



## **ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

**Διπλωματική Εργασία:**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΔΙΚΛΙΝΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ  
ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ ΜΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ»**



**ΜΑΥΡΑΚΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.**

**ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΣΚΛΑΒΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ, ΥΠΟΨΗΦΙΑ ΔΙΔΑΚΤΩΡ**

**ΑΘΗΝΑ, Μάιος 2014**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

**Διπλωματική Εργασία:**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΔΙΚΛΙΝΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ  
ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ ΜΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ»**

**Μαυράκης Αλέξανδρος**

**Επιβλέπων: Ι.Τζουβαδάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ**

**Συνεπιβλέπουσα: Σκλάβου Ευαγγελία, Αρχιτέκτων Μηχανικός, Υποψήφια Διδάκτωρ**

**Αθήνα, Μάιος 2014**

**Πηγή φωτογραφίας εξωφύλλου: [www.reha.gr](http://www.reha.gr)**

## *Ευχαριστίες*

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τη συνεπιβλέπουσα, Αρχιτέκτονα Μηχανικό και Υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., κα Ευαγγελία Σκλάβου για την αμέριστη βοήθεια, τη στήριξη και την καθοδήγηση, που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσής της, αλλά και για τις αμέτρητες πληροφορίες και επισημάνσεις της.

...Τέλος, η παρούσα εργασία αφιερώνεται στην οικογένειά μου, για την, υλική και ηθική, συμπαράσταση που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου...

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των παραμέτρων φυσικού φωτισμού σε ένα θάλαμο νοσηλείας μεγάλου σύγχρονου νοσοκομείου της Αττικής, καθώς και ορισμένα σενάρια σκίασης ή αύξησης φωτισμού, ανάλογα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε προσανατολισμού.

Αρχικώς, γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων και των παθητικών ενεργειακών συστημάτων. Επίσης, αναπτύσσονται αναλυτικά οι δύο παράμετροι που δόθηκε η μεγαλύτερη βαρύτητα στην εκπόνηση της έρευνας, η ένταση του φωτισμού και η θάμβωση. Έπειτα, παρατίθενται λεπτομερώς ορισμένα συστήματα σκίασης, όπως οι οριζόντιες κινητές περσίδες και άλλα δυναμικά ή σταθερά σκίαστρα, καθώς επίσης και κάποια συστήματα αύξησης φυσικού φωτισμού, όπως περσίδες μεγάλης ανακλαστικότητας και ράφια φωτισμού.

Το νοσοκομείο, ο θάλαμος του οποίου μελετήθηκε, έχει την πτέρυγα ασθενών σε κτίριο μορφής «Γ», με αποτέλεσμα για γίνουν έλεγχοι για δύο διαφορετικούς προσανατολισμούς: α) την ανατολή και β) το βορρά. Για τους θαλάμους, λοιπόν, με ανατολική όψη, ελέχθησαν, πέραν της υπάρχουσας κατάστασης, κάποια ενδεχόμενα σενάρια σκίασης από αυτά που παρατέθηκαν. Παρομοίως, για τους θαλάμους με βορινή όψη τα αντίστοιχα αύξησης φυσικού φωτισμού, εφόσον υπήρχε ανάγκη αύξησης φωτισμού, λόγω χαμηλών επιπέδων έντασής του.

Όλα τα παραπάνω επετεύχθησαν μέσω λογισμικού. Συγκεκριμένα, έγινε χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Google Sketch\_up, του add-on προγράμματος OpenStudio Plug-in και του, απόδοσης Φυσικού Φωτισμού, Radiance, τα οποία λειτουργούν σε πλήρη συνεργασία.

Στη συνέχεια, αναλύθηκαν διάφορες ενεργειακές μεταβλητές και κυρίως, εξετάστηκαν οι ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη, για την επίτευξη θερμικής άνεσης εντός του θαλάμου νοσηλείας χωρίς τη βοήθεια μηχανολογικού εξοπλισμού, για όλο το έτος, μέσω του προγράμματος EnergyPlus. Αυτό έγινε για κάθε σενάριο που προαναφέρθηκε, σε κάθε προσανατολισμό, ώστε να συγκριθούν και να διαπιστωθεί η αποδοτικότερη λύση από άποψης εξοικονόμησης ενέργειας και κατ' επέκταση, οικονομικών πόρων.

## **ABSTRACT**

The purpose of this thesis is to study the parameters of daylighting in a ward of a large modern hospital in Athens, as well as some scenarios of shading or increasing lighting, depending on the requirements of each orientation.

Initially, there is a literature review on bioclimatic building design and passive energy systems. Also, the two parameters given greater weight in the formulation of the research are explicated in detail, the illuminance and glare. Then, some shading systems are detailed displayed, such as a horizontal oscillating louvers and other dynamic or fixed awnings, as well as some systems which increase natural lighting, such as blinds with high reflectivity and light shelves.

The patient wing of the hospital, the chamber of which was studied, has a corner building form. As a result, checks are made for two different orientations: a) east b) north. For the chambers in an easterly aspect, some possible scenarios of shading from those listed are tested, beyond the status quo. Similarly, on the north side wards, with the corresponding increase natural lighting, if there was need to increase lighting, due to low levels of illuminance.

All the above have been achieved through software. Particularly, the programs which were used are the design software Google Sketch\_up, the add-on program OpenStudio Plug-in and the Radiance, for performance Natural Lighting, all of which work in full cooperation.

Lastly, various energy variables are analyzed and mainly addressed the needs of heating and cooling to achieve thermal comfort inside the ward without the aid of machinery, throughout the year, through the EnergyPlus programm. This is done for each scenario above, in any orientation, in order to compare and find the most efficient solution in terms of energy savings and hence, the financial resources.

## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Εισαγωγικά στοιχεία .....	9
1.2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός .....	10
1.3 Παθητικά συστήματα και τεχνικές.....	12
1.4 Φως και υγεία .....	18
1.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 1 <sup>ου</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ .....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ .....	21
2.1 Ένταση φωτισμού / Illuminance (E).....	26
2.2 Θάμβωση.....	34
2.3 Ηλιακή Γεωμετρία .....	42
2.4 Δείκτες απόδοσης και κριτήρια αξιολόγησης Φυσικού Φωτισμού .....	52
2.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 2 <sup>ου</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ .....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΚΙΑΣΗ.....	58
3.1 Συστήματα σκίασης – Γενικά .....	58
3.2 Σταθερά συστήματα σκίασης.....	60
3.3 Κινητά συστήματα σκίασης.....	62
3.4 Περσίδες σκίασης και στόρια .....	63
3.5 Ανακλαστικές Περσίδες.....	64
3.6 Ράφια φωτισμού.....	66
3.7 Άλλα συστήματα σκίασης – ανάκλασης – ανακατανομής φωτός .....	67
3.8 Συντελεστες σκίασης .....	72
3.9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 3 <sup>ου</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ .....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ .....	74

4.1 Google Sketch_up.....	74
4.2 OpenStudio.....	75
4.3 Radiance.....	77
4.4 Energy Plus .....	78
4.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 4 <sup>ου</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΝΟΝΤΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ RADIANCE (ΜΕΣΩ ΤΟΥ OPENSTUDIO).....	83
5.1 Θάλαμος ανατολικής όψης .....	89
5.2 Θάλαμος βορινής όψης.....	120
5.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 5 <sup>ου</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	156
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΑΛΑΜΟΥ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΝΟΝΤΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY_PLUS.....	157
6.1 Θάλαμος ανατολικής όψης .....	159
6.2 Θάλαμος βορινής όψης.....	171
6.3 Ανάγκες ενέργειας και στις δύο περιπτώσεις προσανατολισμού .....	179
6.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 6 <sup>ου</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	187
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	188
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	189
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	190
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	191



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Είναι αλήθεια πως με την πάροδο των χρόνων η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας έγινε ολοένα και επιτακτικότερη. Έτσι, παρατηρείται η αύξηση ενδιαφέροντος βιοκλιματικού σχεδιασμού στη μελέτη και την κατασκευή των κτιρίων. Αφενός, δε μπορεί να παραβλεφθεί η σημασία της ελαχιστοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την απαιτούμενη, κατά τη χρήση, ενεργειακή κατανάλωση. Αφετέρου, όταν πλέον ποσοτικοποιήθηκε η συνολική ενέργεια που μπορεί να εξοικονομηθεί, έγινε αντιληπτή η, κατ' επέκταση, εξοικονόμηση οικονομικών πόρων, με αποτέλεσμα το ενδιαφέρον να γίνει ακόμα εντονότερο. Συνυπολογίζοντας, λοιπόν, την αδιαμφισβήτητη παγκόσμια οικονομική κρίση που επικρατεί στη σημερινή εποχή, καθώς και την επικίνδυνα απότομη μείωση των συμβατικών πηγών ενέργειας ανά τον πλανήτη, γίνεται φανερό πόσο αναγκαία είναι η ενίσχυση της αξιοποίησης των τελευταίων.

Μία από τις άμεσα συσχετιζόμενες πτυχές του ενεργειακού σχεδιασμού για κάθε κτίριο είναι η μελέτη του φυσικού φωτισμού και η συγκεκριμένα, η αξιοποίηση του φωτός της μέρας, με κύρια πηγή αυτή του ήλιου, που στοχεύει στην κάλυψη αναγκών φωτισμού σε κάθε χώρο. Ο ήλιος, με εκπεμπόμενη ενέργεια με ισχύ που φτάνει περί τα  $3.8 \times 10^{26}$  Joules ανά δευτερόλεπτο, πέρα του ότι ευθύνεται για την ύπαρξη και διατήρηση ζωής στη Γη παρέχοντας έμμεσα και άμεσα όλη την απαραίτητη ενέργεια, είναι και, μεταξύ άλλων, η μοναδική πηγή φωτός. Βέβαια, ο σχεδιασμός των κτιρίων με βάση την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός δεν είναι τόσο εύκολη διαδικασία, αφού δεν είναι ποτέ σταθερό, μπορεί να προκαλέσει δυσφορία και συγκεκριμένα, θάμβωση, εξαφανίζεται το βράδυ, ενώ ο σχεδιασμός των κουφωμάτων και των γενικότερων ανοιγμάτων σε ένα χώρο προς μελέτη μπορεί να έχει αντικρουόμενα αποτελέσματα για διαφορετικές πτυχές σχεδιασμού.

Εντούτοις, η αξία του φυσικού φωτός κρίνεται ανεκτίμητη, μιας και είναι γεγονός πως οι άνθρωποι αποζητούν τη αισθητική επίδρασή του, η οποία αποδεικνύεται θετική έστω και σε όχι τόσο μεγάλες ποσότητες. Ειδικότερα, για νοσηλευτικούς χώρους και χώρους υγείας, κυρίως με τους οποίους ασχολείται η παρούσα διπλωματική, η συμβολή του φυσικού φωτός είναι, όπως προκύπτει κι από αρκετά μεγάλο αριθμό ερευνών, πολύ μεγαλύτερης σημασίας, για διαφορετικούς λόγους.[1]

Χώροι των οποίων η χρήση διαφέρει, έχουν κατ' επέκταση διαφορετικές απαιτήσεις επιπέδων φωτισμού, ώστε το περιβάλλον να θεωρείται, τουλάχιστον, ικανοποιητικό. Η ανάλυση της ποιότητας

αλλά και του τρόπου με τον οποίο εισέρχεται το φυσικό φως σ' ένα χώρο μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα, που έχουν να κάνουν με την ποιότητα οπτικού περιβάλλοντος, καθώς και τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η λεπτομερής μελέτη του φυσικού φωτισμού κατά το σχεδιασμό να καθιστά εφικτή μία λύση που θα μπορεί να ικανοποιεί τις απαιτήσεις αυτές με την όσο το δυνατόν μικρότερη χρήση του τεχνητού φωτισμού. Επιπλέον, η ενεργειακή εξοικονόμηση δεν περιορίζεται στη δυνητική αποφυγή της χρήσης του τεχνητού φωτισμού, αλλά και σε πιθανά ενεργειακά οφέλη, που έχουν να κάνουν με τη θερμική άνεση. Με λίγα λόγια, η μεταφορά θερμικής ενέργειας μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας δύναται να συμβάλει στη μείωση των απαιτήσεων θέρμανσης ή, με κατάλληλο έλεγχο, στην αποτροπή πιθανών απαιτήσεων για κλιματισμό.

Επομένως, γίνεται φανερή η σαφής ανάγκη μιας μελέτης φωτισμού κατά τη διαδικασία σχεδίασης κάποιου χώρου ή κτιρίου. Για το σκοπό αυτό, έχουν οριστεί διάφοροι δείκτες απόδοσης του φυσικού φωτισμού καθώς επίσης και αναλυτικοί τεχνικοί κανονισμοί καθορισμού των απαιτήσεων, αρκετές μεθοδολογίες, ενώ έχουν αναπτυχθεί και αντίστοιχα λογισμικά προσομοίωσης και υπολογισμού σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα έρευνα παρατίθεται παρακάτω.

## **1.2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός**

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό χώρων και γενικότερα, κτιρίων (εξωτερικών, εσωτερικών και υπαίθριων) βάσει του τοπικού κλίματος, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών οπτικής και θερμικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές καθώς και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα, που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων, όπως αναλύεται και παρακάτω.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών γενικότερα, μέσω των παθητικών ηλιακών συστημάτων επιτυγχάνεται στα πλαίσια της σχέσης κτιρίου – περιβάλλοντος και της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου. Η τελευταία αποτελεί μία δυναμική κατάσταση, η οποία:

- Εξαρτάται απ' τις περιβαλλοντικές και τοπικές κλιματικές παραμέτρους (θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, ηλιοφάνεια, σκιασμό από άλλα κτίρια, αερισμό, βλάστηση, σχετική υγρασία, άνεμο κλπ.), αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου (εμπορικό κέντρο, κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία κλπ).
- Βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και κατ' επέκταση, των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων, καθώς και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει απ' τη λειτουργία του κτιρίου.

Αν και είναι γεγονός πως ο βιοκλιματικός σχεδιασμός περιλαμβάνεται ουσιαστικά στην αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει κάθε τόπο σε ολόκληρη τη Γη, από πολλούς θεωρείται ως μια νέα «θεώρηση» στην αρχιτεκτονική. Παράλληλα, σχετίζεται κυρίως με την οικολογία και όχι τόσο με την εξοικονόμηση ενέργειας και κατά συνέπεια, την οικονομική, που δύναται να επιφέρει. Παρά ταύτα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί πλέον στα περισσότερα κράτη αξιοσημείωτο κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων, το οποίο λαμβάνεται σοβαρά υπόψη από το σύνολο των μελετητών αρχιτεκτόνων και μηχανικών, μιας και τις τελευταίες δεκαετίες έχει αποτελέσει βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως. Γίνεται εύκολα, λοιπόν, αντιληπτό ότι οι αιτίες που συμβαίνει αυτό, δεν είναι άλλες από τις χαμηλότερες απαιτήσεις ενέργειας για τη θέρμανση, το δροσισμό και το φωτισμό των κτιρίων που προκύπτουν απ' την πρακτική της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, όπως επίσης και τα πολλαπλά οφέλη που τη συνεπάγουν: ενεργειακά (εξοικονόμηση και θερμική/ οπτική άνεση), οικονομικά (μείωση κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων), περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων και επιβάρυνσης εδάφους, θάλασσας και ατμόσφαιρας γενικότερα), αλλά και κοινωνικά.

Οι παρακάτω τρόποι φανερώνουν το ενεργειακό όφελος που ομολογουμένως προκύπτει από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού και είναι οι εξής:

- Εξοικονόμηση αξιοσέβαστου ποσού ενέργειας απ' τη σημαντική μείωση απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων.
- Παραγωγή θερμικής ενέργειας (δηλαδή, θερμότητας) μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου.
- Δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και κατ' επέκταση, μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το χειμώνα και υψηλότερες, αντίστοιχα, το καλοκαίρι).

- Διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε υψηλά επίπεδα το χειμώνα (και φυσικά, αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι), με συνεπαγόμενο αποτέλεσμα τη μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών απ' τα επικουρικά συστήματα κατά τη χρήση του κτιρίου.

Αντίθετα με τον «ηλιακό» σχεδιασμό, ο βαθμός στον οποίον ο βιοκλιματικός σχεδιασμός τη σημερινή εποχή αξιοποιεί το κλίμα ποικίλει, γεγονός που παρέχει μια ευελιξία ως προς τους τρόπους αρχιτεκτονικής έκφρασης και δυνατοτήτων εφαρμογής μέσα από πολύ απλές τεχνικές και επεμβάσεις, έως και πολύπλοκα παθητικά ηλιακά συστήματα, πράγμα που αποδεικνύεται και από την ενδελεχή καταγραφή των βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα. Είναι δε ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική των περισσότερων διακεκριμένων αρχιτεκτόνων και μελετητών στη χώρα μας, με έργα παραδείγματα (ή και πειραματισμούς) που αποτελούν αδιαμφισβήτητα πρότυπες εφαρμογές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, από τις οποίες όχι μόνο μαθαίνουμε σήμερα, αλλά και αποδεικνύουν τα πολλαπλά οφέλη που προκύπτουν από τη συμβίωση με το περιβάλλον και το κλίμα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Η απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού, τέλος, εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, γεγονός που τον καθιστά «ευαίσθητο» σε εξωγενείς και μη-τεχνικούς παράγοντες. Για το λόγο, λοιπόν, αυτό, για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού, τα **βασικά κριτήρια** πρέπει να είναι:

- Η απλότητα χρήσης των εφαρμογών και κυρίως, η προσπάθεια αποφυγής πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και τεχνικών.
- Η όσο το δυνατόν μικρότερη συμβολή του χρήστη του κτιρίου στη λειτουργία των υπαρχόντων συστημάτων.
- Η χρήση συστημάτων ευρέως εφαρμοσμένων.
- Η χρήση ενεργειακών τεχνολογιών τεχνικο-οικονομικά αποδοτικών. [2]

### 1.3 Παθητικά συστήματα και τεχνικές

Όπως έγινε σαφές, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός βασίζεται στη μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών, με στόχο τη μείωση των αναγκών θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, αλλά και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία των κτιρίων και των

οικιστικών συνόλων, τη βελτίωση του μικροκλίματος, καθώς και την εξασφάλιση θερμικής και οπτικής άνεσης. Περιλαμβάνει διαφορετικές τεχνικές ανά θερμική εποχή και εστιάζει σε δύο κυρίως επίπεδα σχεδιασμού: πολεοδομικό και αρχιτεκτονικό. [2]

Γενικά, τα **Παθητικά Συστήματα**, τα οποία μπορεί να συνυπάρχουν και να συνεργάζονται αναλόγως, χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού [3]

Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού είναι συστήματα τα οποία αξιοποιούν φυσικές πηγές (ήλιο, άνεμο κ.ά.) για τη θέρμανση ή την ψύξη του κτιρίου, δίχως την παρεμβολή μηχανικών μέσων. Η λειτουργία τους βασίζεται στην ανταλλαγή ενέργειας με το περιβάλλον και περιλαμβάνει και την κατάλληλη αποθήκευση και την έπειτα διανομή της ενέργειας μέσα στους χώρους. Τα παθητικά συστήματα αποτελούν κατά κάποιο τρόπο δομικά στοιχεία του κτιρίου και εντάσσονται στο βιοκλιματικό σχεδιασμό. Εφόσον τα παθητικά συστήματα υποβοηθούνται από χαμηλής κατανάλωσης μηχανικό εξοπλισμό (π.χ. ανεμιστήρα) ονομάζονται υβριδικά. Ο στόχος της επιλογής και της διαστασιολόγησής τους δεν είναι άλλος από τη βελτίωση της θερμικής άνεσης με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας – άρα και οικονομικών πόρων – για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη περίοδο του έτους.

Το πιο σύνηθες παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου **προσανατολισμού**. Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα απαιτούν περίπου νότιο προσανατολισμό, έτσι ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα. Επίσης, είναι θεμιτό να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και διανέμει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο 24ωρο. Βέβαια, τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει να συνοδεύονται από ηλιοπροστασία (**σκίαση**) και συχνά, από τη δυνατότητα επαρκούς αερισμού.

Συστήματα παθητικών συστημάτων θέρμανσης, βάσει κέρδους:

- Σύστημα άμεσου κέρδους

- Σύστημα έμμεσου κέρδους – Ηλιακοί Τοίχοι
  - ✓ Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης (απλοί τοίχοι μάζας, είτε συμπαγείς είτε αποτελούμενοι από δοχεία που περιέχουν νερό ή υλικά αλλαγής φάσης, τοίχοι μάζας Trombe-Michel, θερμοσιφωνικής ροής, με θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος τους )
  - ✓ Θερμοσιφωνικό πανέλο (απομονωμένου κέρδους)
- Σύστημα έμμεσου κέρδους – Ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο)
- Σύστημα έμμεσου κέρδους – Ηλιακό Αίθριο
- Συστήματα απομονωμένου κέρδους – Θερμοσιφωνικό πανέλο (εκτός του κτιριακού περιβλήματος)

Ειδικά συστήματα προστασίας του κελύφους και μείωσης του θερμικού φορτίου:

Πέρα από τα προαναφερθέντα παθητικά ηλιακά συστήματα, υπάρχουν διάφορα άλλα που εφαρμόζονται για φυσικό δροσισμό, τα οποία, παράλληλα, δρουν θετικά και το χειμώνα, ενισχύοντας τη θερμομονωτική ικανότητα του κτιριακού κελύφους, όπως:

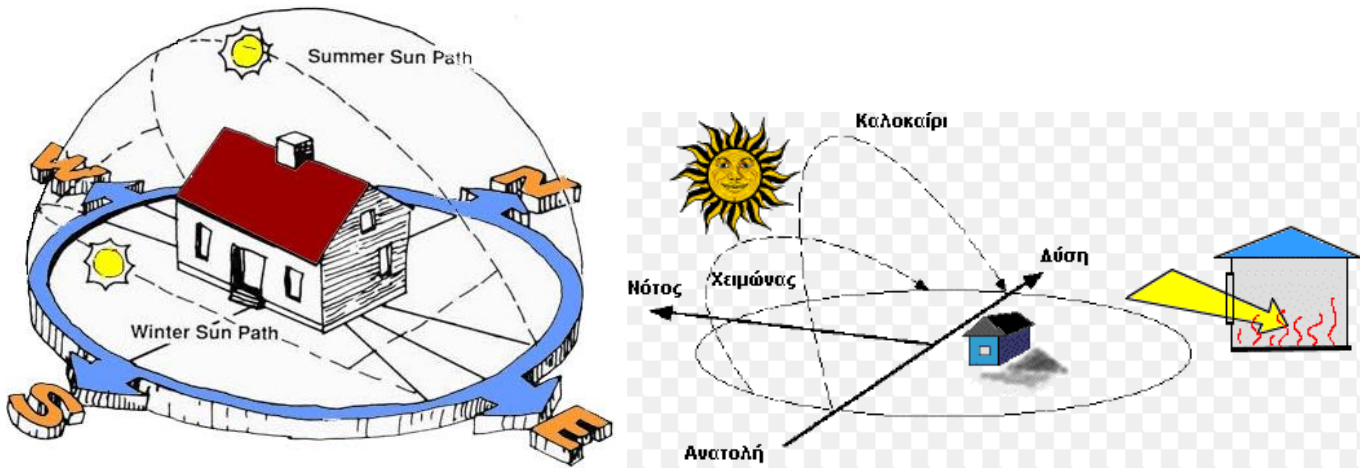
- Αεριζόμενο κέλυφος
- Φράγμα ακτινοβολίας
- Φυτεμένο δώμα

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων και τεχνικών **δροσισμού** βασίζεται σε τέσσερις στρατηγικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού:

- Στη μείωση των θερμικών και ηλιακών κερδών στο περίβλημα του κτιρίου.
- Στην απόρριψη της θερμότητας απ' το εσωτερικό του κτιρίου προς το φυσικό περιβάλλον (προς τον αέρα με αγωγή/συναγωγή, προς τη γη με αγωγή, προς τον ουρανό με ακτινοβολία, σε νερό μέσω εξάτμισης).
- Στην αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του κτιρίου ως ρυθμιστή της εσωτερικής θερμοκρασίας.
- Στη βελτίωση της θερμικής άνεσης των χρηστών του χώρου, ανεξάρτητα απ' την ψύξη αυτού καθεαυτού του κτιρίου, επηρεάζοντας τις περιβαλλοντικές παραμέτρους στο εσωτερικό του.[2]



Εικ.1.1 Τρόποι Ηλιοπροστασίας [2]



Εικ.1.2 Ενδείκνυται ο νότιος προσανατολισμός [4]

Λόγω των δυνητικά **αυξημένων νότιων ανοιγμάτων**, η εξοικονόμηση της ενέργειας εξαρτάται από την επιφάνειά τους, αλλά και από τη συνολική λειτουργία του κτιρίου (μόνωση, εσωτερικά κέρδη, κλίμα της περιοχής, κλπ.). Μάλιστα, η αυξημένη γυάλινη επιφάνεια σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω των έντονων νυχτερινών απωλειών θερμότητας σε περιοχές με ψυχρές νύχτες, συντελεί στην αισθητή αύξηση του φορτίου θέρμανσης του κτιρίου. Το φαινόμενο αυτό, βέβαια, μπορεί να περιοριστεί με τη χρήση νυχτερινής μόνωσης στα ανοίγματα.[2]

Ο **νότιος προσανατολισμός** είναι αρκετά καλός ως προς τη διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτός, ιδιαίτερα τη χειμερινή περίοδο. Η νότια όψη των κτηρίων 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.

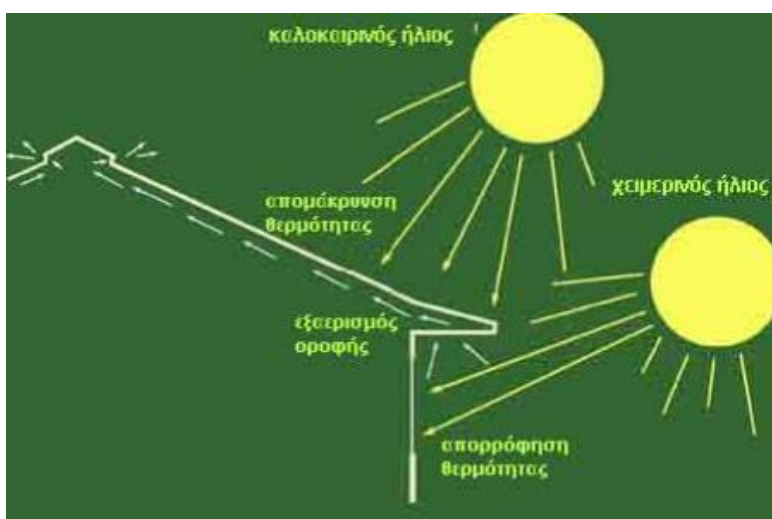
Ο δεύτερος καλύτερος προσανατολισμός, σε σχέση με το φυσικό φωτισμό του χώρου, είναι ο **βορινός**, εξαιτίας της σταθερότητας του φωτός στη διάρκεια της ημέρας, και του μειωμένου κινδύνου για θάμβωση. Αν και η ποσότητα του φωτισμού μπορεί να είναι χαμηλή κατά τη χειμερινή περίοδο, η ποιότητα είναι σταθερή, επειδή δεν υπάρχει πρόσπτωση άμεσης ακτινοβολίας. Επίσης το βορινό 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 υπερϊώδη 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**. [4]

Είναι, επίσης, βασικό πώς μία από τις κυριότερες προϋποθέσεις, αν όχι η κυριότερη, για την εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων σε ένα κτίριο, είναι η θερμομόνωσή του, ούτως ώστε να περιοριστούν στο ελάχιστο οι θερμικές απώλειες (χρήση κατάλληλων υλικών και διπλών τζαμιών, στεγανοποίηση, κ.ά.,



για τα οποία θα γίνει εκτενέστερη αναφορά σε επόμενη ενότητα). Πολύ μεγάλης σημασίας είναι το γεγονός ότι η αρχή λειτουργίας των παθητικών συστημάτων θέρμανσης βασίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου», ενώ τα παθητικά συστήματα δροσισμού βασίζονται στην ηλιοπροστασία του κτιρίου και συγκεκριμένα, στην παρεμπόδιση της εισόδου των ανεπιθύμητων ακτινών του ήλιου στο κτίριο κατά τη θερινή περίοδο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση κινητών ή σταθερών σκιάστρων (πρόβολοι, τέντες, περσίδες, κληματαριές, κ.ά.), μερικά από τα οποία μελετώνται στην παρούσα έρευνα (παρακάτω κεφάλαιο), που τοποθετούνται κατάλληλα, καθώς επίσης και με τη διευκόλυνση της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων.



Εικ.1.3 Βιοκλιματική θέρμανση και ψύξη (εκμετάλλευση της ηλιακής θερμότητας) [5]

Ένα κτίριο που περιλαμβάνει παθητικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης ή φυσικού φωτισμού ονομάζεται «βιοκλιματικό κτίριο», είτε είναι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο εξ αρχής είτε είναι τροποποιημένο. Ένα τέτοιο κτίριο έχει τη δυνατότητα να καλύψει αρκετά σημαντικό μέρος των ενεργειακών του απαιτήσεων μέσω της άμεσης και έμμεσης αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.[5]

Τέλος, η επίδραση της μη σωστής εφαρμογής της μελέτης στη συμπεριφορά του κτιρίου είναι ιδιαίτερα σημαντική του θερινούς μήνες, όπου συχνά παρουσιάζεται σοβαρή υπερθέρμανση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε ανεπαρκή σκίαση ή αερισμό. Δεν είναι καθόλου σπάνιο να παρατηρούνται

παράθυρα και άλλα ανοίγματα που είχαν προβλεφθεί ανοιγόμενα είτε να κατασκευάζονται σταθερά, είτε να σφραγίζονται από τους χρήστες, είτε να παραμένουν κλειστά. Ή ακόμη, εξωτερικά σκίαστρα κατασκευάζονται διαφορετικά από τα προβλεπόμενα, ή καθόλου, για διάφορους λόγους. [2]

## 1.4 Φως και υγεία

Το φως αποτελεί έναν πάρα 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 την σημαντικότητα του φωτός στην καταπολέμηση της κατάθλιψης, την αντιμετώπιση της κούρασης, την προώθηση του κύκλου "επαγρύπνησης - εγρήγορσης", στην μοντελοποίηση του κιρκαδικού 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. [6] Μια μελέτη που διεξήχθη από το Ερευνητικό Κέντρο Φωτισμού έδειξε ότι σε μια μακροχρόνια θεραπεία για ασθενείς με Αλτσχάιμερ, η έκθεση σε μπλε διόδους εκπομπής φωτός (LED) σε μια προκαθορισμένη ποσότητα φάσματος έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση του φυσιολογικού κύκλου ύπνου του ασθενούς. Η κανονικότητα των κύκλων του ύπνου των ασθενών δεν ωφέλησε μόνο τους ασθενείς αλλά και το προσωπικό. Η έρευνα έδειξε, ακόμα, ότι το ηλιακό φως μπορεί να βελτιώσει την απόδοση των παιδιών στο σχολείο. Έπειτα, το φως γενικά, τεχνητό ή φυσικό, φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην αίσθηση ικανοποίησης και άνεσης που συνεπάγεται την αποδοτικότητα σε περιβάλλοντα εργασίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι έρευνα (Ulrich & Zimring, 2004) που έδειξε ότι **οι νοσοκόμες στην Αλάσκα κάνουν τα διπλάσια λάθη κατά τους χειμερινούς μήνες, που είναι πιο σκοτεινοί.**

Είναι αδιαμφισβήτητο και κοινώς αποδεκτό το γεγονός πως τα νοσοκομεία δημιουργούν άγχος στους ασθενείς, στις οικογένειές τους, αλλά και στο προσωπικό. Τα αρνητικά αποτελέσματα του άγχους περιλαμβάνουν :

- Ανησυχία, κατάθλιψη και θυμό (ψυχολογικά).
- Αυξημένη πίεση αίματος, αυξημένα επίπεδα ορμονών υπερέντασης και μειωμένη λειτουργία αντισωμάτων (παθολογικά).
- Αϋπνία, επιθετικά ξεσπάσματα και κατ' επέκταση, πιθανή άρνηση των ασθενών να ακολουθήσουν τις οδηγίες του γιατρού.
- Απροσεξία προσωπικού στη λεπτομέρεια, κατάχρηση φαρμάκων (συμπεριφοράς).

Το φυσικό φως δύναται να βελτιώσει την πορεία του ασθενούς, μειώνοντας παράλληλα την κατάθλιψη και την αναταραχή του ύπνου και ρυθμίζοντας το κίρκαδικό σύστημα. Σε μια πρόσφατη σχετικά μελέτη, νοσηλευόμενοι ασθενείς με μονοπολική και διπολική διαταραχή των οποίων τα δωμάτια δέχονταν απευθείας φυσικό φως το πρωί, η νοσηλεία τους ήταν συντομότερη σε διάρκεια συγκρινόμενη με ασθενείς των οποίων τα δωμάτια δεν είχαν άμεση πρόσβαση στο φυσικό φως. Οπότε, μπορούμε να υποστηρίξουμε την άποψη ότι η έκθεση ενός ασθενή στο φυσικό φως :

- ✓ Μειώνει τη διάρκεια νοσηλείας
- ✓ Αμβλύνει τον πόνο
- ✓ Βελτιώνει την ποιότητα του ύπνου
- ✓ Μειώνει το κόστος νοσηλείας και κατ' επέκταση, της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία του νοσοκομείου, γενικότερα. [7]

Επιπλέον, η έκθεση σε υψηλές τιμές φωτισμού μειώνει τα συμπτώματα της κατάθλιψης και συγκεκριμένα, της εποχιακής, είτε θερινής είτε χειμερινής, με συμπτώματα όπως διαταραχές όρεξης, συγκέντρωσης, ύπνου κ.ά. Τουτέστιν, μελέτες έχουν δείξει πως αυτό είναι εφικτό σε τιμές 2500 – 10000 lux, παρ' όλο που ο μηχανισμός επιρροής δεν είναι ξεκάθαρος.[8] Κάτι αντίστοιχο, επιτυγχάνεται, βεβαίως και με τη **θέαση**, στοιχείο που πρέπει αναπόφευκτα να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό θαλάμου νοσηλείας και να παραμείνει ψηλά στη λίστα των ευεργετικών συνθηκών για τον ασθενή.

Επομένως, όπως φαίνεται από τα παραπάνω, συν τοις άλλοις, το τελικό αποτέλεσμα επιφέρει και άμεσο οικονομικό κέρδος, πράγμα που καθιστά τη συγκεκριμένη μέριμνα ακόμα σημαντικότερη, για τη σημερινή εποχή.

## 1.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 1<sup>ου</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

[1] [www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting](http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting)

[2] Ευγενία Α. Λάζαρη. “Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Σεπτέμβριος 2002

[3] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), <http://www.cres.gr/kape/index.htm>

[4] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ, Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010

[5] <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/pathitika.htm>

[6] Θεόδωρος Δ. Κοντορήγος, «Φως και Υγεία», Σεπτέμβριος 2010

[7] Παναγοπούλου Γεωργία., Τζουβαδάκης Ι. , Σκλάβου Ε. , «Φυσικός Φωτισμός Θαλάμων νοσηλείας», Μάρτιος 2013

[8] Μερέση Αικατερίνη. Εξοικονόμηση ενέργειας στη σχολική αίθουσα μέσω του φυσικού φωτισμού. Διδακτορική διατριβή. Επιβλέπων Καθηγητής: Αντωνίου Κ. , Τμήμα αρχιτεκτόνων της πολυτεχνικής σχολής του ΑΠΘ, 2010

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Με τη λέξη «φως» ορίζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, με τα χαρακτηριστικά της οποίας ασχολείται η Φωτομετρία, που ανιχνεύεται από τον ανθρώπινο οπτικό δέκτη, το μάτι. Η Φωτομετρία είναι ένας κλάδος της οπτικής τεχνολογίας που ασχολείται με τις μετρήσεις αυτού του φωτός και περιορίζεται στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (μήκη κύματος από 360 – 830 nm). Χρησιμοποιεί κατάλληλους ανιχνευτές οπτικής ακτινοβολίας ώστε η φασματική τους απόκριση να μιμείται την απόκριση του ανθρώπινου οφθαλμού. Τυπικές φωτομετρικές μονάδες είναι η candela, το lumen και το lux. [1]

Ο **φυσικός φωτισμός**, συνδυάζοντας θέα, φως, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στους χώρους του κτιρίου, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στο εσωτερικό του. Η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των αναγκών σε φωτισμό από το φυσικό φως έχει ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους του.

Μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, θα πρέπει, για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου γενικώς, με στόχο την εξασφάλιση οπτικής άνεσης, να υπάρχει επαρκής, κατά τους κανονισμούς των ορίων, ποσότητα (στάθμη φωτισμού) στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους, αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται πιθανές έντονες διαφοροποιήσεις στη στάθμη, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο «θάμβωσης», με το οποίο ασχολείται εκτενώς και η παρούσα διπλωματική εργασία στον προς μελέτη δίκλινο θάλαμο νοσηλείας. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται άμεσα από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/ υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ απορροφητικότητα/ ανακλαστικότητα).

Σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το σύνολο:

- Υαλοπίνακας ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο
- Πλαίσιο (και ενδιάμεσο διαχωριστικό)
- Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο)

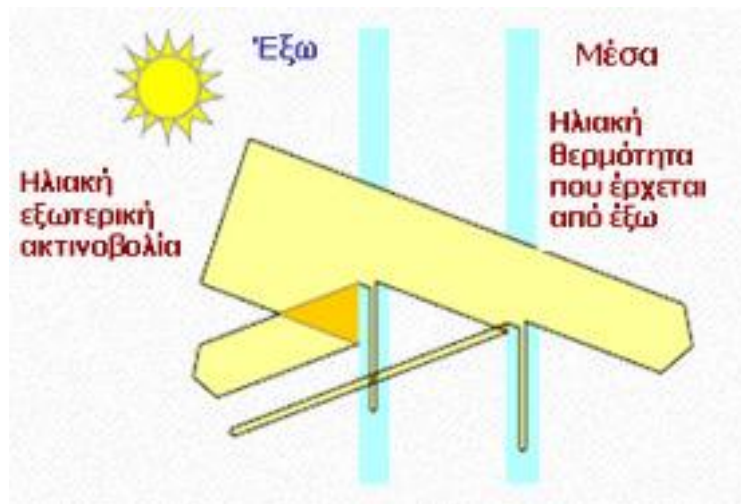
Αντίστοιχα, οι διάφορες εφαρμοζόμενες τεχνικές στο εκάστοτε σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν με αποτελεσματικό τρόπο τις συνθήκες οπτικής άνεσης.

Κατηγορίες Συστημάτων φυσικού φωτισμού σε συνήθη κτίρια:

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

Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού:

- Υαλοπίνακες
- ✓ Έγχρωμοι και ανακλαστικοί
- ✓ Απορροφητικοί
- ✓ Χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e)
- ✓ Ηλεκτροχρωμικοί
- ✓ Φωτοχρωμικοί
- ✓ Θερμοχρωμικοί
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία
- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ανακλαστήρες (Ράφια φωτισμού)
- Ανακλαστικές περσίδες [2]



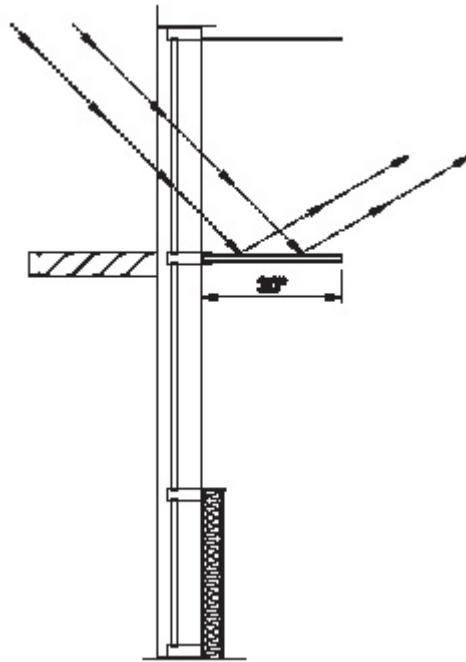
Εικ.2.1 Διπλός υαλοπίνακας: η ηλιακή ακτινοβολία που ανακλάται απορροφάται και μεταδίδεται [3]



Εικ.2.2 Απώλειες διπλού υαλοπίνακα [3]



*Εικ.2.3 Ράφι φωτισμού σε κτίριο γραφείων [4]*



*Εικ.2.4 Βασική αρχή των ραφιών φωτισμού [4]*





Εικ.2.5 Ανακλαστικές περσίδες [5]

- Επαρκή φωτισμό
- Οπτική επαφή με τον έξω κόσμο.
- Ενεργειακή απόδοση
- Γρήγορο εξαερισμό
- Λειτουργικότητα
- Ασφάλεια
- Αισθητική
- Χαμηλό κόστος συντήρησης

Εικ.2.6 Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στην αποδοτικότητα των κουφωμάτων [3]

Στην παρούσα έρευνα, μελετώνται εκτενώς και αναλύονται οι δύο κύριοι δείκτες μέτρησης φυσικού φωτισμού, η Ένταση Φωτισμού (Illuminance) και η θάμβωση (glare). Εξετάζουν την παρουσία ή μη, ικανοποιητικής ποσότητας φυσικού φωτός σ' ένα χώρο, ούτως ώστε να τηρούνται θεσπισμένα κριτήρια.

## 2.1 Ένταση φωτισμού / Illuminance (E)

Ως «ένταση φωτισμού» μιας επιφάνειας ορίζεται ως ο λόγος της φωτεινής ροής που φθάνει σε μία ομοιόμορφη επιφάνεια προς το εμβαδόν της τελευταίας.

(Ένταση φωτισμού επιφάνειας = φωτεινή ροή / εμβαδό)

Μονάδα μέτρησης της έντασης φωτισμού είναι το lux, όπου  $lux = lm / m^2$ . [6]

Ο ανθρώπινος οφθαλμός έχει τη δυνατότητα να εκτελεί οπτικές λειτουργίες μόνο μέσα σε ένα σχετικά μικρό πεδίο στάθμης έντασης φωτισμού, παρ' όλο που είναι εξαιρετικά ευπροσάρμοστος. Το πεδίο, βέβαια, επηρεάζεται από την οπτική απόδοση που απαιτείται σε κάθε περίπτωση για ένα συγκεκριμένο στόχο, τη δύναμη του φωτός στο χώρο, καθώς και τη λαμπρότητα των τοίχων και των υπόλοιπων επιφανειών.

Φωτεινή πηγή	Φωτεινή ένταση [lx]
Ημισέληνος - πανσέληνος	0.1 – 0.2
Προβολείς αυτοκινήτου σε 25 m απόσταση	10 – 15
Φωτισμός αστικών δρόμων	20 περίπου
Φωτισμός χώρων ενδιαίτησης	100 – 300
Φως ήλιου υπό σκιά	2000 – 10000
Άμεσο φως ήλιου	70000 - 100000

Εικ.2.7 Τυπικές φωτεινές εντάσεις διάφορων περιπτώσεων [7]

Η φωτεινή πυκνότητα αποτελεί μέτρο της φωτεινής εκπομπής μιας επιφάνειας και εξαρτάται από την ανακλαστικότητα των φωτιζόμενων επιφανειών. Μετράται σε apostilb (abs). Είναι το γινόμενο της φωτεινής έντασης σε lux επί το βαθμό ανάκλασης. Η παρακάτω εικόνα δείχνει τους βαθμούς ανάκλασης σε ποσοστιαίες μονάδες διαφόρων χρωμάτων (ορισμένα στοιχεία των οποίων χρησιμοποιήθηκαν και στις προσομιώσεις που παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο) που απαντώνται σε βαφές και υφάσματα, καθώς και κάποιων δομικών υλικών.

Χρώμα	Ανακλαστικότητα [%]	Δομικό υλικό	Ανακλαστικότητα [%]
Λευκό	70 – 80	Λευκό ξύλο (σφενδάμι, σημύδα)	50 - 60
Κίτρινο	55 -65	Οξιά, ανοιχτόχρωμη	30 – 40
Ανοιχτό πράσινο, ροζ	45 – 50	Καρυδιά	15 – 20
Γαλάζιο, ανοιχτό γκρι	40 – 45	Γύψος	80 %
Ώχρα, μπεζ, ανοιχτό καφέ, λαδί	25 – 30	Λευκά πλακίδια, λευκό σμάλτο	60 - 75
Πορτοκαλί, κόκκινο	20 - 25	Μπετόν	20 - 40
Σκούρο πράσινο, σκούρο μπλε	10 - 15	Κίτρινο τούβλο Κόκκινο τούβλο	35 – 40 10 - 25
Μαύρο	4	Γυαλί διαυγές	6 - 10

Εικ.2.8 Τυπικές φωτεινές εντάσεις χρωμάτων και υλικών [7]

Τα ποιοτικά κριτήρια ως προς το φωτισμό τίθενται ανάλογα με τη λειτουργία των χώρων και τις δραστηριότητες που απασχολούν την όραση των χρηστών του χώρου. Η δυσχέρεια μιας οπτικής δραστηριότητας εξαρτάται από τη λεπτομέρεια μιας εργασίας, την ορθότητα και την ταχύτητα της αντίληψης, καθώς και από τις εμφανιζόμενες φωτεινές εντάσεις και τις φωτεινές αντιθέσεις. Είναι εύκολο να αξιολογήσουμε την ποιότητα του φυσικού φωτισμού σε ένα χώρο βάσει των παρακάτω αντικειμενικών κριτηρίων:

- Φωτεινή ένταση
- Κατανομή φωτεινής πυκνότητας

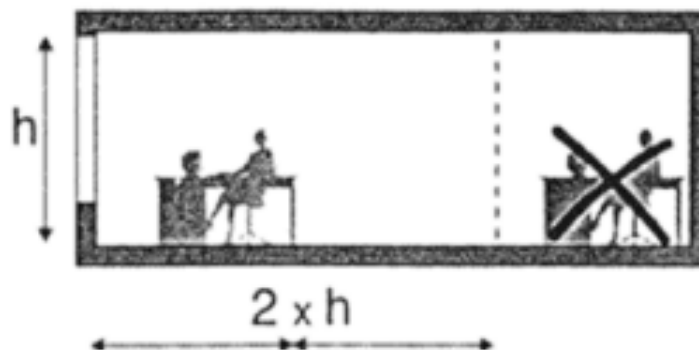
- Αποφυγή θαμπώματος
- Κατεύθυνση φωτός και σκιά
- Χρωματισμός φωτός και απόδοση χρωμάτων

Σε εσωτερικούς χώρους με την υποβοήθεια τεχνητού φωτισμού συνιστώνται οι παρακάτω τιμές φωτεινής έντασης:

Είδος δραστηριότητας	Φωτεινή ένταση [lx]
Προσανατολισμός στο χώρο	15 - 30
Γενικής φύσης εργασία, μικρή λεπτομέρεια	50 - 100
Μέσης ακρίβειας εργασία	250 - 500
Λεπτή εργασία (διάβασμα, ράψιμο)	500 - 1000
Υψηλής ακρίβειας εργασία	1000 - 2000

Εικ.2.9 Συνιστώμενες τιμές φωτεινής έντασης ανάλογα με το είδος οπτικής δραστηριότητας [7]

Ισχύει, επίσης, ο απλός κανόνας ότι εάν το βάθος του χώρου υπερβαίνει το διπλάσιο του ύψους της άνω ακμής του ανοίγματος από το πάτωμα, χρειάζεται στην περιοχή εκείνη διαρκής τεχνητός φωτισμός και κατά συνέπεια, αυξημένη ανάγκη ενέργειας.



Εικ.2.10 Βάθος των χώρων για εργασία με επαρκή Φυσικό Φωτισμό [7]

Εξάλλου, κρίνεται καθοριστικό για την ένταση του φυσικού φωτός το ύψος του παραθύρου. Με άλλα λόγια, δοκάρια και κιβώτια ρολών περιορίζουν την ένταση και το βάθος της διείσδυσης του φυσικού φωτισμού στο χώρο. Για το λόγο αυτό, επιλέγεται ενίοτε η λύση της ανεστραμμένης δοκού. Μία αύξηση του ανοίγματος κατά πλάτος είναι προτιμότερη από μία επέκτασή του προς το δάπεδο, διότι αφενός η φωτεινή ένταση μειώνεται προς τον ορίζοντα και αφετέρου μειώνεται η διαθέσιμη επιφάνεια του χώρου για επίπλωση. Παράλληλα, πρέπει να ληφθεί υπόψη η θέση των μη διαφανών στοιχείων του κουφώματος, όπως πλαίσια κάσας και φύλλου, υποδιαιρέσεις, κλπ., ώστε να μην περιορίζουν το οπτικό πεδίο.

Ακόμα, ισχύουν οι εξής γενικοί κανόνες, για χώρους κατοικίας και εργασίας με βάθος έως 6.0μ και εμβαδόν έως 50 μ<sup>2</sup>, προκειμένου να εξασφαλίζεται η οπτική επαφή με τον εξωτερικό χώρο, πράγμα αυξημένης σημασίας για θαλάμους νοσηλείας:

- ✓ Η άνω επιφάνεια του στηθαίου να έχει μέγιστη απόσταση απ' το δάπεδο 0.90 μ
- ✓ Το ύψος του κουφώματος να είναι τουλάχιστον 1.30 μ
- ✓ Το άθροισμα του πλάτους των διαφανών τμημάτων των κουφωμάτων να ισούται με, ή να υπερβαίνει, το 55% του πλάτους του χώρου
- ✓ Η συνολική διαφανής επιφάνεια να καταλαμβάνει τουλάχιστον το 30% του εμβαδού του εξωτερικού τοίχου. Όταν υπάρχουν περισσότεροι τοίχοι με ανοίγματα λαμβάνεται υπόψη εκείνος με τα περισσότερα ή εκείνος που προσφέρει τη σημαντικότερη θέα. [7]

Παρακάτω παρατίθενται ορισμένοι διεθνείς κανονισμοί:

## Healthcare – delivery rooms

	Maintained illuminance (lux)	Limiting glare rating	Minimum colour rendering ( $R_a$ )	Note
General lighting	300	19	80	
Examination and treatment	1000	19	80	1

**Note:**

1. Examination luminaire may be required.

## Healthcare – examination rooms

	Maintained illuminance (lux)	Limiting glare rating	Minimum colour rendering ( $R_a$ )	Note
General lighting	500	19	90	
Examination and treatment	1000	19	90	1

**Note:**

1. Examination luminaire may be required.

## Healthcare – operating areas

	Maintained illuminance (lux)	Limiting glare rating	Minimum colour rendering ( $R_a$ )	Note
Pre-op and recovery rooms	500	19	90	
Operating theatre	1000	19	90	
Operating cavity	–	–	–	1

**Note:**

1. Operating luminaire required; illuminance 10 000–100 000 lux.

## Healthcare – treatment rooms

	Maintained illuminance (lux)	Limiting glare rating	Minimum colour rendering ( $R_a$ )	Note
Dialysis	500	19	80	1
Dermatology	500	19	90	
Endoscope rooms	300	19	80	
Plaster rooms	500	19	80	
Medical baths	300	19	80	
Massage and radiotherapy	300	19	80	

**Note:**

1. The lighting should be controllable.

Εικόνα 3.2 - Προτεινόμενες τιμές για χώρους υγειονομικής περίθαλψης, κατά CIBSE/Πηγή:

[www.cibse.org](http://www.cibse.org)

## Healthcare premises – general rooms

	Maintained illuminance (lux)	Limiting glare rating	Minimum colour rendering ( $R_a$ )	Note
Waiting rooms	200	22	80	1
Corridors: during the day	200	22	80	1
Corridors: at night	50	22	80	1
Day rooms	200	22	80	1
Staff office	500	19	80	
Staff rooms	300	19	80	

**Note:**

1. Illuminance at floor level.

Εικ.2.11 Προτεινόμενες τιμές φωτισμού για χώρους υγειονομικής περίθαλψης κατά CIBSE [8]

Στην 9<sup>η</sup> έκδοση του IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) αναφέρονται ορισμένα γενικά όρια έντασης φωτισμού επιφανειών για τα νοσοκομεία, τα οποία είναι τα εξής:

- ✓ Γενικός φωτισμός πτερύγων : 300 lux, σε ύψος 0.80μ από το δάπεδο
- ✓ Φωτισμός απλής εξέτασης : 500 lux, σε ύψος 0.80μ από το δάπεδο
- ✓ Φωτισμός εξέτασης και θεραπείας : 1000 lux, σε ύψος 0.80μ από το δάπεδο [9]

Κατά την ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers), η προτεινόμενη μέση αποδεκτή τιμή λαμπρότητας φωτισμού είναι 30ft (όπου ft=footcandles=cd/ft<sup>2</sup>) σε ύψος 30 ιντσών από το δάπεδο ή αλλιώς περίπου 320 cd/ft<sup>2</sup> σε ύψος περίπου 0.75 μ από το δάπεδο. [10]

Τέλος, κατά την Ευρωπαϊκή Οδηγία - CSN EN 12464-1 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places, ισχύουν τα παρακάτω στοιχεία:

**Table 5.7: Health care premises adapted from EN12464-1**

Ref. no.	Type of interior, task or activity	Em	UGRL	Uo	Ra	Remarks
<b>7.1 Rooms for general use</b>						
All illuminances at floor level.						
7.1.1	Waiting rooms	200	22	0,4	80	
7.1.2	Corridors: during the day	200	22	0,6	80	
7.1.3	Corridors: during the night	50	22	0,4	80	
7.1.4	Day rooms	200	22	0,6	80	
7.1.5	Elevators, lifts	100				
<b>7.1 Rooms for general use</b>						
7.1.1	Waiting rooms	200	22	0,4	80	
7.1.2	Corridors: during the day, cleaning	100	22	0,4	80	
7.1.3	Corridors: during the night	50	22	0,4	80	Illuminance at floor level
	Multi-purpose corridors	200	22	0,6	80	Illuminance at task/activity level
7.1.4	Day rooms	200	22	0,6	80	
7.1.5	Elevators, lifts	100				
<b>7.2 Staff rooms</b>						
7.2.1	Staff office	500	19	0,6	80	
7.2.2	Staff rooms	300	19	0,6	80	
<b>7.3 Wards, maternity wards</b>						
Prevent too high luminance's in the patients' field of vision.						
7.3.1	General lighting	100	19	0,4	80	Illuminance at floor level.
7.3.2	Reading lighting	300	19	0,7	80	
7.3.3	Simple examinations	300	19	0,6	80	
7.3.4	Examination and treatment	1000	19	0,7	90	
7.3.5	Night lighting, observation lighting	5	-	-	80	
7.3.6	Bathrooms and toilets for patients	200	22	0,4	80	
<b>7.4 Examination rooms (general)</b>						
7.4.1	General lighting	500	19	0,6	90	
7.4.2	Examination and treatment	1000	19	0,7	90	
<b>7.5 Eye examination rooms</b>						
7.5.1	General lighting	300	19	0,6	80	
7.5.2	Examination of the outer eye	1000	-	-	90	
7.5.3	Reading and colour vision tests with vision charts	500	16	0,7	90	
<b>7.6 Ear examination rooms</b>						
7.6.1	General lighting	300	19	0,6	80	
7.6.2	Ear examination	1000	-	-	90	
<b>7.7 Scanner rooms</b>						
7.7.1	General lighting	300	19	0,6	80	
7.7.2	Scanners with image enhancers and television systems	50	19	-	80	
<b>7.8 Delivery rooms</b>						
7.8.1	General lighting	300	19	0,6	80	
7.8.2	Examination and treatment	1000	19	0,7	80	
<b>7.9 Treatment rooms (general)</b>						
7.9.1	Dialysis	500	19	0,6	80	Lighting should be controllable.
7.9.2	Dermatology	500	19	0,6	90	
7.9.3	Endoscopy rooms	300	19	0,6	80	
7.9.4	Plaster rooms	500	19	0,6	80	
7.9.5	Medical baths	300	19	0,6	80	
7.9.6	Massage and radiotherapy	300	19	0,6	80	
<b>7.10 Operating areas</b>						
7.10.1	Pre-op and recovery rooms	500	19	0,6	90	
7.10.2	Operating theatre	1000	19	0,6	90	
7.10.3	Operating cavity	-				Em: 10 000 to 100 000 lx.
<b>7.11 Intensive care unit</b>						
7.11.1	General lighting	100	19	0,6	90	At floor level.
7.11.2	Simple examinations	300	19	0,6	90	At bed level.
7.11.3	Examination and treatment	1000	19	0,7	90	At bed level.
7.11.4	Night watch	20	19	-	90	
<b>7.12 Dentists</b>						
7.12.1	General lighting	500	19	0,6	90	Lighting should be glare free for the patient.
7.12.2	At the patient	1000	-	0,7	90	
7.12.3	Operating cavity	5000	-	-	90	Values higher than 5000 lx may be required.
7.12.4	White teeth matching	5000	-	0,7	90	CCT = 6000 K.
<b>7.13 Laboratories and pharmacies</b>						
7.13.1	General lighting	500	19	0,6	80	
7.13.2	Colour inspection	1000	19	0,7	90	CCT = 6000 K.
<b>7.14 Decontamination rooms</b>						
7.14.1	Sterilisation rooms	300	22	0,6	80	
7.14.2	Disinfection rooms	300	22	0,6	80	
<b>7.15 Autopsy rooms and mortuaries</b>						
7.15.1	General lighting	500	19	0,6	90	
7.15.2	Autopsy table and dissecting table	5000	-	-	90	Values higher than 5000 lx may be required.

Εικ.2.12 Προτεινόμενες τιμές φωτισμού για χώρους υγειονομικής περίθαλψης κατά EN-12464-1 [11]



Στην παρούσα εργασία για το όριο φωτισμού χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω πίνακας(κατά Τ.Ο.ΤΕΕ):

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]*	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m <sup>2</sup> ]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	200	6,4	0,8
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	300	9,6	0,8
θερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
χειμερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	300	9,6	0,8
θερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
χειμερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
Οικοτροφείο και κοιτώνας	300	9,6	0,8
Υπνοδωμάτια ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	250	8,0	0,8
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	100	3,2	0,5
Εσπατόριο	200	6,4	0,8
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	250	8,0	0,8
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	3,2	0,8
Θέατρο, κινηματογράφος	100	3,2	0,8
Χώρος συναυλιών	100	3,2	0,8
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	6,4	0,8
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	500	16,0	0,8
Τράπεζα	500	16,0	0,8
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	9,6	0,8
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	300	9,6	0,5
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	200	6,4	0,5
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	6,4	0,5
Νηπαγωγείο	300	9,6	0,8
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	300	9,6	0,8
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500	16,0	0,8
Φροντιστήριο, ωδείο	500	16,0	0,8
Νοσοκομείο, κλινική	300	9,6	0,8
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	100	3,2	0,8
Χειρουργείο (τακτικό)	1000	32	0,8
Εξωτερικών ιατρείων	500	16,0	0,8

Εικ.2.13 Όρια στάθμης έντασης φωτισμού κατά την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 [12]

## 2.2 Θάμβωση

Τα κριτήρια για το σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού πρέπει να ανταποκρίνονται τόσο σε ποσοτικές όσο και σε ποιοτικές απαιτήσεις. Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός καθορίζει την ποσότητα του φυσικού φωτός που εισέρχεται στο κτήριο και την κατανομή του. Η απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού εξαρτάται από τη λειτουργία του χώρου και τις συγκεκριμένες εργασίες που πραγματοποιούνται μέσα σ' αυτόν. Οι ποσοτικές απαιτήσεις δίνονται από Διεθνή ή Ευρωπαϊκά Πρότυπα. Πέραν της απαιτούμενης ποσότητας, πρέπει να εξασφαλίζεται επίσης κατάλληλη κατανομή του φωτισμού στο χώρο, ούτως ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση.

**Θάμβωση** είναι η αίσθηση που προκαλείται όταν η λαμπρότητα στο οπτικό πεδίο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη λαμπρότητα στην οποία είναι προσαρμοσμένα τα μάτια και προκαλεί ενόχληση, δυσφορία ή μείωση της απόδοσης ή και της ορατότητας. Θάμβωση μπορεί να προκύψει από την άμεση θέαση του ήλιου ή τμήματος του ουρανού μεγάλης φωτεινότητας, δια μέσου των ανοιγμάτων ή από την πρόσπτωση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο εργασίας. [13]

Η θάμβωση αποτελεί σύνθετο φαινόμενο, στο οποίο εμπλέκεται η κατανόηση πολλών παραμέτρων, όπως η χρονική διάρκεια παρουσίας της πηγής θάμβωσης, οι αναλογίες φωτεινότητας μεταξύ της πηγής θάμβωσης και των γύρω επιφανειών και οι απαιτήσεις σε φωτισμό του χώρου. [14]

Συνήθως θάμβωση προκαλείται από λαμπτήρες, παράθυρα και επιφάνειες που εμφανίζονται πολύ φωτεινότερες από τις υπόλοιπες. Διακρίνονται δύο είδη θάμβωσης, η απευθείας (άμεση) θάμβωση και η έμμεση θάμβωση. Η απευθείας θάμβωση προκαλείται από φωτεινές πηγές, φυσικές ή τεχνητές, που είναι άμεσα ορατές και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του δωματίου και της φωτεινής πηγής που βρίσκονται εντός του οπτικού πεδίου. Το οπτικό πεδίο καλύπτει γωνιακή απόσταση  $180^\circ$  οριζόντια και  $60^\circ$  κατακόρυφα, μετρούμενο από το οριζόντιο επίπεδο στο ύψος των ματιών. Υπάρχει μεγάλη διαφορά στα επιτρεπτά επίπεδα λάμψης στο ύψος του ματιού (το οποίο περιλαμβάνει έναν κώνο στερεάς γωνίας  $40^\circ$ ) και στην περιφερειακή περιοχή του οπτικού πεδίου. Όσο κεντρικότερα στο οπτικό πεδίο βρίσκεται η φωτεινή πηγή, τόσο πιθανότερο είναι να αποτελέσει πηγή θάμβωσης [Robbins, 1986].

Η έμμεση θάμβωση διακρίνεται σε ανακλώμενη θάμβωση και θάμβωση «πέπλου» (veiling reflections). Η ανακλώμενη θάμβωση προκαλείται από έντονα λείες και γυαλιστερές επιφάνειες οι οποίες στην ουσία αναπαράγουν τη φωτεινή πηγή της οποίας το φως ανακλούν (π.χ. οθόνη ηλεκτρονικού

υπολογιστή). Από την άλλη, όταν η λεία και γυαλιστερή επιφάνεια βρίσκεται στο επίπεδο εργασίας προκαλείται έμμεση θάμβωση «πέπλου», αφού μειώνεται η αντίθεση μεταξύ του αντικειμένου και του περιβάλλοντος (π.χ. μείωση αντίθεσης μεταξύ χαρτιού και γραμμάτων ενός βιβλίου- σχήμα 2.19). Τέτοιου είδους ανακλάσεις συμβαίνουν όταν η γωνία πρόσπτωσης του φωτός είναι εντός του οπτικού πεδίου του παρατηρητή. [15], [16]

Η ποιότητα φωτισμού ενός εσωτερικού χώρου προσδιορίζεται κυρίως από το ενδεχόμενο δημιουργίας θάμβωσης, η οποία, όπως έγινε κατανοητό και από τα παραπάνω, ορίζεται ως η κατάσταση κατά την οποία υπάρχει όχληση ή αδυναμία όρασης λεπτομερειών ή αντικειμένων λόγω κακής κατανομής του φωτισμού και της φωτεινότητας των εσωτερικών επιφανειών. Το φαινόμενο της θάμβωσης είναι εξαιρετικά περίπλοκο και σχετίζεται με αρκετά ζητήματα, όπως είναι ο χρόνος διάρκειάς του, η αναλογία φωτεινότητας μεταξύ του αιτίου της θάμβωσης και των περιβαλλουσών επιφανειών του και οι οπτικές ιδιαιτερότητες κάθε ατόμου. Η ποσοτική αποτίμηση της θάμβωσης γίνεται με διάφορους τρόπους. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος αφορά στον υπολογισμό του δείκτη θάμβωσης (glare index, GI), μέσω της σταθεράς της θάμβωσης (glare constant, G):

$$G = K \times P \times \frac{L_s^{1,6} \times \omega^{0,8}}{L_b} \quad [-]$$

$$GI = 10 \times \log G \quad [-]$$

Όπου :

G η σταθερά της θάμβωσης [-]

GI ο δείκτης θάμβωσης [-]

K σταθερά [-], εξαρτώμενη από τις μονάδες των παραμέτρων

P συντελεστής θέσης [-], ο οποίος εξαρτάται από τη θέση της πηγής της θάμβωσης σε σχέση με την κατεύθυνση εστίασης (επόμενος πίνακας)

V κατακόρυφη απόσταση φωτεινής πηγής - ματιού

R οριζόντια απόσταση φωτεινής πηγής - ματιού

L πλευρική απόσταση φωτεινής πηγής και γραμμής εστίασης

Ls η φωτεινότητα της πηγής [cd / m2]

Lb η φωτεινότητα των επιφανειών του οπτικού πεδίου [cd / m2]

ω η στερεά γωνία θέασης της πηγής [ sr ]

**Πίνακας 2.6** Οι τιμές του συντελεστή θέσης P, για τον υπολογισμό του δείκτη θάμβωσης (Baker et al, 1993).

Οριζόντια γωνία [ $\varphi = \tan^{-1}(L/R)$ ]		0°	6°	11°	17°	22°	27°	31°	35°	39°	42°	45°	50°	54°	58°	61°	63°	68°	72°				
Κατακόρυφη θέση [V/R]	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	62°		
	1,8	-	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	61°	
	1,6	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	58°
	1,4	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	54°
	1,2	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	50°
	1,0	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	45°
	0,9	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	42°
	0,8	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	39°
	0,7	0,19	0,20	0,22	0,21	0,21	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	35°
	0,6	0,25	0,27	0,30	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	31°
	0,5	0,35	0,37	0,39	0,38	0,36	0,34	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	27°
	0,4	0,48	0,53	0,53	0,51	0,49	0,44	0,39	0,35	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	22°
	0,3	0,67	0,71	0,71	0,69	0,64	0,57	0,49	0,44	0,38	0,34	0,31	0,25	0,21	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	17°
	0,2	0,95	1,02	0,98	0,88	0,80	0,72	0,63	0,57	0,49	0,42	0,37	0,30	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	11°
	0,1	1,30	1,36	1,24	1,12	1,01	0,88	0,79	0,68	0,62	0,53	0,46	0,37	0,31	0,26	0,23	0,20	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	6°
	0	1,87	1,73	1,56	1,36	1,20	1,06	0,93	0,80	0,72	0,64	0,57	0,46	0,38	0,33	0,28	0,25	0,20	0,19	0,19	0,19	0°	
			0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0			
		Πλευρική θέση [L/R]																					

Εικ.2.14 Τιμές συντελεστή θέσης [16]

Η παραπάνω εξίσωση εφαρμόζεται συνήθως όταν η κύρια πηγή θάμβωσης είναι η εγκατάσταση τεχνητού φωτισμού. Η εκτίμηση της θάμβωσης από το φυσικό φως, η οποία προκαλείται από τη θέαση του ουράνιου θόλου μέσα από έναν εσωτερικό χώρο, σχετίζεται με το δείκτη θάμβωσης για τον τεχνητό φωτισμό, λαμβάνοντας ως φωτεινή πηγή το ορατό τμήμα του ουράνιου θόλου. Η μαθηματική σχέση εκφράζει την παρατηρηθείσα τάση, κατά την οποία τα άτομα εμφανίζουν μεγαλύτερη ανεκτικότητα στη θάμβωση από τον ουρανό σε σχέση με τις τεχνητές πηγές παρόμοιας λαμπρότητας, υπό την προϋπόθεση ότι ο δείκτης θάμβωσης δεν είναι πολύ υψηλός [17]. Η μαθηματική σχέση έχει ως εξής:

$$DGI = \frac{2}{3} \times (GI + 14)$$

Όπου:

GI ο δείκτης θάμβωσης, υπολογισμένος με βάση τις δύο προηγούμενες εξισώσεις

DGI ο δείκτης θάμβωσης για το φυσικό φως

Κλίμακα αξιολόγησης της θάμβωσης βάσει των τιμών του δείκτη DGI διαμορφώνεται ως εξής:

- $DGI < 18$  : Ανεπαίσθητη Θάμβωση
- $DGI > 18$  και  $DGI < 24$  : Αισθητή Θάμβωση
- $DGI > 24$  και  $DGI < 31$  : Ενοχλητική Θάμβωση
- $DGI > 31$  : Ανυπόφορη Θάμβωση [18]

**Πίνακας 2.15** Τα προτεινόμενα επίπεδα φωτισμού και ο δείκτης θάμβωσης ανάλογα με την πηγή του φωτός (τεχνητός-φυσικός φωτισμός) και τη χρήση των εσωτερικών χώρων σύμφωνα με το Ινστιτούτο Βρετανικών Προτύπων (Baker et al, 1993).

Κύρια δραστηριότητα	Τύπος κτιρίου	Τεχνητός φωτισμός		Φυσικός φωτισμός	
		Ένταση φωτισμού [lx]	Δείκτης θάμβωσης [-]	Πηγή	Μέσος παράγοντας φ.φ [%]
Αίθουσες διδασκαλίας, σεμιναρίων	σχολεία, νοσοκομεία κ.ά.	300-500	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	21 23
Επιμήκεις αίθουσες διδασκαλίας	σχολεία, πανεπιστήμια	300-500	19	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	23
Αμφιθέατρα, αίθουσες εξετάσεων	σχολεία, πανεπιστήμια, νοσοκομεία	500	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	21
Αίθουσες μουσικής	κτίρια εκπαίδευσης & αναψυχής	300	19	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	23
Τέχνη, χειροτεχνία	σχολεία, εργοστάσια, γραφεία, κτίρια αναψυχής	300-500	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	21
Ξυλουργία, μεταλλοτεχνία (διδασκαλία)	σχολεία, κέντρα εκπαίδευσης, κτίρια αναψυχής	500	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	21
Εργαστήρια	κτίρια εκπαίδευσης & έρευνας, νοσοκομεία, ιατρεία, εργοστάσια	500-750	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	21
Δακτυλογράφηση, χρήση Η/Υ	κτίρια γραφείων, εκπαίδευσης, τράπεζες, ταχυδρομεία κ.ά.	500-750	19	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	23
Σχεδιαστήρια	κτίρια γραφείων, εκπαίδευσης	500-750 1000	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	21
Κουζίνα	Κατοικίες	150 τοπικά 250-500	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	21
Υπνοδωμάτια	Κατοικίες	150	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 1	21
Σαλόνι-καθιστικό	Κατοικίες	300-500 τοπικά 500-1000	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 2	21
Λοιποί χώροι	Κατοικίες	150	16	Φυσικός φωτ. 5 Μεικτός φωτ. 1	21
Εκκλησία	Θρησκευτικά κτίρια	150-300	16	Μεικτός φωτ. 1	21

Εικ.2.15 Επίπεδα φωτισμού και δείκτη θάμβωσης [17]

Επιπτώσεις, λοιπόν, της θάμβωσης μπορεί να είναι είτε η ανικανότητα παρατήρησης είτε η οπτική όχληση. Η ανικανότητα παρατήρησης συμβαίνει όταν η θάμβωση ελαττώνει την ικανότητα παρατήρησης λεπτομερειών, ενώ η όχληση προκαλείται από την παρουσία μιας υπερβολικά φωτεινής πηγής εντός του οπτικού πεδίου, χωρίς απαραίτητα να μειώνεται η ικανότητα όρασης. Η όχληση μπορεί να οφείλεται είτε στη σχετική ένταση της πηγής σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο, είτε στη φωτεινότητά της σε απόλυτα μεγέθη.

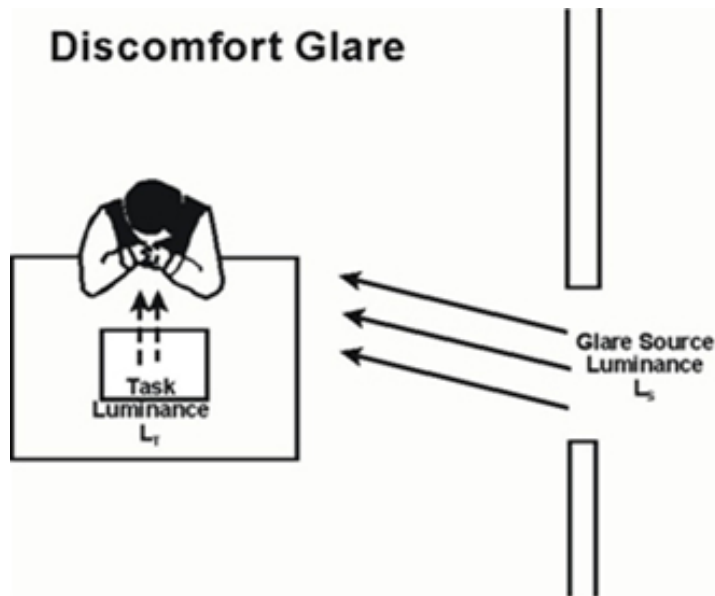
Όπως ήδη αναφέρθηκε, οπτική όχληση μπορεί προκληθεί από την άμεση θέαση του ουρανού μέσω ενός παραθύρου σε ένα σκοτεινό δωμάτιο. Η υψηλή αντίθεση μεταξύ των επιφανειών του δωματίου και του ουρανού προκαλεί θάμβωση ενοχλώντας τον παρατηρητή. Για το λόγο αυτό πρέπει είτε να αυξηθεί η φωτεινότητα των επιφανειών του δωματίου, π.χ. μέσω ενός δεύτερου ανοίγματος που θα φωτίσει το χώρο, είτε να ελεγχθεί η θέαση του ουρανού μέσω της **χρήσης κατάλληλων συστημάτων**. Σημαντικό ρόλο παίζουν οι γειτονικές στο άνοιγμα περιοχές, οι οποίες πρέπει να έχουν μία ενδιάμεση φωτεινότητα, ώστε να εξασφαλίζεται μια βαθμιαία μετάβαση προς το εσωτερικό του χώρου (Baker et al., 1993). Έρευνες (Chaunvel et al., 1982) έχουν αποδείξει ότι η οπτική όχληση που προκαλείται από ένα άνοιγμα είναι ουσιαστικά ανεξάρτητη από το μέγεθός του (εκτός αν είναι εξαιρετικά μικρό) και την απόσταση του παρατηρητή και εξαρτάται από τη φωτεινότητα του ουρανού.

