ψυχικές διαταραχές έδειξε ότι όσοι έμεναν σε ανατολικά δωμάτια και έβλεπαν το πρωινό φως της ημέρας έμειναν 3,67 μέρες λιγότερο από εκείνους που έμεναν σε δυτικά δωμάτια.²

Για νοσοκομεία με μικρό χρόνο παραμονής για περίθαλψη έχει μικρότερη σημασία η θέση των θαλάμων. Ορισμένες θεραπείες απαιτούν μάλιστα προσανατολισμό προς βορρά για να αποφεύγεται ο άμεσος ηλιασμός των ασθενών.³

6.1.2 Μονάδες νοσηλείας

Οι μονάδες νοσηλείας πρέπει να λειτουργούν αυτόνομα. Θα πρέπει να αποφεύγεται διερχόμενη κυκλοφορία, πράγμα που εξασφαλίζεται με τον σχεδιασμό και τον καθορισμό των διαδρόμων. Οι θάλαμοι πρέπει να έχουν φυσικό φωτισμό, ενώ οι λειτουργικοί χώροι (θεραπεία, χώροι αδελφών, φαρμακείο) μπορούν να έχουν τεχνητό φωτισμό και να βρίσκονται στο εσωτερικό της μονάδας.¹

Τμήματα νοσηλείας ανά μονάδα

Τα τμήματα νοσηλείας σχετίζονται με κάποια συγκεκριμένη μονάδα θεραπείας και επιμερίζονται σε μικρότερα τμήματα. Για κάθε τέτοιο τμήμα αντιστοιχούν 20 με 28 κλίνες (σύμφωνα με δεδομένα της γερμανικής ένωσης νοσοκομείων) ώστε να μην χάνεται ο έλεγχος. Η διαρρύθμιση ενός δωματίου εξαρτάται από την κατηγορία, το είδος και τη σοβαρότητα της ασθένειας.

Γίνεται διάκριση μεταξύ των εξής τμημάτων νοσηλείας:

- Συνήθης νοσηλεία
- Εντατική νοσηλεία
- Ειδική νοσηλεία

Για την εντατική και ειδική νοσηλεία ο αριθμός των κλινών ανά τμήμα είναι μικρότερος, ανάλογα και με το μέγεθος του νοσοκομείου, και ποικίλλει μεταξύ 6 και 10 κλινών. Τα δωμάτια πρέπει να είναι διαρρυθμισμένα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ελευθερία κίνησης και πρόσβασης σε αυτά από δύο πλευρές. Θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει ικανοποιητικό αριθμό για ντουλάπια των ασθενών, αρκετό χώρο για όργανα νοσηλείας (καροτσάκια, καρέκλες).

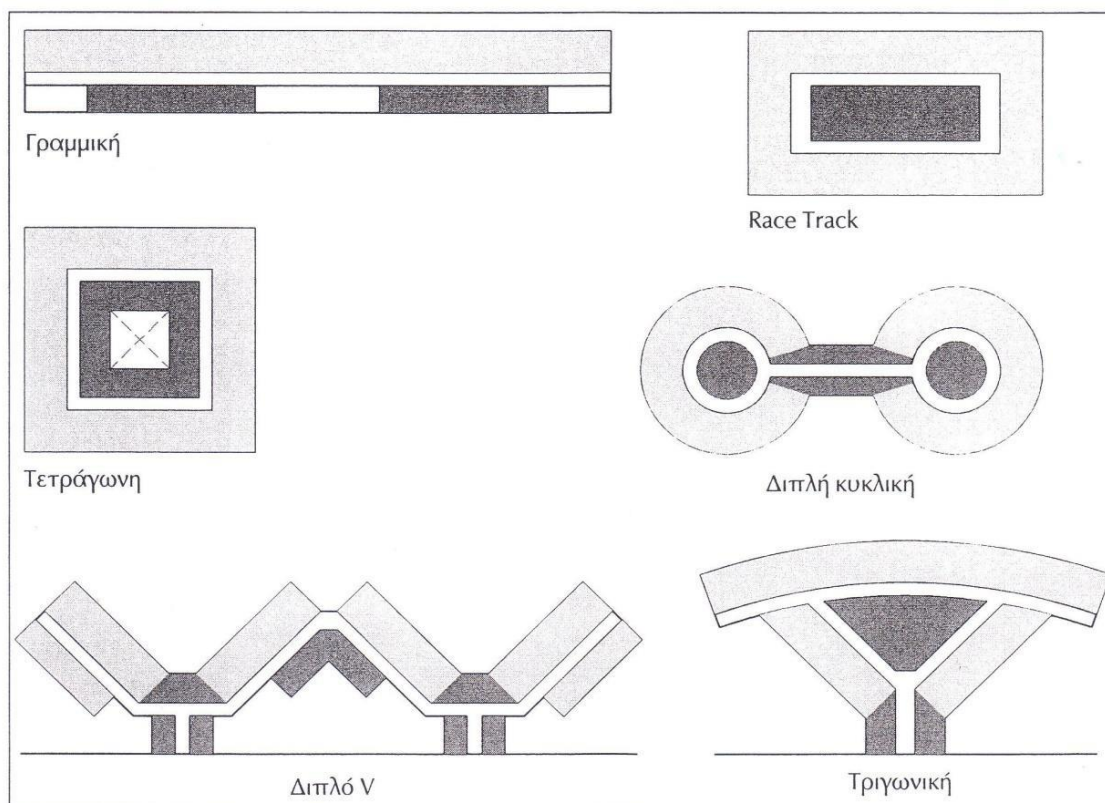
Οι συνήθεις μονάδες νοσηλείας προσφέρουν γενικές υπηρεσίες προς τους ασθενείς (βασικό σημείο του συνολικού σχεδιασμού του νοσοκομείου και ιδιαίτερα για μικρής διάρκειας νοσηλεία και οξείες παθήσεις). Οι συνήθεις νοσηλευτικές μονάδες μπορούν να διατάσσονται καθ' ύψος ανάλογα με τις απαιτήσεις της επιφάνειας και τη δομή της οργάνωσης. Οι συνήθεις μονάδες νοσηλείας απαλλάσσονται από τους βαριά ασθενείς οι οποίοι οδηγούνται σε εντατικές μονάδες θεραπείας.

6.1.3 Γεωμετρικά μοντέλα νοσηλευτικών μονάδων

Αν και οι νοσηλευτικές μονάδες αποτελούν το ένα τρίτο περίπου της συνολικής έκτασης του νοσοκομείου, είναι το κυρίαρχο στοιχείο της ογκοπλαστικής σύνθεσης.

Συνήθως διαμορφώνονται είτε στις παρυφές του υπόλοιπου κτιρίου, είτε ως «πύργος» ή «πύργοι» πάνω από το υπόλοιπο κτίριο. Στην περίπτωση σχεδιασμού στις παρυφές του υπόλοιπου κτιρίου, που προκύπτουν ισόγειες νοσηλευτικές μονάδες, ενδείκνυται ισόγειες να είναι οι παιδιατρικές και οι ψυχιατρικές νοσηλευτικές μονάδες με πρόσβαση σε οριοθετημένο και ελεγχόμενο υπαίθριο χώρο. Κάθε νοσηλευτική μονάδα αποτελείται συνήθως από 20 έως 40 κλίνες και έχει μικτό εμβαδόν της τάξης των 600m² ως 1000m². Λόγω και των διατάξεων περί οριζόντιων εξόδων του κανονισμού πυροπροστασίας κτιρίων, δεν κατασκευάζονται κατά κανόνα λιγότερες από δύο συνεχόμενες μεταξύ τους νοσηλευτικές μονάδες κατ'όροφο.

Παρουσιάζονται ενδεικτικά έξι γεωμετρικά μοντέλα ανάπτυξης ζευγών νοσηλευτικών μονάδων.¹



Εικ.6.1 Γεωμετρικά μοντέλα νοσηλευτικών μονάδων¹

Γραμμική είναι η παραδοσιακή διάταξη όπου επιτυγχάνεται διαμπερής αερισμός και φυσικός φωτισμός όλων των χώρων και δίνεται η δυνατότητα επιλογής του καταλληλότερου προσανατολισμού για όλους τους νοσηλευτικούς θαλάμους. Μειονέκτημα είναι οι μεγάλες γραμμικές αποστάσεις που διανύει το νοσηλευτικό προσωπικό. Παραλλαγή της γραμμικής αποτελεί η διάταξη διπλού V.

Η επιδίωξη ελαχιστοποίησης των αποστάσεων που διανύει το νοσηλευτικό προσωπικό οδήγησε στη διάταξη Race Track, που είναι όμως ενεργοβόρα, αφού ο πυρήνας πρέπει να έχει συνεχώς τεχνητό φωτισμό και κλιματισμό, ενώ άλλο μειονέκτημα είναι ότι όλοι οι χώροι, πλην των νοσηλευτικών θαλάμων, δεν έχουν επαφή με το ύπαιθρο.

Παραλλαγή της διάταξης Race Track είναι η τριγωνική.

Η τετράγωνη διάταξη αποτελεί συμβιβασμό μεταξύ της Γραμμικής και της Race Track εφόσον διαμορφώνεται κεντρικό αίθριο.

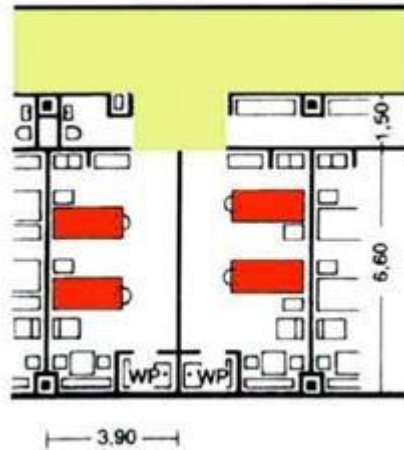
Η διπλή κυκλική είναι ενδεικτική μιας κατηγορίας διατάξεων που επιλέγεται για επίτευξη μορφολογικών στόχων.

6.1.4 Διαστασιολόγηση θαλάμου νοσηλείας

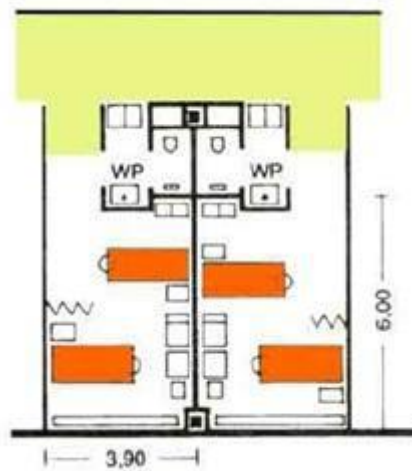
Κάθε κλίνη πρέπει να είναι προσβάσιμη και από τις δύο επιμήκεις πλευρές. Το τραπέζι και η καρέκλα πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε η μετακίνηση του ασθενούς από την κλίνη σε φορείο να γίνεται χωρίς την μεταφορά κανενός επίπλου από το δωμάτιο.

Το βάθος του θαλάμου προκύπτει από τις εξής ελάχιστες διαστάσεις:

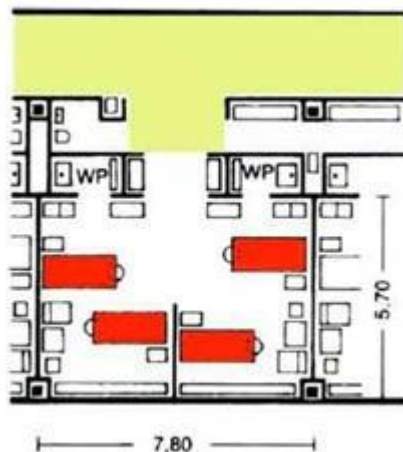
- Πλάτος κλίνης 0,90-0,95m
- Απόσταση μεταξύ κλινών 0,90m
- Απόσταση μεταξύ κλίνης και τοίχου 0,80m
- Απόσταση μεταξύ κλίνης και τοίχου με παράθυρο 1,30m
- Η διαστασιολόγηση του πλάτους του δωματίου προκύπτει από το μήκος της κλίνης 2,20m



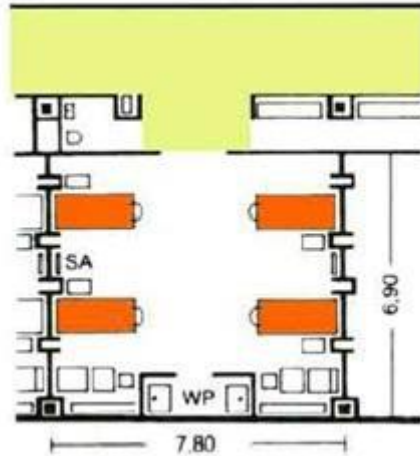
Εικ.6.2 Δωμάτιο δίκλινο με νιπτήρες στην πρόσοψη και χώρος εργασίας αδελφής



Εικ.6.3 Δίκλινο δωμάτιο με εσωτερικό νιπτήρα και W.C.



Εικ.6.4 Δωμάτιο τετράκλινο με νιπτήρες και εσωτερικό W.C.

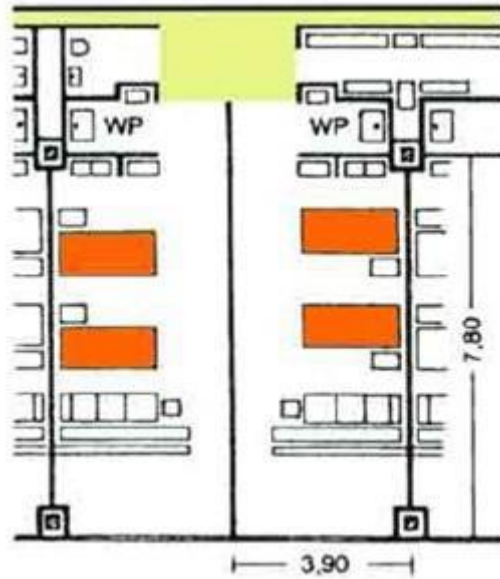


Εικ.6.5 Τετράκλινο δωμάτιο με νιπτήρες στην πρόσοψη και χώρο εργασίας αδελφής

Ο ενδιάμεσος χώρος για την μεταφορά των κλινών πρέπει να είναι 1,25m. Το καθαρό πλάτος του χώρου ωστόσο θα πρέπει να μην είναι μικρότερο από 3,75m καθώς η μεταφορά των κλινών θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη ευκολία.

Το ελάχιστο μέγεθος ενός μονόκλινου δωματίου είναι 10 m² για δίκλινο και τρίκλινο δωμάτιο 8 m² ανά κλίνη. Οι απαιτούμενοι συμπληρωματικοί χώροι, όπως νιπτήρες και W.C. ή εντοιχισμένες ντουλάπες, δεν υπολογίζονται στην επιφάνεια του δωματίου. Το καθαρό ύψος του χώρου πρέπει να είναι το λιγότερο 2,70m. Το ύψος του δωματίου εξαρτάται από το ύψος του ορόφου.

Σε όλους τους τύπους των δωματίων για την αποφυγή των βλαβών από κρεβάτια, κομοδίνα και καρότσια νοσηλευτριών θα πρέπει να υπάρχει ένα προστατευτικό πάσο από συνθετικό υλικό ή ξύλο (σε ύψος 0,40-0,70m από το δάπεδο). Το ίδιο ισχύει για τους διαδρόμους των μονάδων.



Εικ.6.6 Δίκλινο δωμάτιο με εσωτερικό νιπτήρα, W.C. και μπαλκόνι

Κλίνη ασθενούς

Οι κλίνες των ασθενών θα πρέπει να μπορούν να μετακινούνται από μια αδελφή και να σταθεροποιούνται ως προς τις οριζόντιες κινήσεις. Η επιφάνειά τους είναι 2,20X0,95m, ενώ το ύψος της κλίνης ανάλογα με τη μονάδα νοσηλείας πρέπει να μπορεί να ρυθμίζεται σε οποιαδήποτε θέση μεταξύ 0,45 και 0,85m.

Ντουλάπια

Για κάθε θέση κλίνης πρέπει να προβλέπεται μια ντουλάπια. Τοποθετείται έτσι ώστε να υπάρχει οπτική επαφή μέσα από το δωμάτιο (προστασία από κλοπή και αποφυγή ανησυχίας του ασθενή). Η ντουλάπια πρέπει να προσφέρει καθαρό χώρο ύψους 1,40m για ρούχα, χώρο για βαλίτσες, χώρο που κλειδώνει για πολύτιμα αντικείμενα και χώρο για παπούτσια. Οι πόρτες πρέπει να ανοίγουν κατά 120°.

Παροχές

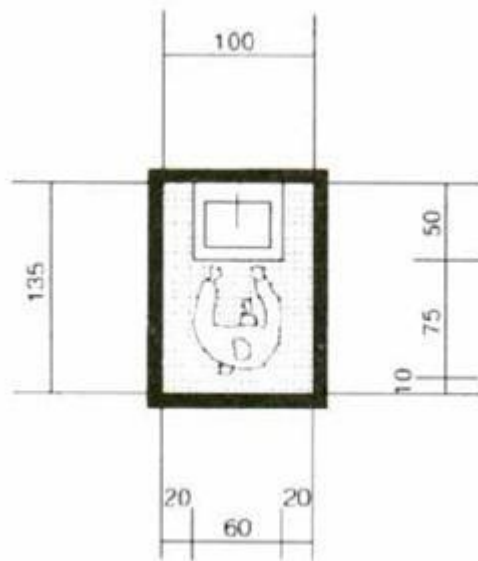
Οι παροχές τοποθετούνται σήμερα ως επί το πλείστον σε ένα ενιαίο οριζόντιο στοιχείο. Εκεί βρίσκονται μπρίζες, διακόπτες για το κεντρικό φως ή το φως του κρεβατιού, κουμπί κλήσης αδελφής, παροχές για διάφορα αέρια, χειρισμός τηλεόρασης, ραδιοφώνου και τηλεφώνου.

Εγκαταστάσεις υγιεινής

Το ποιες εγκαταστάσεις υγιεινής βρίσκονται κοντά στο δωμάτιο εξαρτάται από τη θέση εργασίας της αδελφής, τους κεντρικούς νιπτήρες και τη θέση των λουτρών και του ντους. Σε νέες κατασκευές θα πρέπει οι υγροί χώροι να τοποθετούνται προς την εσωτερική πλευρά (προς το διάδρομο), σε παλιές κατασκευές οι χώροι υγιεινής τοποθετούνται συνήθως στους εξωτερικούς τοίχους σαν επέκταση.

Νιπτήρας

Κάθε θάλαμος έχει στο εσωτερικό του έναν νιπτήρα, ο οποίος όμως δεν βρίσκεται σε οπτική επαφή με το δωμάτιο. Στα τετράκλινα δωμάτια πρέπει να τοποθετούνται δύο νιπτήρες. Οι ελάχιστες διαστάσεις του νιπτήρα είναι 1,0-1,30m, ενώ το ύψος της άνω επιφάνειάς του βρίσκεται στα 0,85m. Στην θέση του νιπτήρα πρέπει να υπάρχει αρκετή ελευθερία κίνησης των χεριών αλλά και των ποδιών για καθήμενους ασθενείς.



Εικ.6.7 Νιπτήρας

W.C.

Η πρόσβαση του ασθενούς στο W.C. θα πρέπει να γίνεται χωρίς τη μεσολάβηση διαδρόμου. Σε νέες κατασκευές τοποθετείται ένα W.C.

ανά δύο κλίνες, ενώ μέχρι τώρα υπήρχε ένα W.C. ανά τέσσερις κλίνες. Επιπλέον πρέπει σε κάθε χώρο W.C. να τοποθετείται και ένας μικρός νιπτήρας. Το πλάτος του χώρου πρέπει να

είναι 1,0m και το μήκος του εξαρτάται από τον τρόπο που ανοίγει η πόρτα και η θέση του νιπτήρα, ορίζεται όμως ως ελάχιστο το 1,50m.

Ύψη χώρων

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κτιριοδομικού κανονισμού (ΚΚ) τα ελάχιστα επιτρεπόμενα ύψη είναι 2,40m για χώρους κύριας χρήσης και 2,20 m για χώρους βοηθητικής χρήσης.

Με το Π.Δ. 517/1991 έχουν θεσπισθεί στις Ιδιωτικές Κλινικές τα ελάχιστα επιτρεπόμενα ύψη χώρων:

- Στους θαλάμους νοσηλείας, θεραπείας και ανάνηψης ασθενών 2,80 m
- Στις αίθουσες άσηπτων χειρουργικών επεμβάσεων 3,00 m
- Στους λοιπούς χώρους κύριας χρήσης 2,70 m
- Στους βοηθητικούς χώρους και διαδρόμους 2,40 m

Με βάση την διεθνή εμπειρία, αλλά και τη σχετική βιβλιογραφία, συνιστώνται τα εξής ελεύθερα ύψη:

- Σε όλες τις αίθουσες χειρουργικών επεμβάσεων 3,00 m έως 3,20 m για τη σωστή λειτουργία της σκιαλυτικής λυχνίας και του κατάλληλου κλιματισμού που συμβάλλει στην ασηψία
- Στους λοιπούς χώρους κύριας χρήσης 2,60 m και 2,80 m
- Στους διαδρόμους τουλάχιστον 2,30 m
- Στους λοιπούς βοηθητικούς χώρους τουλάχιστον 2,40 m

Με αυτά τα δεδομένα προκύπτει ότι ο όροφος ή το τμήμα ορόφου που στεγάζει το Τμήμα Χειρουργικών Επεμβάσεων συνίσταται να έχει μικτό ύψος τουλάχιστον 3,80 m.

Οι λοιποί όροφοι με χώρους κύριας χρήσης συνίσταται να έχουν μικτό ύψος 3,40 m έως 3,60 m (που μπορεί να πρέπει να είναι μεγαλύτερο αναλόγως των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του φέροντος οργανισμού και της διάταξης των οριζοντίων ηλεκτρομαγνητικών δικτύων) με την προϋπόθεση ότι αν έχουν ψευδοροφή το ελεύθερο ύψος των χώρων είναι 2,60 m έως 2,80m.

Διαστάσεις και λειτουργία θυρών

Τα ελάχιστα επιτρεπόμενα ελεύθερα πλάτη των θυρών καθορίζονται από τον ισχύοντα κανονισμό πυροπροστασίας κτιρίων. Έτσι οι θύρες που εξυπηρετούν εσωτερικούς ασθενείς ή ασθενείς που θεραπεύονται στο τμήμα επειγόντων περιστατικών πρέπει να έχουν ελεύθερο πλάτος τουλάχιστον 1,10 m. Οι θύρες των θαλάμων νοσηλείας πρέπει να έχουν ελεύθερο πλάτος τουλάχιστον 0,90 m. Το ιδανικότερο μέγεθος για τις πόρτες του δωματίου είναι 1,26 x 2,13 m. Δεν υπάρχει περιορισμός, πέραν όσων επιβάλλονται από τις γενικές διατάξεις του κανονισμού πυροπροστασίας κτιρίων, για θύρες που δεν προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν σε οποιαδήποτε περίπτωση από ασθενείς.

Όπου το ελεύθερο πλάτος υπερβαίνει το 1,10 m πρέπει να χρησιμοποιείται δίφυλλη θύρα, επειδή είναι δύσχρηστη κάθε θύρα που το περιστρεφόμενο περί κατακόρυφο άξονα φύλλο της υπερβαίνει το 1,10 m.

Απαγορεύεται να κλειδώνονται οι θύρες των θαλάμων των νοσηλευτικών μονάδων που οδηγούν προς το εσωτερικό του κτιρίου

Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και η ηχοπροστασία (κατά το δυνατόν 32 dp). Χρήσιμες είναι οι ίνες ή λωρίδες που μονώνουν την πόρτα όταν κλείνει.

Κάθε θυρόφυλλο οριζόντιας εξόδου πρέπει να έχει διαφανή υαλοπίνακα (vision panel) πυράντοχο που να εξασφαλίζει ορατότητα προς την απέναντι πλευρά χωρίς να μειώνει την απαιτούμενη πυραντίσταση της θύρας.

Οι χειρολαβές πρέπει να είναι εύχρηστες και από άτομα με δυσκινησία στα δάκτυλα και να κατασκευάζονται από υλικό που να μπορεί να καθαρίζεται και να απολυμαίνεται εύκολα.

Πλεονεκτικές είναι οι πόρτες με μπράτσο αυτόματης επαναφοράς καθώς η χρήση της πόρτας από ασθενείς και νοσηλεύτριες που μεταφέρουν κάποια καρτσάκια είναι σχετικά δύσκολη.³

6.2 Το παράδειγμα του νοσοκομείου «Αττικόν»

Το Αττικό νοσοκομείο χτίστηκε σε οικόπεδο του στρατοπέδου Χαϊδαρίου (ΚΕΔΒ) το οποίο είχε μέγεθος 105.647m². Η θεμελίωσή του ξεκίνησε στις 21/6/1995 και η κατασκευή ολόκληρου του νοσοκομείου ολοκληρώθηκε το 2003.

Το νοσοκομείο ιδρύθηκε με το Π.Δ. 200/9-8-2000, «Ίδρυση Γενικού Νοσοκομείου με την επωνυμία «ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ». Μετέπειτα, με υπουργική απόφαση μετονομάστηκε σε ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΘΗΝΑΣ «ΑΤΤΙΚΟΝ» για να καταλήξει με υπουργική απόφαση το 2003 ως ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ «ΑΤΤΙΚΟΝ».

Σήμερα στο Νοσοκομείο από την Ιατρική Σχολή Αθηνών έχουν εγκατασταθεί και είναι πλήρως ανεπτυγμένες 18 Πανεπιστημιακές Κλινικές, 30 Ειδικές Νοσηλευτικές Μονάδες και Μονάδες εν γένει με συνολική δυναμικότητα 645 κλινών (που είναι το 88% περίπου του συνολικού αριθμού κλινών βάσει Οργανισμού που είναι 735 κλίνες), 6 Κεντρικά Εργαστήρια – Ερευνητικά Εργαστήρια Πανεπιστημιακών κλινικών και ένα πλήρες ανεπτυγμένο Εργαστήριο Απεικονιστικού Τομέα (με 9 Μονάδες).⁴

Το νοσοκομείο είναι κατασκευασμένο σε διάταξη διπλού V.



Εικ.6.8 Άποψη Αττικού νοσοκομείου από δορυφόρο ⁵

Παρόλο που σχεδιάστηκε έχοντας ως πρότυπο το βιοκλιματικό Γενικό Νοσοκομείο Θεσσαλονίκης Παπαγεωργίου, οι θάλαμοι νοσηλείας έχουν Βόρειο ή Ανατολικό προσανατολισμό, γεγονός αντίθετο προς τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Κατά τ'άλλα, οι προδιαγραφές του είναι εφάμιλλες με του Παπαγεωργίου.



Εικ.6.9 Τετράκλινος θάλαμος στο Αττικό νοσοκομείο ⁴

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 6^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Φλώρος Χ., «Οργάνωση-σχεδιασμός νοσοκομείων», εκδόσεις Παρισιάνου
2. Benedetti F. Colombo C., Bardini B., Campori E., Smeraldi E., Morning sunlight reduces length of hospitalization in bipolar depression, Journal of affective disorders, 62(3), 2001
3. Neufert E. « Οικοδομική και αρχιτεκτονική σύνθεση», εκδ.Γκιούρδας
4. <http://www.attikonhospital.gr/>
5. Google Earth

Κεφάλαιο 7

7.1. Προγράμματα μελέτης φωτισμού σε υπολογιστή

Η συνεχής εξέλιξη και ενοποίηση των δυνατοτήτων των ψηφιακών προγραμμάτων γραμμικής σχεδίασης (CAD Computer Aided Design= σχεδίαση με χρήση/βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή), φωτορεαλιστικής απεικόνισης (photorealistic imaging), εικονικής πραγματικότητας και του διαδικτύου, προσφέρουν σήμερα νέες ευκαιρίες σε αρχιτέκτονες και μελετητές φωτισμού για τη δημιουργία εικόνων, που με εξαιρετική ακρίβεια προσομοιώνουν τις συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού στο σχεδιαζόμενο χώρο. Τα προγράμματα υπολογισμού των επιπέδων φωτισμού αποτελούν εξαιρετικά εργαλεία, που η σύγχρονη τεχνολογία των υπολογιστών προσφέρει στους αρχιτέκτονες και μελετητές φωτισμού, για την υποστήριξη της διαδικασίας σχεδιασμού αλλά σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να την αντικαταστήσουν. Η χρησιμοποίηση κάποιου προγράμματος υπολογιστή είναι ένα μόνο μικρό μέρος μιας ολοκληρωμένης μελέτης αρχιτεκτονικού φωτισμού. Ο φωτορεαλισμός, δηλαδή η ρεαλιστική απεικόνιση αντικειμένων και χώρων που σχεδιάζονται στον υπολογιστή, βοηθάει στη δημιουργία ασφαλών προβλέψεων για την τελική εικόνα ενός χώρου, στην αποτελεσματική σύγκριση εναλλακτικών προτάσεων, στον καθορισμό ακριβών φυσικών διαστάσεων και κυρίως στη μετατροπή της πληροφορίας σε εικόνα. Βεβαίως κανένα φωτορεαλιστικό πρόγραμμα υπολογιστή δεν μπορεί να αναπαράγει με ακρίβεια την οπτική εμπειρία του να βρίσκεται κάποιος μέσα σε ένα κτίριο. Επιπλέον, ο ακριβής υπολογισμός των επιπέδων φωτισμού σε ένα χώρο βοηθάει σημαντικά στον ακριβή προσδιορισμό της αναγκαίας ποσότητας φωτιστικών για την επίτευξη ενός δεδομένου επιπέδου φωτισμού κάτι που είναι εξαιρετικά χρήσιμο από άποψη αποτελεσματικότερης και κυρίως ορθότερης χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα προγράμματα υπολογισμού των επιπέδων φωτισμού για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους έχουν εξελιχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Είναι σαφώς πιο εύκολα στη χρήση και ταχύτερα στην παραγωγή αριθμητικών αποτελεσμάτων για τα επίπεδα φωτισμού επιφανείας [φωτισμός(illuminance) σε lux και φωτεινότητας(luminance) σε cd/m^2] σε ένα εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο με δυνατότητα δημιουργίας σχετικά απλοϊκών τρισδιάστατων απεικονίσεων των αποτελεσμάτων του φωτισμού. Οι εικόνες αυτές είναι φωτομετρικά ορθές

καθώς για τη δημιουργία τους χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα φωτιστικά με συγκεκριμένους τύπους λαμπτήρων. Αρχικά τα προγράμματα αυτά εξελίχθηκαν από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές φωτιστικών διεθνώς με σκοπό να βοηθήσουν τους μελετητές στον ορθό σχεδιασμό του φωτισμού ενός εσωτερικού χώρου. Τα προγράμματα αυτά είναι αρκετά απλά στη χρήση τους αλλά συνήθως περιορίζονται στη χρησιμοποίηση των φωτιστικών της κατασκευάστριας εταιρείας. Τα τελευταία χρόνια έχουν εξελιχθεί προγράμματα από ανεξάρτητες εταιρείες όπως το Dialux, το Relux, το Litestar στην Ευρώπη και το Lumen Micro και AGI 32 στις Ηνωμένες Πολιτείες, που είναι τεχνολογικά πολύ πιο εξελιγμένα, προσφέρουν δυνατότητες εισαγωγής φωτομετρικών στοιχείων από μεγάλο αριθμό εταιρειών, κάνουν υπολογισμούς για τα επίπεδα του φυσικού φωτός και προσφέρουν ολοένα και πιο ικανοποιητικές τρισδιάστατες απεικονίσεις με δυνατότητα περιήγησης στο χώρο.

Από την αναφορά των προγραμμάτων υπολογισμού φωτισμού δεν μπορεί ασφαλώς να παραληφθεί το Radiance το οποίο εκπληρώνει τον «παραδοσιακό» ρόλο προγραμμάτων αυτού του είδους, αλλά προσφέρει επιπλέον προσομοιώσεις φωτισμού με ακρίβεια και προχωρημένα μοντέλα σχετικά με την αντανάκλαση πάνω σε επιφάνειες, καλύπτοντας με τον τρόπο αυτό επιτυχώς θέματα σχετιζόμενα με αλληπάλληλες ανακλάσεις (diffuse and specular interreflection) σε περίπλοκους χώρους. Η δημιουργία και λειτουργία άλλωστε πολλών προγραμμάτων προσομοίωσης φωτισμού βασίζονται σε κώδικα του Radiance. Η χρήση των παραπάνω προγραμμάτων προσομοίωσης και υπολογισμού του φωτισμού είναι τόσο ευρεία, που έχει οδηγήσει σχεδιαστικά προγράμματα τύπου CAD στο να παρέχουν εξαγωγή (export to) των αποτελεσμάτων τους σε μορφή συμβατή με τέτοια προγράμματα και επιπλέον ορισμένα προγράμματα (όπως το AutoCAD και το Ecotect) διαθέτουν και τις αντίστοιχες συνδέσεις (plug in) με τα προγράμματα φωτισμού.

Η χρησιμοποίηση των προγραμμάτων αυτών είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα αρχικά στάδια σχεδιασμού ενός χώρου όπου διαφορετικές διατάξεις (φυσικού και τεχνητού φωτισμού) και διαφορετικοί τύποι φωτιστικών μπορούν να δοκιμαστούν ως προς το επιδιωκόμενο τελικό αποτέλεσμα. Έτσι διαφορετικές εναλλακτικές προτάσεις μπορούν να αξιολογηθούν γρήγορα και εύκολα με σκοπό την επιλογή της καταλληλότερης. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι αυτό αφορά μόνο τις ποσότητες του φωτισμού σε ένα χώρο και όχι τη συνολικότερη αισθητική εικόνα του χώρου με τον προτεινόμενο φωτισμό. Από άποψη αισθητικής, κάθε διαφορετικός τρόπος για την επίτευξη των επιθυμητών lux δημιουργεί ένα τελείως διαφορετικό περιβάλλον και προφανώς διαφορετικές αντιδράσεις από τους χρηστές του χώρου. Η τελική επιλογή του καταλληλότερου φωτισμού δεν μπορεί να γίνει μόνο με

βάση τα αντικειμενικά ποσοτικά κριτήρια όπως δίνονται από ένα πρόγραμμα υπολογιστή αλλά και με βάση τα 'ποιοτικά' κριτήρια της συνολικής αισθητικής εικόνας ενός χώρου, όπως αυτά αξιολογούνται από ένα μελετητή φωτισμού. Από την άλλη πλευρά, όταν δηλαδή δεν έχει ενσωματωθεί μελέτη φωτισμού στην αρχιτεκτονική μελέτη, η πραγματοποίηση προσομοιώσεων σε υπάρχουσα κατάσταση είναι επιθυμητή για την εκτίμηση της συμπεριφοράς υφιστάμενων χώρων.¹

7.2 Στάδια μελέτης φωτισμού με χρήση προγράμματος RELUX

Στην παρούσα εργασία, για τη μελέτη της επιρροής των διαφανών στοιχείων του κελύφους(θέση και μέγεθος ανοίγματος) και του προσανατολισμού στη διαμόρφωση των επιπέδων φυσικού φωτισμού και ηλιασμού έγιναν προσομοιώσεις με χρήση του λογισμικού RELUX.

Δημιουργήθηκε έχοντας ως στόχο την προώθηση της συνεργασίας στην ανάπτυξη ενός εργαλείου για το φωτισμό, το οποίο συνεχώς θα αναπτύσσεται και θα προσαρμόζεται στις ανάγκες των σχεδιαστών. Στα πλεονεκτήματά του συγκαταλέγεται η δυνατότητα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού, καθώς και η δυνατότητα χρήσης αρχείων CAD.¹

Στα βήματα σχεδιασμού που παρουσιάζονται παρακάτω αναφέρονται και βασικές εντολές του προγράμματος.²

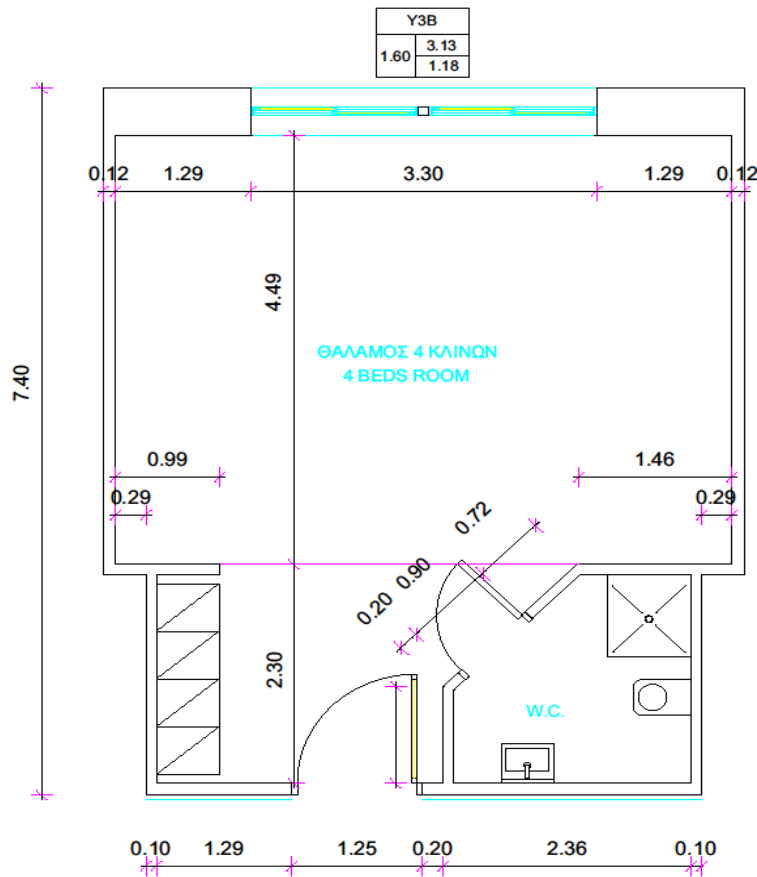
1) Επιλογή υπό μελέτη χώρου

Ο χώρος που μελετάμε είναι ένας θάλαμος νοσηλείας τεσσάρων κλινών. Οι προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν έχουν ως βάση αναφοράς έναν υφιστάμενο χώρο στο Αττικό νοσοκομείο, για τον οποίο είναι δεδομένες όλες σχεδόν οι βασικές παράμετροι που σχετίζονται με τη μελέτη π.χ. οι διαστάσεις του χώρου, οι ώρες λειτουργίας, η ανακλαστικότητα των επιφανειών, η θέση και η γεωμετρία των ανοιγμάτων, οι διατάξεις φωτισμού κ.λ.π.