Φωτεινές πηγές σε γωνία μεγαλύτερη των  $50^\circ$  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 [Baker & Steemers, 1993 :178].

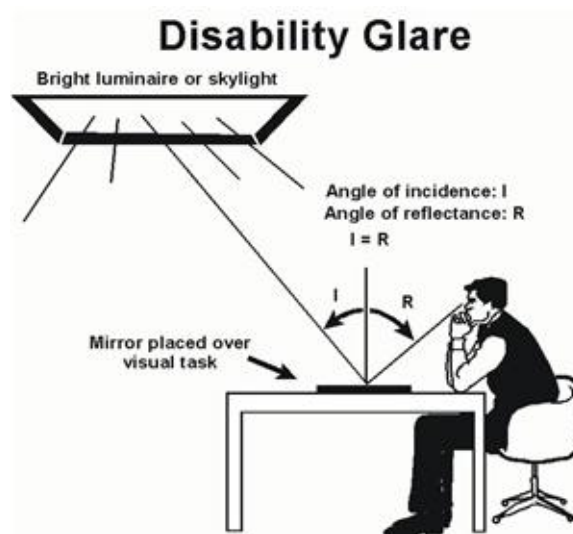
Είναι αλήθεια, πως οι φωτεινές επιφάνειες τραβούν την προσοχή και οι παρατηρητές τείνουν να τις κοιτούν, ακόμα και αν δεν έχουν κάποια σημαντική πληροφορία (Osterhaus, 2009). Αν η φωτεινότητα των επιφανειών αυτών είναι αυξημένη τότε προκαλούν θάμβωση, όπως μπορεί να γίνει με το άνοιγμα κελύφους κάποιες ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η προτεινόμενη αναλογία της φωτεινότητας της περιοχής της κύριας δραστηριότητας (visual task) και του άμεσου περιβάλλοντος χώρου πρέπει να ισούται με 1:3 και φτάνει μέχρι και 1:40 για την κύρια δραστηριότητα και τις επιφάνειες που υπάρχουν στο βάθος του οπτικού πεδίου, αν και έρευνες (Veitch et Newsham, 2000) πάνω στις προτιμήσεις των εργαζομένων έδειξαν ότι είναι προτιμητέες ακόμα μικρότερες αναλογίες. Τα ακριβή νούμερα δεν είναι δυνατό να προσδιορισθούν, καθώς παίζει ρόλο και ο υποκειμενικός παράγοντας που έχει να κάνει με τα

προσωπικά κριτήρια, την ικανότητα όρασης κλπ. Πάντως τα νούμερα που προαναφέρθηκαν είναι ενδεικτικά για την περιγραφή κάποιων συνθηκών που μπορεί ενδεχομένως να δημιουργήσουν πρόβλημα.

[16]



Εικ.2.16 Θάμβωση από εξωτερική πηγή [19]



Εικ.2.17 Θάμβωση και δυσφορία [19]



Μεγάλο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας βασίστηκε σε έναν παρεμφερή δείκτη, την Πιθανότητα Θάμβωσης Φυσικού Φωτισμού (Daylight Glare Probability, DGP), ο οποίος ορίστηκε το 2006 από τους Wienold και Christoffersen. Η πλήρης έκφρασή του είναι:

$$DGP = 5.87 \times 10^{-5} E_v + 9.18 \times 10^{-5} \log_{10} 2 \left( 1 + \sum_{i=1}^n \frac{L_{s,i}^2 \omega_{s,i}}{E_v^{1.87} P_i^2} \right)$$

Ενώ η απλοποιημένη του μορφή είναι η εξής:

$$DGP_{(s)} = 6.22 \times 10^{-5} E_v + 0.184$$

Βάσει των τιμών του DGP, η κλίμακα αξιολόγησης της θάμβωσης είναι:

- DGP < 0,35 : Ανεπαίσθητη Θάμβωση
- DGP > 0,35 και DGP < 0,40 : Αισθητή Θάμβωση
- DGP > 0,40 και DGP < 0,45 : Ενοχλητική Θάμβωση
- DGP > 0,45 : Ανυπόφορη Θάμβωση [20]

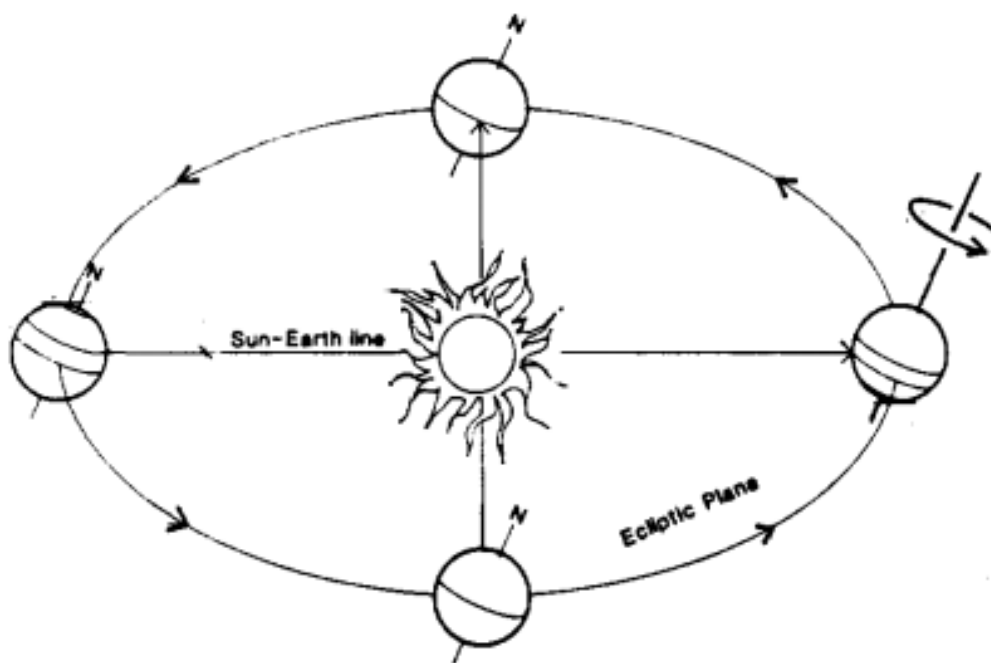
## 2.3 Ηλιακή Γεωμετρία

Οι κινήσεις του Ήλιου είναι πανάρχαιο θέμα με εφαρμογές σε ποικίλους τομείς, από τη θρησκεία έως τη ναυτιλία. Κατά εποχές έχουν επινοηθεί πολυάριθμα βοηθήματα για τον προσδιορισμό της θέσης του Ήλιου, όπως:

- τριγωνομετρικοί αλγόριθμοι
- νομογραφήματα
- ηλιακά διαγράμματα
- ηλιακά ρολόγια
- ηλίοδα
- προγράμματα υπολογιστών.

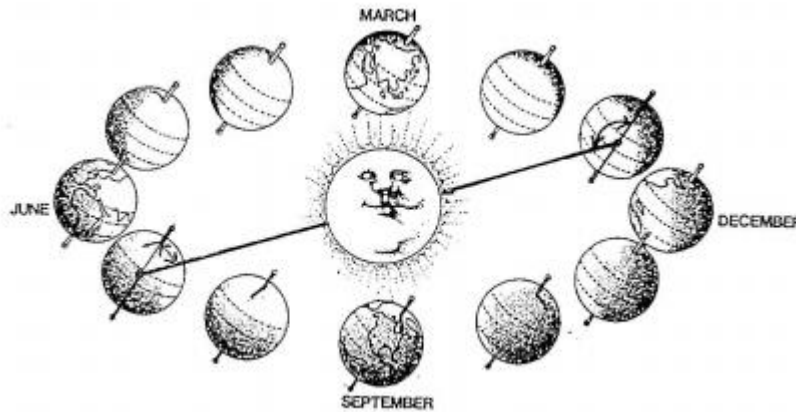
Η Ηλιακή Γεωμετρία, με μακρόχρονη παρουσία στην ιστορία της Αρχιτεκτονικής, από τους Αιγυπτιακούς ναούς μέχρι το ενδιαφέρον του Le Corbusier για τον ηλιασμό, αφορά στη μελέτη, τον υπολογισμό και την αποτύπωση, της θέσης του Ήλιου σε σχέση με δεδομένο σημείο κατά ορισμένο χρονικό διάστημα. Συνδέεται άμεσα με ποικίλα θέματα του Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, όπως την ερμηνεία των κλιματικών συνθηκών, τον υπολογισμό της ηλιακής πρόσπτωσης, τον προσδιορισμό της ηλιακής πρόσβασης και το σχεδιασμό της ηλιοπροστασίας.

Έπειτα, αναφέρεται στις δύο κύριες κινήσεις της Γης, την ετήσια περιστροφή γύρω από τον Ήλιο και την ημερήσια γύρω από τον άξονα B-N. Στην πραγματικότητα, η Γη κινείται με ελλειπτική τροχιά γύρω από τον ήλιο (με τον Ήλιο στη θέση μιας εστίας) και με μεταβλητή ταχύτητα (εξαιτίας ελκτικών δυνάμεων ανάλογα με την απόστασή της από τον Ήλιο), όμως για απλότητα θεωρούμε την τροχιά ως κυκλική και με σταθερή ταχύτητα, τον δε Ήλιο ακριβώς στο κέντρο της. Εξάλλου, λόγω της πολύ μεγάλης ακτίνας της ελλειπτικής (περίπου  $150 \times 10^6$  km), οι ηλιακές ακτίνες που φθάνουν στην επιφάνεια της Γης είναι σχεδόν παράλληλες και συγκεκριμένα, σχηματίζουν γωνία μικρότερη από  $0.5^\circ$ ).

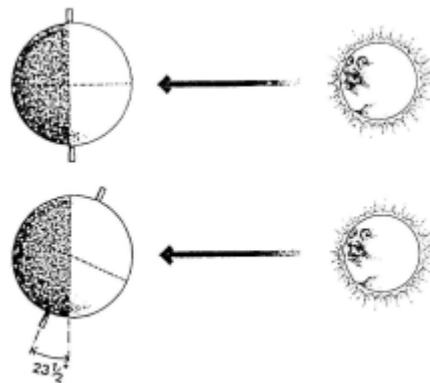


Εικ.2.18 Οι δύο κύριες κινήσεις της Γης [21]

Ο άξονας B-N της γης αποκλίνει από την κάθετο στο επίπεδο της εκλειπτικής κατά σταθερή γωνία, περίπου  $23.5^\circ$ . Οι διαδοχικές θέσεις του άξονα B-N στο Διάστημα ορίζουν ένα λοξό κύλινδρο με άξονα την ευθεία Ήλιου-Πολικού αστέρα, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Δηλαδή, η γωνία μεταξύ του άξονα B-N και των ηλιακών ακτινών (απόκλιση) μεταβάλλεται στη διάρκεια του έτους από  $90^\circ + 23.5^\circ = 113.5^\circ$  έως  $90^\circ - 23.5^\circ = 66.5^\circ$



Εικ.2.19 Θέσεις της Γης κατά τη διάρκεια του έτους [21]

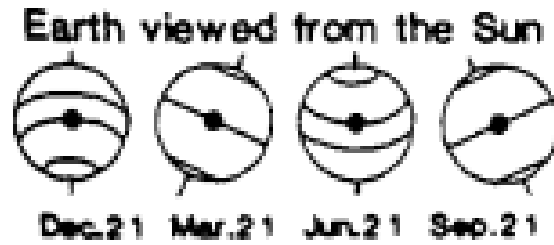


Εικ.2.20 Ο άξονας B-N της Γης με και χωρίς απόκλιση [21]

Ορισμένες στιγμές του έτους η απόκλιση της γης έχει ειδικές τιμές:

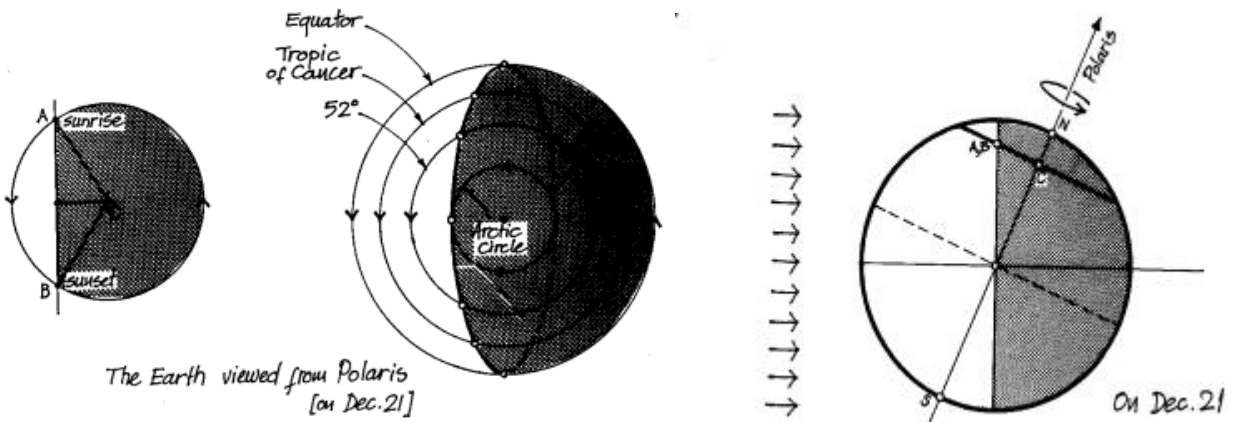
- Στις 21/12 έχει τη μέγιστη τιμή (Χειμερινό Ηλιοστάσιο ) και
- στις 21/6 την ελάχιστη (Θερινό Ηλιοστάσιο )
- Στις 21/3 και 23/9 είναι  $90^\circ$  (Εαρινή & Φθινοπωρινή Ισημερία)

Η αυξομείωση της απόκλισης μεταβάλλει την κατανομή της ηλιακής πρόσπτωσης στην επιφάνεια της γης, με αποτέλεσμα την εναλλαγή των εποχών που εμφανίζονται στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο κατά αντίστροφο τρόπο.



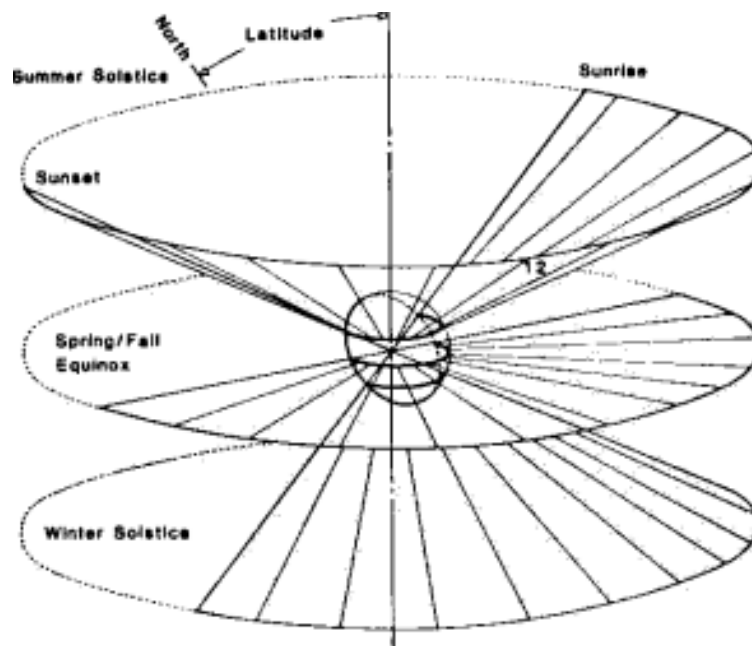
Εικ.2.21 Η Γη όπως φαίνεται από τον ήλιο σε διάφορες θέσεις [21]

Η διάρκεια της ημέρας διαφέρει σε κάθε γεωγραφικό πλάτος επειδή ποικίλλει το τμήμα κάθε παράλληλου μέσα στο φωτεινό ημισφαίριο της γης. Για παράδειγμα, στις 21/12 ένα σημείο σε βόρειο παράλληλο διαγράφει μικρότερο τόξο στη φωτεινή πλευρά από ότι στη σκοτεινή, άρα η ημέρα διαρκεί λιγότερο από τη νύχτα. Την ίδια ημέρα, προχωρώντας προς τον ισημερινό η αναλογία φωτεινού-σκοτεινού τόξου αλλάζει, με αποτέλεσμα να αλλάζει και η διάρκεια της ημέρας. Κατά τις δύο ισημερίες, ημέρα και νύχτα έχουν την ίδια διάρκεια σε όλα τα πλάτη.



Εικ.2.22 Αριστερά η διάρκεια της ημέρας στις 21/12 για το Βόρειο ημισφαίριο και δεξιά και για τα δύο ημισφαίρια [21]

Η ημερήσια φαινόμενη τροχιά του Ήλιου είναι ουσιαστικά κύκλος με κέντρο στον άξονα Β-Ν. Οι ηλιακές ακτίνες στη διάρκεια του 24ώρου διαγράφουν ένα κώνο, του οποίου η γωνία της κορυφής εξαρτάται από την απόκλιση της Γης κατά τη δεδομένη ημέρα. Το σχήμα του ηλιακού κώνου μεταβάλλεται καθημερινά, καθώς ο Ήλιος κινείται από το Βόρειο ημισφαίριο στο Νότιο και ανάποδα. Ειδικά κατά τις ισημερίες ο κώνος μετασχηματίζεται σε επίπεδο δίσκο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

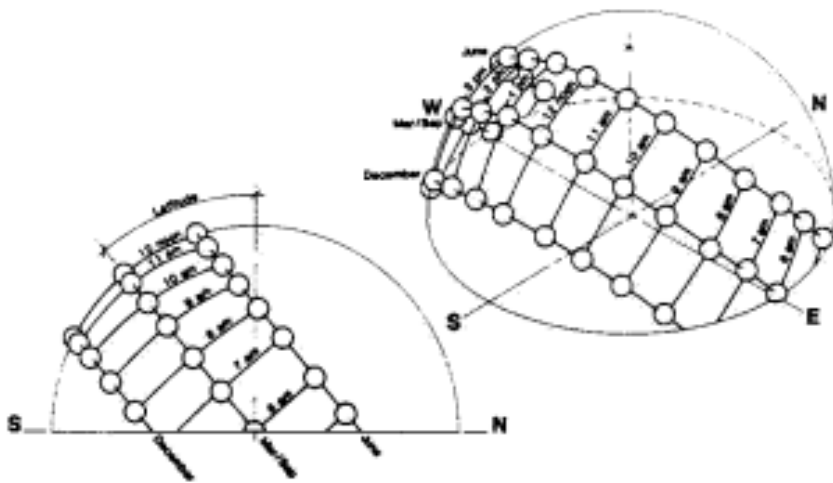


Εικ.2.23 Ηλιακός κώνος [21]

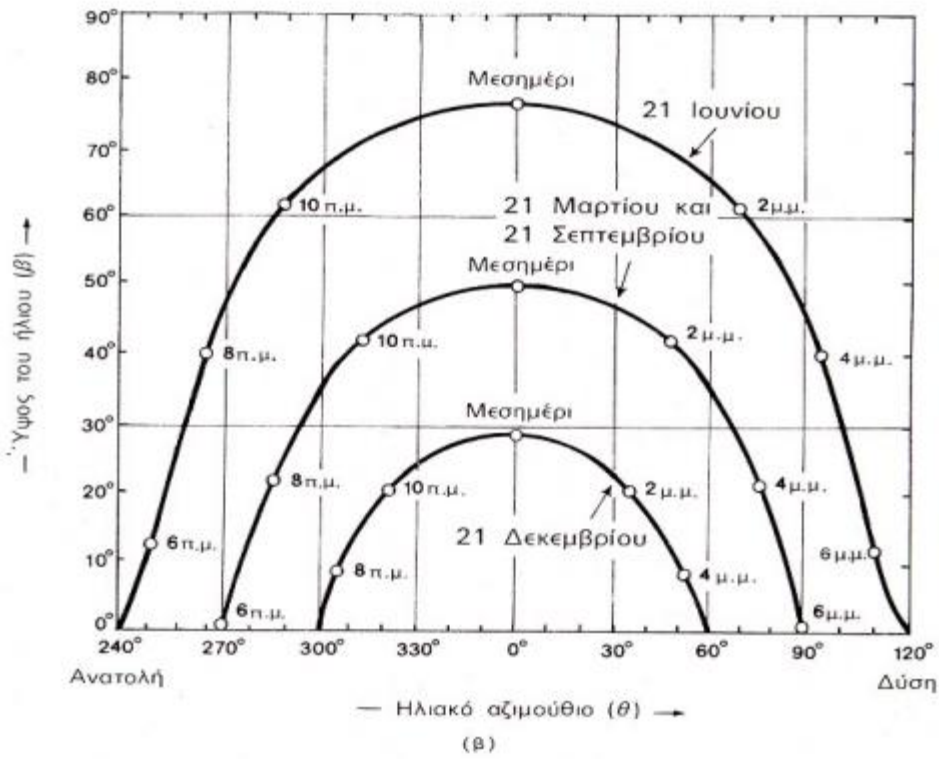
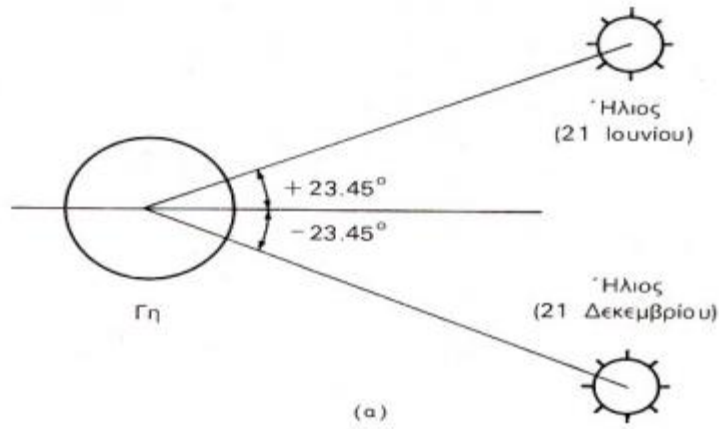
Συν τοις άλλοις, στη μελέτη της κίνησης του ήλιου μέσω της Ηλιακής Γεωμετρίας, πολύ σημαντικοί είναι οι όροι της Ηλιακής τροχιάς, της Γωνίας Πρόσπτωσης του Ήλιου, καθώς και του ζεύγους των Ηλιακών Γωνιών.

Αρχικά, ο ουράνιος θόλος είναι μια έννοια όμοια με τη αντίληψη του Σύμπαντος πριν τον Κοπέρνικο: Ο ουρανός θεωρείται ως ένα ημισφαίριο που εδράζεται στο οριζόντιο επίπεδο της τοποθεσίας. Κάθε σημείο του χώρου προβάλλεται σε σημείο του ουράνιου θόλου και προσδιορίζεται με βάση το γωνιακό υψόμετρο και αζιμούθιό του, όπως ακριβώς τα σημεία της Υδρογείου ορίζονται με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος τους.

Η ημερήσια τροχιά του Ήλιου είναι μια καμπύλη στον ουράνιο θόλο που σχηματίζεται από τις διαδοχικές φαινόμενες θέσεις του Ήλιου, κατά τη κίνησή του από την ανατολή στη δύση. Από γεωμετρική άποψη, κάθε ημερήσια ηλιακή τροχιά είναι η τομή του αντίστοιχου ηλιακού κώνου με τον ημισφαιρικό ουράνιο θόλο. Αν σημειώσουμε τις τροχιές διαφόρων ημερών σε ένα διαφανές ημισφαίριο μπορούμε αργότερα να αναφερόμαστε στη θέση του Ήλιου σε οποιαδήποτε καταγεγραμμένη στιγμή.



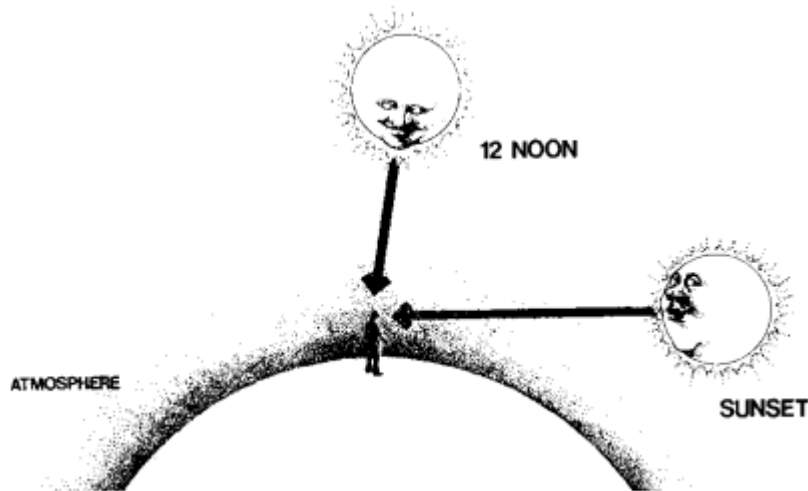
Εικ.2.24 Ηλιακή τροχιά [21]



Εικ.2.25 Η μεταβολή της απόκλισης και η επίδρασή της στην τροχιά του ήλιου στον ουρανό. (α) Η ακραία απόκλιση του ήλιου κατά το θερινό και το χειμερινό ηλιοστάσιο. (β) Παράδειγμα των αντίστοιχων τροχιών που διαγράφει ο ήλιος στον ουρανό στη διάρκεια της ημέρας κατά τα ηλιοστάσια, καθώς και τις ισημερίες, σε τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος βόρειο  $38^\circ$ , όπως της Αθήνας. (Οι ενδείξεις του μεσημεριού και των ωρών της ημέρας είναι σε ηλιακές τιμές) [22]



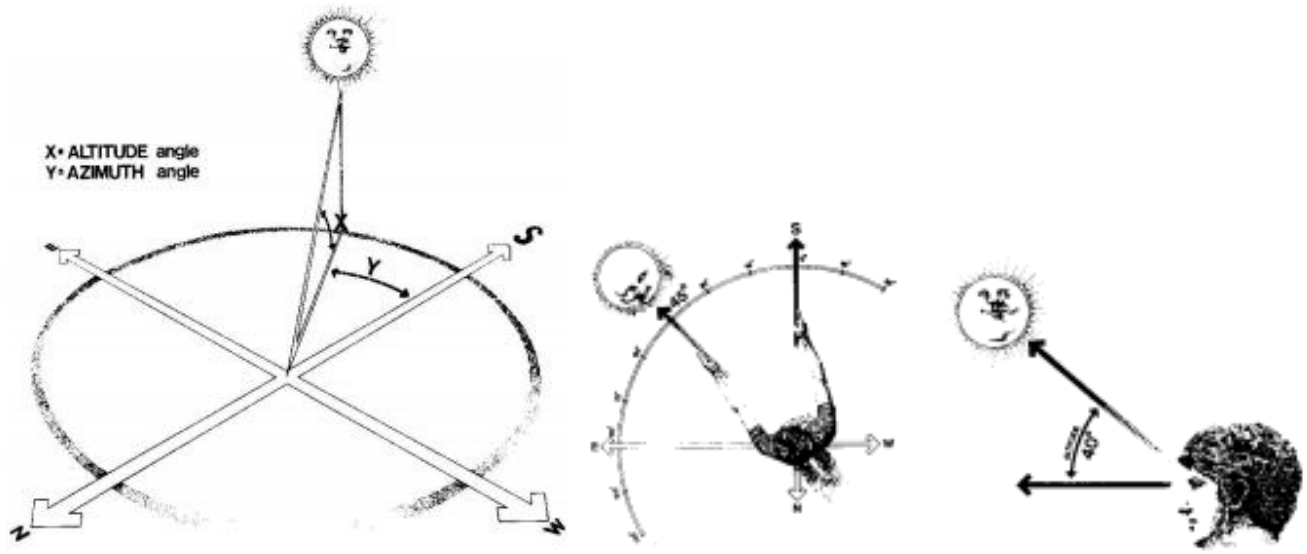
Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε κάποιο επίπεδο εξαρτάται κυρίως από τη γωνία μεταξύ των ακτινών και του επιπέδου. Η γωνία αυτή μεταβάλλεται στη διάρκεια της ημέρας. Για οριζόντιο επίπεδο είναι μηδέν κατά την ανατολή και τη δύση. Κατά το ‘ηλιακό μεσημέρι’ παρουσιάζεται η μέγιστη ημερήσια τιμή της, η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και την ημερομηνία.



Εικ.2.26 Γωνία πρόσπτωσης του Ήλιου [21]

Οι ηλιακές γωνίες είναι ένα ζεύγος γωνιακών μεταβλητών ( ‘ηλιακό υψόμετρο’ και ‘αζιμούθιο’), που ορίζουν τη φαινόμενη θέση του Ήλιου στη δεδομένη στιγμή.

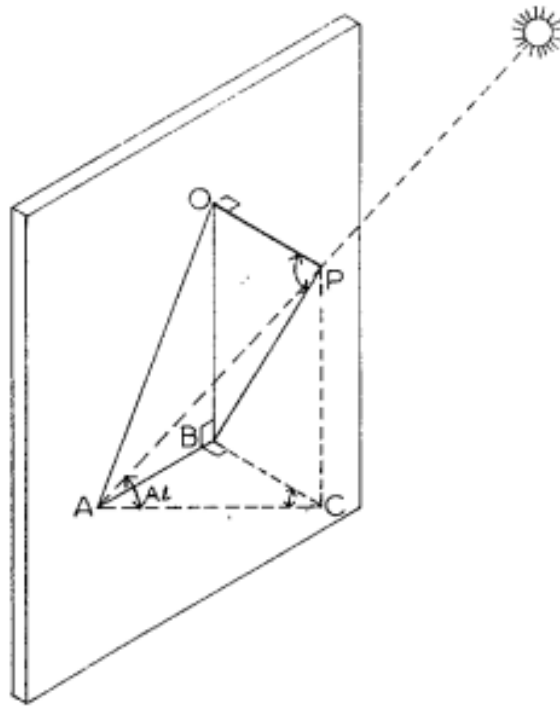
- Το **ηλιακό υψόμετρο** είναι η γωνία μεταξύ μιας ακτίνας και της οριζόντιας προβολής της. Τα σημεία του ορίζοντα έχουν υψόμετρο  $0^\circ$ , ενώ το υψόμετρο του ζενίθ είναι  $90^\circ$ .
- Το **ηλιακό αζιμούθιο** είναι η γωνία της οριζόντιας προβολής της ακτίνας και της διεύθυνσης που λαμβάνεται ως αφετηρία. Μετράται στο οριζόντιο επίπεδο δεξιόστροφα, με αφετηρία τον Βορρά ή τον Νότο, ανάλογα με την επιλεγμένη σύμβαση.



Εικ.2.27 Ζεύγος ηλιακών γωνιών [21]

Σε αρκετές περιπτώσεις είναι πιο πρακτικός ο συσχετισμός της διεύθυνσης των ηλιακών ακτινών όχι με το οριζόντιο επίπεδο ή τον Βορρά/Νότο αλλά με δεδομένο επίπεδο, λοξό ή κατακόρυφο –π.χ. έναν τοίχο. Αυτό γίνεται μετατρέποντας τις συμβατικές ηλιακές γωνίες σε ‘σχετικές’.

- Το σχετικό ηλιακό αζιμούθιο είναι η οριζόντια προβολή της γωνίας που σχηματίζουν οι ακτίνες και μια ευθεία κάθετη στο δεδομένο επίπεδο (γωνία ACB).
- Το σχετικό ηλιακό υψόμετρο είναι η προβολή του ηλιακού υψόμετρου σε επίπεδο κάθετο στο δεδομένο (γωνία PBC). [21]



Εικ.2.28 Σχετικές ηλιακές γωνίες [21]

1. Αριθμός ημέρας,  $H=1...365$
2. Γωνιακή θέση Γης,  $A=360 \cdot H/365.25$
3. Απόκλιση,  $D=\arcsin\{0.3978 \cdot \sin[A-80.2+1.92 \cdot \sin(A-2.8)]\}$
4. Ωριαία γωνία για ώρα  $h$ ,  $\omega=15(h-12)$
5. Ηλιακό υψόμετρο,  $\gamma=\arcsin(\sin L \cdot \sin D + \cos \omega \cdot \cos L \cdot \cos D)$
6. Ηλιακό αζιμούθιο,  $\varphi=\arcsin[(\sin L \cdot \sin \gamma - \sin D) / \cos L \cdot \cos \gamma]$   
Αν  $\cos D \cdot \sin \omega / \cos \gamma < 0$  ΤΟΤΕ  $\varphi = -\varphi$

Εικ.2.29 Σχετικοί χρήσιμοι αριθμοί [21]

## 2.4 Δείκτες απόδοσης και κριτήρια αξιολόγησης Φυσικού Φωτισμού

Ο δείκτης της **Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού (Daylight Autonomy, DA)** ορίζεται ως το ποσοστό των κατειλημμένων ωρών ετησίως, που ενδεχομένως να διατηρηθεί το κατώτατο επίπεδο έντασης φωτισμού που έχει ορισθεί να εξασφαλίζεται, μόνο από το φυσικό φως, ενώ εξετάζει όλες τις συνθήκες του ουρανού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το κατώτατο επίπεδο έντασης φωτισμού αντιστοιχεί στην ελάχιστη απαίτηση φυσικού φωτισμού που πρέπει να διατηρηθεί, ώστε μια ορισμένη εργασία να είναι δυνατόν να εκτελεστεί ακίνδυνα και χωρίς κούραση του εργαζομένου. Παραδείγματος χάριν, μια αυτονομία φυσικού φωτισμού 70% για ένα χώρο εργασίας με ώρες απασχόλησης στις εργάσιμες ημέρες μεταξύ 8 πμ. και 6 μμ. και κατώτερα επίπεδα φωτισμού 500 lux, υπονοεί ότι ο υπάλληλος μπορεί, σε γενικές γραμμές, να εργαστεί το 70% του έτους μόνο με τη χρήση του φυσικού φωτισμού.

Ο δείκτης Αυτονομίας φυσικού φωτισμού είναι ένας σχετικά νέος δείκτης απόδοσης φυσικού φωτός και δεν έχουν, έως σήμερα, καθιερωθεί οι συνιστώμενες τιμές απόδοσης. Το κύριο πλεονέκτημά του είναι ότι λαμβάνει υπόψη τον προσανατολισμό των προσώπων, την παρουσία των χρηστών και εξετάζει όλες τις πιθανές συνθήκες ουρανού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ως εκ τούτου, είναι μία προσέγγιση που περιγράφει την ετήσια διαθεσιμότητα φυσικού φωτός σε ένα χώρο εργασίας. Από την άλλη, μπορεί να υπολογιστεί μόνο με προγράμματα προσομοίωσης (πράγμα που έγινε και στην παρούσα έρευνα και εξηγείται σε επόμενο κεφάλαιο). Η Αυτονομία Φυσικού Φωτισμού (DA) υπολογίζεται συχνά υποθέτοντας πως το σύστημα σκίασης είναι στην ίδια θέση όλο το χρόνο. Αυτή η υπόθεση είναι ρεαλιστική για ένα στατικό σύστημα σκίασης, όπως το εξωτερικό ράφι φωτισμού. Όποτε χρησιμοποιείται ένα κινητό σύστημα σκίασης, όπως οι βενετικές περσίδες, πρέπει να εξεταστεί ακόμη η ρύθμιση των περσίδων μέσω του χρήστη ή του αυτοματοποιημένου ελέγχου. Αυτό περιπλέκει, είναι η αλήθεια, περαιτέρω την ανάλυση, δεδομένου ότι απαιτεί ένα πρότυπο συμπεριφοράς χρηστών που να προβλέπει τον τρόπο που περιστρέφονται οι περσίδες σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα, στη διάρκεια του έτους. Η αυτονομία φυσικού φωτισμού χαρακτηρίζει τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού ενός χώρου.

Από 'κει και πέρα, η μέθοδος Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού, παρουσιάζει και δύο μειονεκτήματα. Αφενός, αδυνατεί να δώσει την πρέπουσα σημασία στις χαμηλές τιμές φωτισμού (π.χ. < 300lx), οι οποίες έχει αποδειχθεί πως συχνά εκτιμώνται από τους χρήστες και συγχρόνως, μπορούν να αντικαταστήσουν τμήμα του τεχνητού φωτισμού. Αφετέρου, δε λαμβάνει υπόψη το κατά πόσο ξεπερνιέται η οριακή τιμή φωτισμού ανά πάσα στιγμή, πράγμα που σχετίζεται άμεσα με την πιθανότητα εμφάνισης θάμβωσης. [23]

Σε πρόσφατες έρευνές τους, οι Nabil και Mardaljevic προτείνουν ένα νέο τρόπο αξιολόγησης του φυσικού φωτισμού στα κτίρια, ο οποίος σχετίζεται κυρίως με την ποσότητα, αλλά σαφώς και με την ποιότητα του φωτός στο επίπεδο εργασίας [Nabil & Mardaljevic, 2005], [Nabil & Mardaljevic, 2006]. Ο δείκτης που αντιπροσωπεύει τη νέα αυτή μέθοδο ονομάζεται **Δείκτης Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού (Useful Daylight Illuminance, UDI)** και βασίζεται σε κλιματικά δεδομένα ωριαίων τιμών φυσικού φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η συγκεκριμένη προσέγγιση λαμβάνει υπόψη πραγματικούς, ρεαλιστικούς τύπους ουρανού (και όχι απλά το νεφοσκεπή), προβλέποντας ωριαίες τιμές φυσικού φωτισμού (lx) μέσα στα κτίρια. Επιπλέον, παρέχει πληροφορίες σχετικά με την τάση των υψηλών τιμών φωτισμού να προκαλούν οπτική δυσφορία στους χρήστες (θάμβωση), καθώς και ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη. Η νέα αυτή μέθοδος υπολογίζει τη συχνότητα κατά την οποία επιτυγχάνονται τιμές φυσικού φωτισμού συγκεκριμένου εύρους (κλίμακας).

Ωφέλιμες τιμές φυσικού φωτισμού ορίζονται αυτές που περιλαμβάνονται στο εύρος των 100-2000 lux. Το εύρος αυτό καθορίστηκε βάσει πρόσφατων επιτόπιων ερευνών σχετικά με τη συμπεριφορά χρηστών υπό διαφορετικές συνθήκες φυσικού φωτισμού [Nabil & Mardaljevic, 2006:906]. Έτσι, έγινε ο εξής διαχωρισμός όσον αφορά στα επίπεδα φωτισμού που προκύπτουν σε έναν οποιονδήποτε εσωτερικό χώρο λόγω φυσικού φωτισμού:

- Τιμές < 100 lux θεωρούνται ανεπαρκείς για τις περισσότερες δραστηριότητες (ώστε ο φυσικός να αποτελέσει τη μοναδική πηγή φωτισμού)
  - Τιμές 100 – 500 lux θεωρούνται επαρκείς για τις περισσότερες δραστηριότητες (με το φυσικό φωτισμό να αποτελεί είτε μοναδική πηγή είτε συμπληρωματική του τεχνητού φωτισμού)
  - Τιμές 500 – 2000 lux θεωρούνται επιθυμητές και πλήρως επαρκείς για τις περισσότερες δραστηριότητες (με το φυσικό να αποτελεί μοναδική πηγή φωτισμού)
  - Τιμές > 2000 lux θεωρούνται ικανές να προκαλέσουν προβλήματα οπτικής ή θερμικής άνεσης
- [23]

Τέλος, ο Δείκτης Συνεχούς Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού (**Continuous Daylight Autonomy, conDA**), προτεινόμενος από τον Rogers το 2006, είναι ένας άλλος δείκτης που προέκυψε από την έρευνα. Αντίθετα με τη συμβατική Αυτονομία Φυσικού Φωτισμού, μερική συμβολή του φυσικού φωτός αποδίδεται στα χρονικά σημεία που η ένταση φυσικού φωτός βρίσκεται κάτω από το κατώτατο απαιτούμενο επίπεδο έντασης φωτισμού. Για παράδειγμα, στην περίπτωση όπου απαιτούνται 500 lux και παρέχονται 400 lux από το φυσικό φως σε μία δεδομένη στιγμή, μια μερική συμβολή  $400\text{lux}/500\text{lux}=0.8$  προσφέρεται για εκείνο το χρονικό διάστημα. Το αποτέλεσμα είναι η κατάργηση ενός αυστηρού κατώτατου ορίου και η εξομάλυνση της μετάβασης μεταξύ της συνεισφοράς και της μη συνεισφοράς. Αυτή η αλλαγή στο δείκτη μπορεί να δικαιολογηθεί από τις έρευνες πεδίων που δείχνουν ότι οι προτιμήσεις φωτισμού ποικίλουν μεταξύ των ατόμων και ότι πολλοί υπάλληλοι γραφείων τείνουν να εργάζονται σε χαμηλότερα επίπεδα φυσικού φωτός από τα συνήθως αναφερόμενα 300 ή 500 lux. Ουσιαστικά, ο δείκτης αναγνωρίζει ότι ακόμη και μια μερική συμβολή του φυσικού φωτός σε ένα χώρο είναι ευεργετική. Ιδιαίτερα, η μέθοδος της Συνεχούς Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού είναι χρήσιμη για την εμφάνιση της δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας στην περίπτωση που ο τεχνητός φωτισμός έχει δυνατότητα ρύθμισης της έντασης (dimming) ή διακόπτες με δυνατότητα πολύ-επίπεδης επιλογής. [23]

## 2.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

[1] Tsangrassoulis A. , Synnefa A, Jacobs A., Wilson M., Solomon J., Fontoynt M., Pohl W., Zimmeremann A. , Synthlight Handbook: European Educational Infrastructure on Energy Efficient Lighting Technologies, Assisted by 3D Environments, 2004

[2] Ευγενία Α. Λάζαρη. “Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Σεπτέμβριος 2002

[3][http://www.door-royal.gr/cms/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=115:βασικες-ανγκες&lang=el](http://www.door-royal.gr/cms/index.php?option=com_k2&view=item&id=115:βασικες-ανγκες&lang=el)

[4] The worlds of David Darling, Encyclopedia of alternative energy, [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/L/AE\\_light\\_shelf.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/L/AE_light_shelf.html)

[5] <http://www.nulightsolutions.com/>

[6] [www.flashlight.gr](http://www.flashlight.gr)

[7] «Φωτισμός», [http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1\\_41/df-c-iliamos.pdf](http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-c-iliamos.pdf)

[8] Chartered Institution of Building Services Engineers, [www.cibse.org](http://www.cibse.org)

[9] Illuminating Engineering Society of North America, The Lighting Handbook, Ninth Edition

[10] «Advanced Energy Design Guide for Small Hospitals and Healthcare Facilities», American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)

[11] CSN EN 12464-1 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places, <http://www.en-standard.eu>

[12] Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Β' Έκδοση, Αθήνα, Απρίλιος 2012

- [13] Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων ,Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010
- [14] Baker, N., Fanchiotti, A., Steemers, K. (eds), 1993. Daylighting in Architecture – A European Reference Book, Commission of the European Communities Directorate General XII for Science Research and Development, Brussels : James & James Ltd
- [15] Μερέση Αικατερίνη. Εξοικονόμηση ενέργειας στη σχολική αίθουσα μέσω του φυσικού φωτισμού. Διδακτορική διατριβή. Επιβλέπων Καθηγητής: Αντωνίου Κ., Τμήμα αρχιτεκτόνων της πολυτεχνικής σχολής του ΑΠΘ, 2010
- [16] Σαμακίδης Δημήτρης, «Παραμετρική ανάλυση της επιρροής των αδιαφανών και διαφανών στοιχείων του κτιριακού κελύφους στη διαμόρφωση των ενεργειακών αναγκών για φωτισμό με σύζευξη φυσικού και τεχνητού φωτισμού», Διπλωματική εργασία, Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών ειδίκευσης «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Α.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
- [17] ΤΕΕ, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, «Ενεργειακή ταυτότητα Κτιρίων – Ενεργειακές Επιθεωρήσεις» [http://www.tkmactions.tee.gr/sections/6\\_Omades\\_Ergasias/3\\_Energieias/12.pdf](http://www.tkmactions.tee.gr/sections/6_Omades_Ergasias/3_Energieias/12.pdf)
- [18] 8. Jae-Yong Suk, Marc Schiler& Karen Kensek, Development of new daylight glare analysis methodology using absolute glare factor and relative glare factor, Energy and Buildings (2013)
- [19] Florida Solar Energy Center, <http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/buildings/basics/windows/how/glare.htm>
- [20] Wienold J, Christoffersen J. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. Energy and Buildings (2006), 38:743–757
- [21] Θάνος Ν. Στασινόπουλος, «Ηλιακή Γεωμετρία», Σημειώσεις για το μεταπτυχιακό μάθημα «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός», Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 2001
- [22] Χριστοφής Ι. Κορωνάιος, «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Διδακτικές σημειώσεις, Διεπιστημονικό -Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Σ.Π.Μ.Σ.) «Περιβάλλον και Ανάπτυξη». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα, Μάρτιος 2012



[23] Γούλα Ευγενία, «Προσομοίωση χώρου σε λογισμικό με βάση παράγοντες φωτισμού», Διπλωματική Εργασία, Επιβλέποντες: Τζουβαδάκης Ι., Σκλάβου Ε., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, Οκτώβριος 2012

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΚΙΑΣΗ

Τα **συστήματα σκίασης** αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Προφυλάσσουν τα κτίρια από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία και συμβάλλουν στη διαμόρφωση των ιδανικών συνθηκών σε εσωτερικούς - κοινόχρηστους χώρους. Η κατάλληλη εφαρμογή συστημάτων ρύθμισης του φυσικού φωτισμού στα κτίρια οδηγεί στη βιοκλιματική αναβάθμισή τους, με αποτέλεσμα την **εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση δαπανών για θέρμανση, κλιματισμό και τεχνητό φωτισμό**.

Βασικός είναι ο προσεκτικός σχεδιασμός του συστήματος σκίασης, που μπορεί να ελέγξει αποτελεσματικά την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, αποκόποντάς την όταν δεν είναι επιθυμητή και ανακατανέμοντάς την σε μεγαλύτερο βάθος χώρου, καθώς και να ρυθμίσει, εν μέρει, τη διάχυτη ακτινοβολία και την ακτινοβολία από ανάκλαση. Ακόμα, οφείλει να ελέγξει φαινόμενα θάμβωσης από εξωτερικές ή εσωτερικές πηγές, ικανοποιώντας ταυτόχρονα τα επιθυμητά επίπεδα φυσικού φωτισμού χωρίς να εμποδίζει το φυσικό αερισμό. Για τη μελέτη των συστημάτων σκίασης πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η ακριβής θέση του κτιρίου και ο προσανατολισμός του. Προφανώς, **σε κάθε όψη του κτιρίου οι απαιτήσεις σκίασης είναι διαφορετικές, αφού αλλάζει ο προσανατολισμός**. Ο έλεγχος της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να γίνει με:

- συστήματα σκίασης
- έλεγχο της γεωμετρίας του κτιρίου και του προσανατολισμού
- έλεγχο των διαστάσεων των ανοιγμάτων και των ιδιοτήτων των υαλοπινάκων
- προσαρμογή στο σχεδιασμό των γειτονικών κτιρίων και έλεγχο της σκίασης από άλλα εμπόδια
- φύτευση [1]

### 3.1 Συστήματα σκίασης – Γενικά

Η σωστή μελέτη ηλιασμού έχει ως σκοπό την προστασία του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία όταν αυτή είναι ανεπιθύμητη, δηλαδή κατά τους θερινούς μήνες, χωρίς όμως να εμποδίζεται η πρόσδοδος της το χειμώνα που είναι επιθυμητή. Για το λόγο αυτό, το μήκος των εξωτερικών σκιάστρων υπολογίζεται σε χαρακτηριστικές ημερομηνίες και συγκεκριμένα, πρέπει να έχει τέτοιο μήκος, ούτως ώστε κατά το

χειμερινό ηλιοστάσιο να εισέρχεται επαρκής ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτιρίου ενώ κατά το θερινό ηλιοστάσιο να παρέχεται επαρκής σκιασμός. Η θέση του ηλίου μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια για μια δεδομένη ώρα της ημέρας συγκεκριμένου μήνα για δεδομένο γεωγραφικό πλάτος. Χονδρικά, ένας εμπειρικός κανόνας για τον υπολογισμό του αναγκαίου μήκους του προβόλου είναι ότι σε γεωγραφικό πλάτος  $36^\circ$  το μήκος του πρέπει να είναι το  $\frac{1}{4}$  του ύψους του (από το δάπεδο), ενώ σε γεωγραφικό πλάτος  $46^\circ$  το  $\frac{1}{2}$ . Βέβαια, στην παρούσα εργασία, λήφθηκαν υπόψη οι διατάξεις βάσει της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, οι οποίες και θα παρατεθούν παρακάτω. Ο ρόλος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διπλός : για τη θέρμανση και το φωτισμό του κτιρίου. Η άμεση ακτινοβολία μπορεί να δημιουργήσει θάμβωση (λάμψη) στο εσωτερικό. Για την αποφυγή του φαινομένου αυτού, θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθούν είτε υαλοστάσια προηγμένης τεχνολογίας, είτε πιο ευέλικτα συστήματα σκίασης, όπως για παράδειγμα εξωτερικές ή εσωτερικές περσίδες (γρίλιες), ρυθμιζόμενα στόρια παραθύρου, κουρτίνες ή τέντες. [2]

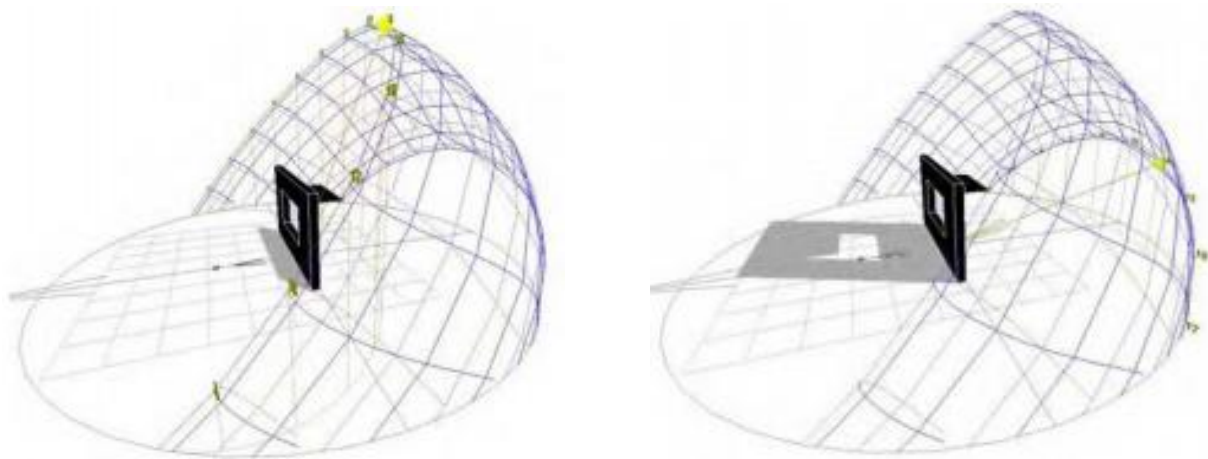
Τα συστήματα σκίασης (όσα από τα οποία μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία αναλύονται και στις ενότητες που ακολουθούν) διαχωρίζονται σε :

- εξωτερικά και εσωτερικά
- σταθερά και κινητά
- εποχιακά
- μόνωσης
- υαλοπίνακες
- καινοτόμα συστήματα

Αποδοτικότερος είναι ο εξωτερικός σκιασμός, αφού έτσι εμποδίζονται οι ηλιακές ακτίνες να εισέλθουν μέσα στο κτίριο, σε αντίθεση με τον εσωτερικό σκιασμό, κατά τον οποίο οι ηλιακές ακτίνες έχουν ήδη διέλθει από το τζάμι κι ένα τμήμα της θερμικής ακτινοβολίας εγκλωβίζεται μεταξύ τζαμιού και διατάξεων σκίασης.

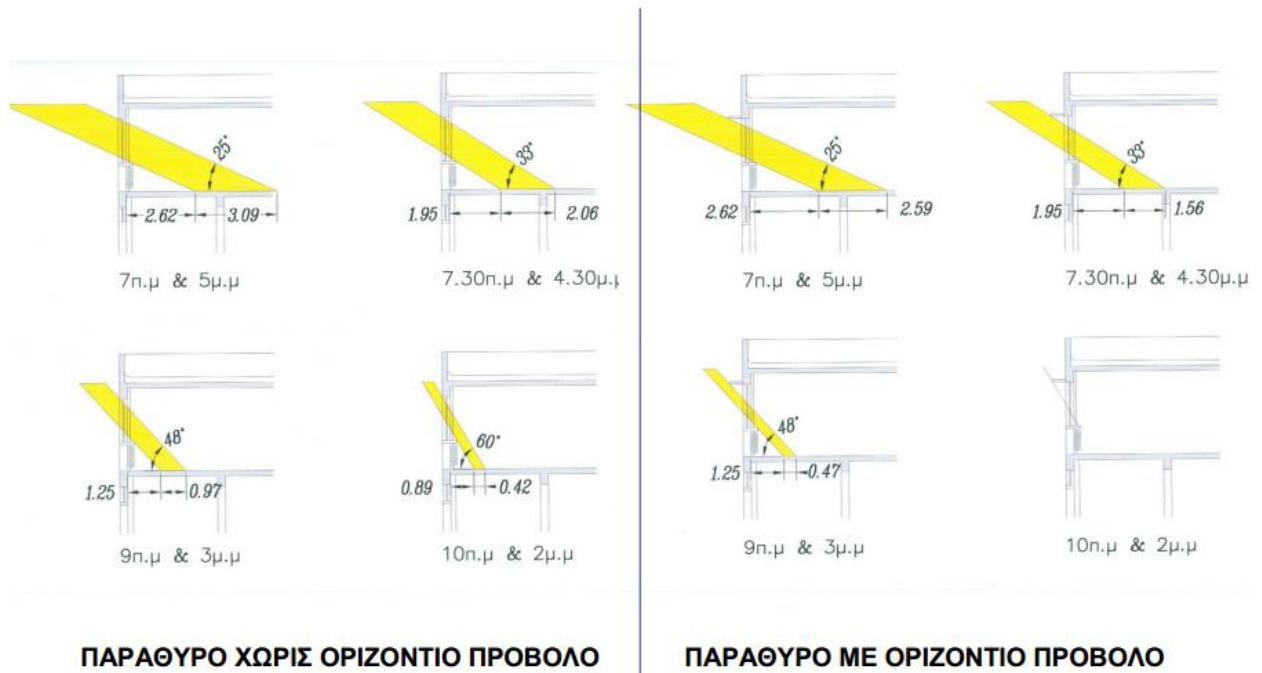
### 3.2 Σταθερά συστήματα σκίασης

Τα σταθερά συστήματα σκίασης συνήθως είναι **εξωτερικά** και αποτελούν κυρίως αρχιτεκτονικά στοιχεία. Μπορεί να είναι οριζόντιες ή κατακόρυφες περσίδες, είτε σκίαστρο, ή ακόμα και **συνδυασμός** τους. Επίσης, τον ίδιο ρόλο μπορεί να επιτελέσει το μεγάλο πάχος του τοίχου όταν το παράθυρο τοποθετείται στην εσωτερική παρειά του (παραδοσιακά πέτρινα σπίτια). Συνήθως, η κατασκευή αυτού του τύπου σκιάστρων αποτελεί μια πρακτική και οικονομική λύση, που είναι αποτελεσματική στον αποκλεισμό της άμεσης ακτινοβολίας όχι όμως και της διάχυτης, ενώ δε δίνει λύση στα προβλήματα θάμβωσης. Το πλάτος του σκιάστρου καθορίζεται από τον προσανατολισμό, το γεωγραφικό πλάτος, το ύψος του παραθύρου και την κατακόρυφη απόσταση ανάμεσα στο πρέκι του παραθύρου και το σκίαστρο. Το μήκος του καθορίζεται από το μήκος του παραθύρου και το γεωγραφικό πλάτος. Στις νότιες προσόψεις το καλοκαίρι μπορεί να αποκλείσει την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το χειμώνα να της επιτρέψει να εισχωρήσει στο κτίριο. Έπειτα, για να διευκολυνθεί η κυκλοφορία του αέρα το σκέπαστρο μπορεί να είναι περσιδωτό (π.χ. πέργκολα). Γενικότερα, τα σταθερά συστήματα σκίασης δεν προσφέρουν επαρκή σκίαση στον πρωινό και απογευματινό ήλιο που βρίσκεται χαμηλά, γι' αυτό είτε πρέπει να προεξέχει αρκετά από τα δύο άκρα του παραθύρου είτε να υπάρχουν και κατακόρυφα στοιχεία (τα οποία όμως μειώνουν το ποσό του φυσικού φωτός που εισέρχεται στο δωμάτιο, πράγμα που δεν είναι καθόλου θεμιτό). Σε αυτές τις περιπτώσεις, ιδιαίτερα αποτελεσματική μπορεί να αποδειχθεί η φύτευση ή η τοποθέτηση κινητών στοιχείων σκίασης. Ένας γενικότερος κανόνας για τα σκίαστρα αυτού του τύπου είναι ότι είναι αποτελεσματικά για προσόψεις προσανατολισμένες στο νότο με απόκλιση ως  $45^\circ$ . Στο παράδειγμα της διπλής επόμενης εικόνας φαίνεται η λειτουργία του σταθερού σκιάστρου σε δωμάτιο προσανατολισμένο Νότια στις 21 Ιουνίου, όπου αποκόπτει πλήρως τον ήλιο και στις 21 Δεκεμβρίου όπου ο ήλιος εισέρχεται στο δωμάτιο λόγω του χαμηλού του ύψους. [1]

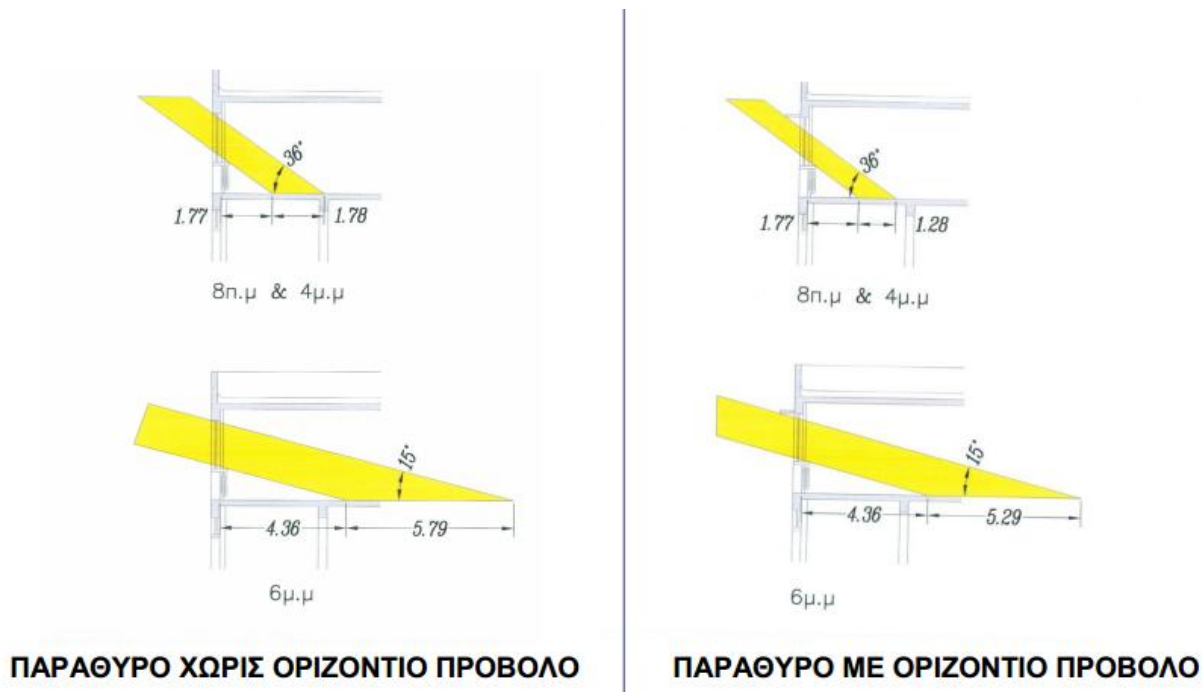


Εικ.3.1 Σταθερό σκίαστρο σε νότια όψη στις 21 Ιουνίου και στις 21 Δεκεμβρίου, αντίστοιχα. [1]

### 21 ΙΟΥΝΙΟΥ - ΘΕΡΙΝΟ ΗΛΙΟΣΤΑΣΙΟ



Εικ.3.2 Εισχώρηση ήλιου στο χώρο χωρίς και με σκίαστρο (νότια όψη) [3]



Εικ.3.3 Εισχώρηση ήλιου στο χώρο χωρίς και με σκίαστρο (σε νότια όψη) [3]

### 3.3 Κινητά συστήματα σκίασης

Τα κινητά, ή αλλιώς δυναμικά, συστήματα σκίασης τοποθετούνται **εσωτερικά, εξωτερικά ή στο κενό ενός διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα**. Ο χειρισμός τέτοιων συστημάτων είναι πιο εύκολος και φθηνός όταν γίνεται χειροκίνητα. Γι' αυτό συνήθως τοποθετούνται εσωτερικά. 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. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα συστήματα σκίασης που τοποθετούνται εσωτερικά μπορούν να εξυπηρετήσουν μόνο λόγους ιδιωτικότητας και περιορισμού της φωτεινής έντασης ή της θάμβωσης, ενώ 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]

Ορισμένα από τα κινητά συστήματα σκίασης αναλύονται περαιτέρω στις υποενότητες που ακολουθούν.



*Εικ.3.4 Κινητό σύστημα σκίασης (με μηχανισμό) [4]*

### **3.4 Περσίδες σκίασης και στόρια**

Οι περσίδες σκίασης και τα κινητά στόρια αποτελούν κλασσικούς τρόπους αποφυγής της διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας και της θάμβωσης. Σε αρκετές περιπτώσεις, οι διατάξεις αυτές ανακατευθύνοντας ουσιαστικά το φως, προσφέρουν ομοιομορφία στο φωτισμό. Οι περσίδες σκίασης τοποθετούνται εξωτερικά των ανοιγμάτων κατά κανόνα, σε αντίθεση με τα κινητά στόρια που μπαίνουν εσωτερικά ή και ανάμεσα στα υαλοπετάσματα. Επίσης, μπορούν να είναι οριζόντιες, κατακόρυφες,

καμπύλες, ανάλογα με τον προσανατολισμό του ανοίγματος και τη λειτουργία των σκιαδίων. Τέλος, έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν και νυχτερινές συνθήκες (σκοτάδι). [5]

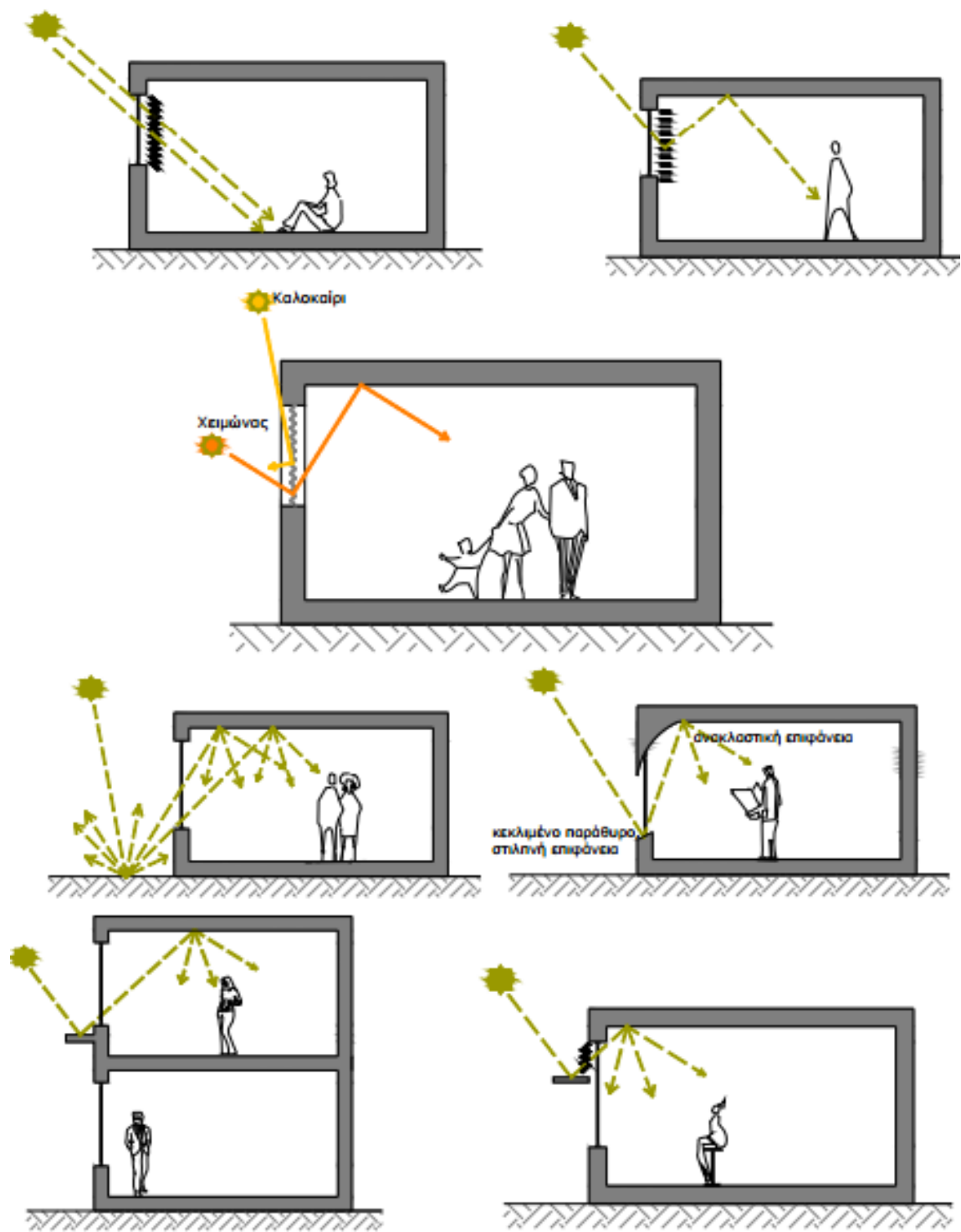


Εικ.3.5 Αριστερά: Ενδεικτική λειτουργία των κλασικών σκιαδίων – Δεξιά: Παράδειγμα χρήσης σκιαδίων ανάμεσα σε υαλοπετάσματα [5]

### 3.5 Ανακλαστικές Περσίδες

Οι ανακλαστικές περσίδες μπορεί να είναι **εξωτερικές ή εσωτερικές** με ανακλαστική την άνω παρειά τους, οι οποίες αυξάνουν την ποσότητα του φωτισμού που δέχεται ο χώρος, παρέχοντας συγχρόνως σκiasμό και προστασία από τη θάμβωση. Δεν πρέπει να παραβλέπεται, βέβαια, το γεγονός ότι το καλοκαίρι ή κατά τη διάρκεια ημερών με μεγάλη ηλιοφάνεια, οι πολύ στιλπνές επιφάνειες των περσίδων μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση. Επίσης, με τη χρησιμοποίηση ανακλαστήρων στην οροφή ή με τη βαφή της οροφής με υλικό με μεγάλη ανακλαστικότητα αυξάνεται η διείσδυση της απευθείας φωτεινής ακτινοβολίας βαθιά στο χώρο, ενώ με τη χρησιμοποίηση εσωτερικών ανακλαστήρων, που διαχέουν το φως, εξασφαλίζεται καλύτερη κατανομή του φωτός στο χώρο. Ο Louis Kahn, η αρχιτεκτονική του οποίου βασίζεται στο φυσικό φως, χρησιμοποίησε τέτοιους ανακλαστήρες στο Kimbell Art Museum στο Texas για να αποφύγει τη θάμβωση και να αναδείξει τα έργα τέχνης. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται το σκίτσο του Louis Kahn, που δείχνει τις αρχικές σκέψεις του για την εφαρμογή των ανακλαστών. Εάν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες διατάξεις, ακόμη και τα μικρά ανοίγματα παρέχουν ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτισμού.[6]

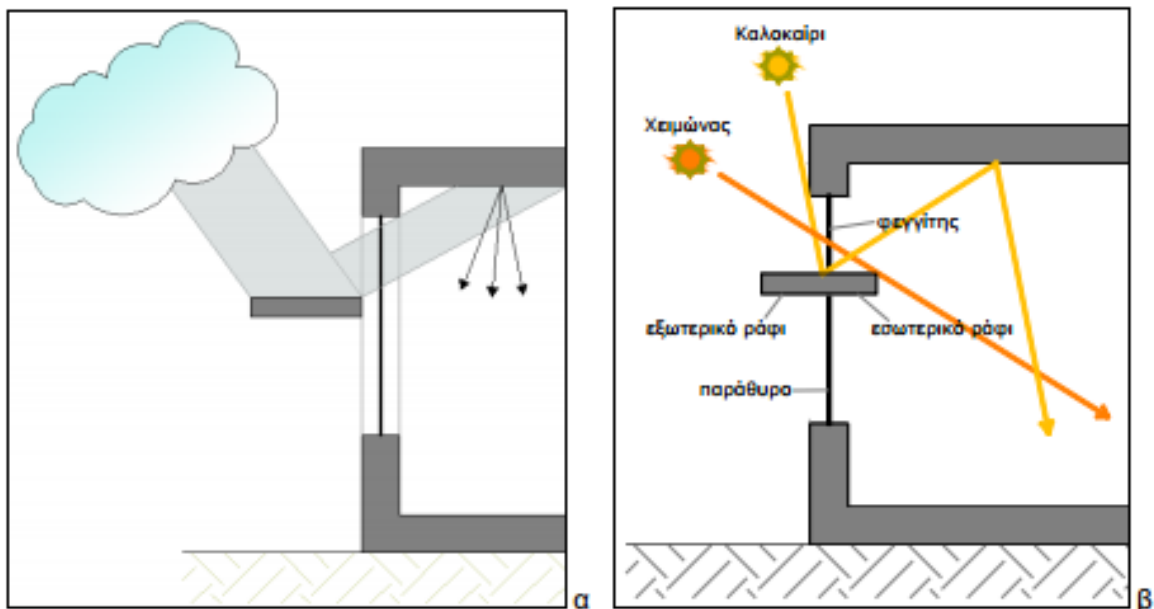




Εικ.3.6 Διατάξεις περσίδων με ανακλαστική την άνω παρειά τους που συμβάλλουν στο να οδηγηθεί το φυσικό φως στην οροφή του χώρου [6]

### 3.6 Ράφια φωτισμού






Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα στοιχεία που τοποθετούνται στα ανοίγματα, πάνω από τη γραμμή όρασης. Συνήθως έχουν στυλπνή την άνω επιφάνειά τους (κατοπτρική επιφάνεια ή επιφάνεια που προκαλεί διάχυση), στην οποία ανακλάται η προσπίπτουσα φωτεινή ακτινοβολία και κατευθύνεται προς την οροφή του χώρου, ή διαχέεται αντίστοιχα, βελτιώνοντας έτσι την κατανομή του φωτισμού. Παράλληλα, παρέχουν προστασία από τη θάμβωση εξαιτίας της θέασης του ουρανού από το εσωτερικό και λειτουργούν ως ηλιοπροστατευτική διάταξη για το τμήμα του παραθύρου που βρίσκεται κάτω από αυτά. Η κάτω πλευρά τους ανακλά επίσης τις φωτεινές δέσμες τις προερχόμενες από το έδαφος και αυξάνει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στο χώρο. Τα ράφια φωτισμού κατασκευάζονται στην **εσωτερική ή εξωτερική πλευρά ή εκατέρωθεν του υαλοστασίου (συνδυασμός)** και αποτελούν συγχρόνως στοιχείο της αρχιτεκτονικής σύνθεσης. [6]



Εικ.3.7 Ανακλαστικά ράφια (α) εξωτερικά ή (β) εκατέρωθεν του ανοίγματος [6]




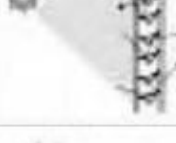

### 3.7 Άλλα συστήματα σκίασης – ανάκλασης – ανακατανομής φωτός

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένα από τα κυριότερα συστήματα φωτισμού:

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ					
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Ανοίγματα οροφής που διαχέουν το φυσικό φως		Πρισματικά πανέλα	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα, φεγγίτες	Αποκόπτουν τη θέα, αυξάνουν την ομοιομορφία στο χώρο, ίσως προκαλούν θάμβωση
		Πρίσματα, Βενετικά στόρια	Ήπιο, νότιος προσανατολισμός	Κατακόρυφα παράθυρα	Ίσως αποκόπτουν τη θέα, αυξάνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, εμποδίζουν τη θάμβωση, πρέπει να προσαρμόζονται στη θέση του ήλιου
		Πρισματικά στοιχεία που αποκόπτουν το άμεσο φως	Ήπιο	Φεγγίτες, γυάλινες οροφές	Δεν προσφέρουν θέα, προσφέρουν ομοιομορφία στο φωτισμό, δεν προκαλούν θάμβωση
		Ανειδωλικά συστήματα οροφής	Ήπιο	Ανοίγματα οροφής	Δεν προσφέρουν θέα, προσφέρουν ομοιομορφία στο φωτισμό, δεν προκαλούν θάμβωση
		Σύστημα κατεύθυνσης του φωτισμού με ολογραφικά στοιχεία HOE	Όλα	Ανοίγματα οροφής, φεγγίτες	Εξωτερική θέα, ομοιογενής φωτισμός, πρέπει να ακολουθεί την πορεία του ήλιου





Εικ.3.8 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Συστήματα που χρησιμοποιούν άμεσο φως		Σκίαστρο που ανακλά το φως	Ζεστό, καθαρός ουρανός με ήλιο	Κατακόρυφα παράθυρα πάνω από το ύψος του ματιού	Θέα, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, ανακατευθύνουν το φως βαθιά μέσα στο χώρο
		Περσίδες και στόρια	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα	Ελέγχουν θάμβωση, αν είναι κινητά προσφέρουν και θέα, προσφέρουν ομοιομορφία στο φωτισμό, ανακατευθύνουν το φως βαθιά μέσα στο χώρο, πρέπει να ακολουθούν την κίνηση του ήλιου
		Ράφι φωτισμού με ανακλαστήρα	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα	Θέα, ανακατευθύνουν το φως βαθιά στο χώρο και μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού
		Τζάμι με περσίδες ανακλαστικές (π.χ. Okasolar)	Ήπιο	Κατακόρυφα παράθυρα, ανοίγματα οραφής	Ανακατευθύνουν το φως στο χώρο, ομοιομορφία, συνήθως είναι πολύ φωτεινά στοιχεία και κόβουν τη θέα
		Ανειδωλικές περσίδες	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα	Ελέγχουν τη θάμβωση, ανακατευθύνουν το φως στο χώρο, προσφέρουν ομοιομορφία

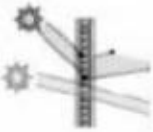



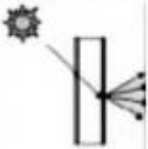
Εικ.3.9 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΣΚΙΑΣΗ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Συστήματα που κατευθύνουν και διαχέουν το φως		Ράφι φωτισμού	Ήπιο, νεφροσκεπής ουρανός	Κατακόρυφα παράθυρα, νότιος προσανατολισμός	Θέα, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού,
		Ανειδωλικό σύστημα	Ήπιο	Κατακόρυφα παράθυρα	Θέα, ανακατευθύνουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Ανειδωλικό σύστημα οροφής	Ήπιο	Προσόψεις μεγάλου ύψους, πάνω από το ύψος του πρεκτιού	Θέα, ανακατευθύνουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Σύστημα τύπου fish	Ήπιο	Κατακόρυφα παράθυρα	Ελέγχουν τη θάμβωση, αποκόπτουν τη θέα, ανακατευθύνουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου

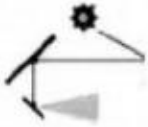


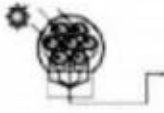

Εικ.3.10 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΣΚΙΑΣΗ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Συστήματα που κατευθύνουν το φως		Πανέλα κομμένα με laser	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα, ανοίγματα οροφής	Αποκόπτουν τη θέα, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, ανακατευθύνουν το φως, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Πρισματικά πανέλα	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα, ανοίγματα οροφής	Τα χαρακτηριστικά τους διαφέρουν κάθε φορά ανάλογα με την εφαρμογή
		Ολογραφικά οπτικά στοιχεία HOE σε ανοίγματα οροφής	Όλα	Ανοίγματα οροφής	Ανακατευθύνουν και διαχέουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Τζάμι που κατευθύνει το ηλιακό φως	Όλα	Κατακόρυφα παράθυρα, ανοίγματα οροφής	Αποκόπτουν τη θέα, ανακατευθύνουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
Συστήματα διαχυτικά		Μεμβράνη διαχυτική	Όλα	Κατακόρυφα ανοίγματα, ανοίγματα οροφής	Αποκόπτουν τη θέα, ανακατευθύνουν το φως, προσφέρουν ομοιομορφία, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου

Εικ.3.11 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΣΚΙΑΣΗ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΚΛΙΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Συστήματα που μεταφέρουν το φως σε μεγάλες αποστάσεις		Ηλιοστάτης	Όλα, καθαρός ουρανός με ήλιο	Οπουδήποτε	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Αγωγός φωτισμού	Όλα, καθαρός ουρανός με ήλιο	Οπουδήποτε	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου
		Αγωγός φωτισμού	Όλα, καθαρός ουρανός με ήλιο	Οπουδήποτε	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου, δε χρειάζονται μεγάλη επιφάνεια για την εγκατάσταση
		Οπτικές ίνες	Όλα, καθαρός ουρανός με ήλιο	Οπουδήποτε	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, η πηγή μπορεί να βρίσκεται πολύ μακριά από τη φωτιστική επιφάνεια
		Σύστημα οροφής που μεταφέρει το φως	Όλο, καθαρός ουρανός με ήλιο	Προσόψεις μεγάλου ύψους, πάνω από το ύψος του πρεκτιού	Μεταφέρουν το φως βαθιά μέσα στο κτίριο, μεγαλώνουν την ομοιομορφία του φωτισμού, δε χρειάζεται να παρακολουθούν την πορεία του ήλιου

Εικ.3.12 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]

### 3.8 Συντελεστες σκίασης

Ο συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου προκύπτει ως το γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης:

- του συντελεστή σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου (γειτνιάζοντα κτίρια, κλπ.).
- του συντελεστή σκίαση από πλευρικό εμπόδιο.
- του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο.

Τονίζεται ότι όλοι οι συντελεστές είναι μειωτικοί λαμβάνοντας τιμή ίση με τη μονάδα (1), όταν δεν υπάρχει καθόλου σκίαση και ίση με μηδέν (0) για πλήρη σκίαση.

Σύμφωνα με την παράγραφο 2γ του άρθρου 9 του Κ.Εν.Α.Κ., τα κατακόρυφα ανοίγματα του κτιρίου αναφοράς διαθέτουν τα απαραίτητα σταθερά εξωτερικά οριζόντια ή πλευρικά σκίαστρα (προβόλους, εξωτερικές περσίδες, πέργκολες, μπαλκόνια, κ.ά.) λόγω των οποίων ο μέσος συντελεστής σκίασής τους κατά τη θερινή περίοδο είναι:

- 0.70 για τις νότιες όψεις και
- 0.75 για τις όψεις με δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό.

Για τους ενδιάμεσους προσανατολισμούς ισχύουν οι συντελεστές:

- 0.80 για βορειοδυτικό και βορειοανατολικό,
- 0.73 για νοτιοδυτικό και νοτιοανατολικό,
- 1.00 για βόρειο.

Για τη χειμερινή περίοδο, ο μέσος συντελεστής σκίασης των ανοιγμάτων λαμβάνεται ίσος με τον καθοριζόμενο στο εξεταζόμενο κτίριο και προκύπτει ανάλογα με τον τύπο του σκιάστρου. Τα εσωτερικά σκίαστρα (περσίδες, κουρτίνες) των ανοιγμάτων και τα εξωτερικά παραθυρόφυλλα, τα οποία επίσης δε θεωρούνται σταθερά σκίαστρα, δε λαμβάνονται υπόψη. [7]



### 3.9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- [1] Αναστασία Ακρίβου, «Το φυσικό φως στο μουσείο», Ερευνητικό Θέμα, Επιβλέπων: Τσαγκρασούλης Α., Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Σεπτέμβριος 2010
- [2] «Η ενεργειακή επιθεώρηση στα κτίρια και στη βιομηχανία και η προετοιμασία των μηχανικών στην Κρήτη», ΤΕΕ, Τμήμα Ανατολικής και Δυτικής Κρήτης, Οκτώβριος 2005, Κεφ. 4.3.4.
- [3] «Κατασκευαστική διερεύνηση κτηρίου με έμφαση στον Βιώσιμο Σχεδιασμό» , Εκπαιδευτικό Υλικό, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, <file:///C:/Users/ppuser4/Downloads/YPOL-SKIASH.pdf>
- [4] [http://www.exalco.gr/html/product\\_image.asp?id=46](http://www.exalco.gr/html/product_image.asp?id=46)
- [5] «Φωτισμός», [http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1\\_41/df-c-iliasmus.pdf](http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-c-iliasmus.pdf)
- [6] Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, «ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ», Α' Έκδοση, Αθήνα, Ιανουάριος 2011
- [7] Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Β' Έκδοση, Αθήνα, Απρίλιος 2012

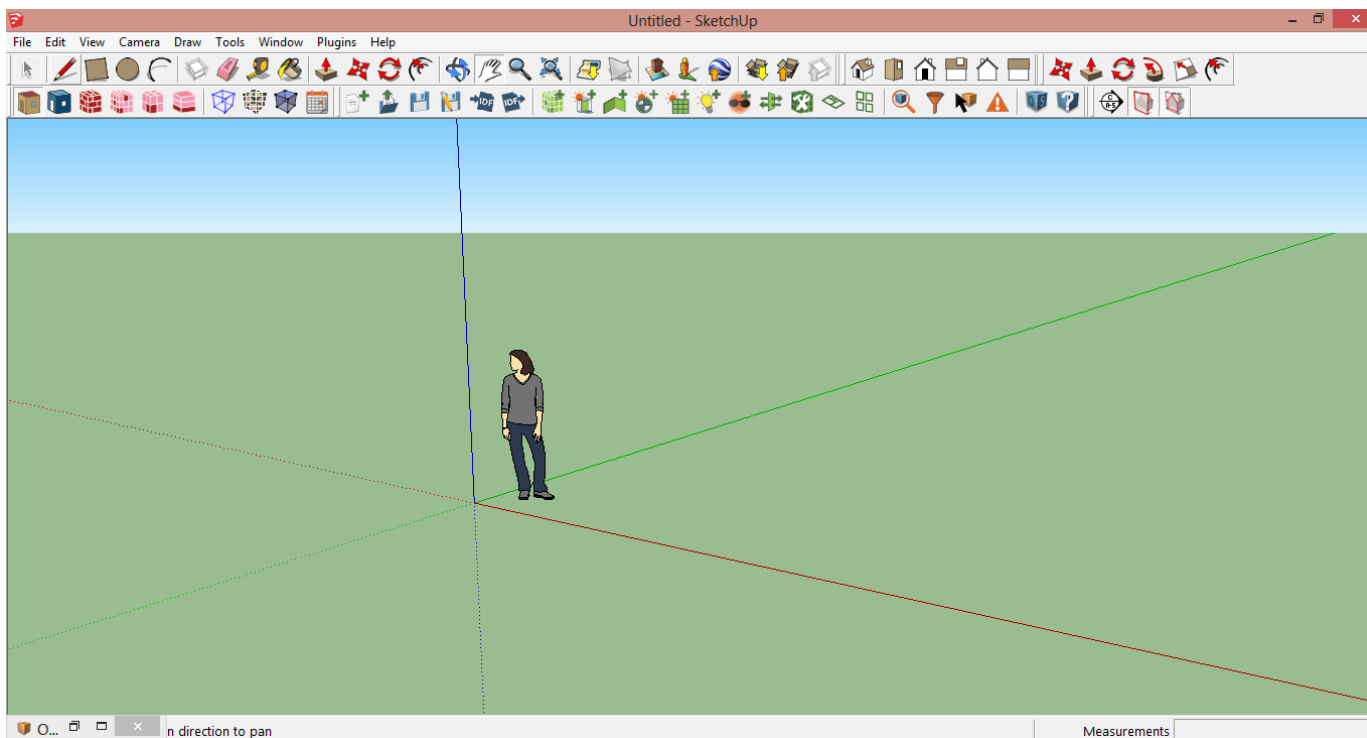
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Στην παρούσα εργασία, όσον αφορά στην αξιοποίηση του Φυσικού Φωτισμού στο δίκλινο θάλαμο νοσηλείας μεγάλου γενικού νοσοκομείου δυτικά της Αθήνας, για την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης έγιναν προσομοιώσεις με χρήση του λογισμικού OpenStudio, το οποίο είναι συνδεδεμένο με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Google Sketch\_up, καθώς και εκείνο μέτρησης επιπέδων ηλιακής ακτινοβολίας και απόδοσης φωτισμού, Radiance, μέσω αντίστοιχων επεκτάσεων (plug-in). Έπειτα, η θερμική ανάλυση και η εξαγωγή γενικότερων ενεργειακών παραμέτρων και κερδών επετεύχθη μέσω του προγράμματος EnergyPlus.

### 4.1 Google Sketch\_up

Το SketchUp είναι ένα τρισδιάστατο πρόγραμμα σχεδίασης, δημοφιλές σε αρχιτέκτονες, πολιτικούς μηχανικούς, μηχανολόγους μηχανικούς, αλλά και σε κινηματογράφο ή σχεδιαστές βιντεοπαιχνιδιών. Η εταιρία που το αντιπροσωπεύει ήταν ανεξάρτητη έως το 2006, αλλά από τότε ανήκει στη Google, ενώ διατίθεται δωρεάν στο διαδίκτυο.[1] Δίνει τη δυνατότητα εικονικής αποτύπωσης ενός κτιρίου, στο οποίο μπορούν να επιλεγούν διάφοροι τύποι με αυτόματα ενσωματωμένες λειτουργίες και προδιαγραφές (όπως εμπορικό κέντρο, κατοικία, νοσοκομείο, σούπερ μάρκετ κ.ά.). Περιλαμβάνει, δηλαδή, πέρα από την κατάρτιση της διάταξης, τις ιδιότητες της λειτουργικότητάς του, ενώ επιτρέπει την απόδοση επιφανειών με ποικίλους τρόπους. Επίσης, υποστηρίζει επεκτάσεις προγραμμάτων (plug-in), παρέχοντας διάφορες δυνατότητες, όπως αυτή που επέτασσε η παρούσα έρευνα, τη φωτο-ρεαλιστική απόδοση.

Το SketchUp, λοιπόν, με τη βοήθεια της επέκτασης από το πρόγραμμα του OpenStudio-plug in είναι το μέσο για τη 3D μοντελοποίηση. Επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει γρήγορα γεωμετρία και να εκχωρήσει χαρακτηριστικά και ιδιότητες χώρου. Έτσι, τα υφιστάμενα εργαλεία σχεδίασης καθιστώνται άμεσα συνεργάσιμα με τις εφαρμογές του ενεργειακού πακέτου μοντελοποίησης του OpenStudio.[2]

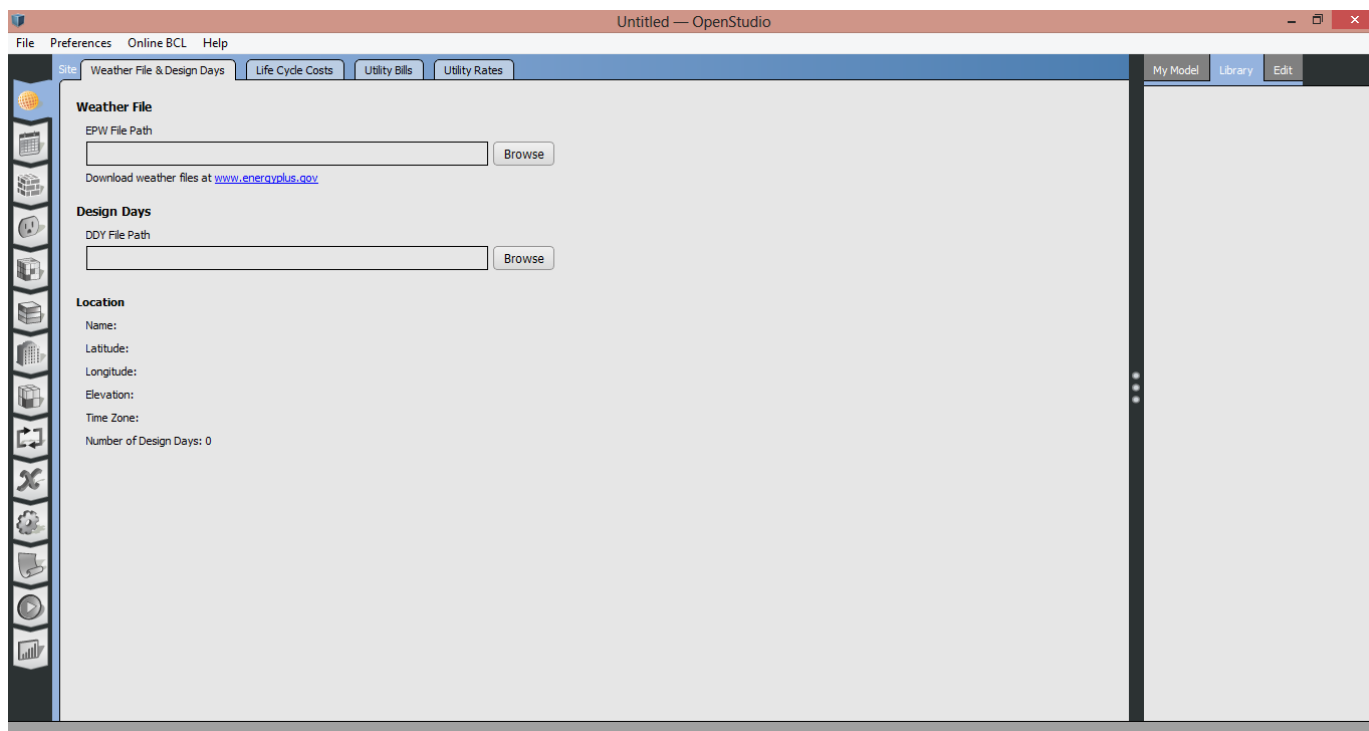


Εικ.4.1 Επιφάνεια σχεδίασης του προγράμματος Sketch\_up

## 4.2 OpenStudio

Το OpenStudio είναι μία πλατφόρμα εργαλείων λογισμικού για την υποστήριξη της ενεργειακής μοντελοποίησης ολόκληρου του κτιρίου, χρησιμοποιώντας EnergyPlus και της ανάλυσης φυσικού φωτός, χρησιμοποιώντας Radiance. Είναι ένα έργο ανοικτού πηγαίου κώδικα που όμως έχει σκοπό την εξέλιξη και επέκταση του ιδιωτικού τομέα. Ακόμα, συνεργάζεται με γραφικό λογισμικό Software Development Kit(SDK). Περιλαμβάνει, πέρα από την επέκτασή του στο Sketch\_up και την αυτόνομη εφαρμογή Openstudio, το Parametric Analysis Tool, που επιτρέπει στο χρήστη να τροποποιήσει ένα πρότυπο OpenStudio παράγοντας εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού, το Results Viewer, που είναι και το μέσον εξαγωγής αποτελεσμάτων και το Run Manager, το οποίο επιτρέπει την περιήγηση, τη σχεδίαση και τη σύγκριση δεδομένων από μοντελοποιήσεις EnergyPlus και ResultsViewer ταυτόχρονα.

Αφού εκχωρηθεί στην πλατφόρμα του OpenStudio η γεωμετρία και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του χώρου, που εισήχθησαν στο πρόγραμμα Sketch\_up, δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής και επεξεργασίας δεδομένων, όπως η στοιχειοθέτηση υλικών(ιδιότητές τους), η διαμόρφωση δομικών κατασκευασμάτων(π.χ. τοίχοι, παράθυρα, δάπεδα, κτλ.), η προσθήκη ηλεκτρικών συσκευών, σκίασης, συστημάτων αερισμού, κλιματισμού, θέρμανσης και άλλες λειτουργίες του κτιρίου, σχετικά με τους χώρους ή τις θερμικές του ζώνες. Σε όλα τα παραπάνω, συμπεριλαμβάνεται η δυναμική επιλογή αντίστοιχων χρονοδιαγραμμάτων. Επίσης, υπάρχει ενσωματωμένη βιβλιοθήκη εύρεσης διαφόρων δομικών στοιχείων, Building Component Library(BCL). Τελικώς, προστίθεται η χρήση μιας ετήσιας προσομοίωσης μέσω Radiance για τη μέτρηση φυσικού φωτισμού ή θάμβωσης σε προεπιλεγμένο σημείο του μοντέλου.[2]

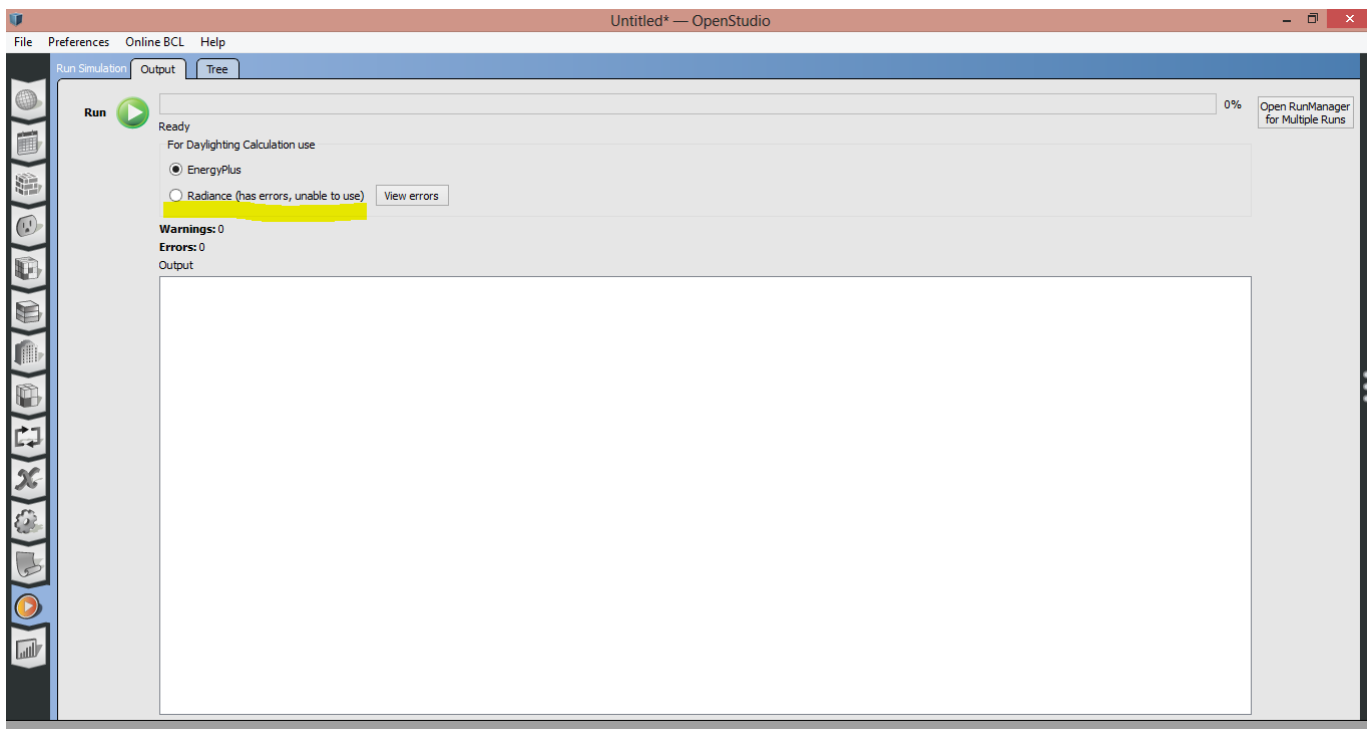


Εικ.4.2 Επιφάνεια εργασίας της πλατφόρμας OpenStudio

### 4.3 Radiance

Το Radiance είναι κατάλληλο για την ποσοτική και όχι μόνο, απόδοση φυσικού φωτισμού σε οποιονδήποτε χώρο. Αποτελεί έναν ανοιχτό κώδικα μικρότερων υποπρογραμμάτων για υπολογισμούς σε Η/Υ. Πρόκειται για ένα ερευνητικό εργαλείο με σκοπό τον ακριβή υπολογισμό και την πρόβλεψη της ορατής ακτινοβολίας στο χώρο. Το Radiance πλεονεκτεί έναντι άλλων προγραμμάτων φωτισμού στο ότι χρησιμοποιεί τεχνική προσομοίωσης ray-tracing, που συνεπάγεται τον υπολογισμό των ανακλάσεων σε όλες τις επιφάνειες του χώρου στο τελικό αποτέλεσμα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί γεωμετρικά μοντέλα τριών διαστάσεων σαν δεδομένα για να παράγει φασματικές τιμές ακτινοβολίας στη μορφή φωτορεαλιστικών εικόνων. Ο κώδικας αυτός ωστόσο είναι κάτι παραπάνω από μία φωτορεαλιστική αναπαράσταση.

Το Radiance παρουσιάζεται ιδιαίτερα χρήσιμο στην περίπτωση που κάποιος έχει να ανταπεξέλθει σε καινοτόμες και πειραματικές μελέτες. Προσομοιώνοντας τη συμπεριφορά του φωτός, υπολογίζει τιμές ηλιακής ακτινοβολίας και προβλέπει την αναπαράσταση οποιασδήποτε σκηνής που έχει γεωμετρικά περιγραφεί και συγκεκριμένα, ενός αρχιτεκτονικού χώρου. Ακόμα, εκπληρώνει τον “παραδοσιακό” ρόλο προγραμμάτων αυτού του είδους, αλλά προσφέρει επιπλέον προσομοιώσεις φωτισμού με ακρίβεια και προχωρημένα μοντέλα σχετικά με αντανάκλαση πάνω σε επιφάνειες και με αυτόν τον τρόπο, καλύπτει επιτυχώς θέματα σχετιζόμενα με αλληπάλληλες ανακλάσεις (diffuse and specular interreflection) σε περίπλοκους χώρους.[3]



Εικ.4.3 Επιλογή «τρεξίματος» με το πρόγραμμα Radiance

## 4.4 Energy Plus

Το EnergyPlus είναι ένα εργαλείο προσομοίωσης ενέργειας ολόκληρου του κτιρίου, που οι αρχιτέκτονες, οι μηχανικοί και οποιοιδήποτε ερευνητές χρησιμοποιούν για να μοντελοποιήσουν την ενεργειακή του απόδοση και κατ' επέκταση, να βελτιστοποιήσουν το σχεδιασμό του με γνώμονα τη λιγότερη δυνατή κατανάλωση(σε ρεύμα, νερό, πετρέλαιο, κτλ.). Κάθε έκδοση του συγκεκριμένου προγράμματος έχει δοκιμαστεί εκτενώς, πριν διατεθεί -δωρεάν- στο χρήστη, με αποτέλεσμα να αντιπροσωπεύει σε υπέρτατο βαθμό την πραγματικότητα. Συγχρονίζεται άμεσα με το εκάστοτε μοντελοποιημένο αρχείο του OpenStudio και του SketchUp, ενώ δίνει τη δυνατότητα απόδοσης, πέρα των μεταβλητών και των ιδιοτήτων των προαναφερθέντων προγραμμάτων, επιπλέον συστημάτων, όπως ψύξης, θέρμανσης, μηχανολογικού εξοπλισμού, άλλων ροών ενέργειας, χρήσης νερού κ.ά. Επίσης, περιλαμβάνει προσομοιώσεις, τα αποτελέσματα των οποίων μπορεί να έχουν χρονικά βήματα λιγότερο από μία ώρα, αρθρωτά συστήματα και εγκαταστάσεις, ενσωματωμένη θερμική ισορροπία προσομοίωσης

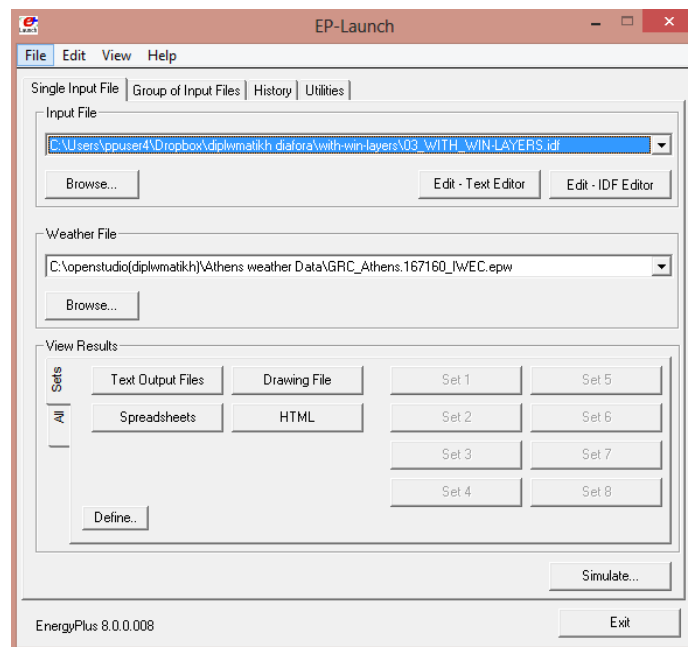
βασισμένη στις οριοθετημένες ζώνες του εξεταζόμενου κτιρίου, ροή του αέρα, θερμική άνεση, χρήση του νερού, του φυσικού αερισμού και των φωτοβολταϊκών συστημάτων.[4]

Έτσι, το EnergyPlus είναι ουσιαστικά μία ενεργειακή-θερμική ανάλυση, η οποία με βάση την κτιριακή περιγραφή του χρήστη από δομικής και μηχανολογικής άποψης, υπολογίζει τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης, υπό το θερμικό έλεγχο τηρουμένων ορίων, τις συνθήκες εν μέσω ενός δευτερεύοντος συστήματος HVAC, αλλά και την κατανάλωση ενέργειας του πρωτογενούς εξοπλισμού της μονάδας. Κατά συνέπεια, με την ένταξη όλων αυτών των στοιχείων η προσομοίωση γίνεται όσο το δυνατόν πιο προσκείμενη στην πραγματική κατάσταση του κτιρίου.[5]

Παρακάτω παρατίθεται ένας αντιπροσωπευτικός κατάλογος των δυνατοτήτων του EnergyPlus (στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 8-1-0):

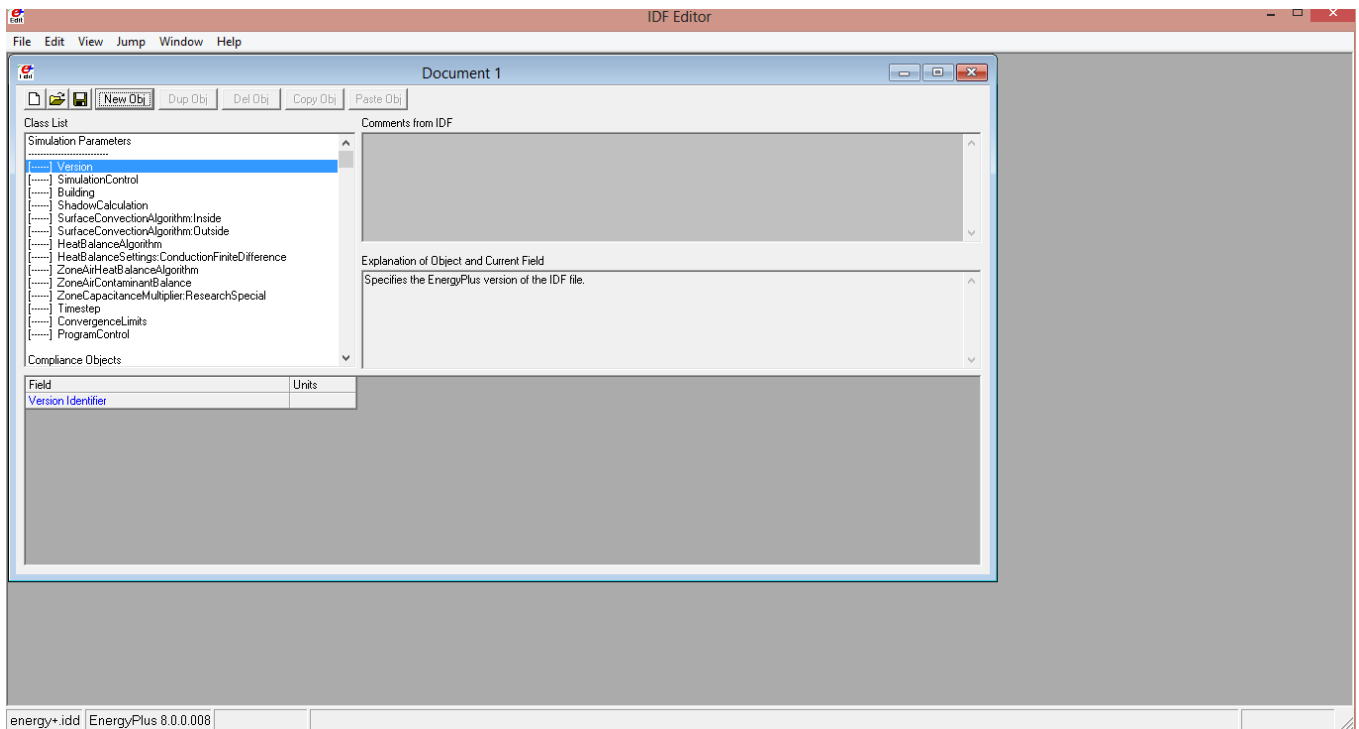
- Ολοκληρωμένη και ταυτόχρονη λύση, όπου η συμπεριφορά του κτιρίου και τα πρωτεύοντα και τα δευτερεύοντα συστήματα είναι στενά συνδεδεμένα(εκτελείται επανάληψη, αν απαιτηθεί).
- Υπο-ωριαία, ρυθμιζόμενα από το χρήστη, βήματα για την αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος ή των συστημάτων HVAC(αυτόματη μεταβολή για εξασφάλιση σταθερότητας).
- Προσθήκη αρχείων κειμένου ASCII, βασιζόμενα σε καιρικές συνθήκες, εισαγωγή δεδομένων και εξαγωγή αποτελεσμάτων που περιλαμβάνουν ωριαίες ή υπο-ωριαίες περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και δυνατότητα εκθέσεων απ' το χρήστη.
- Θερμική ισορροπία, με βάση την τεχνική λύση για την οικοδόμηση θερμικών φορτίων, που επιτρέπει τον ταυτόχρονο υπολογισμό της ακτινοβολίας και των επιπτώσεών της στις εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες κατά τη διάρκεια κάθε χρονικού βήματος.
- Παροδική θερμική αγωγιμότητα μέσω δομικών στοιχείων, όπως τοίχοι, οροφές, δάπεδα κλπ., χρησιμοποιώντας τις λειτουργίες μεταφοράς αγωγιμότητας.
- Βελτιωμένα μοντέλα εδάφους μεταφοράς θερμότητας, μέσω συνδέσεων με τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους πεπερασμένων στοιχείων και απλοποίηση αναλυτικών τεχνικών.
- Μοντέλο συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και μεταφοράς μάζας, που συνυπολογίζει την προσρόφιση/ εκρόφιση υγρασίας.

- Μοντέλα θερμικής άνεσης με βάση την ανθρώπινη δραστηριότητα, μέσα σε ξηρό θερμομέτρο, υγρασία, κτλ.
- Ανισοτροπικό μοντέλο ουρανού για βελτιωμένο υπολογισμό της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας, ακόμα και σε κεκλιμένη επιφάνεια.
- Σύνθετοι υπολογισμοί υαλοπινάκων, συμπεριλαμβανομένων κινούμενων περσίδων, ηλεκτροχρωμικών υαλοπινάκων, ειδικών υαλοπινάκων που επιτρέπουν τη σωστή ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας να απορροφηθεί από τα τζάμια και μιας πλήρους βιβλιοθήκης για πολλά εμπορικά διαθέσιμα παράθυρα.
- Έλεγχος Φυσικού Φωτισμού συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικής επιφάνειας υπολογισμών φωτισμού, θάμβωσης, έλεγχου φωτιστικών και επίδραση της μείωσης του τεχνητού φωτισμού στη θέρμανση και την ψύξη.
- Υπολογισμοί ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προβλέπουν CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, σωματίδια και την παραγωγή υδρογονανθράκων.



Εικ.4.4 Αρχική επιφάνεια του προγράμματος EnergyPlus, εισαγωγής αρχείου προς επεξεργασία και κλιματικών δεδομένων





Εικ.4.5 Επιφάνεια εργασίας και επεξεργασίας αρχείου του προγράμματος EnergyPlus

## 4.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

[1].<http://en.wikipedia.org/wiki/SketchUp>

[2].<http://openstudio.nrel.gov/>

[3]. Simon Crone, 1992. Radiance Users Manual (Volume 2)  
<http://radsite.lbl.gov/radiance/refer/usman2.pdf>

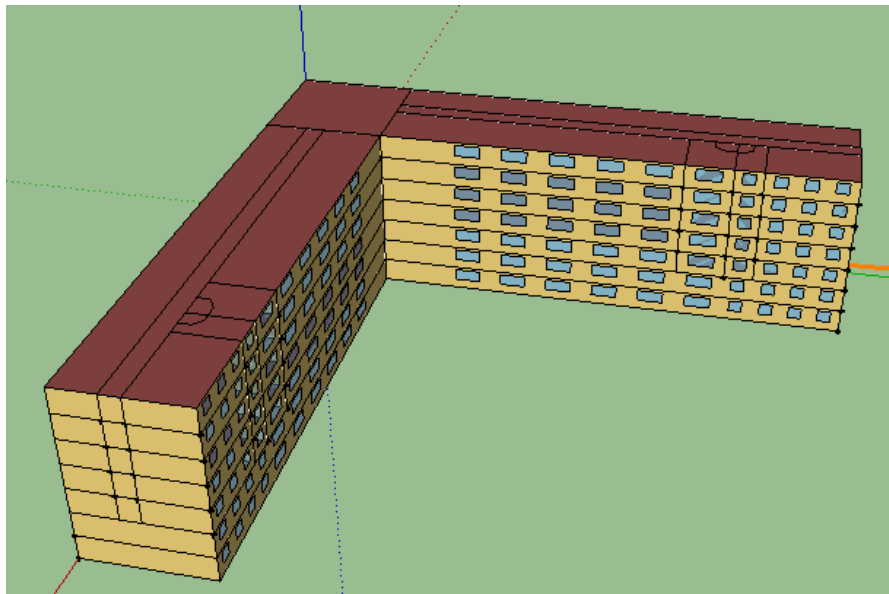
[4].<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

[5].[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus\\_about.cfm](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus_about.cfm)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΝΟΝΤΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ RADIANCE (ΜΕΣΩ ΤΟΥ OPENSTUDIO)

Η μελέτη, η προσομοίωση με το λογισμικό που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η καταγραφή των αποτελεσμάτων, καθώς και η μεταξύ τους σύγκριση, αφορούν στο δίκλινο θάλαμο νοσηλείας σύγχρονου γενικού νοσοκομείου στην Αττική, σε όχι τόσο πυκνοκατοικημένη περιοχή της. Απαιτήθηκε να είναι ένας «αντιπροσωπευτικός» θάλαμος του εν λόγω νοσοκομείου, ώστε τα αποτελέσματα να είναι δυνατό να αναχθούν σε ολόκληρο το κτίριο. Έτσι, επιλέχθηκε ένας του τετάρτου ορόφου, δηλαδή σε ύψος 12μ περίπου από το έδαφος, διαστάσεων 3.60μ x 7.00μ, εσωτερικού ύψους 3.40μ με μικρό WC (που δε λαμβάνεται υπόψη στη μελέτη φωτισμού, για ευνότητα λόγους) και με παράθυρο 1.60μ x 1.60μ (0.90μ ύψος ποδιάς και 2.50μ ύψος πρεκιού), όπως θα φανεί και σε παρακάτω εικόνες.

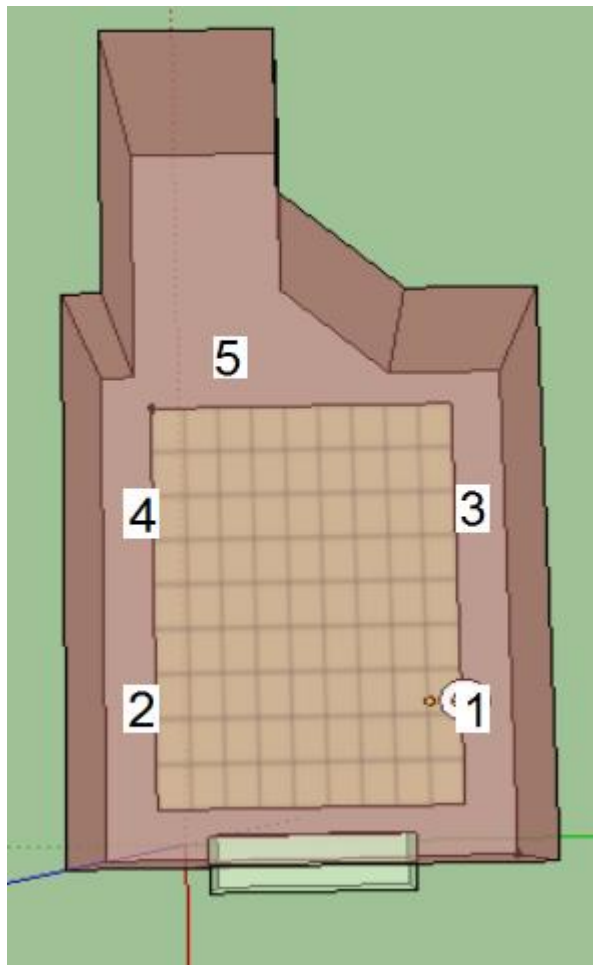
Το παρόν κτίριο είναι μορφής «Γ», άρα χρειάστηκε να μελετηθεί ο θάλαμος και για τους δύο προσανατολισμούς, οι οποίοι είναι η **ανατολή** και ο **βορράς**.



Εικ.5.1 Μορφολογία πτέρυγας θαλάμων νοσηλείας

Για τους δύο αυτούς τύπους προσανατολισμών μελετήθηκαν δύο τύποι κατόψεων: μία που οι ασθενείς κείτονται στην αριστερή πλευρά του θαλάμου και μία στη δεξιά. Ο έλεγχος φυσικού φωτισμού και θάμβωσης έγινε, δηλαδή, για πέντε συνολικά θέσεις, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί, οι οποίες είναι οι εξής:

- ✓ Οι δύο θέσεις των ασθενών σε ανάκλιση, σε ύψος ματιών 1.15μ από το έδαφος, σε απόσταση 0.50μ από τον τοίχο που ακουμπά το κρεβάτι και συνολική (κάθετη) απόσταση από το παράθυρο 1.50μ και 3.50μ, αντίστοιχα.
- ✓ Οι δύο θέσεις των ασθενών σε περίπτωση που τα κρεβάτια εφάπτονται στον απέναντι τοίχο (συμμετρικά του θαλάμου), με ακριβώς ίδιες αποστάσεις.
- ✓ Η όρθια θέση παρατηρητή (νοσοκόμας), σε ύψος ματιών 1.75μ και σε απόσταση 5.00μ από το παράθυρο.



Εικ.5.2 Θέσεις προς μελέτη του θαλάμου νοσηλείας

Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται καθαρά οι πέντε θέσεις του νοσηλευτικού θαλάμου που μελετώνται:

- ✓ Θέση 1: Ασθενής κοντά στο παράθυρο (“window”)
- ✓ Θέση 2: Έναντι αυτού (“window-opposite”)
- ✓ Θέση 3: Ασθενής εσωτερικά, κοντά στο WC (“rear”)
- ✓ Θέση 4: Έναντι αυτού (“rear-opposite”)
- ✓ Θέση 5: Όρθιος παρατηρητής/νοσοκόμα (“nurse”)

Αφού προσομοιώθηκε ο νοσηλευτικός θάλαμος γεωμετρικά, με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Google\_SketchUp, εισήχθησαν τα στοιχεία που το αφορούν (είδος χρήσης χώρου, θερμική ζώνη, υλικά, δομικά στοιχεία, κλπ.) παράλληλα με την πλατφόρμα του OpenStudio, αφού είναι πλήρως συγχρονισμένα, τα βασικότερα από τα οποία παρατίθενται στις εικόνες που έπονται. Κλιματικά/καιρικά δεδομένα (Design Days File Path) λήφθηκαν υπόψη αυτά της Αθήνας, τα οποία διατίθενται από τη σελίδα του προγράμματος EnergyPlus, όπως και για άλλες μεγάλες πόλεις. Για τα αποτελέσματα φωτισμού τοποθετήθηκαν εντός του θαλάμου δύο σένσορες, ένας για την ένταση φυσικού φωτισμού (daylight control) και ένας για τα επίπεδα θάμβωσης (glare sensor), που τοποθετήθηκαν στην εκάστοτε θέση (από τις πέντε) ενδιαφέροντος. Ακόμη, τοποθετήθηκε ειδικός χάρτης ένδειξης φωτισμού (illuminance map) σε ύψος 0.80μ από το δάπεδο που μετρά το φως που προσπίπτει σε κάθε σημείο του χώρου σε κάτοψη.

Οι χαρακτηριστικές ημερομηνίες του έτους που τέθηκαν προς μελέτη είναι οι εξής έξι:

- 21 Ιανουαρίου (τοπική ψυχρή ημέρα) [1]
- 21 Μαρτίου (Εαρινή Ισημερία)
- 21 Ιουνίου (Θερινό Ηλιοστάσιο)
- 21 Ιουλίου (τοπική θερμή ημέρα) [1]
- 23 Σεπτεμβρίου (Φθινοπωρινή Ισημερία)
- 21 Δεκεμβρίου (Χειμερινό Ηλιοστάσιο)

Έπειτα, για την όψη με ανατολικό προσανατολισμό μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν ορισμένα πιθανά **σενάρια σκίασης**, με τοποθέτηση οριζόντιων περσίδων/στοριών και όχι κατακόρυφων, λόγω ανάγκης αυξημένης δυνατότητας θέασης από κάθε οπτική γωνία του θαλάμου, εσωτερικά, ενδιάμεσα (ολική αλλαγή διπλού υαλοπίνακα, αφού ο ενδιάμεσος μηχανισμός τοποθετείται εκ των προτέρων) και εξωτερικά του διπλού υπάρχοντος υαλοπίνακα, ώστε να φανούν οι διαφορές και να κριθεί η αποδοτικότερη περίπτωση. Επιπλέον, έγινε η μελέτη του ενδεχομένου αντικατάστασης του υπάρχοντος διπλού υαλοπίνακα με διπλό αυξημένου κενού αέρα στο εσωτερικό του (4/12/4 χιλ αντί 4/6/4 χιλ).

Παρομοίως, για την όψη με βόρειο προσανατολισμό, μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν ορισμένα πιθανά **σενάρια αύξησης φυσικού φωτισμού**. Συγκεκριμένα, ελέγχθηκαν α) οριζόντιες ανακλαστικές περσίδες εσωτερικά, ενδιάμεσα (ολική αλλαγή διπλού υαλοπίνακα, αφού ο ενδιάμεσος μηχανισμός τοποθετείται εκ των προτέρων) και εξωτερικά του διπλού τζαμιού του παραθύρου, καθώς και β) ράφι φωτισμού εσωτερικά, ενδιάμεσα και εξωτερικά, επίσης, του παραθύρου. Τέλος, όπως και για την περίπτωση της ανατολής, έγινε ο έλεγχος για την ίδια πιθανή αντικατάσταση του υαλοπίνακα με αύξηση κενού αέρα.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		EPIXRISMA ASVESTOK	EPIXRISMA ASVESTOKOI	EPIXRISMA ASVES	FELLOS	Garmpilodema
Roughness		Smooth	Smooth	Smooth	MediumSmooth	Rough
Thickness	m	0.025	0.025	0.025	0.004	0.07
Conductivity	W/m-K	0.87	0.87	0.87	0.041	0.8
Density	kg/m <sup>3</sup>	1800	1800	1800	130	1600
Specific Heat	J/kg-K	1000	1000	1000	1500	1000
Thermal Absorptance		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Solar Absorptance		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Visible Absorptance		0.7	0.15	0.5	0.7	0.7

Εικ.5.3 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση

Field	Units	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11
Name		GEOIFASMA	gipsosanida	KIPSELWTO BETON	LINOLEUM	MOSAIKO	OPTOPLINTHODOMI
Roughness		Smooth	Smooth	Smooth	Smooth	MediumSmooth	Rough
Thickness	m	0.005	0.025	0.05	0.003	0.04	0.09
Conductivity	W/m-K	0.04	0.25	0.19	0.19	1.2	0.49
Density	kg/m <sup>3</sup>	100	900	500	1200	800	1200
Specific Heat	J/kg-K	1030	1000	1000	1400	1900	1000
Thermal Absorptance		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Solar Absorptance		0.7	0.15	0.7	0.7	0.7	0.7
Visible Absorptance		0.7	0.5	0.7	0.8	0.85	0.7

Εικ.5.4 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση

Field	Units	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16
Name		PETROVAMVAKAS	PETROVAMVAKAS	PLAKES EKSLASMENI POLISTEROLI	SKIRODEMA	TSIMENTOPLAKES
Roughness		Smooth	Smooth	Smooth	Rough	MediumRough
Thickness	m	0.07	0.05	0.05	0.2	0.04
Conductivity	W/m-K	0.038	0.038	0.03	2.5	1.5
Density	kg/m3	100	100	25	2400	2100
Specific Heat	J/kg-K	840	840	1300	1000	1000
Thermal Absorptance		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Solar Absorptance		0.15	0.15	0.7	0.7	0.7
Visible Absorptance		0.15	0.15	0.7	0.7	0.7

Εικ.5.5 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση

Field	Units	Obj2
Name		000 Clear 4mm
Optical Data Type		SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name		
Thickness	m	0.004
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.837
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.08
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.08
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.88
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.12
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.1
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.87
Conductivity	W/m-K	1.05
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittance		
Solar Diffusing		
Young's modulus	Pa	
Poisson's ratio		

Εικ.5.6 Ιδιότητες υαλοπίνακα

Field	Units	Obj2
Name		Window Material Gas
Gas Type		Air
Thickness	m	0.006

Εικ.5.7 Κενό αέρος ανάμεσα από τους διπλούς υαλοπίνακες του παραθύρου

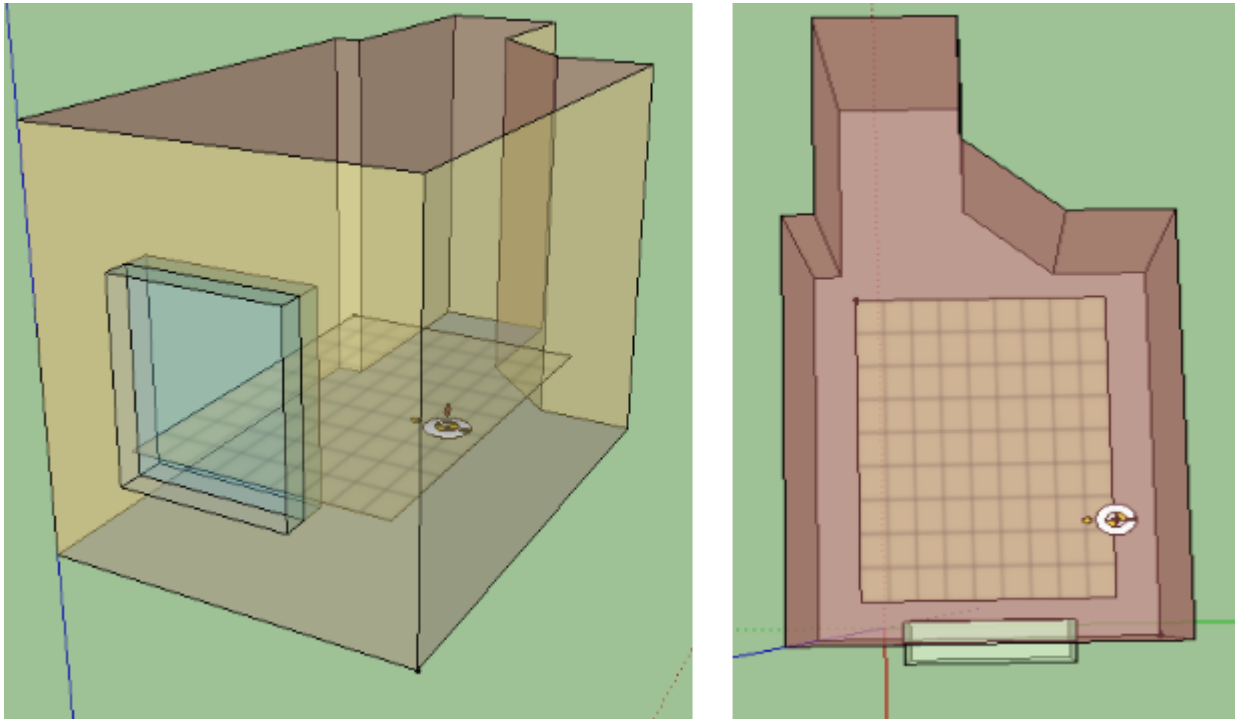
Field	Obj282	Obj284	Obj285	Obj286	Obj287	Obj288
Name	ΔΑΠΕΔΟ ΟΡΟΦΩΝ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ	ΕΧΩΤΕΡΙΚΟΣ 1	ΠΑΡΑΘΗΡΑ	PARTITION (windows)	ΡΟΟΦ ΟΡΟΦΩΝ
Outside Layer	SKIRODEMA	gipsosanida	EPIXRISMA ASVESTOKOM	000 Clear 4mm	EPIXRISMA ASVESTO	LINOLEUM
Layer 2	Garmpilodema	PETROVAMVAKAS	OPTOPLINTHODOMI	Window Material Gas		FELLOS
Layer 3	FELLOS	gipsosanida	PLAKES EKSILASMENI PC	000 Clear 4mm		Garmpilodema
Layer 4	LINOLEUM		000 F04 Wall air space resi:			SKIRODEMA
Layer 5			OPTOPLINTHODOMI			EPIXRISMA ASVE
Layer 6			000 F04 Wall air space resi:			
Layer 7			gipsosanida			
Layer 8						
Layer 9						
Layer 10						

Εικ.5.8 Δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν και στρώσεις υλικών τους (από έξω προς τα μέσα)



Εικ.5.9 Τυπικός δίκλινος θάλαμος νοσηλείας [2]



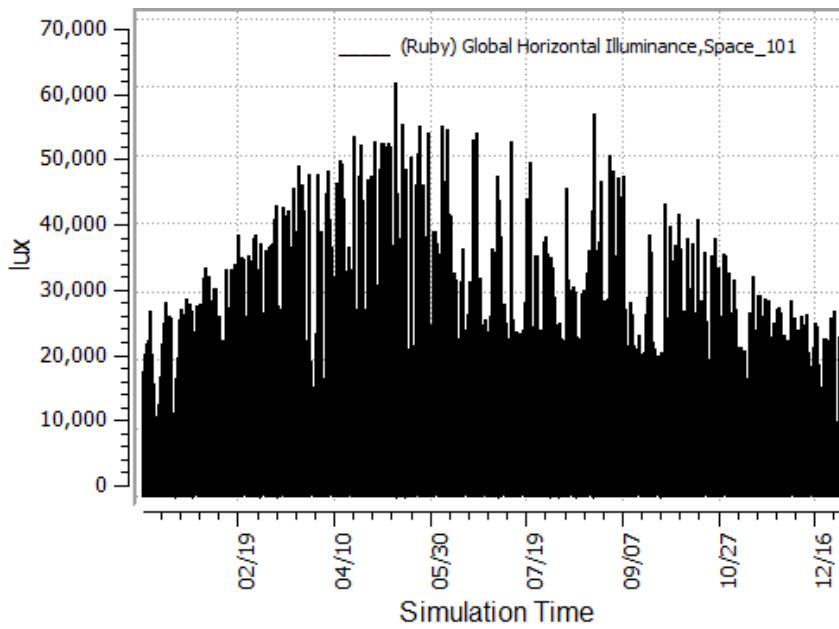


*Εικ.5.10 Προσομοίωση δίκλινου θαλάμου, με σένσορες και χάρτη φωτισμού*

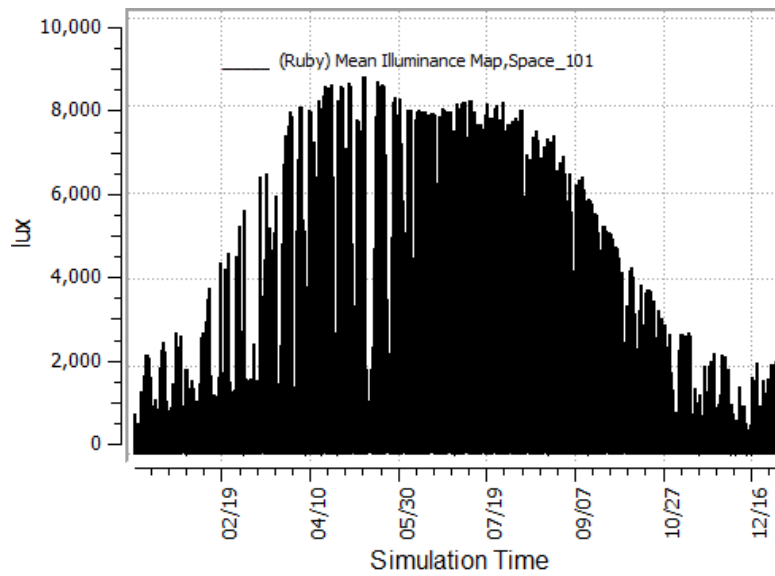
## **5.1 Θάλαμος ανατολικής όψης**

Αρχικά, παρατίθενται τα αποτελέσματα των Global Horizontal Illuminance και Mean Illuminance Map όλου του έτους. Το πρώτο αφορά στην ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η περιοχή που έχουμε εισάγει (περιβάλλοντας χώρος), δηλαδή πάνω σε ένα ιδεατό επίπεδο έξω από το θάλαμο, ενώ το δεύτερο αυτήν που προσπίπτει μέσα του (μέση τιμή εντάσεως).

Σε μορφή γραφήματος:

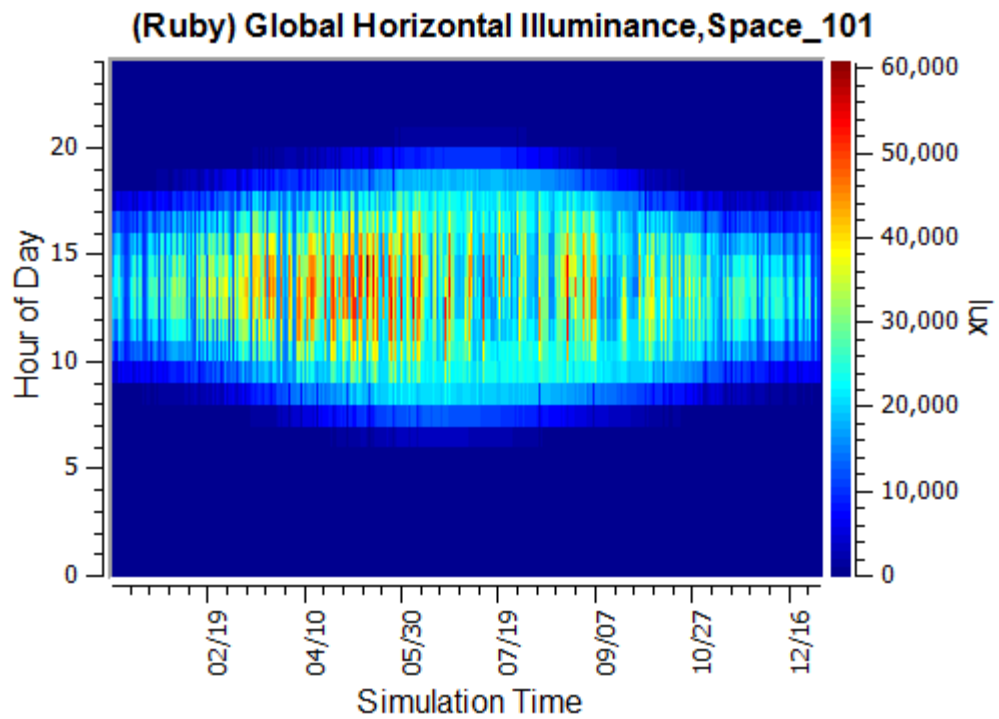


Εικ.5.11 Global Horizontal Illuminance, για όλο το έτος

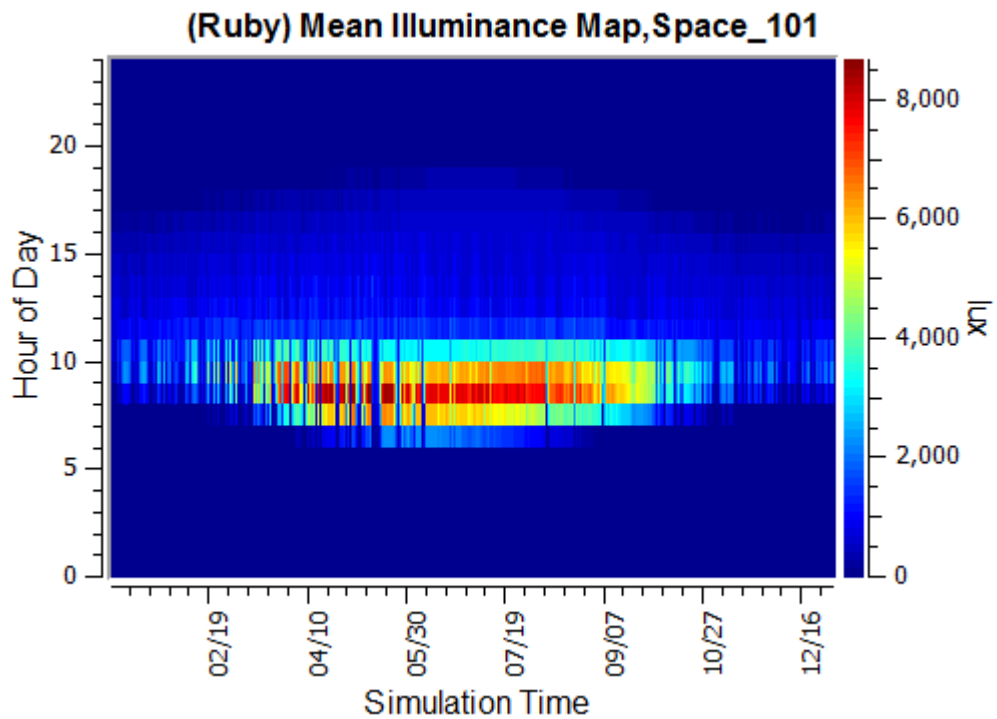


Εικ.5.12 Mean Illuminance Map του θαλάμου νοσηλείας, για όλο το έτος

Και σε μορφή με αντίθεση χρωμάτων:



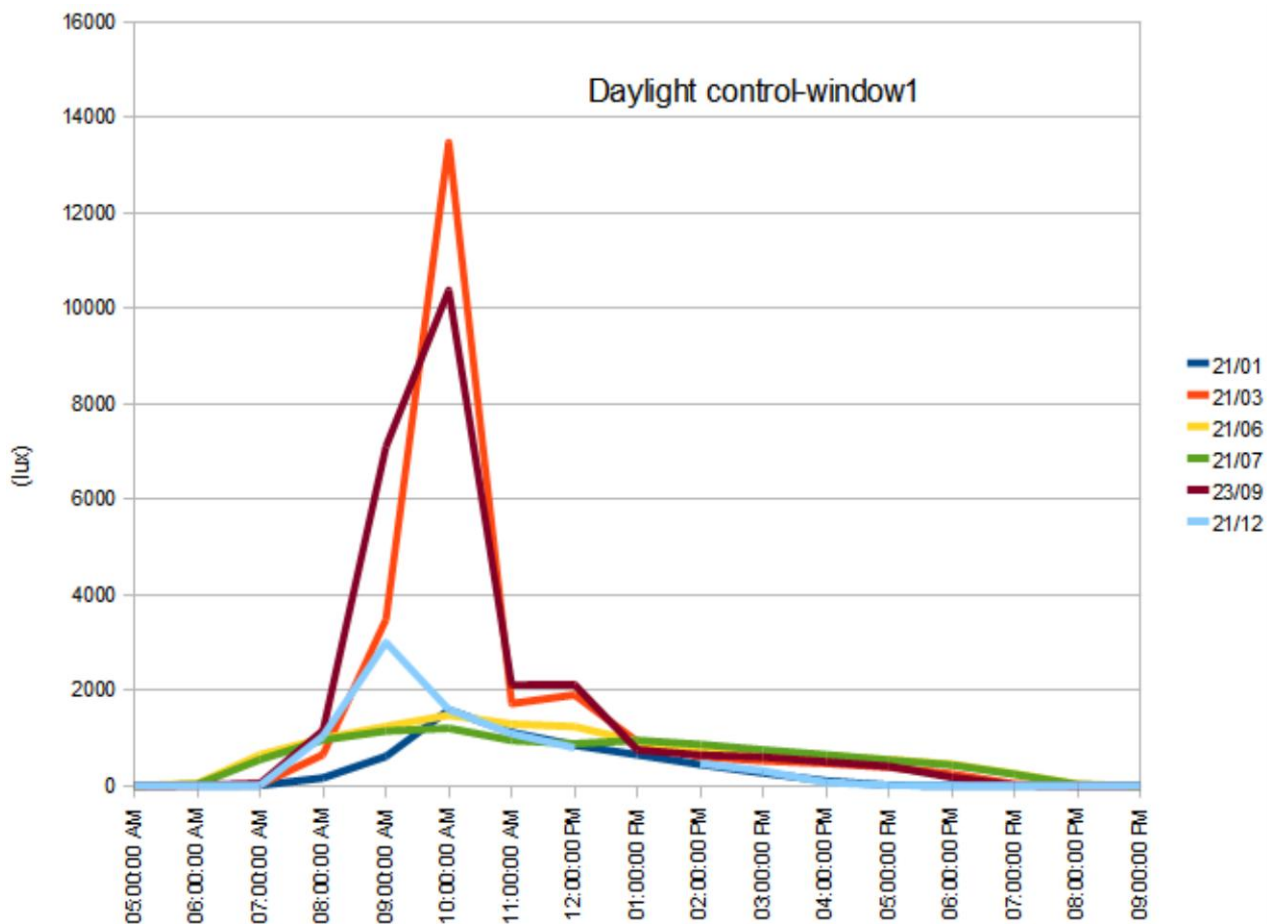
Εικ.5.13 Global Horizontal Illuminance



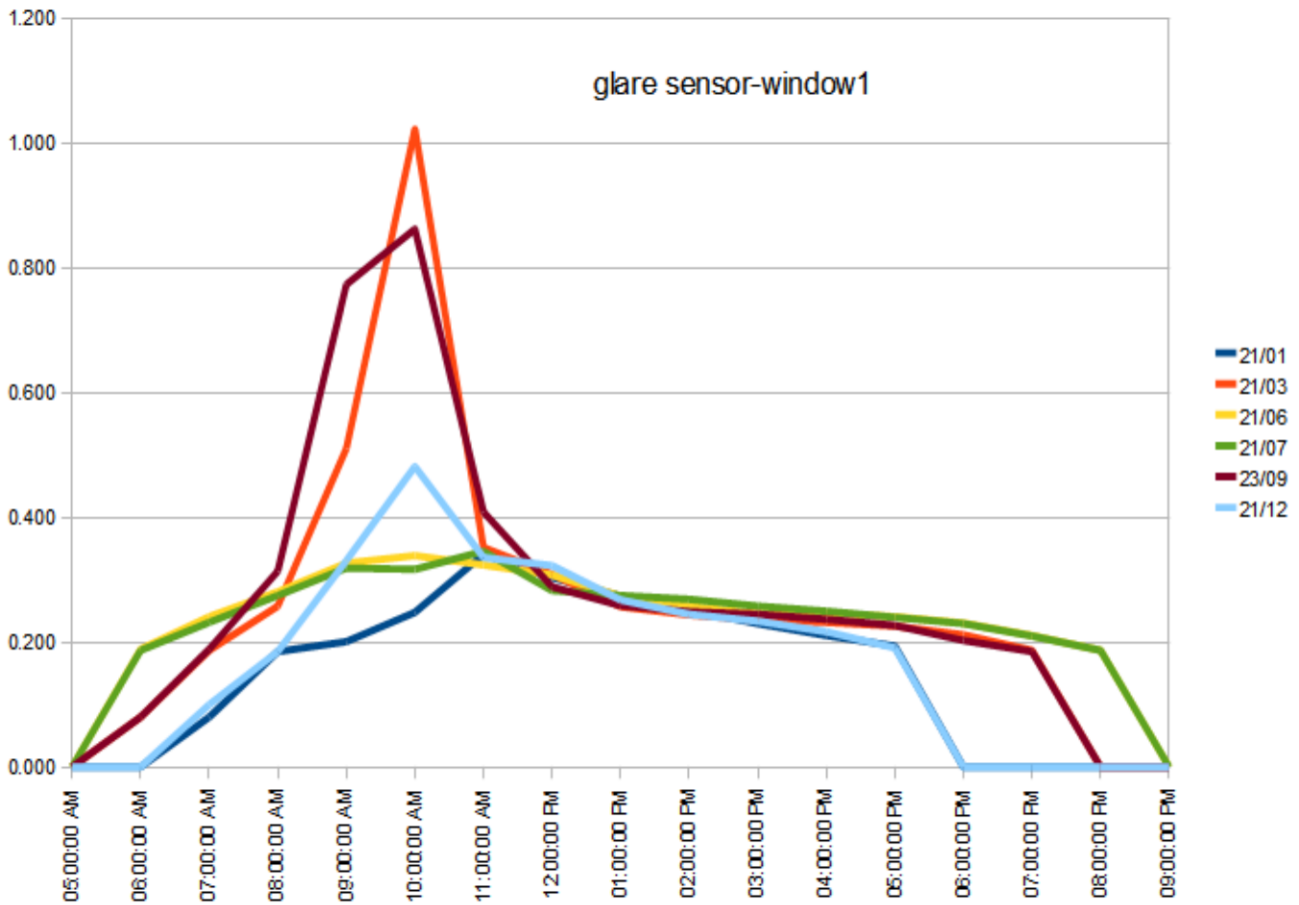
Εικ.5.14 Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας

Από τα διαγράμματα του Global Horizontal Illuminance φαίνεται καθαρά η ένταση φωτισμού της περιοχής κατά τη διάρκεια του έτους, η αύξησή της σε αρκετά υψηλά επίπεδα τους εαρινούς μήνες αλλά και η δραματική της μείωση τους χειμωνιάτικους. Αντίστοιχα, από εκείνα του Mean Illuminance Map, καταγράφεται με σαφήνεια πόσο από το ηλιακό φως «περνά» μέσα στο χώρο του θαλάμου και με ποιες αναλογίες την εκάστοτε εποχή. Γίνεται αντιληπτή, δηλαδή η μεγάλη ένταση στο φωτισμό το καλοκαίρι, αλλά και τους τελευταίους μήνες της άνοιξης.

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα αποτελέσματα φωτισμού που προέκυψαν για τις διάφορες θέσεις του θαλάμου νοσηλείας που «βλέπει» στην ανατολή, στις θέσεις ενδιαφέροντος που αναφέρθηκαν παραπάνω, για τις χαρακτηριστικές ημερομηνίες, καθώς επίσης και μεταξύ τους συγκρίσεις. Τα επιθυμητά όρια που διέπονται από τις προδιαγραφές είναι αυτά που αναφέρθηκαν στις Ενότητες 2.1 & 2.2 (ελάχιστο έντασης φωτισμού 300 lux και μέγιστο θάμβωσης 0.35).