2) Σχεδιασμός του μοντέλου και καθορισμός παραμέτρων

Η κάτοψη που ακολουθεί δείχνει το σχέδιο του χώρου προσομοίωσης με τις διαστάσεις του πρότυπου χώρου. Αποτελείται από ένα δωμάτιο με τέσσερα κρεβάτια, τέσσερα κομοδίνα, τέσσερις καρέκλες και μία ντουλάπα. Τα άλλα μέρη του δωματίου είναι ο

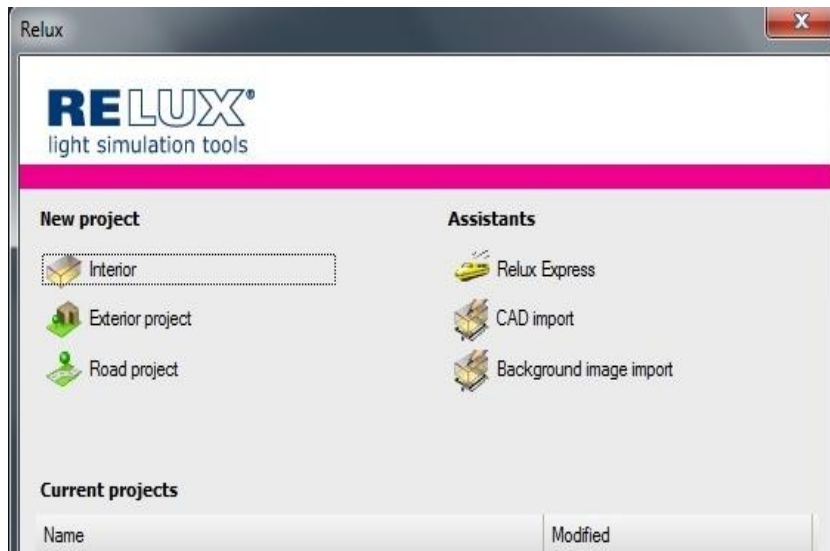
προθάλαμος και το λουτρό. Το τελευταίο δε λαμβάνει φυσικό φωτισμό και δεν επηρεάζει το φωτισμό στον υπόλοιπο χώρο και ως εκ τούτου δε σχεδιάστηκε στη γεωμετρία του χώρου στο RELUX.



Εικ.7.1 Κάτοψη 4κλινου θαλάμου νοσηλείας

α. Σχεδιασμός κελύφους χώρου

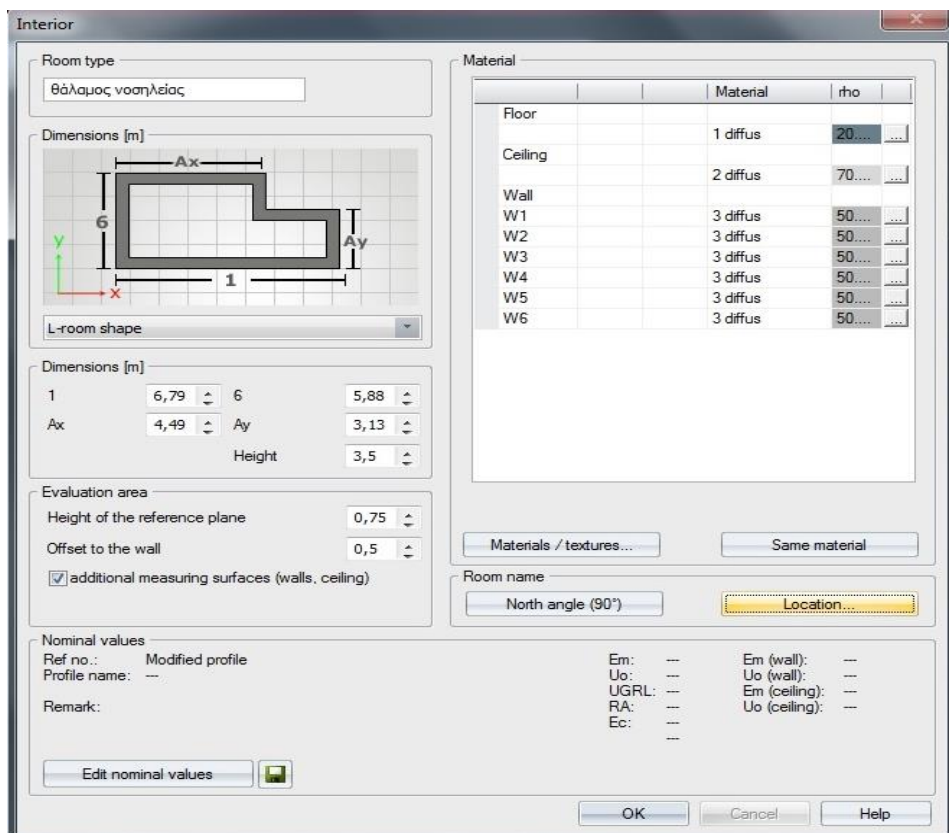
Όταν ανοίγουμε το πρόγραμμα μας εμφανίζει την Εικ.7.2:



Εικ.7.2 Είσοδος στο RELUX

Επιλέγουμε **Interior** αφού ο υπό μελέτη χώρος είναι εσωτερικός.

Στο επόμενο παράθυρο που εμφανίζεται γράφουμε το όνομα του project στο οποίο δουλεύουμε και πατάμε **OK**. Έπειτα εμφανίζεται το παράθυρο στο οποίο θα καθορίσουμε το σχήμα, τις διαστάσεις, την τοποθεσία και τον προσανατολισμό του χώρου καθώς και το ύψος της επιφάνειας αναφοράς.

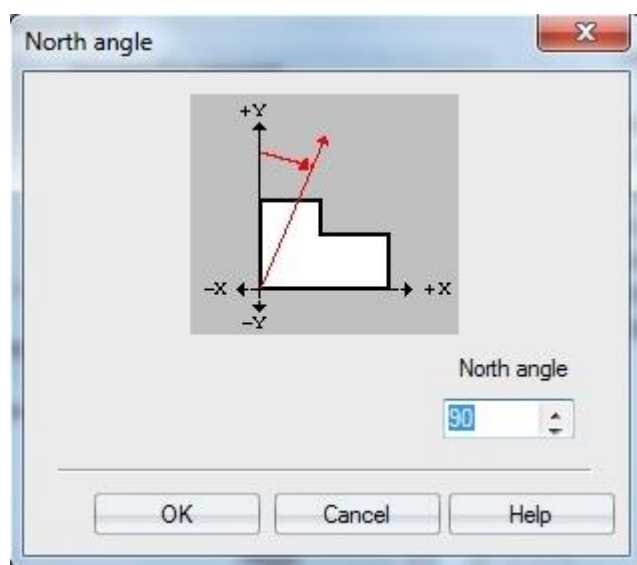


Εικ.7.3 Καθορισμός χαρακτηριστικών του υπό μελέτη χώρου

Οι διαστάσεις του χώρου (**dimensions**) φαίνονται στην Εικ.7.1 και το ύψος του δωματίου είναι 3,5m.Οι διαστάσεις που βάζουμε στο RELUX είναι οι «καθαρές» διαστάσεις του χώρου, καθώς πρόκειται για μελέτη φωτισμού *εσωτερικού* χώρου.

Ο υπό μελέτη θάλαμος νοσηλείας βρίσκεται στην Αθήνα, επόμενως στο πεδίο **Location** βάζουμε Athens.Αν δεν υπάρχει στο RELUX η περιοχή που βρίσκεται ο χώρος, μπορούμε να την προσθέσουμε εμείς αρκεί να ξέρουμε το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της.Για την Αθήνα το γεωγραφικό μήκος (geographical longitude) είναι $23,45^{\circ}$ και το γεωγραφικό πλάτος (geographical latitude) είναι $37,54^{\circ}$.

Ο προσανατολισμός του χώρου (**North angle**), δηλαδή η απόκλιση της κατεύθυνσης του Βορρά από τον άξονα Y (με φορά Σ.Δ.Ω.) ορίζεται από τον χρήστη.

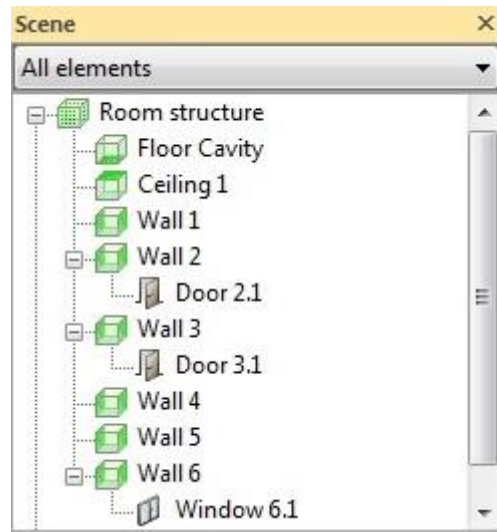


Εικ.7.4 Καθορισμός προσανατολισμού

Τέλος, ορίζουμε το ύψος της επιφάνειας αναφοράς (**height of the reference plane**) που είναι 0,75m.

β. Επιλογή υλικών

Αφού έχουμε φτιάξει το κέλυφος του χώρου επιλέγουμε τα υλικά των δομικών επιφανειών. Από το Toolbar επιλέγουμε *Window* → *Scene* εμφανίζεται μια στήλη με τα βασικά δομικά στοιχεία του δωματίου (τοίχοι, ταβάνι, πάτωμα).



Εικ.7.5 Παράθυρο με όλα τα στοιχεία του δωματίου

Με διπλό κλικ σε κάθε ένα από αυτά εμφανίζεται παράθυρο στο οποίο γίνεται η επιλογή του υλικού και της ανακλαστικότητας των επιφανειών αυτών.

Τα υλικά που επιλέχθηκαν φαίνονται στον Πίνακα 7.1.

	Βαθμός ανάκλασης	Διαφάνεια	Τραχύτητα	Φαινόμενο κατοπτρισμού	Υλικό
Τοίχοι	70%	0	0	0	Σοβάς-gypsum plaster
Οροφή	79,8%	0	0	0	Σοβάς - rough plaster
Δάπεδο	40%	0	0	0	Linoleum

Πίνακας 7.1 Τα υλικά που επιλέχθηκαν και τα χαρακτηριστικά τους

Οι βαθμοί ανάκλασης έχουν επιλεγθεί με βάση τον Πίνακα 3.1.

Τα υλικά έχουν επιλεγθεί με βάση τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους θαλάμους νοσηλείας.³

Συγκεκριμένα για το δάπεδο, επιλέχθηκε το linoleum.

Το linoleum είναι το πλέον διαδεδομένο συνθετικό οικολογικό υλικό για τα δάπεδα των νοσοκομείων. Οικολογικό γιατί αποτελείται από 100% φυσικές πρώτες ύλες. Συνθετικό γιατί αποτελείται από ξυλάλευρα και σκόνη φελλού, αναμιγμένα με λινέλαιο (λάδι από λινάρι) και ρετσίνη, αλλά και με ορυκτά χρώματα, πάνω σε βάση από φυτικό νήμα.

Τα δάπεδα αυτά, διατίθενται σε ρόλο, σε διάφορα πάχη και δυστυχώς αρκετοί συνάδελφοι τα συγχέουν με τις πλαστικές τους απομιμήσεις, που δεν είναι τίποτα άλλο, παρά άθλια προϊόντα της εντατικής χημείας.

Προσοχή πρέπει, όμως να δοθεί στις κόλλες που χρησιμοποιούνται κατά την τοποθέτησή του, αλλά και στο υποτιθέμενο ακρυλικό του φινίρισμα, που προτείνουν διάφοροι κατασκευαστές, για ν' αυξήσουν τη μηχανική αντοχή του.

Το linoleum είναι ένα καλό υλικό, ξεκούραστο στο περπάτημα, εξ' αιτίας του φαινομένου της επαναφοράς που οφείλεται στην παρουσία του φελλού, αλλά και αρκετά μονωτικό.⁴

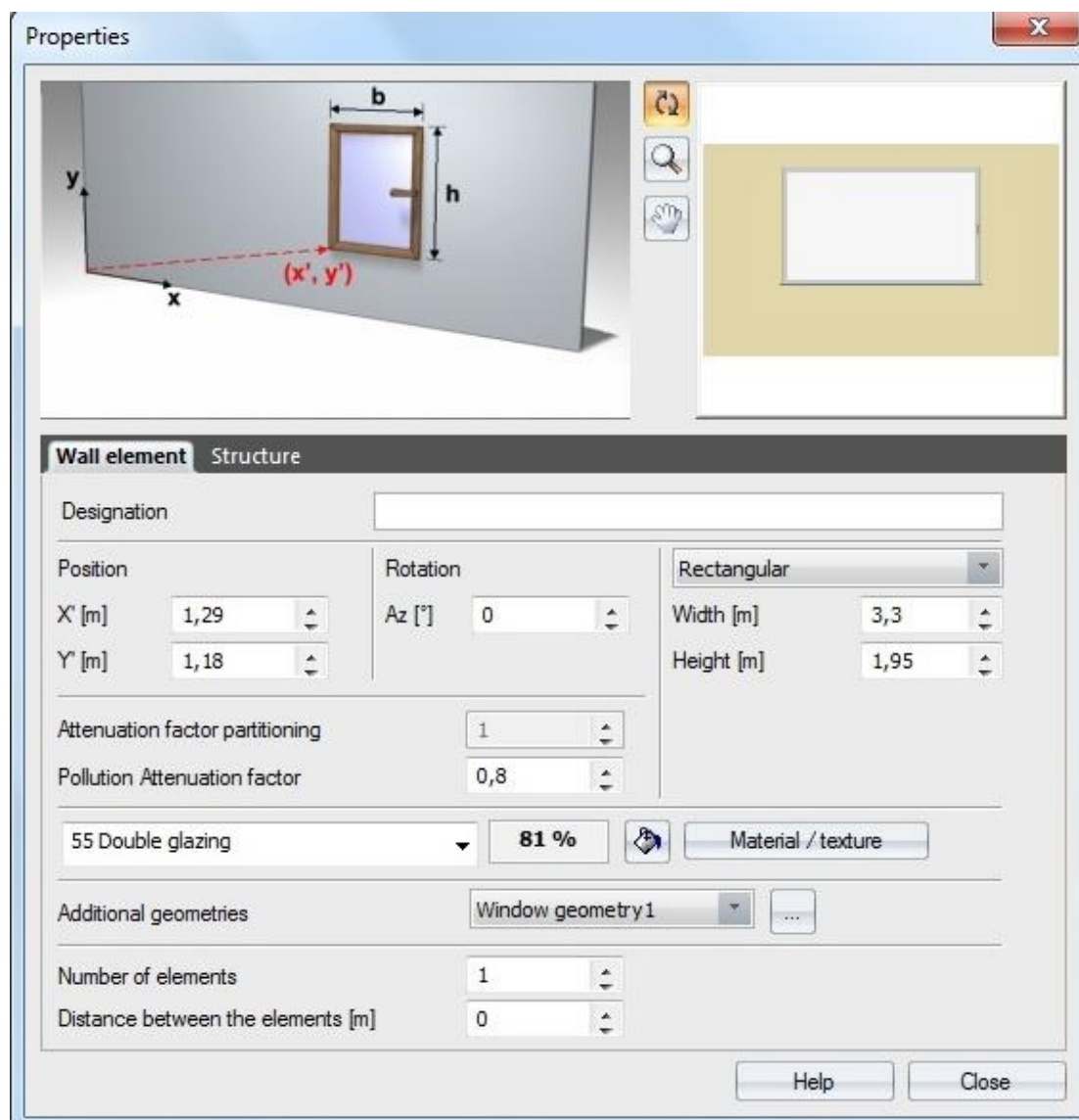
Προσοχή πρέπει να δώσουμε στην επιλογή των χρωμάτων προκειμένου να μην αλλάξουν οι ανακλαστικότητες των δομικών στοιχείων. Γενικά, προτιμούνται ανοιχτά χρώματα για τους τοίχους και την οροφή, αφού θέλουμε υψηλές ανακλαστικότητες, ενώ για το πάτωμα μπορούμε να επιλέξουμε και λίγο πιο σκούρα χρώματα. Τα χρώματα επιλέχθηκαν με βάση τα χρώματα του πρότυπου θαλάμου νοσηλείας, που φαίνονται στην Εικ.6.9.

γ. Προσθήκη ανοιγμάτων

Από το Toolbar επιλέγουμε *Insert*→ *Room elements*→*Window* για να βάλουμε παράθυρα ή *Insert*→ *Room elements*→*Door* για να βάλουμε πόρτες.

Τα παράθυρα και οι πόρτες εμφανίζονται στη στήλη Scene κάτω από τον τοίχο που επιλέξαμε να ενσωματώσουμε το άνοιγμα. Με διπλό κλικ στο στοιχείο της επιλογής μας από τη στήλη αυτή μπορούμε να επιλέξουμε τις διαστάσεις, την τοποθεσία στο χώρο (συντεταγμένες) και το υλικό του στοιχείου αυτού. Για να εμφανίσουμε τις συντεταγμένες χρησιμοποιούμε την εντολή *Window*→*Coordinates*.

Παράθυρο



Εικ.7.6 Επιλογή διαστάσεων παραθύρου και υλικό υαλοπίνακα

Οι διαστάσεις του παραθύρου είναι σύμφωνες με τις διαστάσεις που αναγράφονται στην κάτοψη του πρότυπου χώρου:

Ύψος 1,95m

Πλάτος 3,3m

Απόσταση ποδιάς από δάπεδο 1,18m

Απόσταση από τα αριστερά 1,29m

Για την απόσταση του παραθύρου από τα αριστερά γίνεται η θεώρηση ότι ο παρατηρητής βρίσκεται εσωτερικά του δωματίου. Η ίδια θεώρηση γίνεται στην τοποθέτηση όλων των ανοιγμάτων.

Ο υαλοπίνακας που έχει επιλεγεί είναι διπλός (double glazing) και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

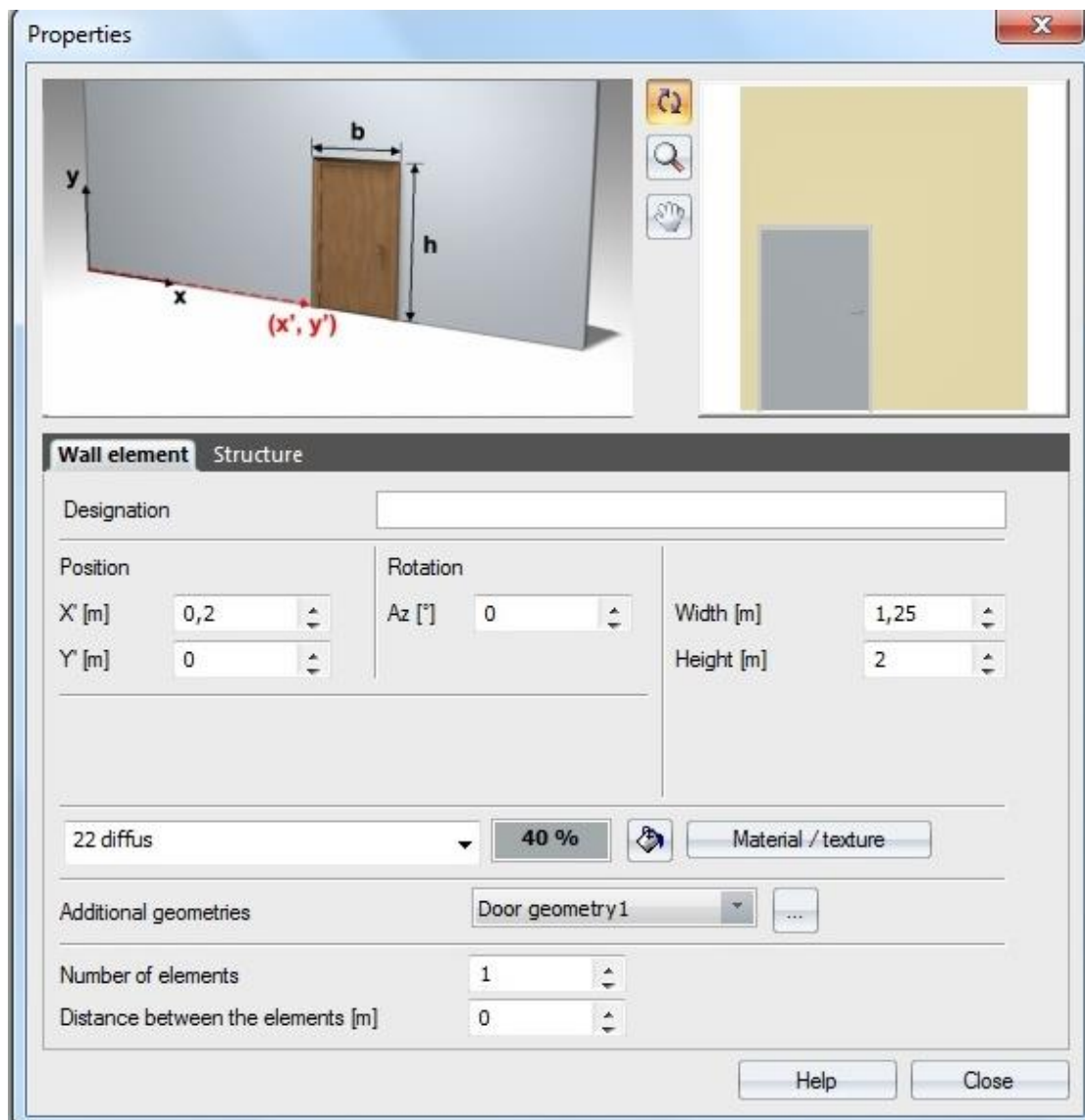
Βαθμός μετάδοσης (transmittance): 81%

U_g : 2,9

G: 0,78

συντελεστής ρύπανσης: 0,8

Πόρτα δωματίου



Εικ.7.7 Επιλογή διαστάσεων και υλικού πόρτας δωματίου

Οι διαστάσεις φαίνονται στην Εικ.7.7 και είναι σύμφωνες με την κάτοψη του πρότυπου χώρου.

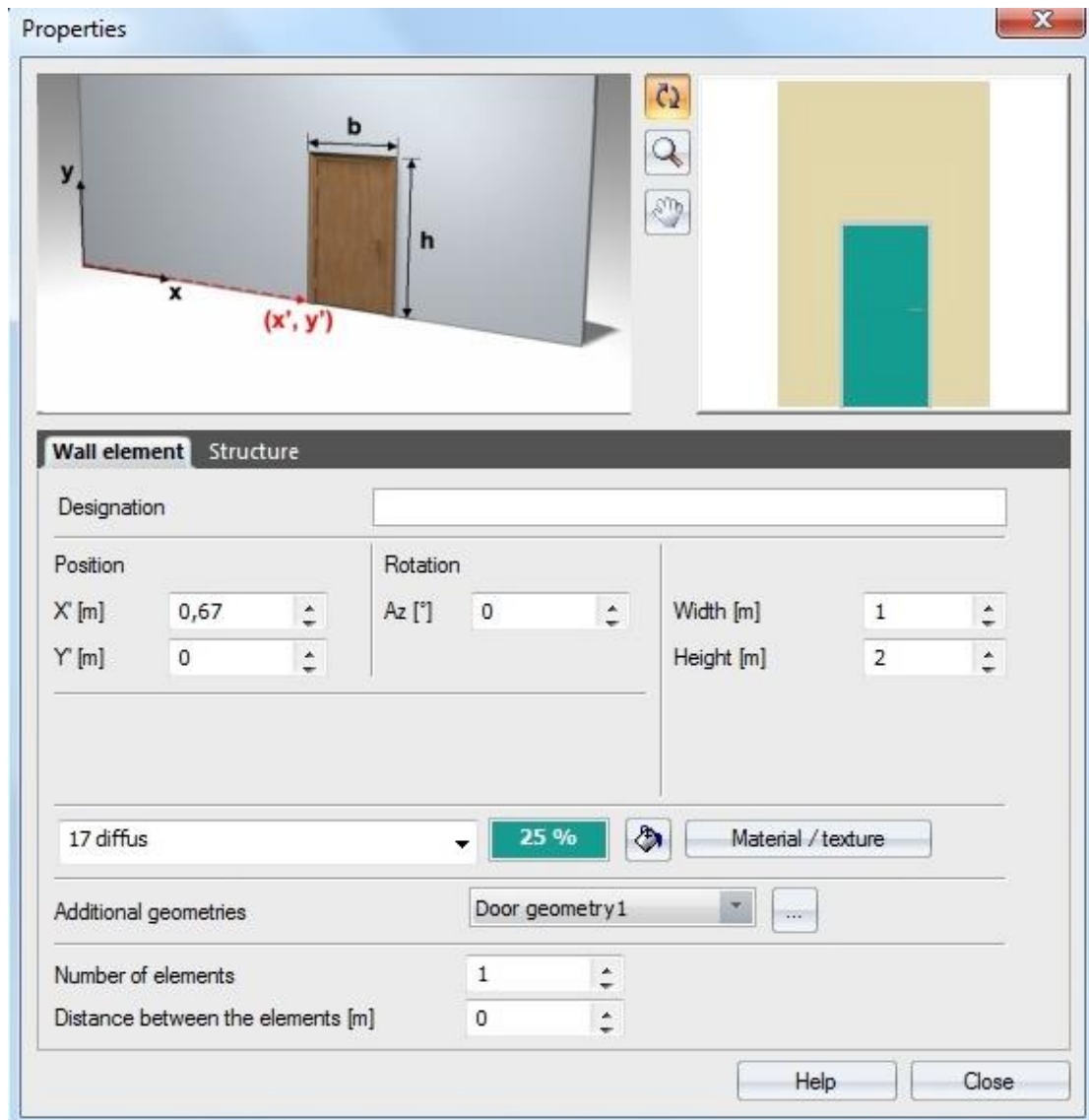
Ύψος 2,0m

Πλάτος 1,25m

Απόσταση από τα αριστερά 0,2m

Το υλικό που επιλέχθηκε είναι το πλαστικό με βαθμό ανάκλασης 40%.

Πόρτα W.C.



Εικ.7.8 Επιλογή διαστάσεων και υλικού πόρτας W.C.

Ύψος 2,0m

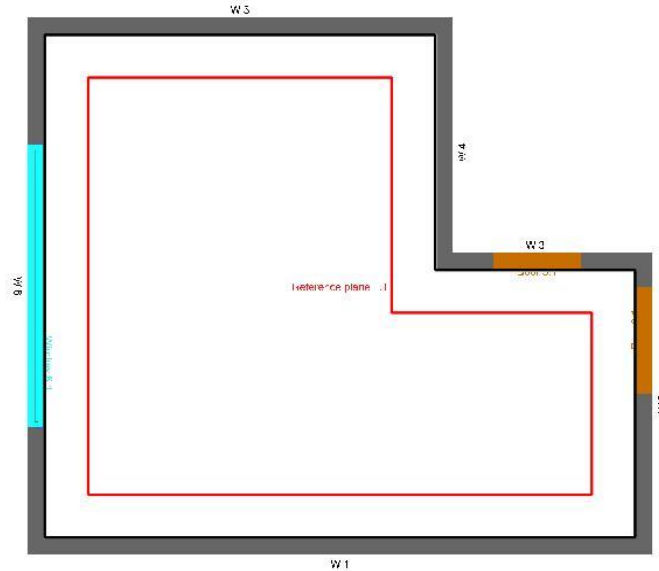
Πλάτος 1,0m

Απόσταση από τα αριστερά 0,67m

Το υλικό που επιλέχθηκε είναι το πλαστικό με βαθμό ανακλαστικότητας 25%.

δ. Κάτοψη χώρου

Αφού έχουμε σχεδιάσει και διαστασιολογήσει τα δομικά στοιχεία και τα ανοίγματα βλέπουμε την κάτοψη του χώρου.



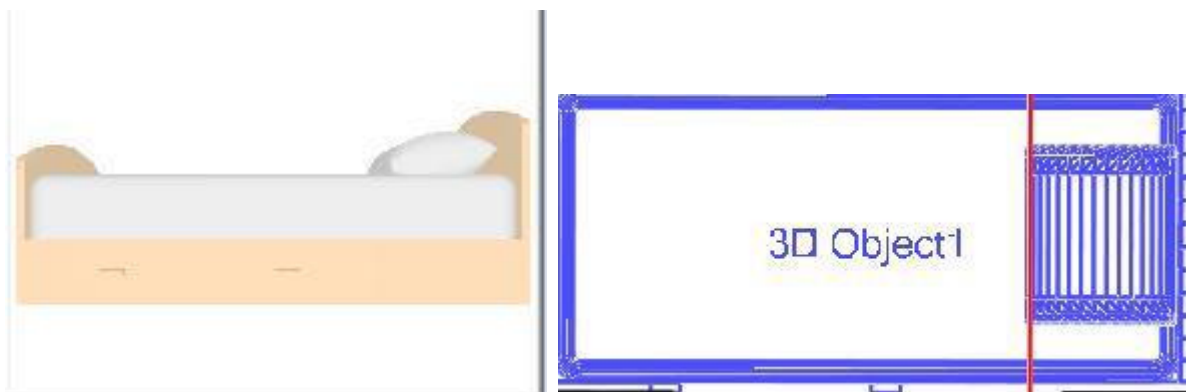
Εικ.7.9 Κάτοψη χώρου στο RELUX

ε. Προσθήκη επίπλων

Στον υπό μελέτη θάλαμο νοσηλείας υπάρχουν τα εξής έπιπλα: τέσσερα κρεβάτια, τέσσερα κομοδίνα, τέσσερις καρέκλες και μία ντουλάπα.

Η προσθήκη των επίπλων γίνεται με την επιλογή *Insert*→*3D objects*.Με αυτήν την επιλογή μπορούμε να βάλουμε ό,τι αντικείμενο θέλουμε στο δωμάτιο.

- Κρεβάτι



Εικ.7.10 Όψη και κάτοψη κρεβατιού

Το κρεβάτι πρέπει να έχει ύψος σύμφωνο με τις προδιαγραφές που υπάρχουν για τον εξοπλισμό των νοσοκομείων, (Κεφάλαιο 6.1.4).

Όπως έχει παρατηρηθεί για ύψος κρεβατιού 1m :

- ο ασθενής νιώθει άνετα και όχι δυσφορία όπως συμβαίνει με τα χαμηλά κρεβάτια
- σε όρθια θέση είναι δυνατή η θέαση έξω από τα παράθυρο και
- γίνεται εύκολα η εξέταση των ασθενών από τους γιατρούς και η φροντίδα από τους νοσηλευτές.

Οι διαστάσεις των κρεβατιών είναι:

Ύψος κρεβατιού 1,0m

Μήκος 2,10m

Πλάτος 0,95m

Η θέση (συντεταγμένες) κάθε κρεβατιού εξαρτάται από το σημείο αναφοράς του αντικειμένου (στην περίπτωση αυτή είναι το πίσω κάτω άκρο του κρεβατιού από την πλευρά του τοίχου που βρίσκεται το παράθυρο) και είναι οι εξής:

Κρεβάτι 1

$X=0$ $Y=5,88$ $Z=0,8$

Κρεβάτι 2

$X=0$ $Y=5,88$ $Z=2,7$

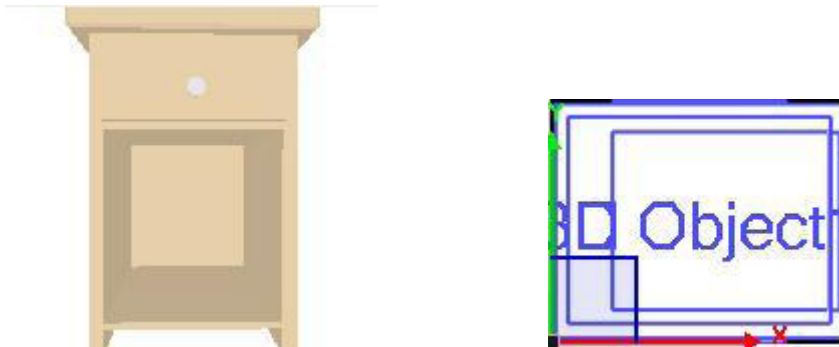
Κρεβάτι 3

$X=0$ $Y=0$ $Z=0,8$

Κρεβάτι 4

$X=0$ $Y=0$ $Z=3,65$

- Κομοδίνο



Εικ.7.11 Όψη και κάτοψη κομοδίνου

Το κάθε κομοδίνο βρίσκεται στα δεξιά του ασθενή και έχει τις εξής διαστάσεις:

Ύψος 0,75m

Μήκος 0,5m

Πλάτος 0,5m

Η θέση των κομοδίνων μετράται με σημείο αναφοράς το πίσω κάτω άκρο του κομοδίνου από τη μεριά του τοίχου που είναι το παράθυρο (για τα κομοδίνα 1 και 2) και από την αντίθετη μεριά(για τα κομοδίνα 3 και 4)

Κομοδίνο 1

X=0 Y=5,88 Z=0,2

Κομοδίνο 2

X=0 Y=5,88 Z=2,1

Κομοδίνο 3

X=0 Y=5,88 Z=2,35

Κομοδίνο 4

X=0 Y=5,88 Z=4,25

- Καρέκλα

Στον θάλαμο νοσηλείας πρέπει να υπάρχει μια καρέκλα για κάθε ασθενή.⁵



Εικ.7.12 Όψη καρέκλας που έχει επιλεγθεί.

Οι διαστάσεις της καρέκλας είναι:

Ύψος 0,85m

Πλάτος 0,5m

Μήκος 0,5m

Οι καρέκλες τοποθετούνται κοντά στα κρεβάτια των ασθενών χωρίς όμως να εμποδίζουν την κυκλοφορία των ανθρώπων μέσα στο δωμάτιο.⁵

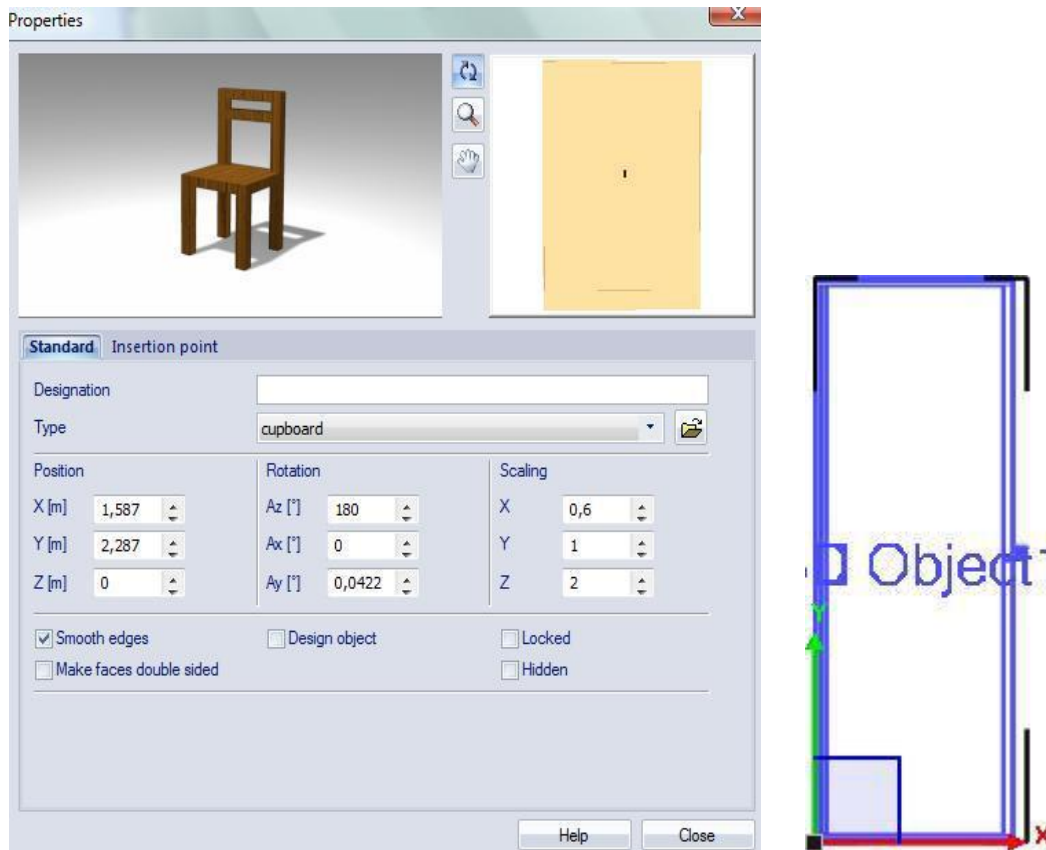
- Ντουλάπα

Οι διαστάσεις της ντουλάπας είναι :

Μήκος L = 1.0 m

Πλάτος B = 0.6 m

Ύψος H = 2.0m

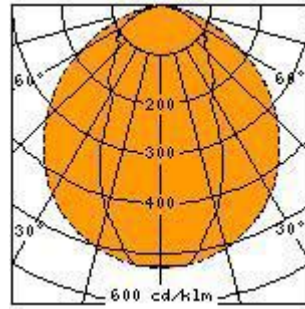


Εικ.7.13 Τοποθέτηση ντουλάπας

- Τοποθέτηση φωτιστικών

Πάνω από κάθε κρεβάτι τοποθετήθηκαν 3 φωτιστικά. Ένα φωτιστικό για προσωπικό φωτισμό που στοχεύει προς τα κάτω με κλίση 30° και δύο φωτιστικά για γενικό φωτισμό με κύρια κατεύθυνση την οροφή του δωματίου. Το προσωπικό φωτιστικό καθώς και τα φωτιστικά για γενικό φωτισμό επιλέχθηκαν με κριτήριο την ισχύ ώστε να αποδίδουν οι συνήθεις λαμπτήρες που τοποθετούνται σε θαλάμους νοσηλείας. Έτσι επιλέχθηκε λαμπτήρας που να αποδίδει ισχύ 18 W και συγκεκριμένα ο τύπος φωτιστικού SYDNEY///RAPID, reflector tube narrow beam PMMA clear, lamp guiding 640 270 01 - 216 992 ισχύος 18 W της εταιρίας NORKA με τα εξής χαρακτηριστικά:

Μήκος=0,635m Πλάτος=0,130m Ύψος=0,138m



Εικ.7.14 Φωτιστικό SYDNEY///RAPID

12 τεμάχια: SYDNEY///RAPID with narrow beam reflector tube PMMA clear, with lamp guiding, ECG; T8/18W Πλαστικό φωτιστικό κατασκευασμένο από ίνες γυαλιού και ενισχυμένο απ ανθεκτικό polyester.