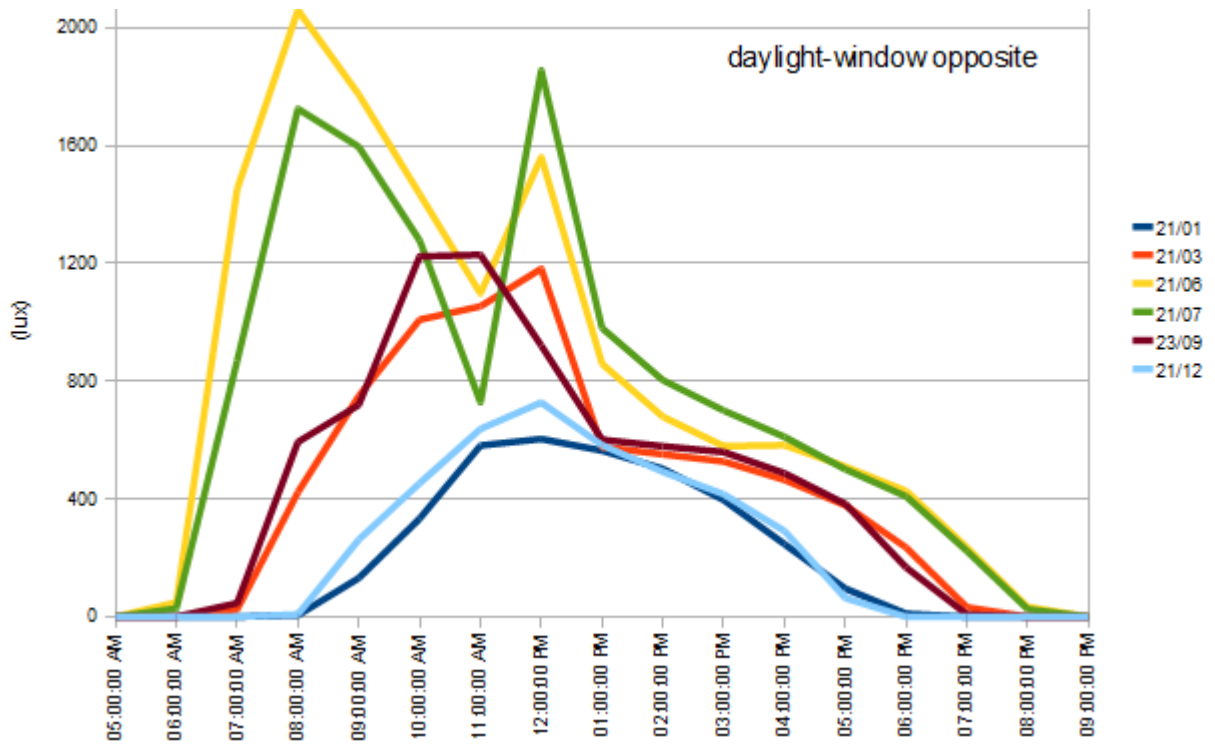


Εικ.5.15 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 1»

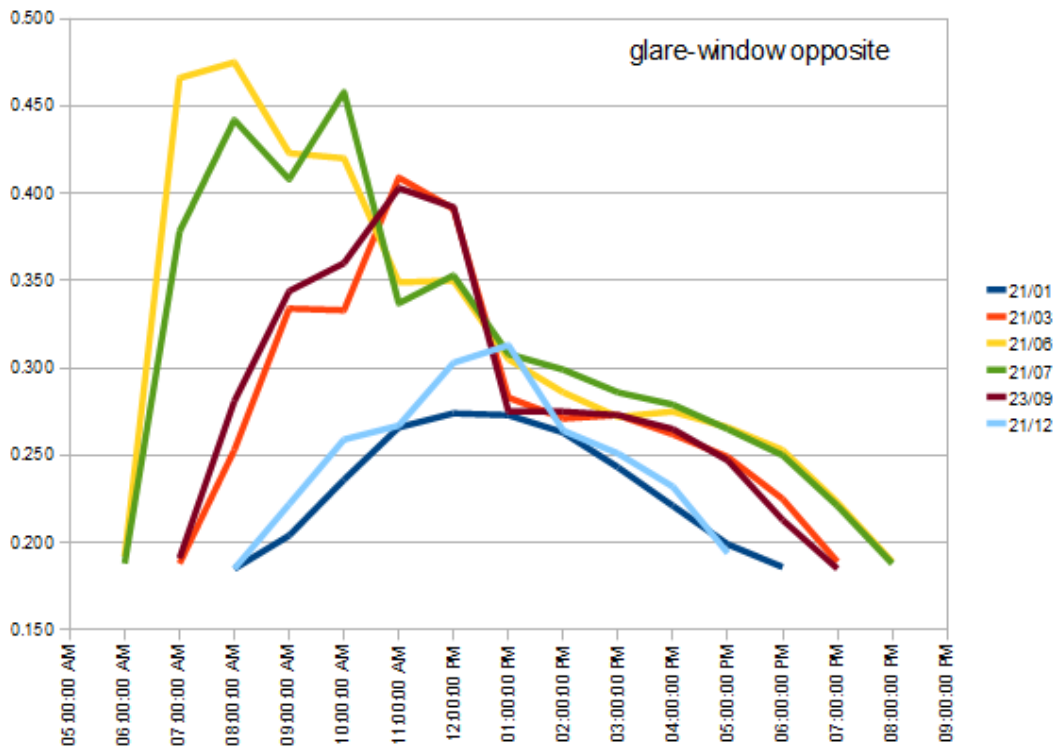


Εικ.5.16 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 1»

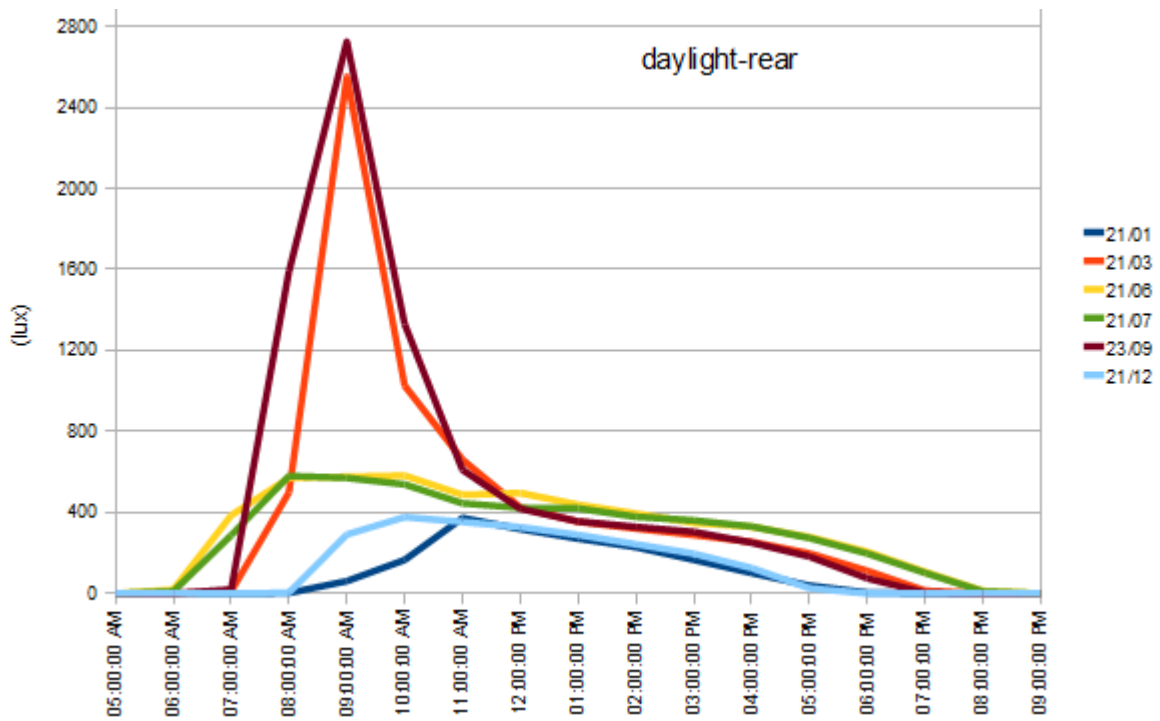
Κατ' αρχάς, διακρίνονται έντονα οι διαφορές της έντασης του φωτισμού (daylight), οι οποίες καταγράφονται επηρεαζόμενες από το ζεύγος γωνιών του ήλιου κάθε εποχή. Αποτυπώνεται, με άλλα λόγια, το αυξημένο επίπεδο φωτισμού τις πρώτες πρωινές ώρες, εφόσον η όψη είναι στη μεριά που ανατέλει ο ήλιος και αντίστοιχα, στις εποχές που το ηλιακό αζιμούθιο είναι τέτοιο που επιτρέπει περισσότερες ηλιακές ακτίνες να εισχωρήσουν στη συγκεκριμένη θέση ενδιαφέροντος. Αναλογία στα αποτελέσματα παρατηρείται και στην πιθανότητα εμφάνισης θάμβωσης (glare), όπως φαίνεται στις δύο παραπάνω εικόνες. Παρομοίως, προκύπτουν και οι πίνακες των υπόλοιπων θέσεων.



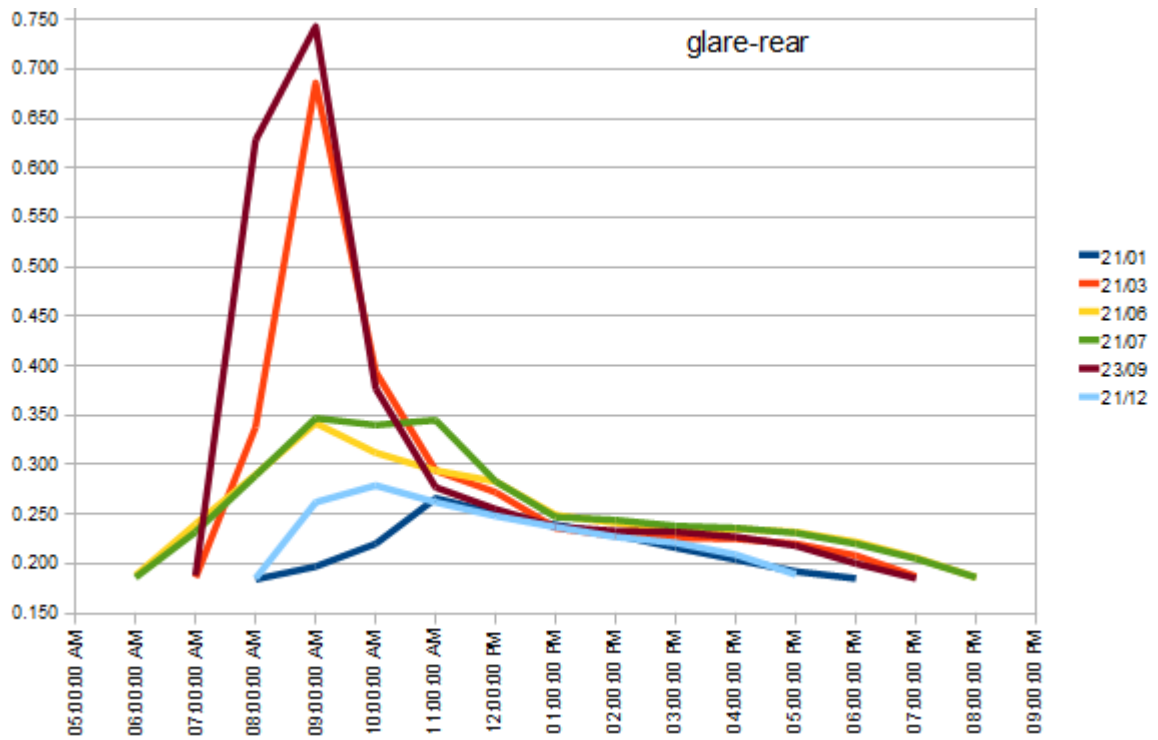
Εικ.5.17 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 2»



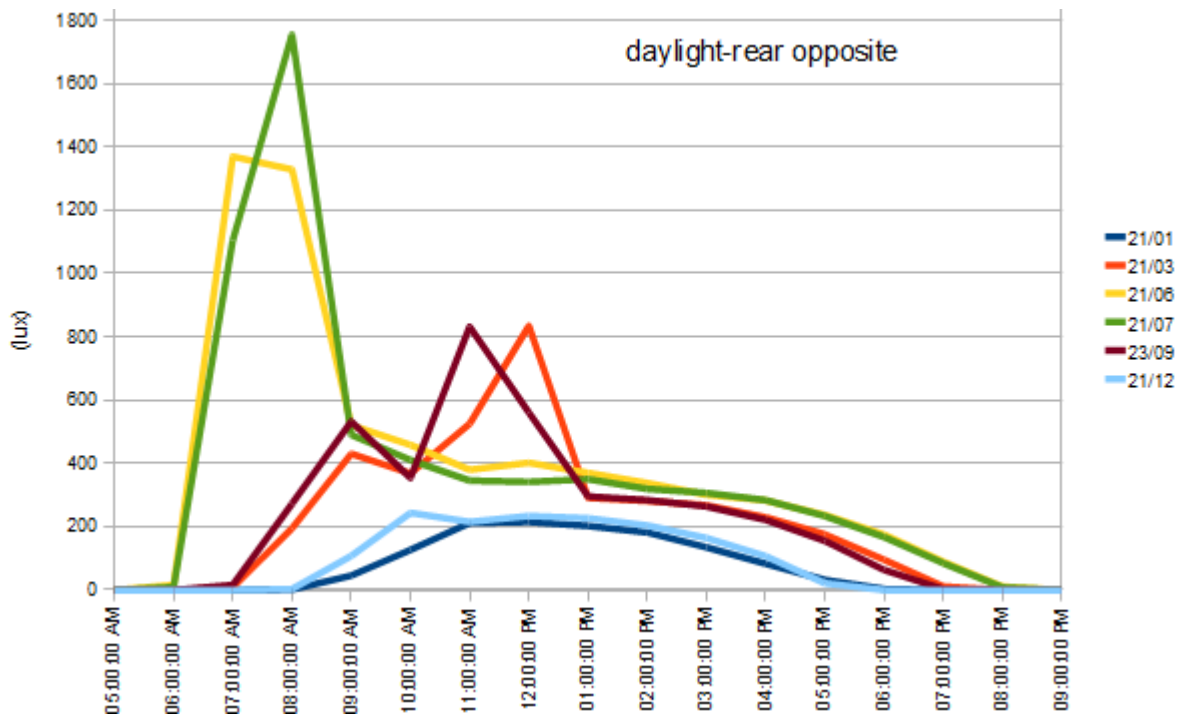
Εικ.5.18 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 2»



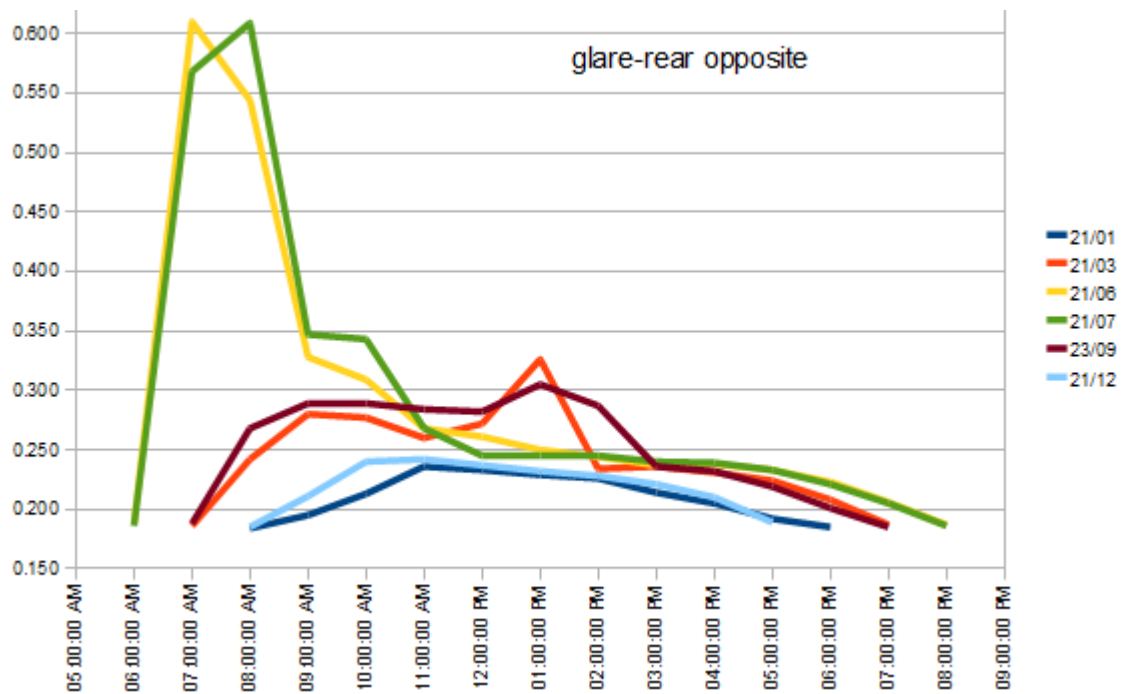
Εικ.5.19 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 3»



Εικ.5.20 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 3»



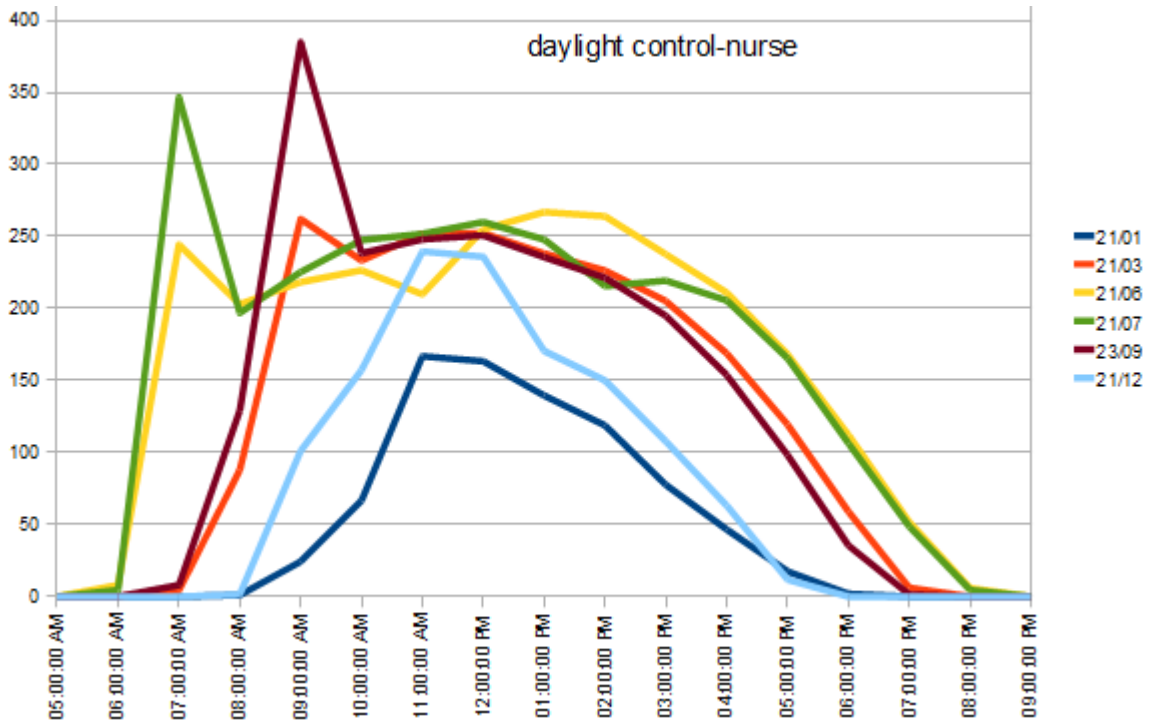
Εικ.5.21 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 4»



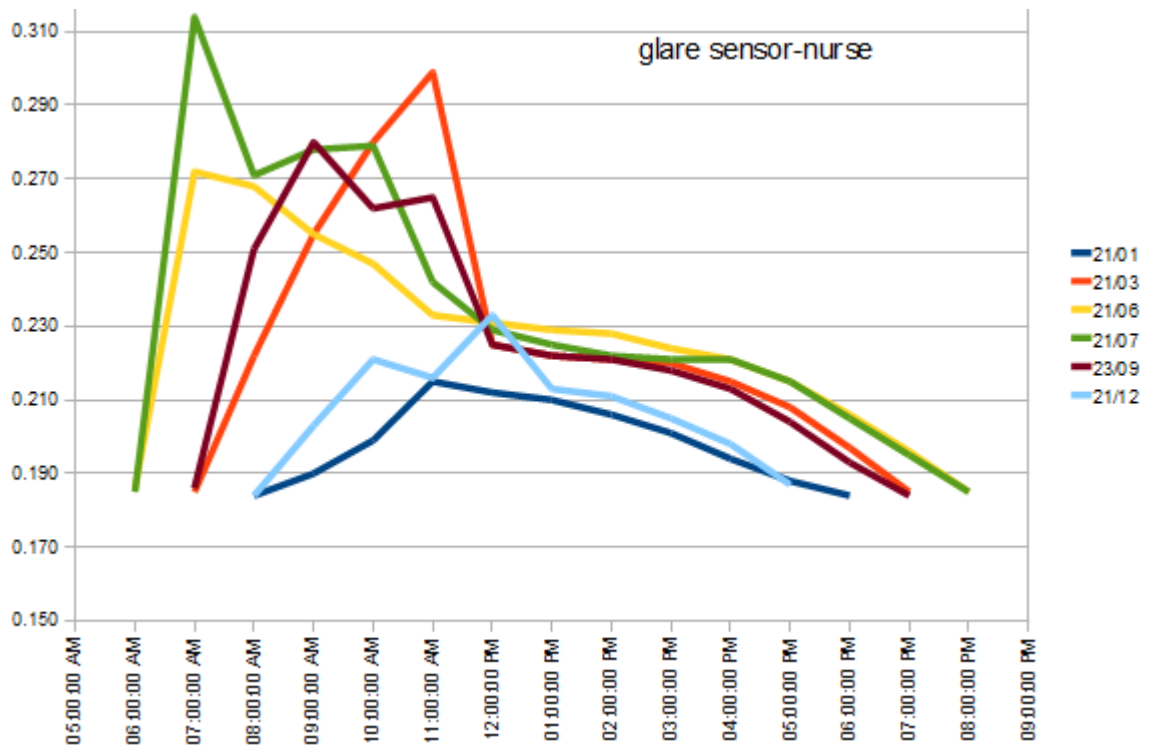
Εικ.5.22 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 4»



Δηλαδή, στις θέσεις βαθύτερα του χώρου(3,4), η θάμβωση φτάνει επίσης σε ενοχλητικά επίπεδα σε συγκεκριμένες ημερομηνίες.



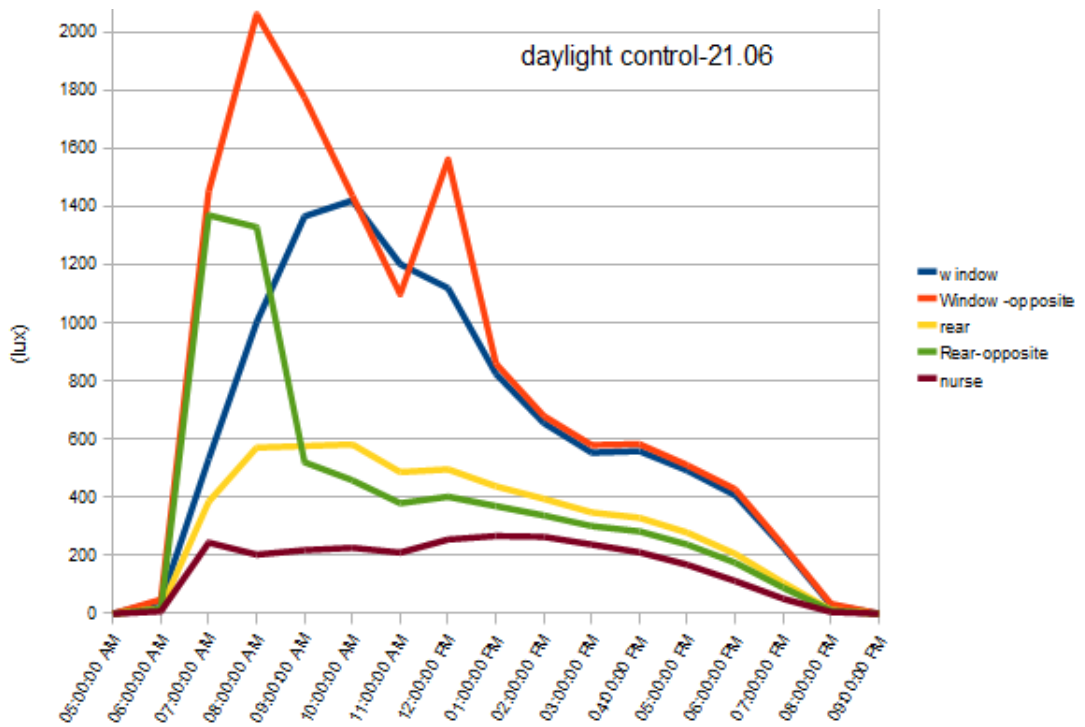
Εικ.5.23 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 5»



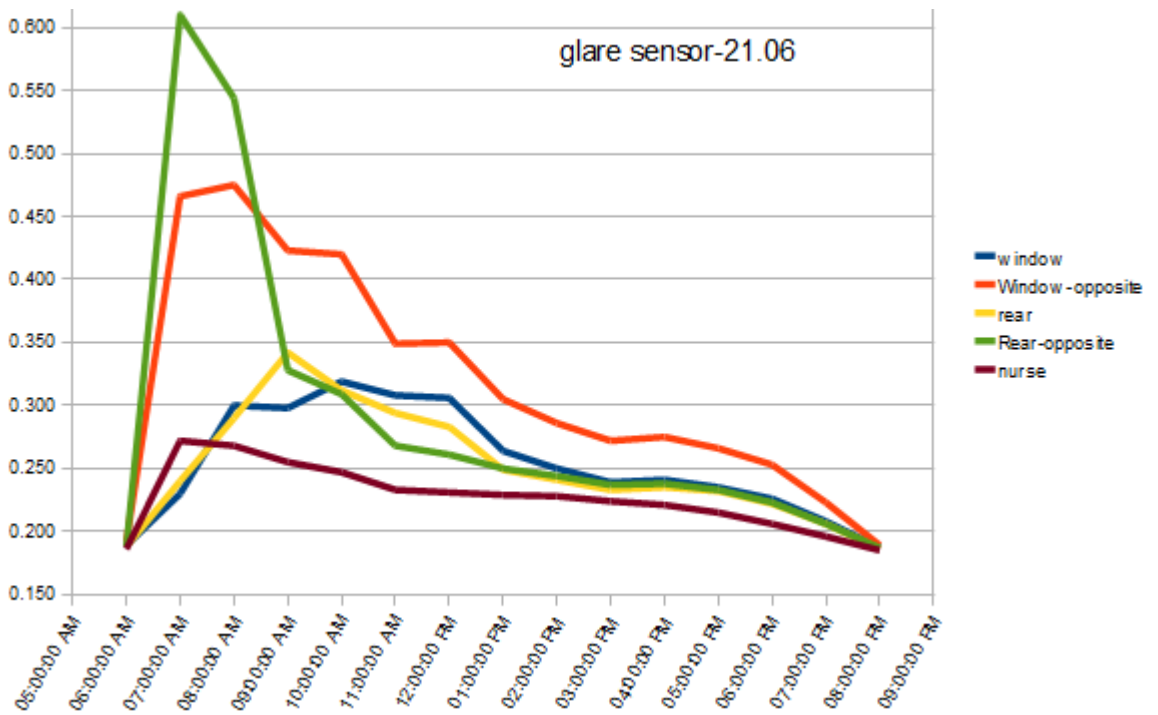
Εικ.5.24 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 5»

Όπως γίνεται, λοιπόν, κατανοητό, στις θέσεις κοντά στο παράθυρο, τα επίπεδα έντασης φωτισμού και θάμβωσης είναι μεγαλύτερα τους εαρινούς μήνες, που σύμφωνα με τη γεωμετρία του ο Ήλιος βρίσκεται σε θέσεις με υψηλότερη γωνία, ενώ στη θέση 3, η αύξηση αυτή παρατηρείται τους μήνες Μάιο και Σεπτέμβριο, που ο Ήλιος βρίσκεται χαμηλότερα και ως εκ τούτου, εισχωρεί βαθύτερα στο χώρο. Στη θέση 4, όμως, η οποία είναι στη δεξιά μεριά του θαλάμου δεν παρατηρείται αντιστοίχως το ίδιο, αφού η ανατολική όψη κτιρίου σε βόρειο ημισφαίριο, σε συνδυασμό με τη θέση της Γης ως προς την απόκλιση του άξονα B-N (βλ.ΚΕΦ.2.3), «ευνοεί» την αντίθετη μεριά του δωματίου.

Παρακάτω φαίνονται ορισμένες αναλύσεις συγκεκριμένων - χαρακτηριστικών - ημερομηνιών:

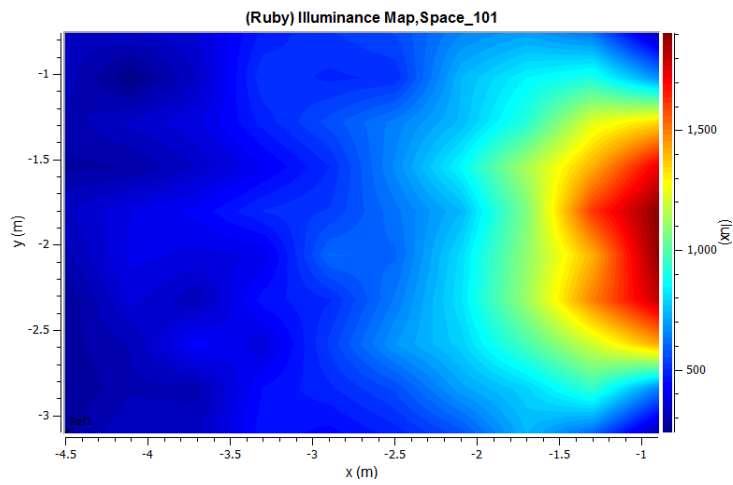
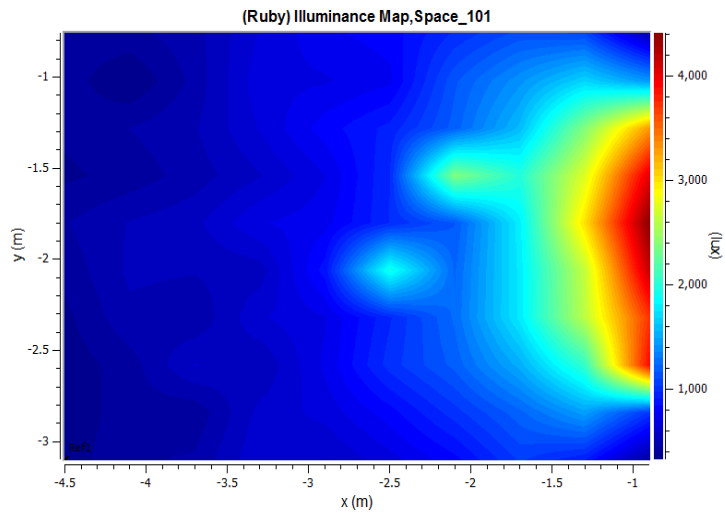
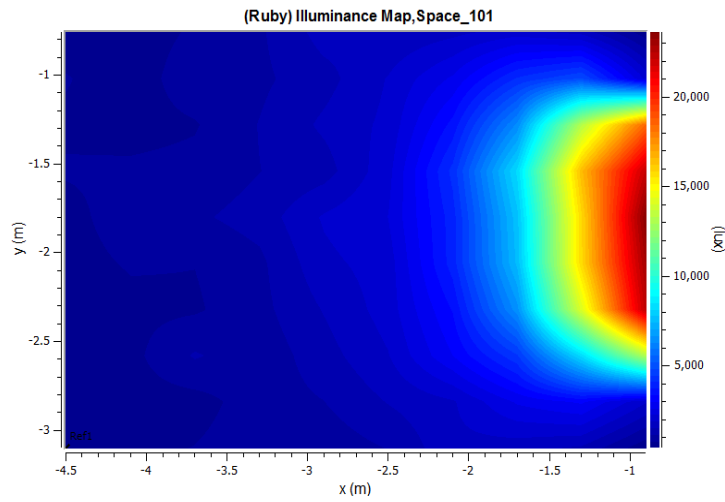


Εικ.5.25 Ένταση Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)

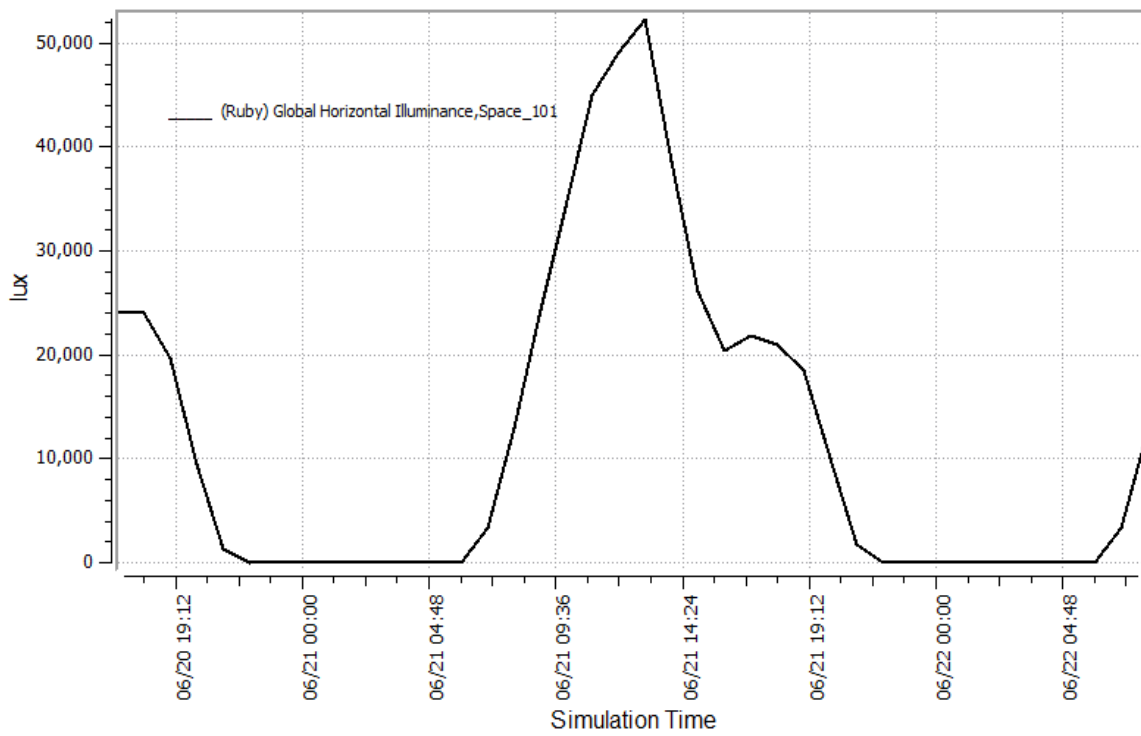


Εικ.5.26 Τιμές Θάμβρωσης για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)

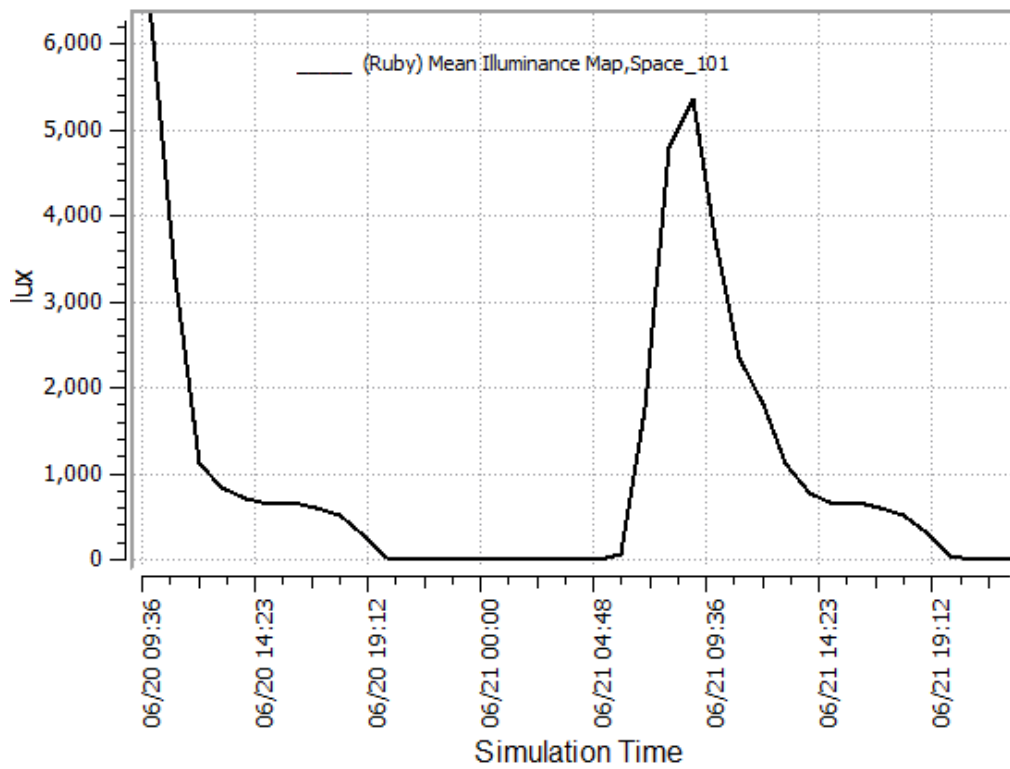
Στα δύο παραπάνω διαγράμματα, καταγράφεται η ημερομηνία που, μετά την ανατολή, ο Ήλιος φτάνει στην υψηλότερή του θέση (ηλιακή γωνία), με τα σημεία της αριστερής μεριάς του θαλάμου (θέσεις ενδιαφέροντος 2 και 4) να παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές από άποψη θάμβωσης, γεγονός που είναι φυσιολογικό, αφού ο άξονας B-N της Γης «γέρνει» πλέον προς τον Ήλιο(βλ.ΚΕΦ.2.3) και η όψη του θαλάμου «βλέπει» στην ανατολή. Επομένως, η πρόσπτωση των ηλιακών ακτινών πρόκειται να «επιβαρύνει» κυρίως τη μία πλευρά πιθανής παρουσίας κλινών.



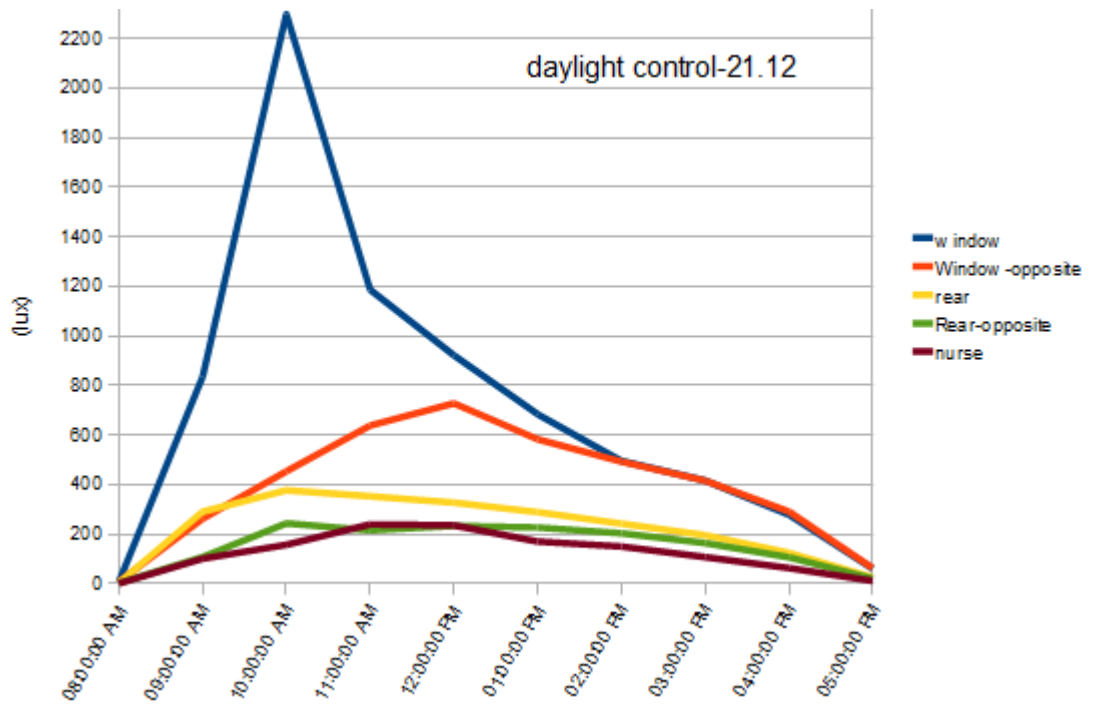
Εικ.5.27 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου (από το παράθυρο), σε μορφή κάτοψης στις 9μm, 12μm και 3μm, αντίστοιχα, στις 21.06



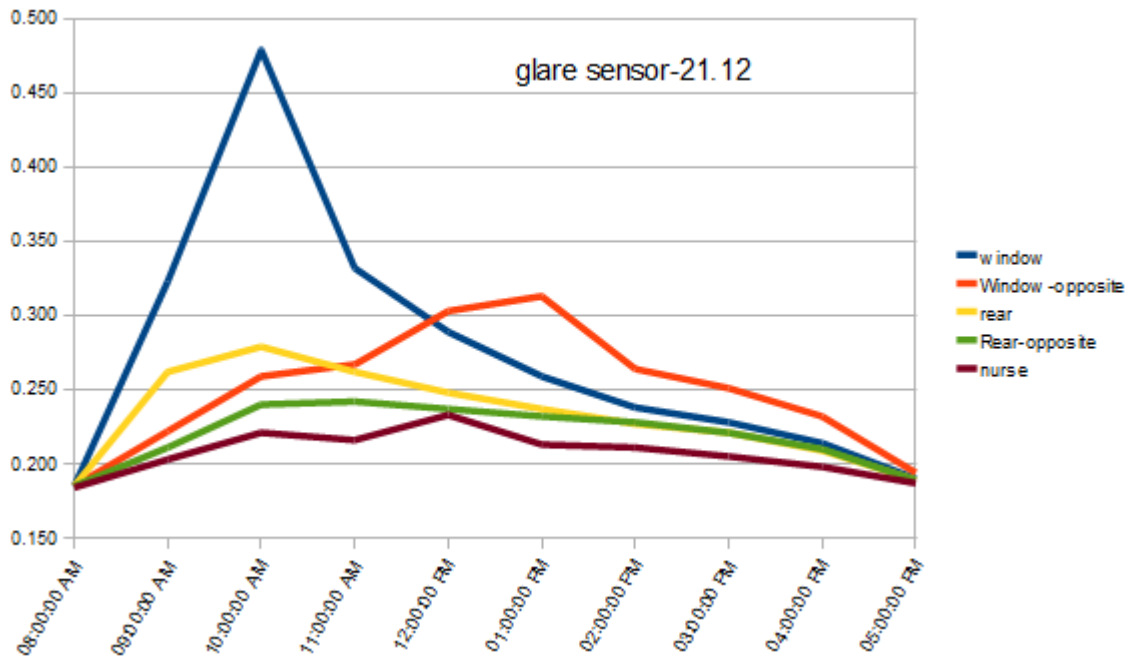
Εικ.5.28 Global Horizontal Illuminance για το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)



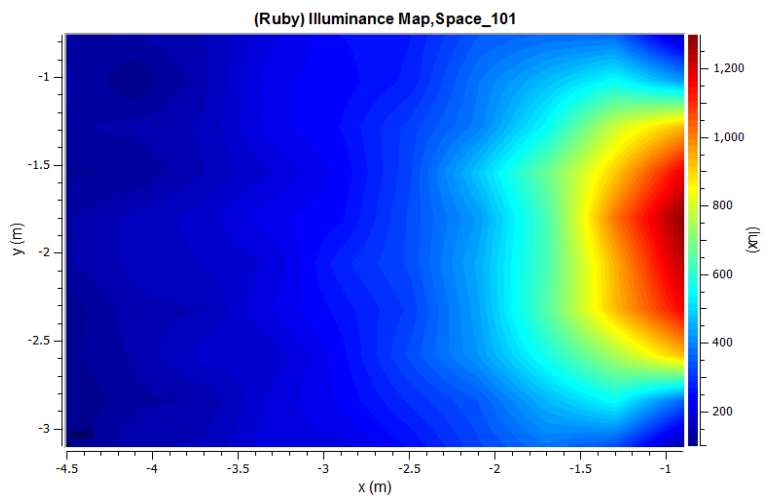
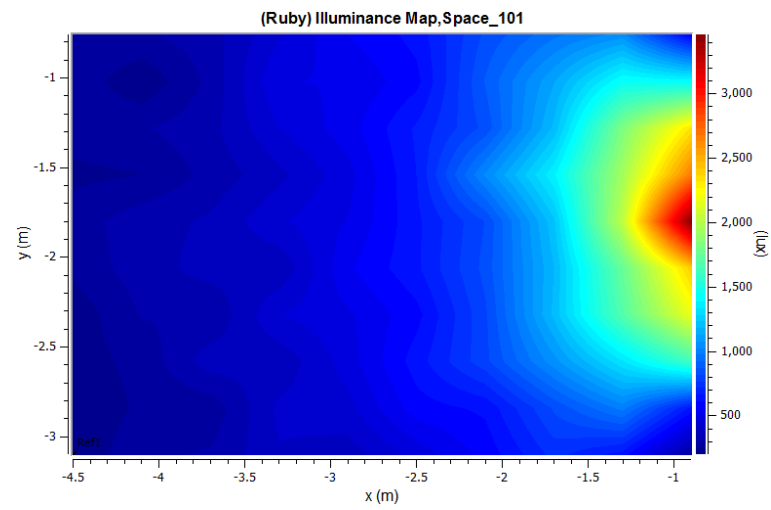
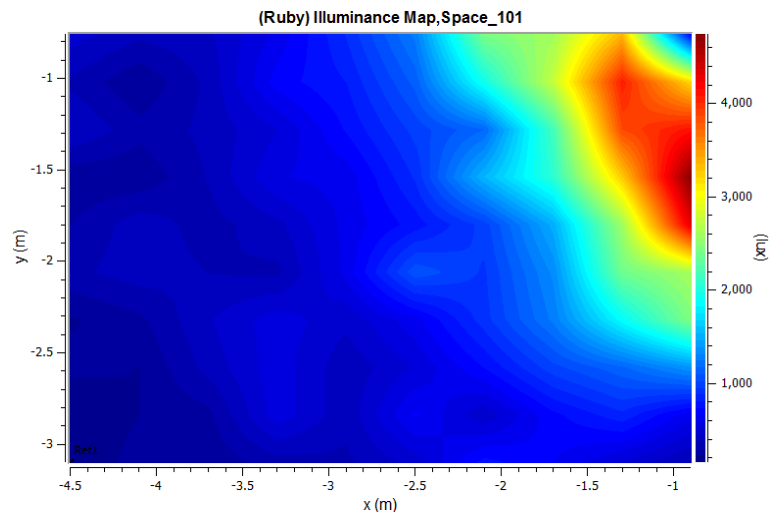
Εικ.5.29 Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας, για το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)



Εικ.5.30 Ένταση Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)

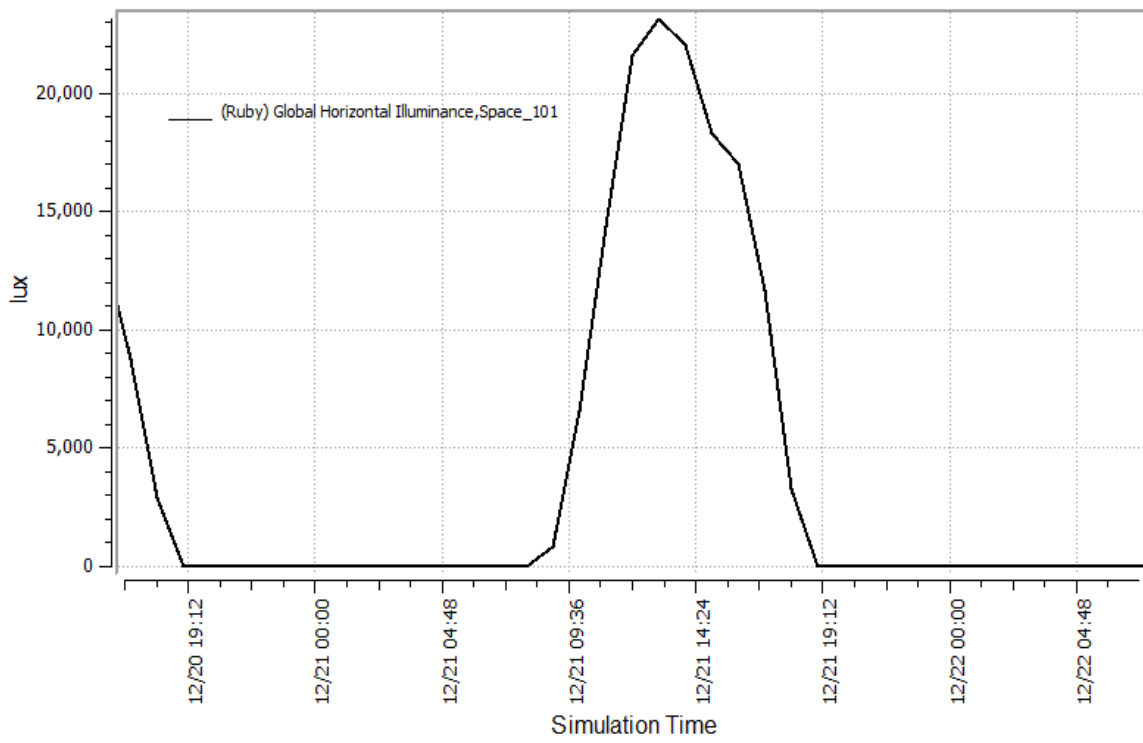


Εικ.5.31 Τιμές Θάμβωσης για κάθε θέση ενδιαφέροντος το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)

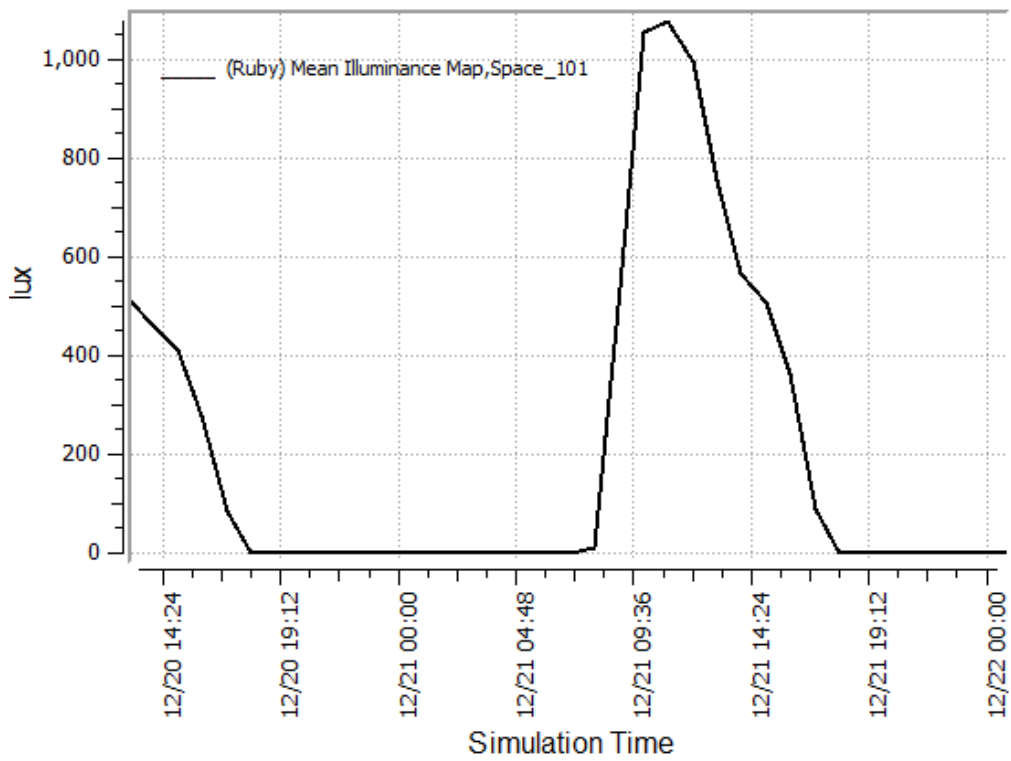


Εικ.5.32 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου (από το παράθυρο), σε μορφή κάτοψης στις 9μm,12μm και 3μm, αντίστοιχα, στις 21.12





Εικ.5.33 Global Horizontal Illuminance για το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)



Εικ.5.34 Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας, για το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)

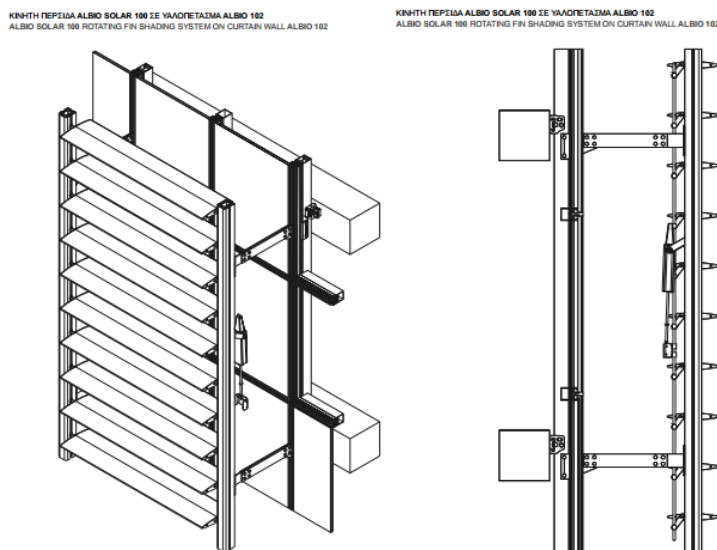
### Συμπεράσματα:

Γίνεται αντιληπτό ότι στις θέσεις 1 και 3 υπάρχει «ανυπόφορη» θάμβωση το Μάρτιο και το Σεπτέμβριο, στη θέση 2 «ενοχλητική» τους ίδιους μήνες, στη θέση 4 «ανυπόφορη» του εαρινούς (Ιούνιο, Ιούλιο), ενώ στη θέση 5 η θάμβωση γίνεται «αισθητή» τον Ιούλιο, σύμφωνα με τα όρια των κανονισμών (βλ.Κεφ.2.2). Αυτά είναι και τα κριτήρια που υποδηλώνουν την **ανάγκη σκίασης**, της οποίας κάθε σενάριο έπεται αναλυτικά στη συνέχεια.

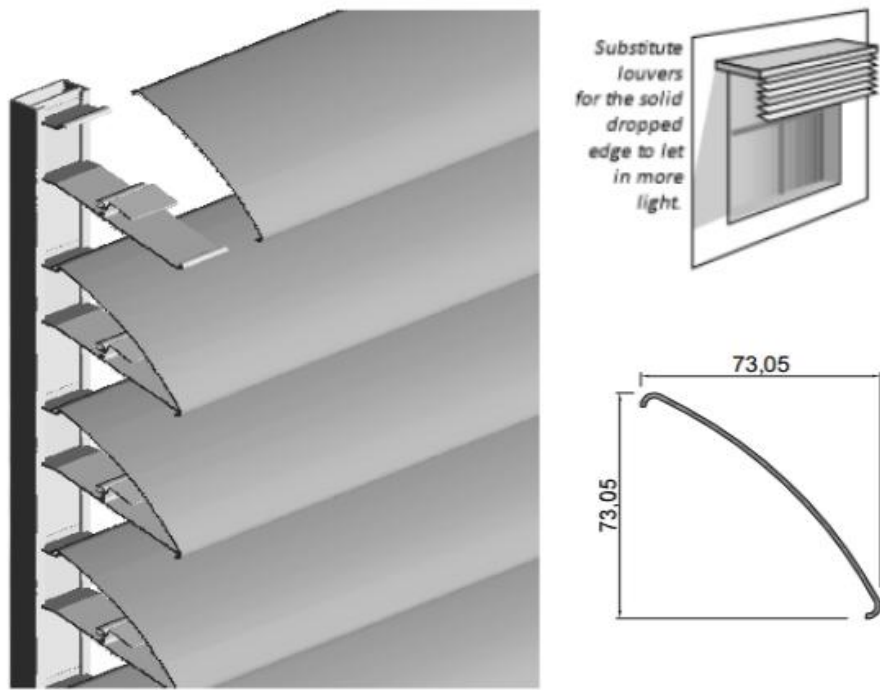
### ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΣΚΙΑΣΗ:

Για το σενάριο εξωτερικής σκίασης επιλέχτηκε σταθερό ορθογώνιο σκίαστρο, προεκτεινόμενο από την άνω ακμή του παραθύρου κατά 40εκ, με την κατακόρυφη προσθήκη κινούμενων οριζόντιων περσίδων στο πέρασ του, πλάτους 10εκ, πάχους 0.3εκ, οι οποίες «κατεβαίνουν» μέχρι το ύψος λίγο πάνω απ' το μέσο ανθρώπινο μάτι, ήτοι 1.90μ (λόγω ανάγκης ευεργετικών ιδιοτήτων θέας στους ασθενείς), όπως φαίνεται και στις εικόνες που ακολουθούν. Το υλικό του συγκεκριμένου συστήματος σκίασης είναι το αλουμίνιο.

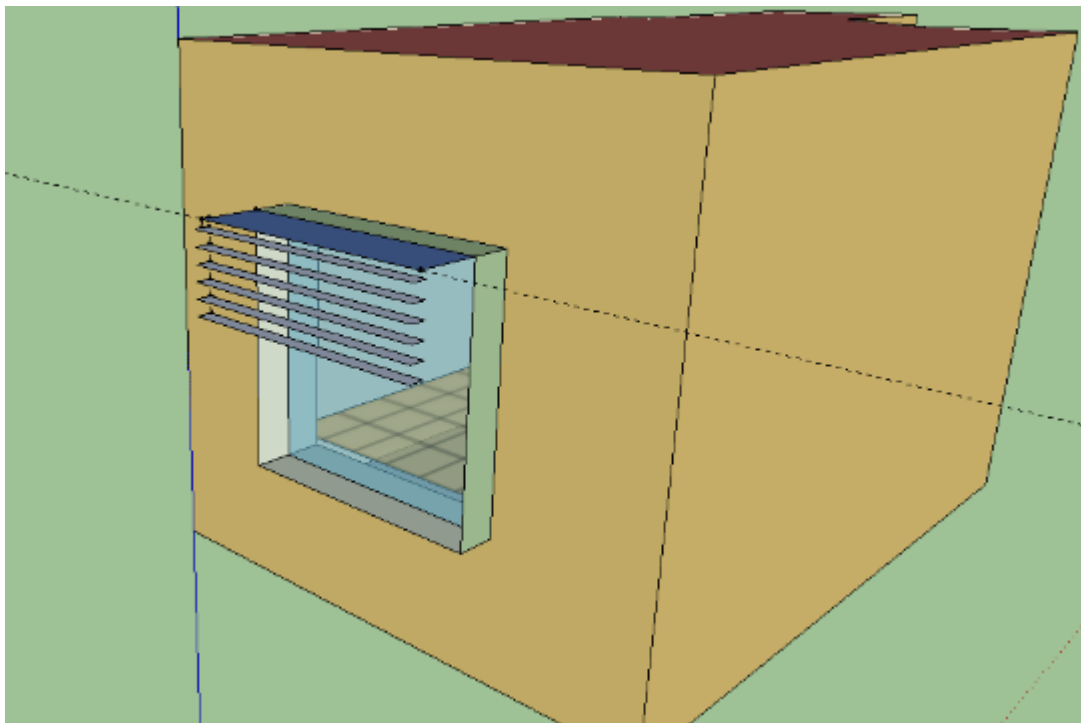
Σημείωση: Λόγω περιορισμών του προγράμματος OpenStudio, η προσομοίωση έγινε με στατικό τρόπο. Ελέγχθηκαν, δηλαδή όλες οι «στιγμές» (ημερομηνία και ώρα) που ο θάλαμος αντιμετωπίζει πρόβλημα αυξημένου ηλιασμού και κατά συνέπεια, θάμβωσης, στις οποίες τοποθετήθηκε αντίστοιχη κλίση περσίδων ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης του ήλιου (ηλιακή γεωμετρία).



Εικ.5.35 Σύστημα σκίασης με εξωτερικές κινητές περσίδες [3]

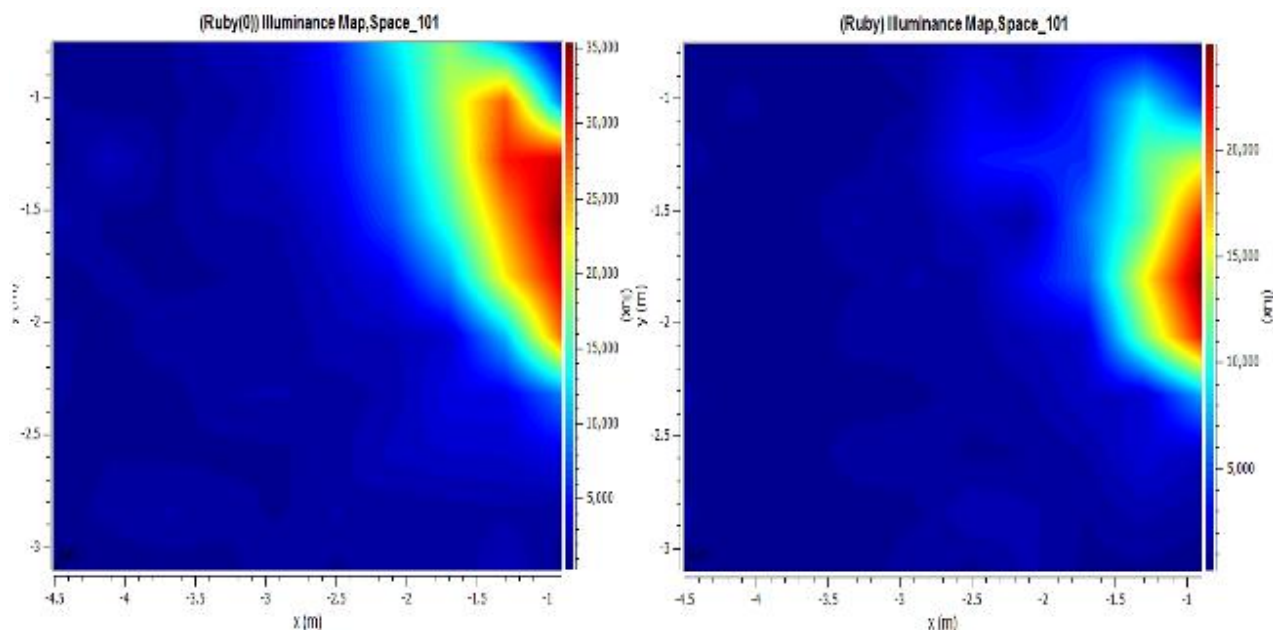


Εικ.5.36 Σύστημα εξωτερικής κινητής σκίασης που επιλέχθηκε κατά την προσομοίωση [3]

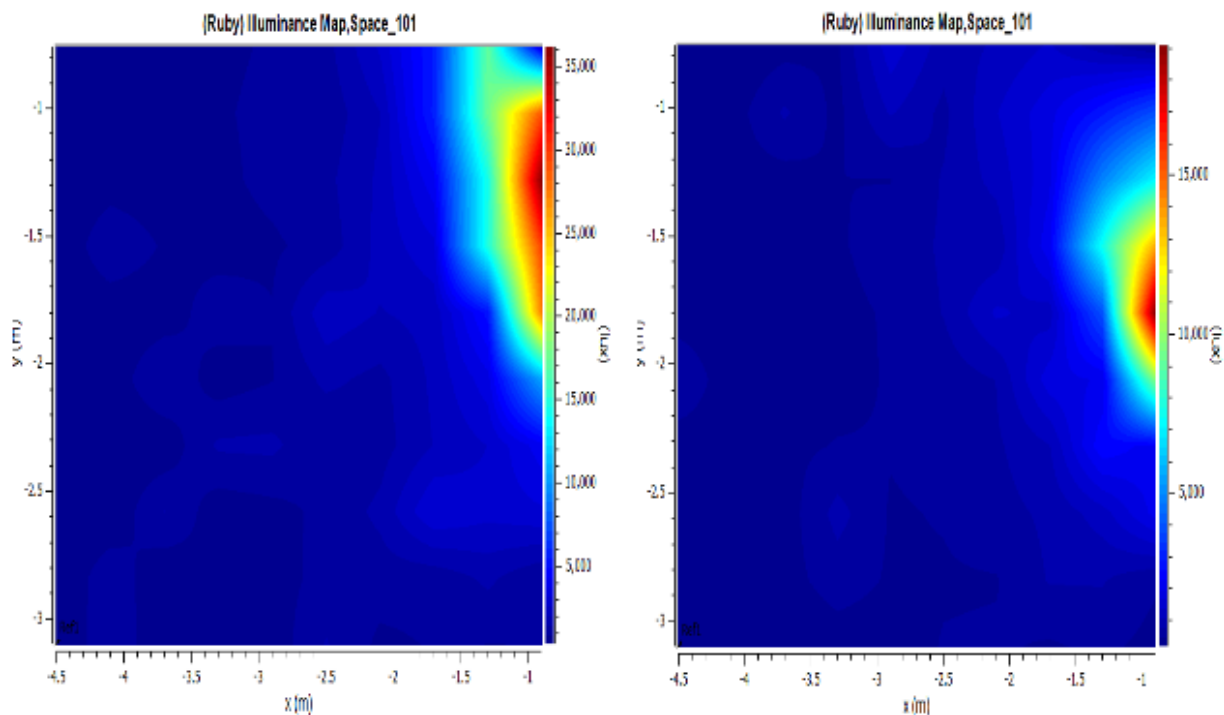


Εικ.5.37 Θάλαμος νοσηλείας με εξωτερικό σύστημα σκίασης, στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Sketch\_up

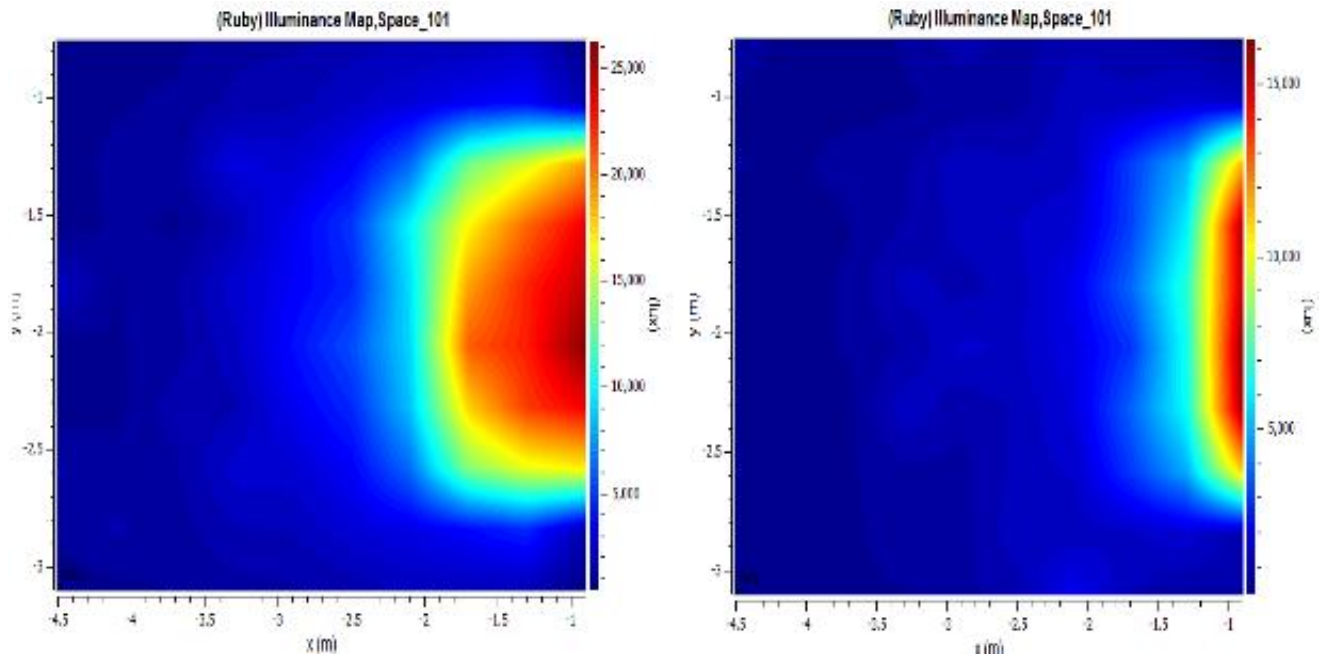
Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται, με τη βοήθεια του Illuminance Map, οι διαφορές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο ύψους 0.80μ από το δάπεδο, σε μορφή κάτοψης, με ή χωρίς τη σκίαση, για ορισμένες χαρακτηριστικές στιγμές του έτους.



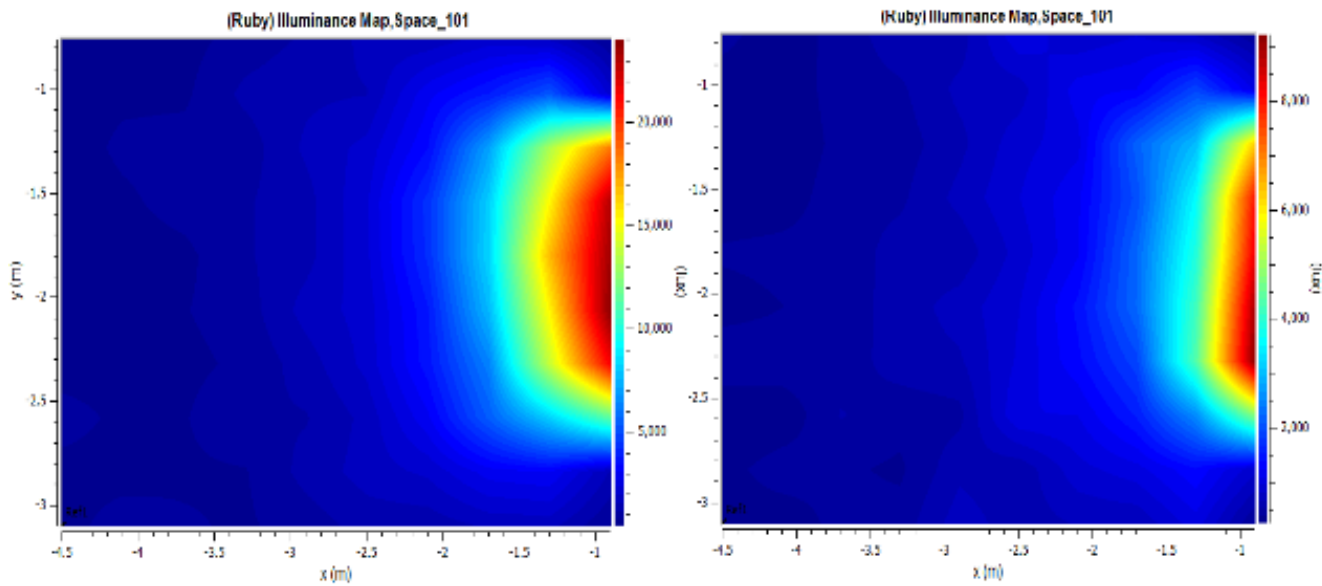
Εικ.5.38 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου, στις 9πμ,στις 23.09, με ηλιακό υψόμετρο  $26.98^{\circ}$ , χωρίς και με σκίαση, αντίστοιχα



Εικ.5.39 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου, στις 10πμ,στις 23.09, με ηλιακό υψόμετρο  $37.25^{\circ}$ , χωρίς και με σκίαση, αντίστοιχα



Εικ.5.40 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου, στις 8πμ, στις 21.06, με ηλιακό υψόμετρο  $27.74^{\circ}$ , χωρίς και με σκίαση, αντίστοιχα



Εικ.5.41 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου, στις 9πμ, στις 21.06, με ηλιακό υψόμετρο  $39.51^{\circ}$ , χωρίς και με σκίαση, αντίστοιχα

## ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΣΚΙΑΣΗ:

Για τα σενάρια της ενδιάμεσης και εσωτερικής σκίασης επιλέχθηκαν οριζόντια κινητά στόρια από αλουμίνιο, χαμηλής ανακλαστικότητας, γκρι-γαλάζιου χρώματος, που καλύπτουν όλη την επιφάνεια του τζαμιού. Τα συγκεκριμένα στόρια έχουν πλάτος 2.5εκ, πάχος 0.5χιλ, ενώ η μεταξύ τους απόσταση τέθηκε στα 5εκ, ώστε ακόμα και τη στιγμή που παραμένουν σε κατακόρυφη θέση να επιτρέπουν τη -μερική- θέαση, παράγοντας ιδιαίτερα βασικούς για άτομα που νοσηλεύονται.

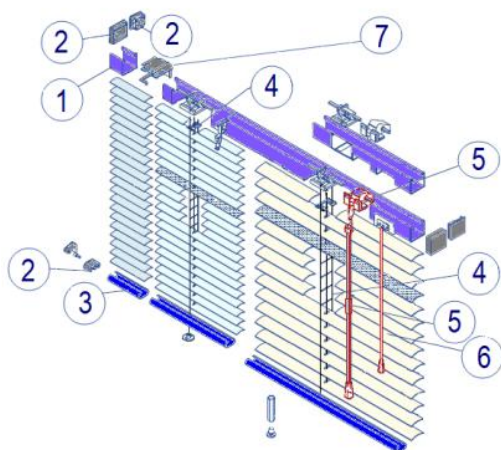
Οι περσίδες/στόρια εσωτερικά του χώρου λειτουργούν με κορδόνι και επίσης, ισχύει:

- Το καπάκι του μηχανισμού είναι ίδιο χρώμα με το κούφωμα.
- Γρήγορη και εύκολη τοποθέτηση.
- Τοποθετούνται μόνο σε ορθογώνια κουφώματα.
- Δεν προτείνονται όταν το κούφωμα έχει καΐτια.