Ισχύς :18W

Φωτεινή ροή(φωτιστικό):1215 lm

Φωτεινή ροή(λάμπες):6700 lm

Κωδικός φωτιστικού: 640 270 01 - 216 992

Για την προσθήκη φωτιστικών στον χώρο χρησιμοποιούμε την εντολή
Insert→Luminares.

στ. Προσθήκη άλλων στοιχείων

- Ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο

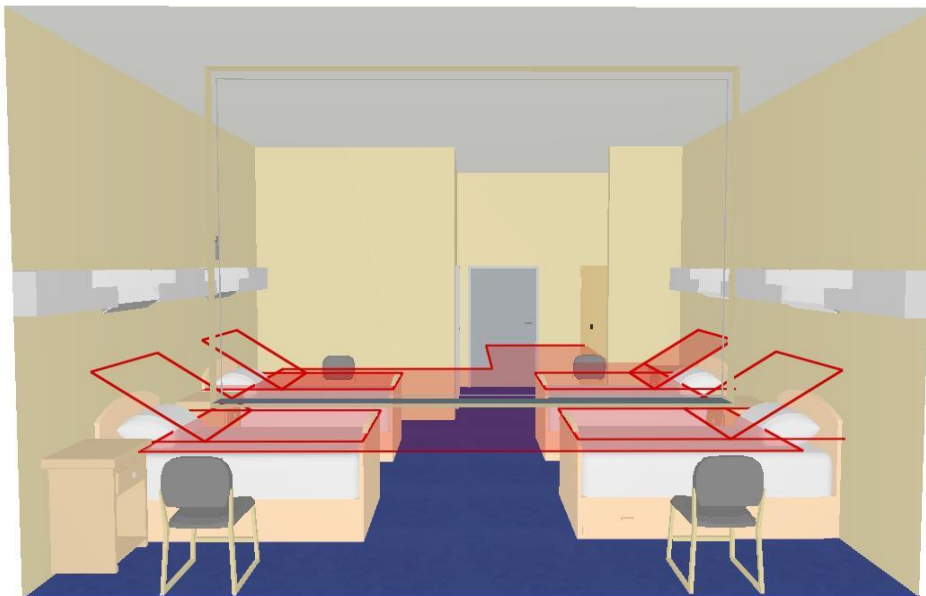
Στον χώρο υπάρχουν επιμήκη ορθογώνια παραλληλεπίπεδα, το οποίο είναι τοποθετημένα στον τοίχο πάνω από τα κρεβάτια σε απόσταση 0,7m. Τοποθετούνται ανάμεσα από τον τοίχο και τα φωτιστικά και ανάμεσα από τα φωτιστικά. Το ύψος τους είναι 0,15m και το πλάτος τους 0,13m. Το υλικό τους είναι το πλαστικό και έχουν ανακλαστικότητα 70%, αφού είναι κατακόρυφα στοιχεία.

Για να βάλουμε συμπαγή στοιχεία σε έναν χώρο χρησιμοποιούμε την επιλογή
Insert→Basic elements→Cube.

- Επιφάνειες υπολογισμού

Στην τρέχουσα μελέτη, για όλα τα μοντέλα προσομοίωσης, το επίπεδο ενδιαφέροντος βρίσκεται σε ύψος 0,75 m. Επιπλέον, έχουν τοποθετηθεί από δύο επιφάνειες υπολογισμού σε κάθε κρεβάτι (μία οριζόντια και μία κεκλιμένη 30°). Οι επιφάνειες υπολογισμού έχουν τοποθετηθεί στο ίδιο ύψος με το επίπεδο ενδιαφέροντος για την παρούσα μελέτη, καθώς είναι επιθυμητή η διεξοδικότερη μελέτη των εν λόγω επιφανειών.

Στην όψη που ακολουθεί επισημαίνονται οι επιφάνειες υπολογισμού και στη συνέχεια, στον πίνακα δίνονται η θέση, το μέγεθος και η περιστροφή για κάθε μία από τις επιφάνειες αυτές.



Εικ.7.15 Μοντέλο θαλάμου στο RELUX

Επιφάνεια υπολογισμού	Θέση (m)			Μέγεθος(m)	
	X	Y	Z	M	Π
1	-0,75	5,88	0,75	2,10	1,0
2	-0,75	5,00	0,75	1,0	1,0
3	-0,75	5,88	2,7	2,10	1,0
4	-0,75	5,00	2,7	1,0	1,0
5	-0,75	0	1,8	2,10	1,0
6	-0,75	0,9	1,8	1,0	1,0
7	-0,75	0	3,7	2,10	1,0
8	-0,75	0,9	3,7	2,10	1,0

Πίνακας 7.2 Θέση και μέγεθος επιφανειών υπολογισμού

Για τις επιφάνειες 1,3,5,7, που είναι οι οριζόντιες, το σημείο αναφοράς είναι το πάνω αριστερό άκρο όπως βλέπουμε το κρεβάτι. Για τις επιφάνειες 2,4,6,8, που είναι οι κεκλιμένες, το σημείο αναφοράς είναι το κάτω αριστερό άκρο.

Για να εισάγουμε μια επιφάνεια υπολογισμού χρησιμοποιούμε την εντολή
Insert→Measuring elements→Virtual measuring area.

Όλα τα στοιχεία των επιφανειών υπολογισμού διατηρούνται σε όλα τα μοντέλα που ακολουθούν.

7.3 Παράμετροι συνθηκών διενέργειας προσομοιώσεων

Οι συνθήκες κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι προσομοιώσεις φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Ημέρες	Ώρες	Προσανατολισμοί	Συνθήκες ουρανού
21 Μαρτίου	9:00	Δ	Καθαρός
21 Σεπτεμβρίου	12:00	ΝΔ	Νεφοσκεπής
21 Ιουνίου	15:00	Ν	
21 Δεκεμβρίου		ΝΑ	
		Α	

Πίνακας 7.3 Συνθήκες κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι προσομοιώσεις

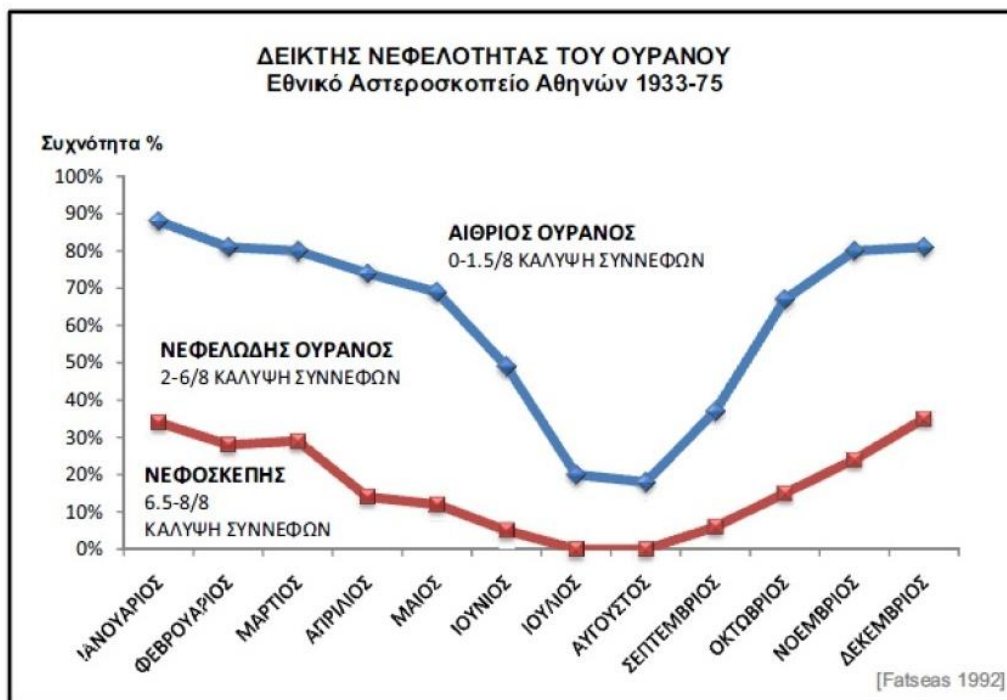
Οι *ημέρες* που επιλέχθηκαν είναι οι ηλιακές ισημερίες και τα ηλιοστάσια.

Ο προσδιορισμός των *συνθηκών του ουρανού* διαδραματίζει έναν από τους σημαντικότερους ρόλους στην παραγωγή ρεαλιστικών αποτελεσμάτων.

Η γενική θεωρία για το φυσικό φωτισμό η οποία έχει κυρίως αναπτυχθεί από τις χώρες της Βόρειας Ευρώπης, προϋποθέτει συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού οι οποίες έρχονται σε πλήρη αντίθεση με τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα. Το ελληνικό κλίμα διαθέτει πολύ καθαρότερο ουρανό με ηλιόλουστες συνθήκες σε μεγάλο ποσοστό στη διάρκεια του χρόνου και για αυτό το λόγο η επιλογή ενός καθαρού ουρανού κρίνεται καταλληλότερη από εκείνη ενός νεφοσκεπούς ουρανού.

Το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου ο ελληνικός ουρανός είναι αίθριος(ηλιόλουστος) έως μερικώς νεφελώδης(2/8έως 6/8 κάλυψη σύννεφων). Νεφοσκεπείς συνθήκες(δηλαδή πάνω από 6/8 κάλυψη σύννεφων) παρουσιάζονται μόνο κατά το 30% του χρόνου ακόμα και στα

μέσα του χειμώνα. Επομένως, με τον τρόπο που ορίζονται οι νεφοσκεπείς συνθήκες στη Μ. Βρετανία, 8/8 κάλυψη σύννεφων, είναι ακόμη σπανιότερες.⁶



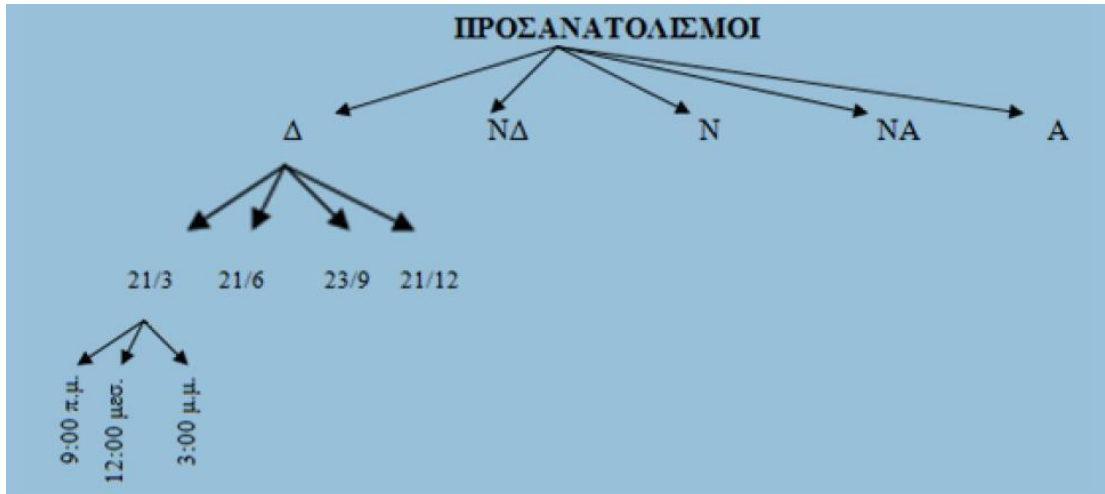
Εικ.7.16 Δείκτης νεφελότητας ουρανού⁶

Οι *προσανατολισμοί* των ανοιγμάτων, σύμφωνα με τον τρόπο που σχεδιάστηκε ο χώρος στο RELUX φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Προσανατολισμός ανοίγματος	Βορεινή ευθυγράμμιση
Δυτικός	360°
Νοτιοδυτικός	45°
Νότιος	90°
Νοτιοανατολικός	135°
Ανατολικός	180°

Πίνακας 7.4 Προσανατολισμός ανοίγματος

Υπενθυμίζουμε ότι η απόκλιση της κατεύθυνσης του Βορρά από τον άξονα Υ (με φορά Σ.Δ.Ω.) ορίζεται από τον χρήστη.

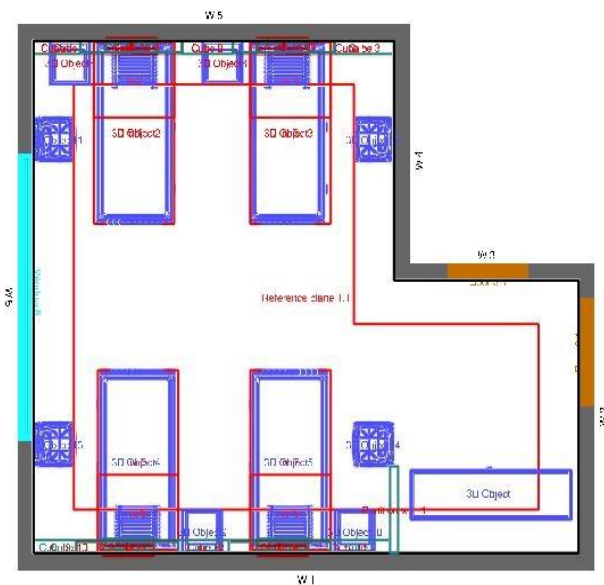


Εικ.7.17 Ημέρες και ώρες προσομοιώσεων για κάθε προσανατολισμό.⁷

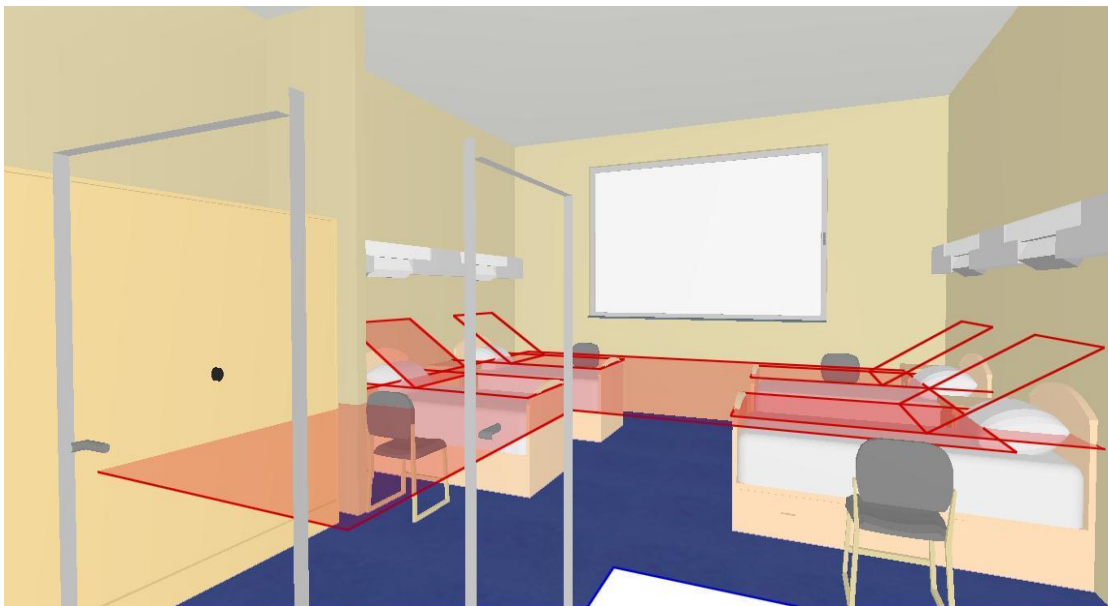
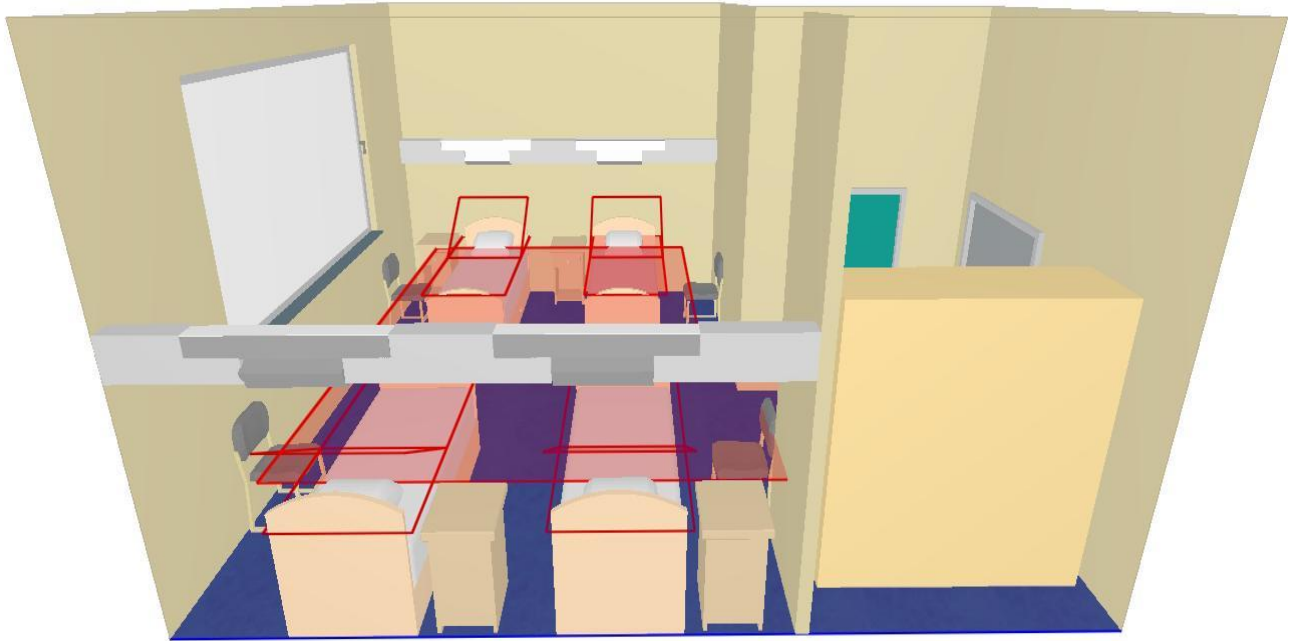
7.4 Αποτελέσματα και ψηφιακή απεικόνιση φωτισμού σε θάλαμο νοσηλείας

7.4.1 Με απλό παράθυρο - Καθαρός ουρανός

Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται η κάτοψη και οι όψεις του θαλάμου νοσηλείας με απλό παράθυρο:

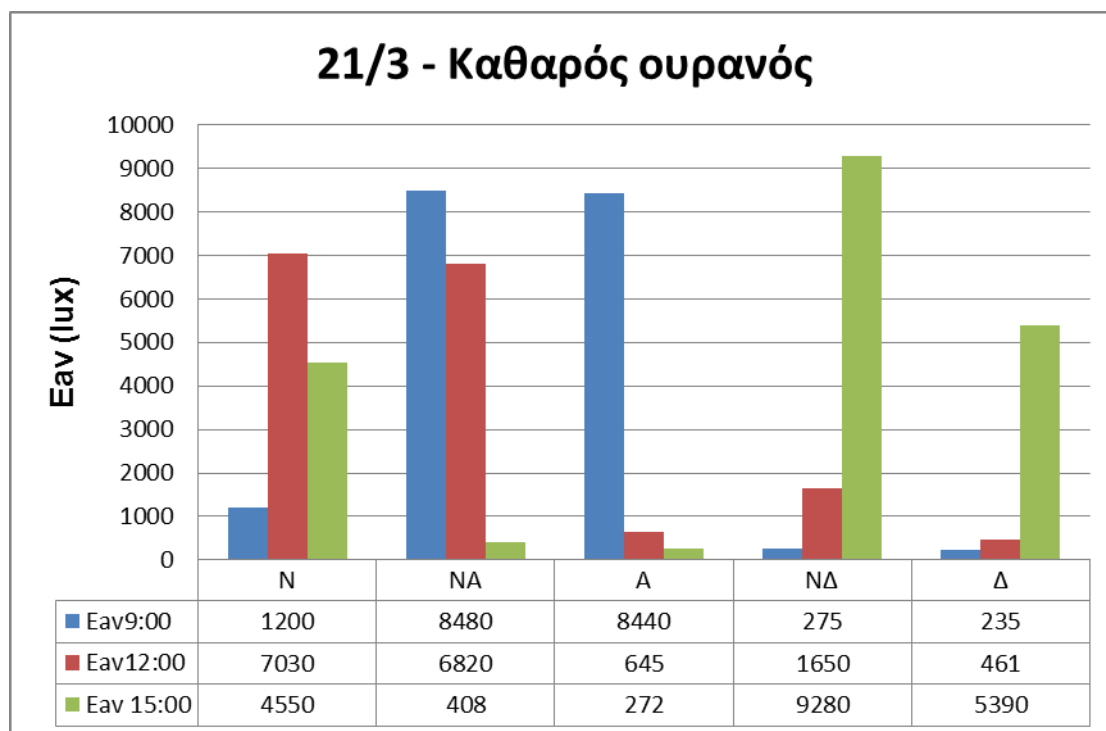


Εικ.7.18 Κάτοψη θαλάμου νοσηλείας με απλό παράθυρο στο RELUX

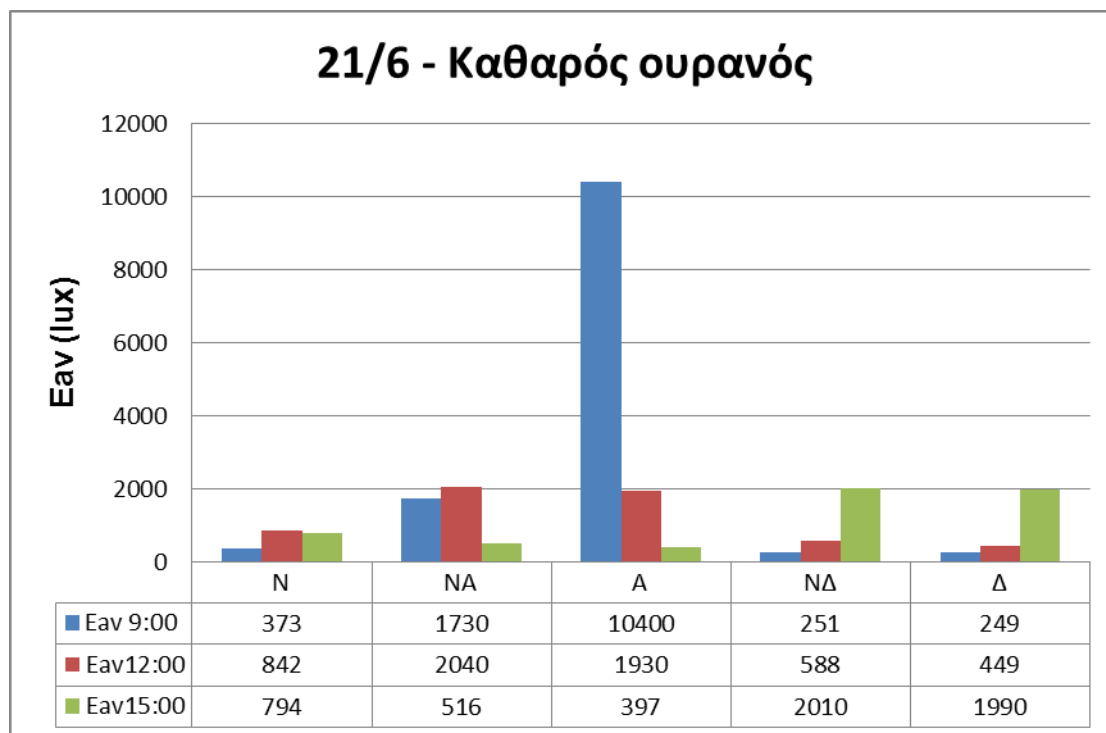


Εικ.7.19 Όψεις θαλάμου νοσηλείας με απλό παράθυρο στο RELUX

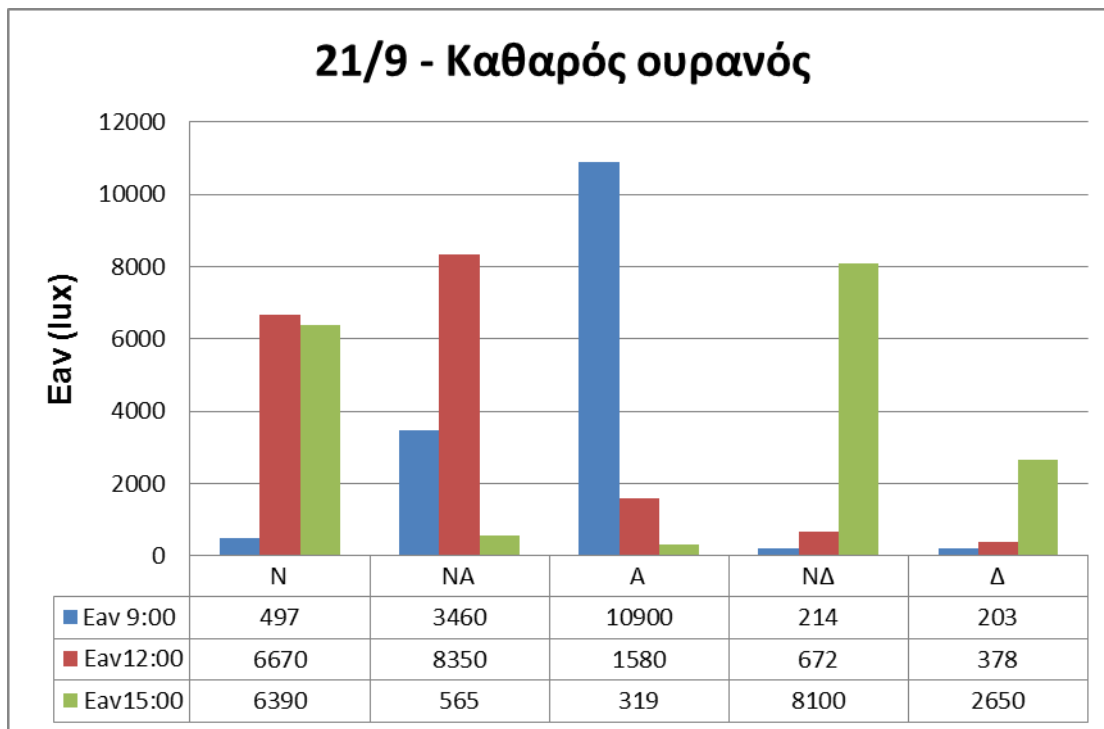
7.4.1.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων



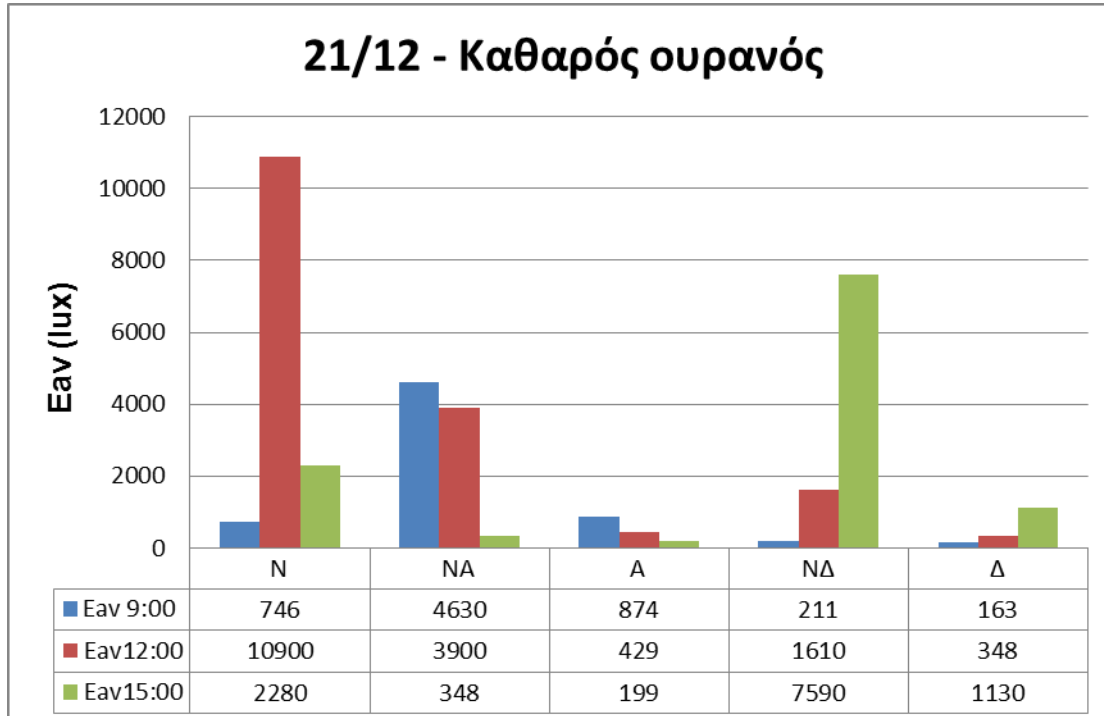
Διάγραμμα 7.1 Επίπεδα φωτισμού την 21/3 για όλες τις ώρες και τους προσανατολισμούς μέτρησης σε καθαρό ουρανό



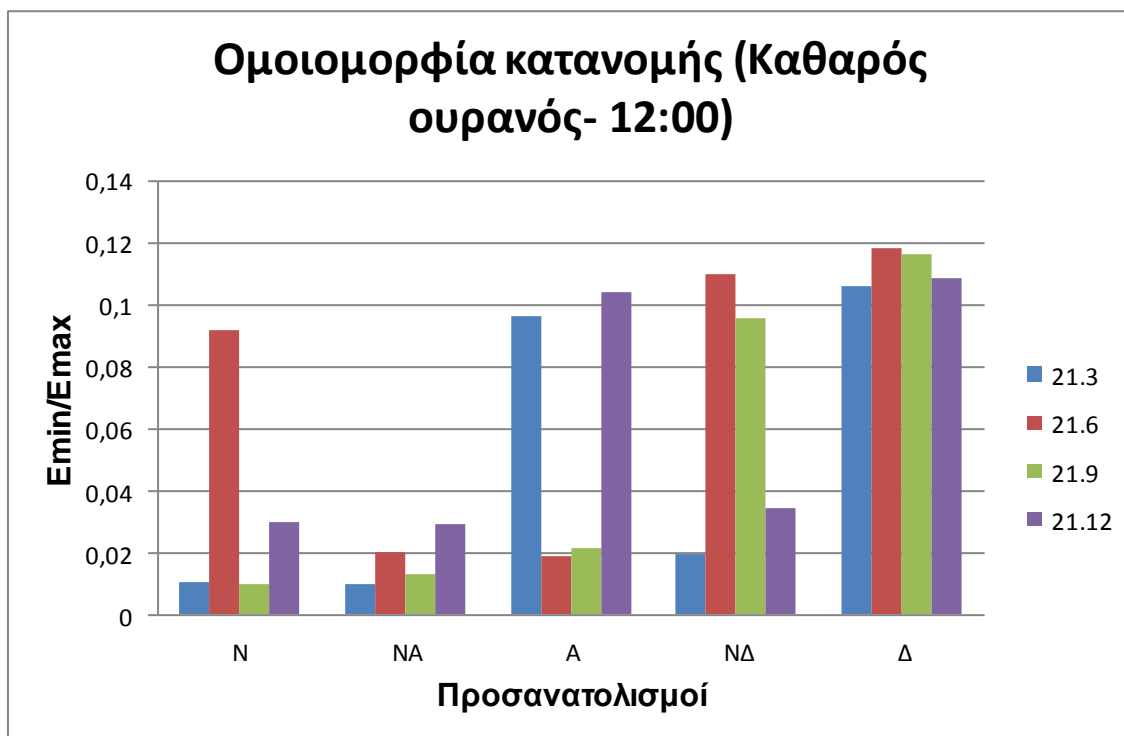
Διαγραμμα 7.2 Επίπεδα φωτισμού την 21/6 για όλες τις ώρες και τους προσανατολισμούς μέτρησης σε καθαρό ουρανό



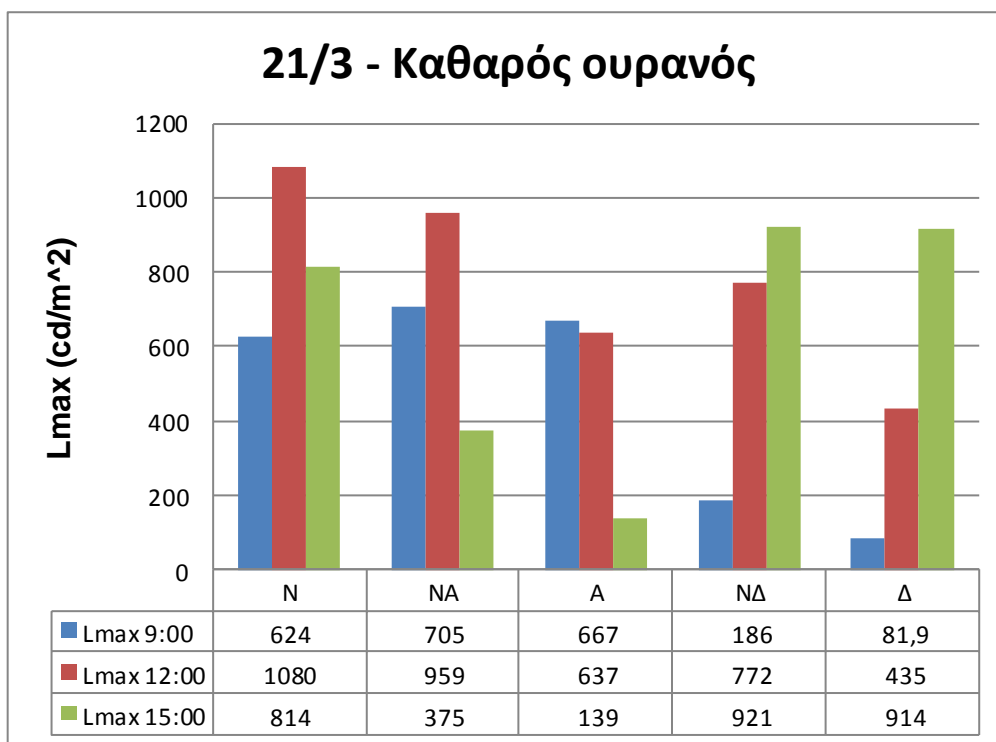
Διαγ/μα 7.3 Επίπεδα φωτισμού την 21/9 για όλες τις ώρες και τους προσανατολισμούς μέτρησης σε καθαρό ουρανό



Διαγ/μα 7.4 Επίπεδα φωτισμού την 21/12 για όλες τις ώρες και τους προσανατολισμούς μέτρησης σε καθαρό ουρανό



Διαγ/μα 7.5 Ομοιομορφία κατανομής φωτισμού στις 12:00 για όλες τις μέρες και τους προσανατολισμούς μέτρησης σε καθαρό ουρανό



Διαγ/μα 7.6 Επίπεδα λαμπρότητας την 21/3 για όλες τις ώρες και τους προσανατολισμούς μέτρησης σε καθαρό ουρανό

Η ένταση φωτισμού που παρατίθεται στα παραπάνω διαγράμματα είναι η μέση ένταση φωτισμού σε επίπεδο αναφοράς 0,75m πάνω από το δάπεδο.

Προκειμένου να βγάλουμε συμπεράσματα σχετικά με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων πρέπει να γνωρίζουμε τις **απαιτήσεις φυσικού φωτισμού**, οι οποίες είναι^{3,8}:

Εαν,δαπέδου ≥ 100 lux

Εαν,κρεβατιού ≥ 300 lux

Εαν ,ΕΕ ≥ 300 lux

$E_{min}:E_{max} \leq 1:10$ (ή 1:5)

$L_{max} \leq 500$ cd / m²

$D_{av} \geq 3,5$

Επίσης για την εξαγωγή συμπερασμάτων πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τον Πίνακα 7.5

Experimenter	Preferred Average Light Level at Working Plane	
	Illuminance (lux)	Luminance (cd/m ²)
Balder, 1957		130
Bodmann, 1962–67	700–3000	90–380
Saunders, 1969	800–1000	
Bean & Hopkins, 1980	> 200	
Nemecek & Grandjean, 1973	400–850	

Πίνακας 7.5 Μέση ένταση φωτισμού που προτιμάται στην επιφάνεια εργασίας σύμφωνα με διάφορους μελετητές

Παρατηρούμε ότι στον Νότιο και τον Νοτιοανατολικό προσανατολισμό ανοίγματος ο φυσικός φωτισμός είναι πάνω από 300lux, που είναι το κατώτατο όριο, για όλες τις μέρες και ώρες των προσομοιώσεων. Αντίθετα στους υπόλοιπους προσανατολισμούς για όλες τις ημέρες υπάρχουν ώρες που ο φωτισμός είναι κάτω από τα επιθυμητά όρια (π.χ. στον Νοτιοδυτικό και τον Δυτικό προσανατολισμό στις 21/3 στις 9:00 π.μ. τα επίπεδα φωτισμού είναι κάτω από 300lux. Το ίδιο συμβαίνει στον Ανατολικό προσανατολισμό στις 15:00 μ.μ.). Παρόλα αυτά παρατηρούμε, όμως ότι στον Ν και τον ΝΑ προσανατολισμό έχουμε επίπεδα φωτισμού πάνω από 3000lux, τα οποία εμφανίζονται για τις περισσότερες μέρες μέτρησης στις 12:00 το μεσημέρι, γεγονός που αποτελεί υπερβολικό φωτισμό και μπορεί να προκαλέσει άμεση θάμβωση.