Σημείωση: Η προσομοίωση έγινε και εδώ με τον ίδιο «στατικό» τρόπο της εξωτερικής σκίασης.

### Model Classic

Οριζόντιες περσίδες Classic 16, 25 mm



Περιγραφή εξαρτημάτων		
1. Ανακάσι		Ανακάσι μεταλλικό, διαστάσεων 25x24mm για φύλλα 16, 25mm
2. Τάπες ανακασίου/κατωκάσι		Τάπες από ηλιαστικό ημιδιαφανές υλικό
3. Κατωκάσι		Κατωκάσι μεταλλικό 19.5x10mm, για φύλλα 16, 25mm.
4. Σκαλιέρα/ταινία κορδονιού		Ταινία υφασμάτινη και σκαλιέρα κορδονιού
5. Χειρισμός		Μηχανισμός μπαστούνι κορδόνι με κασάνια για σύμπτυξη - αποσύμπτυξη αποσύμπτυξη φυλλών και κορδόνι για ανύψωση φυλλών.
6. Φύλλα περσίδων		Φύλλα αλουμινίου 16, 25, χιλ και ξύλου 25, 50 mm σε ποικίλα χρώματων και ποιότητων
7. Στηρίγματα		Στηρίγματα μεταλλικά, γαλβανισμένα, τσίκου ή οροφής

Εικ.5.42 Σύστημα εσωτερικής σκίασης με οριζόντια στόρια [4]



*Εικ.5.43 Αριστερά: τρόπος τοποθέτησης ενδιάμεσης σκίασης. Δεξιά: μηχανισμός κίνησης περσίδων. [5]*

Ο πίνακας που ακολουθεί περιγράφει τη μείωση των τιμών της έντασης του φωτισμού και της θάμβωσης, με συγκεντρωμένες **μόνο** τις στιγμές που υπάρχει δυσφορία, κάθε χαρακτηριστική ημερομηνία, σε κάθε θέση ενδιαφέροντος. Με λίγα λόγια, από τα αριστερά προς τα δεξιά, φαίνεται: η ημερομηνία και η ώρα της χρονικής στιγμής που καταγράφονται υψηλά επίπεδα φωτισμού και κατά συνέπεια, δημιουργία θάμβωσης πέραν των ορίων που τέθηκαν για οπτική άνεση (βλ.ΚΕΦ.2.2), ποια είναι τα νούμερα αυτά που αντιπροσωπεύουν την υπάρχουσα κατάσταση προς βελτίωση και δίπλα, τα επίπεδα στα οποία μειώνονται οι δύο παράμετροι προς μελέτη (illuminance και glare) με το ενδεχόμενο τοποθέτησης κάθε σεναρίου σκίασης.

			Υπάρχουσα		Εσωτ. Σκίαση		Ενδιάμ. Σκίαση		Εξωτ. Σκίαση	
		Θέση 1								
Ημέρα	Ώρα	Ηλιακό Υψόμετρο	illuminance(lux)	DGP	illuminance(lux)	DGP	illuminance(lux)	DGP	illuminance(lux)	DGP
21/3	09:00:00 AM	24.09	3544.24	0.496	3488.58	0.870	3422.89	0.811	1164.85	0.346
21/3	10:00:00 AM	34.65	13948.2	1.001	9615.63	1.724	10939.58	1.867	1816.7	0.410
23/9	09:00:00 AM	26.98	7433.9	0.735	6654.77	1.365	7219.67	1.301	1912.66	0.396
23/9	10:00:00 AM	37.25	10463.87	0.835	7669.07	1.358	8349.81	1.453	1808.32	0.435
21/12	10:00:00 AM	17.33	2297.44	0.479	1951	0.604	2182.22	0.648	1037.28	0.402
		Θέση 3								
21/3	09:00:00 AM	24.09	2552.29	0.686	2400.54	0.796	2354.88	0.766	299.16	0.322
21/3	10:00:00 AM	34.65	1025.8	0.394	568.32	0.350	676.15	0.377	371.1	0.212
23/9	08:00:00 AM	15.73	1591.59	0.628	1429.2	0.652	1551.73	0.653	501.66	0.402
23/9	09:00:00 AM	26.98	2725.22	0.743	2042.96	0.840	2530.98	0.833	304.3	0.353
23/9	10:00:00 AM	37.25	1329.89	0.377	551.79	0.321	615.64	0.365	364.16	0.211
		Θέση 2								
21/3	11:00:00 AM	43.62	1054.28	0.409	668.56	0.372	722.42	0.298	336.67	0.351
21/3	12:00:00 PM	49.82	1182.32	0.391	576.36	0.313	626.9	0.330	324.45	0.317
21/6	07:00:00 AM	16.24	1452.88	0.466	1118.46	0.484	1367.84	0.486	651.87	0.340
21/6	08:00:00 AM	27.74	2060.1	0.475	1572.02	0.463	1792.53	0.378	1268.22	0.343
21/6	09:00:00 AM	39.51	1773.64	0.423	1323.3	0.419	1304.69	0.429	786.55	0.308
21/6	10:00:00 AM	51.29	1436.13	0.420	1292.87	0.397	1368.72	0.399	437.56	0.322
21/7	07:00:00 AM	13.68	868.78	0.378	825.83	0.384	837.09	0.389	400.79	0.308
21/7	08:00:00 AM	25.26	1724.99	0.442	1296.14	0.460	1587.93	0.488	1167.93	0.334
21/7	09:00:00 AM	37.06	1596.04	0.408	1208.44	0.393	1297.23	0.410	636.84	0.294
21/7	10:00:00 AM	48.78	1278.61	0.458	1124.98	0.402	1139.35	0.423	391.32	0.339
23/9	11:00:00 AM	45.69	1229.5	0.403	760	0.315	695.64	0.304	331.83	0.317
23/9	12:00:00 PM	51.01	921.28	0.392	590.61	0.293	638.49	0.349	328.68	0.334
		Θέση 4								
21/6	07:00:00 AM	16.24	1369.34	0.610	1296.69	0.678	1338.1	0.561	344.14	0.313
21/6	08:00:00 AM	27.74	1328.49	0.544	1281.46	0.590	1302.21	0.488	333.38	0.286
21/7	07:00:00 AM	13.68	1104.88	0.568	1043.77	0.534	1055.17	0.514	409.05	0.365
21/7	08:00:00 AM	25.26	1754.55	0.609	1699.71	0.621	1639.87	0.617	343.9	0.284

Εικ.5.44 Τιμές έντασης φωτισμού και θάμβωσης κατά τα σενάρια σκίασης και της υπάρχουσας κατάστασης στο δίκλινο θάλαμο, για κάθε θέση ενδιαφέροντος, όπου παρουσιάζεται δυσφορία οπτικής άνεσης

. Επιπροσθέτως, γίνεται παράθεση των δεικτών απόδοσης Φυσικού Φωτισμού (βλ.ΚΕΦ.2.4), για τα σενάρια σκίασης εν συγκρίσει με την υπάρχουσα κατάσταση αυτού του προσανατολισμού και συγκεκριμένα:

- ✓ του δείκτη Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού (Daylight Autonomy, DA),
- ✓ του δείκτη Συνεχούς Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού (Continuous Daylight Autonomy, conDA)
- και
- ✓ του δείκτη Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού (Useful Daylight Illuminance, UDI).



Δείκτες	Υπάρχουσα											
	θέση 1			θέση 3			θέση 2			θέση 4		
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	3141.18	4685	0.67	3174.03	4685	0.68	3167.31	4685	0.68	3165.42	4685	0.68
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	21129.42	4685	4.51	21127.11	4685	4.51	21181.14	4685	4.52	21139.92	4685	4.51
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2549.80	4685	0.54	2596.04	4685	0.55	2581.49	4685	0.55	2579.01	4685	0.55
	Εσωτερική σκίαση											
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	3143.53	4685	0.67	3166.31	4685	0.68	3169.42	4685	0.68	3145.79	4685	0.67
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	20921.49	4685	4.47	21067.88	4685	4.50	21393.63	4685	4.57	21110.66	4685	4.51
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2564.44	4685	0.55	2588.20	4685	0.55	2572.78	4685	0.55	2558.48	4685	0.55
	Ενδιάμεση σκίαση											
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	3153.43	4685	0.67	3179.24	4685	0.68	3169.19	4685	0.68	3164.90	4685	0.68
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	21240.86	4685	4.53	21272.92	4685	4.54	21153.05	4685	4.52	21115.44	4685	4.51
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2563.37	4685	0.55	2588.36	4685	0.55	2586.83	4685	0.55	2589.97	4685	0.55
	Εξωτερική σκίαση											
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	2386.20	4685	0.51	2336.12	4685	0.50	2374.60	4685	0.51	2393.76	4685	0.51
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	9980.02	4685	2.13	9777.55	4685	2.09	9903.02	4685	2.11	9797.48	4685	2.09
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2119.64	4685	0.45	2081.33	4685	0.44	2109.25	4685	0.45	2137.64	4685	0.46

Εικ.5.45 Δείκτες απόδοσης Φυσικού Φωτισμού για κάθε περίπτωση, σε κάθε θέση ενδιαφέροντος

Σημείωση: στον παραπάνω πίνακα, για κάθε θέση υπάρχουν τρεις στήλες. Η πρώτη είναι οι τιμές των Δεικτών, η δεύτερη οι συνολικές τιμές των Δεικτών στην εξεταζόμενη θερμική ζώνη (δηλαδή, στο θάλαμο νοσηλείας) και η τρίτη (η κυριότερη προς έλεγχο) ο λόγος των δύο προηγούμενων, δηλαδή το ποσοστό εκπλήρωσης του καθενός. Για παράδειγμα, στη θέση 1 της υπάρχουσας κατάστασης, στην πρώτη γραμμή, όπως αναγράφεται, οι ώρες με φωτισμό εντός του θαλάμου είναι 3143.53 από τις 4685 που υπάρχουν για ένα έτος, με το ποσοστό αυτής της εκπλήρωσης να ανέρχεται στο 67% (0.67).

Μία περίπτωση που αξίζει όπως φαίνεται να αναλυθεί, είναι η περίπτωση του εξωτερικού συστήματος σκίασης, που επιφέρει και τις μεγαλύτερες διαφορές στα επίπεδα φωτισμού. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι η θέση 1 της υπάρχουσας κατάστασης έχει δείκτη Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού 0.67, ο οποίος μετά την τοποθέτηση της εξωτερικής διάταξης σκίασης πέφτει στο 0.51, γεγονός που είναι αποτέλεσμα της ευεργετικής απόδοσης αυτού του σεναρίου.

Επίσης, ερευνήθηκε το σενάριο αλλαγής του διπλού υαλοπίνακα του παραθύρου. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε το ενδεχόμενο αύξησης του εσωτερικού κενού αέρος από 6χιλ. σε 12χιλ. Όμως, όπως γίνεται αντιληπτό στα διαγράμματα που ακολουθούν, οι διαφορές που προκάλεσε στο φωτισμό (και κατ' επέκταση, στη θάμβωση) είναι ελάχιστες. Οι θερμικές διαφορές του συγκεκριμένου σεναρίου ελέγχονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Ορισμένοι πίνακες, αρχικά, που λήφθηκαν υπόψη κατά την προσομοίωση:

Τύπος υαλοπίνακα	$U_g$
	$[W/(m^2.K)]$
Μονός υαλοπίνακας	5,70
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6 mm	3,30
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm	2,80
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ( $\epsilon = 0,10$ )	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ( $\epsilon = 0,10$ )	1,80
Υαλότουβλα	3,50

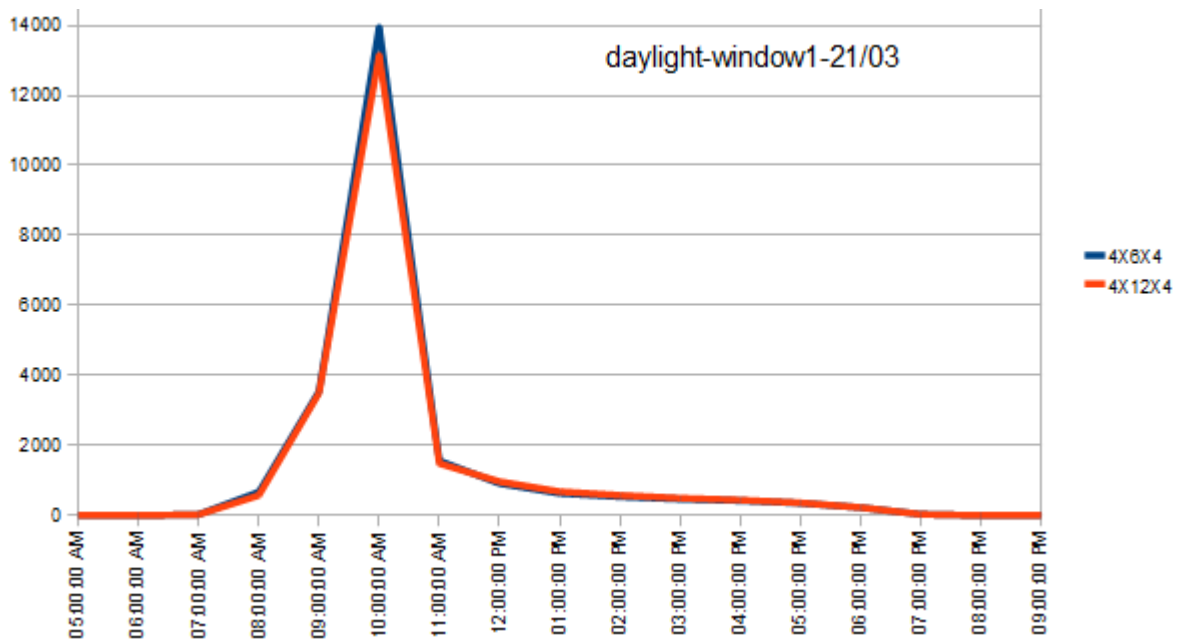
Εικ.5.46 Τιμές του συντελεστή .θερμοπερατότητας υαλοπίνακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων [6]

Τύπος πλαισίου	$U_f$ $[W/(m^2.K)]$
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	7,00
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	3,50
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	2,80
Συνθετικό πλαίσιο	2,80
Ξύλινο πλαίσιο	2,20

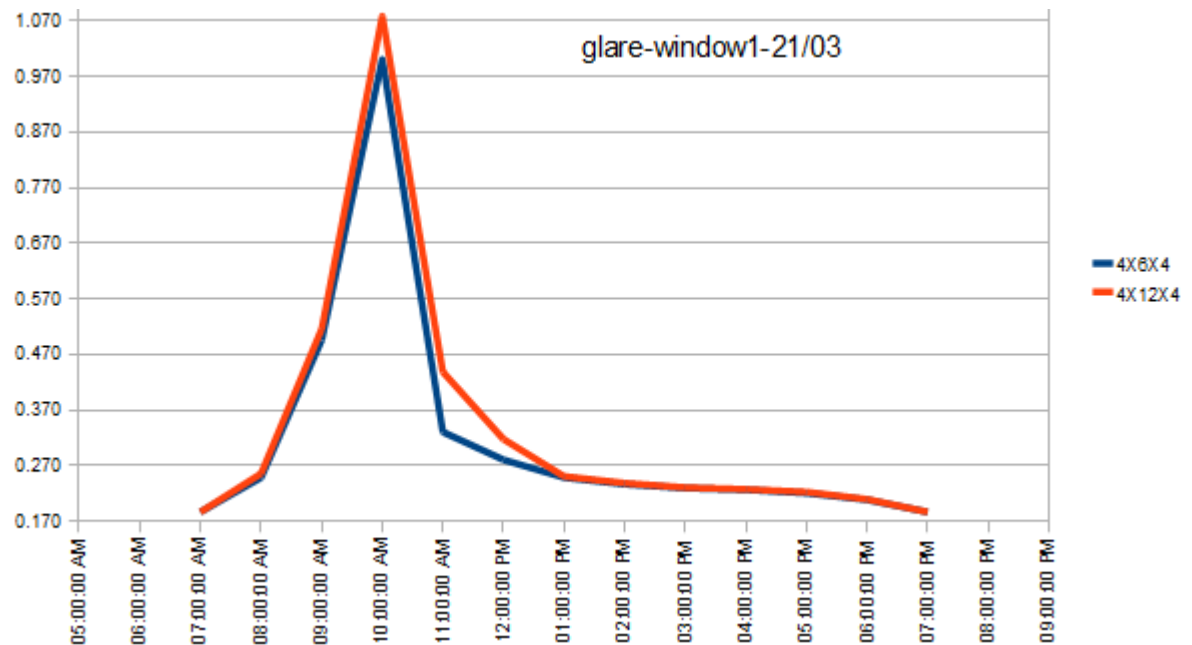
Εικ.5.47 Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων [6]

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου $F_f$	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο Αέρα 12 mm
	[ % ]	$[W/(m^2.K)]$	$[W/(m^2.K)]$	$[W/(m^2.K)]$	$[W/(m^2.K)]$	$[W/(m^2.K)]$
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
<b>Εξωτερικές Πόρτες</b>						
<b>Υλικό</b>	<b>Χωρίς υαλοπίνακες <math>[W/(m^2.K)]</math></b>					
Μέταλλο	6,0					
Συνθετικό	3,5					
Ξύλο	3,5					

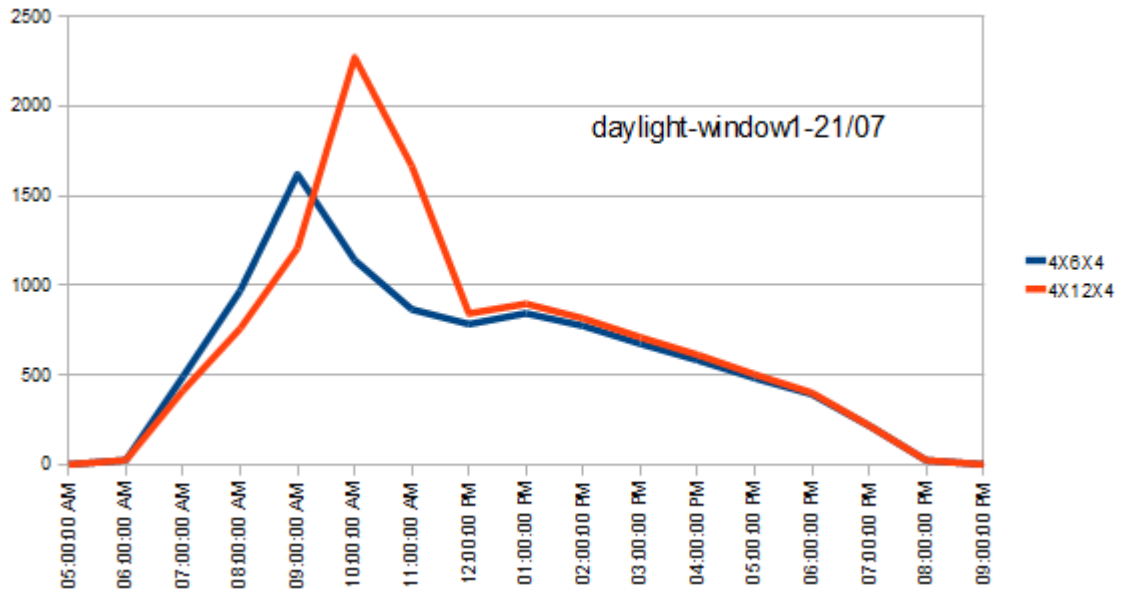
Εικ.5.48 Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων  $U_{v,F}$  ( $W/m^2K$ ) [6]



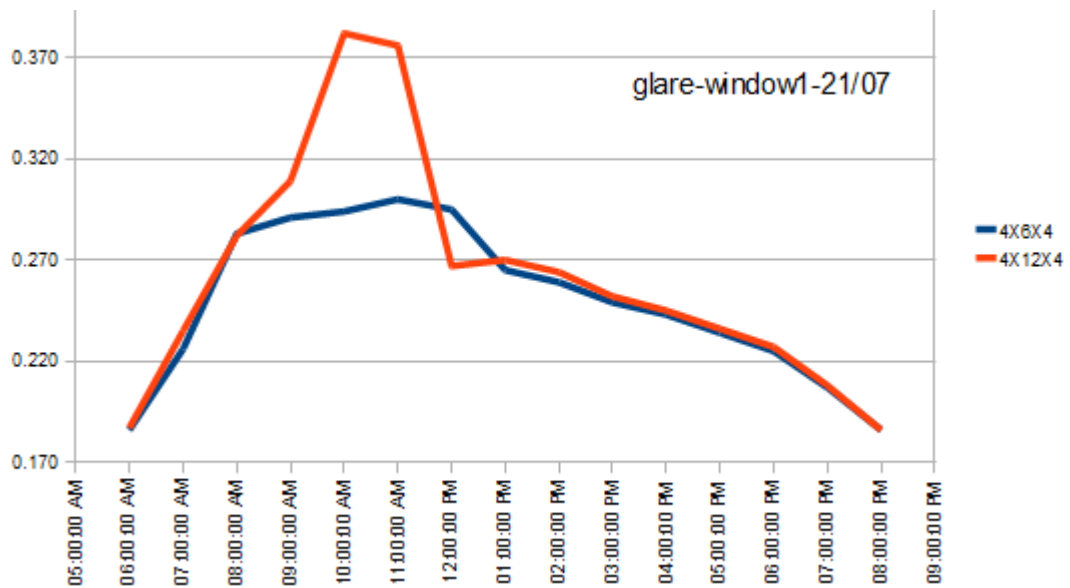
Εικ.5.49 Τιμές έντασης φωτισμού πριν και μετά την αλλαγή κενού υαλοπινάκων, για τη θέση 1, στις 21.03



Εικ.5.50 Τιμές θάμβωσης πριν και μετά την αλλαγή κενού υαλοπινάκων, για τη θέση 1, στις 21.03

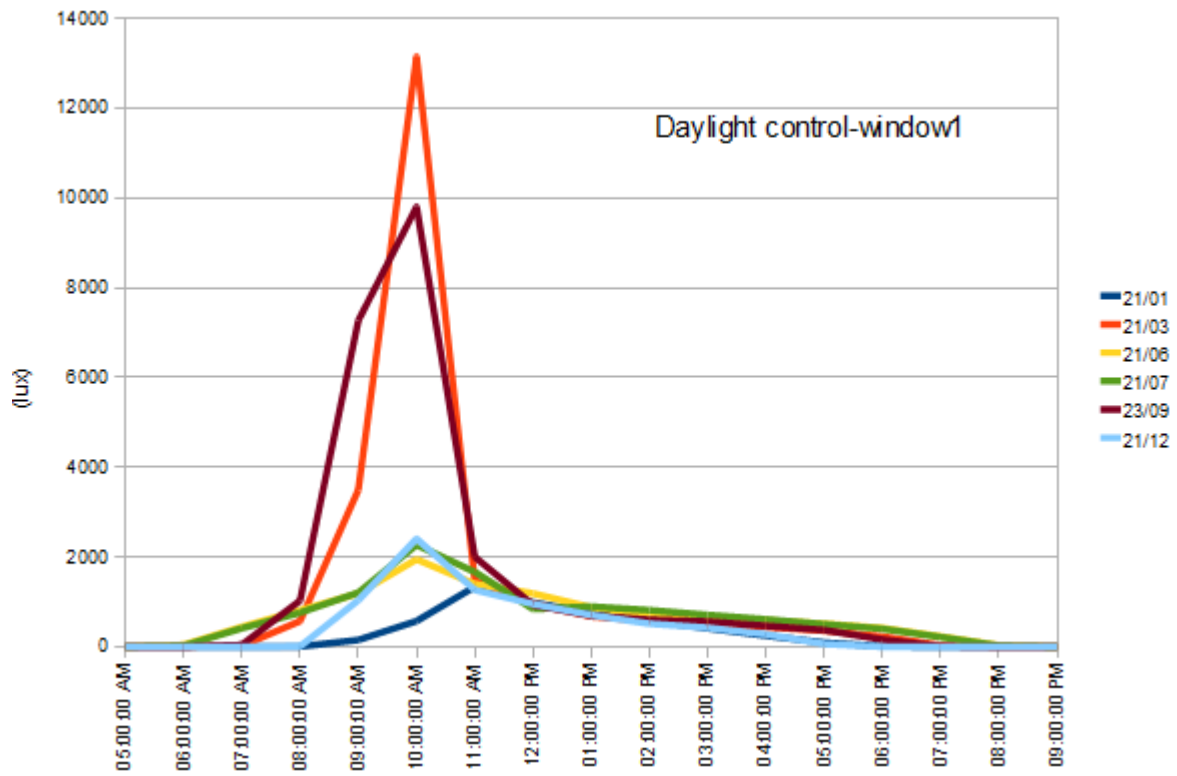


Εικ.5.51 Τιμές έντασης φωτισμού πριν και μετά την αλλαγή κενού υαλοπινάκων, για τη θέση 1, στις 21.07

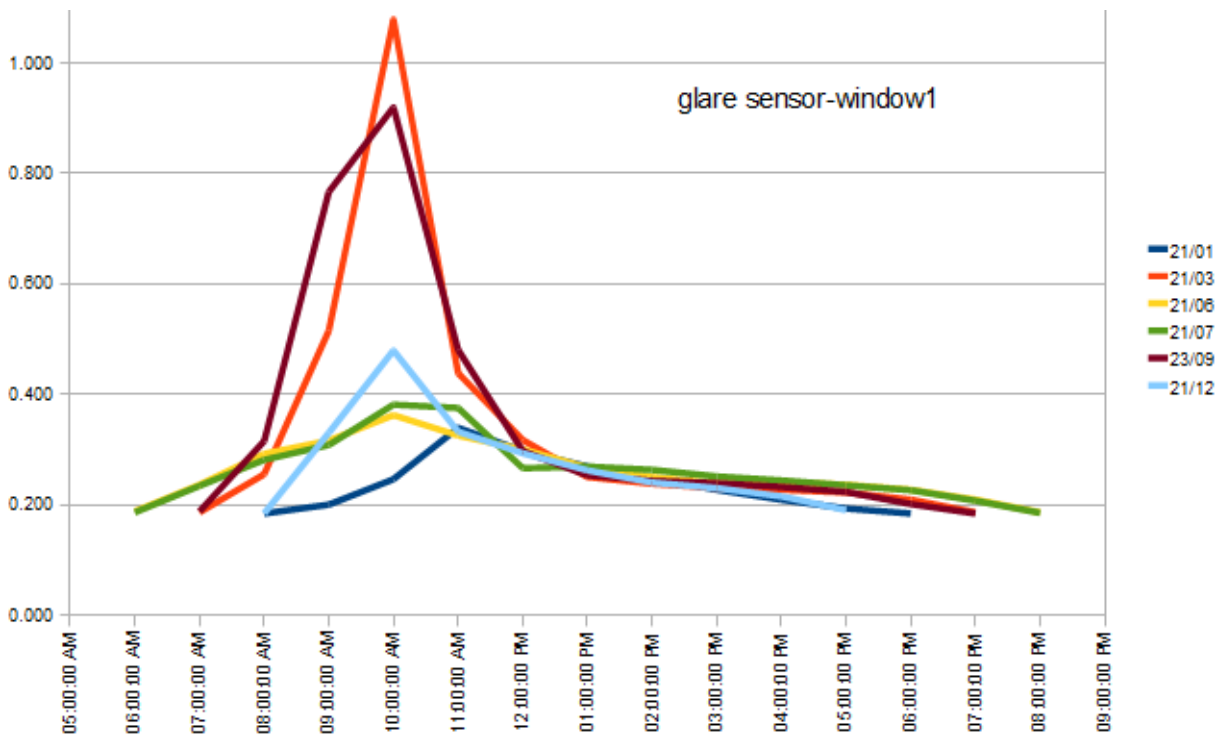


Εικ.5.52 Τιμές θάμβωσης πριν και μετά την αλλαγή κενού υαλοπινάκων, για τη θέση 1, στις 21.07

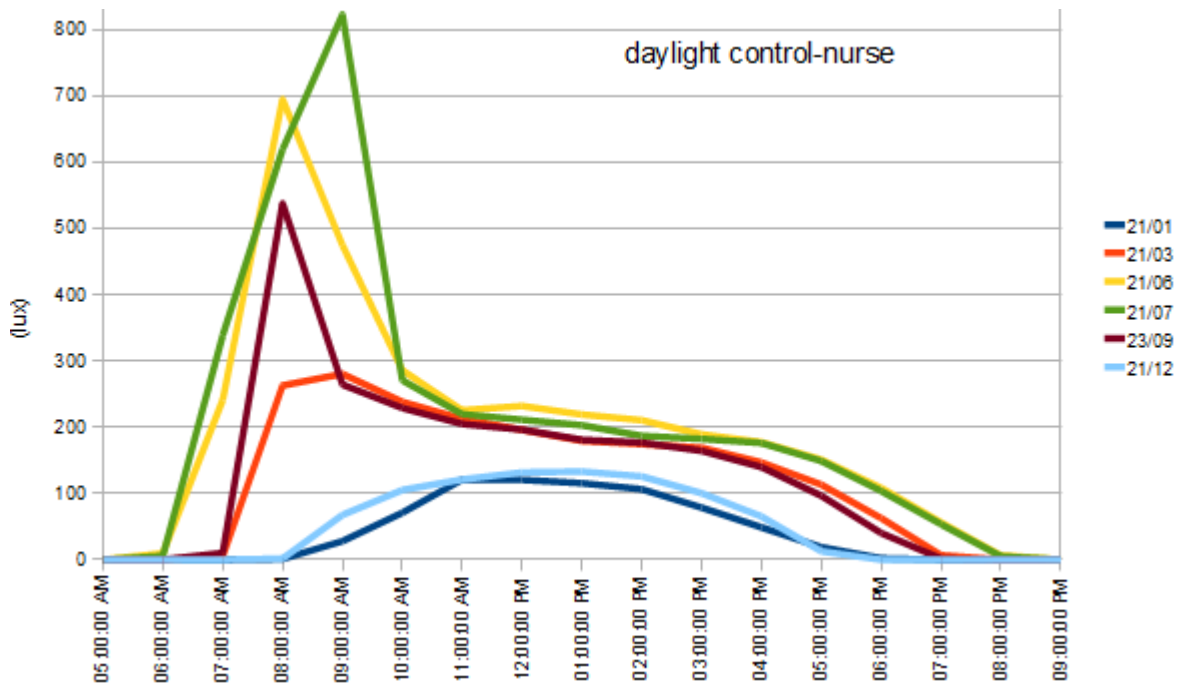
Ενώ παρακάτω παρατίθενται, ενδεικτικά, οι τιμές με το νέο διπλό υαλοπίνακα για τις θέσεις 1 και 5 (βάθος θαλάμου), για όλες τις χαρακτηριστικές ημερομηνίες:



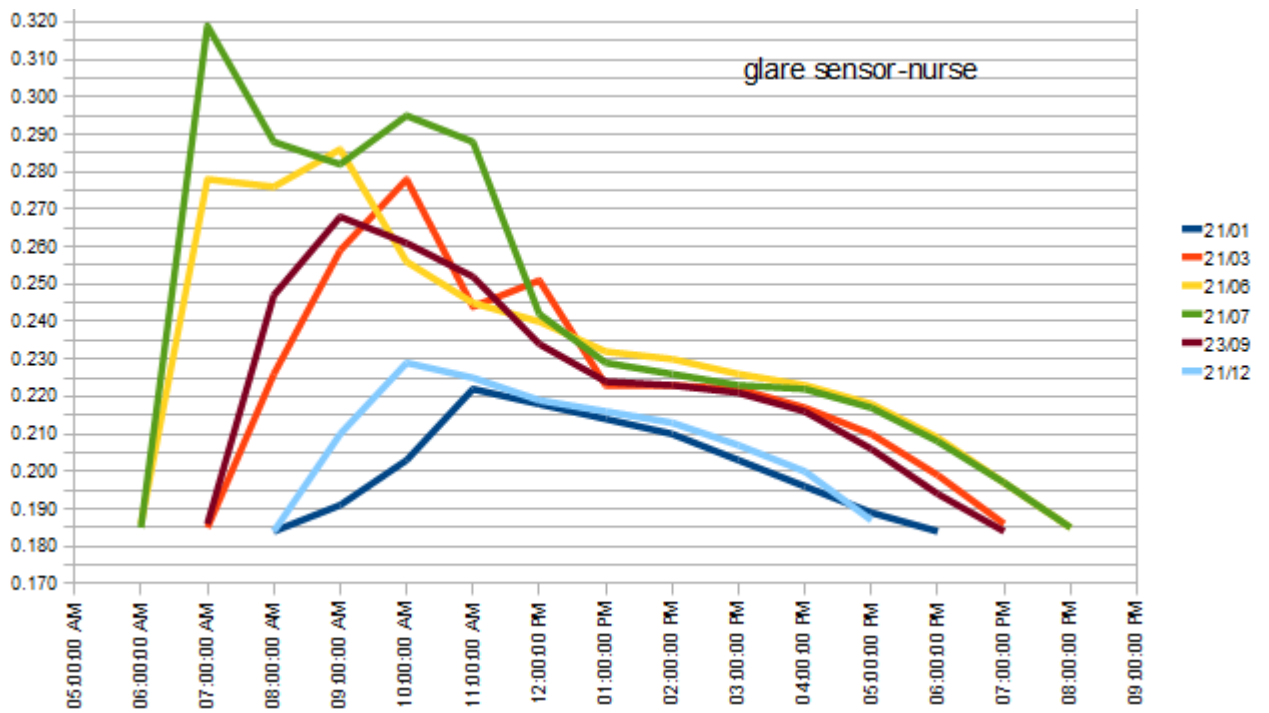
Εικ.5.53 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με κενό υαλοπινάκων 12mm



Εικ.5.54 Τιμές θάμβωσης στη θέση 1 με κενό υαλοπινάκων 12mm



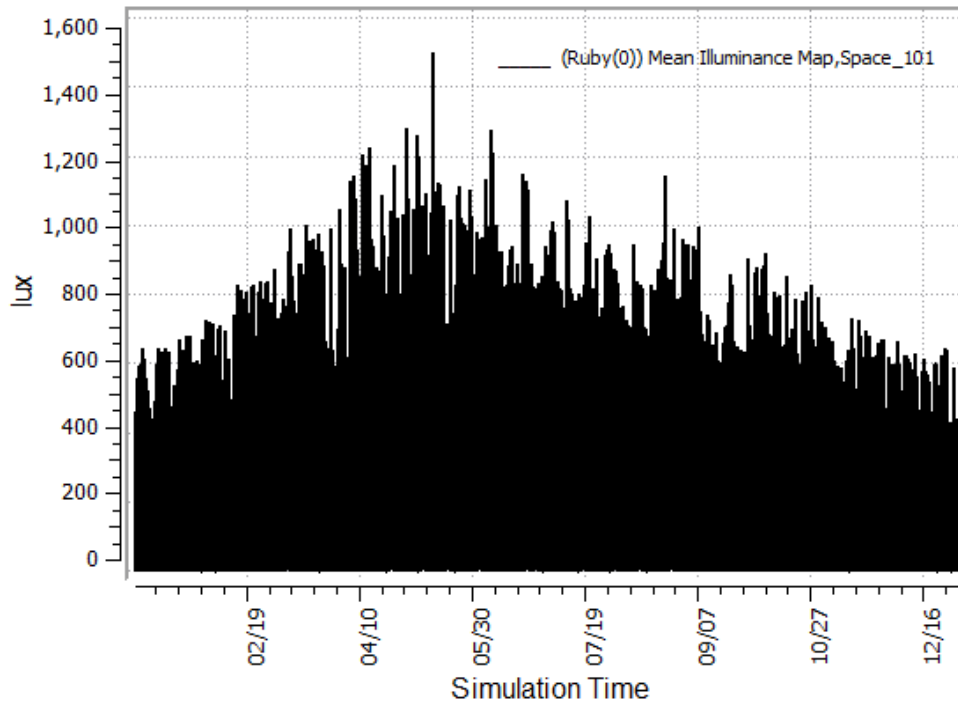
Εικ.5.55 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 5 με κενό υαλοπινάκων 12mm



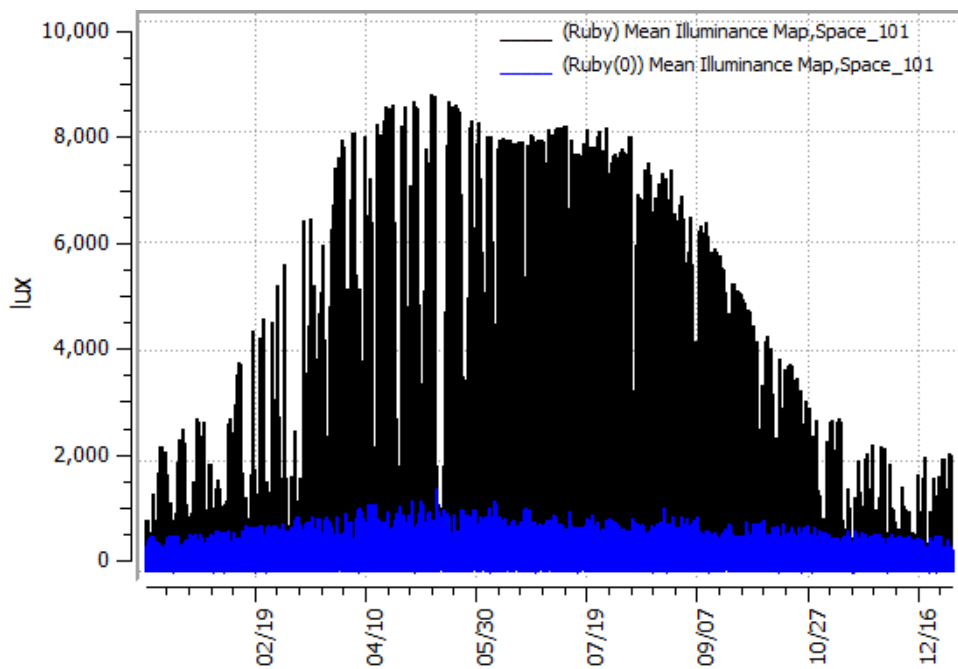
Εικ.5.56 Τιμές θάμβωσης στη θέση 5 με κενό υαλοπινάκων 12mm

## 5.2 Θάλαμος βορινής όψης

Αρχικώς, στην επόμενη εικόνα φαίνεται το Mean Illuminance Map του θαλάμου, για όλο το χρόνο και στην αμέσως επόμενη η διαφορά του με το αντίστοιχο της ανατολής (με μπλε η βορινή όψη).



Εικ.5.57 Mean Illuminance Map του θαλάμου νοσηλείας, για όλο το έτος

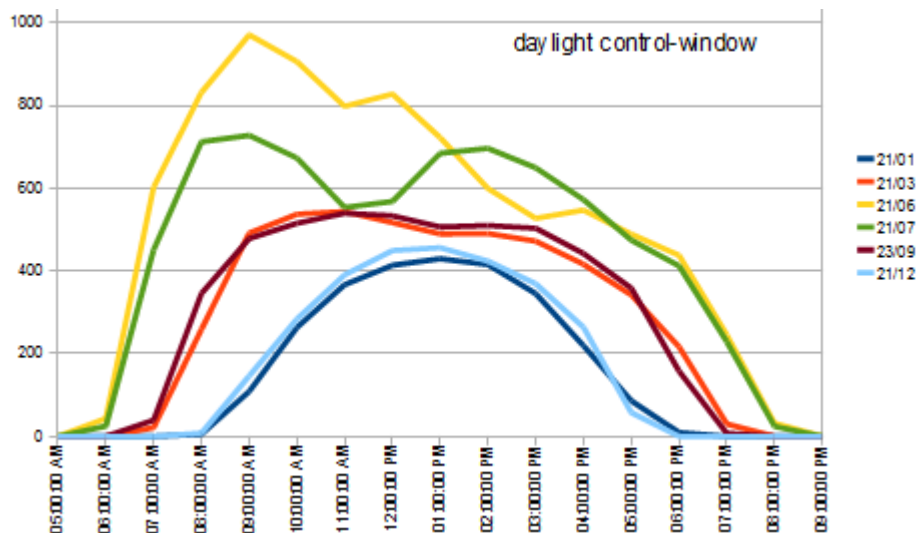


Εικ.5.58 Διαφορές των Mean Illuminance Map μεταξύ των θαλάμων ανατολικής και βορινής όψης

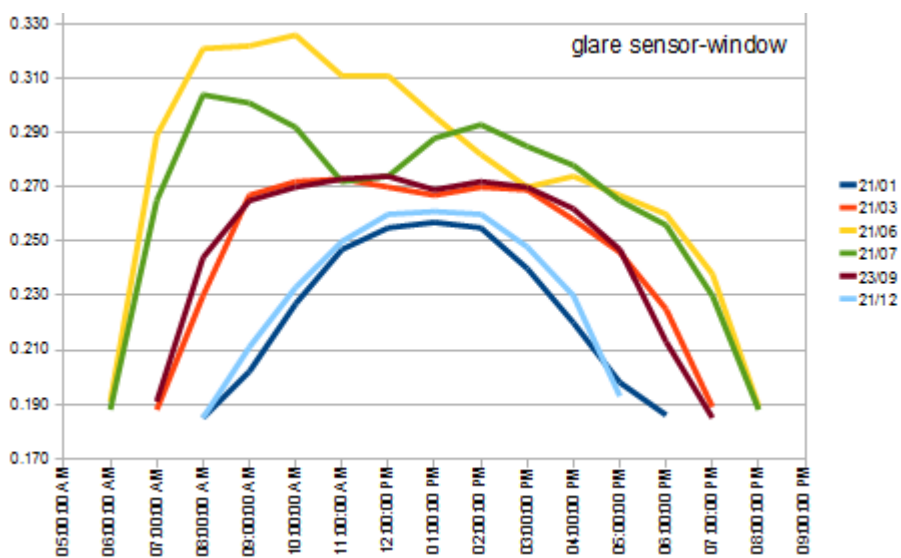


Δηλαδή γίνεται αντιληπτή η έντονη διαφορά των επιπέδων φωτισμού του βορρά με την ανατολή.

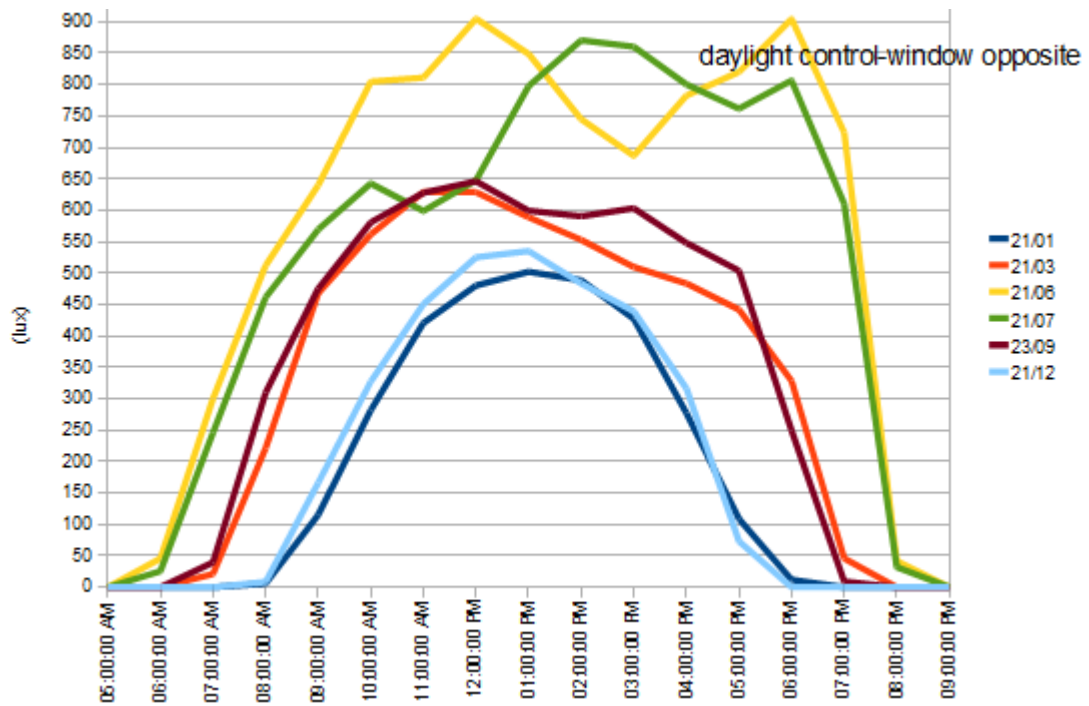
Έπειτα, παρατίθενται τα αποτελέσματα φωτισμού που προέκυψαν για τις διάφορες θέσεις του θαλάμου νοσηλείας που «βλέπει» στο βορρά, στις θέσεις ενδιαφέροντος και τις ημερομηνίες που αναφέρθηκαν και προηγουμένως, καθώς επίσης και μεταξύ τους συγκρίσεις. Τα επιθυμητά όρια που διέπονται από τις προδιαγραφές παραμένουν τα ίδια.



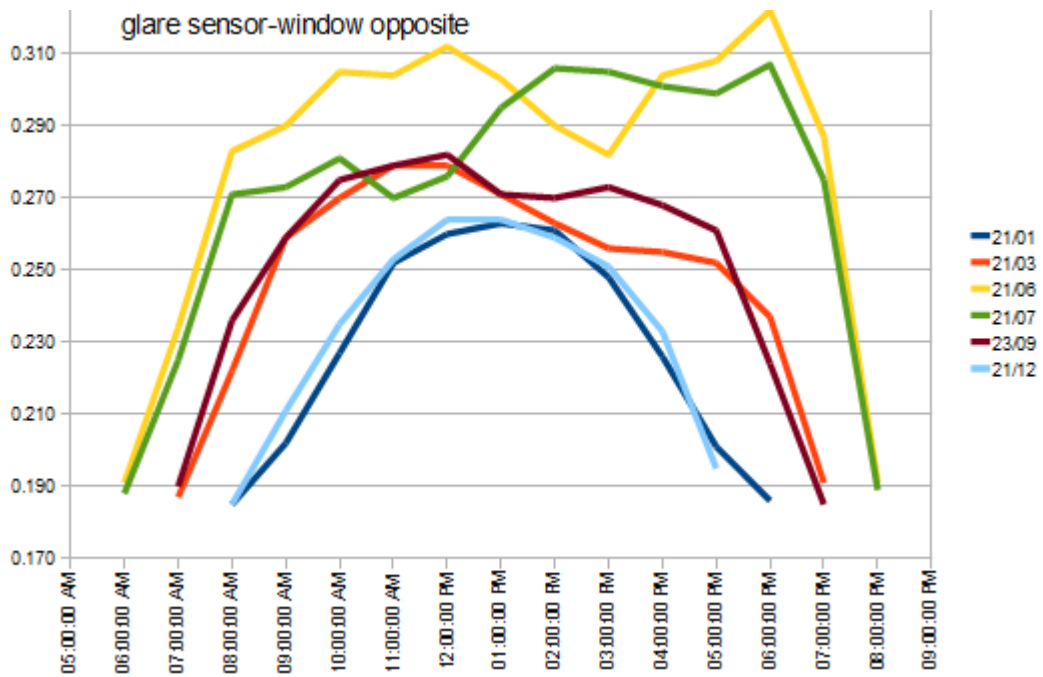
Εικ.5.59 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 1»



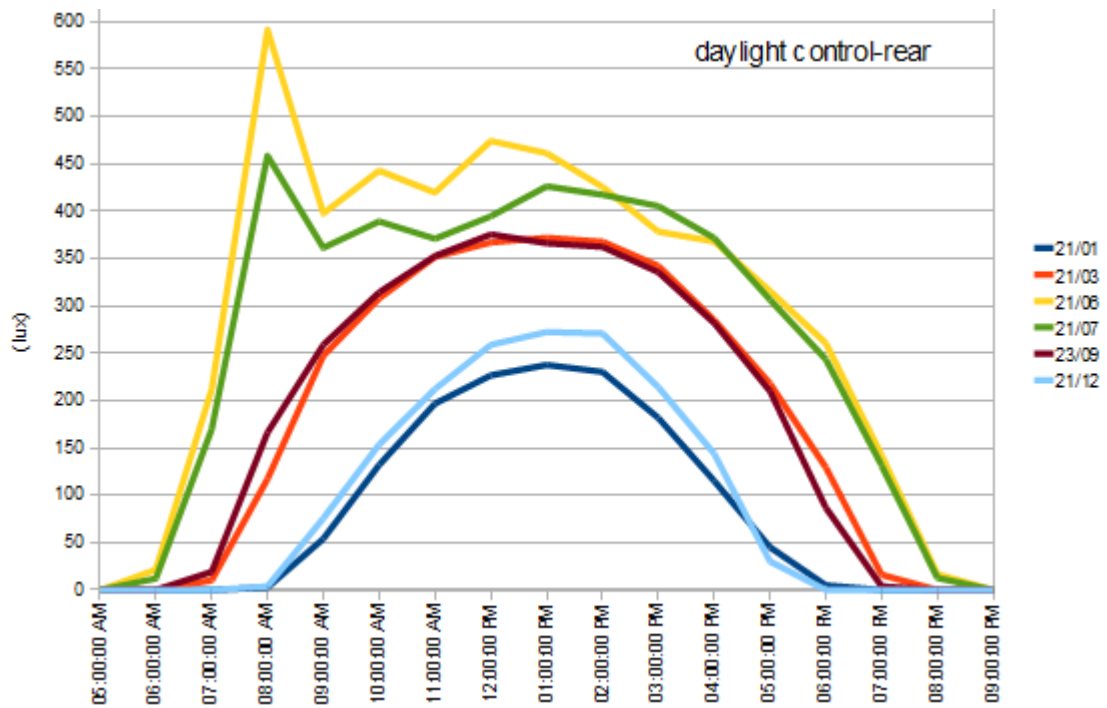
Εικ.5.60 Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 1»



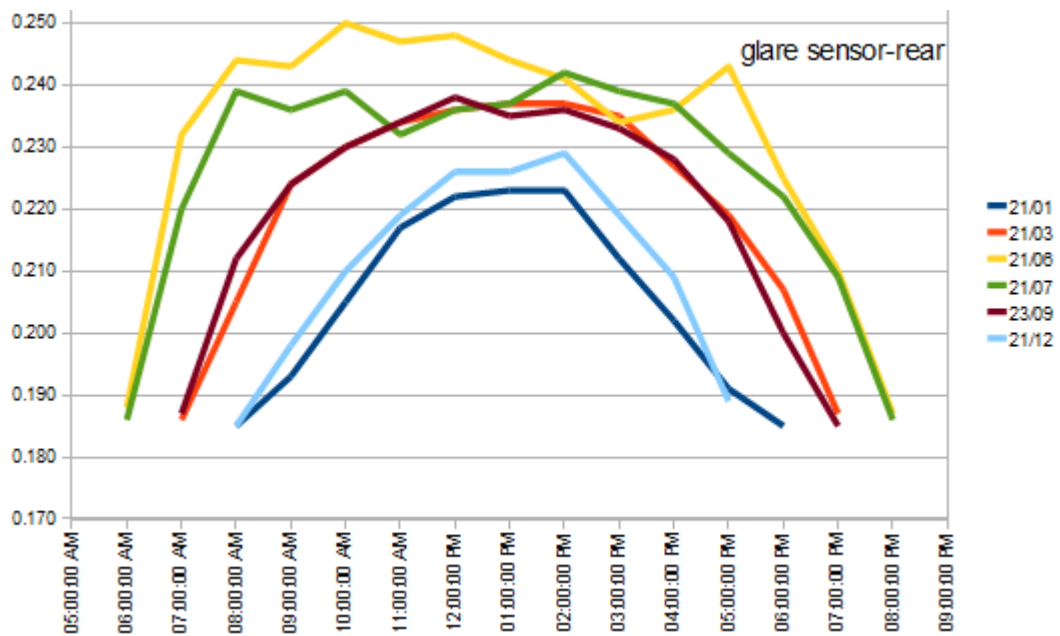
Εικ.5.61 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 2»



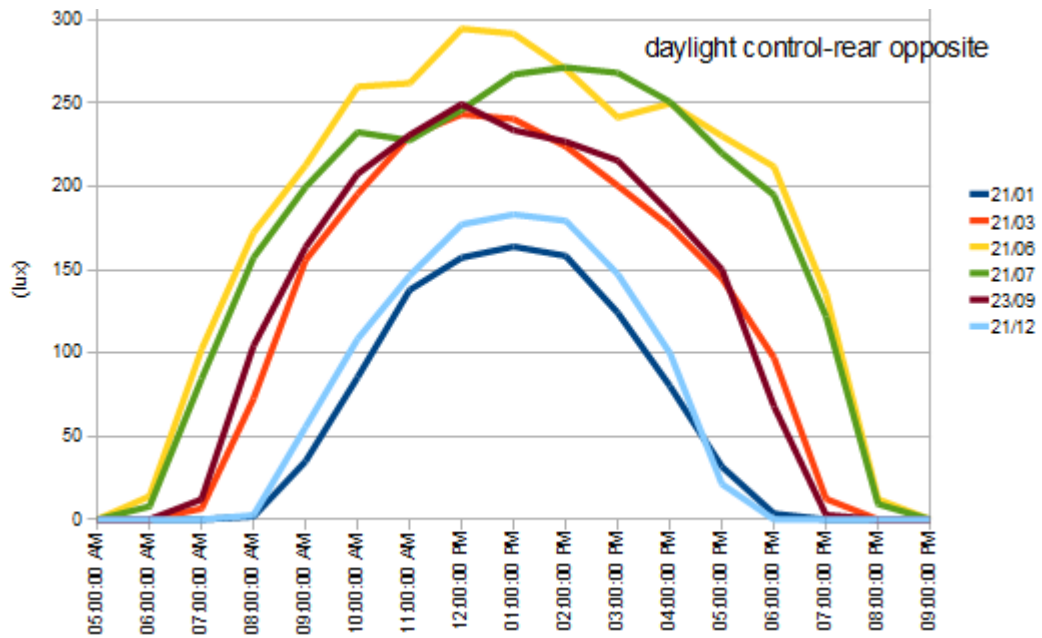
Εικ.5.62 Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 2»



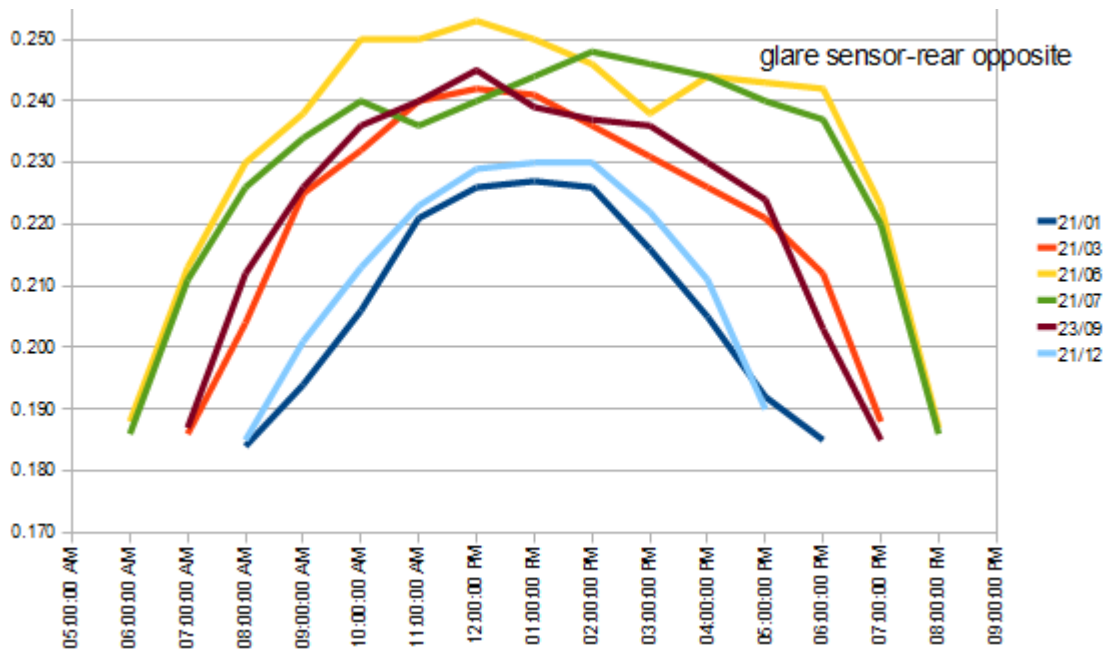
Εικ.5.63 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 3»



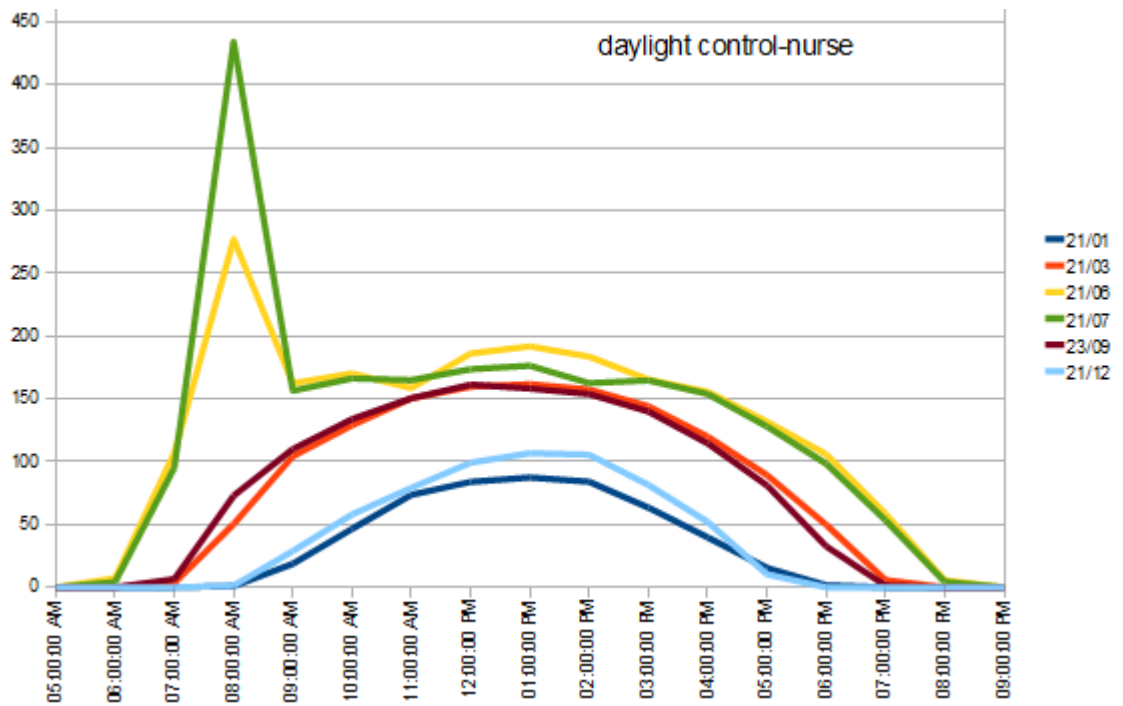
Εικ.5.64 Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 3»



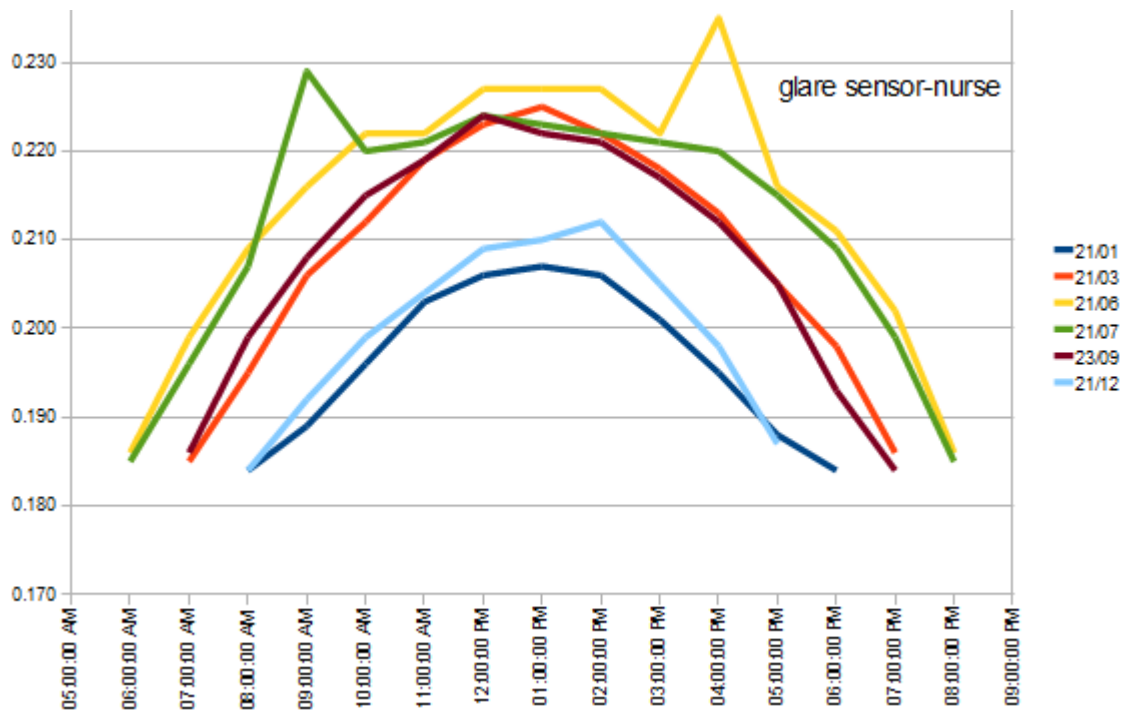
Εικ.5.65 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 4»



Εικ.5.66 Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 4»

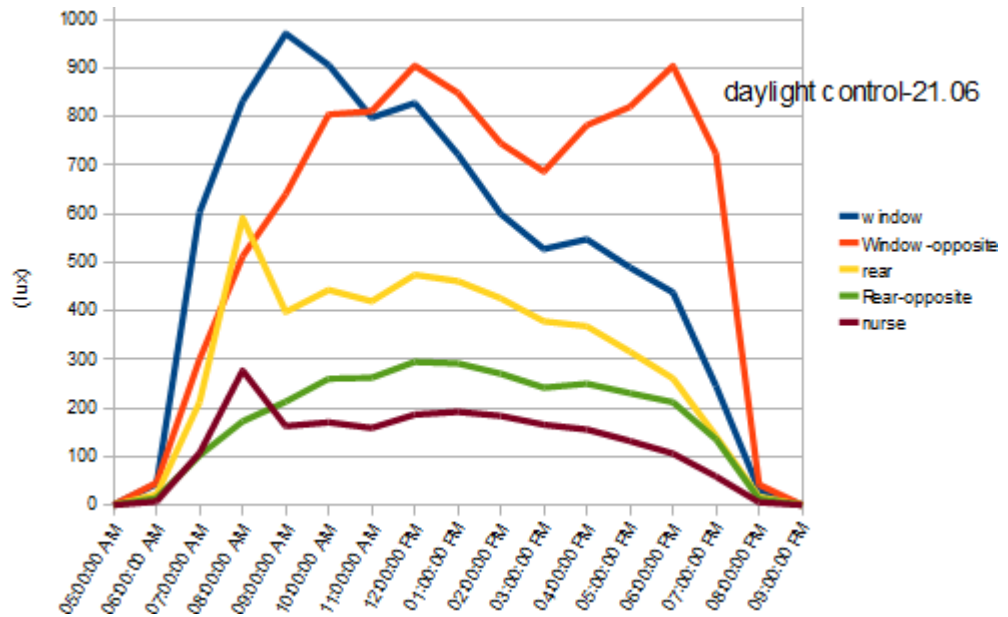


Εικ.5.67 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 5»

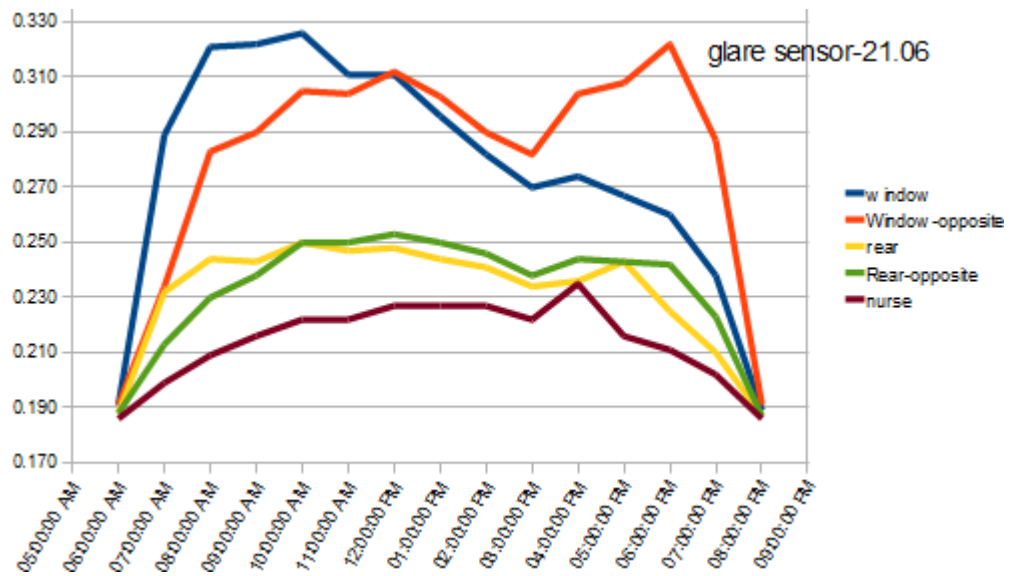


Εικ.5.68 Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 5»

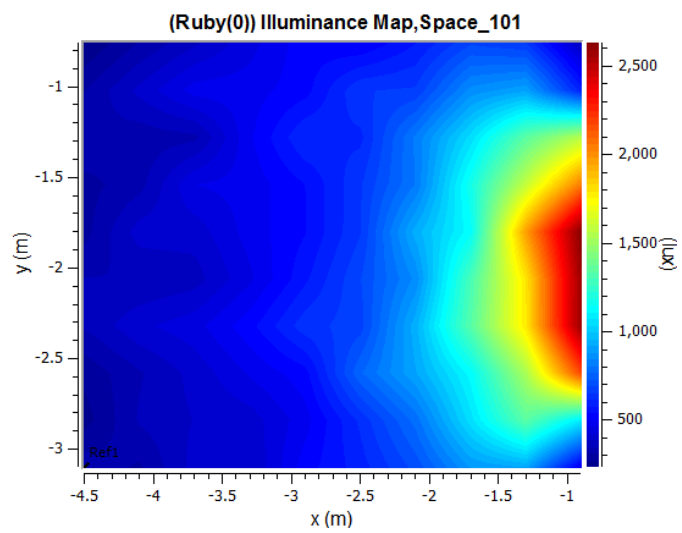
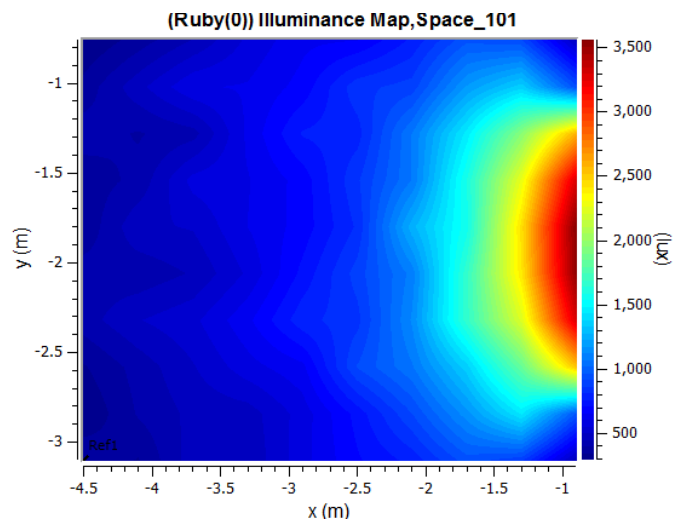
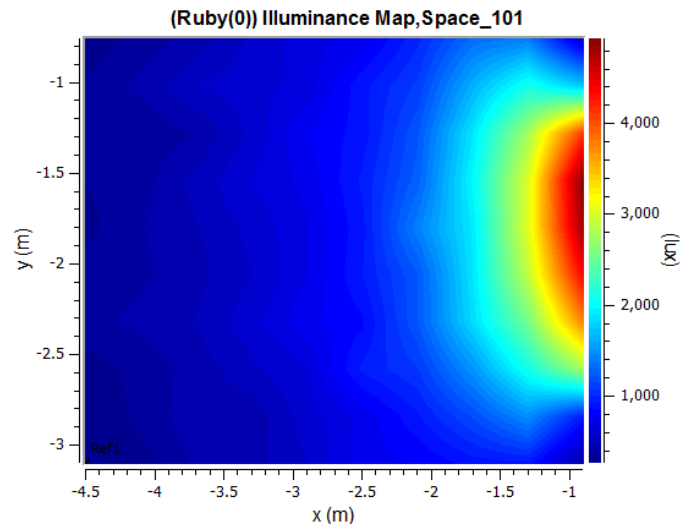
Παρακάτω έπονται ορισμένες αναλύσεις συγκεκριμένων - χαρακτηριστικών - ημερομηνιών:



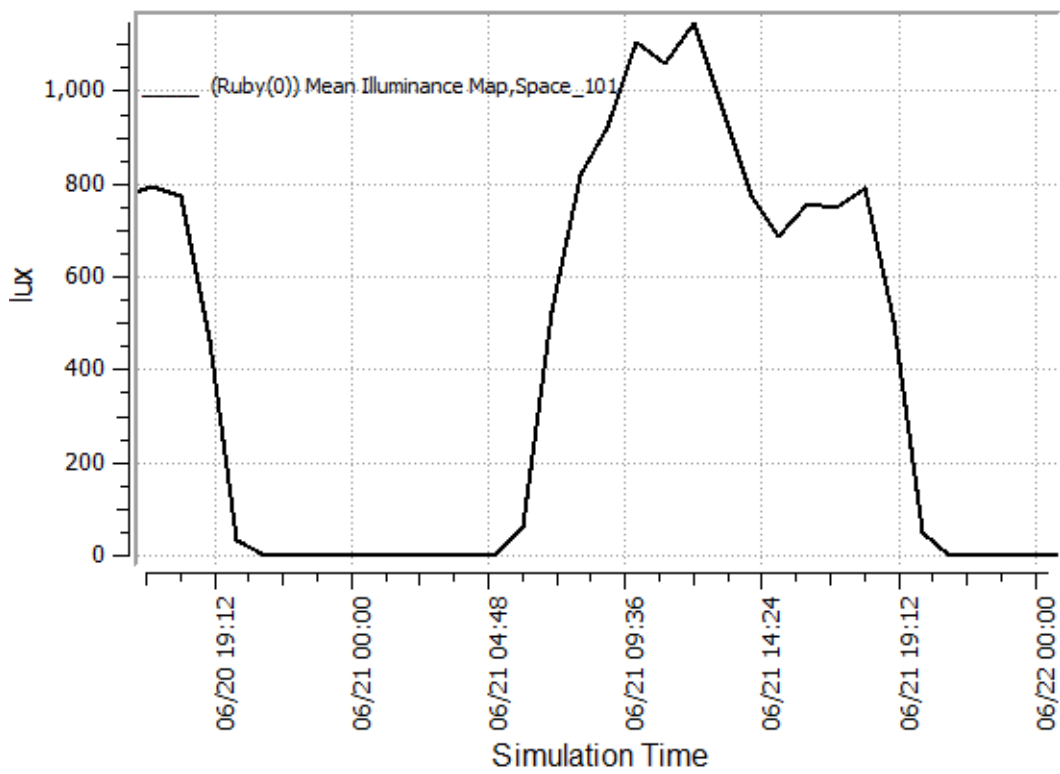
Εικ.5.69 Τιμές έντασης Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)



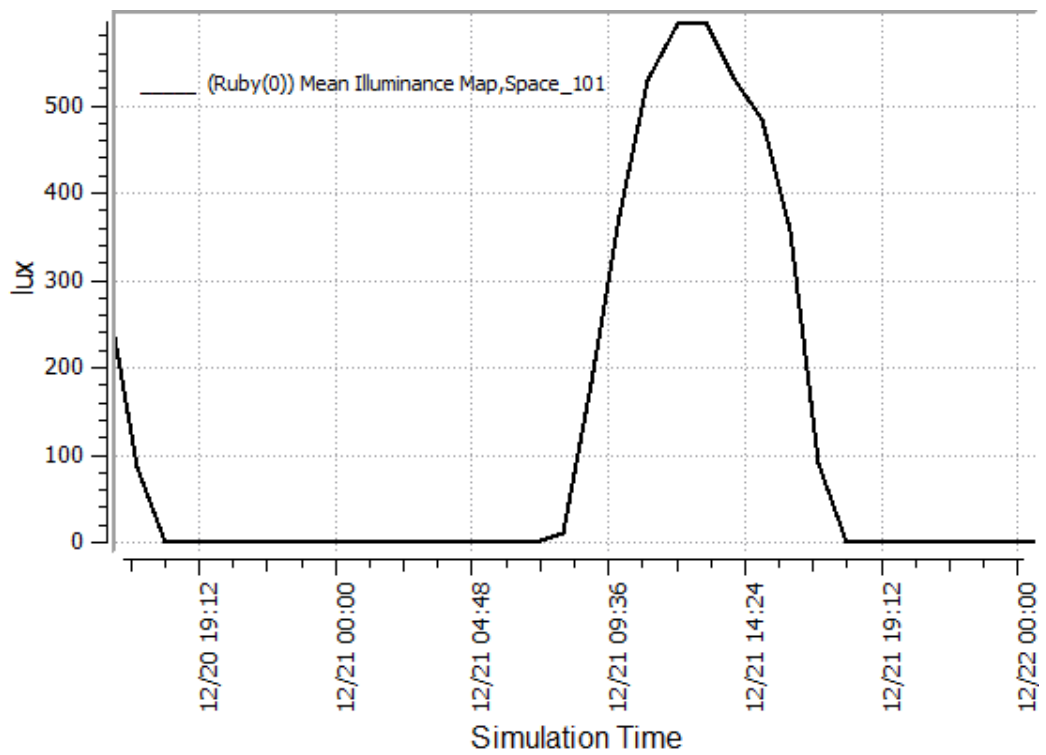
Εικ.5.70 Τιμές έντασης Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)



Εικ.5.71 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου (από το παράθυρο), σε μορφή κάτοψης στις 9μμ, 12μμ και 3μμ, αντίστοιχα, στις 21.06

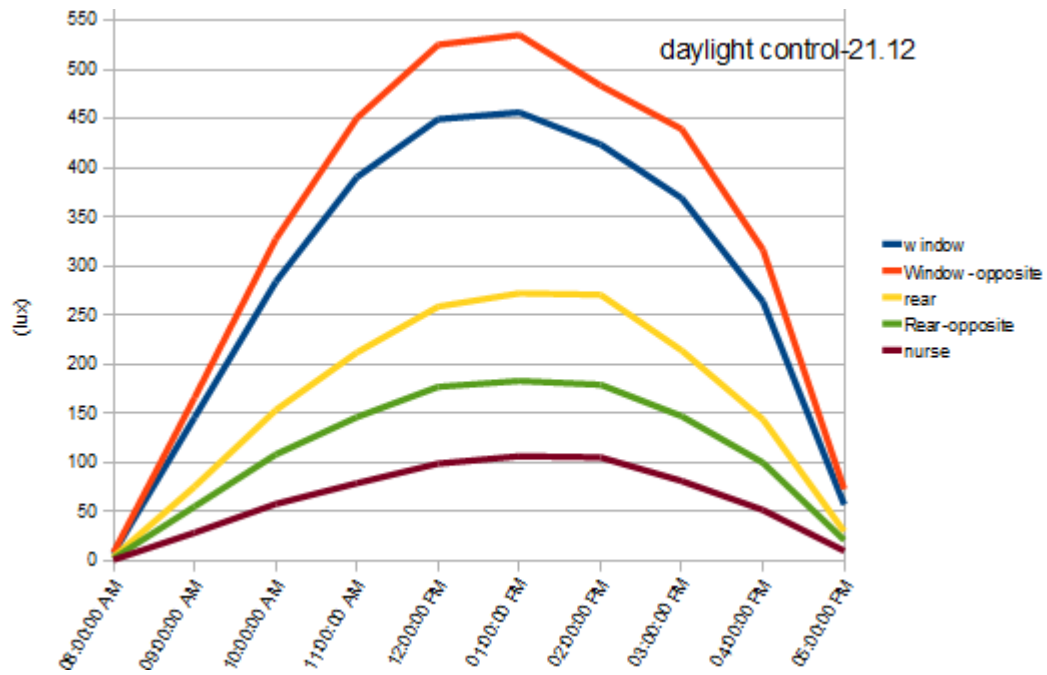


Εικ.5.72 Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας, για το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)

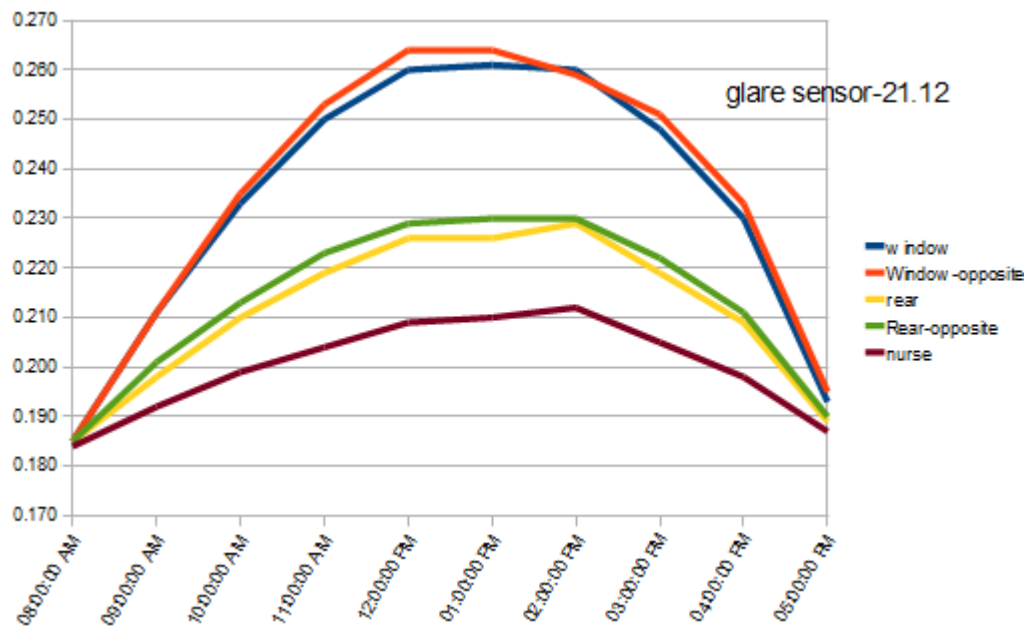


Εικ.5.73 Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας, για το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)

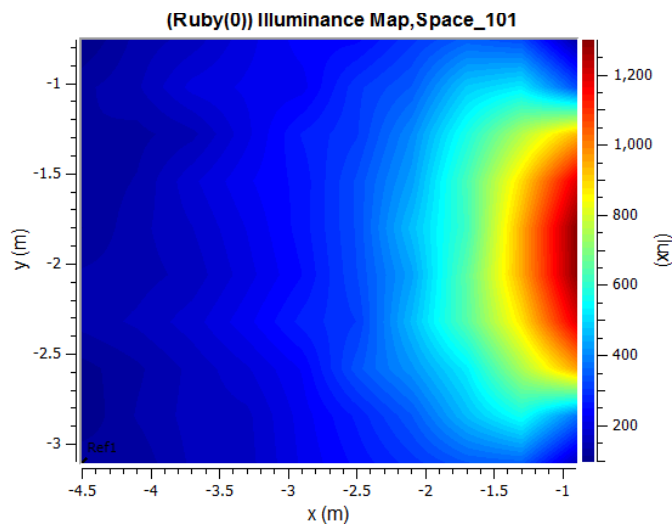
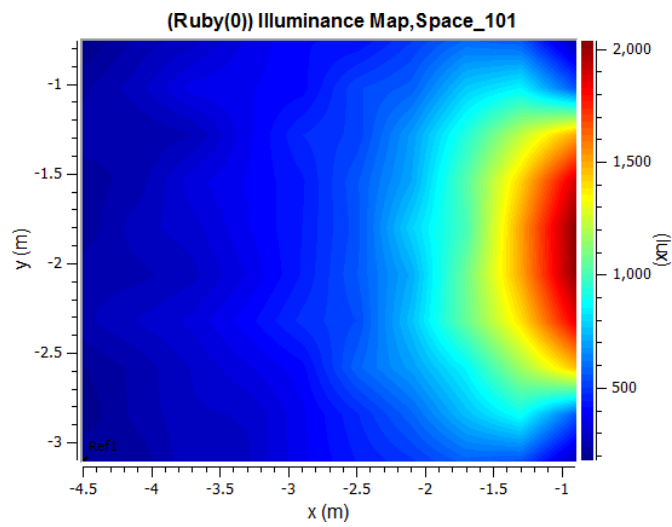
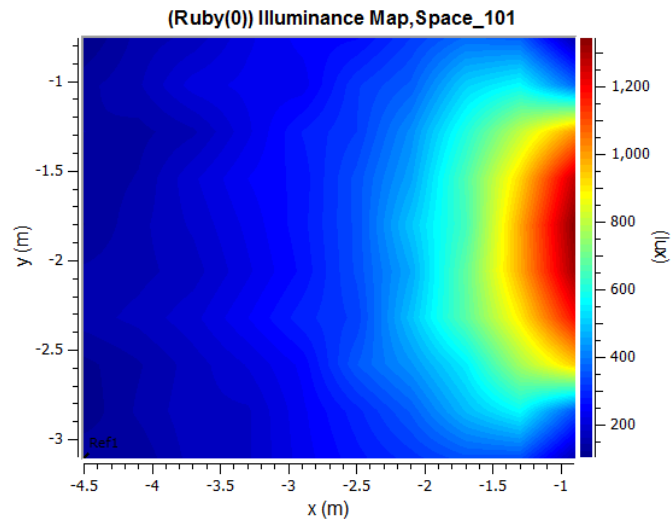




Εικ.5.74 Τιμές έντασης Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.06)



Εικ.5.75 Τιμές έντασης Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)



Εικ.5.76 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου (από το παράθυρο), σε μορφή κάτοψης στις 9μm,12μm και 3μm, αντίστοιχα, στις 21.12

### Συμπεράσματα:

Γίνεται αντιληπτό ότι σε όλες τις θέσεις του θαλάμου βορινής όψης υπάρχει μεν «ανεπαίσθητη» θάμβωση όλο το χρόνο, όμως τα επίπεδα φωτισμού σε αρκετές περιπτώσεις και για πολλές ημερομηνίες παρουσιάζονται αρκετά χαμηλά (από το επιθυμητό όριο των 300 lux που τίθεται από τους κανονισμούς, βλ.ΚΕΦ.2.2). Τίθεται, επομένως, η ανάγκη επιπλέον φωτισμού στο χώρο. Για το λόγο αυτό, μελετώνται τα παρακάτω **σενάρια αύξησης φωτισμού**.