Η κατάταξη των προσανατολισμών ως προς την Εαν σε φθίνουσα σειρά για όλα τα ανοίγματα είναι:

21 Μαρτίου 9:00 : $NA \rightarrow A \rightarrow N \rightarrow N\Delta \rightarrow \Delta$

21 Μαρτίου 12:00 : $N \rightarrow NA \rightarrow N\Delta \rightarrow A \rightarrow \Delta$

21 Μαρτίου 15:00 : $N\Delta \rightarrow \Delta \rightarrow N \rightarrow NA \rightarrow A$

Από τις παραπάνω κατατάξεις των προσανατολισμών για κάθε μία από τις τρεις ώρες και λαμβάνοντας υπόψη και τις αντίστοιχες τιμές από τα γραφήματα, σε μια προσπάθεια να διαπιστωθεί η αλληλουχία των προσανατολισμών για την 21^η Μαρτίου (ενιαία θεώρηση) καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι από άποψη επιπέδων φωτισμού (Εαν) οι καλύτεροι προσανατολισμοί είναι ο Νότιος και ο Νοτιοανατολικός που καταλαμβάνουν καλή θέση στην κατάταξη και για τις τρεις ώρες και ακολουθούν με τη σειρά ο Νοτιοδυτικός, ο Ανατολικός και τέλος ο Δυτικός προσανατολισμός.

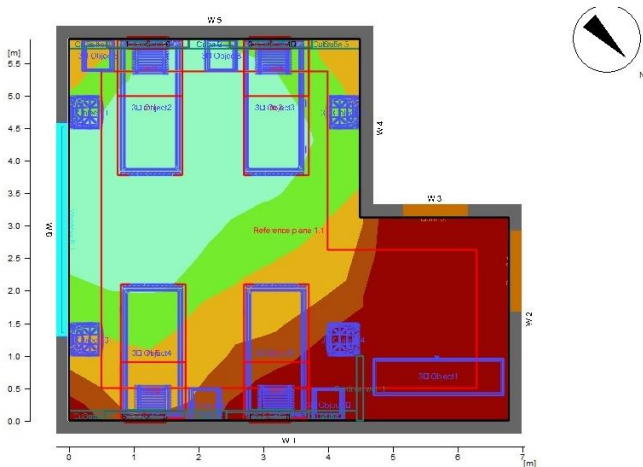
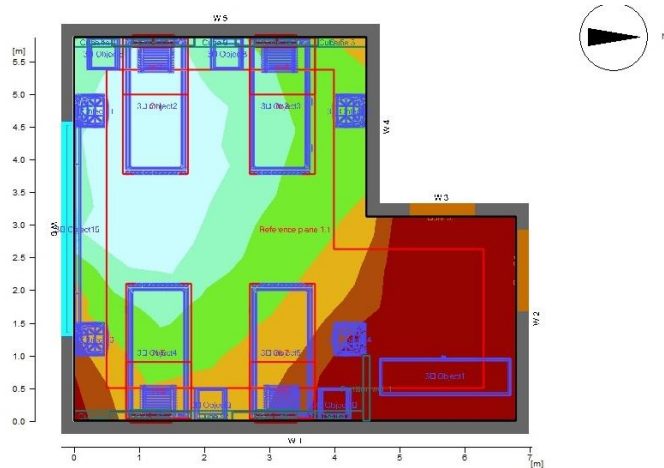
Η ομοιομορφία της κατανομής του φωτισμού είναι ικανοποιητική καθώς σε όλους τους προσανατολισμούς για την 21/3 είναι κάτω από 1:10 σύμφωνα με τις απαιτήσεις και μόνο στον Δυτικό και Νοτιοδυτικό προσανατολισμό είναι πάνω από 1:10 αλλά κάτω από 1:5, όποτε και πάλι είναι μέσα στις απαιτήσεις.

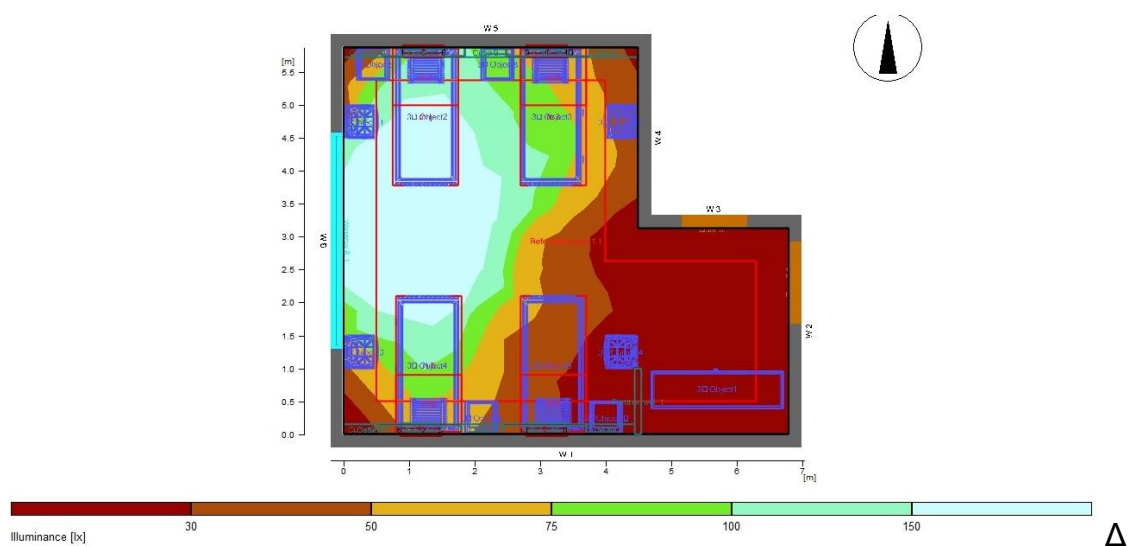
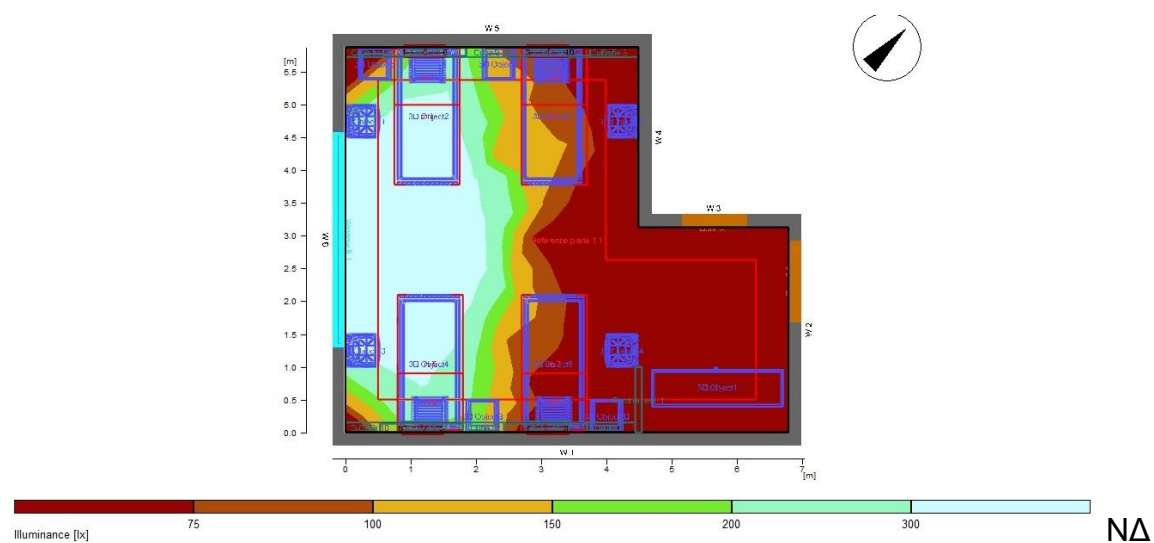
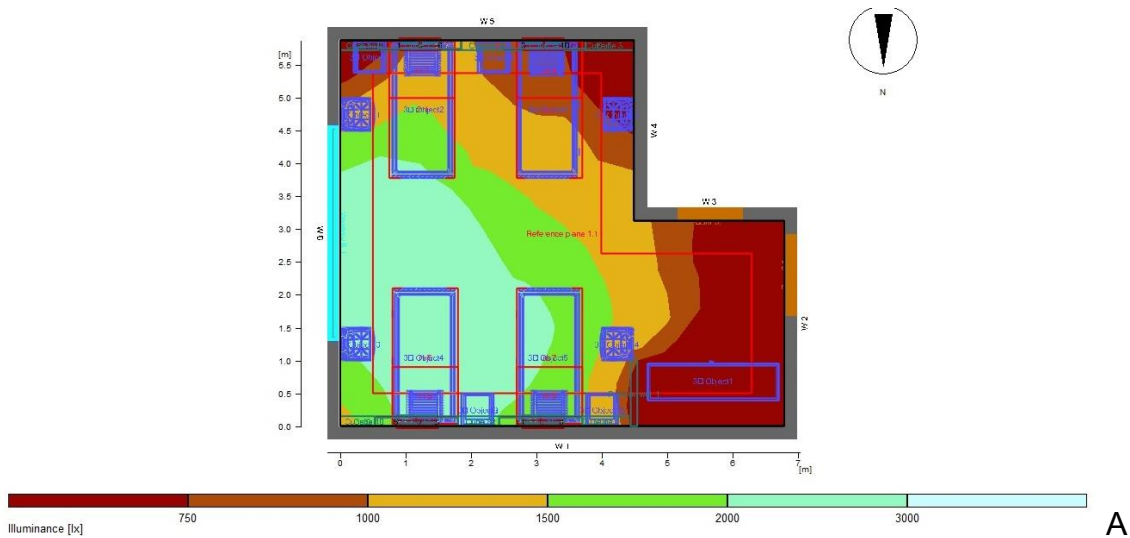
Παρόλα αυτά το πρόβλημα εντοπίζεται στην λαμπρότητα του χώρου καθώς παρατηρούμε υψηλά επίπεδα για όλους σχεδόν τους προσανατολισμούς και για όλες τις ώρες της 21^{ης} Μαρτίου, με εξαίρεση μόνο τις εξής περιπτώσεις: στις 15:00 στον NA και A προσανατολισμό, στις 12:00 στον Δ και στις 9:00 στον NΔ και τον Δ προσανατολισμό. Επομένως, παρατηρούμε ότι στον Νότιο και τον Νοτιοανατολικό προσανατολισμό στους οποίους έχουμε τα καλύτερα επίπεδα έντασης φωτισμού οι λαμπρότητες είναι πολύ υψηλές, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι θα προκαλείται θάμβωση.

Το συμπέρασμα από τα υψηλά επίπεδα φωτισμού και λαμπρότητας είναι ότι απαιτείται σύστημα σκίασης κυρίως για τον Νότιο και Νοτιοανατολικό προσανατολισμό.

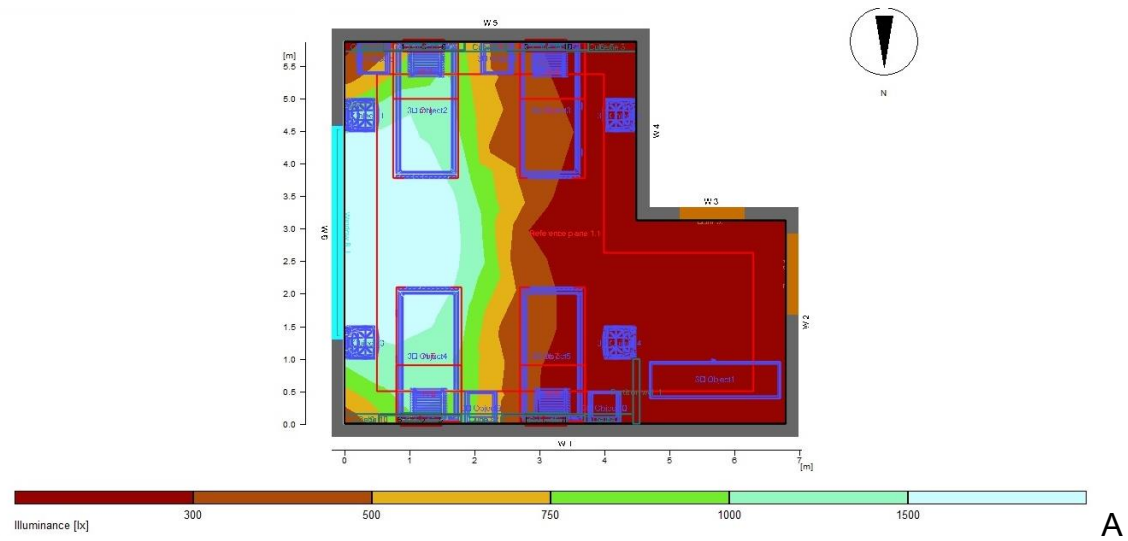
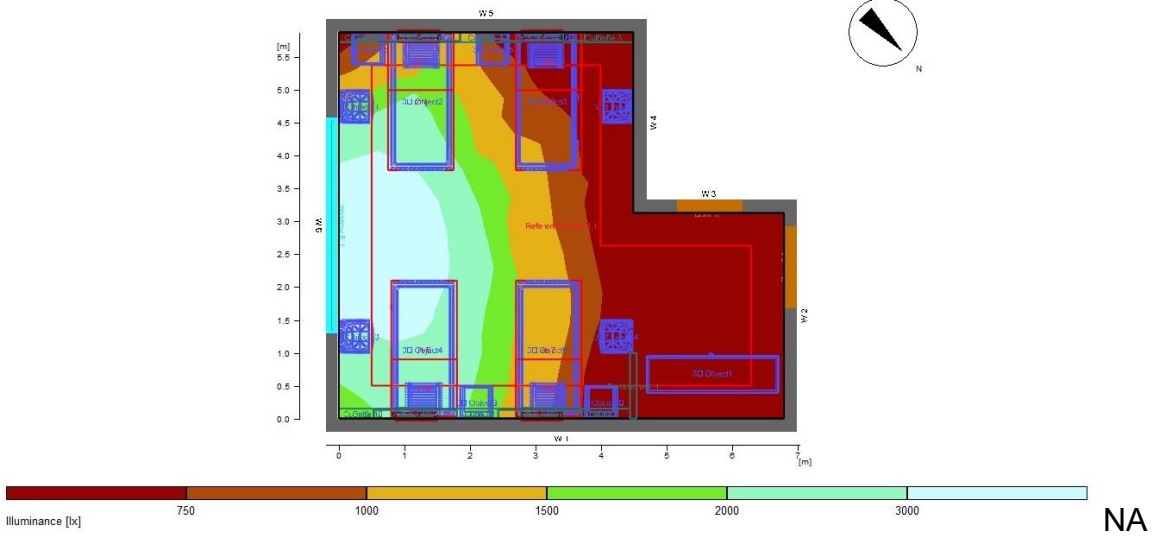
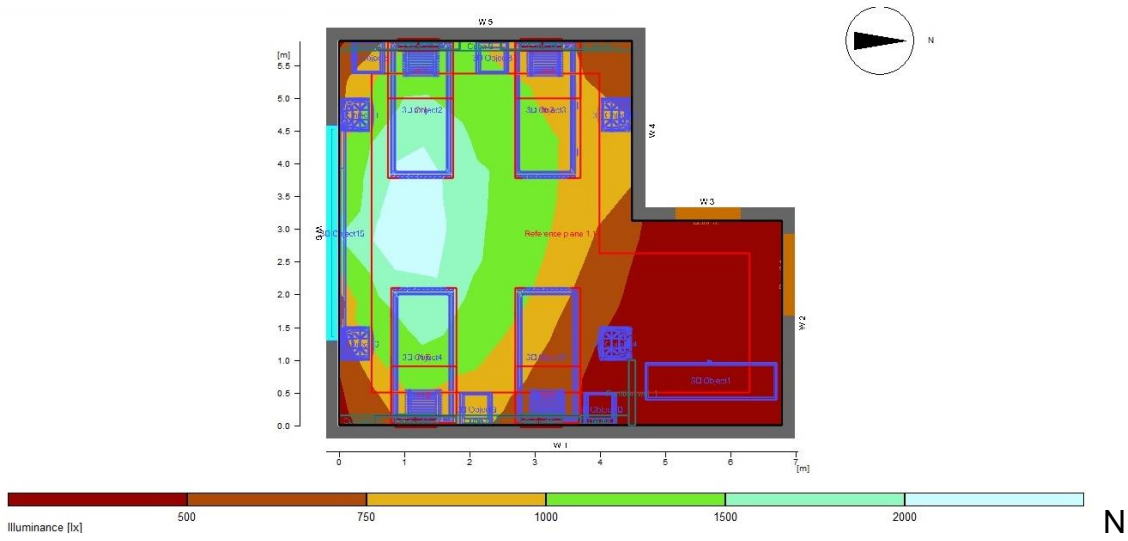
Στην συνέχεια παρατίθενται τα γραφικά αποτελέσματα της προσομοίωσης φωτισμού για την 21 Μαρτίου για όλες τις ώρες και όλους τους προσανατολισμούς, τα οποία δείχνουν την διαβάθμιση των επιπέδων φωτισμού καθώς μεγαλώνει η απόσταση από το παράθυρο.

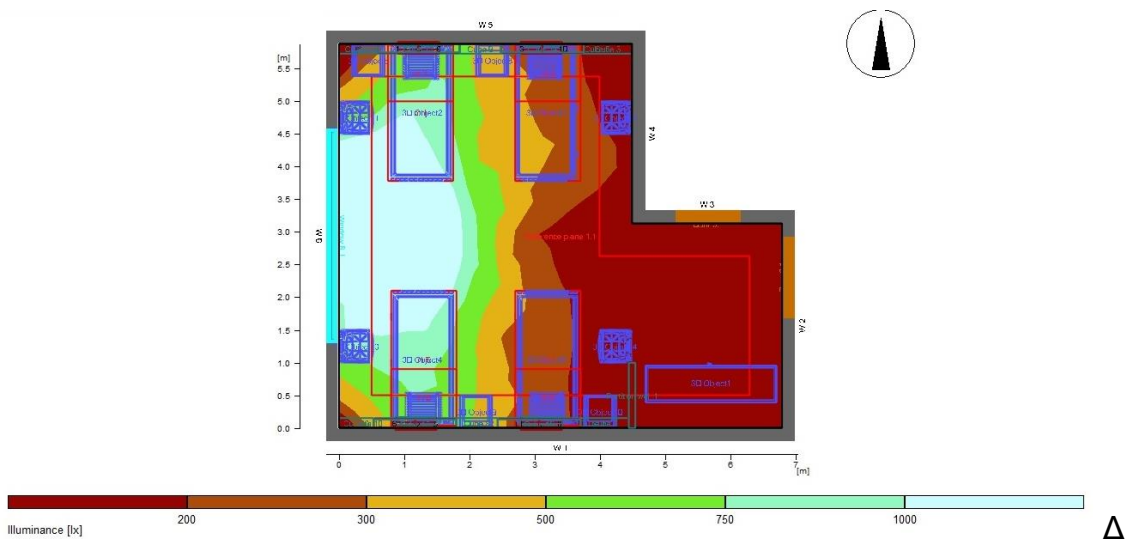
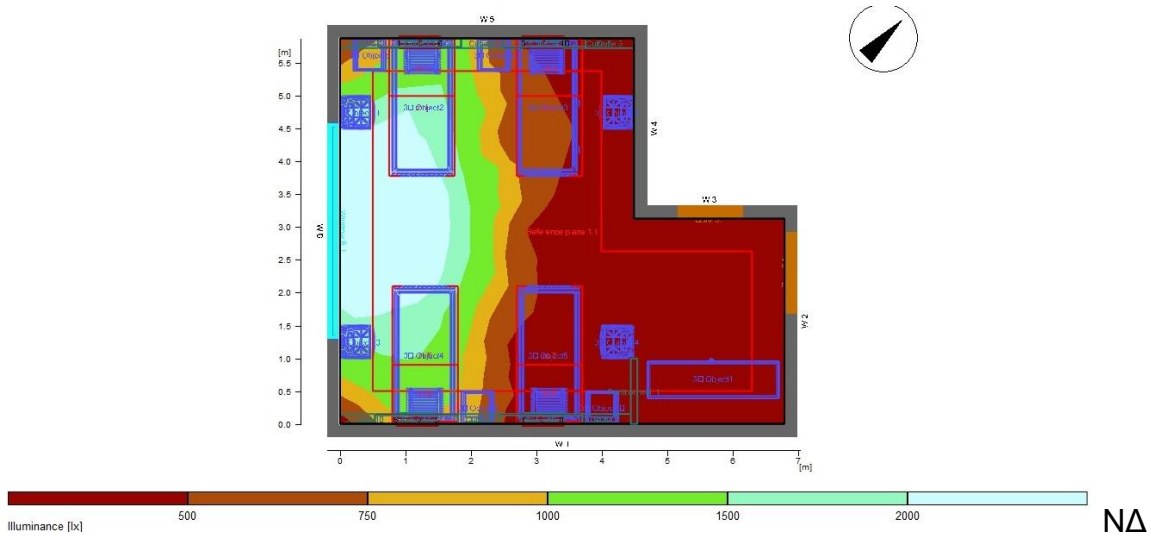
21/3 9:00



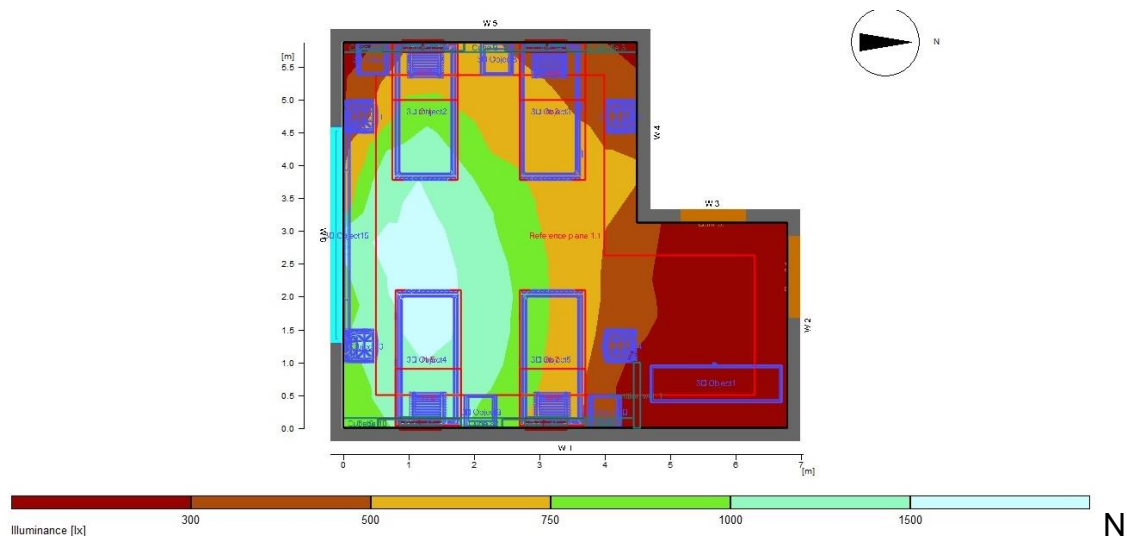


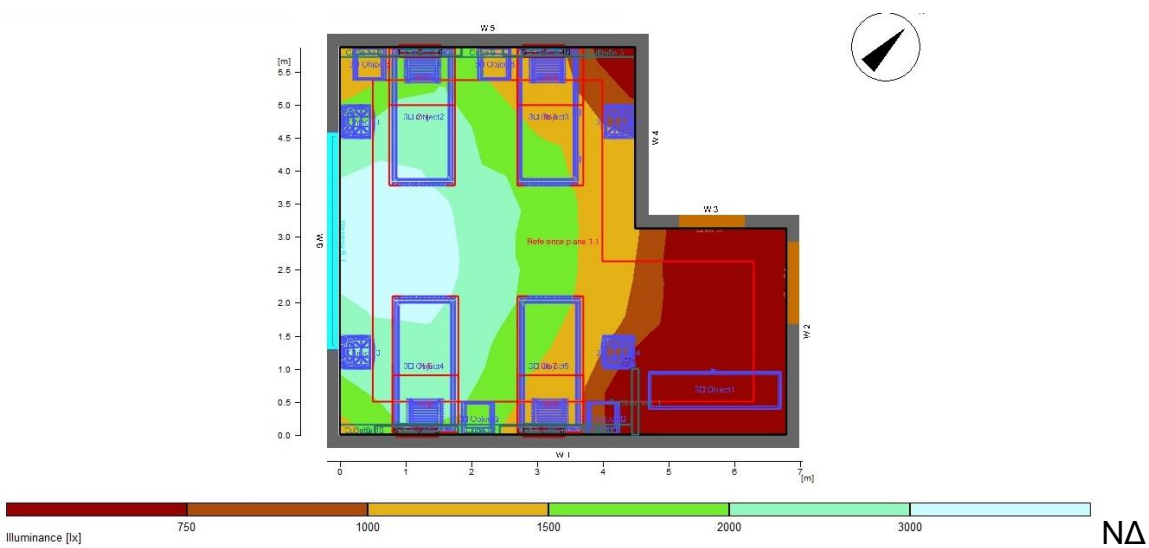
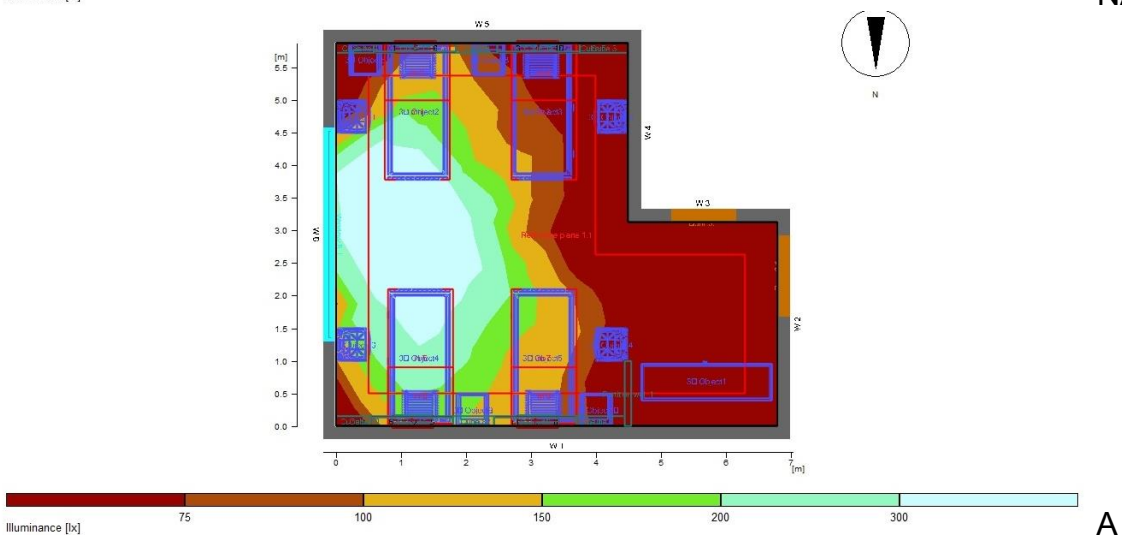
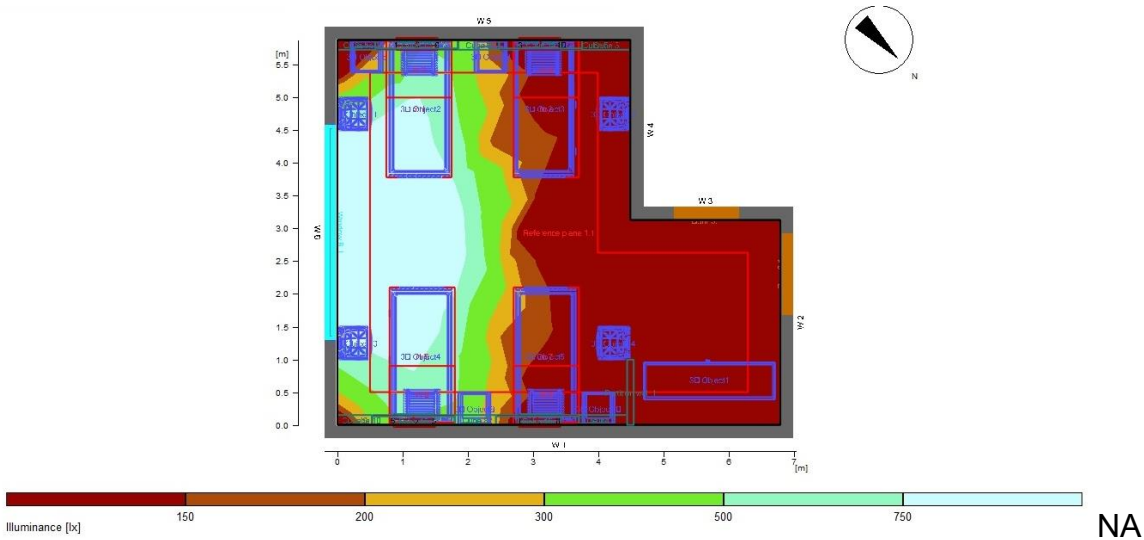
21/3 12:00

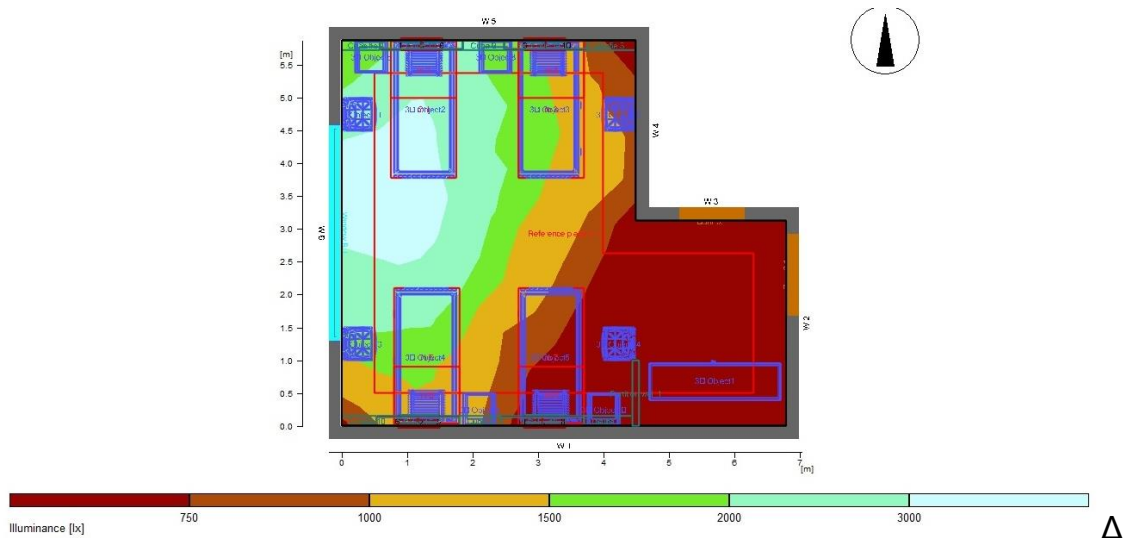




21/3 15:00







Από τα γραφήματα παρατηρούμε ότι ο Νότιος και ο Νοτιοανατολικός προσανατολισμός έχουν επαρκή φωτισμό σε όλο το δωμάτιο, ακόμα και στο βάθος για όλες τις ώρες, εκτός από τις 15:00μ.μ. που όσο προχωράμε προς το βάθος του δωματίου ο φωτισμός γίνεται οριακός.

Στον Ανατολικό προσανατολισμό, ολόκληρο το δωμάτιο έχει υψηλά επίπεδα φωτισμού για όλες τις ώρες, εκτός από τις 15:00 που το μισό δωμάτιο υποφωτίζεται. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει στον Νότιοδυτικό και Δυτικό προσανατολισμό.

Επίσης, παρατίθενται οι 3D απεικονίσεις λαμπρότητας δωματίου για όλες τις μέρες και όλους τους προσανατολισμούς στις 12:00.

21/3 12:00





NA



A

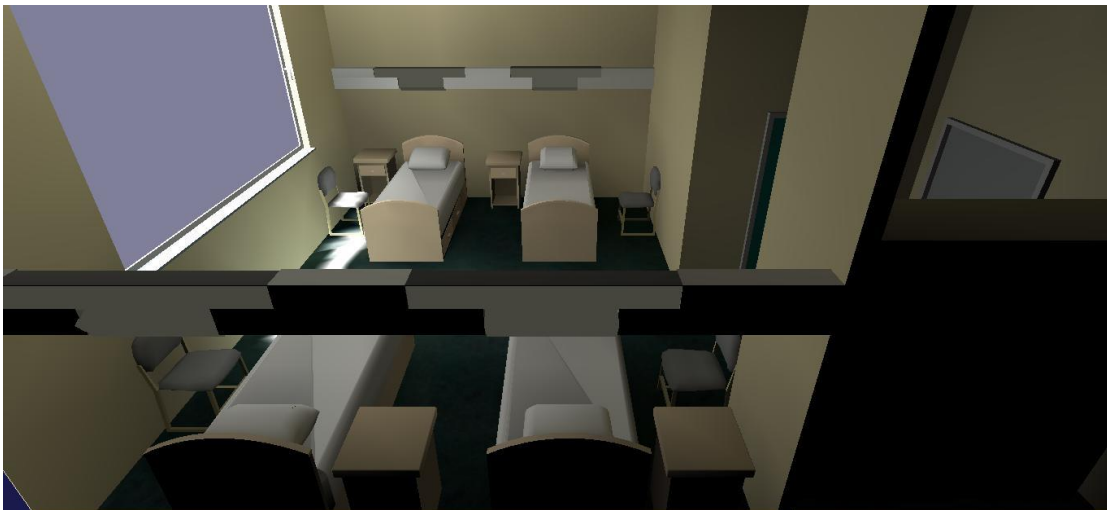


NA



△

21/6 12:00



N



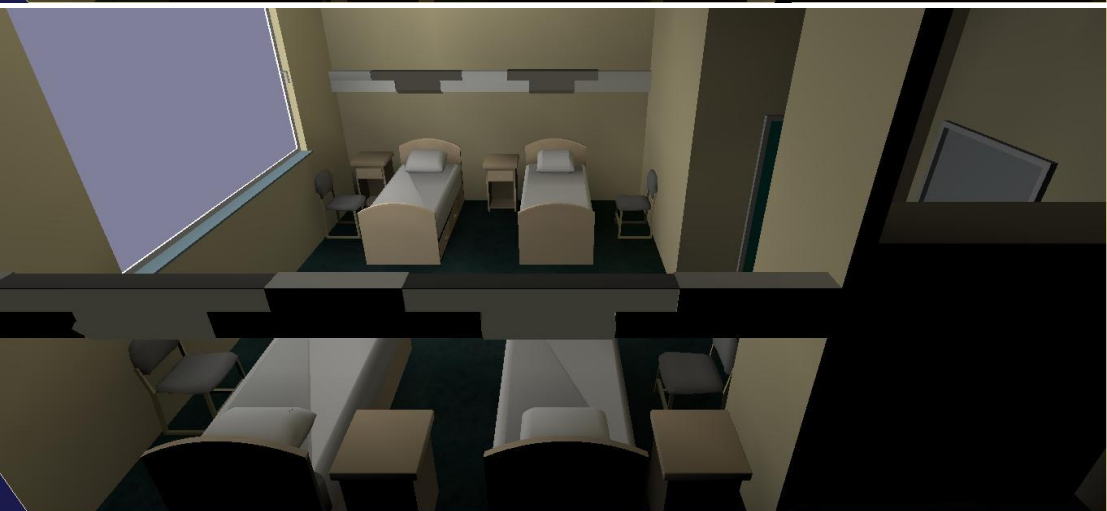
NA



A



NA

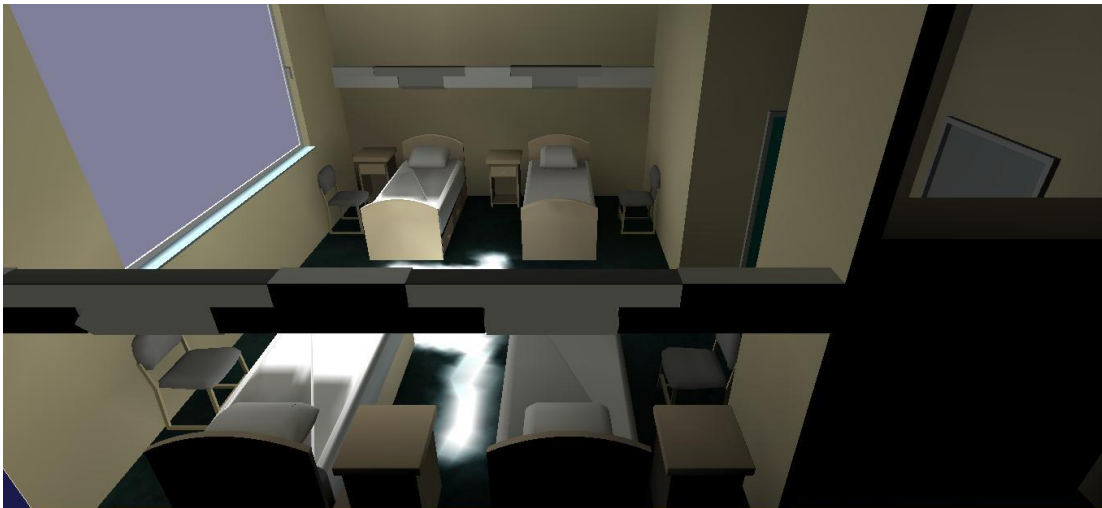


A

21/9 12:00



N



NA



A



NA



Δ

21/12 12:00



N



NA



A



NA



Από τις παραπάνω απεικονίσεις βλέπουμε ότι στις 12:00 το μεσημέρι κυρίως στον Ν και τον ΝΑ προσανατολισμό σε κάποιες μέρες μέτρησης, όπως στις 21/9 και τις 21/12 τα κρεβάτια που είναι κοντά στο παράθυρο δέχονται μεγάλα ποσά φωτισμού που πιθανώς να προκαλέσουν στον ασθενή θάμβωση.