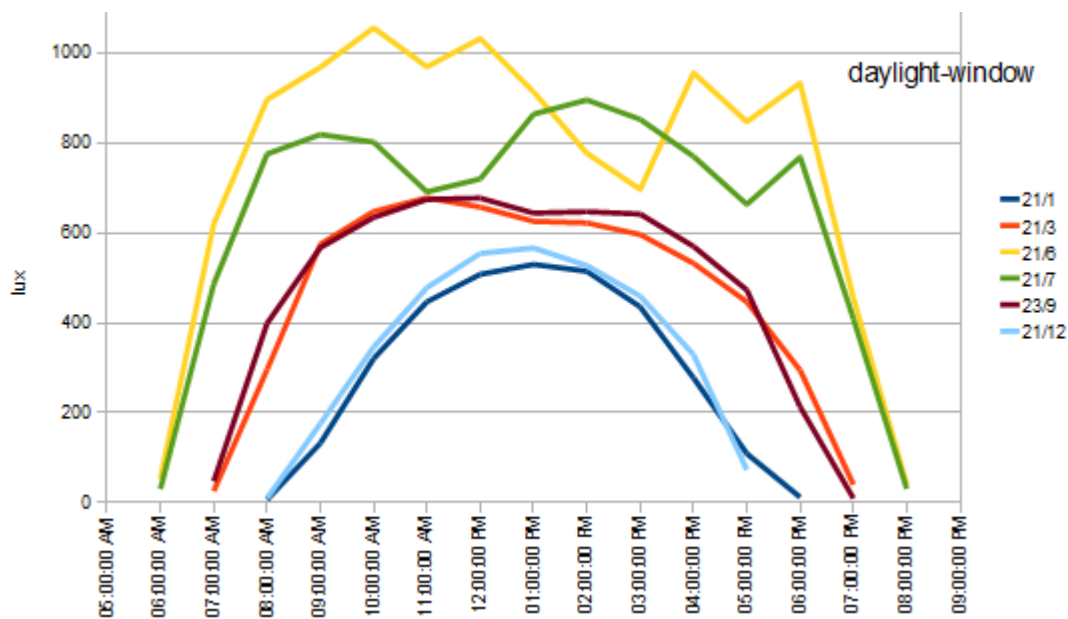
### ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΠΕΡΣΙΔΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Οι οριζόντιες ανακλαστικές περσίδες που χρησιμοποιήθηκαν για το θάλαμο βορινής όψης είναι ίδιων διαστάσεων (μεταξύ τους αποστάσεων, πάχους, κλπ.) με εκείνες της σκίασης ανατολικής όψης.

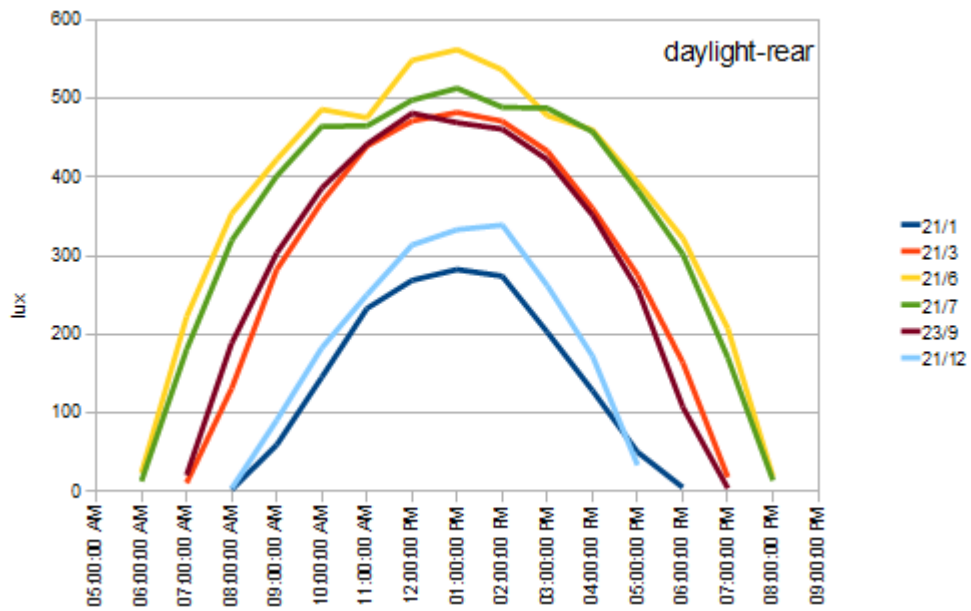
Σημείωση: Η προσομοίωση έγινε κι εδώ με τον ίδιο –«στατικό»- τρόπο των περσίδων ανατολικής όψης.

Αρχικά, παρατίθενται τα αποτελέσματα για τις ημερομηνίες ορισμένων χαρακτηριστικών θέσεων (μας ενδιαφέρουν κυρίως οι θέσεις 3,4, επειδή είναι στο «βάθος του χώρου», άρα έχουν πιο αδύναμα επίπεδα φωτισμού) για καθένα σενάριο (εσωτερικά- ενδιάμεσα- εξωτερικά) κι έπειτα, μεταξύ τους συγκρίσεις.

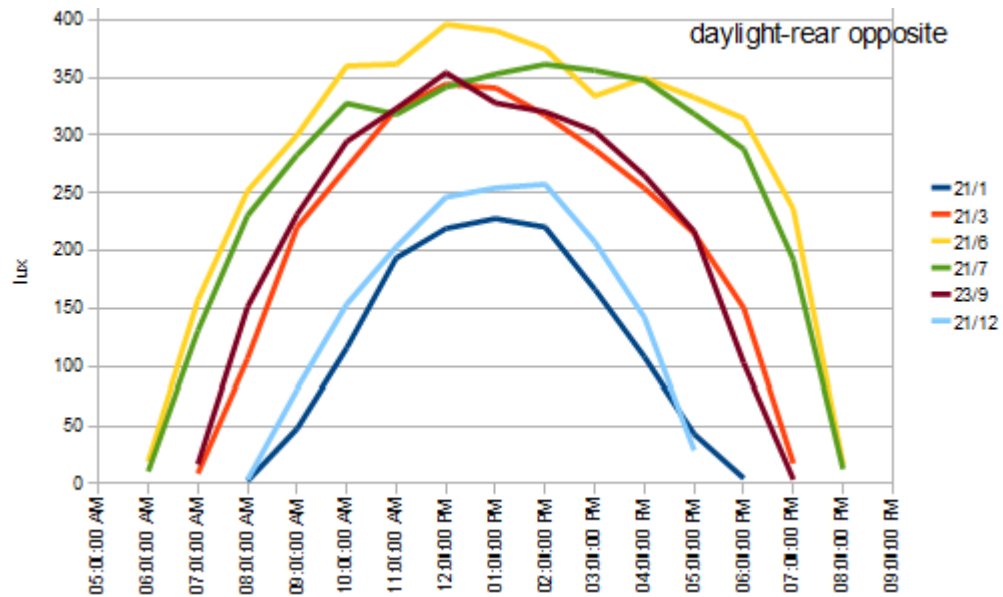
### Εσωτερικά:



Εικ.5.77 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με εσωτερικές περσίδες

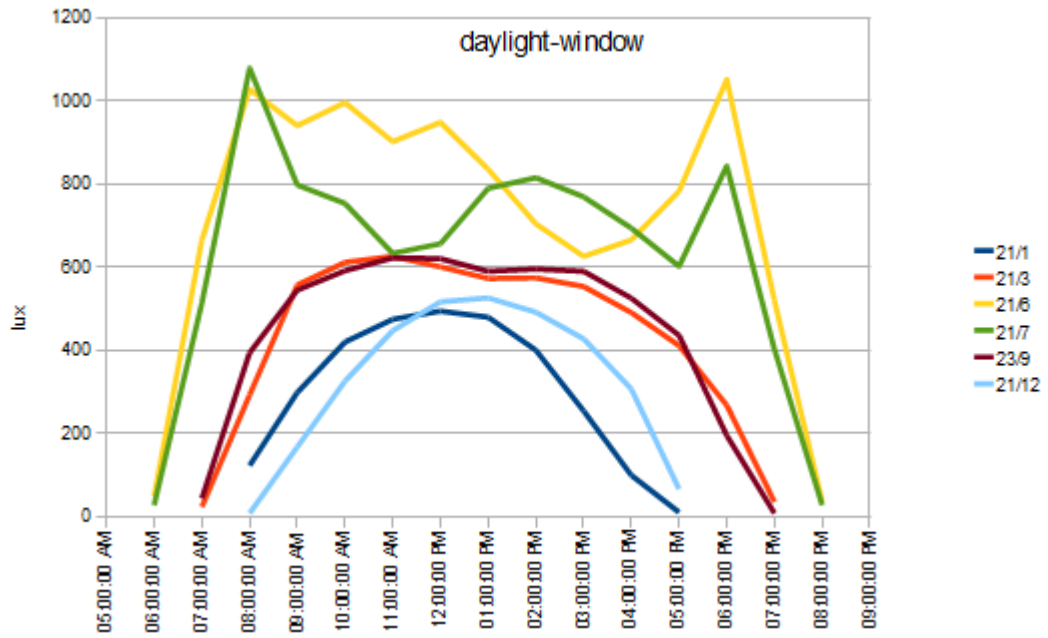


Εικ.5.78 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3 με εσωτερικές περιόδους

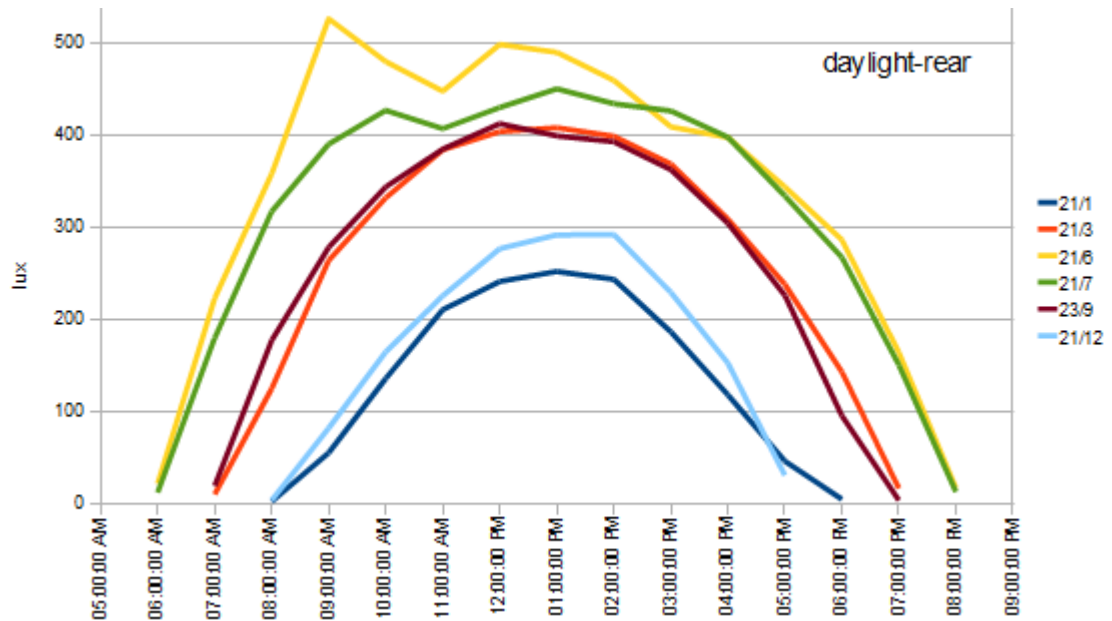


Εικ.5.79 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4 με εσωτερικές περιόδους

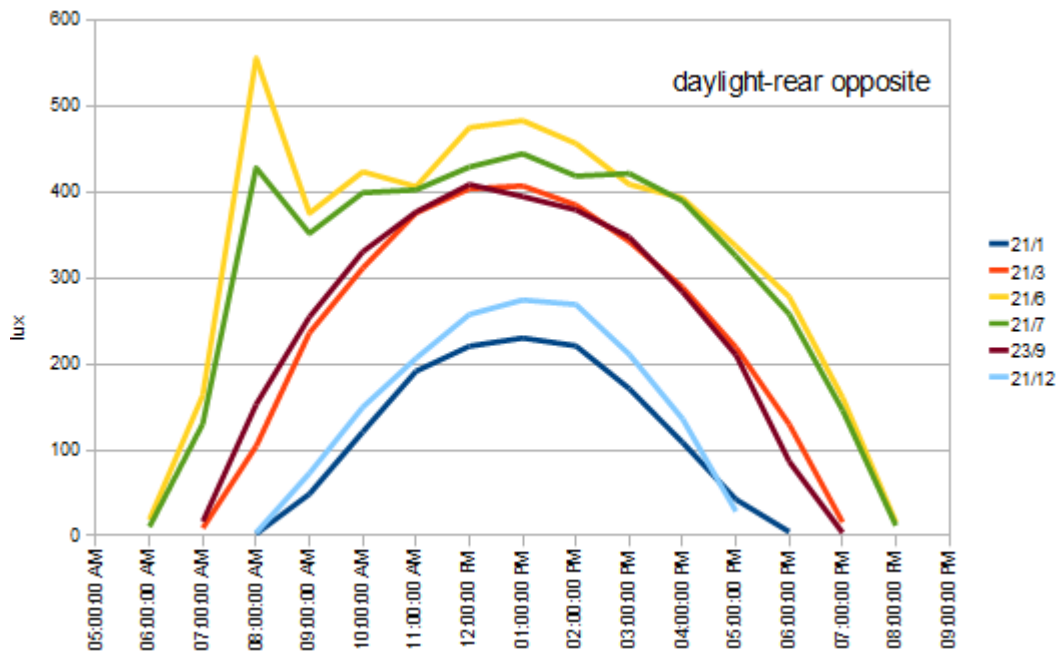
**Ενδιάμεσα:**



Εικ.5.80 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με ενδιάμεσες περιόδους

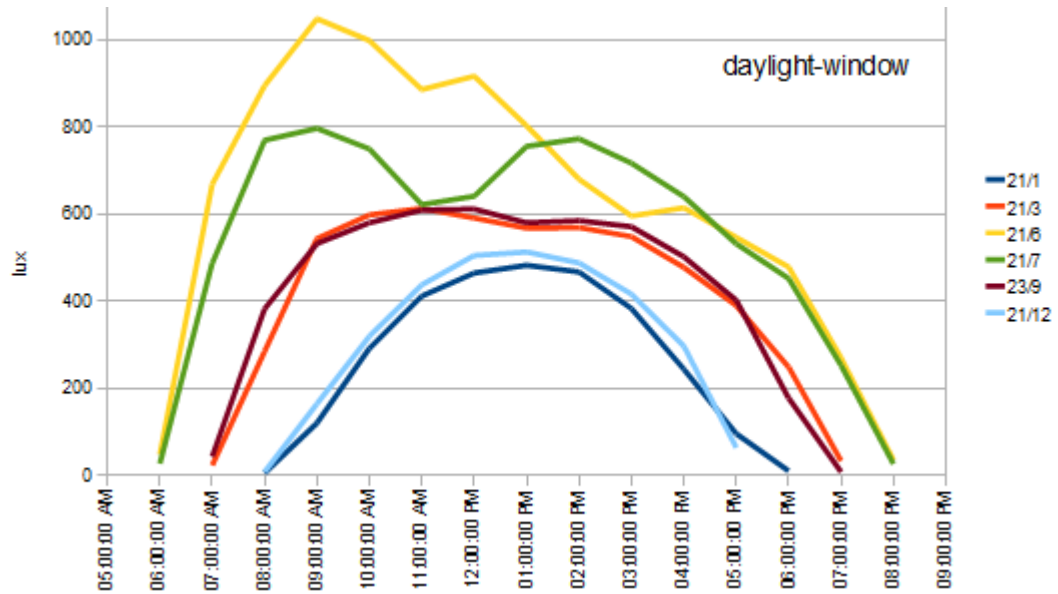


Εικ.5.81 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3 με ενδιάμεσες περιόδους

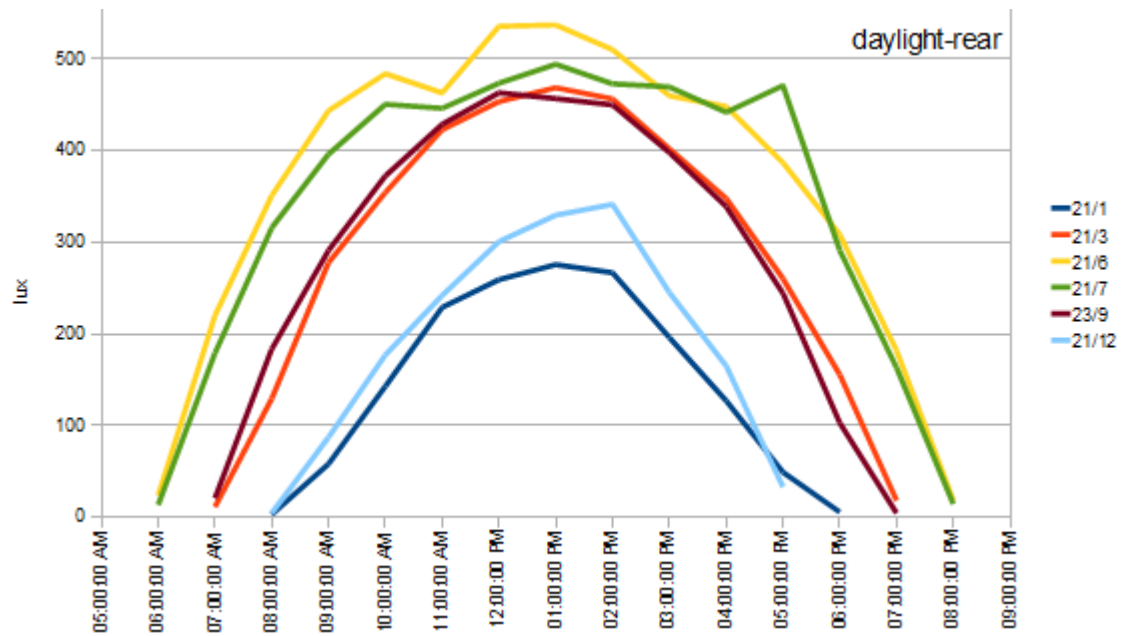


Εικ.5.82 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4 με ενδιάμεσες περσίδες

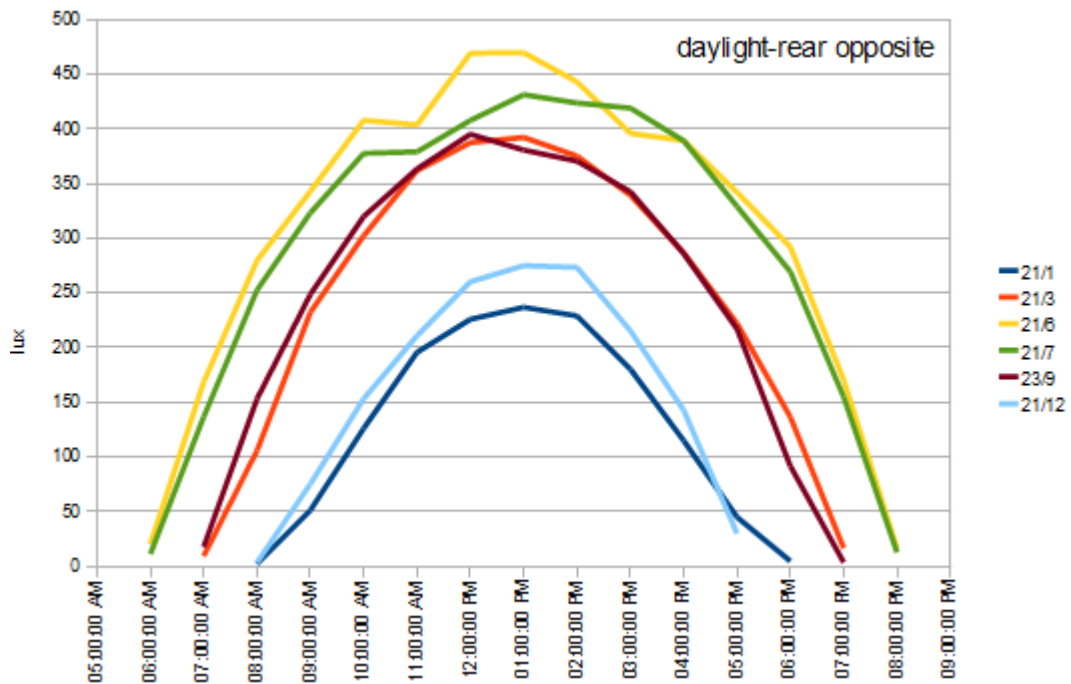
**Εξωτερικά:**



Εικ.5.83 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με εξωτερικές περσίδες

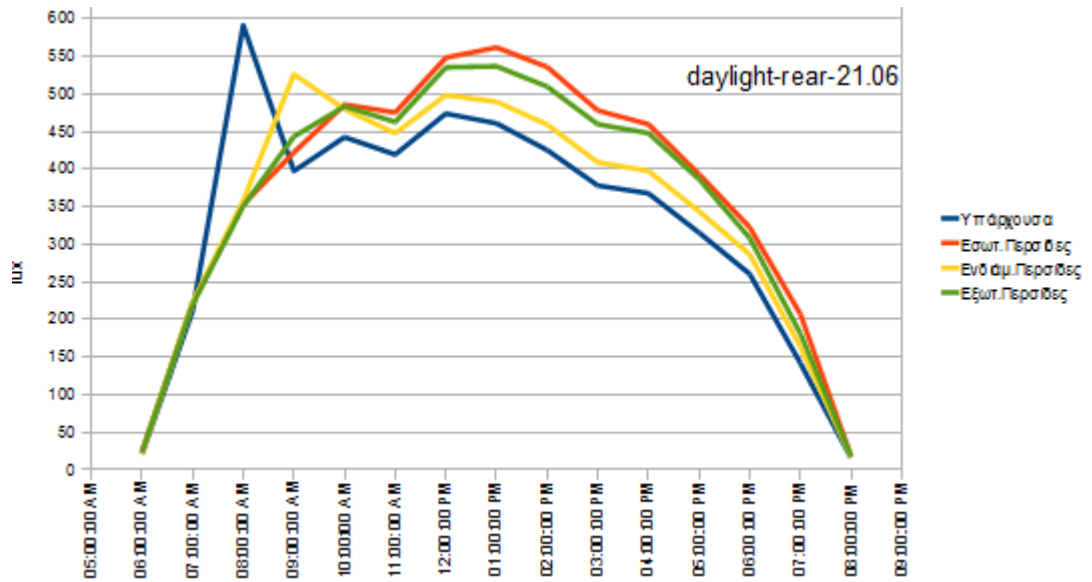


Εικ.5.84 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3 με εξωτερικές περσίδες

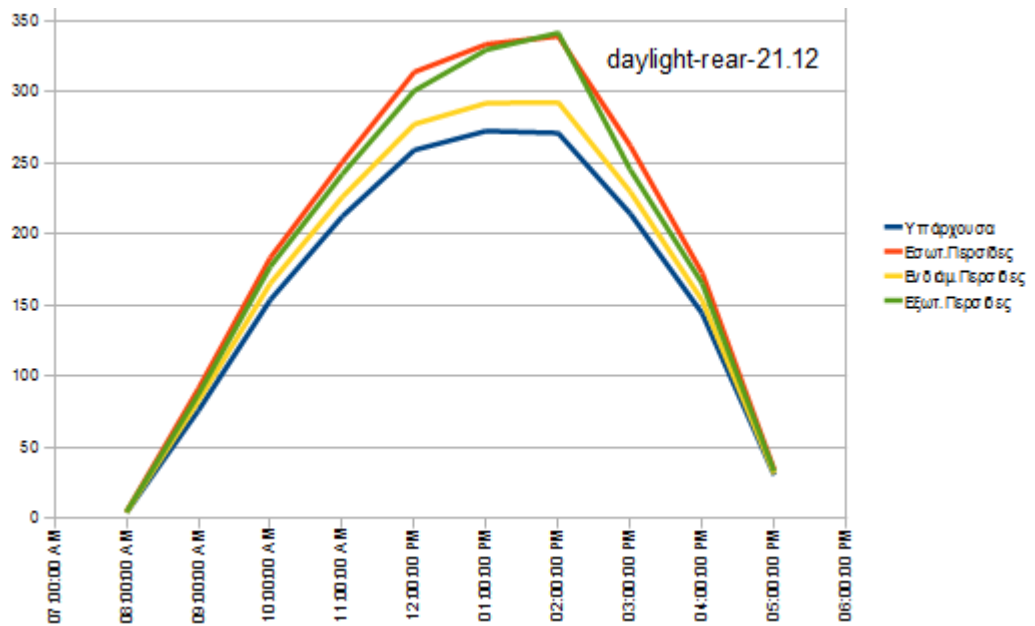


Εικ.5.85 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4 με εξωτερικές περσίδες

Ενώ ακολουθούν ορισμένα συγκριτικά αποτελέσματα χαρακτηριστικών ημερομηνιών:

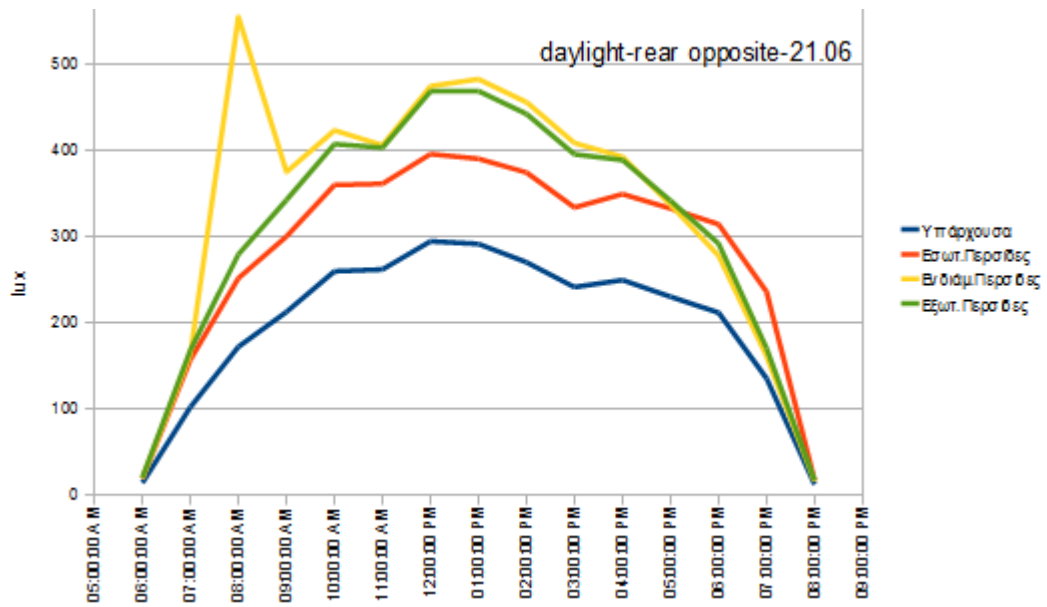


Εικ.5.86 Διαφορές έντασης φωτισμού με κάθε διάταξη ανακλαστικών περσίδων, στη θέση 3, το θερινό Ηλιοστάσιο

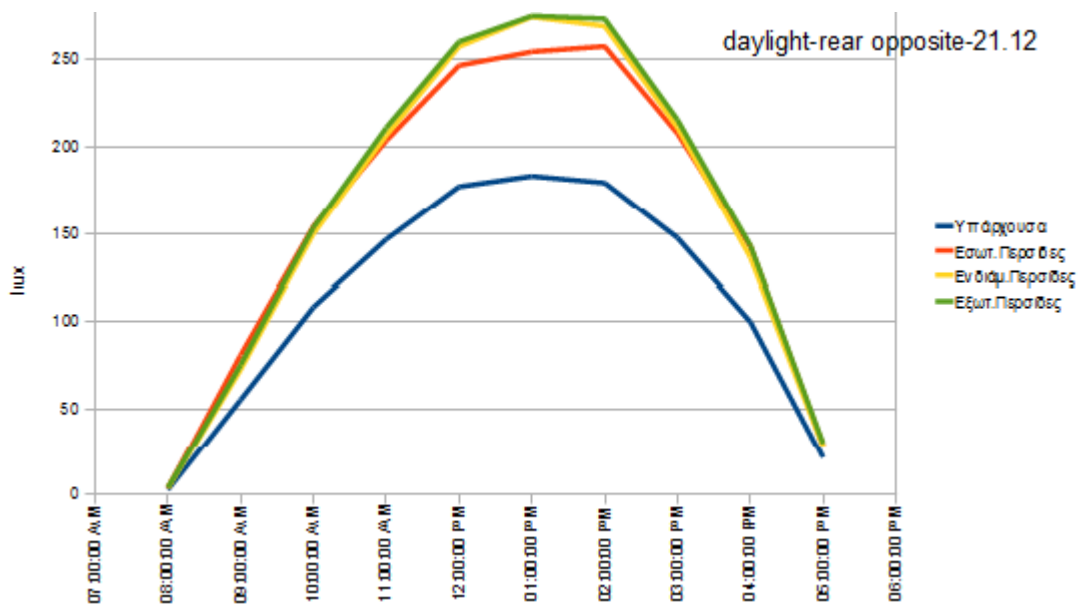


Εικ.5.87 Διαφορές έντασης φωτισμού με κάθε διάταξη ανακλαστικών περσίδων, στη θέση 3, το χειμερινό Ηλιοστάσιο





Εικ.5.88 Διαφορές έντασης φωτισμού με κάθε διάταξη ανακλαστικών περσίδων, στη θέση 4, το θερινό Ηλιοστάσιο



Εικ.5.89 Διαφορές έντασης φωτισμού με κάθε διάταξη ανακλαστικών περσίδων, στη θέση 4, το χειμερινό Ηλιοστάσιο

Εν συνεχεία, ακολουθεί παράθεση των δεικτών απόδοσης Φυσικού Φωτισμού (βλ.Κεφ.2.4), για τα σενάρια διάταξης ανακλαστικών περσίδων εν συγκρίσει με την υπάρχουσα κατάσταση αυτού του προσανατολισμού.

Δείκτες	Υπάρχουσα								
	θέση 1				θέση 3				θέση 4
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	2803.86	4685	0.60	2849.31	4685	0.61	2809.34	4685	0.60
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	7206.30	4685	1.54	7403.25	4685	1.58	7307.25	4685	1.56
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2675.80	4685	0.57	2712.83	4685	0.58	2676.29	4685	0.57
	Εσωτερικά								
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	2893.35	4685	0.62	2873.69	4685	0.61	2838.52	4685	0.61
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	7481.34	4685	1.60	7414.77	4685	1.58	7300.38	4685	1.56
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2758.31	4685	0.59	2739.48	4685	0.58	2702.14	4685	0.58
	Ενδιάμεσα								
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	2882.35	4685	0.62	2831.33	4685	0.60	2853.64	4685	0.61
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	7457.39	4685	1.59	7285.55	4685	1.56	7380.06	4685	1.58
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2742.19	4685	0.59	2697.23	4685	0.58	2715.85	4685	0.58
	Εξωτερικά								
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	2847.36	4685	0.61	2819.24	4685	0.60	2778.28	4685	0.59
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	7357.64	4685	1.57	7350.89	4685	1.57	7222.71	4685	1.54
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2719.38	4685	0.58	2727.59	4685	0.58	2644.18	4685	0.56

Εικ.5.90 Δείκτες απόδοσης Φυσικού Φωτισμού για κάθε περίπτωση, στις κυριότερες θέσεις ενδιαφέροντος

Σημείωση: στον παραπάνω πίνακα, για κάθε θέση υπάρχουν τρεις στήλες. Η πρώτη είναι οι τιμές των Δεικτών, η δεύτερη οι συνολικές τιμές των Δεικτών στην εξεταζόμενη θερμική ζώνη (δηλαδή, στο θάλαμο νοσηλείας) και η Τρίτη (η κυριότερη προς έλεγχο) ο λόγος των δύο προηγούμενων, δηλαδή το ποσοστό εκπλήρωσης του καθενός. Για παράδειγμα, στη θέση 1 της υπάρχουσας κατάστασης, στην πρώτη γραμμή, όπως αναγράφεται, οι ώρες με φωτισμό εντός του θαλάμου είναι 2803.86 από τις 4685 που υπάρχουν για ένα έτος, με το ποσοστό αυτής της εκπλήρωσης να ανέρχεται στο 60% (0.60).

Μία περίπτωση που αξίζει να αναλυθεί είναι η θέση 4, που βρίσκεται στο βάθος του δωματίου, μέρος για το οποίο γίνεται κυρίως η προσπάθεια επίτευξης ομοιομορφίας του φωτισμού, όπου στην υπάρχουσα κατάσταση ο δείκτης Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού περιλαμβάνει 2809.34 ώρες, που γίνονται 2853.64 με τη χρήση της εξωτερικής διάταξης περσίδων, γεγονός που, παρά τη μικρή αύξηση, δείχνει την ευεργετική ιδιότητα του συγκεκριμένου σεναρίου.

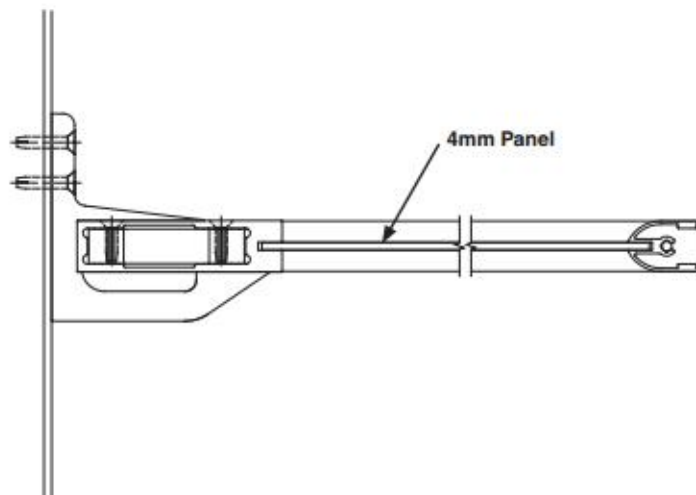
## ΡΑΦΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Για το σενάριο με ράφι φωτισμού επιλέχτηκε σταθερό ορθογωνικό ράφι από αλουμίνιο, προέκτασης 0.5m, πάχους 4mm και σε ύψος 2.10m από το δάπεδο, ώστε να μην παρεμποδίζεται η θέαση των ασθενών. Οι θέσεις που μελετήθηκε είναι εσωτερικά, ενδιάμεσα, εξωτερικά, αλλά και ενδιάμεσα με κεκλιμένη την εξωτερική του επιφάνεια, κατά 15°, ώστε να βοηθά την εκχώρηση του φωτισμού στο δωμάτιο αμεσότερα.

4mm PANEL (Typical Intermediate)

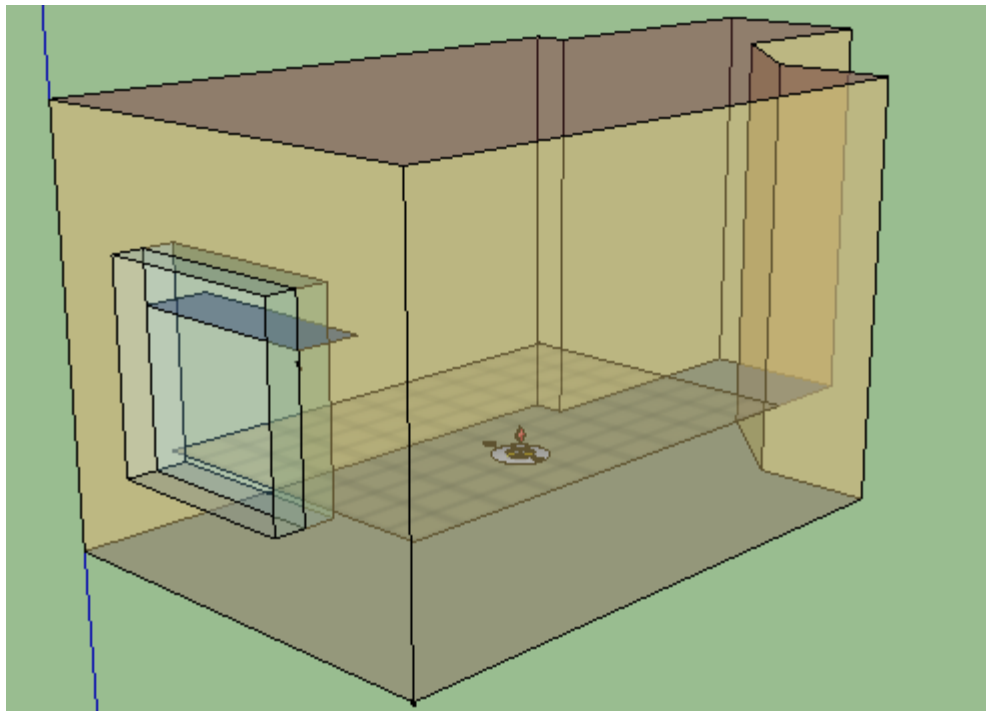


**LIGHT SHELF WITH 4mm PANEL SHOWN IN INSTALLED POSITION**

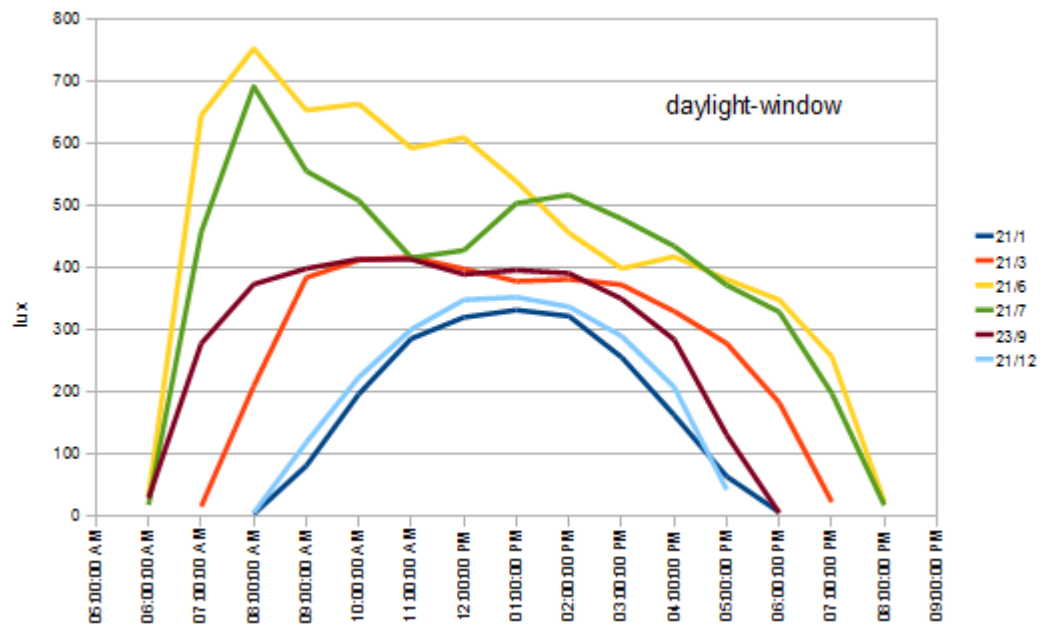


*Εικ.5.91 Ράφι Φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε κατά την προσομοίωση [7]*

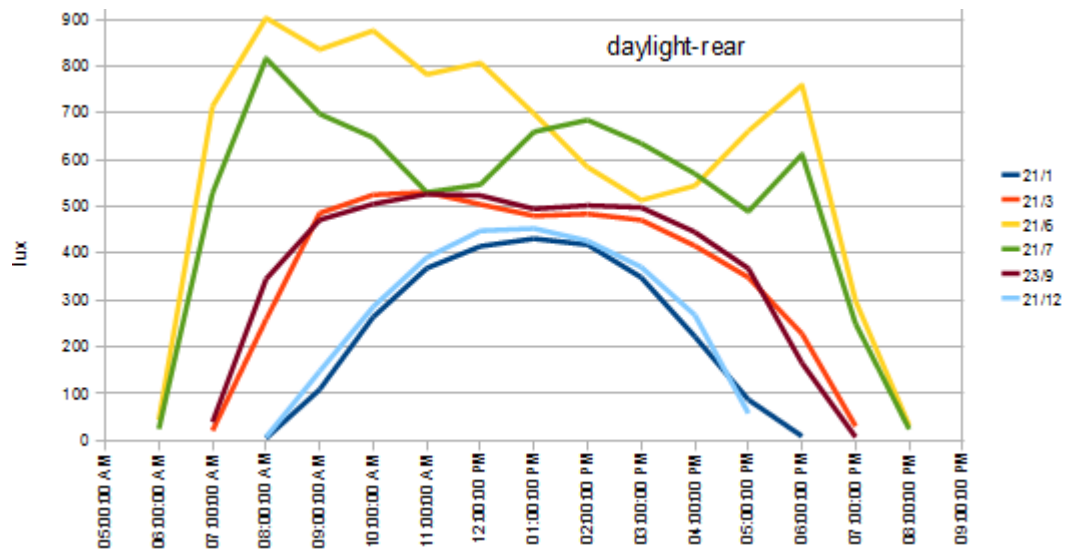
## Εσωτερικό Ράφι:



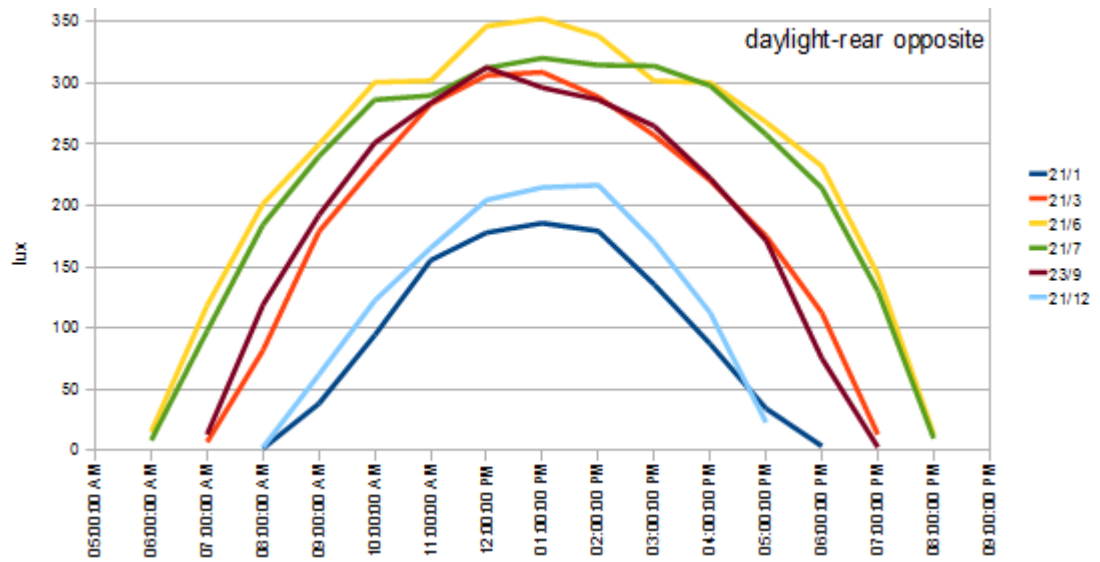
Εικ.5.92 Εσωτερικό ράφι φωτισμού μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Sketch-up



Εικ.5.93 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1, με εσωτερικό ράφι

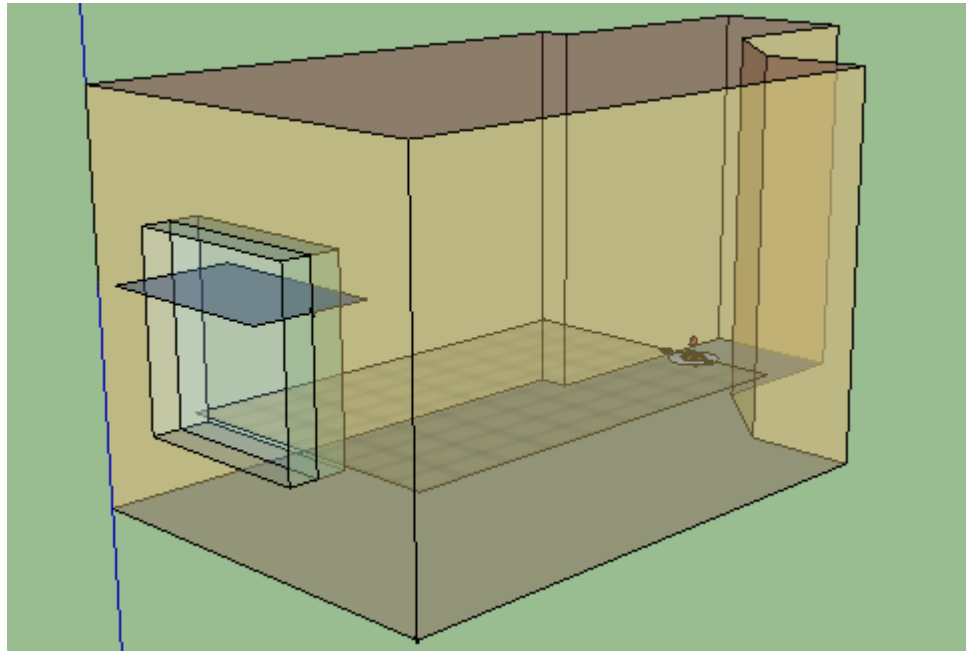


Εικ.5.94 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3, με εσωτερικό ράφι

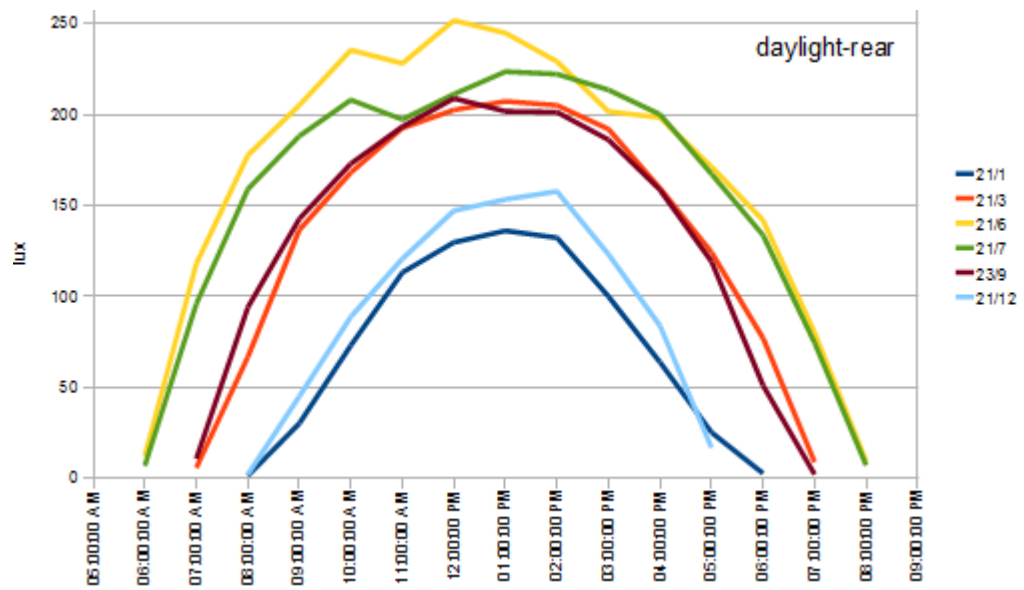


Εικ.5.95 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4, με εσωτερικό ράφι

## Ενδιάμεσο Ράφι:

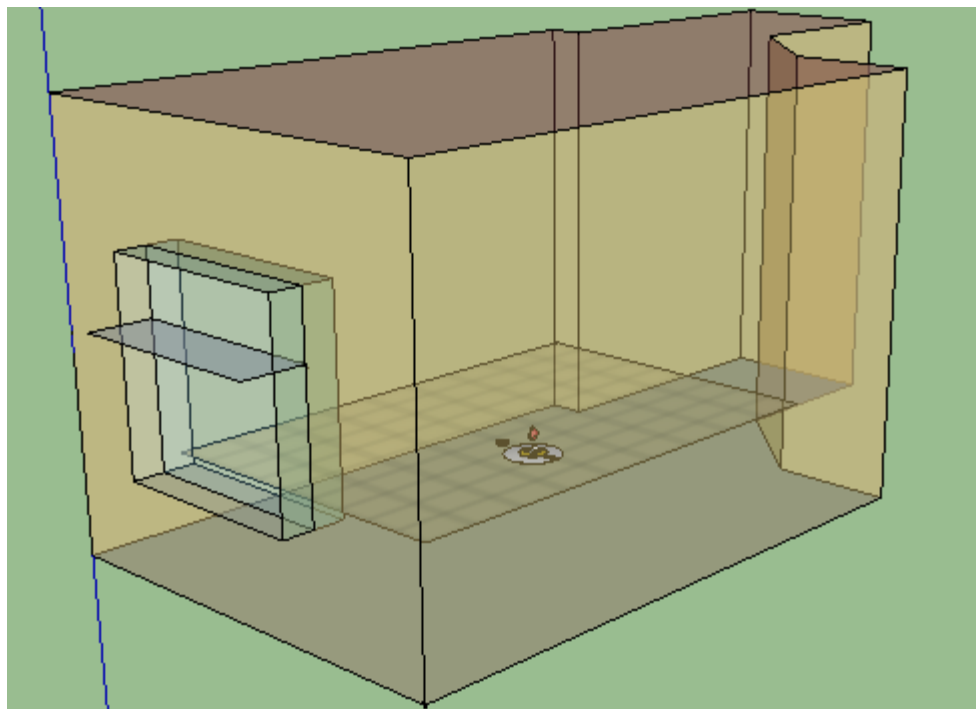


Εικ.5.96 Ενδιάμεσο ράφι φωτισμού μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Sketch-up

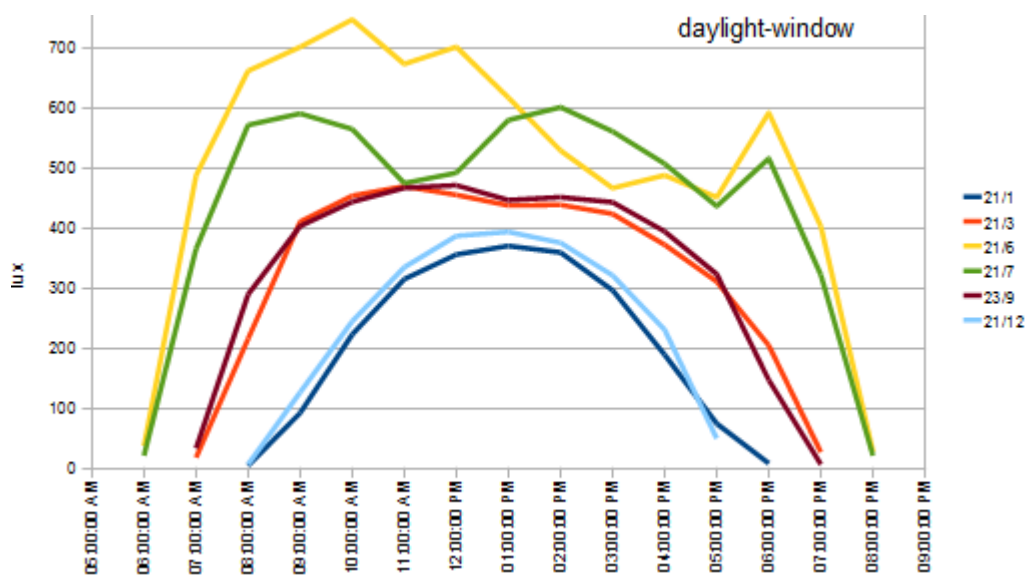


Εικ.5.97 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 2, με ενδιάμεσο ράφι

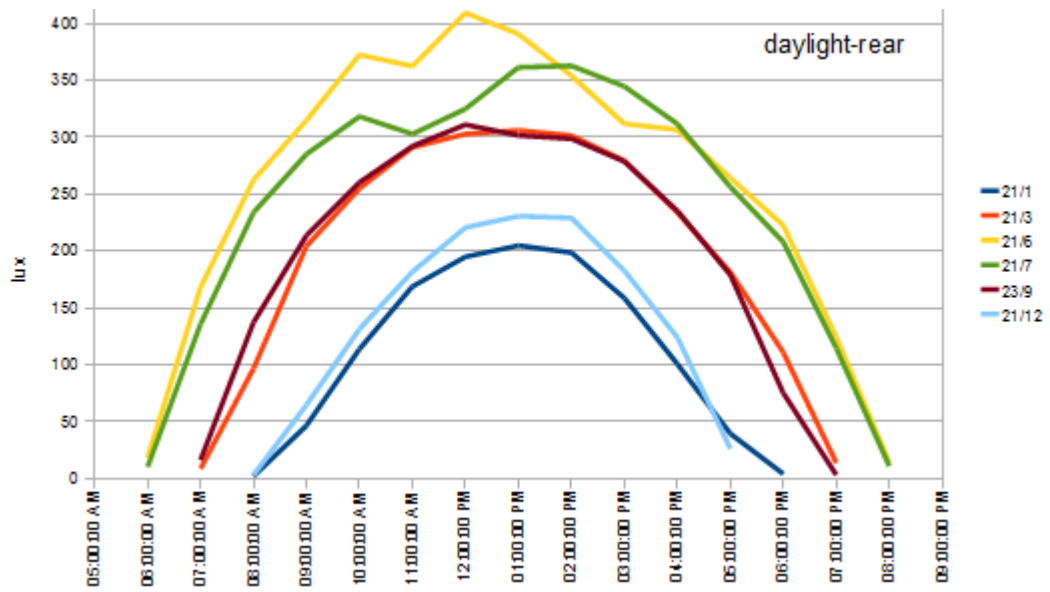
## Εξωτερικό Ράφι:



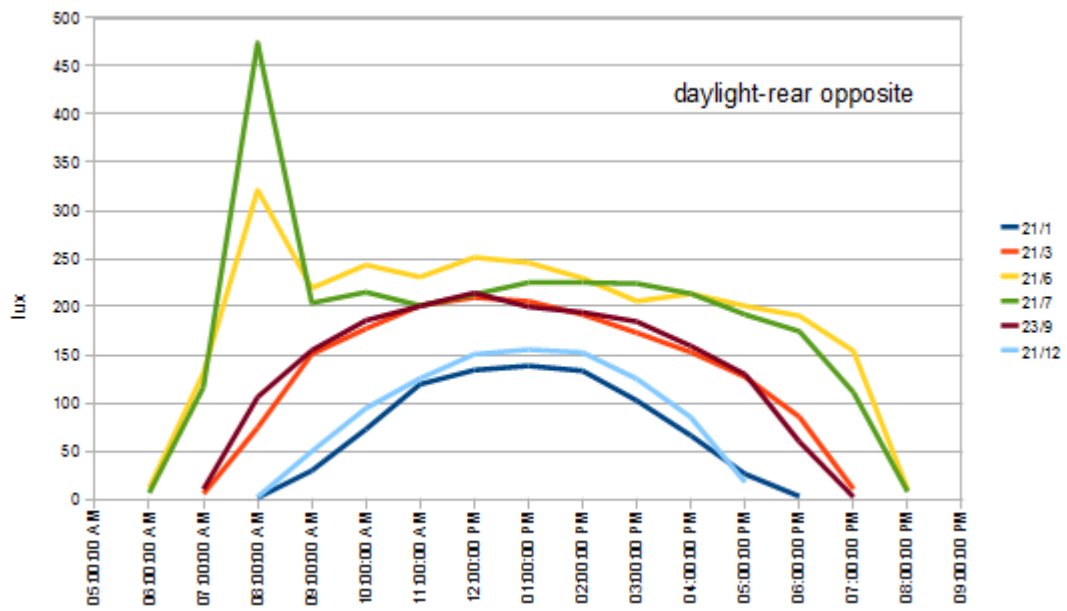
Εικ.5.98 Εξωτερικό ράφι φωτισμού μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Sketch-up



Εικ.5.99 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1, με εξωτερικό ράφι



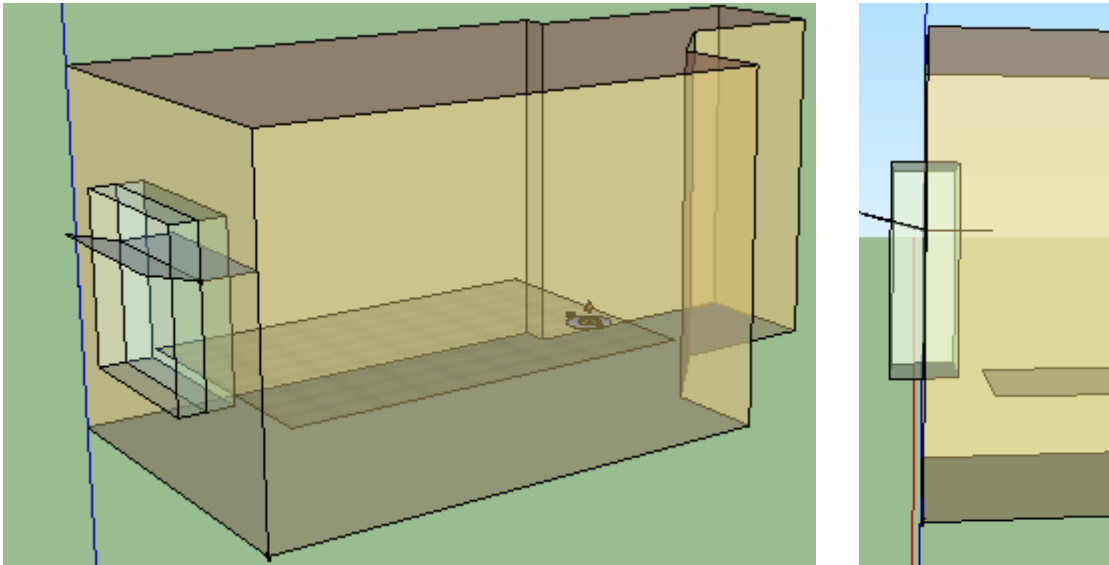
Εικ.5.100 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3, με εξωτερικό ράφι



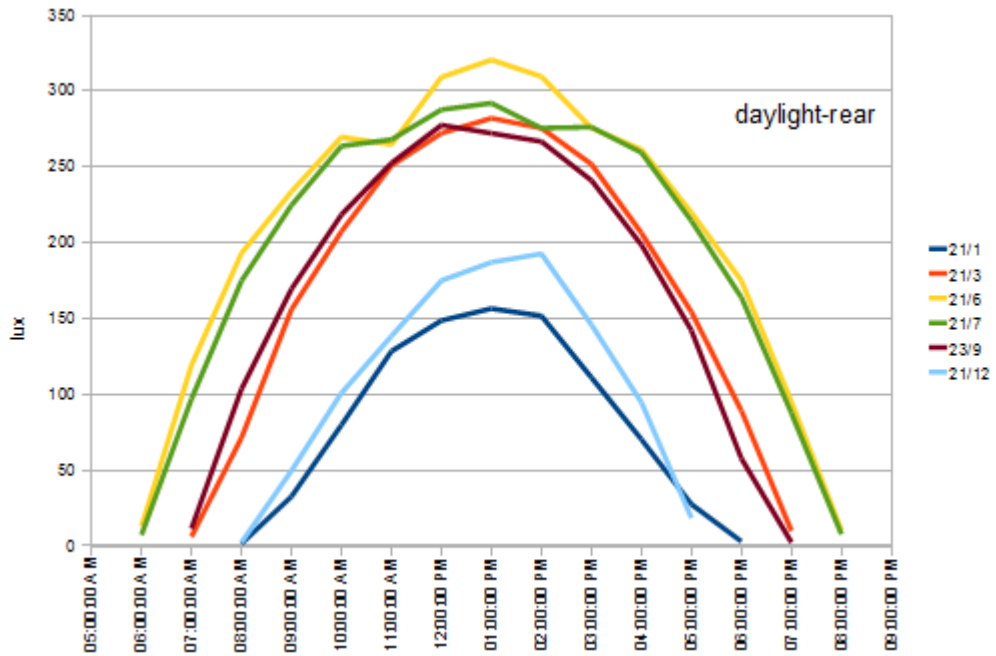
Εικ.5.101 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4, με εξωτερικό ράφι



**Ενδιάμεσο Ράφι με κεκλιμένη την εξωτερική του επιφάνεια:**



Εικ.5.102 Ενδιάμεσο ράφι φωτισμού με κεκλιμένη εξωτερική επιφάνεια μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Sketch-up

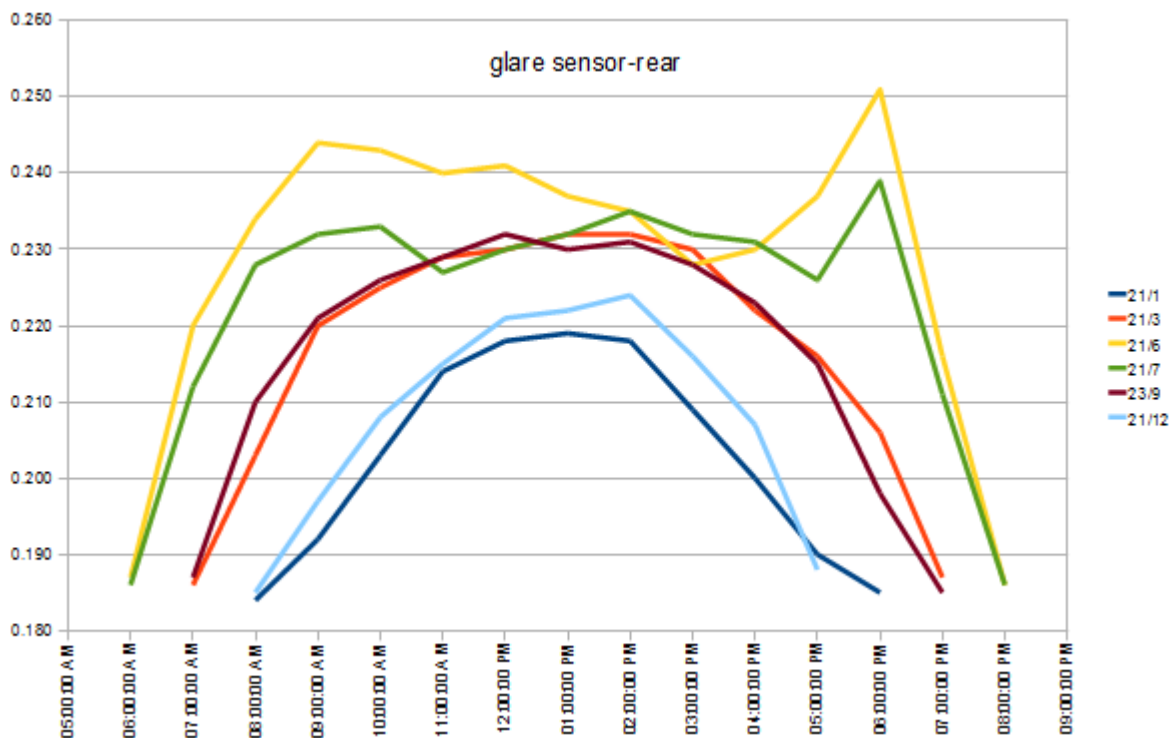


Εικ.5.103 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3, με ενδιάμεσο ράφι με κεκλιμένη εξωτερική επιφάνεια

## Συμπεράσματα:

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω διαγράμματα, το εσωτερικό ράφι προσφέρει σκίαση στις θέσεις κοντά στο παράθυρο, πράγμα μη θεμιτό για το βορρά, όμως αυξάνει αισθητά το φωτισμό στο βάθος του θαλάμου (θέσεις 3,4). Οι υπόλοιπες διατάξεις ραφιού προσφέρουν σκίαση σε όλα τα σημεία ενδιαφέροντος, είτε λόγω θέσης είτε λόγω αυξημένης επιφάνειας, άρα δεν ενδείκνυνται για τοποθέτηση και κατά συνέπεια, δε μελετώνται περαιτέρω.