7.4.1.2 Συμπεράσματα

Οι προσανατολισμοί που επιτυγχάνουν τις δύο υψηλότερες τιμές μέσης έντασης φωτισμού (Εαν σε lux) δεν ταυτίζονται και για τις τέσσερις εξεταζόμενες ημερομηνίες. Παρόλα αυτά σύμφωνα με τα διαγράμματα, η ένταση φωτισμού για τον Νότιο προσανατολισμό για όλες τις μέρες και όλες τις ώρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι προσομοιώσεις είναι πάντα πάνω από 300 lux, που είναι η απαίτηση μέσης έντασης φωτισμού ως προς την επιφάνεια αναφοράς. Ικανοποιεί όμως και την απαίτηση φωτισμού ως προς το επίπεδο των κλινών. Αμέσως μετά, με βάση τη διαθεσιμότητα φυσικού φωτός, ακολουθεί ο Νοτιοανατολικός προσανατολισμός. Επομένως, καταδεικνύεται το συμπέρασμα ότι ως προς τη διαθέσιμη ποσότητα φωτισμού βέλτιστες επιλογές αποτελούν οι προσανατολισμοί Νότιος και Νοτιοανατολικός.

Η ομοιομορφία της κατανομής (E_{min}/E_{max}) είναι μέσα στα επιθυμητά πλαίσια για όλες τις περιπτώσεις των προσομοιώσεων.

Επίσης, στον Νότιο και τον Νοτιοανατολικό προσανατολισμό για όλες τις ώρες τις ημέρες την 21/3 επαρκής φωτισμός φτάνει μέχρι το βάθος του δωματίου, γεγονός που καθιστά τους προσανατολισμούς αυτούς πλεονεκτικούς.

Το πρόβλημα, όμως, εντοπίζεται στη φωτεινότητα του χώρου. Κυρίως ο Ν και ο ΝΑ προσανατολισμός δεν παρουσιάζουν βέλιστα επίπεδα λαμπρότητας. Αντιθέτως, είναι αρκετά υψηλά με αποτέλεσμα να υπάρχει περίπτωση θάμβωσης. Για την παράμετρο αυτή

($L_{max} \leq 500 \text{ cd/m}^2$) την καλύτερη συμπεριφορά επέδειξαν ο Δυτικός και ο Ανατολικός προσανατολισμός.

Παρά τη διαπίστωση αυτή όμως, η επιλογή του N και NA προσανατολισμού εξακολουθεί να θεωρείται καταλληλότερη και συμπληρώνεται απλά από τη σύσταση για περαιτέρω ανάλυση ως προς τα πιθανά προβλήματα και τη λήψη μέτρων προστασίας και αντιμετώπισης, όπως η τοποθέτηση συστήματος σκίασης.

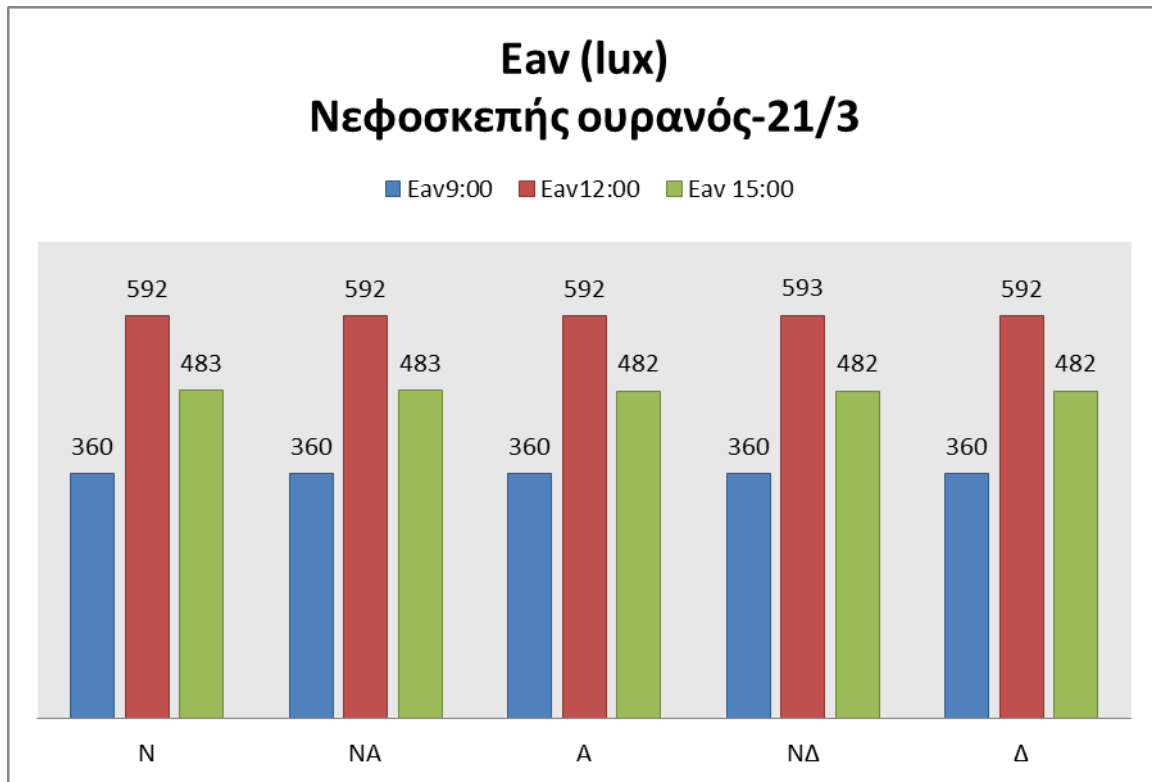
7.4.2 Με απλό παράθυρο- Νεφοσκεπής ουρανός

Ο ελληνικός ουρανός δε χαρακτηρίζεται ως νεφοσκεπής και ως εκ τούτου οι προσομοιώσεις με νεφοσκεπή ουρανό έγιναν για λόγους συμβατότητας με λοιπές ευρωπαϊκές χώρες, καθώς οι νεφοσκεπείς συνθήκες αποτελούν μέτρο σύγκρισης για τις χώρες αυτές.

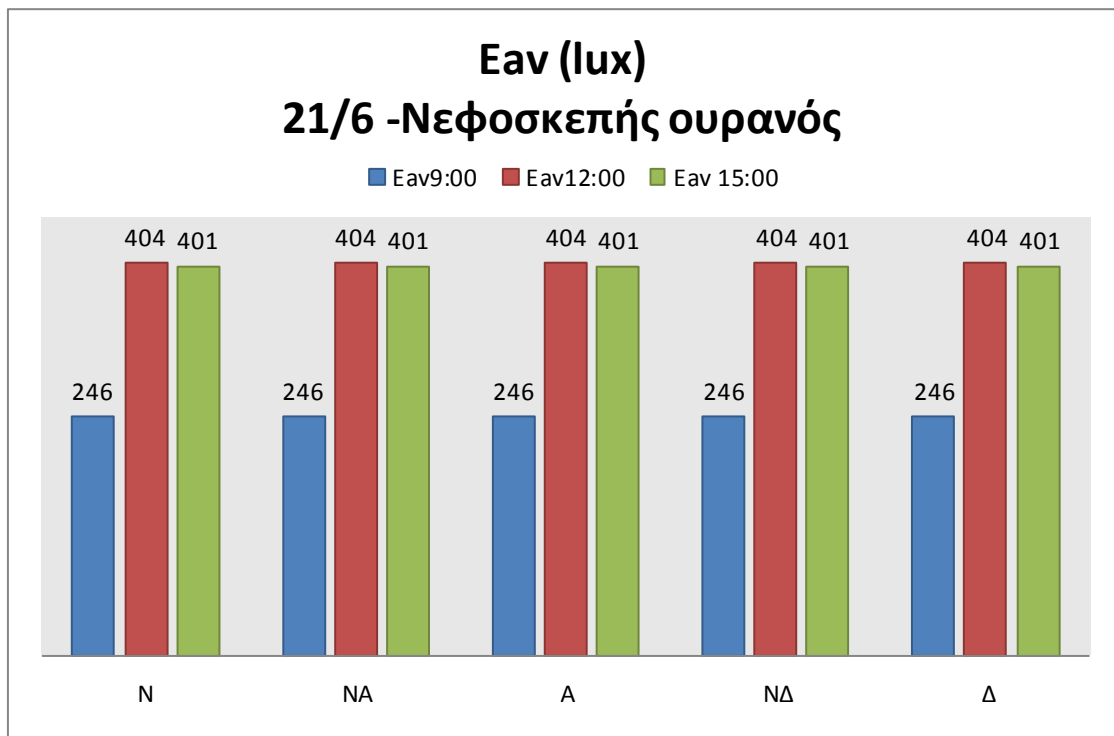
Η διαδικασία, επομένως, που ακολουθήθηκε στην παράθεση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων κρίθηκε σκόπιμο να έχει μικρότερο όγκο και να φέρει μικρότερη βαρύτητα στη διεξαγωγή συμπερασμάτων από την αντίστοιχη διαδικασία που πραγματοποιήθηκε για συνθήκες καθαρού ουρανού.

Στο πλαίσιο των παραπάνω, παρότι στην πραγματικότητα πραγματοποιήθηκε η κατασκευή των γραφημάτων τόσο για το σύνολο της επιφάνειας ενδιαφέροντος (EE) όσο και για καθεμία από τις επιφάνειες υπολογισμού κλίνης (E1 έως E4) για τις 4 ημερομηνίες ελέγχου, επιλέχθηκε να παρουσιαστούν μόνο τα γραφήματα για το σύνολο της επιφάνειας (EE), που δίνουν άλλωστε μια σφαιρική εικόνα για το χώρο. Επιπλέον, για τις νεφοσκεπείς συνθήκες δεν παρουσιάζονται ούτε οι εικόνες κατανομής φωτισμού, ούτε οι φωτορεαλιστικές εικόνες που προέκυψαν μέσω του Relux. Ωστόσο, για να είναι δυνατή η εποπτική θεώρηση των αποτελεσμάτων και η διεξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων κατασκευάστηκαν για κάθε ένα από τα ανοίγματα και για καθεμία από τις τέσσερις ημερομηνίες διαγράμματα που οπτικοποιούν τα αποτελέσματα. Σημειώνεται, τέλος ότι ως απαιτήσεις φυσικού φωτισμού λήφθηκαν οι ίδιες που χρησιμοποιήθηκαν και για τον καθαρό ουρανό.¹

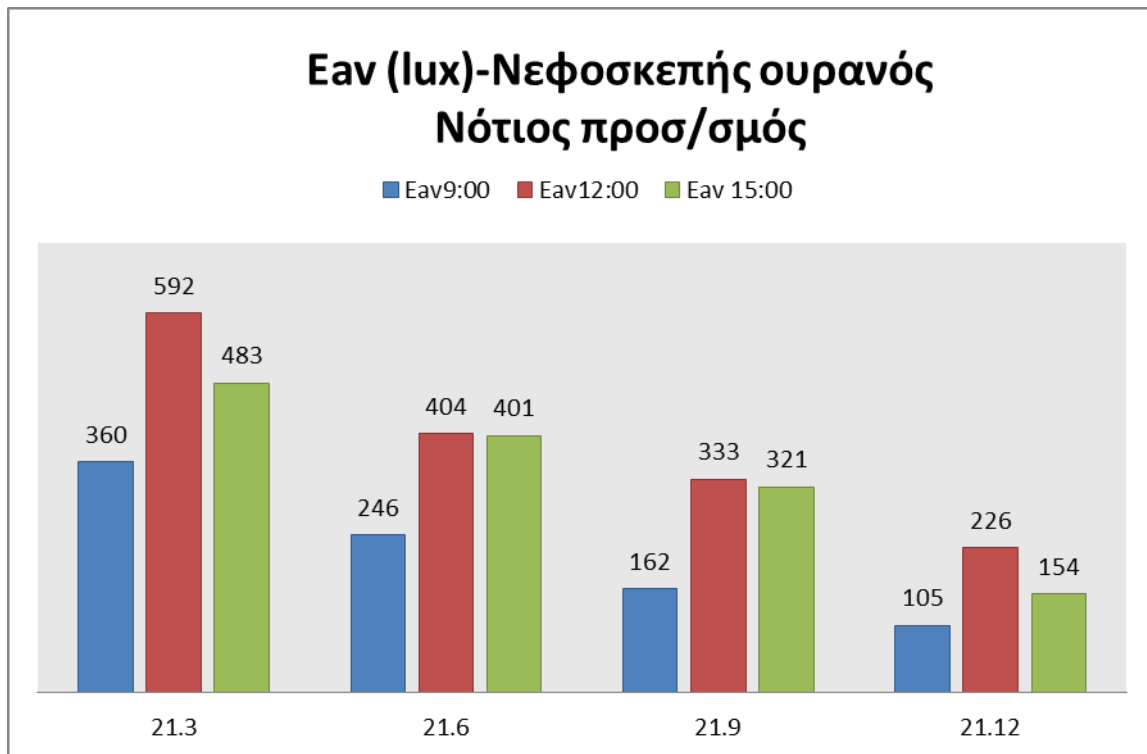
7.4.2.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα



Διαγ/μα 7.7 Επίπεδα φωτισμού την 21/3 για όλες τις ώρες και τους προσανατολισμούς μέτρησης σε νεφοσκεπή ουρανό



Διαγ/μα 7.8 Επίπεδα φωτισμού την 21/6 για όλες τις ώρες και τους προσανατολισμούς μέτρησης σε νεφοσκεπή ουρανό



Διαγ/μα 7.9 Επίπεδα φωτισμού για Νότιο προσανατολισμό για όλες τις ώρες και τις μέρες μέτρησης σε νεφοσκεπή ουρανό

Εκτός από τα διαγράμματα, πρέπει να αναφέρουμε ότι ο συντελεστής φυσικού φωτισμού D_{av} είναι 3,6 μεγαλύτερος του 3,5 που είναι η απαίτηση.

Καθώς πρόκειται για νεφοσκεπείς συνθήκες, απουσία δηλαδή άμεσου φωτός, ο τρόπος που κατανέμεται το φως στο δωμάτιο είναι σταθερός κατά τη διάρκεια της ημέρας (αλλάζει μόνο η ένταση του φωτός) και κατ' επέκταση οι τιμές των λόγων E_{min}/E_{max} είναι ίδιες και για τις τρεις ώρες ελέγχου. Καμία διαφοροποίηση δεν παρατηρείται μεταξύ των πέντε προσανατολισμών τόσο ως προς την ικανοποίηση ή μη των απαιτήσεων ομοιομορφίας, όσο και σε σχέση με το μέσο παράγοντα φυσικού φωτισμού.

Από τα διαγράμματα, παρατηρούμε ότι σε συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού όλοι οι προσανατολισμοί για συγκεκριμένη ημέρα και ώρα παρουσιάζουν τα ίδια επίπεδα φωτισμού. Επομένως, όποιον προσανατολισμό και να διαλέξουμε για συνθήκες νεφοσκεπούς ουρανού είναι ικανοποιητικός ως προς τα επίπεδα φωτισμού.

Πρέπει, όμως, να σημειωθεί ότι για όλες τις μέρες των μετρήσεων στις 9:00π.μ. τα επίπεδα φωτισμού είναι κάτω από 300lux. Επίσης, παρατηρούμε ότι στις 21/12 τα επίπεδα φωτισμού είναι πολύ χαμηλά, κάτω από τα όρια των απαιτήσεων, για όλες τις ώρες. Συνεπώς, για τις περιπτώσεις που ο φωτισμός δεν είναι επαρκής πρέπει να ληφθούν μέτρα.

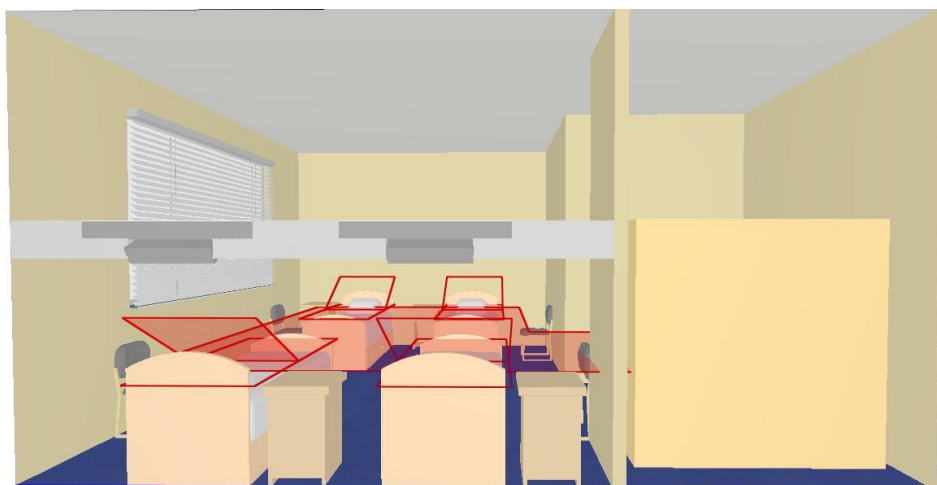
Η προφανής λύση είναι η χρήση τεχνητού φωτισμού, όμως αυτό αντενδείκνυται στη φιλοσοφία της εξοικονόμησης ενέργειας, γι' αυτό προτείνεται αύξηση της ανακλαστικότητας των επιφανειών και χρήση υαλοπινάκων με μεγάλη διαπερατότητα.

7.4.3 Με απλό παράθυρο και περσίδες

Πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί για δωμάτιο με απλό παράθυρο και περσίδες. Η προσθήκη των περσίδων έγινε με την εντολή *Insert*→*3D object*.

Οι περσίδες έχουν κλίση 45°.

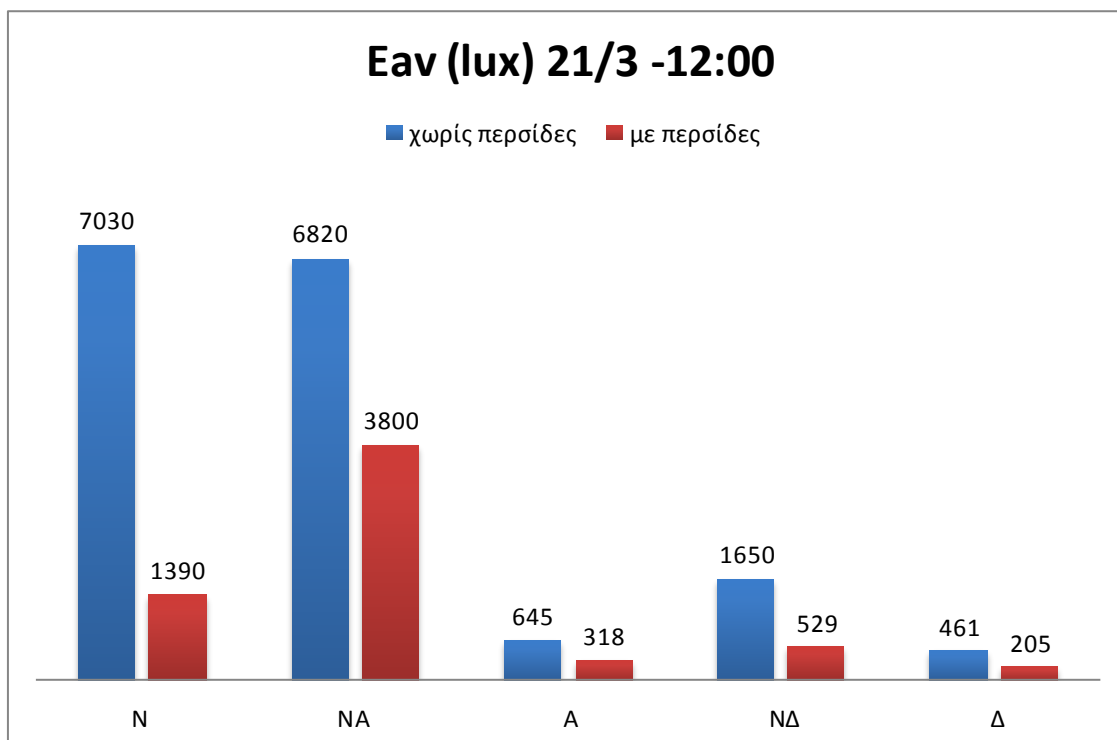
Στην Εικ.7.20 φαίνεται ο θάλαμος νοσηλείας με απλό παράθυρο και περσίδες σχεδιασμένος στο RELUX.



Εικ.7.20 Θάλαμος νοσηλείας με απλό παράθυρο και περσίδες, μοντέλο στο RELUX

7.4.3.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα

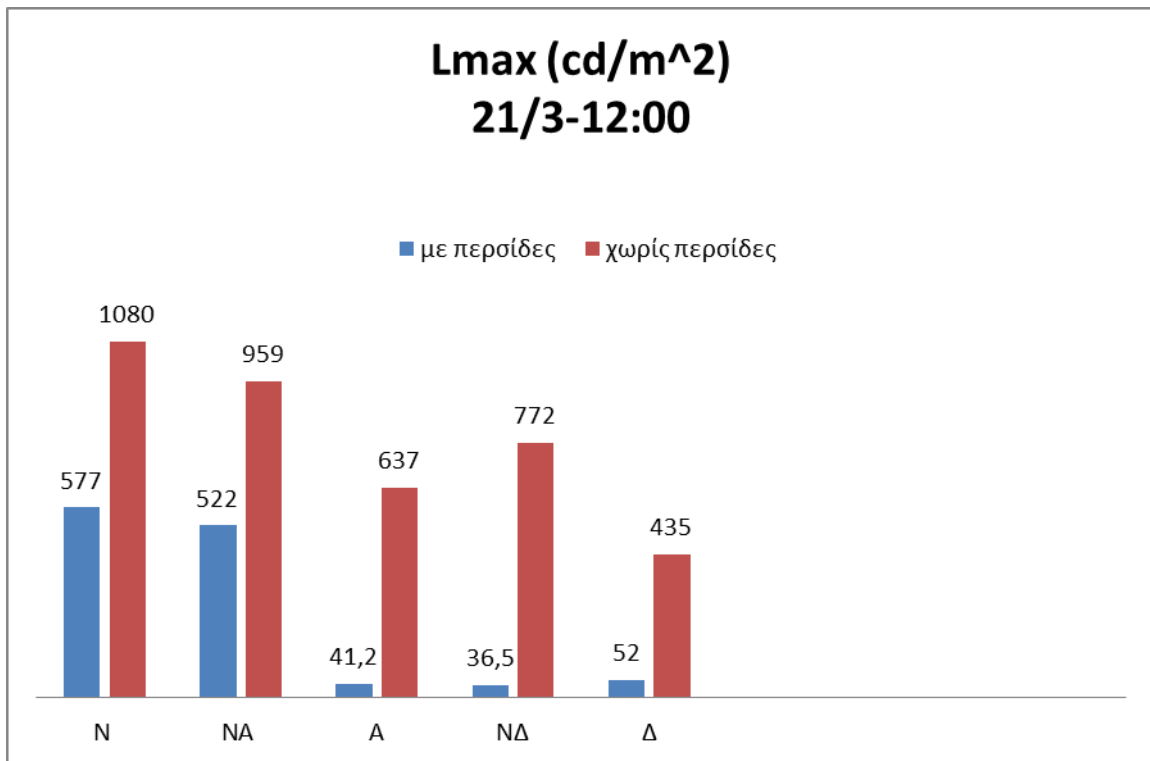
Για την καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων παραθέτουμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για την 21/3 στις 12:00, όπου συνήθως υπάρχει η μεγαλύτερη ένταση φωτισμού.



Διαγ/μα 7.10 Επίπεδα φωτισμού την 21/3 στις 12:00 για όλους τους προσανατολισμούς

Από το Διαγ/μα 7.10 παρατηρούμε ότι η τοποθέτηση περσίδων μειώνει κατά πολύ το επίπεδο φωτισμού (σχεδόν στο μισό) σε όλους τους προσανατολισμούς. Στον Νότιο προσανατολισμό, μάλιστα μειώνει το φωτισμό στο 1/6 περίπου. Επίσης, μπορούμε να δούμε ότι, σε δωμάτιο με περσίδες, για την 21/3 στις 12:00 σε όλους τους προσανατολισμούς, τα επίπεδα φωτισμού είναι πάνω από 300 lux, με μόνη εξαίρεση τον Δυτικό προσανατολισμό.

Ακόμα, παρατηρούμε ότι στον Νότιο προσανατολισμό τα επίπεδα φωτισμού είναι μικρότερα από 3000lux, ενώ στον Νοτιοανατολικό είναι λίγο παραπάνω από 3000lux. Επομένως, οι περσίδες αποτελούν ένα αποτελεσματικό σύστημα σκίασης.



Διαγ/μα 7.11 Επίπεδα λαμπρότητας την 21/3 στις 12:00 για όλους τους προσανατολισμούς σε καθαρό ουρανό

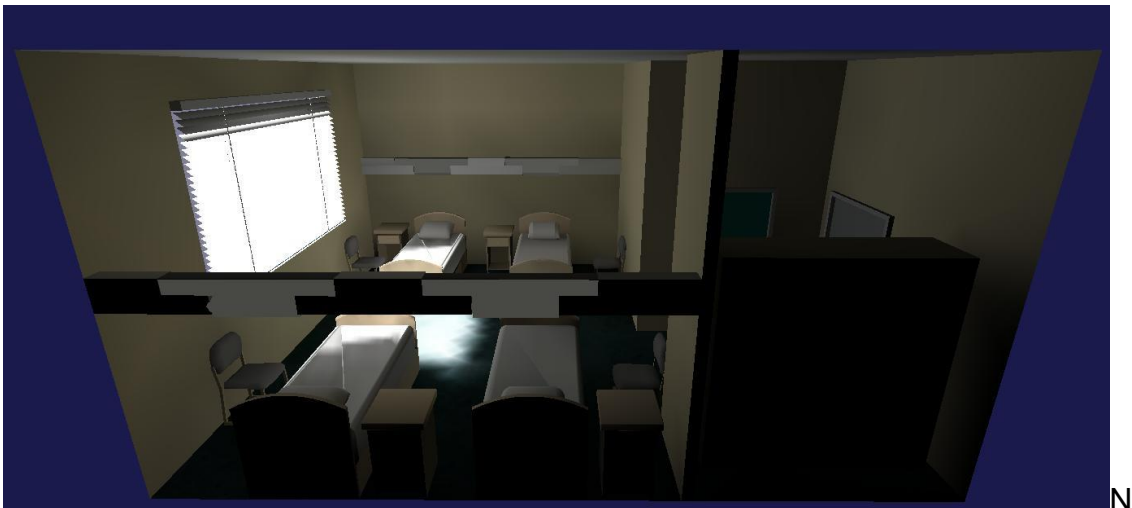
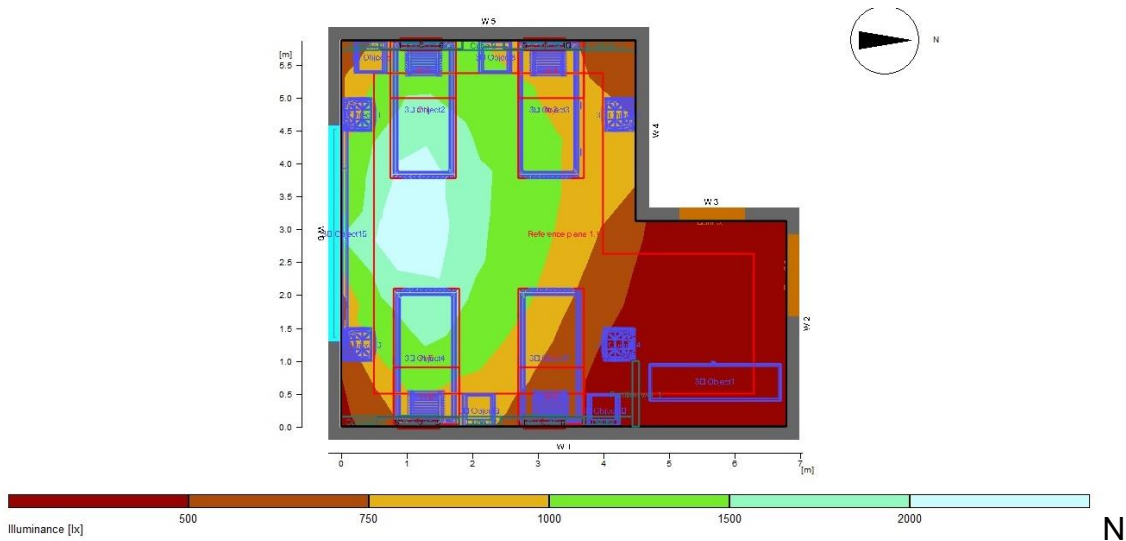
Στο δια/μα 7.11 παρατηρούμε ότι με την ύπαρξη περσίδων μειώνεται η λαμπρότητα περίπου κατά ½ στον N και NA προσανατολισμό και πολύ περισσότερο στους υπόλοιπους προσανατολισμούς.

Για την 21/3 στις 12:00 η λαμπρότητα είναι λίγο πιο πάνω από το όριο στο N και τον NA προσανατολισμό, ενώ στους υπόλοιπους προσανατολισμούς είναι μέσα στα επιθυμητά πλαίσια.

Επομένως, με την τοποθέτηση περσίδων ως σύστημα σκίασης μειώνεται και η λαμπρότητα.

Τα γραφήματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια είναι μόνο για 21/3 στις 12:00 για Νότιο προσανατολισμό.

21/3 12:00



Από τα γραφήματα βλέπουμε ότι το δωμάτιο φωτίζεται επαρκώς, με εξαίρεση την είσοδο του δωματίου που ο φωτισμός είναι οριακός.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι οι περσίδες είναι ένα αποτελεσματικό σύστημα σκίασης. Ενδεικνύεται για προσανατολισμούς που εμφανίζουν υψηλά επίπεδα φωτισμού, όπως ο Νότιος και ο Νοτιοανατολικός.

Αντίθετα, για προσανατολισμούς, όπως ο Δυτικός, με χαμηλά επίπεδα φωτισμού τα οποία όμως είναι εντός ορίων των απαιτήσεων, δεν προτείνονται οι περσίδες καθώς ρίχνουν την ένταση φωτισμού κάτω από τα όρια των απαιτήσεων.

7.4.4 Με απλό παράθυρο και ράφι φωτισμού

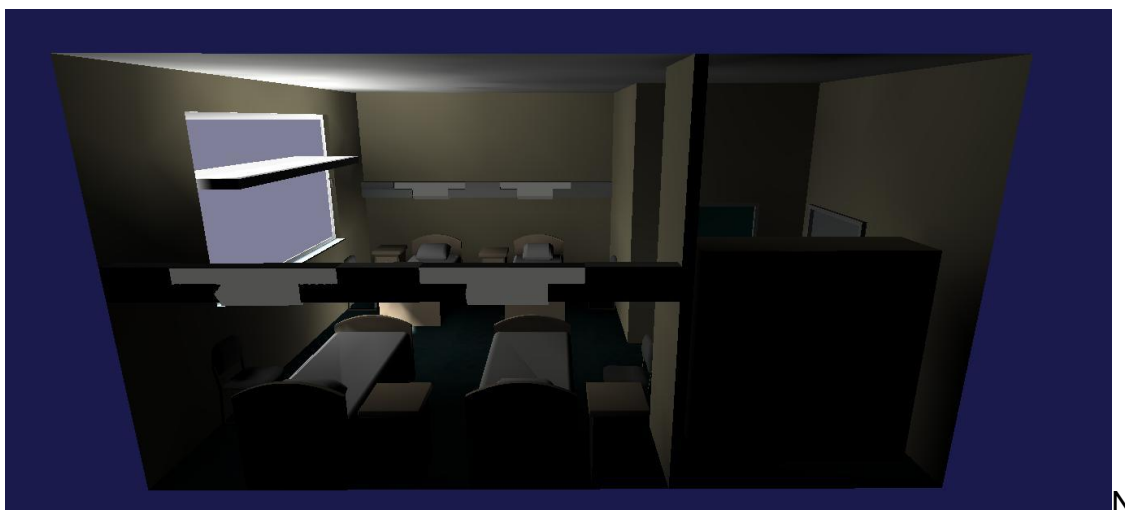
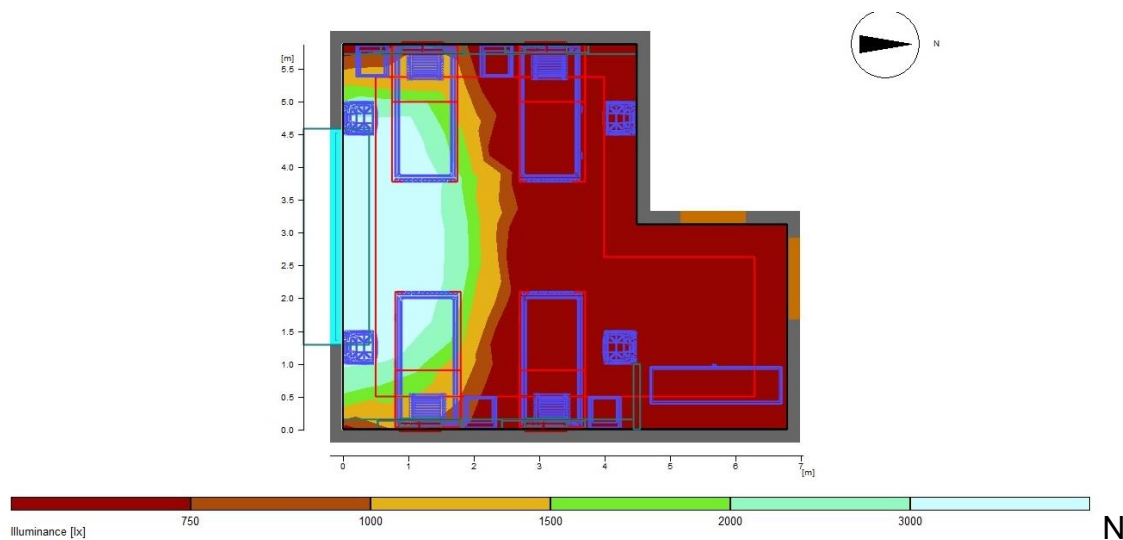
7.4.4.1 Ράφι φωτισμού 60/40 οριζόντιο

Το ράφι φωτισμού που τοποθετείται έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- κατοπτρική επιφάνεια με δείκτη κατοπτρικότητας= 0,50
- συντελεστής ανάκλασης= 90%
- ύψος από το δάπεδο= 2,5 m (έτσι ώστε να μην παρεμποδίζεται η θέαση προς τα έξω)
- μήκος= 3,3m (όσο η διάσταση μήκους του παραθύρου)
- πλάτος= 1m, (0,60m προς την εξωτερική πλευρά του παράθυρου και 0,40m προς την εσωτερική)
- πάχος= 0,10m



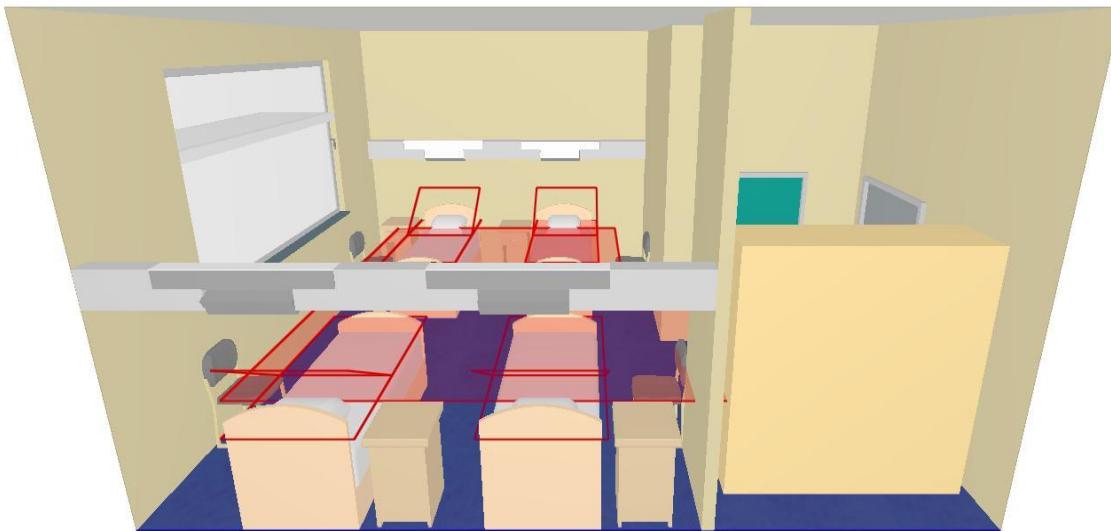
Εικ.7.21 Θάλαμος νοσηλείας με παράθυρο και ράφι φωτισμού 60/40, μοντέλο στο RELUX