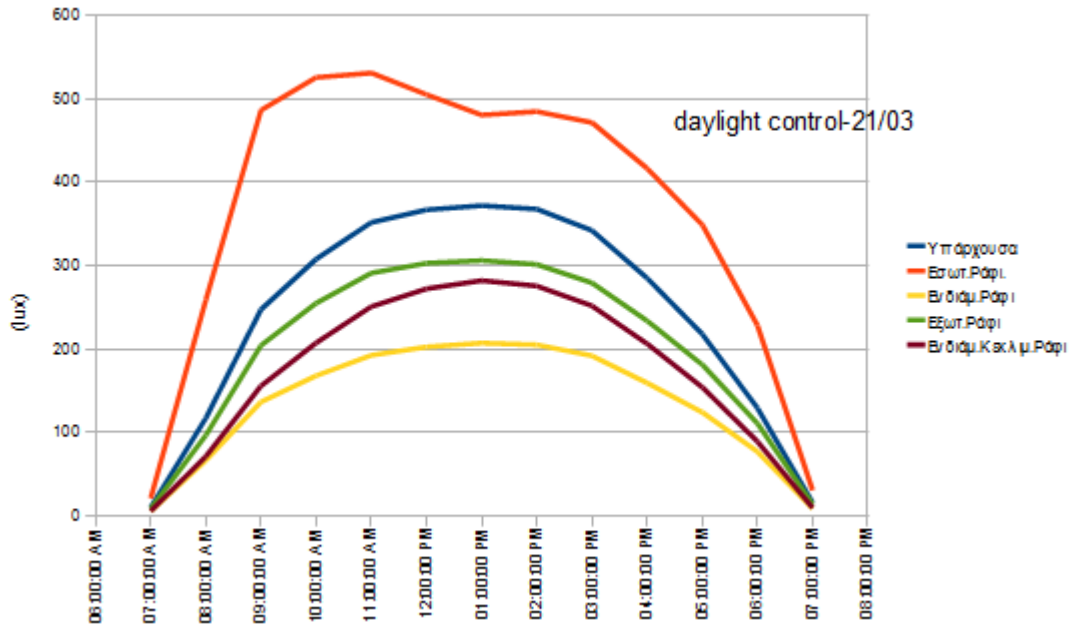
Στο παρακάτω διάγραμμα, φαίνεται και ο βαθμός που αλλάζει η παράμετρος της θάμβωσης, η οποία είναι άμεσα επηρεαζόμενη από την **ομοιομορφία φωτισμού στο χώρο** που επιδιώκεται με την παρούσα προσθήκη.



Εικ.5.104 Τιμές θάμβωσης στη θέση 4, με εσωτερικό ράφι φωτισμού, για όλο το έτος

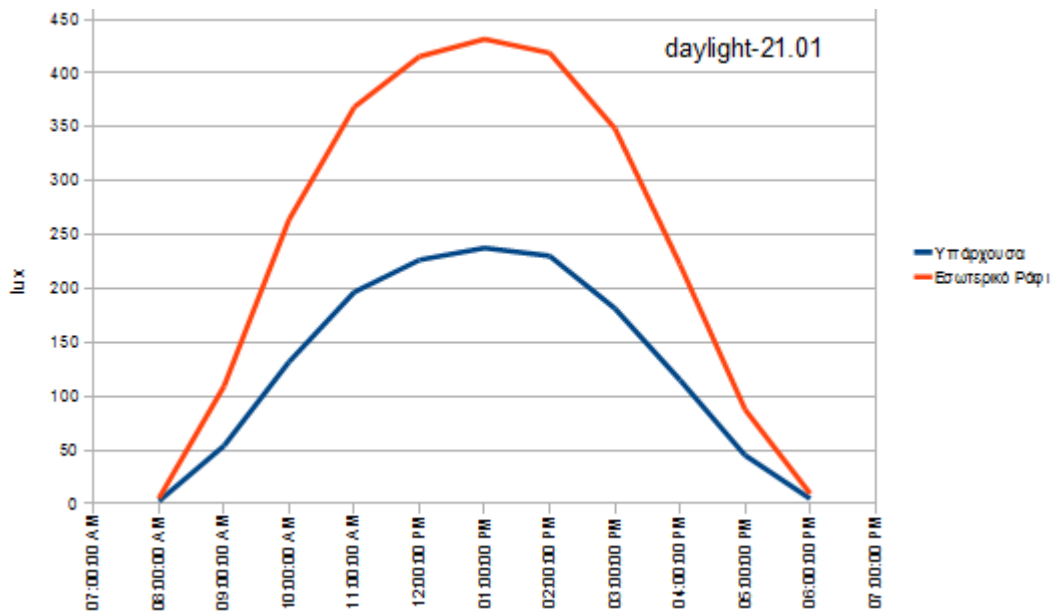
Παρατηρείται, δηλαδή, ανεπαίσθητη θάμβωση σε κάθε εποχή πιθανής χρήσης της εσωτερικής διάταξης ραφιού, πράγμα θεμιτό και εντός ορίων οπτικής άνεσης, άρα δεν τίθεται ανάγκη για επιπλέον συγκρίσεις με αυτήν την παράμετρο.

Η εικόνα που ακολουθεί δείχνει ένα συγκριτικό παράδειγμα όλων των πιθανών διατάξεων για αύξηση των επιπέδων φωτισμού εντός του θαλάμου νοσηλείας:

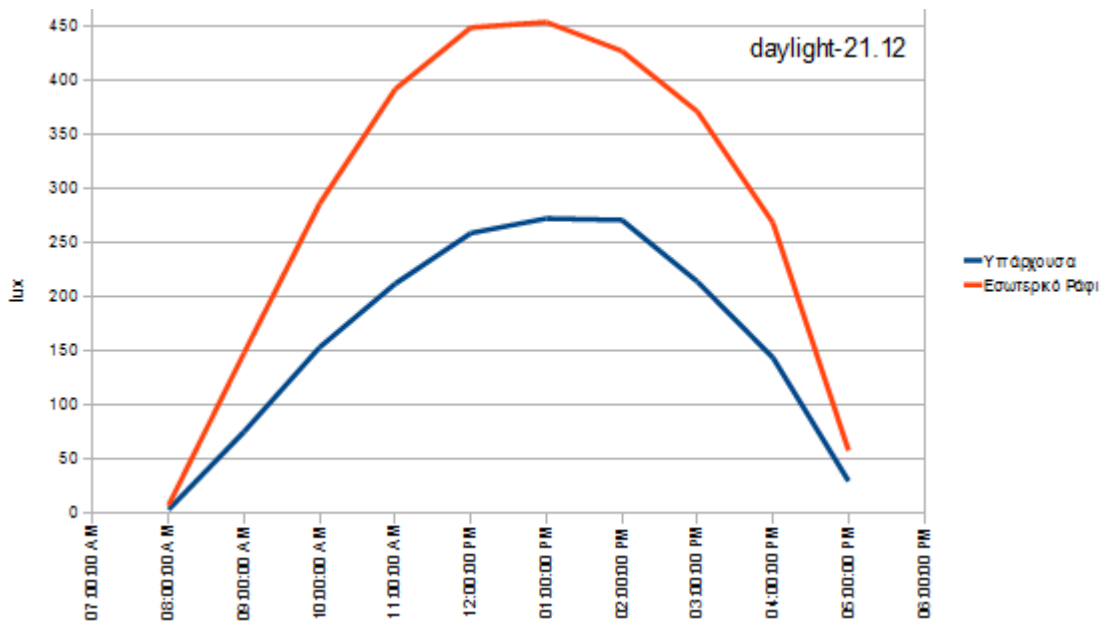


Εικ.5.105 Τιμές έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση 3, για όλες τις διατάξεις ραφιού φωτισμού, κατά την εαρινή Ισημερία (21/03)

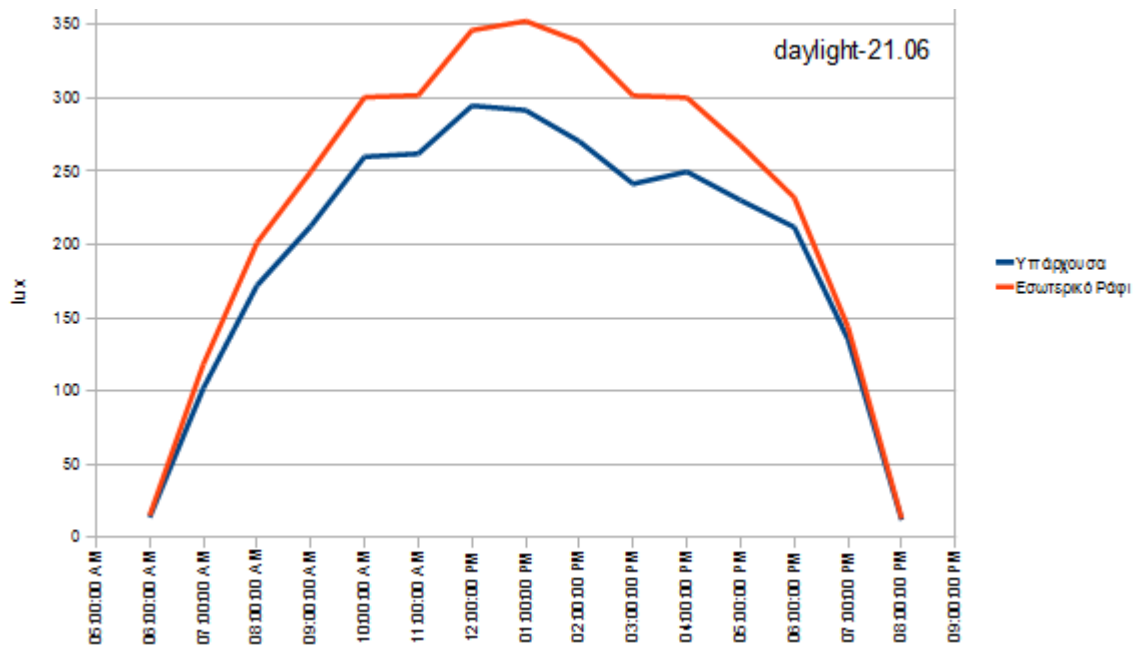
Στη συνέχεια, παρατίθενται ορισμένα συγκριτικά διαγράμματα του εσωτερικού ραφιού χαρακτηριστικών ημερομηνιών που υστερούσαν σε φωτισμό (δηλαδή εποχών με ιδιαίτερες ανάγκες σε αύξηση φυσικού φωτισμού), για να γίνει εμφανής η προσφορά του συγκεκριμένου σεναρίου, ενώ προστίθενται και κάποια αντιπροσωπευτικά διαγράμματα με όλα τα σενάρια αύξησης φωτισμού του βορρά. Τέλος, ακολουθεί σύγκριση της έντασης φωτισμού με, ή χωρίς, εσωτερικό ράφι με **Mean Illuminance Map**.



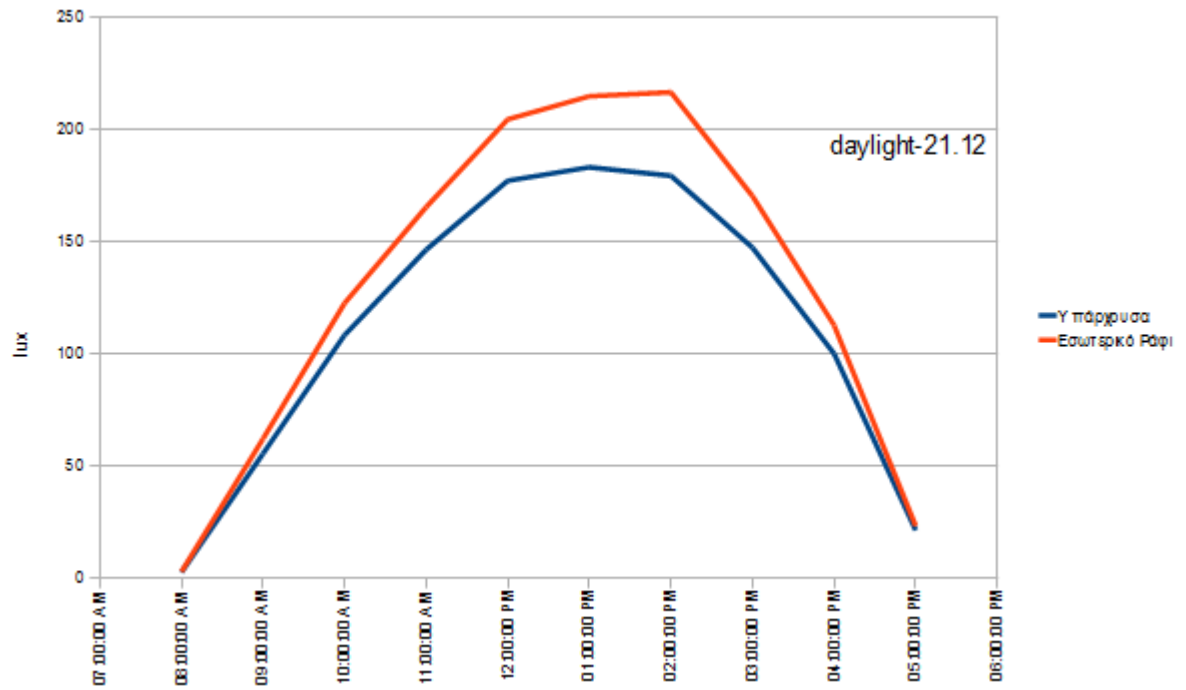
Εικ.5.106 Τιμές έντασης φωτισμού με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 3, την τοπική ψυχρή ημέρα (21.01)



Εικ.5.107 Τιμές έντασης φωτισμού με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 3, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο

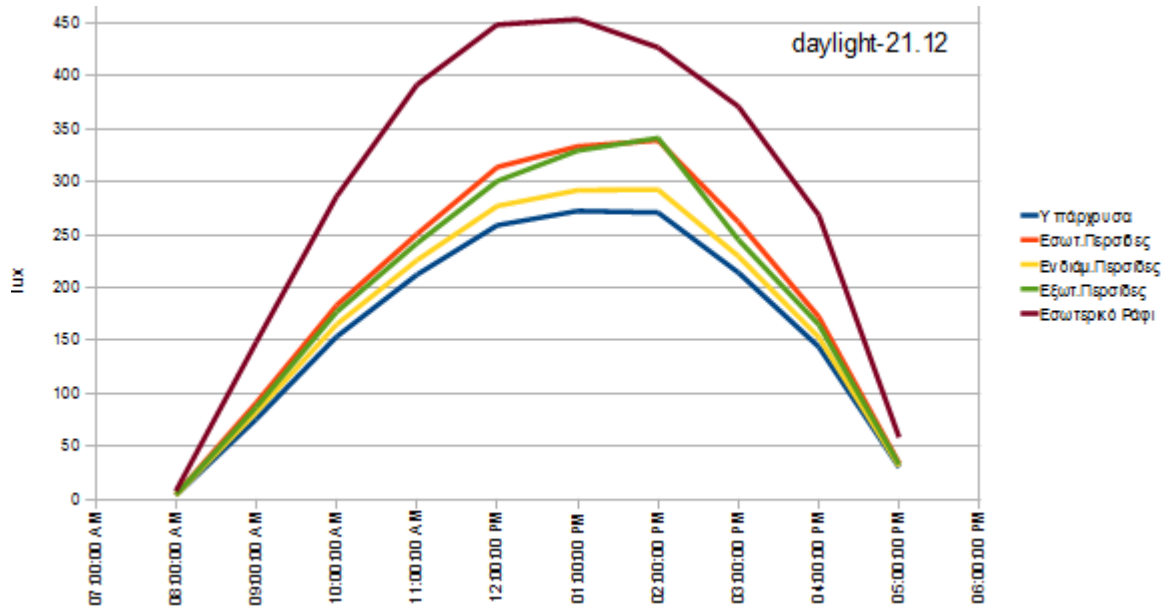


Εικ.5.108 Τιμές έντασης φωτισμού με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 4, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο

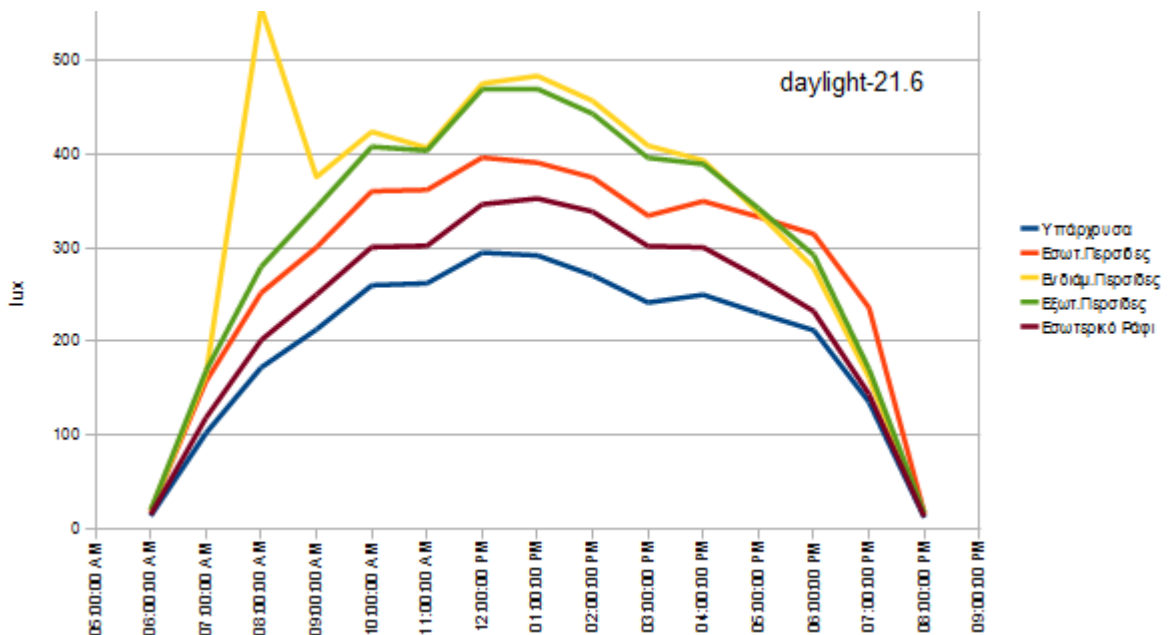


Εικ.5.109 Τιμές έντασης φωτισμού με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 4, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο

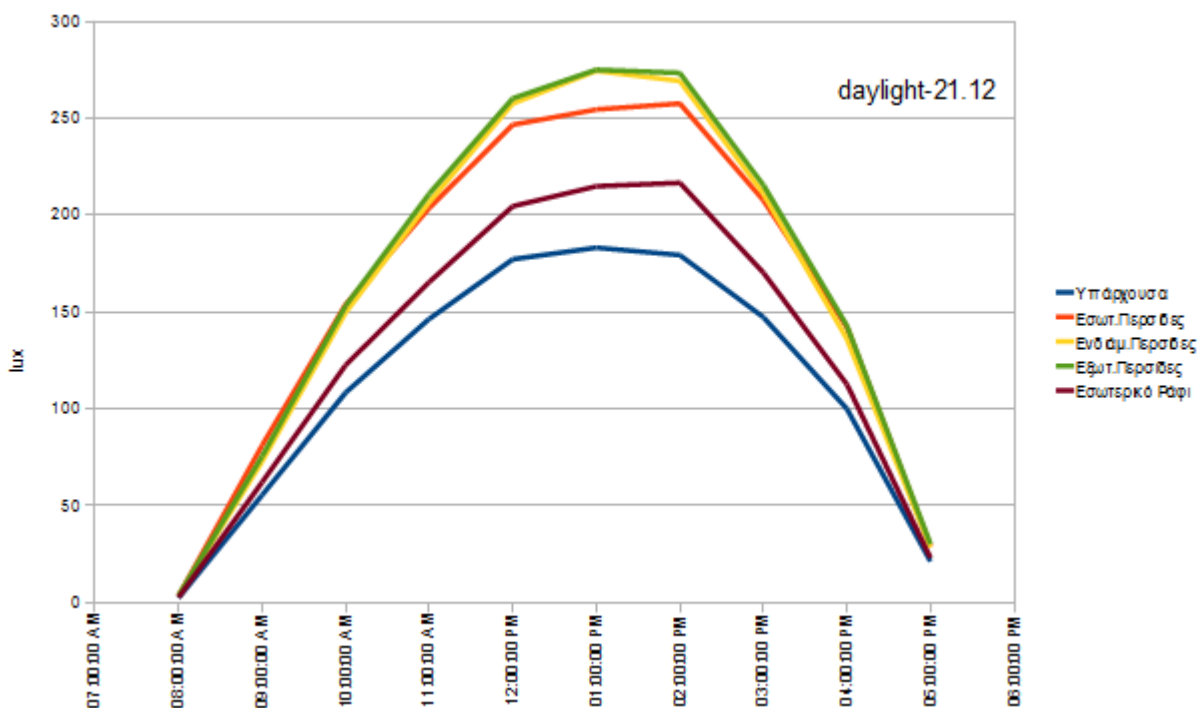
Ως εκ τούτου, η λειτουργία του εσωτερικού ραφιού φωτισμού έχει ευεργετικά αποτελέσματα και για τις δύο θέσεις ενδιαφέροντος στο βάθος του χώρου (θέσεις 3 και 4), που είναι και ο απώτερος σκοπός.



Εικ.5.110 Τιμές έντασης φωτισμού με κάθε σενάριο για τη θέση 3, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο



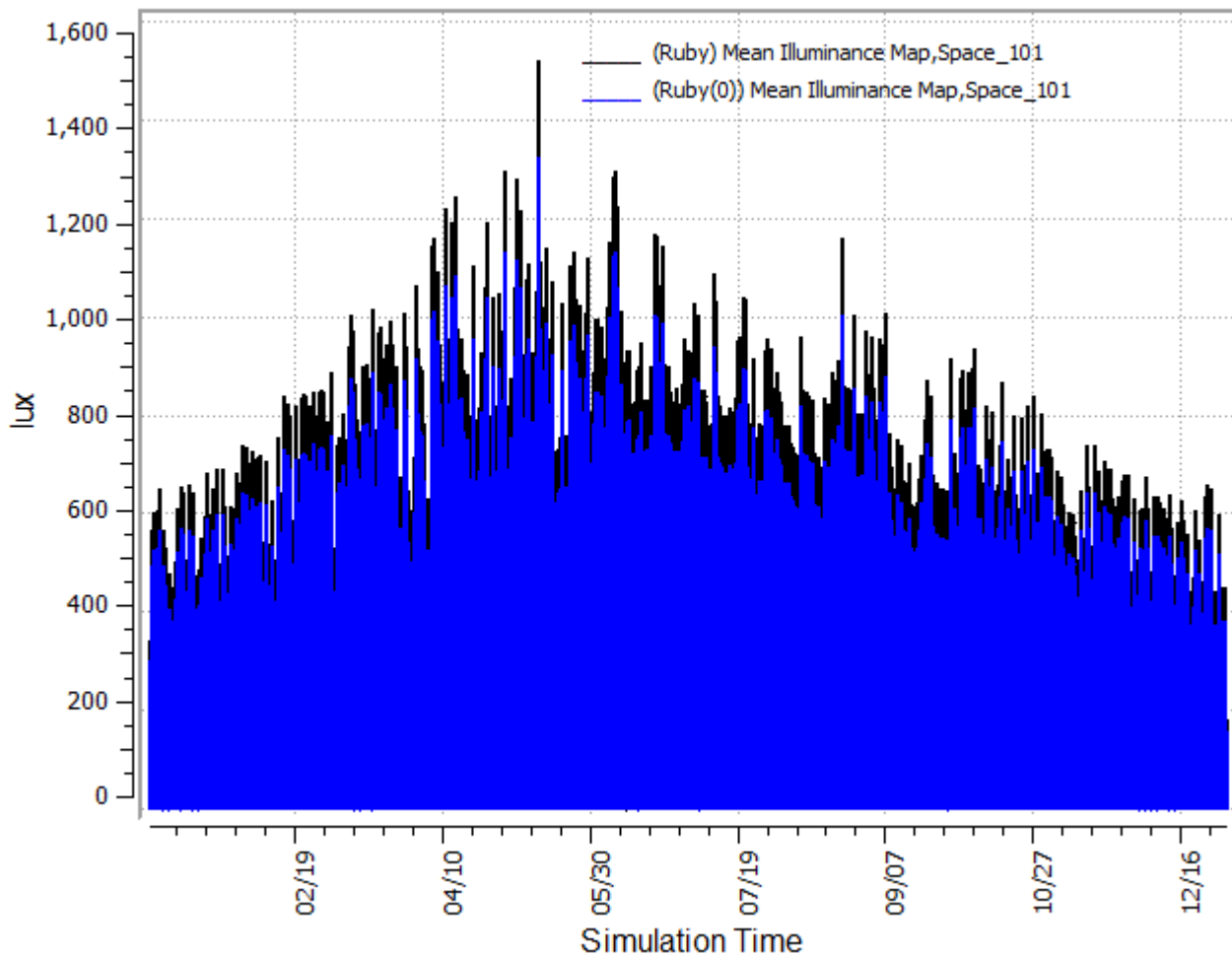
Εικ.5.111 Τιμές έντασης φωτισμού με κάθε σενάριο για τη θέση 4, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο



Εικ.5.112 Τιμές έντασης φωτισμού με κάθε σενάριο για τη θέση 4, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο

Είναι εμφανώς κατανοητό πως όλα τα σενάρια επιτυγχάνουν, ομολογουμένως, το σκοπό της χρήσης τους, αφού, όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, αυξάνουν τα επίπεδα φωτισμού της υπάρχουσας κατάστασης, με το εσωτερικό ράφι να υπερτερεί για τη θέση 3 και τις ενδιάμεσες ανακλαστικές περσίδες -οριακά- για τη θέση 4.

Στο Mean illuminance Map παρακάτω, με μαύρο χρώμα σκιαγράφεται το διάγραμμα του σεναρίου με εσωτερικό ράφι και με μπλε χωρίς (δηλαδή, υπάρχουσα κατάσταση).



Εικ.5.113 Mean Illuminance Map με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 3, για όλο το έτος

Είναι, δηλαδή, φανερό η αύξηση φωτισμού που προσφέρει η χρήση του εσωτερικού ραφιδιού, οποιαδήποτε ημερομηνία του έτους.



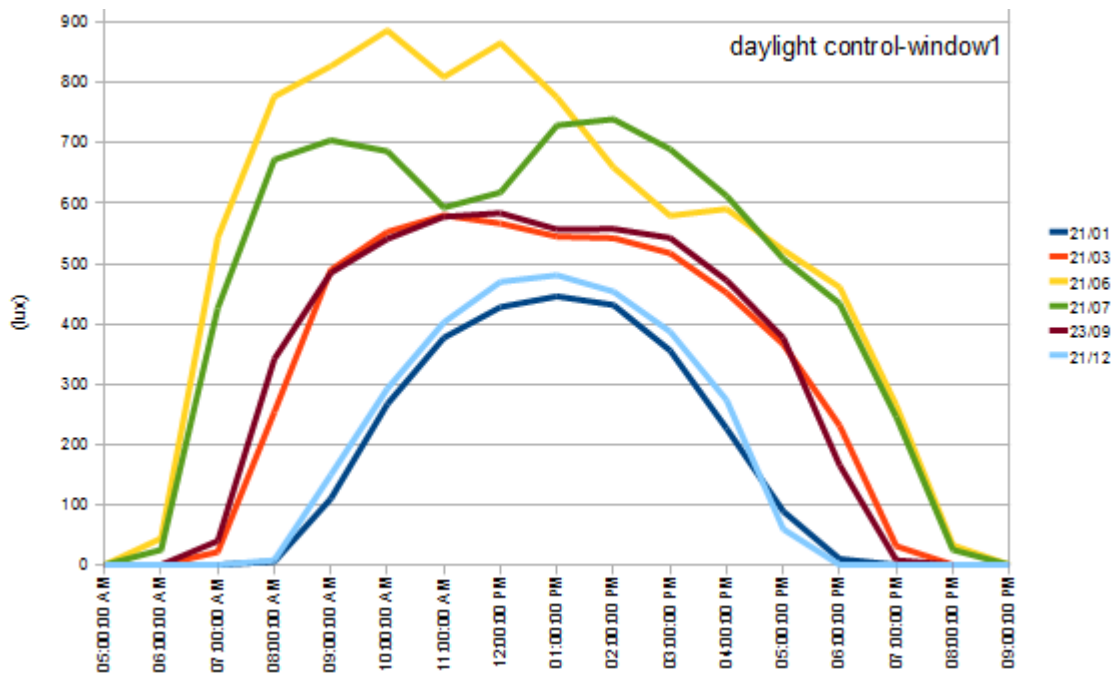
Έπειτα, ακολουθεί παράθεση των δεικτών απόδοσης Φυσικού Φωτισμού (βλ.Κεφ.2.4), για το σενάριο εσωτερικού ανακλαστικού ραφιού εν συγκρίσει με την υπάρχουσα κατάσταση αυτού του προσανατολισμού.

Δείκτες	Υπάρχουσα								
	θέση 1			θέση 3			θέση 4		
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	2803.86	4685	0.60	2849.31	4685	0.61	2809.34	4685	0.60
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	7206.30	4685	1.54	7403.25	4685	1.58	7307.25	4685	1.56
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2675.80	4685	0.57	2712.83	4685	0.58	2676.29	4685	0.57
	Με εσωτερικό ράφι								
Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού	2411.05	4685	0.51	2415.02	4685	0.52	2409.17	4685	0.51
Συνεχούς Αυτονομίας ΦΦ	6045.54	4685	1.29	6002.59	4685	1.28	6006.17	4685	1.28
Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού	2295.72	4685	0.49	2304.90	4685	0.49	2297.64	4685	0.49

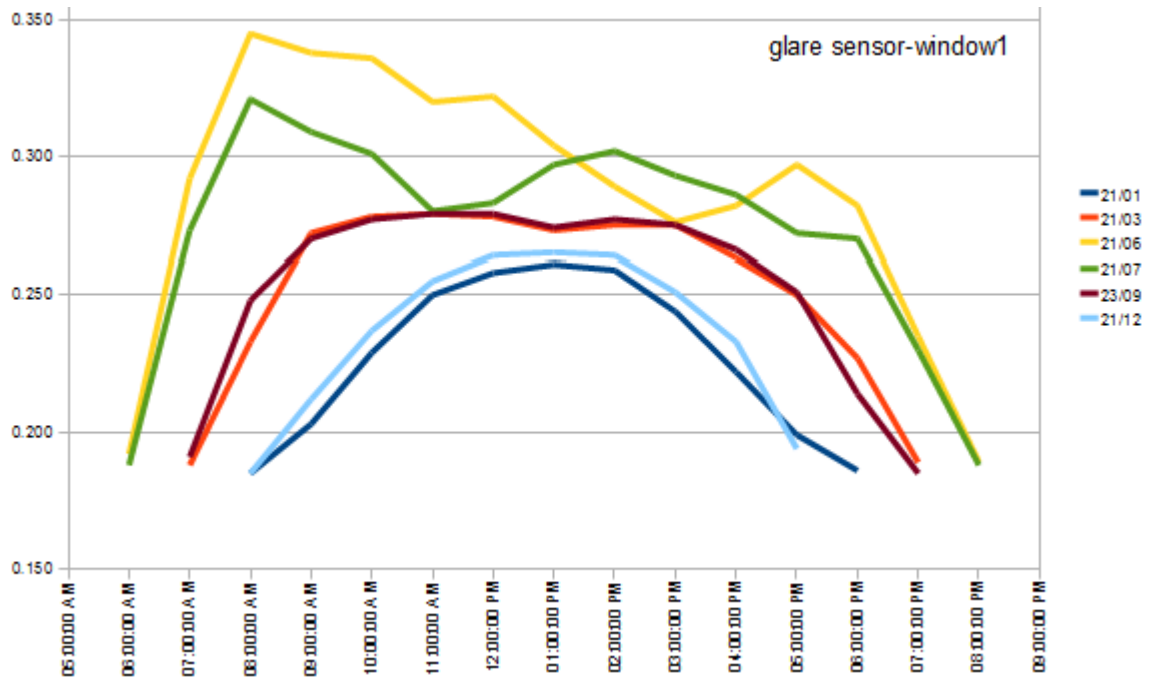
Εικ.5.114 Δείκτες απόδοσης Φυσικού Φωτισμού για κάθε για θέση παραθύρου

Σημείωση: στον παραπάνω πίνακα, για κάθε θέση υπάρχουν τρεις στήλες. Η πρώτη είναι οι τιμές των Δεικτών, η δεύτερη οι συνολικές τιμές των Δεικτών στην εξεταζόμενη θερμική ζώνη (δηλαδή, στο θάλαμο νοσηλείας) και η τρίτη (η κυριότερη προς έλεγχο) ο λόγος των δύο προηγούμενων, δηλαδή το ποσοστό εκπλήρωσης του καθενός. Για παράδειγμα, στη θέση 1 της υπάρχουσας κατάστασης, στην πρώτη γραμμή, όπως αναγράφεται, οι ώρες με φωτισμό εντός του θαλάμου είναι 2803.86 από τις 4685 που υπάρχουν για ένα έτος, με το ποσοστό αυτής της εκπλήρωσης να ανέρχεται στο 60% (0.60).

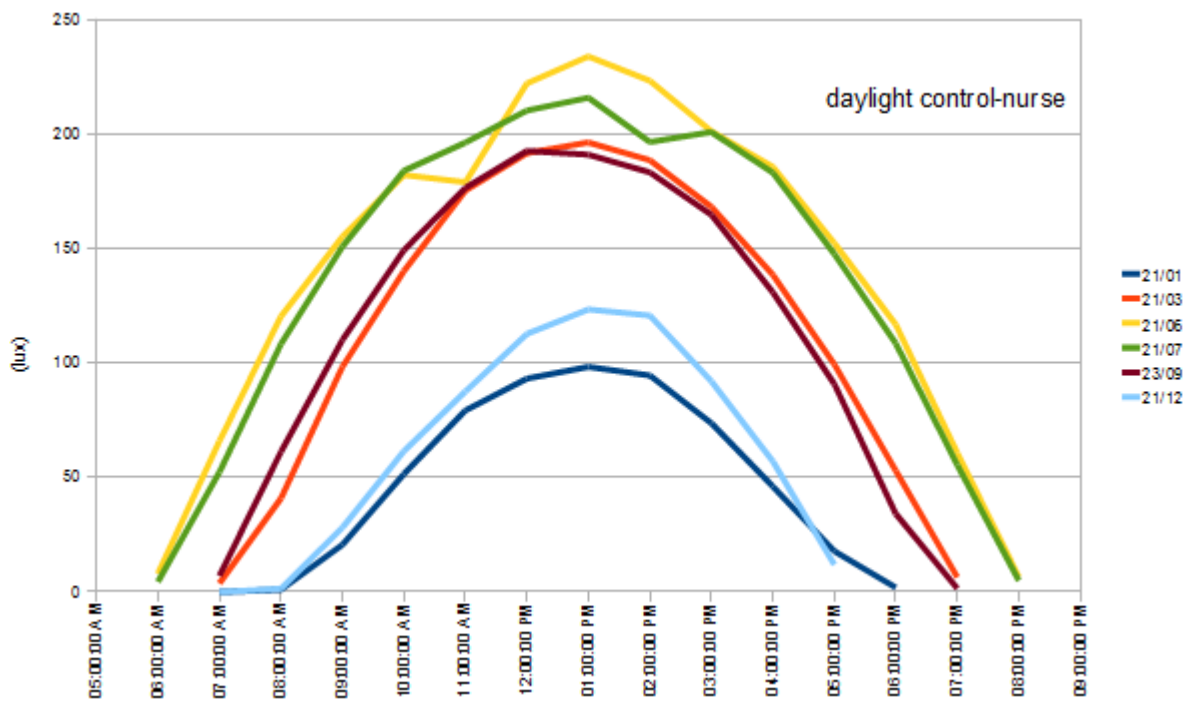
Επίσης, ερευνήθηκε το σενάριο αλλαγής του κενού του διπλού υαλοπίνακα του παραθύρου, ακριβώς όπως στο θάλαμο ανατολικής όψης (4/12/4 αντί 4/6/4). Όπως ήταν αναμενόμενο μετά τα αποτελέσματα στην Ανατολή, ελάχιστες είναι και οι διαφορές στο βορρά (αφού ο φωτισμός είναι ακόμα λιγότερος). Ενδεικτικά, παρατίθενται τα αποτελέσματα στη θέση 1 (κοντά στο παράθυρο) και στη θέση 5 (στο βάθος του θαλάμου). Όπως ειπώθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, οι θερμικές διαφορές του συγκεκριμένου σεναρίου ελέγχονται στο επόμενο κεφάλαιο.



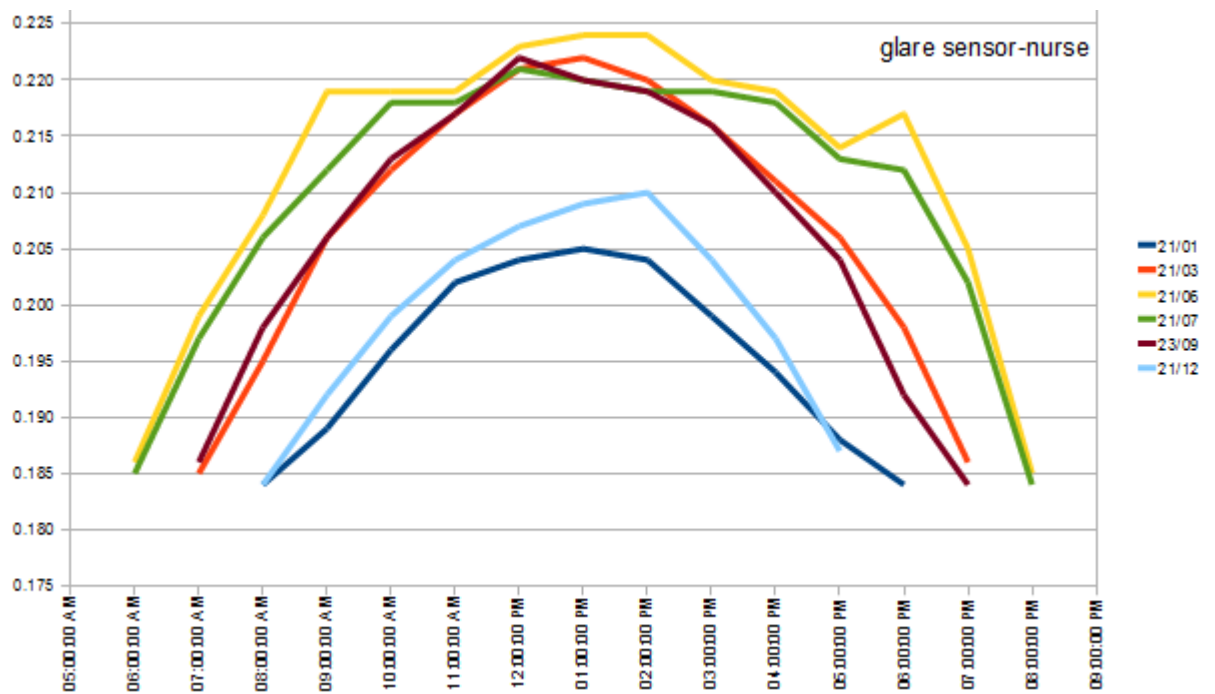
Εικ.5.115 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με κενό υαλοπινάκων 12mm



Εικ.5.116 Τιμές θάμβρωσης στη θέση 1 με κενό υαλοπινάκων 12mm



Εικ.5.117 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 5 με κενό υαλοπινάκων 12mm



Εικ.5.118 Τιμές θάμβωσης στη θέση 5 με κενό υαλοπινάκων 12mm

### 5.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- [1] Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-3/2010, «ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ», Α' Έκδοση, Αθήνα, Ιούλιος 2010
- [2] [www.pathfinder.gr](http://www.pathfinder.gr)
- [3] «ALBIO Shading Systems», <http://www.exalco.gr/pdf/solar100.pdf>
- [4] <http://www.assimakopoulos.gr/home/>
- [5] <http://img.edilportale.com/catalogs/prodotti-73266-cat721b67cc36144f938ed8a5925b44537e.pdf>
- [6] Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Β' Έκδοση, Αθήνα, Απρίλιος 2012
- [7] «InLighten™ (Light Shelf)», Kawneer Company, North America, December 2013, [http://www.alcoa.com/kawneer/north\\_america/catalog/pdf/InLighten\\_E--A.pdf](http://www.alcoa.com/kawneer/north_america/catalog/pdf/InLighten_E--A.pdf)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΑΛΑΜΟΥ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΝΟΝΤΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY\_PLUS

Αφού καταγράφηκε ο προς μελέτη χώρος και διεκπεραιώθηκε ο έλεγχος φωτισμού, γίνεται, τέλος, η ανάλυση αναγκών ενέργειας του θαλάμου νοσηλείας με τη βοήθεια του προγράμματος EnergyPlus. Επειδή το τελευταίο δεν περιέχει γραφικό περιβάλλον εργασίας, τα δεδομένα εισήχθησαν κατά την προσομοίωση έπειτα από συνεργασία με τα προαναφερθέντα προγράμματα, Sketch\_up της Google και Open Studio Plug-in (βλ.Κεφ.4).

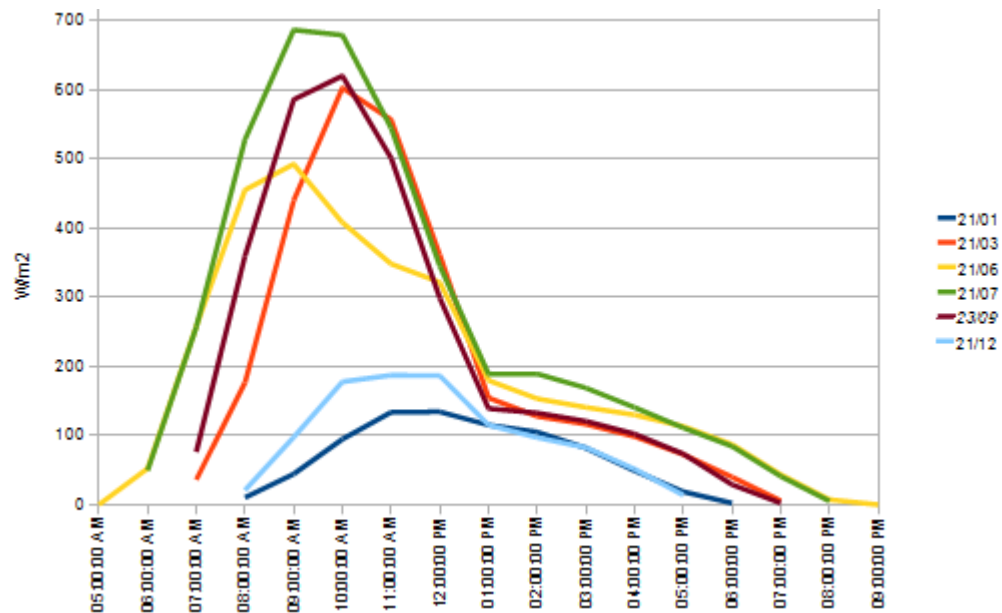
Στο τελευταίο αυτό στάδιο, τα βασικότερα δεδομένα που τροποποιήθηκαν στο εν λόγω λογισμικό (EnergyPlus), για την περίπτωση της παρούσας εργασίας, είναι τα εξής:

- Μετεωρολογικά Δεδομένα (Weather File): αφορούν στην περιοχή την οποία βρίσκεται το κτίριο (Αθήνας) και λήφθηκαν από την ιστοσελίδα του EnergyPlus.
- Καθορισμός χαρακτηριστικών ημερομηνιών (Run Period): όπως έχει τονισθεί, οι ημερομηνίες που εξετάζονται παραμένουν οι εξής:
  - 21 Ιανουαρίου (τοπική ψυχρή ημέρα) [1]
  - 21 Μαρτίου (Εαρινή Ισημερία)
  - 21 Ιουνίου (Θερινό Ηλιοστάσιο)
  - 21 Ιουλίου (τοπική θερμή ημέρα) [1]
  - 23 Σεπτεμβρίου (Φθινοπωρινή Ισημερία)
  - 21 Δεκεμβρίου (Χειμερινό Ηλιοστάσιο)
- Δομικά υλικά (Material): τα υλικά που παρατέθηκαν και στο προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιούνται με ακριβώς τον ίδιο τρόπο. Στο σημείο αυτό, υπάρχουν υποενότητες για κάθε είδος υλικού της εκάστοτε περίπτωσης, όπως για τα τζάμια (WindowMaterial:Glazing), για το κενό ανάμεσα στους υαλοπίνακες (WindowMaterial:Gas) ή εκείνου της σκίασης (WindowMaterial: π.χ.Blind για τις περσίδες).
- Δομικά στοιχεία (Construction): τα στοιχεία που παρατέθηκαν και στο προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιούνται με ακριβώς τον ίδιο τρόπο, με την εισαγωγή αντίστοιχων στρώσεων από έξω προς τα μέσα.

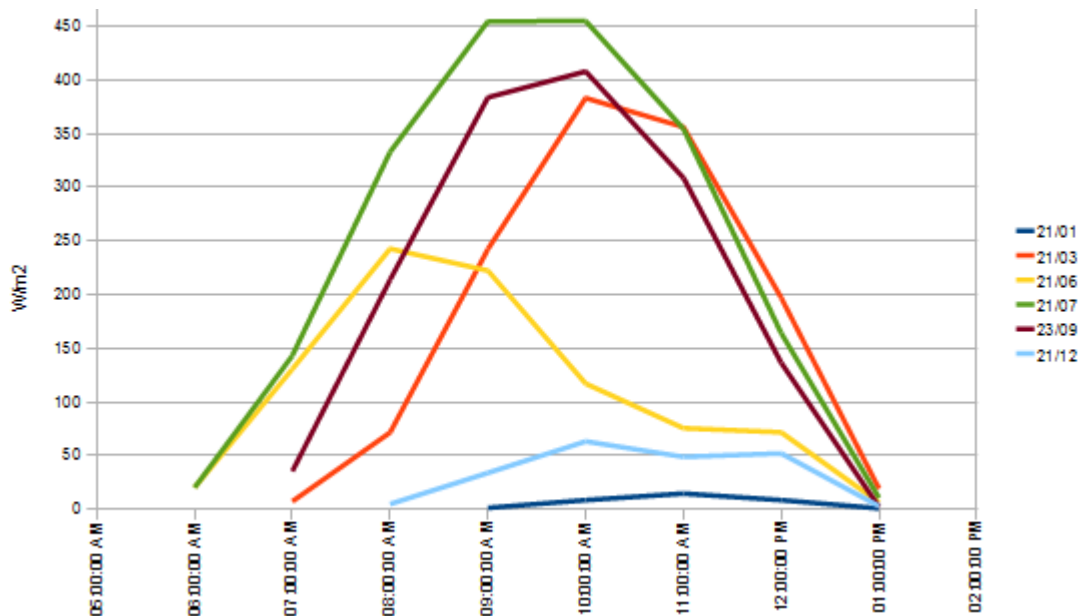
- Καθορισμός κουφώματος (FenestrationSurface:Detailed, WindowProperty:ShadingControl, WindowProperty:FrameAndDivider): γεωμετρία παραθύρου, είδος πιθανής σκίασης, κάσα και διαχωριστικά, κλπ.
- Διείσδυση αέρα (ZoneInfiltration:DesignFlowRate): ροή αέρα απ' το εξωτερικό περιβάλλον εντός της θερμικής ζώνης, λόγω του ανοίγματος/κλεισίματος των πορτών και του παραθύρου ή ρωγμών γύρω απ' τα παράθυρα.
- Αερισμός (ZoneVentilation:DesignFlowRate): σκόπιμη ροή αέρα απ' το εξωτερικό περιβάλλον εντός της θερμικής ζώνης, για την παροχή ποσότητας, μη-μηχανικού, δροσισμού.
- Χρονοδιαγράμματα (Schedule:Compact): για την εισαγωγή και αποσαφήνιση ορισμένων δεδομένων απαιτείται ο ορισμός χρονοδιαγράμματος, όπως του αερισμού, εν προκειμένω.
- Μεταβλητές που μελετώνται (Output:Variable): για την εξαγωγή συγκεκριμένων αποτελεσμάτων επιλέγονται οι προς αξιολόγηση, μέσα από ένα σύνολο μεγάλου αριθμού παραμέτρων, που το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να ελέγξει. Για την παρούσα διπλωματική ερευνήθηκαν οι εξής:
  - ✓ Zone Windows Total Transmitted Solar Radiation Rate (W): συνολική απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολία θερμικής ζώνης
  - ✓ Zone Windows Total Heat Gain Rate (W): συνολικά θερμικά κέρδη θερμικής ζώνης από το παράθυρο
  - ✓ Zone Windows Total Heat Loss Rate (W): συνολικές θερμικές απώλειες θερμικής ζώνης από το παράθυρο
  - ✓ Surface Outside Face Incident Solar Radiation Rate per Area (W/m<sup>2</sup>): προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην εξωτερική πλευρά μιας εξωτερικής επιφάνειας
  - ✓ Surface Outside Face Incident Beam Solar Radiation Rate per Area (W/m<sup>2</sup>): άμεση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολίας στην εξωτερική πλευρά μιας εξωτερικής επιφάνειας
  - ✓ Surface Inside Face Exterior Windows Incident Beam Solar Radiation Rate per Area (W/m<sup>2</sup>): άμεση ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην εσωτερική πλευρά μιας επιφάνειας, που εισέρχεται απ' το παράθυρο
  - ✓ Surface Inside Face Temperature(°C): θερμοκρασία της εσωτερικής πλευράς μίας επιφάνειας
  - ✓ Surface outside Face Temperature(°C): θερμοκρασία της εξωτερικής πλευράς μίας επιφάνειας
  - ✓ Zone Mean Air Temperature (°C): Μέση θερμοκρασία θερμικής ζώνης (σε βαθμούς κελσίου)

## 6.1 Θάλαμος ανατολικής όψης

Τα αποτελέσματα των παραπάνω μεταβλητών, λοιπόν, είναι τα εξής:

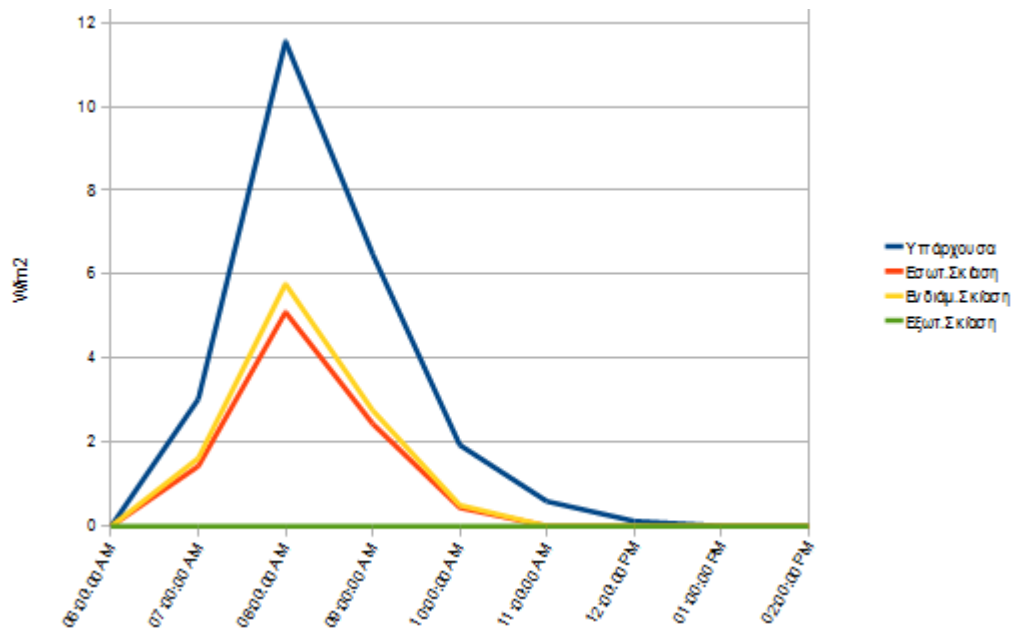


Εικ.6.1 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε εξωτερικό τοίχο και παράθυρο(ίδιο για υπάρχουσα κατάσταση και σενάρια, αφού δεν επηρεάζεται από κανενός είδους «εμπόδιο»)



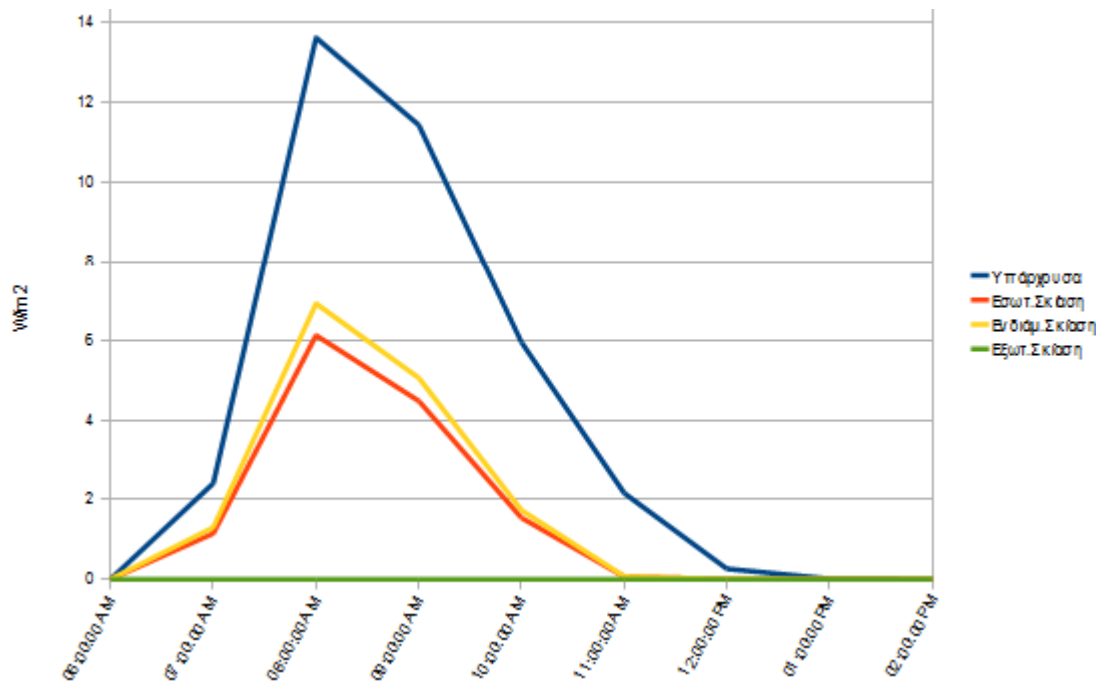
Εικ.6.2 Άμεση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (beam) σε εξωτερικό τοίχο και παράθυρο

Όπως φαίνεται, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι τους εαρινούς μήνες, αλλά και το Μάρτιο και το Σεπτέμβριο, αισθητά αυξημένη, όπως φυσιολογικά αναμενόταν. Επίσης, τα υψηλότερα επίπεδα φαίνεται να είναι τις πρώτες πρωινές ώρες, πράγμα επόμενο αν αναλογιστεί κανείς ότι η όψη του θαλάμου «βλέπει» στην ανατολή.



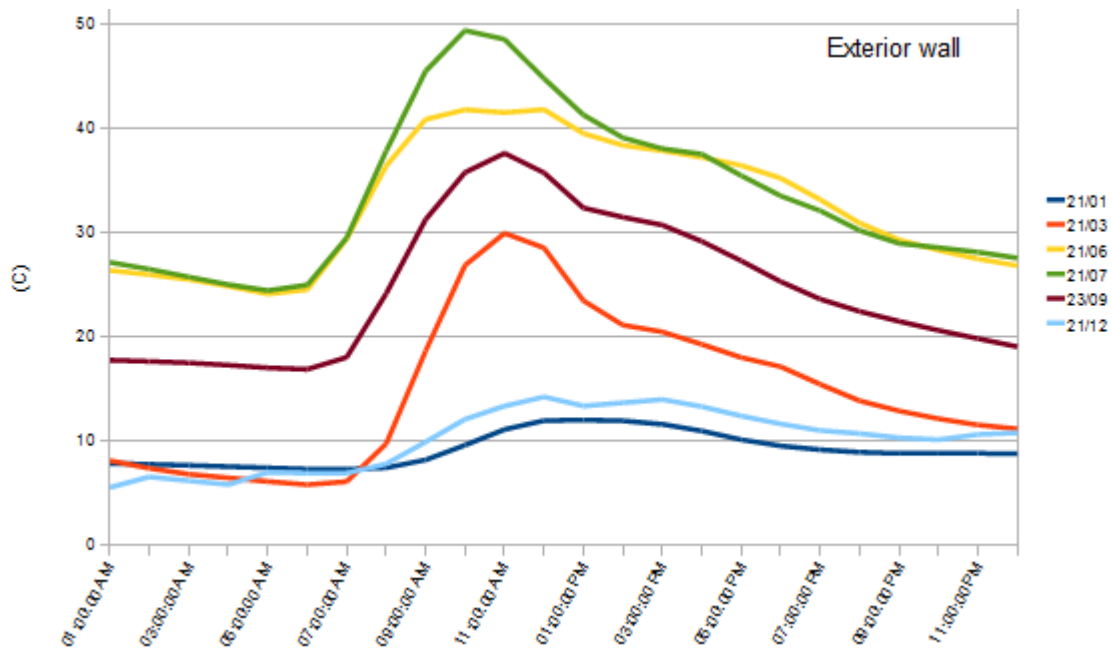
Εικ.6.3 Άμεση ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται απ' το παράθυρο και προσπίπτει στο δάπεδο, με κάθε σενάριο, το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)



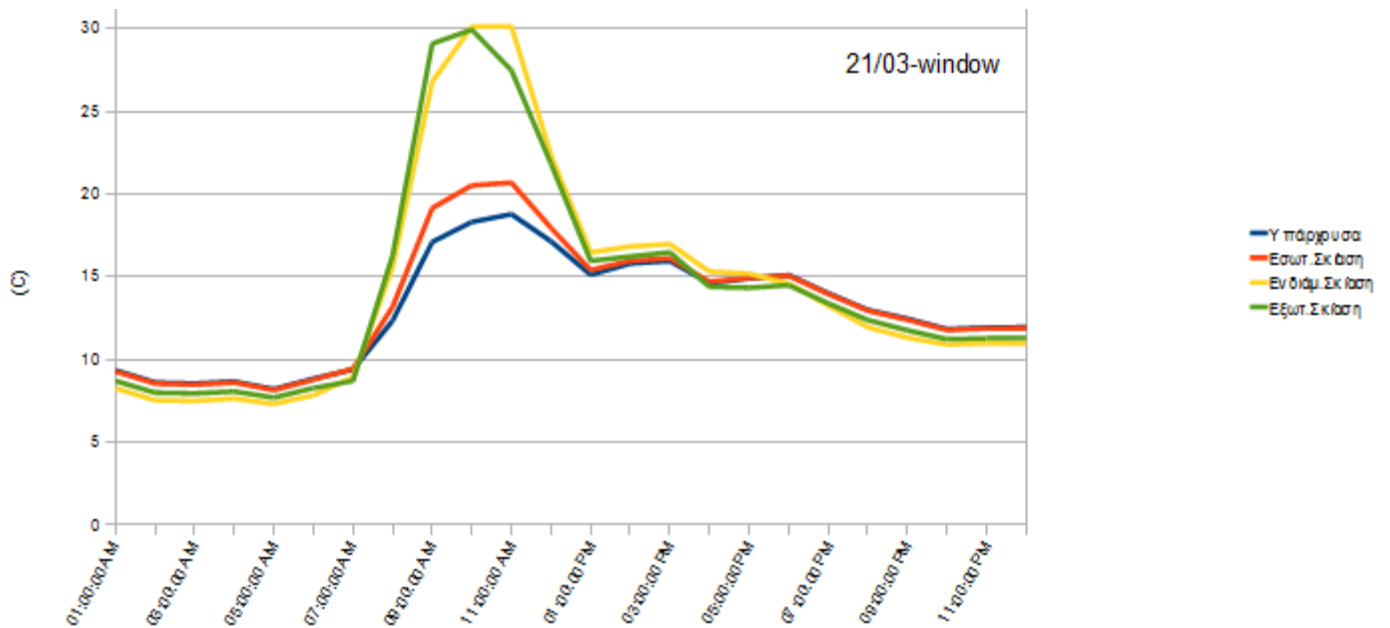


Εικ.6.4 Άμεση ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται απ' το παράθυρο και προσπίπτει στο δάπεδο, με κάθε σενάριο, την τοπική θερμή ημέρα (21.07)

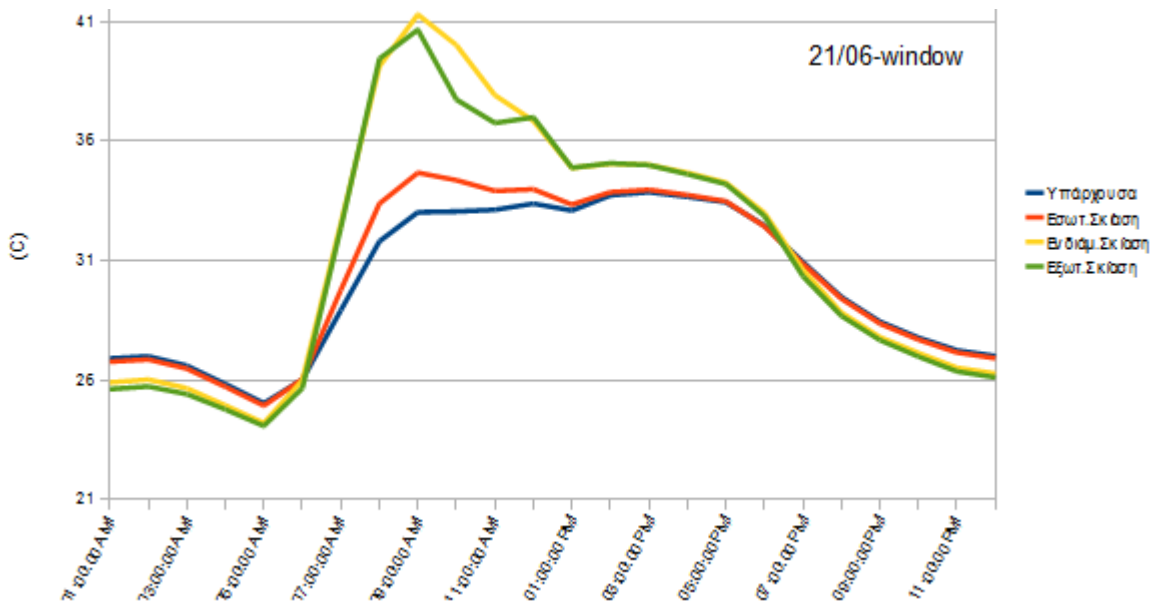
Με λίγα λόγια, δηλαδή, γίνεται αντιληπτή η μείωση των τιμών της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με την εφαρμογή κάθε σεναρίου σκίασης. Αξιοσημείωτο είναι δε, πως με το σύστημα εξωτερικής σκίασης οι τιμές αυτές σχεδόν μηδενίζονται.



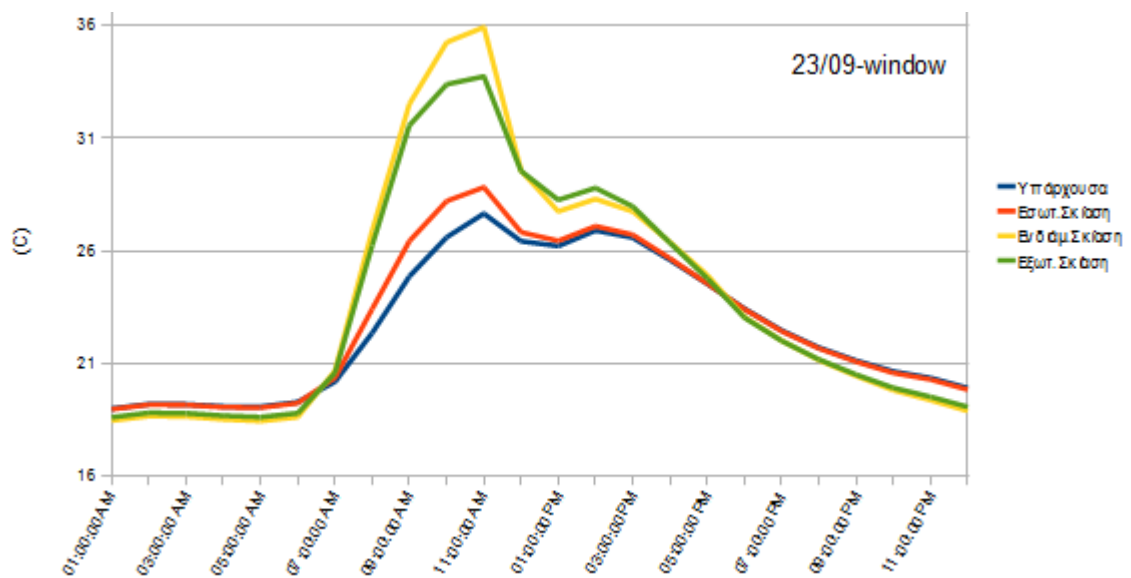
Εικ.6.5 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς εξωτερικού τοίχου όλο το έτος



Εικ.6.6 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς παραθύρου, για όλα τα σενάρια, κατά την Εαρινή Ισημερία (21.03)



Εικ.6.7 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς παραθύρου, για όλα τα σενάρια, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)

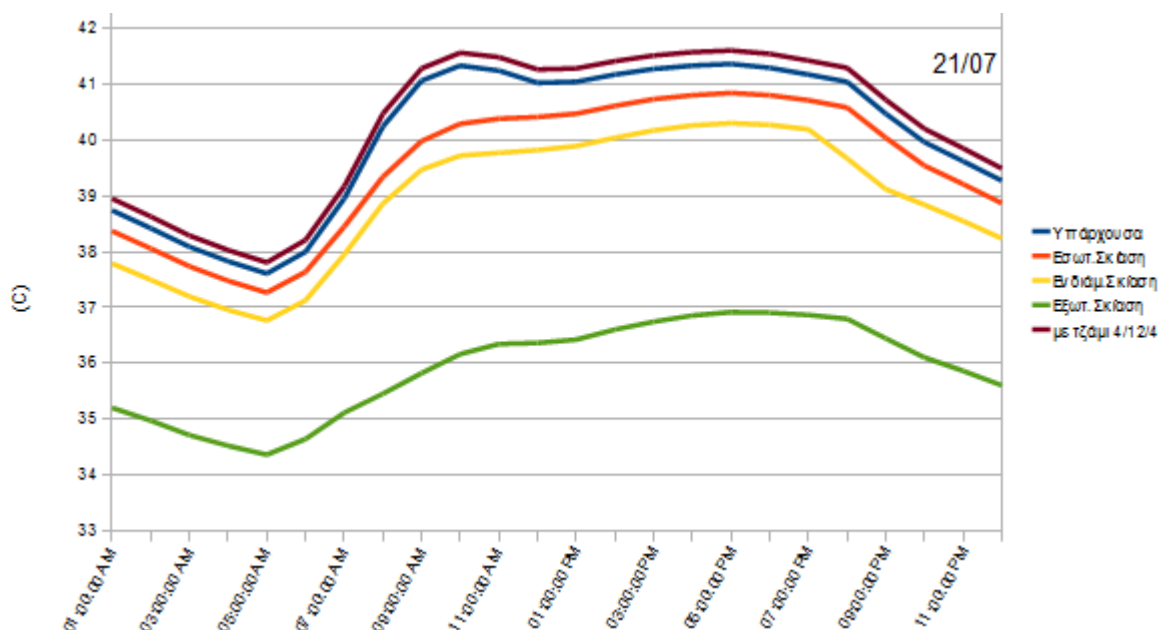


Εικ.6.8 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς παραθύρου, για όλα τα σενάρια, κατά τη Φθινοπωρινή Ισημερία (23.09)

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα σενάρια σκίασης με στόρια αυξάνουν τη θερμοκρασία του τζαμιού, λόγω της υπερθέρμανσης του αέρα που βρίσκεται στο κενό μεταξύ των περσίδων και του υαλοπίνακα, που δεν

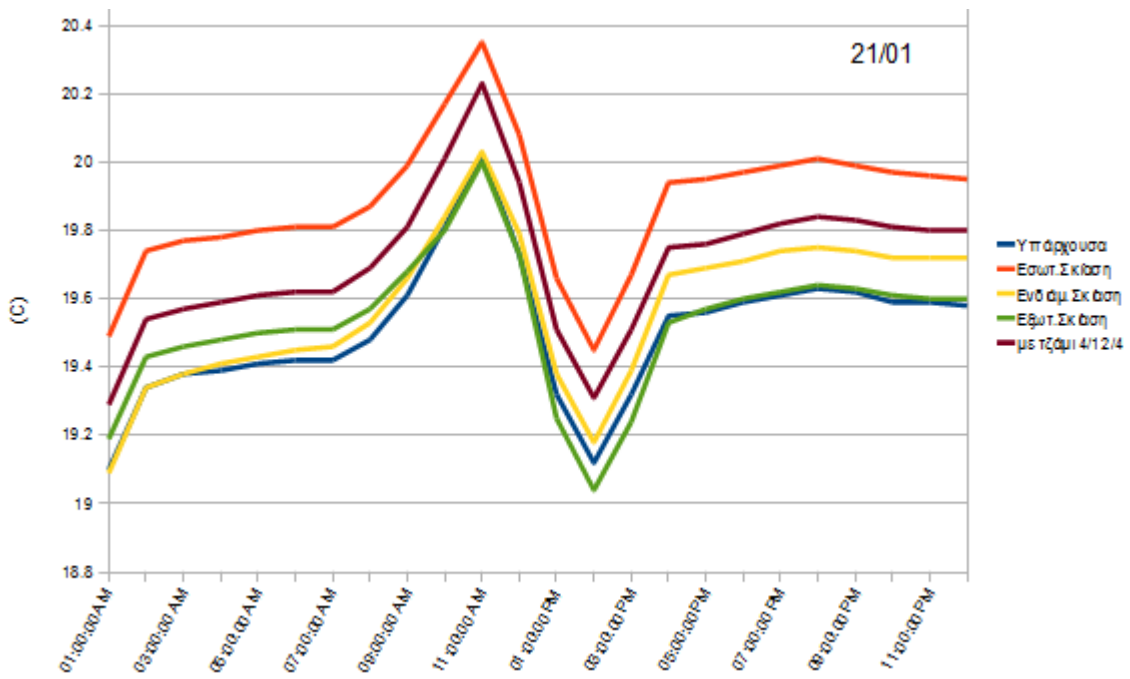
έχει άμεση έξοδο διαφυγής. Επιπλέον, το ίδιο φαίνεται και για το σύστημα εξωτερικής σκίασης παρ' όλο που οι περσίδες απέχουν μεγαλύτερη απόσταση. Για το λόγο αυτό, προτιμάται η κατακόρυφη διάταξη σε ανατολική όψη, για να παρέχεται πλήρης σκίαση, όμως, όπως έχει αναφερθεί ξανά, στην παρούσα μελέτη έχει τεθεί σε προτεραιότητα ο παράγοντας θέαση για τους ασθενείς.

Για τις μεταβλητές που αφορούν σε εσωτερικά δομικά στοιχεία και γενικότερα, με το χώρο εντός του θαλάμου, υπεισέρχεται στα διαγράμματα και το σενάριο κενού 12μμ στο τζάμι, αφού το παράθυρο είναι πηγή απ' την οποία εισχωρεί ο ήλιος, ώστε να φανεί η προσφορά του στην εκάστοτε μεταβλητή.