7.4.4.2 Ράφι φωτισμού 100 οριζόντιο

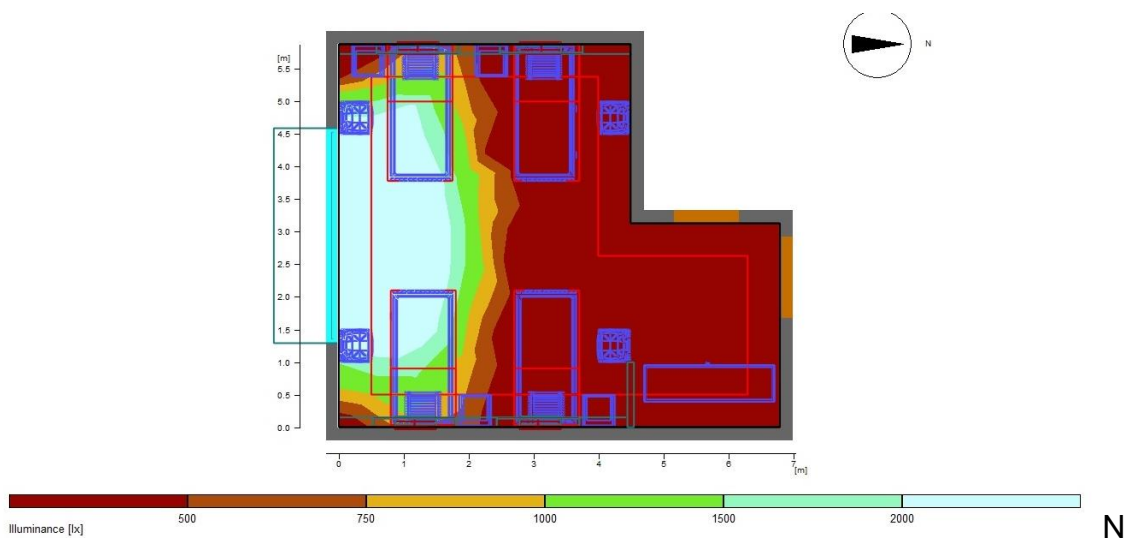
Το ράφι που τοποθετείται έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- κατοπτρική επιφάνεια με δείκτη κατοπτρικότητας= 0,50
- συντελεστής ανάκλασης= 90%
- ύψος από το δάπεδο= 2,5 m (έτσι ώστε να μην παρεμποδίζεται η θέαση προς τα έξω)
- μήκος= 3,3m (όσο η διάσταση μήκους του παραθύρου)
- πλάτος= 1m, (από την εξωτερική παρειά του παραθύρου)
- πάχος= 0,10m



Εικ.7.22 Θάλαμος νοσηλείας με παράθυρο και ράφι φωτισμού 100, μοντέλο στο RELUX

21/3 12:00

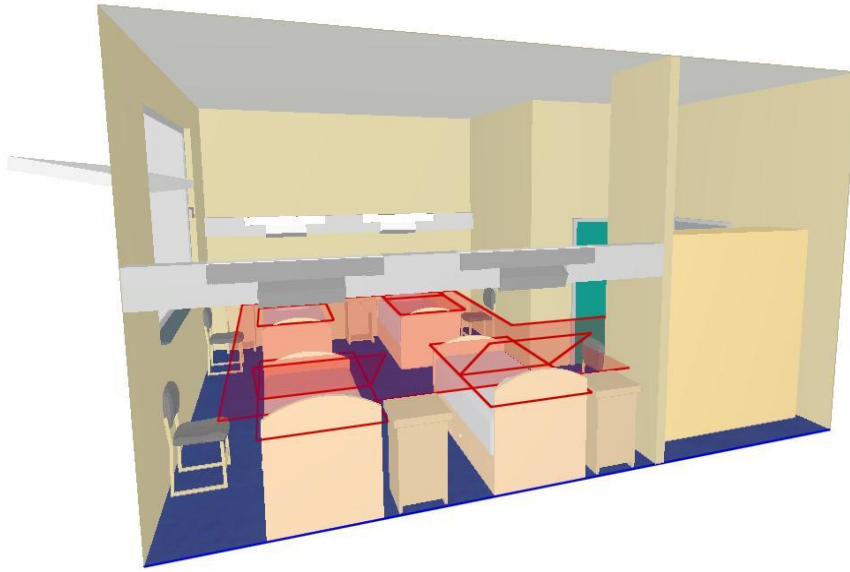




7.4.4.3 Ράφι φωτισμού 100 με κλίση 10°

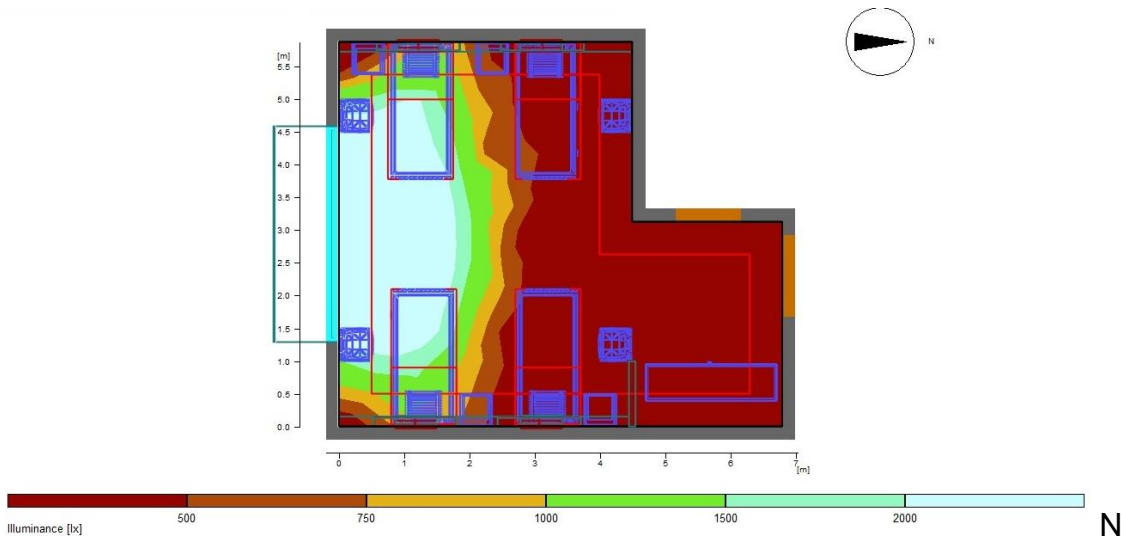
Το ράφι που τοποθετείται έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- κατοπτρική επιφάνεια με δείκτη κατοπτρικότητας= 0,50
- συντελεστής ανάκλασης= 90%
- ύψος από το δάπεδο= 2,5 m (έτσι ώστε να μην παρεμποδίζεται η θέαση προς τα έξω)
- μήκος= 3,3m (όσο η διάσταση μήκους του παραθύρου)
- πλάτος= 1m, (από την εξωτερική παρειά του παραθύρου)
- πάχος= 0,10m
- κλίση 10° προς το εσωτερικό του θαλάμου



Εικ.7.23 Θάλαμος νοσηλείας με παράθυρο και ράφι φωτισμού 100 με κλίση 10°, μοντέλο στο RELUX

21/3 12:00

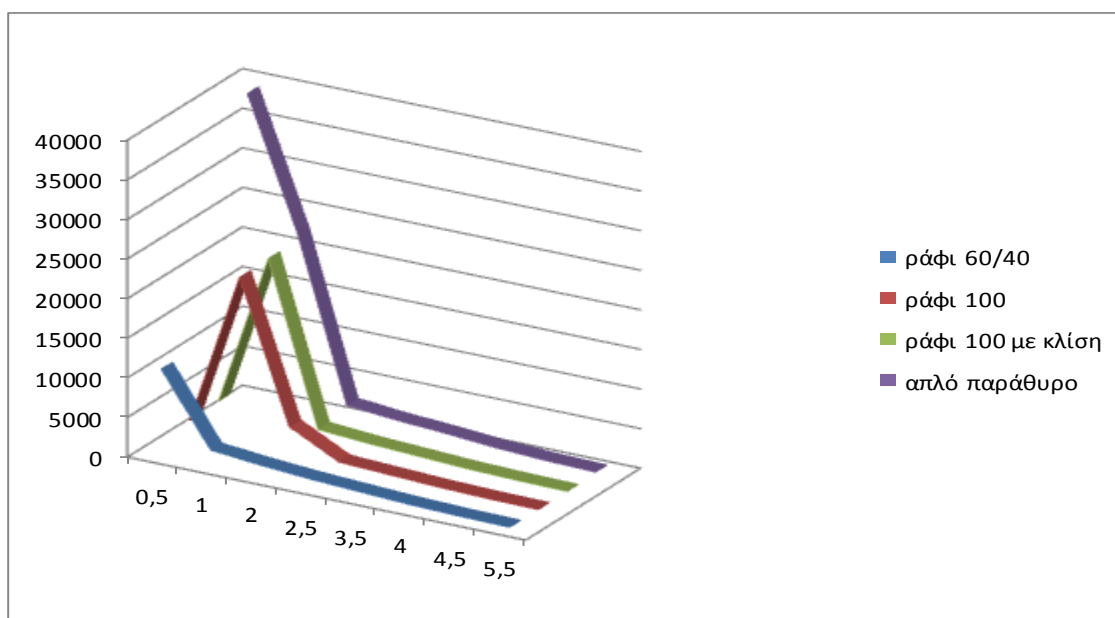




N

7.4.4.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα

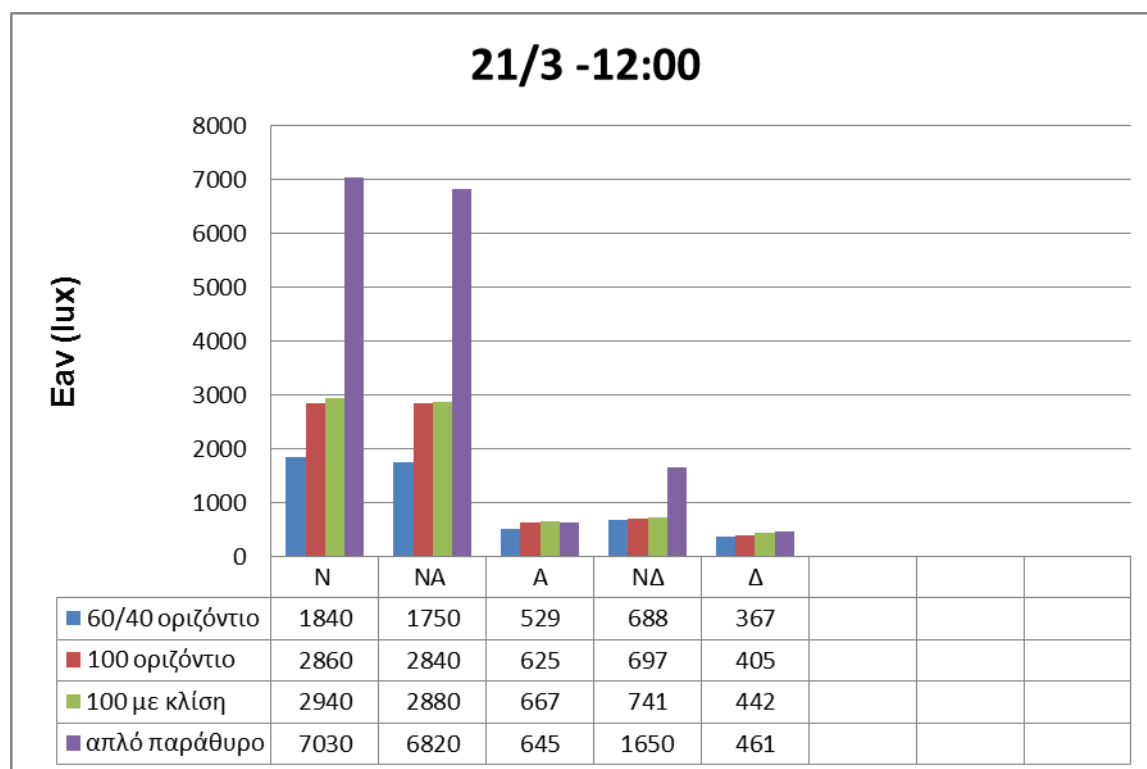
Από τα γραφήματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω για όλες τις περιπτώσεις ραφιών παρατηρούμε ότι οι κλίνες που βρίσκονται κοντά στο παράθυρο φωτίζονται περισσότερο από τις κλίνες που βρίσκονται μακριά από το παράθυρο. Αυτό μας δείχνει ότι τα ράφια φωτισμού λειτουργούν και ως συστήματα σκίασης. Παρόλα αυτά καλύτερα συμπεράσματα θα βγάλουμε με τα διαγράμματα που ακολουθούν.



Διαγ/μα 7.12 Φωτισμός ανάλογα με την απόσταση από το παράθυρο (Νότιος προσανατολισμός, 21/3 στις 12:00)

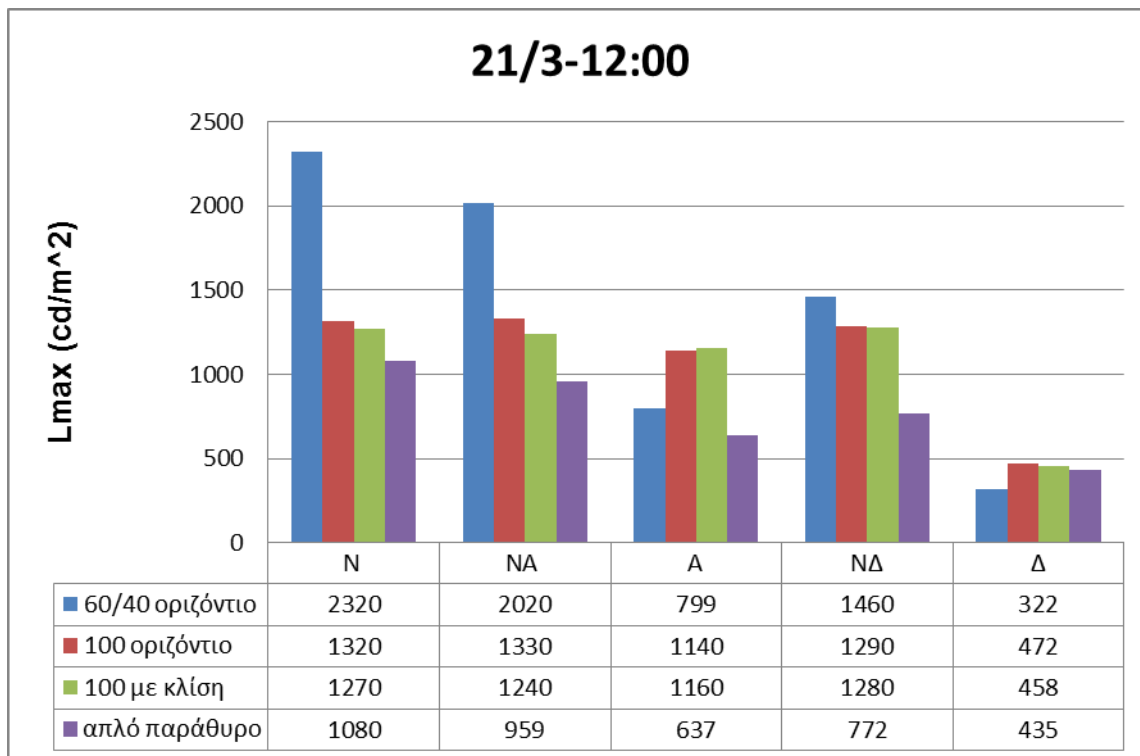
Σε όλες τις περιπτώσεις, τα ράφια φωτισμού βελτίωσαν την ομοιομορφία της κατανομής του φυσικού φωτισμού, μειώνοντας το εισερχόμενο φως κοντά στο παράθυρο και μειώνοντας το ελαφρώς στο βάθος του θαλάμου νοσηλείας.

Τη λιγότερη ομοιόμορφη κατανομή φωτισμού παρουσιάζει η διάταξη με ράφι φωτισμού 60/40 δίνοντας μεγάλες τιμές κοντά στο παράθυρο και μικρές σε απόσταση 2 μέτρων από αυτό. Την πιο ομοιόμορφη κατανομή φωτισμού φαίνεται να δίνει ο τύπος του οριζόντιου ραφιού 100 στα 2 μέτρα. Ενώ ο τύπος του ραφιού 100 με κλίση 10° βρίσκεται ανάμεσα στις δύο ακραίες περιπτώσεις.



Διαγ/μα 7.13 Επίπεδα φωτισμού για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00 για τα διάφορα είδη ραφιών φωτισμού σε σύγκριση μεταξύ τους και με απλό παράθυρο

Επίσης, παρατηρούμε ότι η τοποθέτηση ραφιών φωτισμού μείωσε το επίπεδο φωτισμού σε όλους τους προσανατολισμούς, σε σύγκριση με το φωτισμό δωματίου με απλό παράθυρο. Η μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζεται στον N και NA προσανατολισμό, ενώ στους υπόλοιπους προσανατολισμούς οι μειώσεις ήταν μικρές. Ακόμα, πρέπει να σημειώσουμε, ότι μεγαλύτερη μείωση στην ένταση φωτισμού παρατηρήθηκε με ράφι φωτισμού 60/40, ενώ η μικρότερη παρατηρήθηκε με ράφι φωτισμού 100 με κλίση. Σε κάθε περίπτωση τα επίπεδα φωτισμού διατηρήθηκαν μεταξύ 300lux και 3000lux, δηλαδή μέσα στα επιθυμητά πλαίσια.



Διαγ/μα 7.14 Επίπεδα λαμπρότητας για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00 για τα διάφορα είδη ραφιών φωτισμού σε σύγκριση μεταξύ τους και με απλό παράθυρο

Από το διάγραμμα 7.14 παρατηρούμε ότι για όλους τους προσανατολισμούς τα επίπεδα λαμπρότητας είναι πάνω από τα επιθυμητά, με μόνη εξαίρεση τον Δ προσανατολισμό. Επίσης, παρατηρούμε ότι τα ράφια φωτισμού αυξάνουν τη λαμπρότητα της οροφής. Παρόλα αυτά, βλέποντας το διαγ/μα σε συνδυασμό με τα γραφήματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι οι υψηλές λαμπρότητες δεν παρουσιάζονται σε μεγάλη περιοχή της οροφής.

Γνωρίζουμε ότι για μικρές περιοχές, λαμπρότητες μέχρι 1500cd/m^2 είναι αποδεκτές.

Συμπερασματικά, τα ράφια φωτισμού βελτιώνουν την ομοιομορφία του φωτός στον χώρο, απομακρύνοντας τα πολύ υψηλά επίπεδα φωτισμού από το παράθυρο. Ταυτόχρονα, λειτουργούν και ως συστήματα σκίασης καθώς μειώνουν την μέση ένταση φωτισμού. Το μειονέκτημα τους είναι ότι αυξάνουν τα επίπεδα λαμπρότητας, όμως επειδή αυτό συμβαίνει σε μικρή περιοχή της οροφής είναι αποδεκτό.

Το πιο αποδοτικό ράφι φωτισμού φαίνεται να είναι το οριζόντιο ράφι 100 καθώς δίνει την μεγαλύτερη ομοιομορφία στην κατανομή του φωτισμού, μειώνει τα επίπεδα φωτισμού και αυξάνει τη λαμπρότητα αλλά όχι σε υπερβολικό βαθμό.

7.4.5 Με πρόβολο 1,5 m χωρίς αλλαγή του μεγέθους του παραθύρου

Στο υπάρχον μοντέλο στο RELUX τοποθετούμε πρόβολο προκειμένου να εξεταστεί η επιρροή ύπαρξης ή μη προβόλου, στον φωτισμό του δωματίου.

Ο πρόβολος έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Μήκος 5,88m

Πλάτος 1,5m

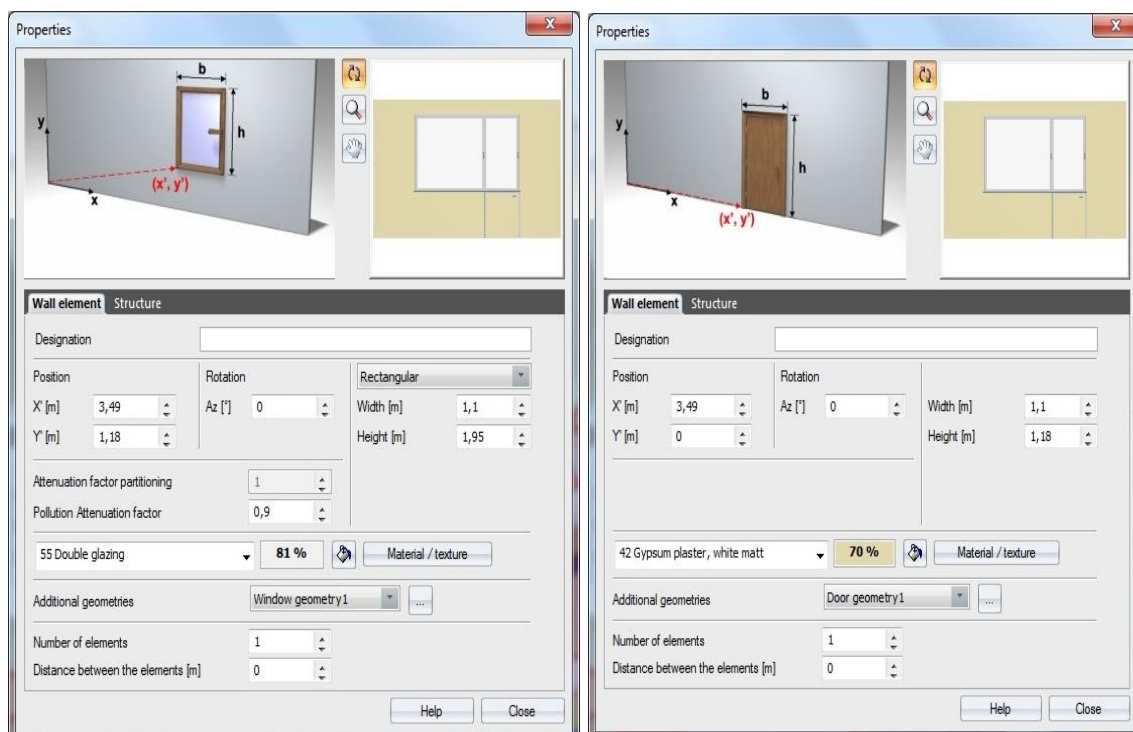
Πάχος 0,18m

Επειδή θέλουμε να εξετάσουμε την επιρροή του προβόλου καθ' εαυτού θα σχεδιάσουμε μπαλκονόπορτα, όμως με τα εξής χαρακτηριστικά:

Ύψος 3,13m

Πλάτος 1,0m

Σε απόσταση 1,18 από το δάπεδο και πάνω το υλικό της είναι διπλός υαλοπίνακας (double glazing), δηλαδή όμοιο με του παραθύρου, ενώ από κάτω το υλικό της είναι όμοιο με των τοίχων.



Εικ.7.24 Διατασιολόγηση «μπαλκονόπορτας»

Κατ'επέκταση το παράθυρο μικραίνει και έχει διαστάσεις 2,2m X 1,95m.

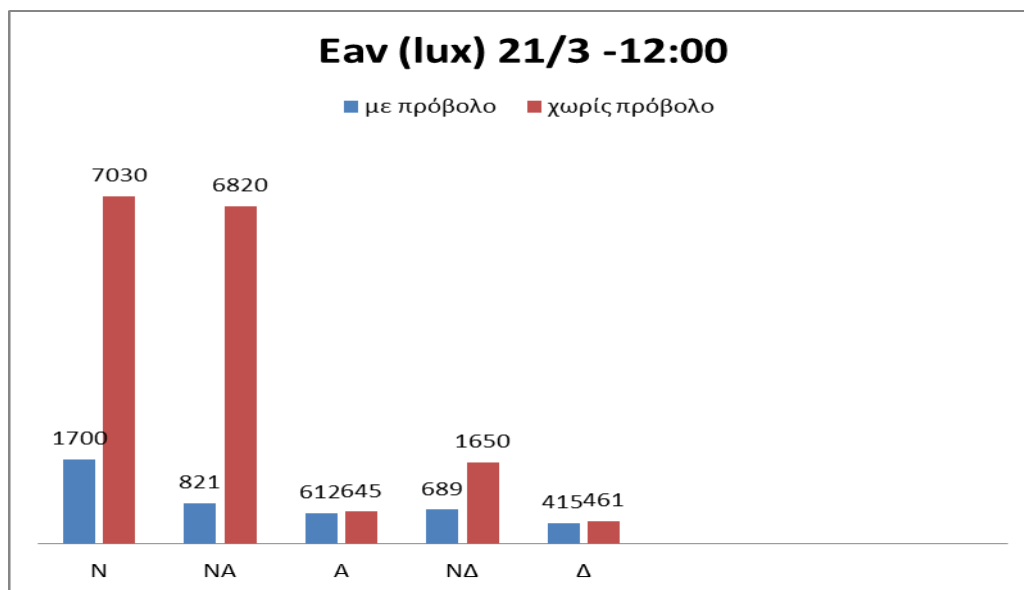
Συνολικά, όμως η διάσταση του διαφανούς ανοίγματος παραμένει σταθερή 3,3m X 1,95m.



Εικ.7.25 Θάλαμος νοσηλείας με πρόβολο, μοντέλο στο RELUX

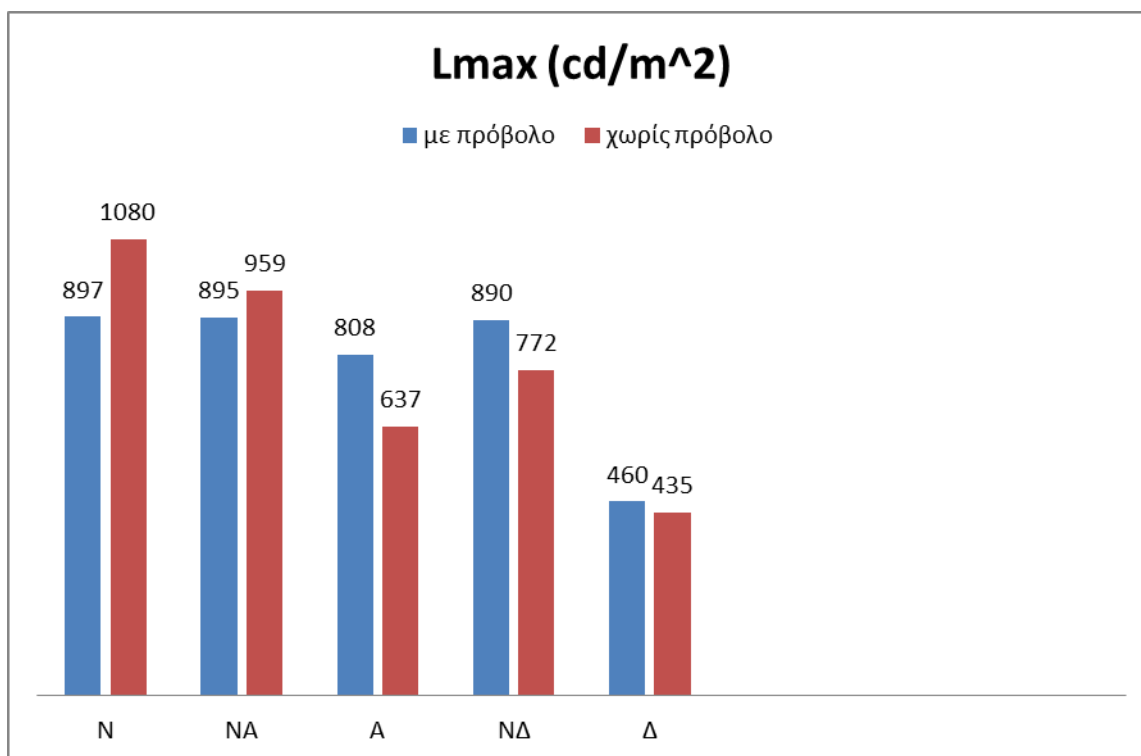
7.4.5.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις παρατίθενται τα αποτελέσματα για την 21/3 στις 12:00, προκειμένου να είναι ευκολότερη η σύγκριση των αποτελεσμάτων.



Διαγ/μα 7.15 Επίπεδα φωτισμού για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00 για ύπαρξη ή μη προβόλου

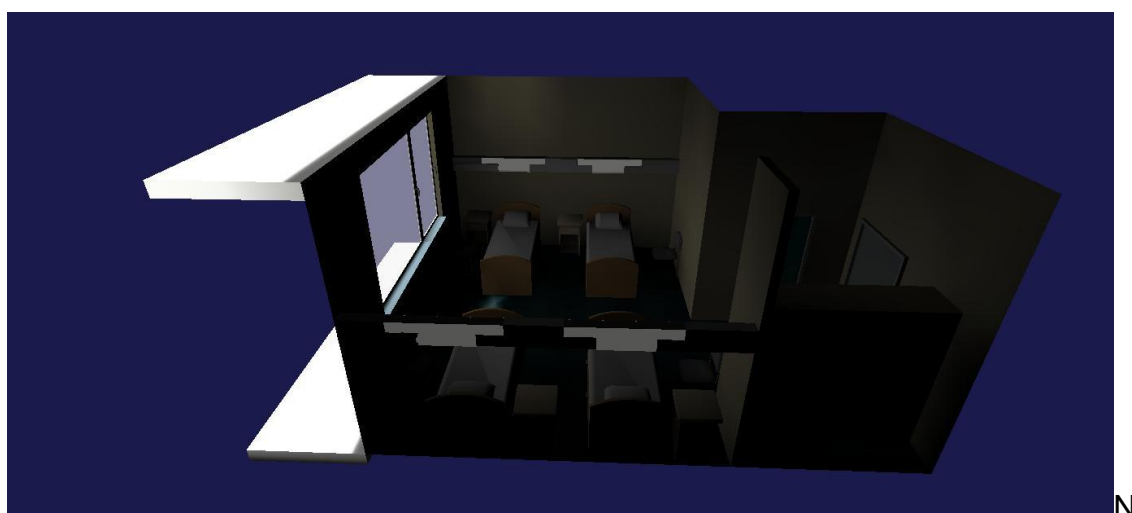
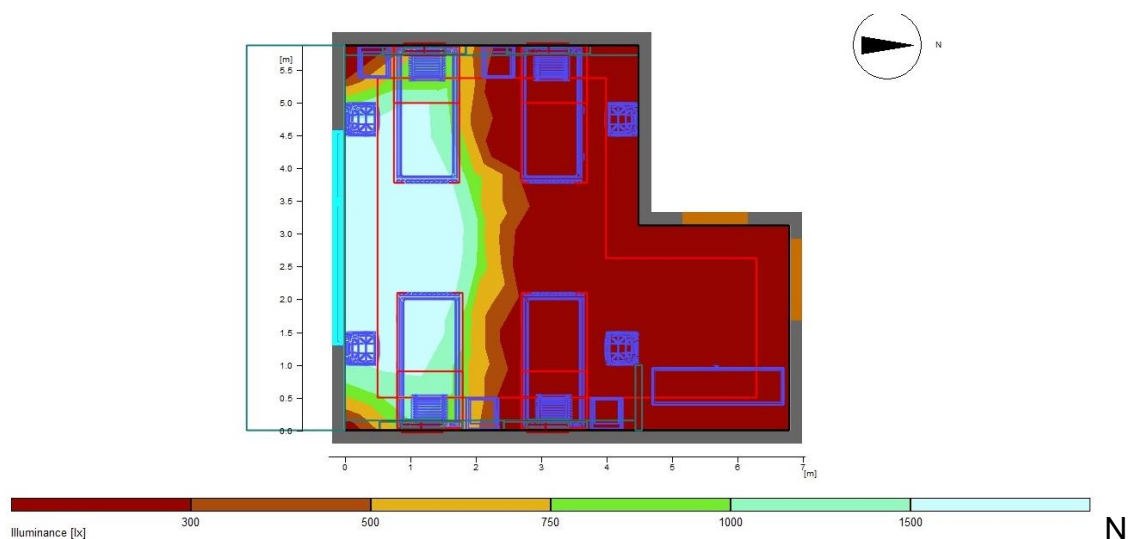
Από το διάγραμμα 7.15 βλέπουμε ότι η ύπαρξη προβόλου επηρεάζει κατά πολύ τα επίπεδα φωτισμού μειώνοντάς τα, κυρίως στον Νότιο και τον Νοτιοανατολικό προσανατολισμό. Μικρότερη μείωση παρατηρείται στους υπόλοιπους προσανατολισμούς. Παρόλα αυτά, σε κανέναν προσανατολισμό, τα επίπεδα φωτισμού δεν πέφτουν κάτω από τα επιθυμητά, ενώ διατηρούνται μικρότερα από 3000lux.



Διαγ/μα 7.16 Επίπεδα λαμπρότητας για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00 για ύπαρξη ή μη προβόλου

Από το διαγ/μα 7.16 βλέπουμε ότι ο πρόβολος δεν επηρεάζει πολύ τα επίπεδα λαμπρότητας. Στον N και NA προσανατολισμό, βλέπουμε πως η ύπαρξη προβόλου μειώνει τα επίπεδα λαμπρότητας, ενώ στους υπόλοιπους προσανατολισμούς τα αυξάνει. Με εξαίρεση τον Δ προσανατολισμό η λαμπρότητα είναι μεγαλύτερη από 500cd/m² που είναι το όριο, αλλά σε συνδυασμό με το γράφημα που ακολουθεί βλέπουμε ότι δεν εμφανίζεται σε μεγάλη περιοχή του δωματίου, επομένως μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή.

Γραφήματα για 21/3 στις 12:00 για Νότιο προσανατολισμό



Από τα γραφήματα παρατηρούμε ότι οι κλίνες που βρίσκονται κοντά στο παράθυρο φωτίζονται περισσότερο από αυτές που βρίσκονται μακριά από το παράθυρο. Επομένως, από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η ύπαρξη προβόλου αποτελεί έναν τρόπο σκίασης του δωματίου, μειώνοντας την ένταση φωτισμού χωρίς όμως να πέφτει κάτω από τα αποδεκτά όρια. Από τη μέση του δωματίου προς το βάθος τα επίπεδα φωτισμού αρχίζουν και πέφτουν κάτω από τα 300lux.

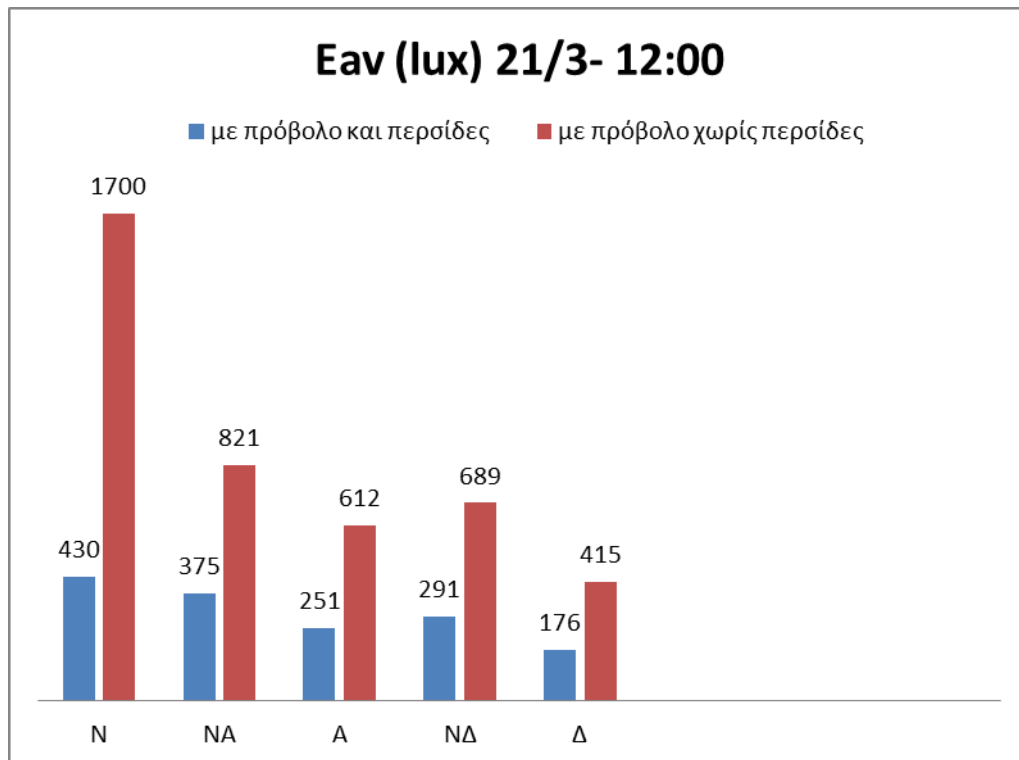
7.4.6 Με πρόβολο και περσίδες

Στο δωμάτιο όπως σχεδιάστηκε στην ακριβώς προηγούμενη περίπτωση, προσθέτουμε περσίδες με κλίση 45°.



Εικ.7.26 Θάλαμος νοσηλείας με πρόβολο και περσίδες, μοντέλο στο RELUX

7.4.6.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα

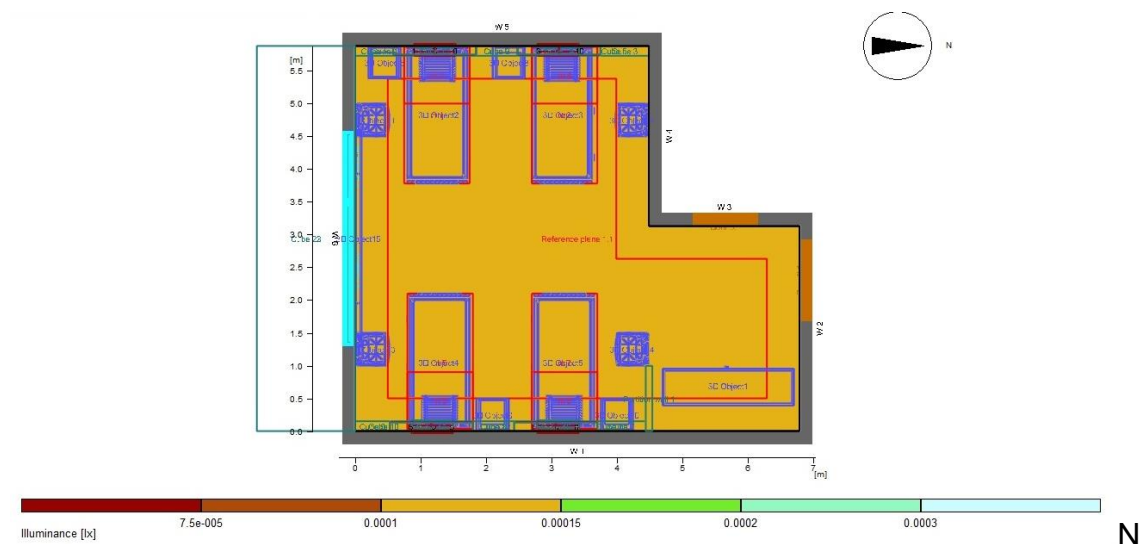


Διαγ/μα 7.17 Επίπεδα φωτισμού για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00

Από το διάγραμμα 7.17 παρατηρούμε ότι, όπως και στην περίπτωση με το απλό παράθυρο, η ύπαρξη περσίδων μειώνει τα επίπεδα φωτισμού τουλάχιστον στο 1/3, σε όλους τους προσανατολισμούς. Το αποτέλεσμα αυτού είναι το γεγονός ότι στις περισσότερες περιπτώσεις τα επίπεδα φωτισμού πέφτουν κάτω από το αποδεκτό όριο, με εξαίρεση τον Ν και ΝΑ προσανατολισμό.

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00 το $L_{max}=0\text{cd/m}^2$. Με άλλα λόγια το δωμάτιο με πρόβολο και περσίδες σκοτεινιάζει εντελώς.

21/3 12:00



Επομένως, συμπεραίνουμε ότι όταν υπάρχει πρόβολος οι περσίδες δεν είναι απαραίτητες, καθώς «σκοτεινιάζουν» το δωμάτιο και δεν πληρούνται οι απαιτήσεις για τα επίπεδα λαμπρότητας.

Η 3D απεικόνιση δεν παρατίθεται λόγω έλλειψης ευκρίνειας, αφού πρόκειται για ένα σκοτεινό δωμάτιο.

7.4.7 Με πρόβολο και μπαλκονόπορτα

Στην περίπτωση του δωματίου με πρόβολο κάνουμε την εξής μετατροπή: Αντί για παράθυρο τοποθετούμε κανονική μπαλκονόπορτα με υαλοπίνακα από πάνω μέχρι κάτω. Της διαστάσεις τις ορίζουμε σύμφωνα με τους κανονισμούς σχεδιασμού ανοιγμάτων (κεφάλαιο 4.6.1).

Συνεπώς, επιλέγουμε μπαλκονόπορτα με διαστάσεις:

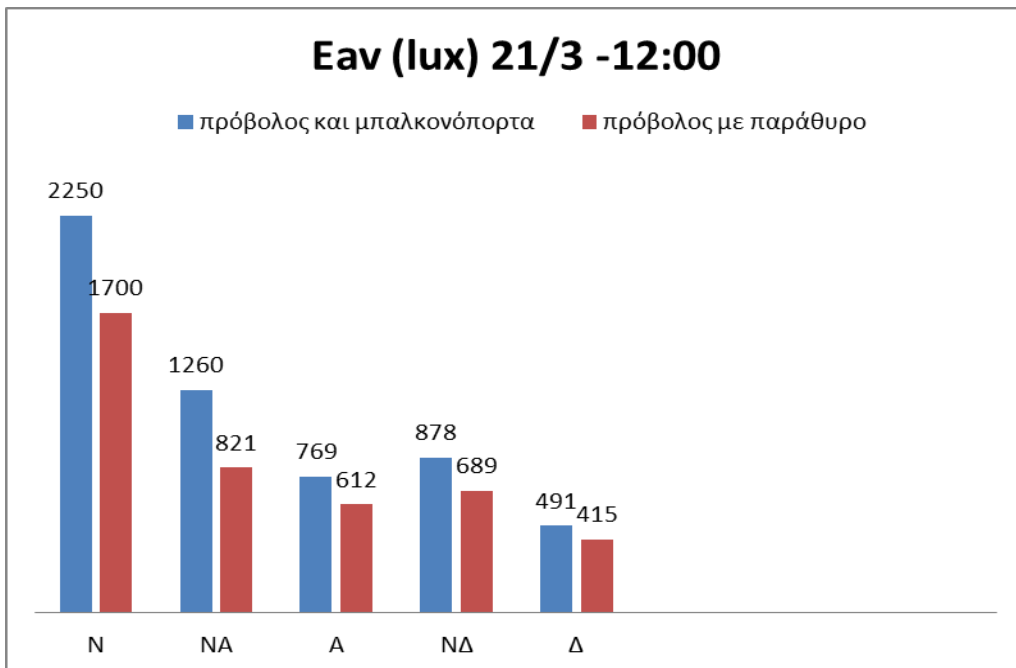
Ύψος 3,13m (ώστε το πρέκι να είναι στο ίδιο ύψος όπου ήταν και το απλό παράθυρο)
Πλάτος 2,5m

- * Το εμβαδόν του παραθύρου είναι $2,5 \times 3,13 = 7,825 \text{ m}^2$ και του δωματίου είναι $33,6 \text{ m}^2$
Ο λόγος εμβαδού παραθύρου/εμβαδό δωματίου = 0,2, δηλαδή μέσα στον κανονισμό.



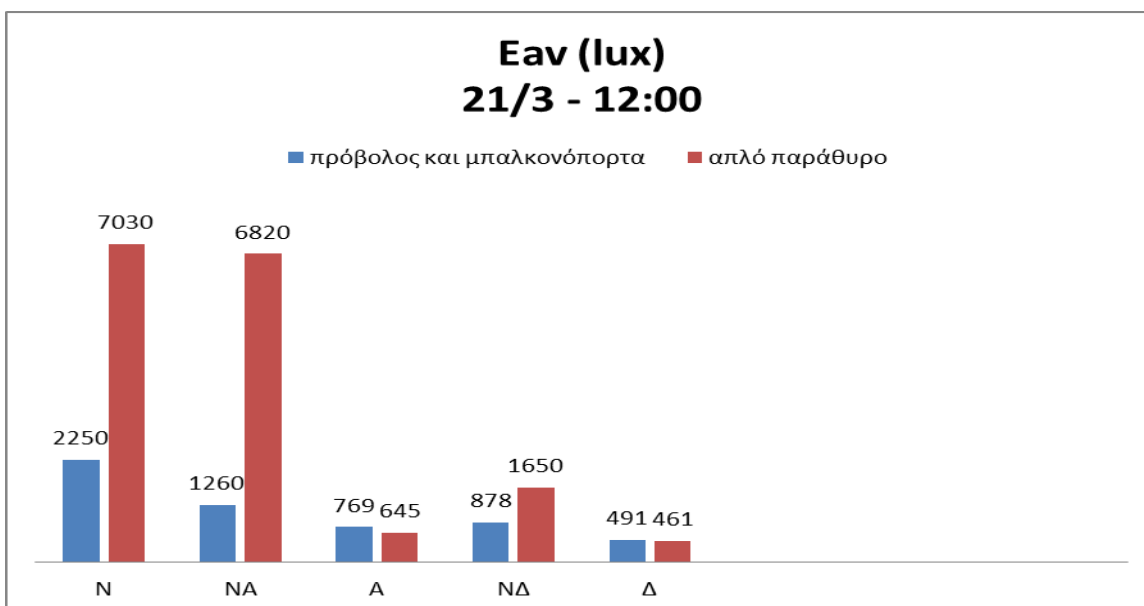
Εικ.7.20 Θάλαμος νοσηλείας με πρόβολο και μπαλκονόπορτα, μοντέλο στο RELUX

7.4.7.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα



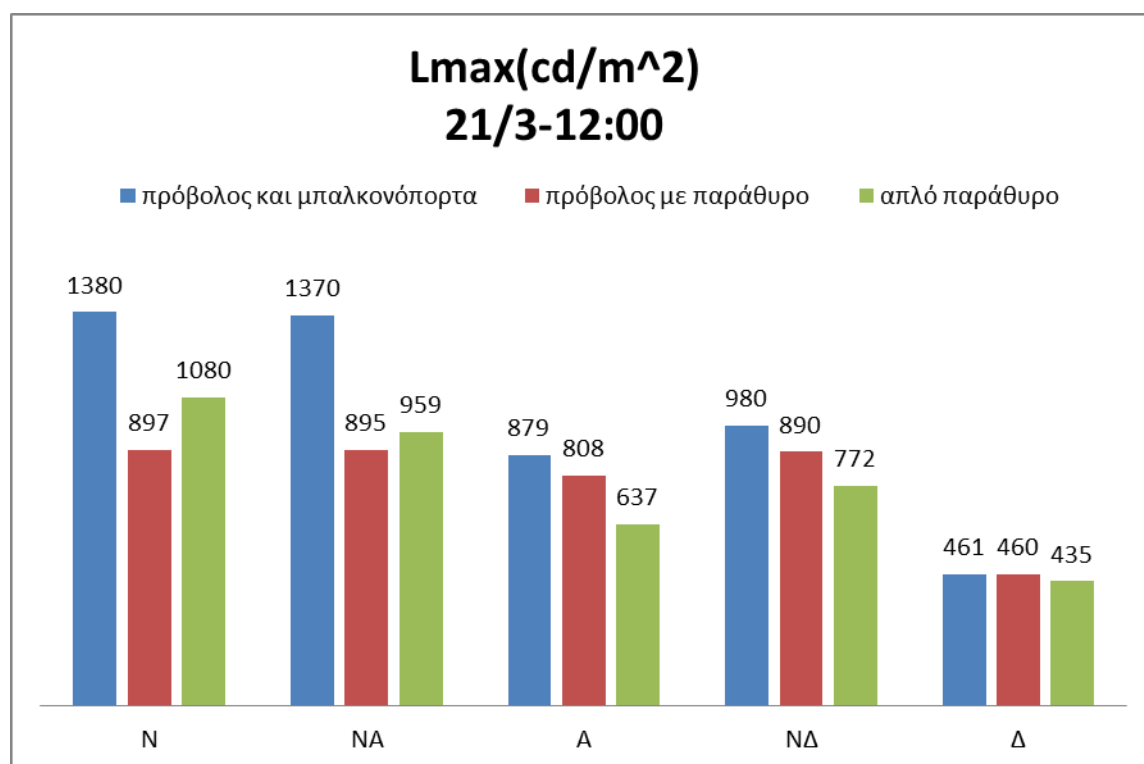
Διαγ/μα 7.18 Επίπεδα φωτισμού για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00

Όπως παρατηρούμε στο διάγραμμα 7.18, η ύπαρξη κανονικής μπαλκονόπορτας αυξάνει το φωτισμό σε σύγκριση με την ύπαρξη κανονικού παραθύρου. Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις η μεταβολή των επιπέδων φωτισμού είναι πιο έντονες στον Νότιο και τον Νοτιοανατολικό προσανατολισμό και λιγότερο στους άλλους προσανατολισμούς.



Διαγ/μα 7.19 Επίπεδα φωτισμού για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το παραπάνω διάγραμμα στο οποίο συγκρίνεται η ένταση φωτισμού σε δωμάτιο με πρόβολο και μπαλκονόπορτα και σε δωμάτιο με απλό παράθυρο για την 21/3 στις 12:00. Παρατηρούμε, ότι ακόμα και με κανονική μπαλκονόπορτα, η ύπαρξη προβόλου μειώνει τα επίπεδα φωτισμού στο δωμάτιο, χωρίς όμως να πέφτουν κάτω από τα αποδεκτά όρια. Αντιθέτως, τα μειώνει τόσο ώστε να είναι μικρότερα από 3000lux, που είναι ένα επιθυμητό επίπεδο. Το σημείο όμως, στο οποίο διαφοροποιείται η περίπτωση αυτή από τις προηγούμενες, είναι το ότι στον Ανατολικό και τον Δυτικό προσανατολισμό, που είναι αρκετά συνηθής στα συμβατικά κτίρια στην Ελλάδα, παρατηρούμε αύξηση των επιπέδων φωτισμού σε δωμάτιο με μπαλκονόπορτα και πρόβολο έναντι δωματίου με απλό παράθυρο.



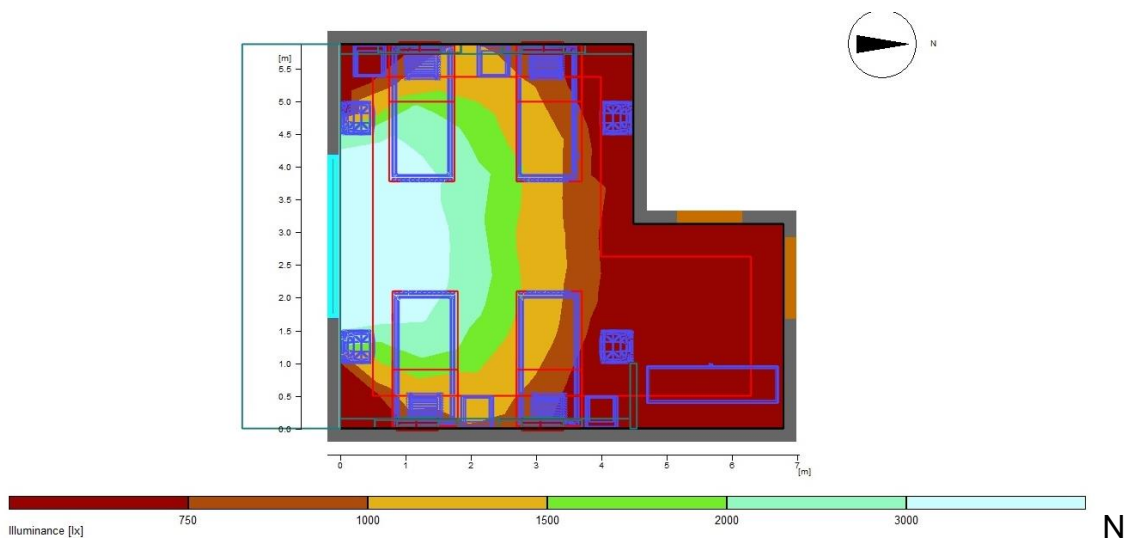
Διαγ/μα 7.20 Επίπεδα λαμπρότητας για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00

Από το διαγ/μα 7.20 αν συγκρίνουμε το δωμάτιο με τον πρόβολο και το παράθυρο και το δωμάτιο με τον πρόβολο και την κανονική μπαλκονόπορτα, βλέπουμε ότι για όλους τους προσανατολισμούς η περίπτωση του δωματίου με μπαλκονόπορτα εμφανίζει τη μεγαλύτερη λαμπρότητα. Για τον N και τον NA προσανατολισμό ακολουθεί η περίπτωση του δωματίου με απλό παράθυρο, ενώ στους υπόλοιπους ακολουθεί η περίπτωση του προβόλου με παράθυρο.

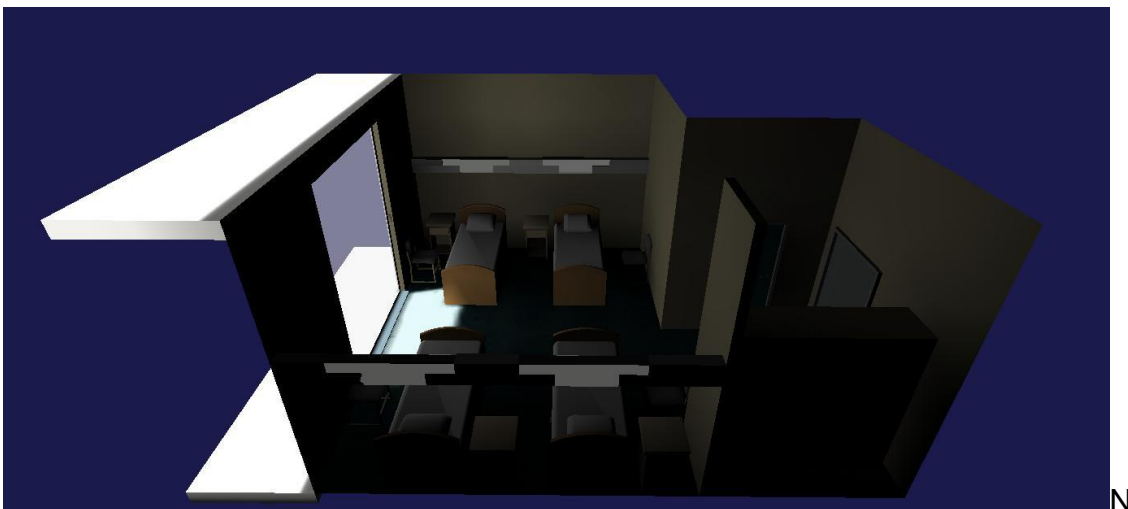
Επίσης, παρατηρούμε ότι σε όλους τους προσανατολισμούς και για όλες τις περιπτώσεις τα επίπεδα λαμπρότητας είναι πάνω από τα αποδεκτά, με μόνη εξαίρεση τον Δυτικό προσανατολισμό.

Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη και το γράφημα που ακολουθεί βγάζουμε το συμπέρασμα ότι η λαμπρότητα εμφανίζεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια, επομένως είναι σε μη αποδεκτά όρια και μπορεί να προκαλέσει στους ασθενείς θάμβωση.

21/3 12:00



Ακόμα από το γράφημα παρατηρούμε ότι υπάρχει καλύτερη ομοιομορφία στην κατανομή του φωτισμού. Όλες οι κλίνες φωτίζονται σε αποδεκτά επίπεδα. Επαρκής φωτισμός υπάρχει ακόμα και στην είσοδο του δωματίου.

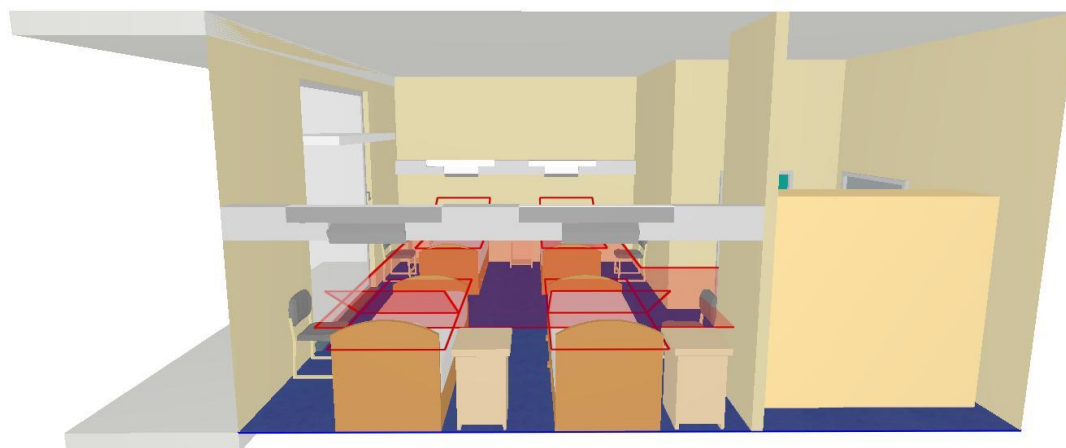


Συμπερασματικά, σε Νότιο και Νοτιοανατολικό προσανατολισμό η ύπαρξη προβόλου και μπαλκονόπορτας μειώνει την ένταση φωτισμού, όμως όχι τόσο όσο την μειώνει η ύπαρξη προβόλου σε δωμάτιο με παράθυρο. Αποτελεί καλό σύστημα σκίασης καθώς διατηρεί τον φωτισμό σε αποδεκτά επίπεδα. Επίσης, βελτιώνει την ομοιομορφία της κατανομής του φωτισμού στον χώρο. Παρόλα αυτά, φαίνεται πως μπορεί να υπάρχει πρόβλημα θάμβωσης, καθώς τα επίπεδα λαμπρότητας είναι μεγαλύτερα από τα αποδεκτά. Αντίθετα, σε Ανατολικό και Δυτικό προσανατολισμό αυξάνει ελαφρώς τα επίπεδα φωτισμού, γεγονός που μετατρέπει την διάταξη αυτή του ανοίγματος σε σύστημα φωτισμού για αυτούς τους προσανατολισμούς.

7.4.8 Με μπαλκονόπορτα και ράφι φωτισμού

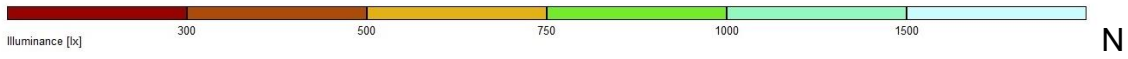
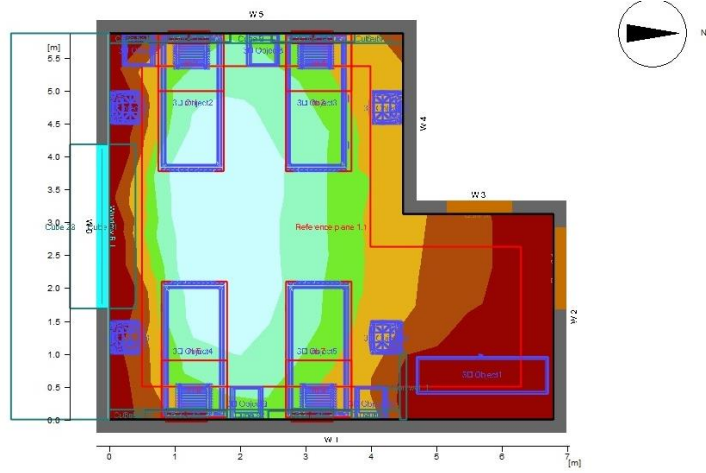
Στα μοντέλα προσομοίωσης τοποθετούμε τα ίδια ράφια φωτισμού που τοποθετήσαμε και στην περίπτωση του απλού παραθύρου. Η μόνη διαφορά είναι ότι το μήκος του ραφίου είναι 2,5m, δηλαδή όσο και το πλάτος της μπαλκονόπορτας.

7.4.8.1 Ράφι φωτισμού 60/40 οριζόντιο

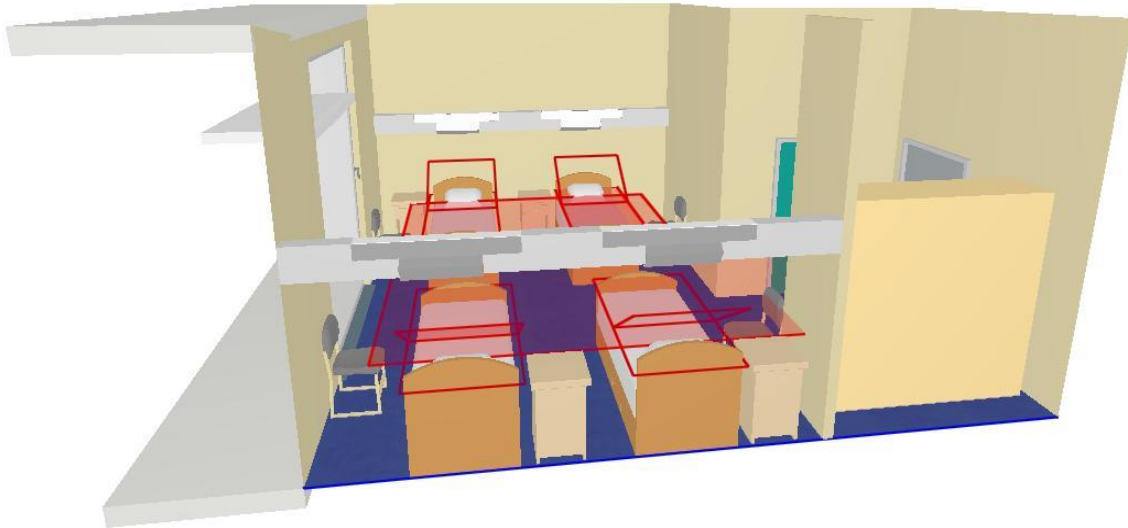


Εικ.7.21 Θάλαμος νοσηλείας με πρόβολο, μπαλκονόπορτα και οριζόντιο ράφι φωτισμού 60/40, μοντέλο στο RELUX

21/3 12:00

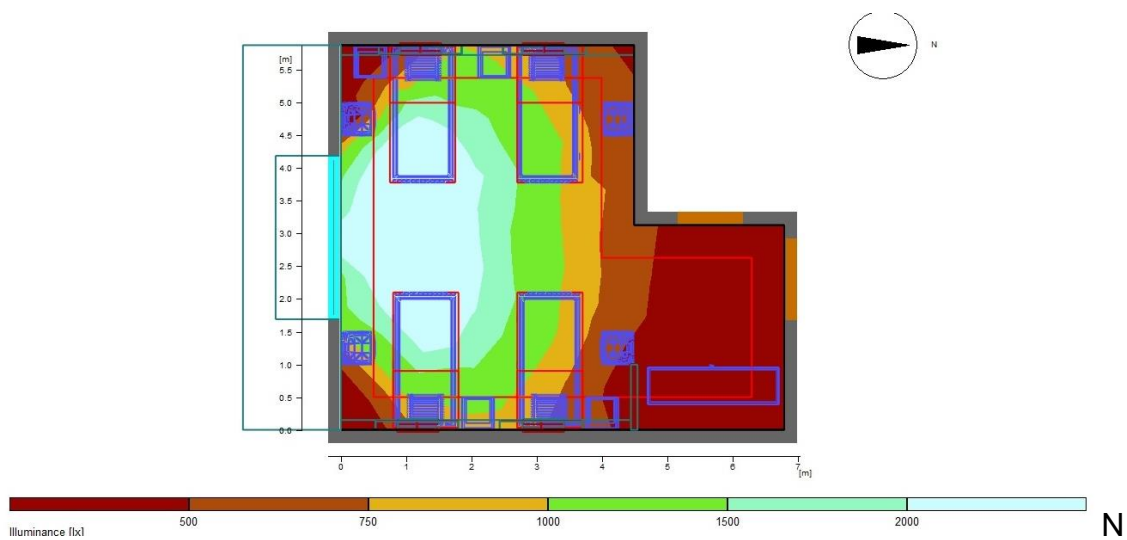


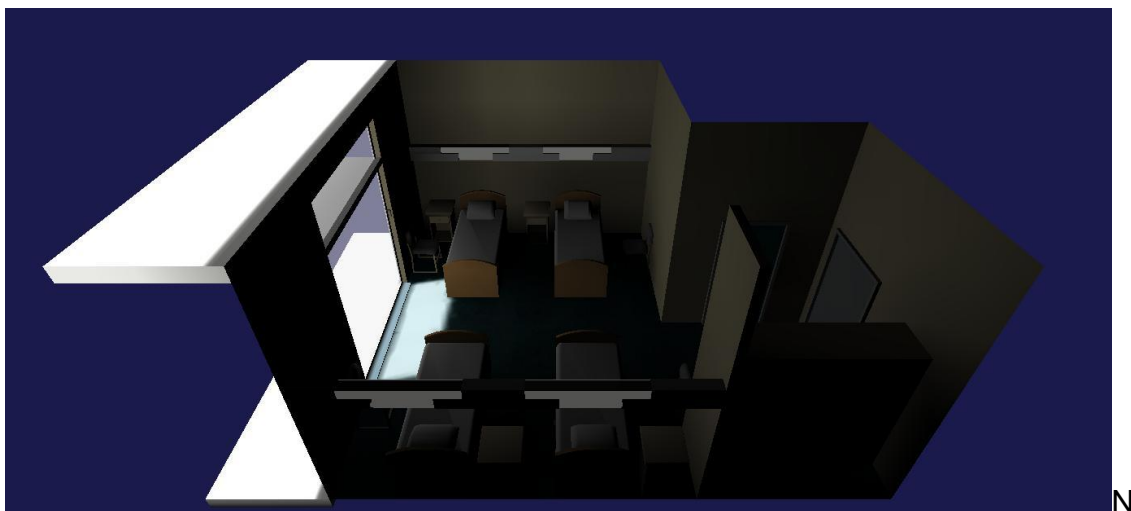
7.4.8.2 Ράφι φωτισμού 100 οριζόντιο



Εικ.7.22 Θάλαμος νοσηλείας με πρόβολο, μπαλκονόπορτα και οριζόντιο ράφι φωτισμού 100, μοντέλο στο RELUX

21/3 12:00



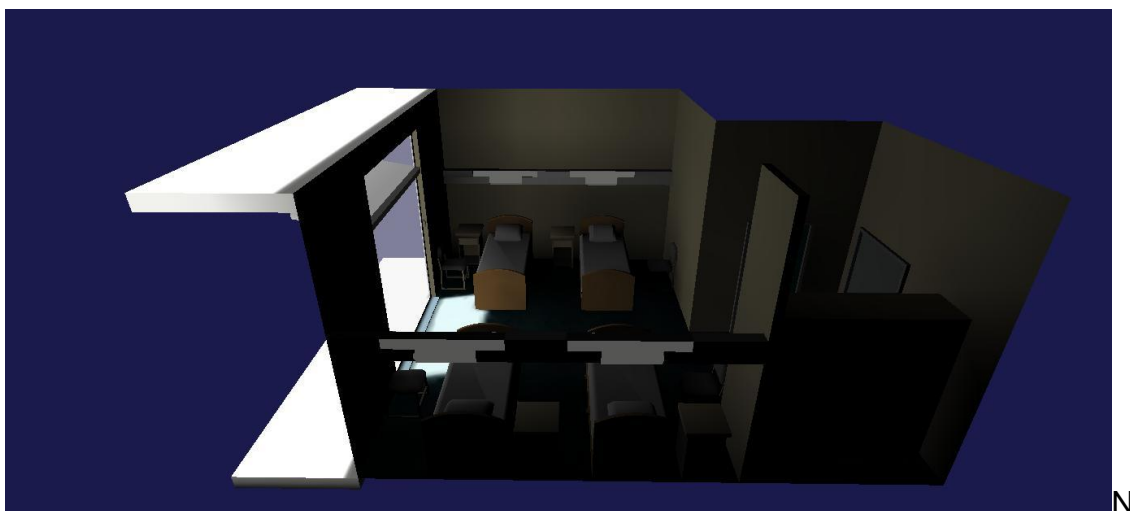
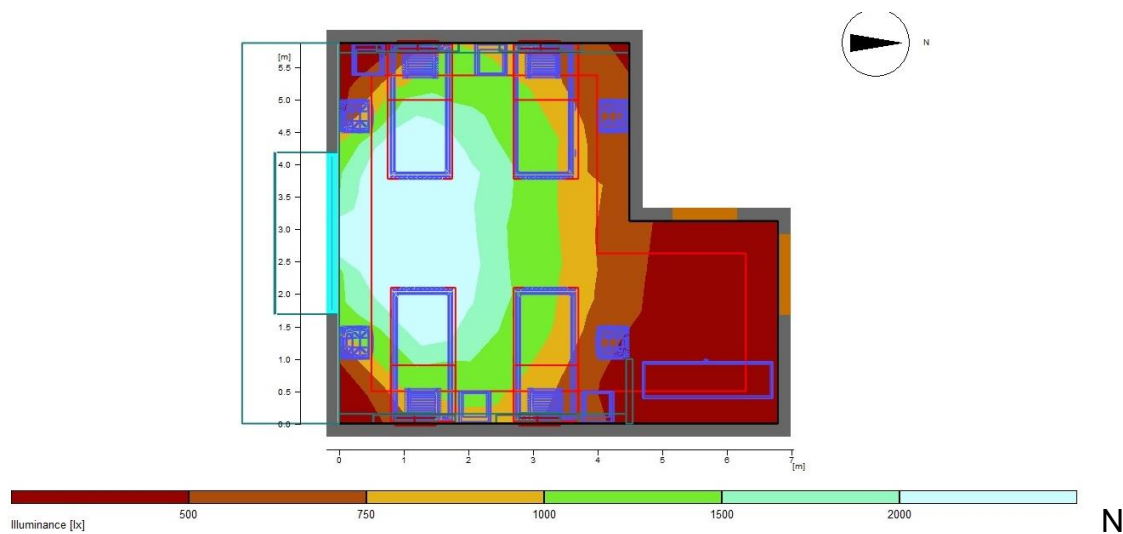


7.4.8.3 Ράφι φωτισμού 100 με κλίση 10°



Εικ.7.23 Θάλαμος νοσηλείας με πρόβολο, μπαλκονόπορτα και οριζόντιο ράφι φωτισμού 100 και κλίση 10°, μοντέλο στο RELUX

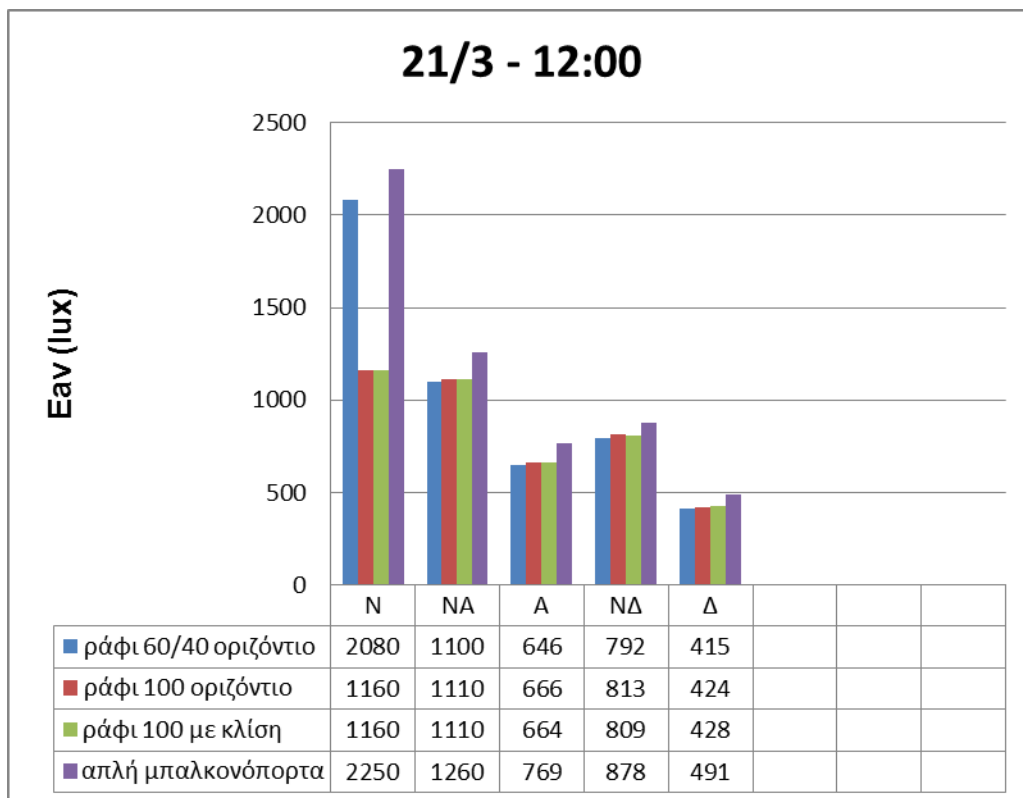
21/3 12:00



7.4.8.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα

Από τα παραπάνω γραφήματα βλέπουμε ότι όλα τα είδη ραφιών φωτισμού που μελετούμε μεταφέρουν το φως προς το βάθος του δωματίου και βελτιώνουν την κατανομή φωτισμού ως προς την ομοιομορφία.

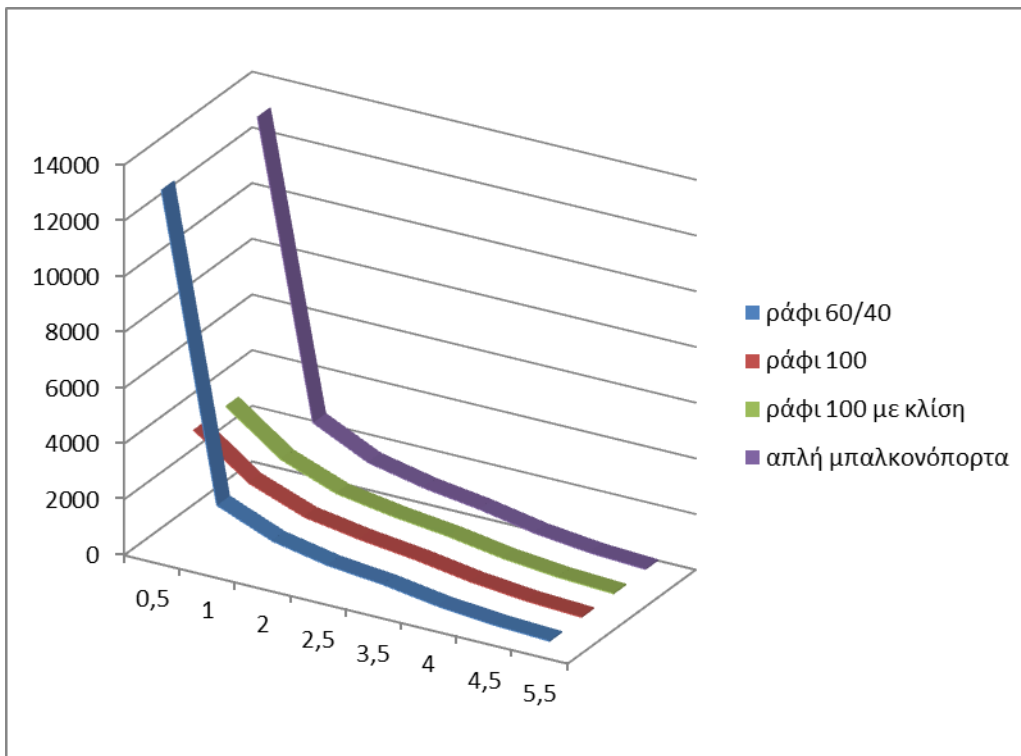
Στο διάγραμμα 7.21 φαίνονται τα επίπεδα φωτισμού για δωμάτιο με μπαλκονόπορτα (και πρόβολο) και ράφι φωτισμού (3 κατηγορίες) και γίνεται σύγκριση μεταξύ τους.



Διαγ/μα 7.21 Επίπεδα φωτισμούς για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00 για τους διάφορους τύπους ραφιών φωτισμού

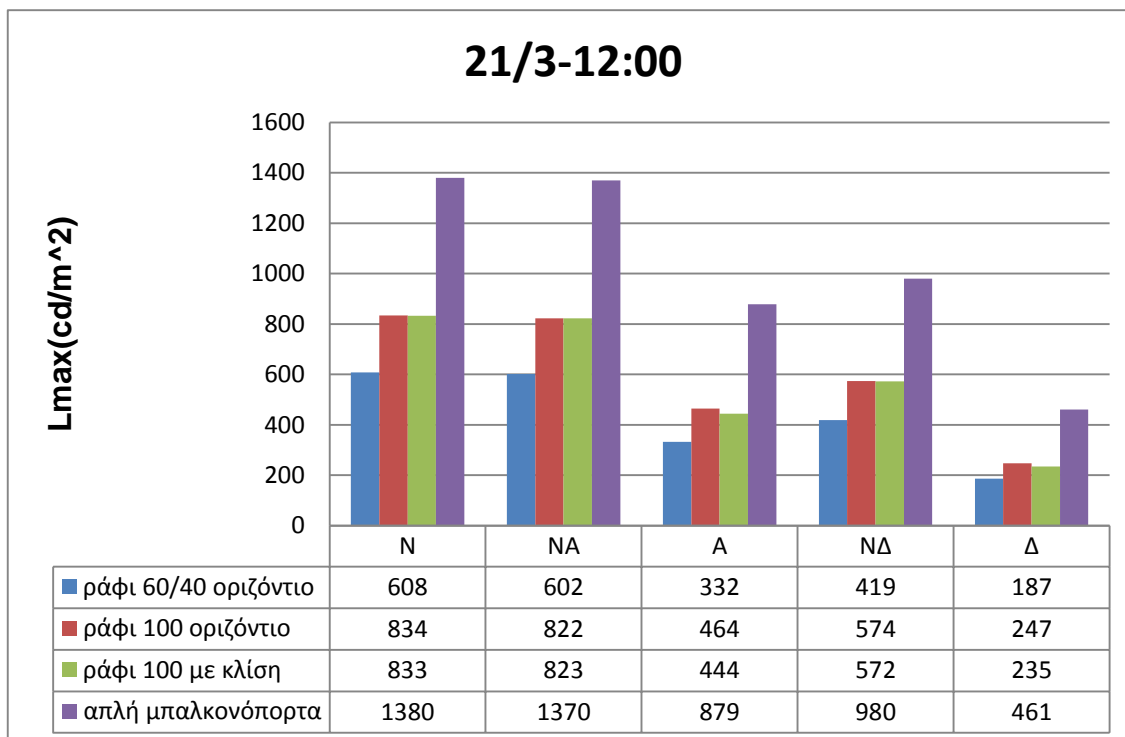
Όπως και στην περίπτωση του απλού παραθύρου με ράφι φωτισμού, η μεγαλύτερη μεταβολή στα επίπεδα φωτισμού φαίνεται στον N και NA προσανατολισμό, ενώ στους υπόλοιπους προσανατολισμούς. Το ράφι φωτισμού, οποιασδήποτε κατηγορίας, λειτουργεί σαν σύστημα σκίασης, αφού μειώνει την μέση ένταση φωτισμού του δωματίου. Η μικρότερη μείωση παρατηρείται για την κατηγορία ραφίου 60/40, ενώ μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται για τις άλλες δύο κατηγορίες με μικρές διαφορές μεταξύ τους. Επίσης, βλέπουμε ότι σε όλους τους προσανατολισμούς η ένταση φωτισμού δεν πέφτει κάτω από τα αποδεκτά επίπεδα.

Όμως το ράφι φωτισμού χρησιμοποιείται κυρίως για να κατευθύνει το φως στο προς το εσωτερικό του δωματίου. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η κατανομή φωτισμού και κατά πόσο τα συγκεκριμένα ράφια φωτισμού που σχεδιάστηκαν πέτυχαν τον στόχο αυτό.



Διαγ/μα 7.22 Κατανομή Φωτισμού ανάλογα με την απόσταση από το παράθυρο (Νότιος προσανατολισμός, 21/3 στις 12:00)

Από ο διαγ/μα 7.22 φαίνεται ξεκάθαρα ότι το ράφι φωτισμού τύπου 100 οριζόντιο και το ράφι τύπου 100 με 10° κλίση δημιουργούν μια ομοιόμορφη κατανομή φωτισμού στον χώρο, μειώνοντας τις υψηλές εντάσεις φωτισμού κοντά στο παράθυρο.

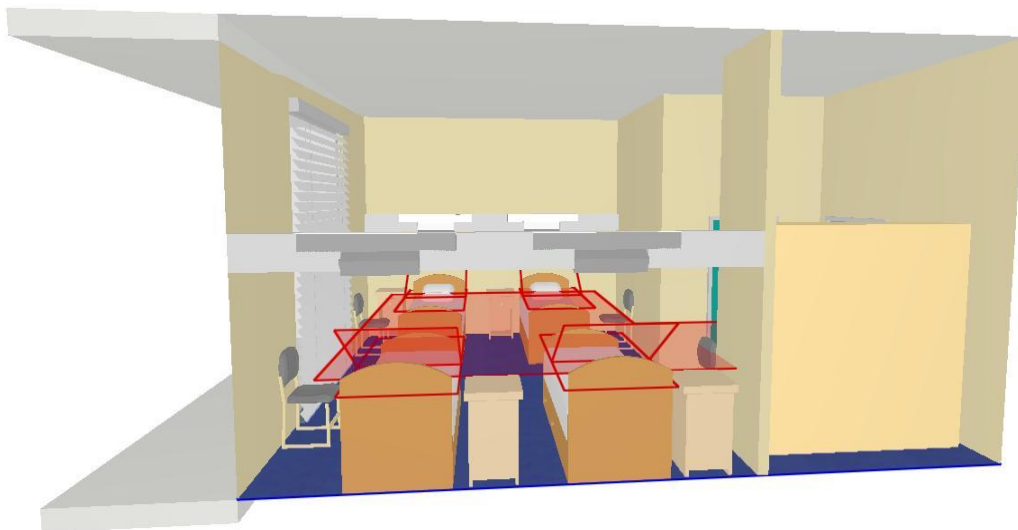


Διαγ/μα 7.23 Επίπεδα λαμπρότητας για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00 για διάφορους τύπους ραφιού φωτισμού

Από το διαγ/μα 7.23 παρατηρούμε ότι τα ράφια φωτισμού σε συνδυασμό με πρόβολο μειώνουν την λαμπρότητα σε όλους τους προσανατολισμούς.Ειδικά για τον Α, τον ΝΔ και τον Δ η λαμπρότητα της περισσότερες ώρες είναι σε αποδεκτά επίπεδα.Ακόμα και στον Ν και ΝΑ προσανατολισμό η ύπαρξη ραφιού φωτισμού μειώνει τη λαμπρότητα σχεδόν στο μισό.Για τον Ν και τον ΝΑ, σε συνδυασμό με την 3D απεικόνιση της λαμπρότητας βλέπουμε ότι αυτή εμφανίζεται σε μικρή περιοχή, όποτε ακόμα και τα υψηλά της επίπεδα είναι αποδεκτά για αυτόν ακριβώς τον λόγο.

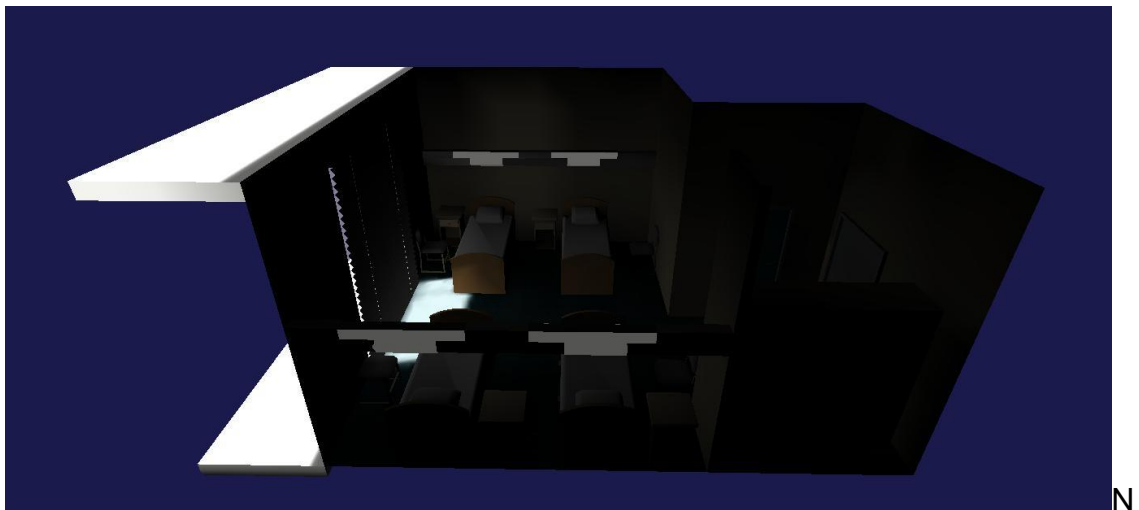
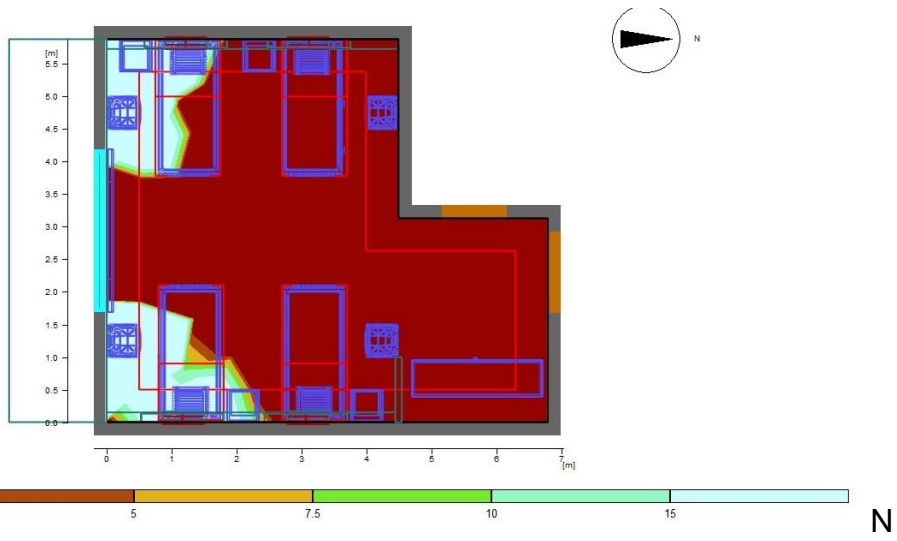
Συμπερασματικά, το ράφι τύπου 100 οριζόντιο και το ράφι τύπου 100 με 10° κλίση πετυχαίνουν την μετάδοση του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του δωματίου δημιουργώντας μια καλύτερη κατανομή φυσικού φωτισμού, συγκριτικά με αυτή που σημειώνεται χωρίς την ύπαρξη ραφιών φωτισμού.Ταυτόχρονα, αποτελούν αποτελεσματικό σύστημα σκίασης καθώς μειώνουν την ένταση φωτισμού, ειδικά στον Ν και ΝΑ προσανατολισμό.

7.4.9 Με μπαλκονόπορτα και περσίδες

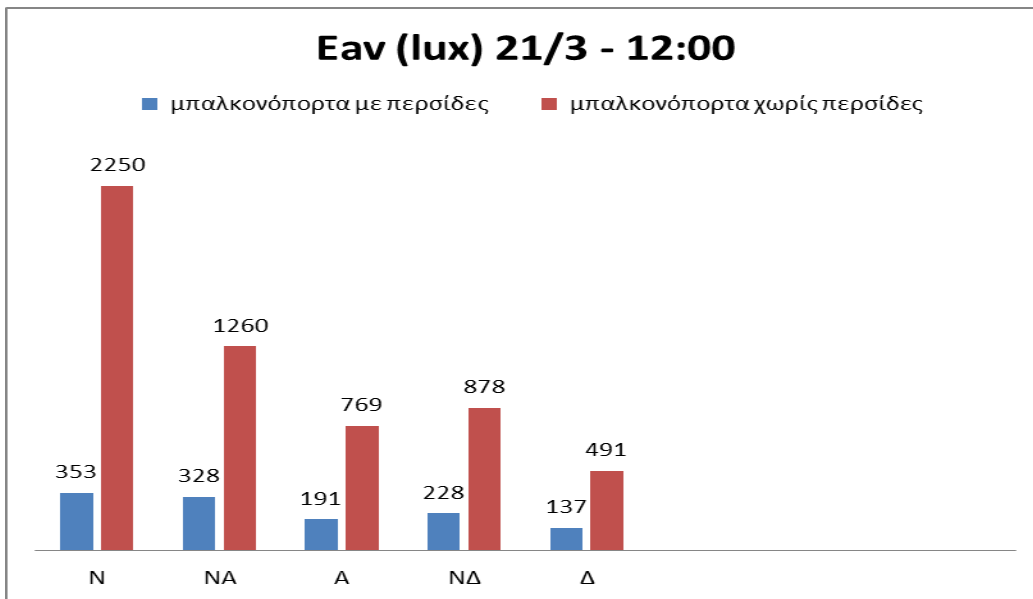


Εικ.7.24 Θάλαμος νοσηλείας με πρόβολο,μπαλκονόπορτα και περσίδες, μοντέλο στο RELUX

21/3 12:00

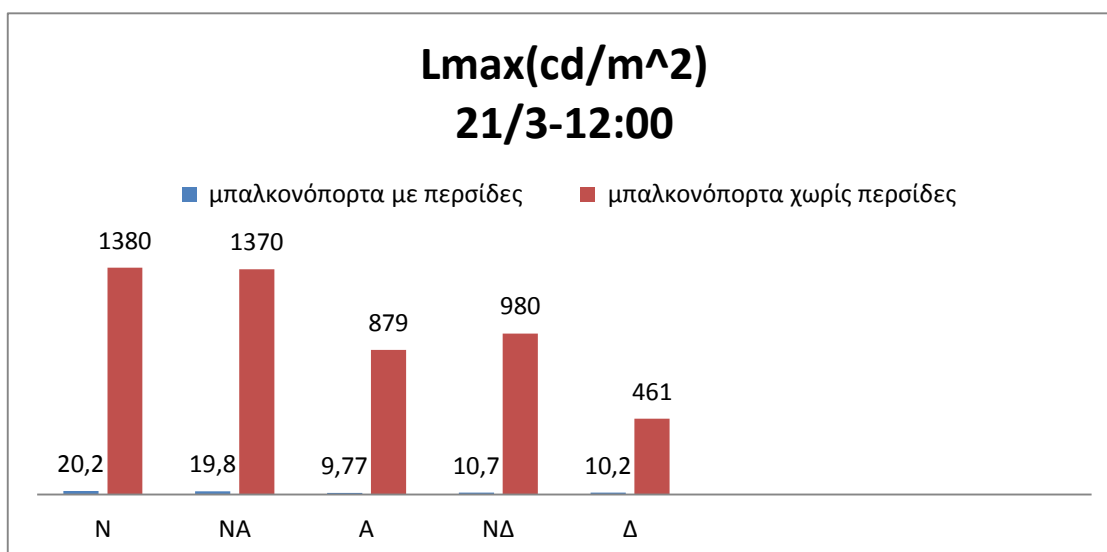


7.4.9.1 Αποτελέσματα και συμπεράσματα



Διαγ/μα 7.24 Επίπεδα φωτισμούς για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00

Από το διάγραμμα 7.24 που παρατίθεται βλέπουμε ότι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις οι περσίδες ρίχνουν τα επίπεδα φωτισμού σε τιμές κάτω από τις αποδεκτές, με μόνη εξαίρεση τον N και NA σχεδιασμό. Όμως, ακόμα και σε αυτούς τους προσανατολισμούς τα επίπεδα φωτισμού είναι οριακά εντός ορίων. Για τον N προσανατολισμό, οι περσίδες μειώνουν την ένταση φωτισμού στο 1/6, ενώ στους υπόλοιπους προσανατολισμούς την μειώνουν στο 1/3 περίπου.



Διαγ/μα 7.25 Επίπεδα φωτισμούς για όλους τους προσανατολισμούς την 21/3 στις 12:00

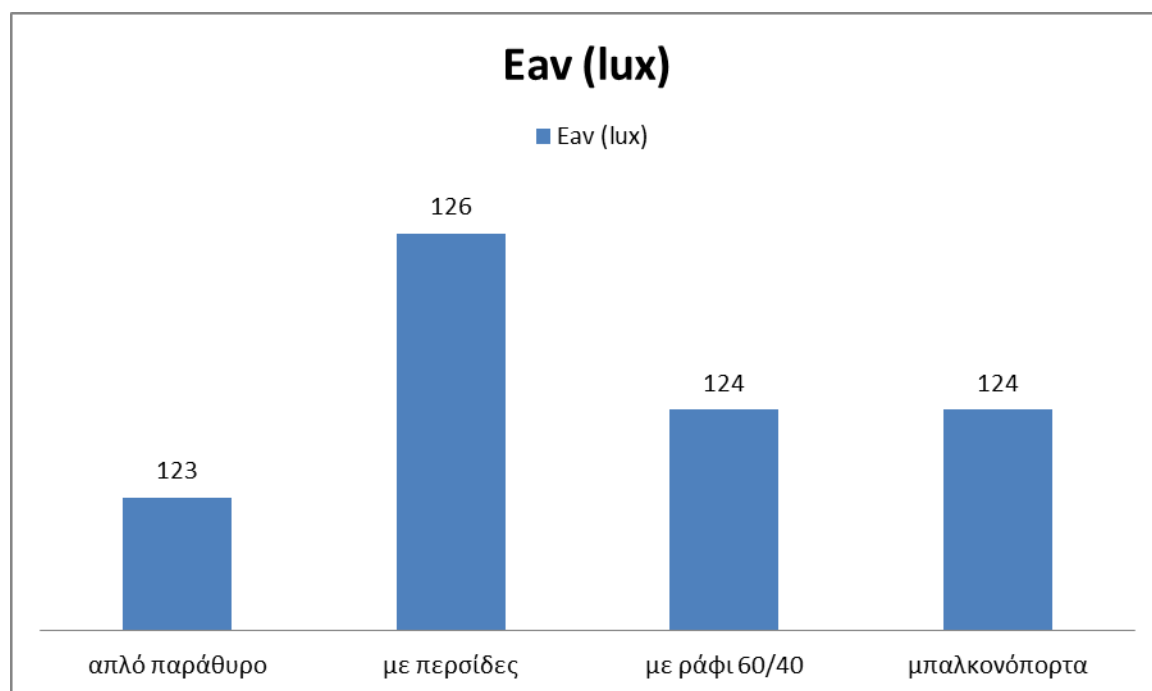
Από το διαγ/μα 7.25 παρατηρούμε ότι η λαμπρότητα είναι ανύπαρκτη στην περίπτωση της μπαλκονόπορτας με περσίδες σε σύγκριση με αυτήν της μπαλκονόπορτας χωρίς περσίδες.

Συμπερασματικά, οι περσίδες σε δωμάτιο με μπαλκονόπορτα είναι περιττές για τους περισσότερους προσανατολισμούς, καθώς τα επίπεδα φωτισμού και χωρίς αυτές δεν είναι υπερβολικά υψηλά.

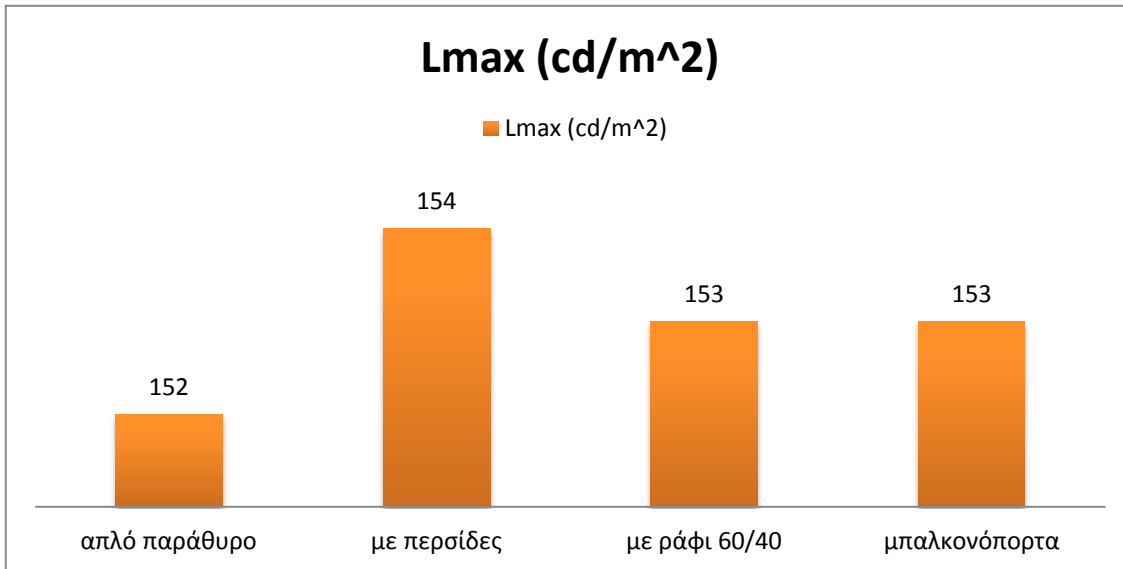
7.4.10 Τεχνητός φωτισμός

Για την προσομοίωση τεχνητού φωτισμού χρησιμοποιήσαμε μόνο τις περιπτώσεις των δωματίων που αλλάζει κάποιο εσωτερικό στοιχείο του δωματίου, το οποίο λόγω της ανακλαστικότητάς του θα μπορούσε να επηρεάσει την ένταση τεχνητού φωτισμού. Επίσης, είναι προφανές ότι ο προσανατολισμός του ανοίγματος, η μέρα και η ώρα μέτρησης δεν παίζουν κανέναν ρόλο στην ένταση τεχνητού φωτισμού.

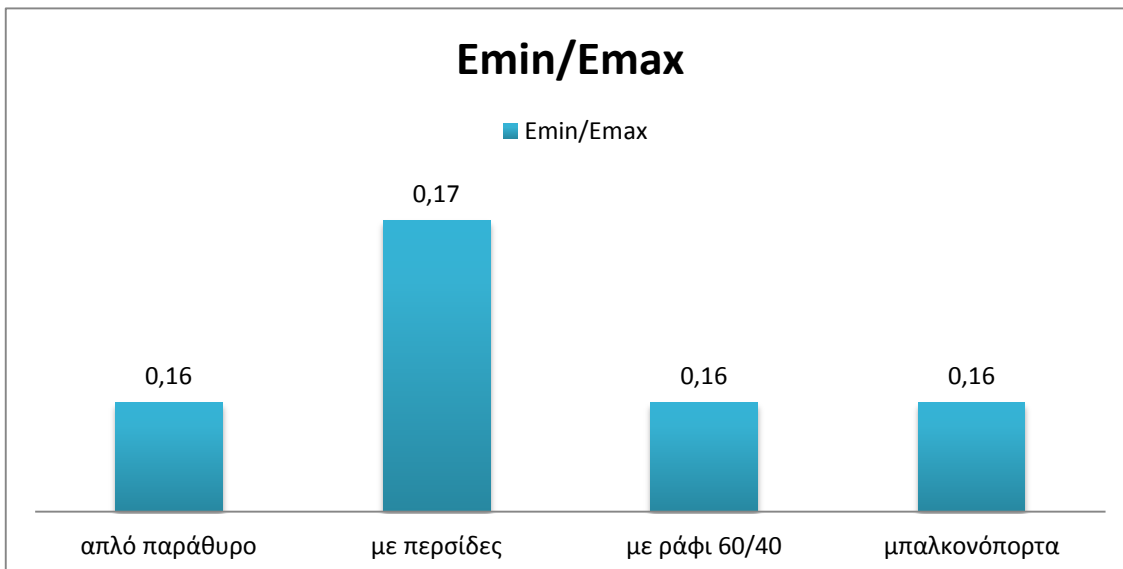
Ακολούθως, παρατίθενται διαγράμματα σχετικά με την ένταση, την λαμπρότητα και την ομοιομορφία της κατανομής του τεχνητού φωτισμού για διάφορες περιπτώσεις δωματίου.



Διαγ/μα 7.26 Ένταση τεχνητού φωτισμού



Διαγ/μα 7.27 Λαμπρότητα δωματίου από τεχνητό φωτισμό



Διαγ/μα 7.28 Κατανομή τεχνητού φωτισμού

Από τα διαγ/τα 7.26, 7.27 και 7.28 βλέπουμε ότι η αλλαγή ενός στοιχείου του δωματίου επηρεάζει ελάχιστα την ένταση, τη λαμπρότητα και την κατανομή του τεχνητού φωτισμού.

Επίσης, παρατηρούμε ότι όλα τα μεγέθη είναι εντός των ορίων των απαιτήσεων.

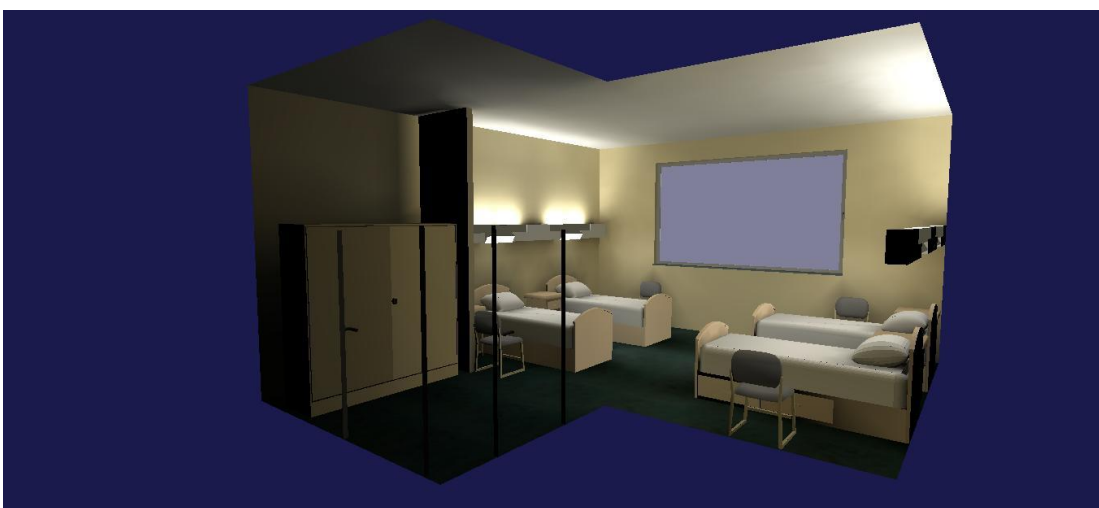
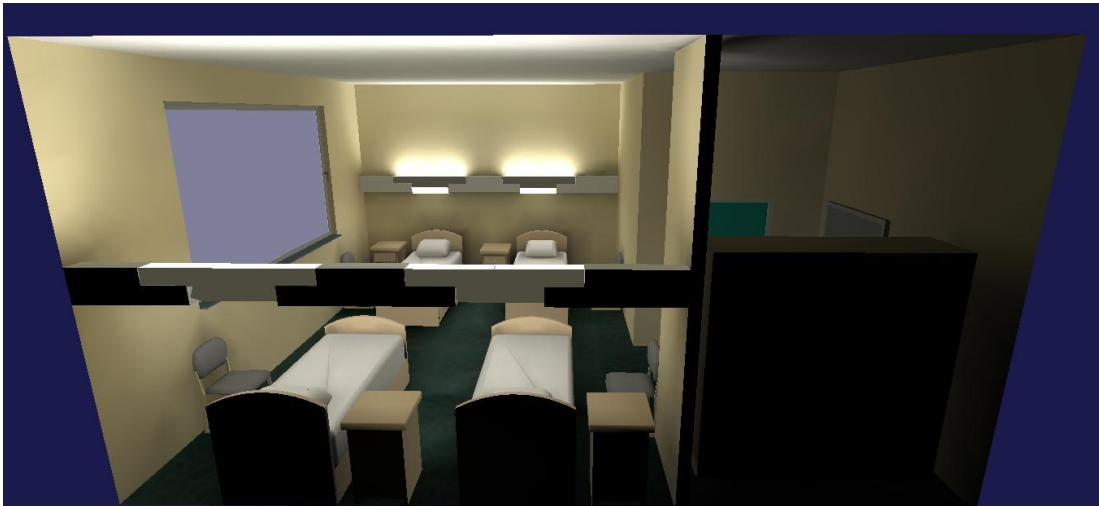
Στην περίπτωση του απλού παραθύρου, τα επίπεδα φωτισμού είναι 123lux μεγαλύτερο από τα 100lux που είναι η ελάχιστη απαίτηση για τον τεχνητό φωτισμό.

Το επίπεδο λαμπρότητας είναι 152cd/m², δηλαδή μικρότερο από τα 310cd/m² που είναι το ανώτατο όριο του κανονισμού.

Ενώ, η κατανομή του φωτισμού είναι 0,16 δηλαδή μικρότερη από το 0,2 που είναι το ανώτατο όριο του κανονισμού.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειώσουμε ότι ο Δείκτης UGR είναι 17, όποτε σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3.3 δεν εμφανίζεται πρόβλημα θάμβωσης.

Επομένως, από όλες τις απόψεις ο τεχνητός φωτισμός που τοποθετήθηκε στον υπό μελέτη θάλαμο νοσηλείας είναι ικανοποιητικός.



7.5 Γενικά συμπεράσματα και προτάσεις

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να εξεταστεί ο φωτισμός σε έναν τετράκλινο θάλαμο νοσηλείας τοποθετώντας διάφορα συστήματα φωτισμού και σκίασης προκειμένου να βρούμε ποια είναι τα πιο αποδοτικά για κάθε προσανατολισμό μέτρησης. Η αποδοτικότητα του κάθε συστήματος μετρήθηκε ως προς τα επίπεδα φωτισμού και λαμπρότητας, ως προς την ομοιομορφία της κατανομής και ως προς το κατά πόσο είναι επαρκής ο φωτισμός στο βάθος του δωματίου. Επίσης, έγινε έλεγχος της αποδοτικότητας τεχνητού φωτισμού που επιλέχθηκε για τον συγκεκριμένο θάλαμο νοσηλείας.

Όσον αφορά στον φυσικό φωτισμό τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι:

α) Ο Νότιος και ο Νοτιοανατολικός είναι οι βέλτιστοι προσανατολισμοί για τα ανοίγματα θαλάμου νοσηλείας.

β) Στην περίπτωση που το άνοιγμα είναι παράθυρο είναι απαραίτητο να υπάρχει σύστημα σκίασης. Μπορεί να επιλεγεί σκίαση με περσίδες ή ράφι φωτισμού, το οποίο προσφέρει σκίαση και ταυτόχρονα βελτιώνει την ομοιομορφία της κατανομής στον χώρο. Και τα δύο συστήματα ενδείκνυνται για όλους τους προσανατολισμούς.

γ) Επίσης, σαν σύστημα σκίασης λειτουργεί και ο πρόβολος, ο οποίος μειώνει την ένταση φωτισμού. Πρέπει να σημειώσουμε ότι ο πρόβολος λειτουργεί καλύτερα με κανονική μπαλκονόπορτα, που είναι και η πιο ρεαλιστική εφαρμογή. Η ύπαρξη προβόλου και μπαλκονόπορτας ενδείκνυται για όλους τους προσανατολισμούς και είναι καλύτερη επιλογή σε σύγκριση με το απλό παράθυρο, καθώς μειώνει τα πολύ υψηλά επίπεδα φωτισμού που εμφανίζονται στον Νότιο και Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, ενώ αυξάνει ελαφρώς τον χαμηλό φωτισμό στους υπόλοιπους προσανατολισμούς.

Στην περίπτωση του προβόλου λειτουργεί επαρκώς και το ράφι φωτισμού, όπως και στην περίπτωση του απλού παραθύρου. Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι οι περσίδες είναι περιττές στην περίπτωση του προβόλου καθώς σκοτεινιάζουν πολύ το δωμάτιο.

δ) Στην περίπτωση των ραφιών φωτισμού, το πιο αποδοτικό ράφι φωτισμού είναι το ράφι 100 τοποθετημένο οριζόντιο ή εναλλακτικά το ράφι 100 με κλίση 10° .

Σχετικά με τον φυσικό φωτισμό προσοχή πρέπει να δοθεί στα αυξημένα επίπεδα λαμπρότητας που εμφανίστηκαν κυρίως στον Νότιο και τον Νοτιοανατολικό προσανατολισμό, τα οποία όμως δεν εμφανίστηκαν σε μεγάλες περιοχές του δωματίου,

οπότε θεωρήθηκαν αποδεκτά. Παρόλα αυτά, καλό θα ήταν να γίνει περαιτέρω μελέτη για την βελτίωση των επιπέδων λαμπρότητας. Προτείνεται, να γίνουν δοκιμές για διαφορετικές ανακλαστικότητες των δομικών υλικών, οι οποίες να είναι μέσα στα όρια των απαιτήσεων. Επίσης, θα μπορούσε να δοκιμαστούν διαφορετικά είδη υαλοπίνακα.

Ακόμα, αναφορικά στα ράφια φωτισμού θα μπορούσαν να γίνουν δοκιμές για διαφορετικά ύψη τοποθέτησης, μικρότερα των 2,5m που επιλέχθηκαν. Πιθανώς, σε μικρότερα ύψη να προέκυπταν πιο φωτεινά δωμάτια και ακόμα καλύτερη κατανομή φωτισμού.

Τέλος, προτείνεται να ελεγχθεί η περίπτωση δύο μικρότερων ανοιγμάτων αντί ενός μεγάλου, που ελέγχθηκε στην παρούσα εργασία.

Όσον αφορά στον τεχνητό φωτισμό προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

α) Η τοποθέτηση 12 φωτιστικών σε 4κλινο θάλαμο νοσηλείας με ισχύ λαμπτήρα 18W έδωσε ικανοποιητικά επίπεδα φωτισμού, με σχετικά ομοιόμορφη κατανομή φωτισμού και αποδεκτά επίπεδα λαμπρότητας, χωρίς να προκαλείται θάμβωση στους ασθενείς.

β) Ο τεχνητός φωτισμός δεν επηρεάζεται από τον προσανατολισμό του ανοίγματος, την ώρα ή την μέρα της μέτρησης αλλά ούτε και από το σύστημα φωτισμού ή σκίασης (π.χ αν το δωμάτιο έχει περσίδες ή αν είναι με απλό παράθυρο).

Προτείνεται να γίνει έλεγχος για τοποθέτηση 8 φωτιστικών γενικού φωτισμού με μεγαλύτερη ισχύ λαμπτήρα, π.χ. 36W και 4 προσωπικών φωτιστικών με ισχύ λαμπτήρα 18W.

Εν κατακλείδι, η ύπαρξη του φωτισμού, φυσικού ή τεχνητού, είναι πολύ σημαντική για τον άνθρωπο. Η καλύτερη απόδοση των συστημάτων φωτισμού, κυρίως φυσικού, όχι μόνο βελτιώνει την ποιότητα του φωτισμού διευκολύνοντας την ανθρώπινη δραστηριότητα αλλά και συμβάλλει στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, στο πλαίσιο της προσπάθειας για μείωση των ρύπων στο περιβάλλον και των δυσμενών συνεπειών τους.

Γι' αυτό η μελέτη και ο σχεδιασμός, κυρίως φυσικού φωτισμού είναι πολύ σημαντικά στοιχεία και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, τόσο σε θαλάμους νοσηλείας, όπου εξυπηρετούνται ευπαθείς ομάδες με μεγαλύτερες ανάγκες θερμικής και οπτικής άνεσης, όσο και σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων γενικότερα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 7^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Γεωργούλη Ευρύκλεια, «Μελέτη παραμέτρων φυσικού φωτισμού θαλάμου νοσηλείας μέσω λογισμικού», Μάρτιος 2013
2. http://www.relux.biz/index.php?option=com_content&view=article&id=217&Itemid=200&lang=en
3. Δράκου Κατερίνα, «Σχεδιασμός Φυσικού και Τεχνητού Φωτισμού σε Θάλαμο Νοσηλείας Νοσοκομείων». Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας 2007-2008
4. Αμπλιανίτη Αλίκη & Σταματοπούλου Σταυρούλα, «Η συμβολή των δομικών επιφανειών στο φυσικό φωτισμό των θαλάμων νοσηλείας»
5. Neufert E., « Οικοδομική και αρχιτεκτονική σύνθεση», εκδ.Γκιούρδας
6. Δρ.Φατσέας Γ., «Φυσικός-Τεχνητός φωτισμός εκθεσιακών χώρων-μουσείων», 1992
7. Γούλα Ευγενία-Διπλωματική Εργασία ΄΄Προσομοίωση χώρου σε λογισμικό με βάση παράγοντες φωτισμού Ε.Μ.Π. Οκτώβριος 2012
8. IESNA lighting handbook