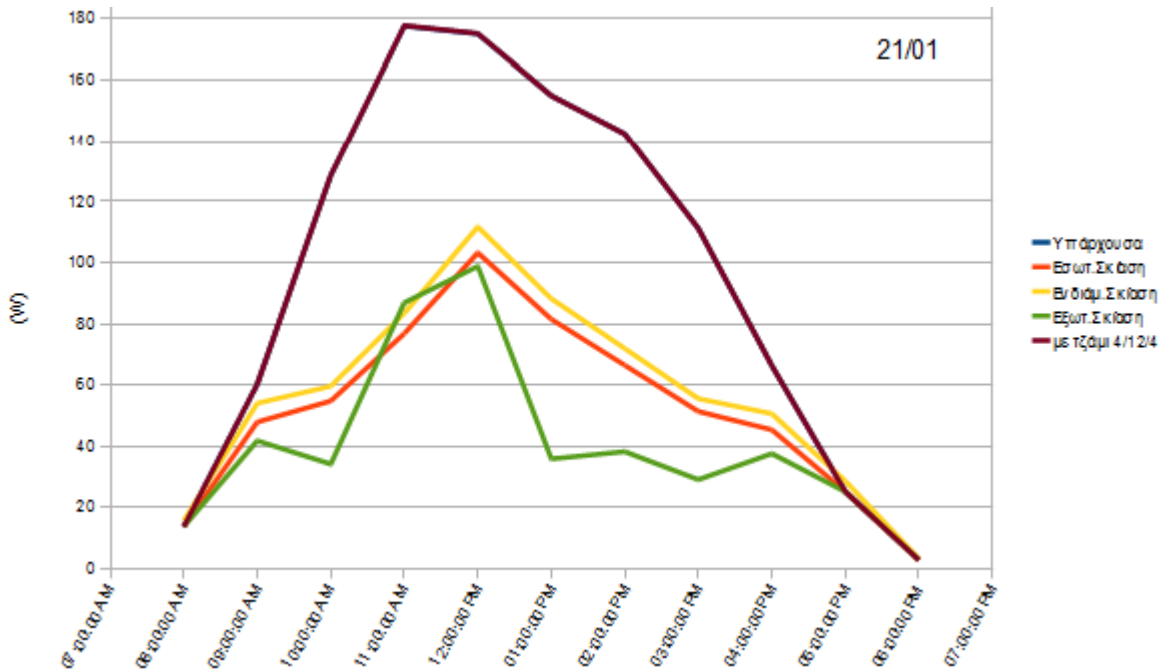


Εικ.6.9 Θερμοκρασία δαπέδου, για όλα τα σενάρια, για την τοπική θερμή ημέρα (21.07)

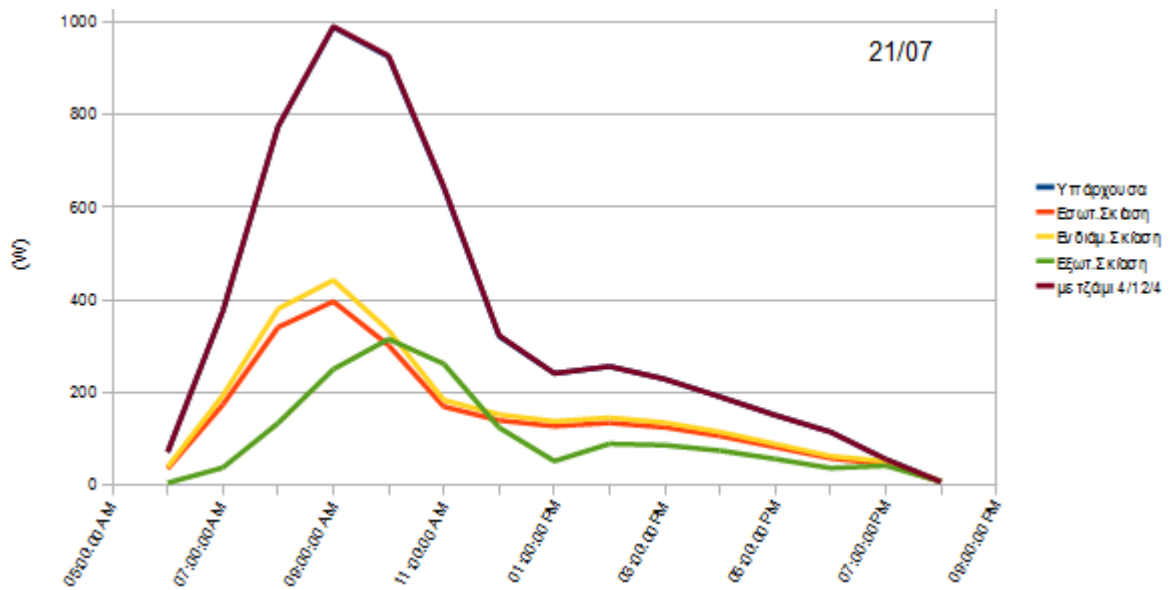
Στη συγκεκριμένη περίπτωση, αποτυπώνεται ο δροσισμός του χώρου και στη θερμοκρασία του δαπέδου, όπου η εξωτερική σκίαση δημιουργεί τη μεγαλύτερη μείωση. Επίσης, φαίνεται η λειτουργία του μεγαλύτερου κενού ανάμεσα από τους υαλοπίνακες, αφού πράγματι καταφέρνει να συγκρατεί αποδοτικότερα τη θερμότητα εντός του χώρου, δίχως να εκτονώνεται η συγκέντρωση της θερμοκρασίας εύκολα (ανακούφιση), πράγμα όχι τόσο θεμιτό κατά την εαρινή περίοδο. Τα αποτελέσματα της αυξημένης έμμεσης αυτής θερμομόνωσης γίνονται καλύτερα αντιληπτά το χειμώνα, εποχή που η ανάγκη σε θέρμανση είναι σημαντικότερη, όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα, του οποίου, κατά γενικότερη άποψη, οι διαφορές είναι πολύ μικρές.



Εικ.6.10 Θερμοκρασία δαπέδου, για όλα τα σενάρια, για την τοπική ψυχρή ημέρα (21.01)



Εικ.6.11 Συνολική απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολία θαλάμου (μέσω του παραθύρου), για όλα τα σενάρια, κατά την τοπική ψυχρή ημέρα (21.01)

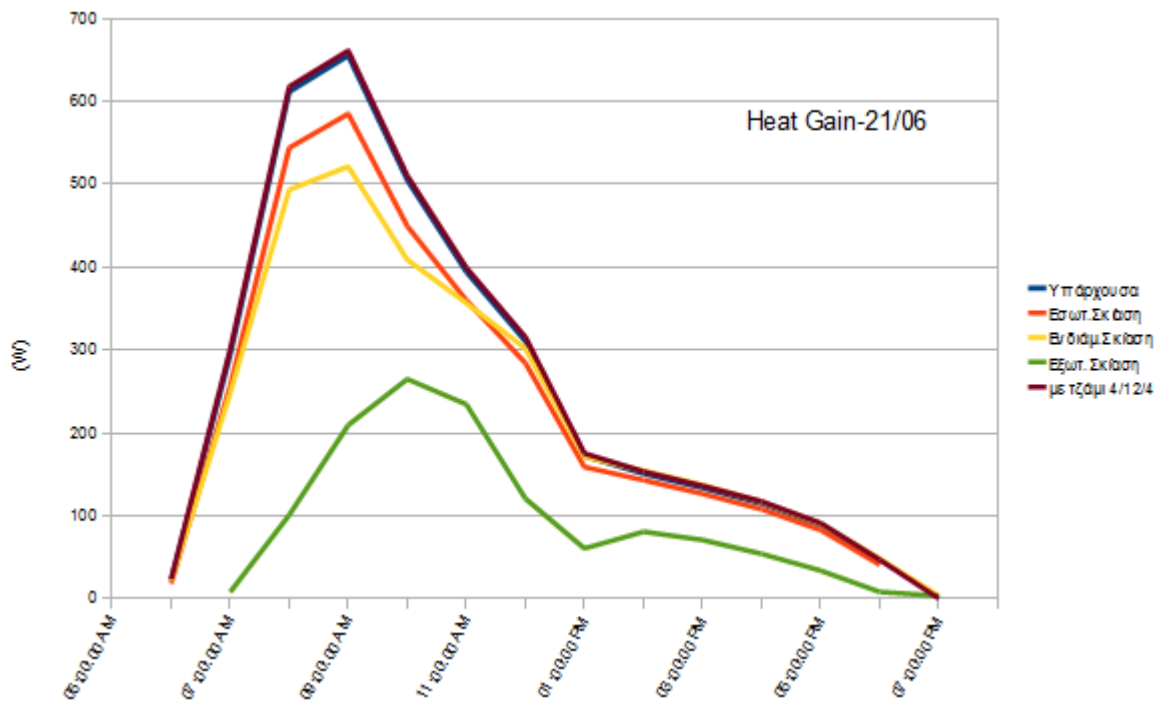


Εικ.6.12 Συνολική απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολία θαλάμου (μέσω του παραθύρου), για όλα τα σενάρια, κατά την τοπική θερμή ημέρα (21.07)

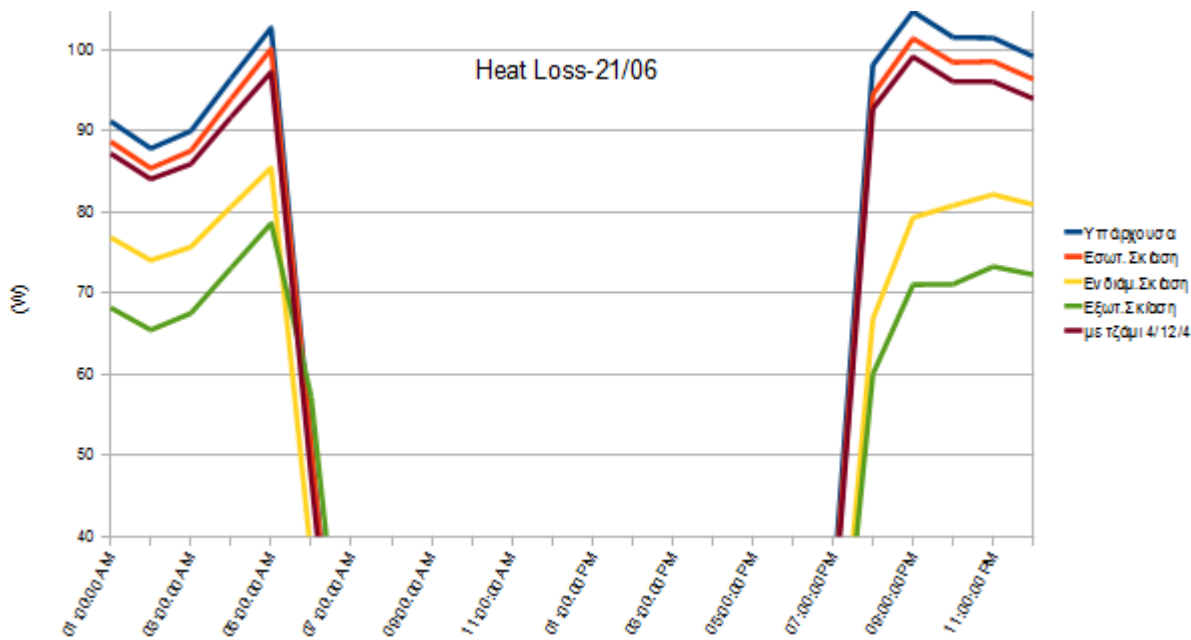
Δηλαδή καμία μεταβολή με την αλλαγή κενού υαλοπίνακα, στη συγκεκριμένη παράμετρο. Αναμενόμενο, αφού η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για θερμομονωτικούς λόγους, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω.

Από ‘κει και πέρα, στα διαγράμματα της απορροφώμενης ηλιακής ακτινοβολίας φαίνεται η παρεμπόδιση της να είναι μεγαλύτερη με την τοποθέτηση της εξωτερικής σκίασης.

Θερμικά κέρδη (μέρα) και απώλειες (νύχτα) το καλοκαίρι, εποχή που είναι μεγαλύτερη η ανάγκη σκίασης και κατ' επέκταση, σε λειτουργία τα σενάρια:



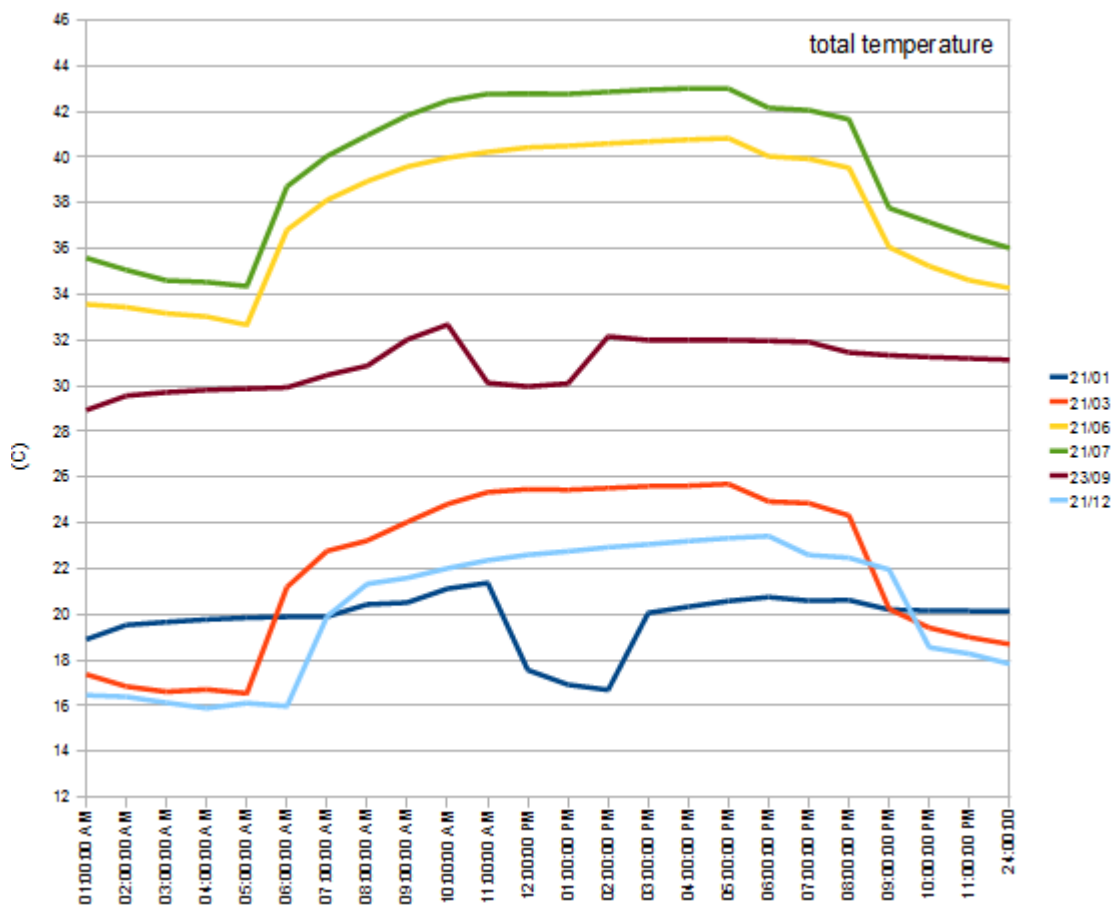
Εικ.6.13 Συνολικά θερμικά κέρδη θαλάμου από το παράθυρο, για όλα τα σενάρια, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)



Εικ.6.14 Συνολικές θερμικές απώλειες θαλάμου από το παράθυρο, για όλα τα σενάρια, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)

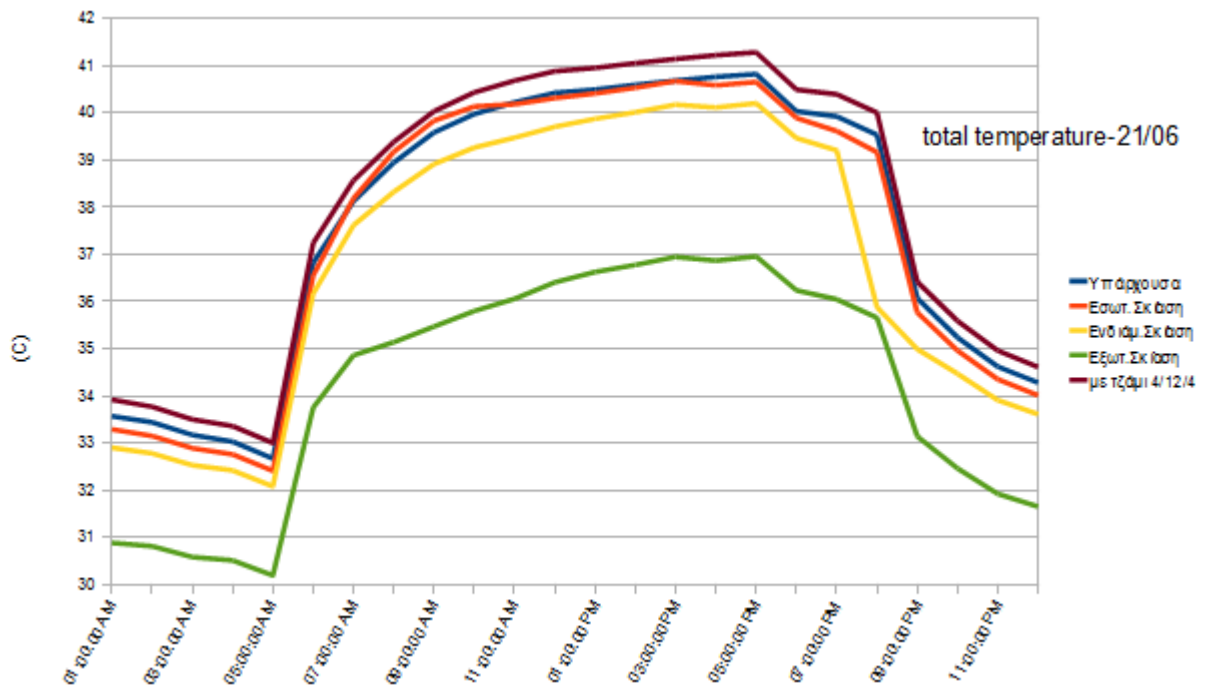
Δηλαδή, η εξωτερική σκίαση έχει και πάλι ευεργετικότερη απόδοση στα θερμικά κέρδη και τις θερμικές απώλειες, κατά τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Τελικώς, οι θερμοκρασίες εντός του θαλάμου, που είναι και η βασικότερη παράμετρος έχει ως εξής (παρατίθενται, αρχικά, όλου του χρόνου κατά την υπάρχουσα κατάσταση κι έπειτα, δύο αντιπροσωπευτικές ημερομηνίες στις οποίες χρησιμοποιούνται τα σενάρια σκίασης, ώστε να ελεγχθούν οι διαφορές της εκάστοτε απόδοσης):

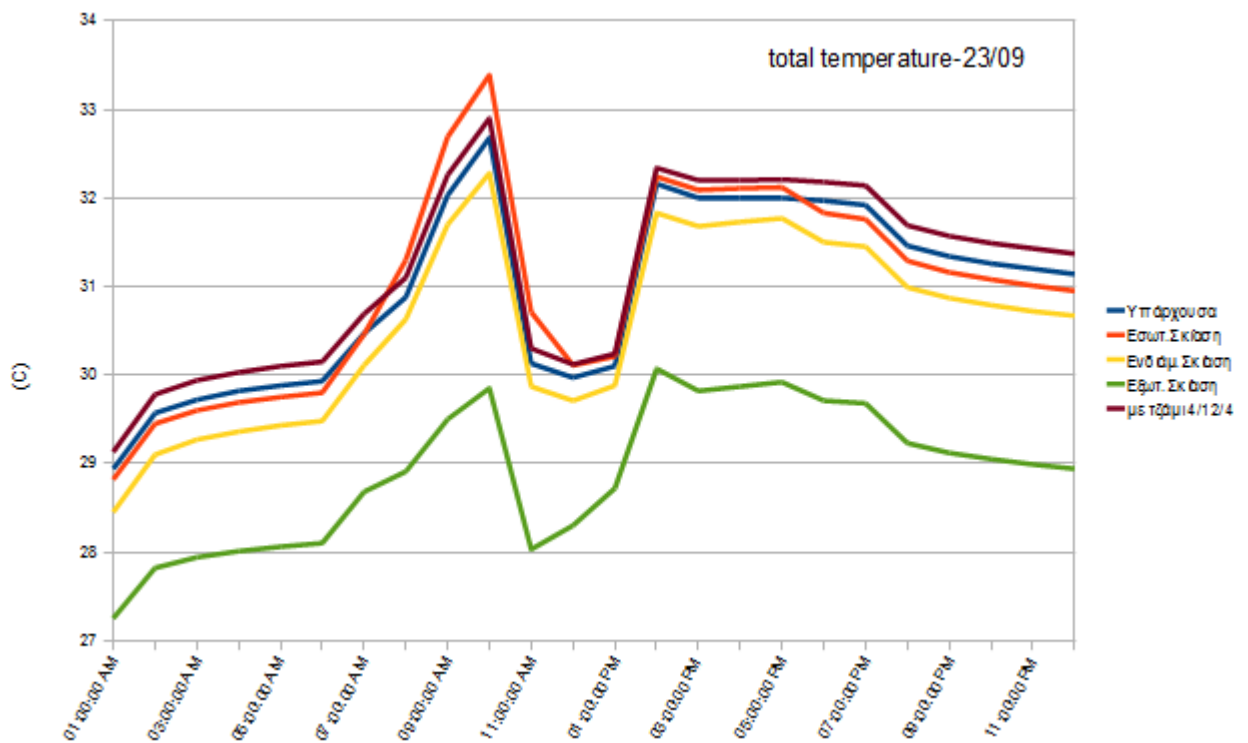


Εικ.6.15 Μέση θερμοκρασία του θαλάμου νοσηλείας για όλο το έτος





Εικ.6.16 Μέση θερμοκρασία θαλάμου, για όλα τα σενάρια, κατά το Θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)



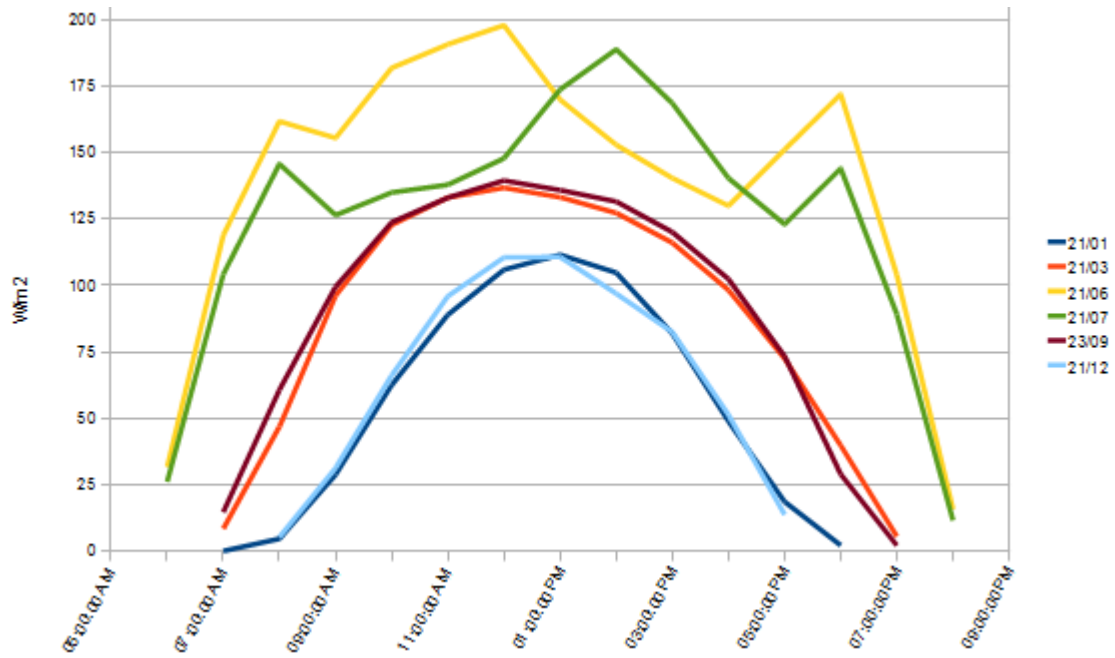
Εικ.6.17 Μέση θερμοκρασία θαλάμου, για όλα τα σενάρια, κατά τη Φθινοπωρινή Ισημερία (23.09)

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτή η ευεργετική συμπεριφορά του **εξωτερικού συστήματος σκίασης**.

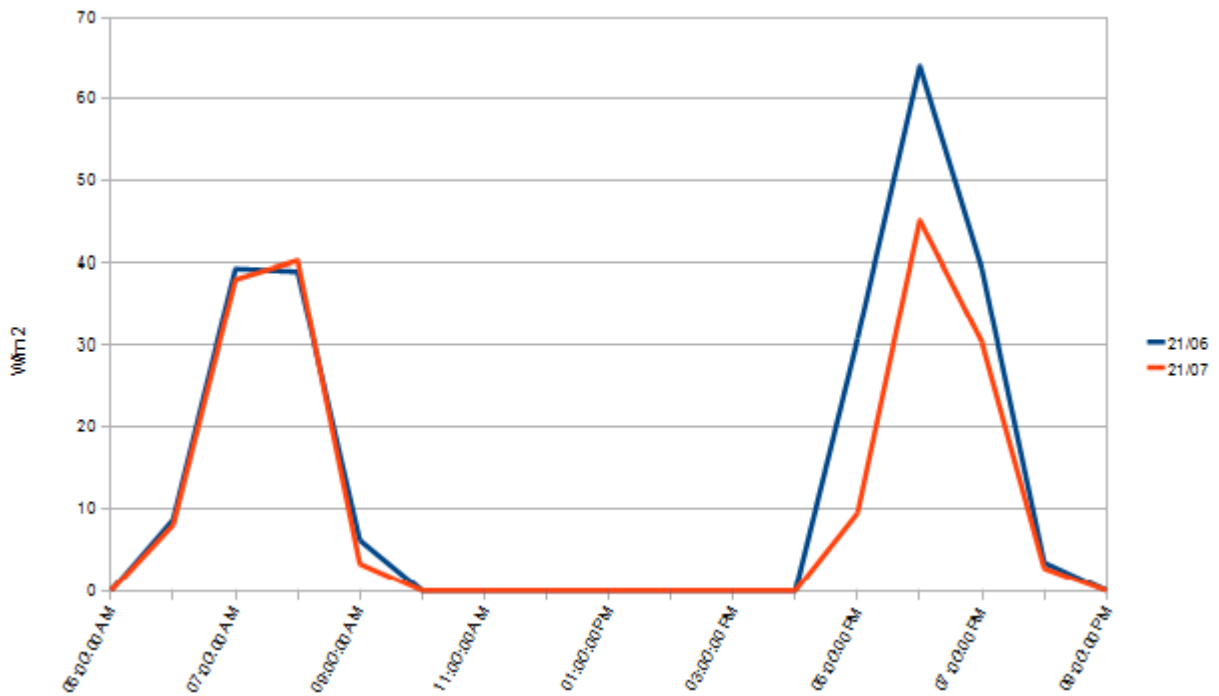
Γενικότερα, στο θάλαμο ανατολικής όψης βλέπουμε να λαμβάνουν χώρο ιδιαίτερα αυξημένες θερμοκρασίες κατά την εαρινή περίοδο, κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο χώρος χωρίς τη συνδρομή μηχανολογικού εξοπλισμού. Χαρακτηριστικό είναι ότι στις 21 Ιουνίου, η θερμοκρασία το μεσημέρι αγγίζει τους 41 βαθμούς Κελσίου. Τα επίπεδα αυτά, βέβαια, φαίνεται να πέφτουν αρκετά με τη χρήση των συστημάτων σκίασης, όπως φαίνεται στις εικόνες 2.16 και 2.17, με τις εξωτερικές περσίδες να έχουν την καλύτερη απόδοση με αξιοσημείωτη διαφορά.

Στη συνέχεια, ακολουθούν οι αντίστοιχες μεταβλητές για τους θαλάμους που «βλέπουν» στο βορρά.

## 6.2 Θάλαμος βορινής όψης

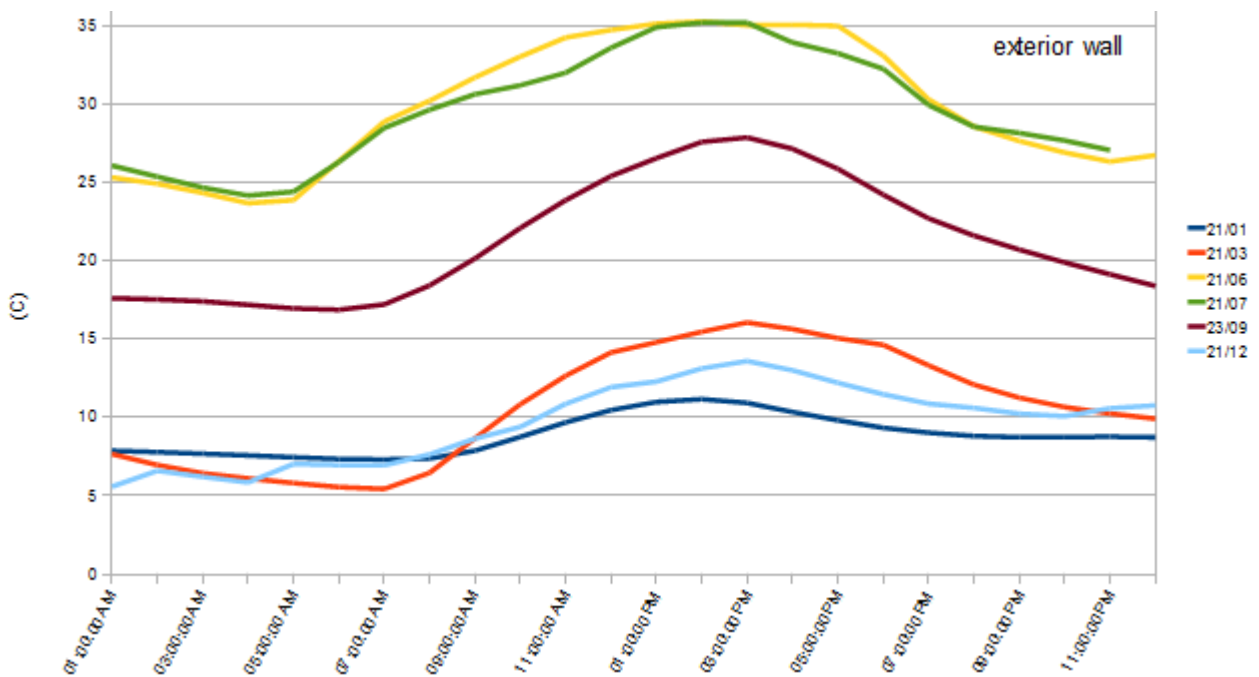


Εικ.6.18 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε εξωτερικό τοίχο και παράθυρο



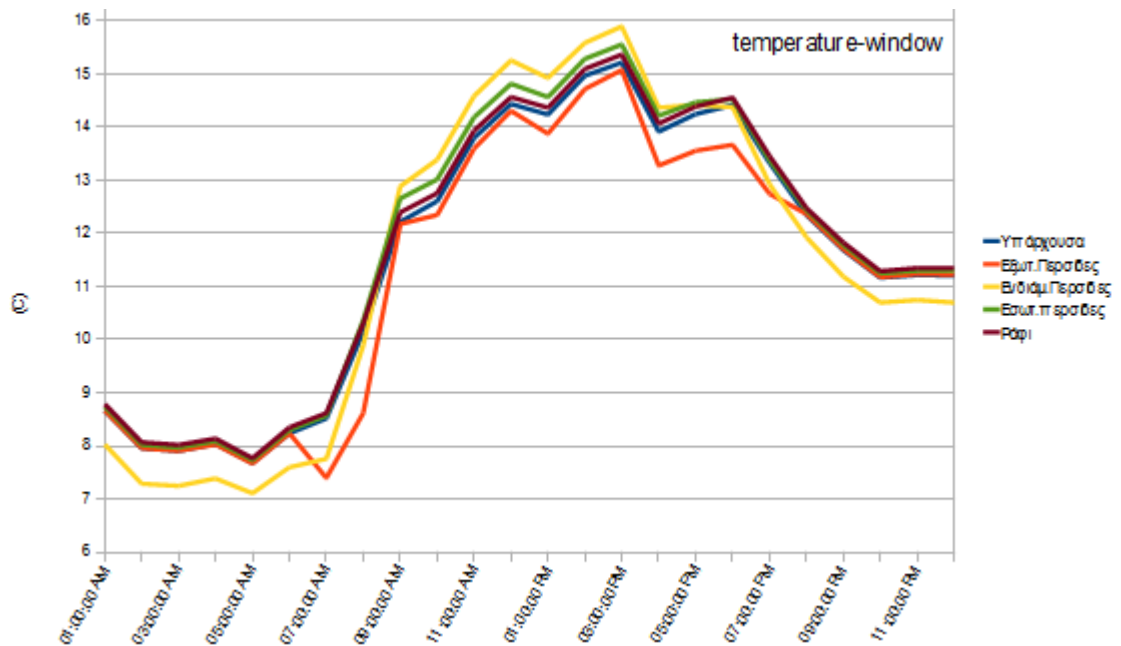
Εικ.6.19 Άμεση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (beam) σε εξωτερικό τοίχο και παράθυρο (η άμεση είναι μη μηδενική μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες)

Αντίθετα με το θάλαμο της ανατολικής όψης, γίνονται αντιληπτές οι καταγραφές σημαντικά χαμηλότερων τιμών, πράγμα αναμενόμενο, αφού αφενός, η όψη είναι βόρεια και αφετέρου, το κτίριο βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο, που δυσχεραίνει τη δυνατότητα αποδοχής ηλιακής ακτινοβολίας. Χαρακτηριστικό είναι το στοιχείο του δεύτερου διαγράμματος, που δείχνει ότι άμεση ακτινοβολία λαμβάνει χώρο μόνο τους εαρινούς μήνες, ενώ αξίζει να σημειωθεί πως στο δάπεδο του θαλάμου δεν υπήρξε τιμή ακτινοβολίας, που εισέρχεται απ' το παράθυρο, διαφορετική του μηδενός για όλο το έτος.



Εικ.6.20 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς εξωτερικού τοίχου, όλο το έτος

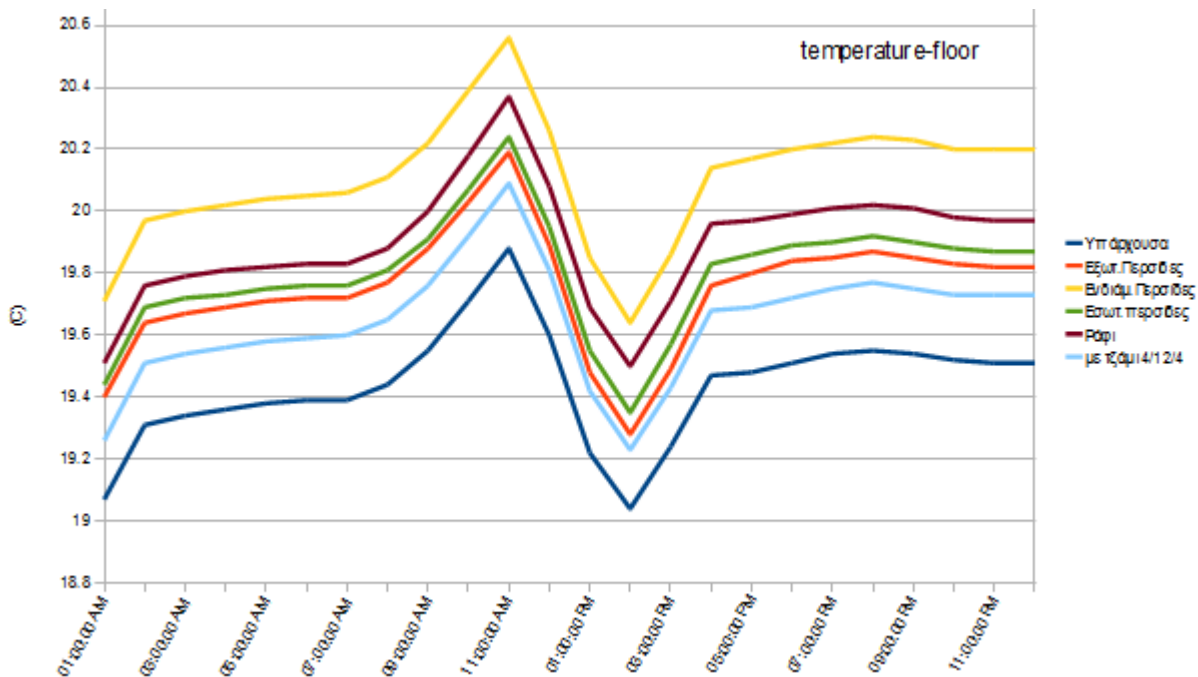
Στην παραπάνω εικόνα διακρίνεται εύκολα η υψηλή θερμοκρασία που αγγίζει η εξωτερική πλευρά του εξωτερικού τοίχου του θαλάμου, ιδιαίτερα τις μεσημεριανές ώρες. Αντίθετα, το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο φαίνεται να «ψύχεται» αρκετά το χειμώνα, με τις τιμές των πρώτων πρωινών ωρών να πέφτουν κάτω από 10 βαθμούς.



Εικ.6.21 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς παραθύρου, για όλα τα σενάρια, κατά την Εαρινή Ισημερία (21.03)

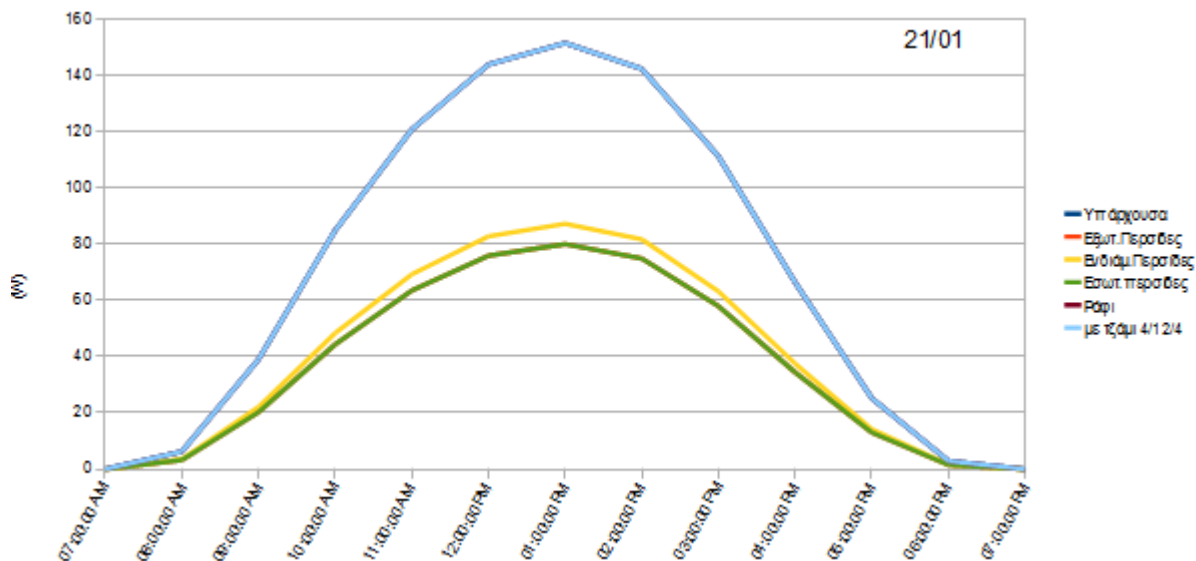
Έπειτα, οι διαφορές της εξωτερικής πλευράς, όπως φαίνεται (Εικ.6.21), προκύπτουν σχεδόν μηδενικές μεταξύ των σεναρίων αύξησης φωτισμού, άρα είναι ανάξιες περαιτέρω ανάλυσης.

Όπως και στους θαλάμους με ανατολική όψη, για τις μεταβλητές που έχουν να κάνουν με εσωτερικά δομικά στοιχεία και γενικότερα, με το χώρο εντός του θαλάμου, υπεισέρχεται και το σενάριο κενού 12mm διπλού υαλοπίνακα, αφού το παράθυρο είναι η πηγή απ' την οποία εισχωρεί ο ήλιος.

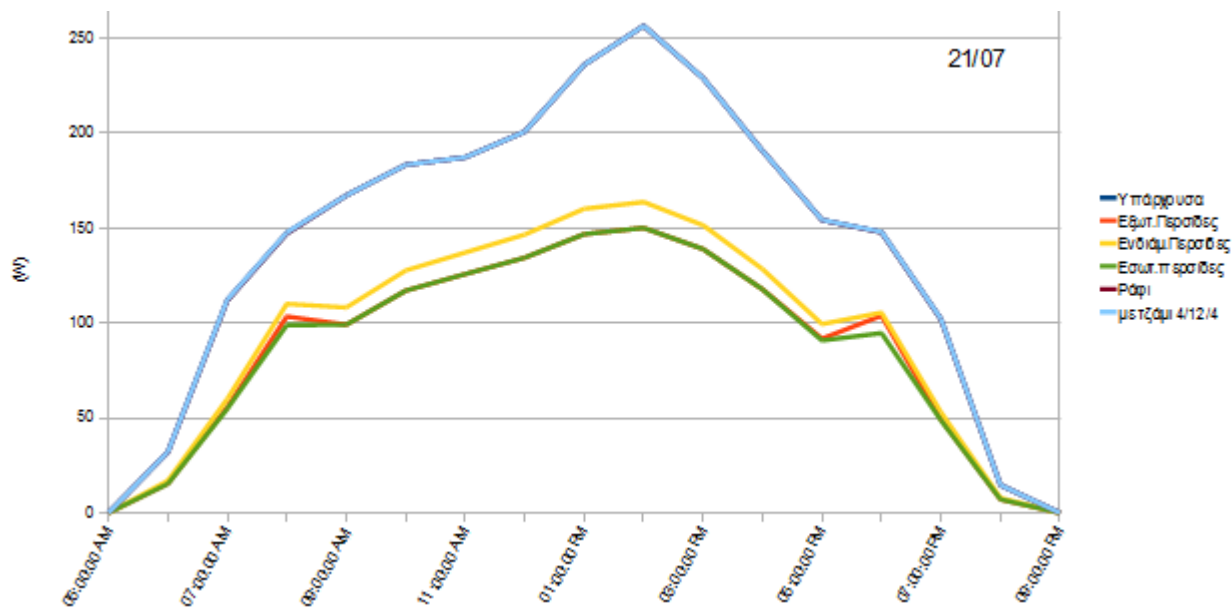


Εικ.6.22 Θερμοκρασία δαπέδου, για όλα τα σενάρια, για την τοπική θερμή ημέρα (21.07)

Δηλαδή και στην επιφάνεια του δαπέδου του θαλάμου οι διαφορές θερμοκρασίας είναι ελάχιστες, ακριβώς όπως συνέβη και στην αντίστοιχη περίπτωση της ανατολικής όψης.



Εικ.6.23 Συνολική απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολίας θαλάμου, για όλα τα σενάρια, κατά την τοπική ψυχρή ημέρα (21.01)

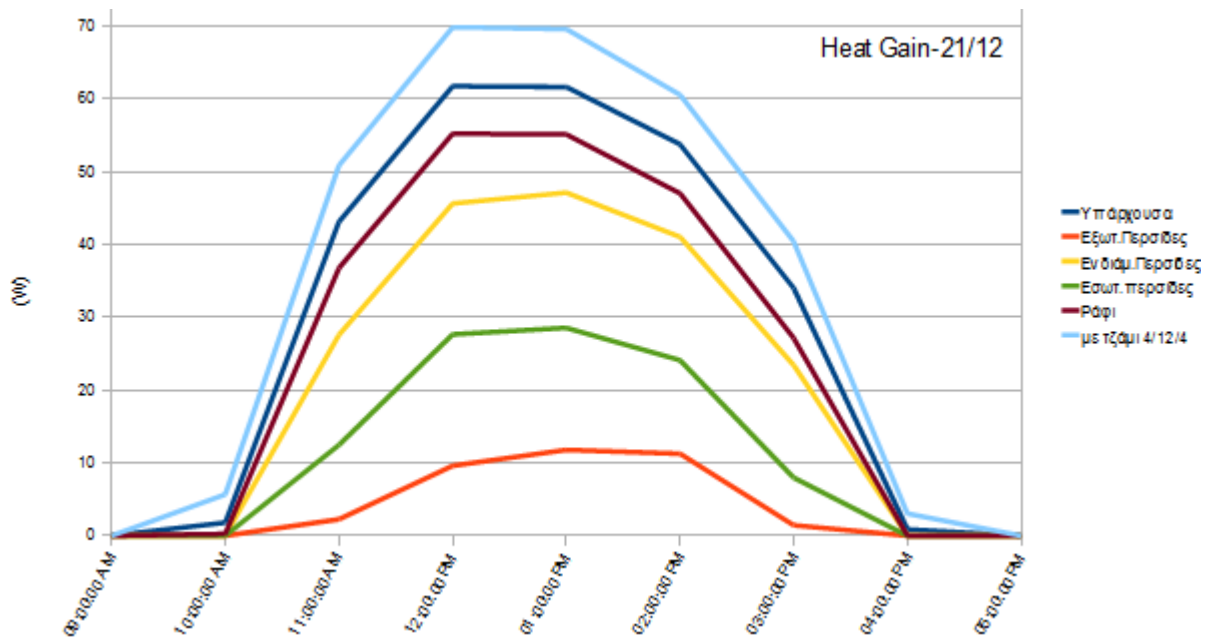


Εικ.6.24 Συνολική απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολίας θάλαμου, για όλα τα σενάρια, κατά την τοπική θερμή ημέρα (21.07)

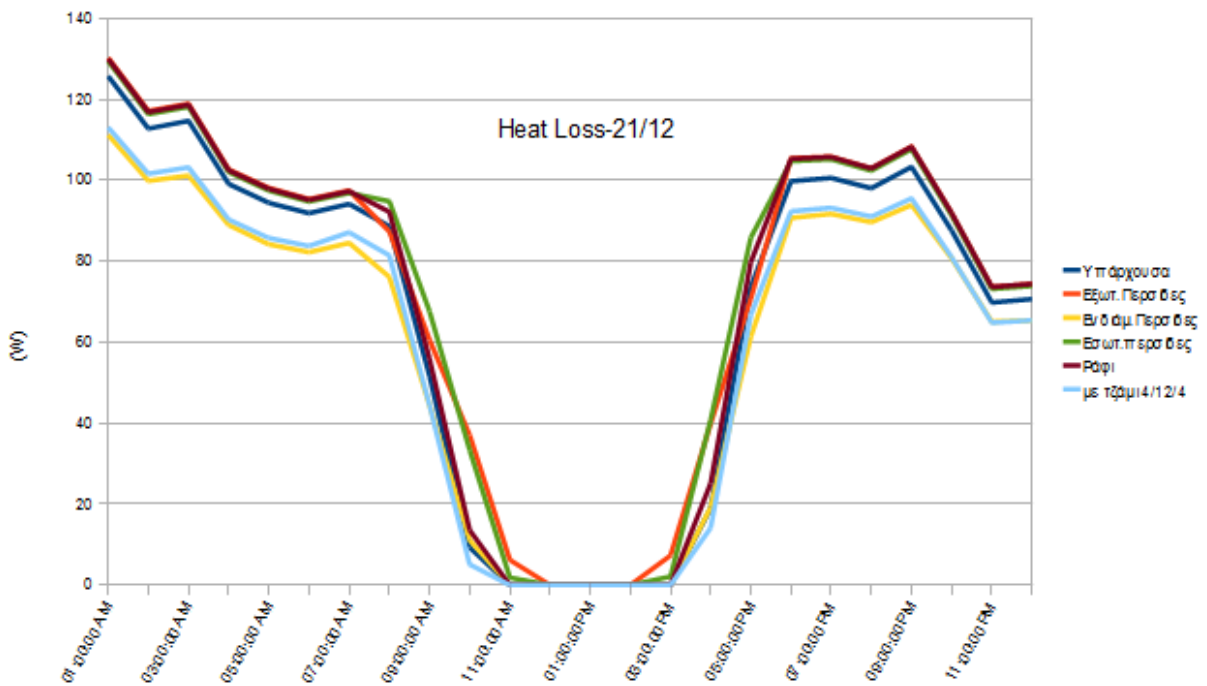
Στα δύο τελευταία διαγράμματα, γίνεται κατανοητό ότι τα σενάρια του ραφιού και του τζαμιού με αλλαγή κενού συμπίπτουν με την υπάρχουσα κατάσταση, λόγω διάταξης.

Γενικότερα, οι μικρές διαφορές στις τελευταίες παραμέτρους ήταν αναμενόμενες για το θάλαμο με βορινή όψη, εφόσον δεν υπάρχει άμεση ηλιακή ακτινοβολία και κατ' επέκταση, άμεσου χειρισμού της. Τα αποτελέσματα των σεναρίων «ανακλαστικότητας» φάνηκαν στο φωτισμό (βλ.Κεφ.5.2).

Ακολουθούν τα θερμικά κέρδη (μέρα) και απώλειες (νύχτα) το χειμώνα, εποχή που είναι μεγαλύτερη η ανάγκη αύξησης φωτισμού και κατ' επέκταση, σε λειτουργία τα σενάρια:



Εικ.6.25 Συνολικά θερμικά κέρδη θαλάμου από το παράθυρο, για όλα τα σενάρια, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)

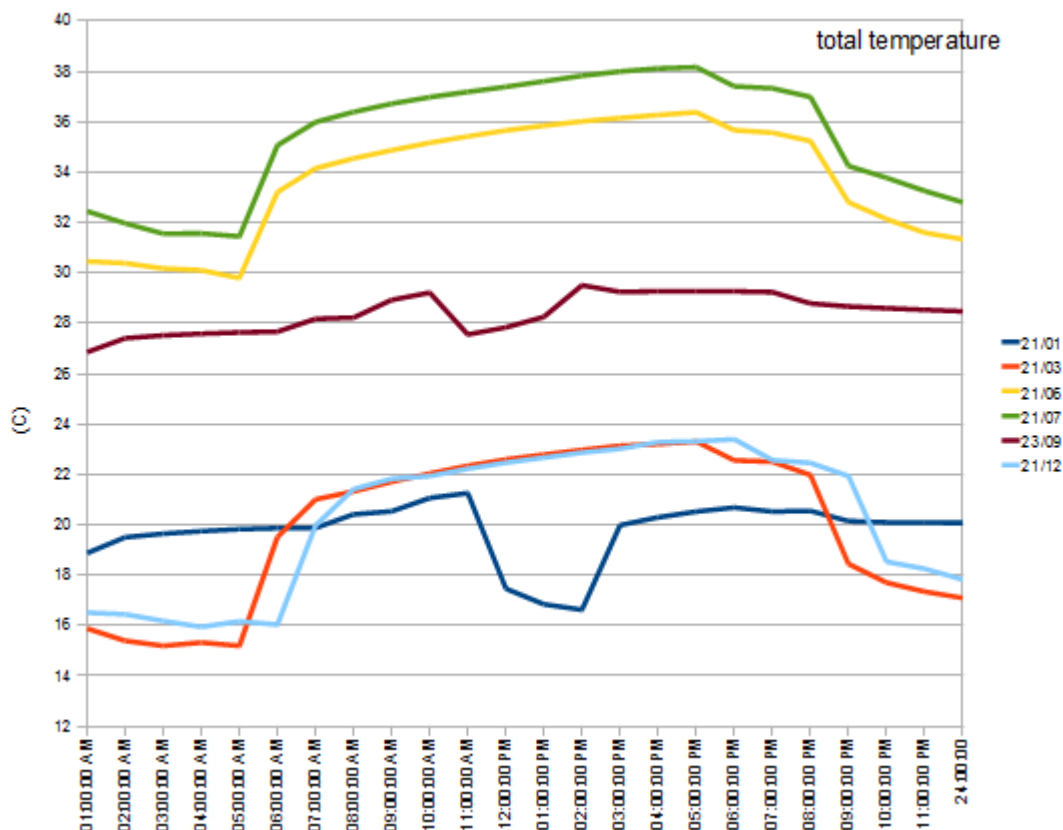


Εικ.6.26 Συνολικές θερμικές απώλειες θαλάμου από το παράθυρο, για όλα τα σενάρια, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)

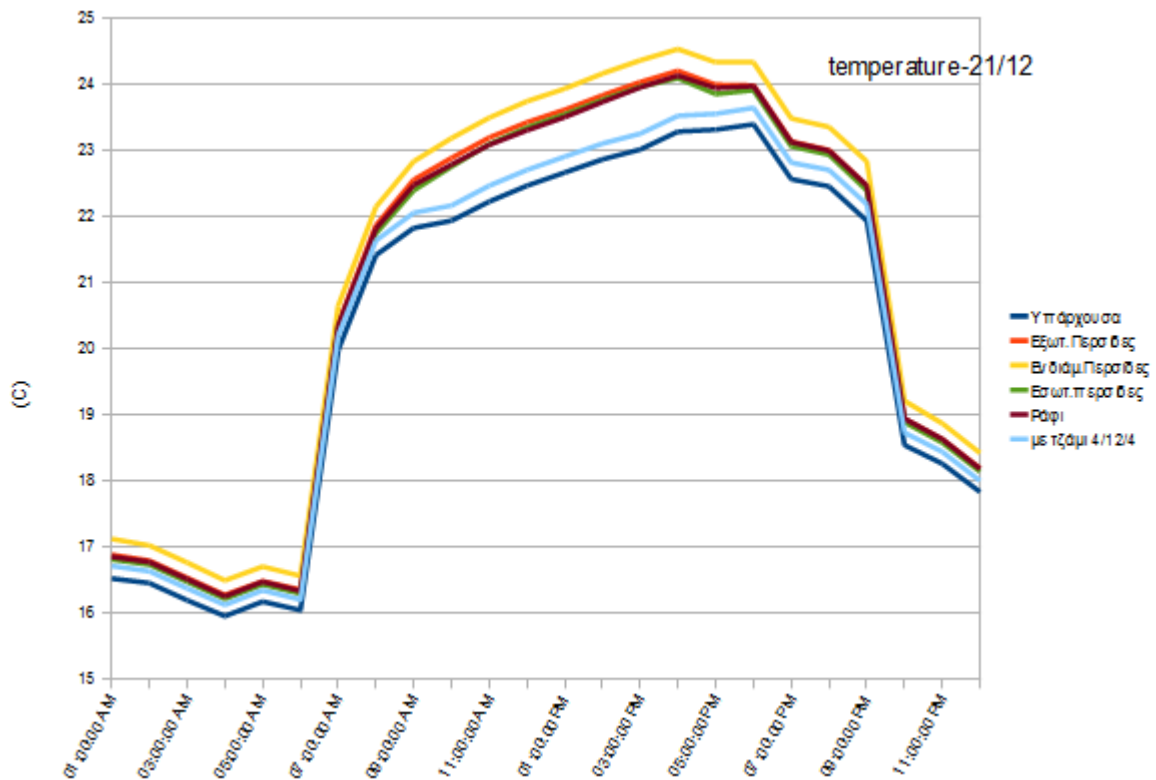


Όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα, τα σενάρια «ανακλαστικότητα» μπορεί να πετυχαίνουν αύξηση φωτισμού, όμως θερμικά η προσφορά τους είναι αρνητική. Αντίθετα, το τζάμι με μεγαλύτερο κενό αέρα ανάμεσα στους υαλοπίνακες έχει αξιοσημείωτα καλύτερη θερμική απόδοση, δηλαδή αποδεικνύει ακριβώς το λόγο που μελετήθηκε.

Τελικώς, οι θερμοκρασίες εντός του θαλάμου, που είναι και η βασικότερη παράμετρος έχει ως εξής (παρατίθενται, αρχικά, όλου του χρόνου κατά την υπάρχουσα κατάσταση κι έπειτα, μία αντιπροσωπευτική ημερομηνία στην οποία χρησιμοποιούνται τα σενάρια αύξησης φωτισμού, ώστε να ελεγχθούν οι διαφορές της εκάστοτε απόδοσης):



Εικ.6.27 Μέση θερμοκρασία του θαλάμου νοσηλείας για όλο το έτος



Εικ.6.28 Μέση θερμοκρασία θαλάμου, για όλα τα σενάρια, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτή η ευεργετική συμπεριφορά των σεναρίων αύξησης φωτισμού κατά την περίοδο λειτουργίας τους, δηλαδή εποχή αυξημένης ανάγκης περαιτέρω φωτισμού, έστω κι αν είναι μικρού ποσοστού, αφού το επίπεδο της μέσης θερμοκρασίας του χώρου βελτιώνεται.

Πάντως, οι θερμοκρασίες του θαλάμου χωρίς τη συμμετοχή οποιουδήποτε είδους μηχανολογικού εξοπλισμού, είναι σε όλες τις ημερομηνίες μικρότερες συγκριτικά με εκείνες της ανατολικής όψης. Παρ' όλα αυτά, οι καλοκαιρινοί μήνες δείχνουν να παραμένουν σε ανεβασμένα επίπεδα, ειδικά τις μεσημεριανές ώρες.

### 6.3 Ανάγκες ενέργειας και στις δύο περιπτώσεις προσανατολισμού

Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει ο τελικός έλεγχος ποσού ενέργειας που απαιτείται από μηχανολογικό εξοπλισμό για θέρμανση και ψύξη του θαλάμου νοσηλείας, ώστε ο χώρος να διατηρείται σε επίπεδα άνεσης.

Για να επιτευχθεί αυτό, στο EnergyPlus τροποποιήθηκαν τα κελία HVACTemplate:Thermostat και HVACTemplate:IdealLoadsAirSystem, κατάλληλα, έτσι ώστε να τηρηθούν τα θερμοκρασιακά όρια της θερμικής άνεσης για νοσηλευτικό θάλαμο. Αυτά, σύμφωνα με την ASHRAE, είναι 70-75 °F, δηλαδή 21-24 °C, περίπου. [2] Στην παρούσα διπλωματική, όμως, τα όρια θερμικής άνεσης που τέθηκαν κατά την προσομοίωση είναι 22-25 °C, σύμφωνα με τις διατάξεις της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. [3]

Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο Output:Variable για να εξάγουν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι οι εξής:

- Zone Ideal Loads Zone Total Heating Energy (J): Η ενέργεια που απαιτείται από το μηχανολογικό εξοπλισμό για θέρμανση και
- Zone Ideal Loads Zone Total Cooling Energy (J): Η ενέργεια που απαιτείται από το μηχανολογικό εξοπλισμό για ψύξη.

Έτσι, μετά την τροποποίηση  $1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ J}$ , τα αποτελέσματα ενέργειας που προέκυψαν, μηνιαίως, για κάθε σενάριο, καθώς και ο υπολογισμός του αντίστοιχου κόστους (όπου η τρέχουσα τιμή αγοράς της κιλοβατώρας από τη Δ.Ε.Η. είναι 0.07793 ευρώ) είναι τα ακόλουθα:

## Ανατολή:

	Υπάρχουσα	Τζάμι 4/12/4	Εσωτερικές Π.	Ενδιάμεσες Π.	Εξωτερικές Π.
Ιανουάριος	180.74	177.29	184.16	198.26	191.16
Φεβρουάριος	192.45	188.66	196.94	211.96	204.78
Μάρτιος	145.05	141.59	154.44	163.19	165.50
Απρίλιος	57.55	55.70	67.81	68.63	78.42
Μάιος	13.81	13.35	17.23	16.89	20.57
Ιούνιος	0.12	0.09	0.52	0.42	0.97
Ιούλιος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Οκτώβριος	8.29	7.75	11.20	10.98	14.01
Νοέμβριος	91.21	89.16	94.93	102.14	99.01
Δεκέμβριος	170.75	167.43	173.67	186.73	179.54
Σύνολο(kWh)	859.96	841.01	900.90	959.20	953.96
Κόστος (€)	67.017047	65.54024	70.20713314	74.75058806	74.3421994

Εικ.6.29 Ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και αντίστοιχο κόστος, θαλάμου ανατολικής όψης

	Υπάρχουσα	Τζάμι 4/12/4	Εσωτερικές Π.	Ενδιάμεσες Π.	Εξωτερικές Π.
Ιανουάριος	59.19	63.36	70.96	71.68	54.10
Φεβρουάριος	49.02	53.19	58.65	59.29	41.56
Μάρτιος	90.30	94.68	102.49	97.12	64.53
Απρίλιος	136.79	140.44	145.71	133.62	88.75
Μάιος	216.60	219.57	223.24	207.60	153.11
Ιούνιος	333.40	335.13	330.84	316.98	240.75
Ιούλιος	437.32	438.07	431.23	421.08	329.71
Αύγουστος	431.43	431.98	426.95	420.21	336.43
Σεπτέμβριος	294.26	296.18	294.24	285.69	222.78
Οκτώβριος	166.02	168.78	173.78	165.72	134.51
Νοέμβριος	84.77	88.30	95.94	94.45	76.59
Δεκέμβριος	49.08	53.15	60.84	61.86	47.12
Σύνολο(kWh)	2348.18	2382.83	2414.87	2335.29	1789.95
Κόστος (€)	182.99383	185.694297	188.1909621	181.9893841	139.4911502

Εικ.6.30 Ενεργειακές ανάγκες ψύξης και αντίστοιχο κόστος, θαλάμου ανατολικής όψης

**Βορράς:**

	Υπάρχουσα	Τζάμι 4/12/4	Εσωτερικές Π.	Ενδιάμεσες Π.	Εξωτερικές Π.	Ράφι
Ιανουάριος	191.57	188.01	192.04	187.40	193.45	190.39
Φεβρουάριος	203.64	199.66	204.86	199.87	206.56	202.64
Μάρτιος	163.53	160.05	166.61	161.87	168.84	162.89
Απρίλιος	77.63	75.69	81.08	77.97	82.67	77.39
Μάιος	19.50	18.97	21.20	20.20	21.75	19.50
Ιούνιος	0.58	0.52	0.93	0.76	1.05	0.58
Ιούλιος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Οκτώβριος	13.42	12.84	14.70	13.72	15.24	13.41
Νοέμβριος	97.60	95.52	99.27	96.43	100.22	97.44
Δεκέμβριος	179.52	176.09	180.07	175.72	181.22	178.67
Σύνολο(kWh)	947.00	927.35	960.77	933.93	971.01	942.92
Κόστος (€)	73.799445	72.2681927	74.87258107	72.78123535	75.67070324	73.481642

Εικ.6.31 Ενεργειακές ανάγκες **θέρμανσης** και αντίστοιχο κόστος, θαλάμου βορινής όψης

	Υπάρχουσα	Τζάμι 4/12/4	Εσωτερικές Π.	Ενδιάμεσες Π.	Εξωτερικές Π.	Ράφι
Ιανουάριος	41.80	45.66	55.64	62.02	55.19	55.98
Φεβρουάριος	31.33	35.11	43.12	49.49	42.53	43.56
Μάρτιος	54.18	58.31	66.75	72.73	63.64	67.09
Απρίλιος	79.84	82.83	87.89	92.63	82.93	89.57
Μάιος	149.83	152.27	157.75	159.12	148.04	158.63
Ιούνιος	241.36	242.51	245.02	243.21	230.07	247.61
Ιούλιος	327.50	327.63	330.59	327.84	314.56	334.59
Αύγουστος	330.23	330.10	333.07	332.50	320.61	339.39
Σεπτέμβριος	213.08	214.43	221.19	221.12	211.26	223.85
Οκτώβριος	126.15	128.56	138.07	140.47	131.87	139.44
Νοέμβριος	66.73	70.05	80.49	85.61	78.75	81.25
Δεκέμβριος	36.79	40.42	49.34	55.76	49.46	50.01
Σύνολο(kWh)	1698.84	1727.88	1808.91	1842.51	1728.91	1830.97
Κόστος (€)	132.39034	134.653794	140.9687104	143.5868724	134.7338856	142.68758

Εικ.6.32 Ενεργειακές ανάγκες **ψύξης** και αντίστοιχο κόστος, θαλάμου βορινής όψης

Ενώ παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι **ετήσιες** ανάγκες ενέργειας για ψύξη και θέρμανση **μαζί**, όπως και το αντίστοιχο κόστος:

Σύνολο:	Υπάρχουσα	Τζάμι 4/12/4	Εσωτερικές Π.	Ενδιάμεσες Π.	Εξωτερικές Π.
Ενέργειας(kWh)	3208.15	3223.85	3315.77	3294.49	2743.92
Κόστους (€)	250.01	251.23	258.40	256.74	213.83

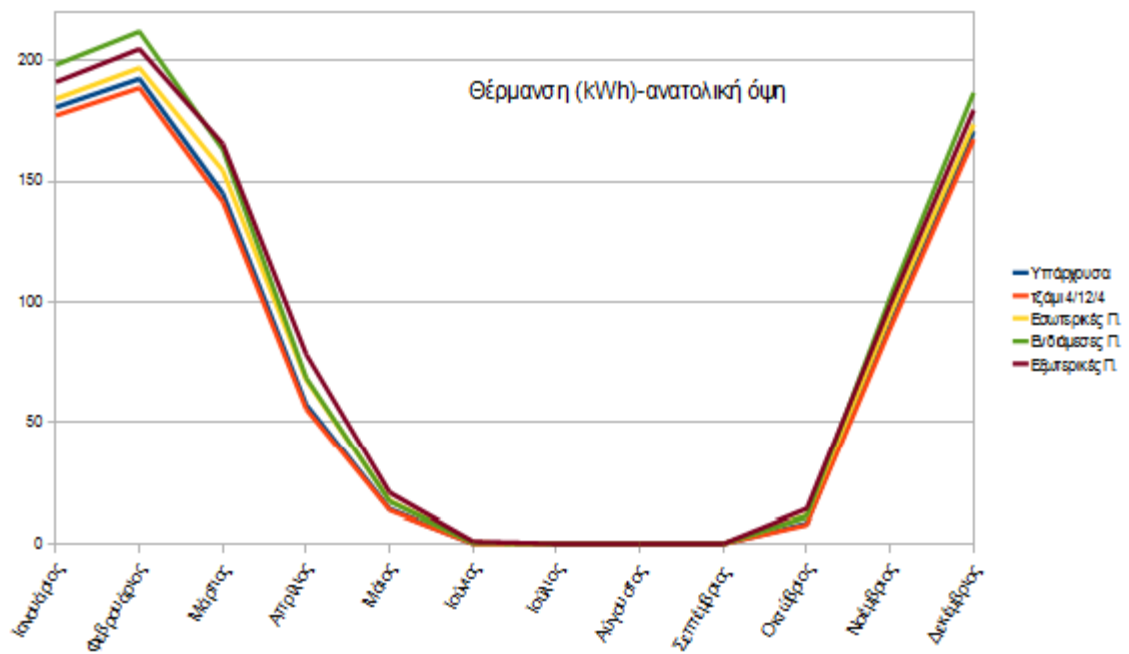
Εικ.6.33 Ετήσια συνολική ενέργεια και αντίστοιχο κόστος θέρμανσης και ψύξης θαλάμου νοσηλείας ανατολικής όψης

Σύνολο:	Υπάρχουσα	Τζάμι 4/12/4	Εσωτερικές Π.	Ενδιάμεσες Π.	Εξωτερικές Π.	Ράφι
Ενέργειας(kWh)	2645.83	2655.23	2769.68	2776.44	2699.92	2773.89
Κόστους (€)	206.19	206.92	215.84	216.37	210.40	216.17

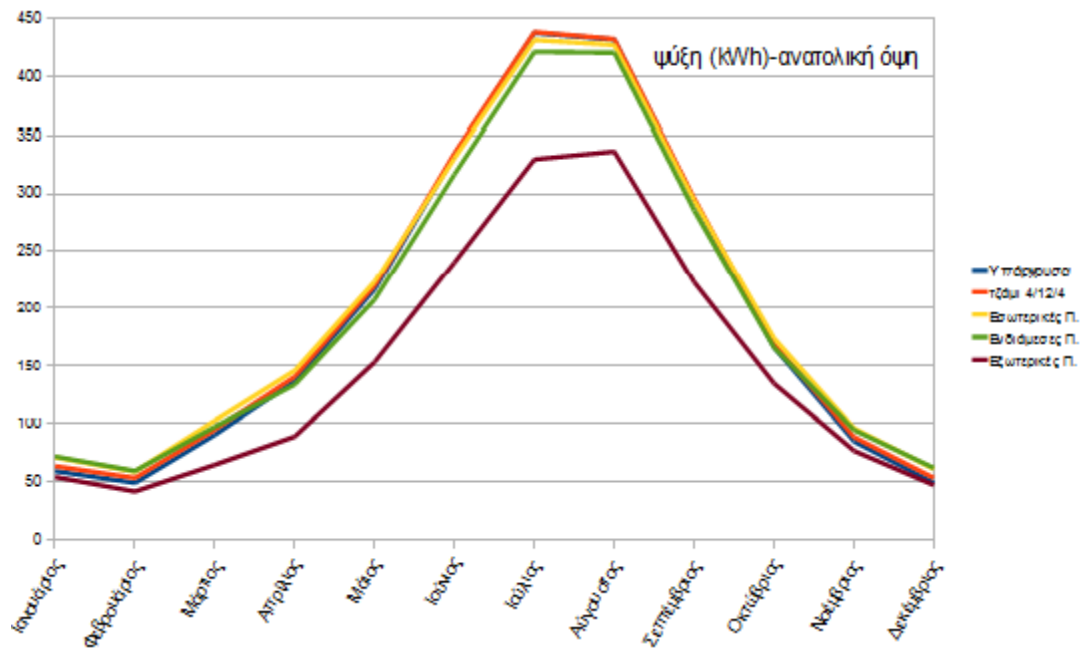
Εικ.6.34 Ετήσια συνολική ενέργεια και αντίστοιχο κόστος θέρμανσης και ψύξης θαλάμου νοσηλείας βορινής όψης

Τέλος, παρατίθενται ορισμένα συγκριτικά διαγράμματα συνολικών ενεργειών για θέρμανση ή ψύξη, για καθέναν προσανατολισμό θαλάμου, καθώς επίσης και αντίστοιχου -συνολικού- κόστους, αφού ο απώτερος σκοπός της μείωσης της απαιτούμενης ενέργειας που καταναλώνεται, πέρα των περιβαλλοντικών λόγων, είναι η εξοικονόμηση οικονομικών πόρων. Τα συμπεράσματα που εξάγονται από τα συγκεκριμένα διαγράμματα αναπτύσσονται στην ενότητα που ακολουθεί.

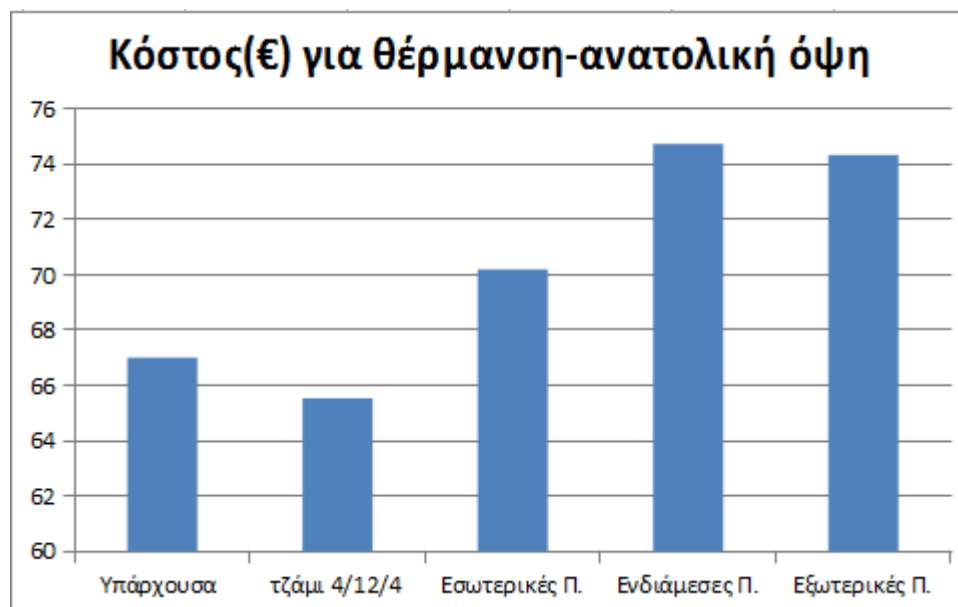
## Ανατολή:



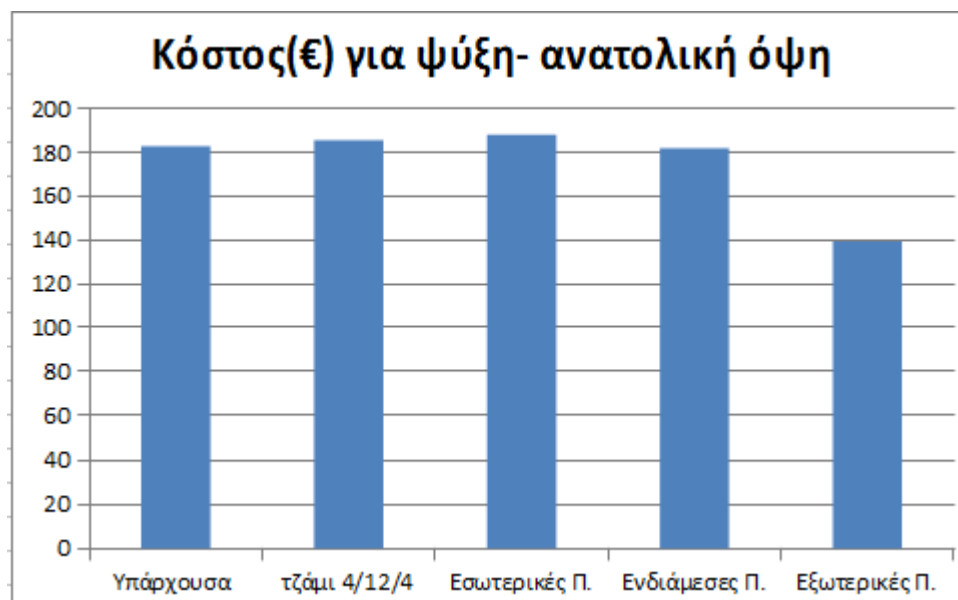
Εικ.6.35 Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση θαλάμου ανατολικής όψης, για κάθε σενάριο



Εικ.6.36 Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη θαλάμου ανατολικής όψης, για κάθε σενάριο



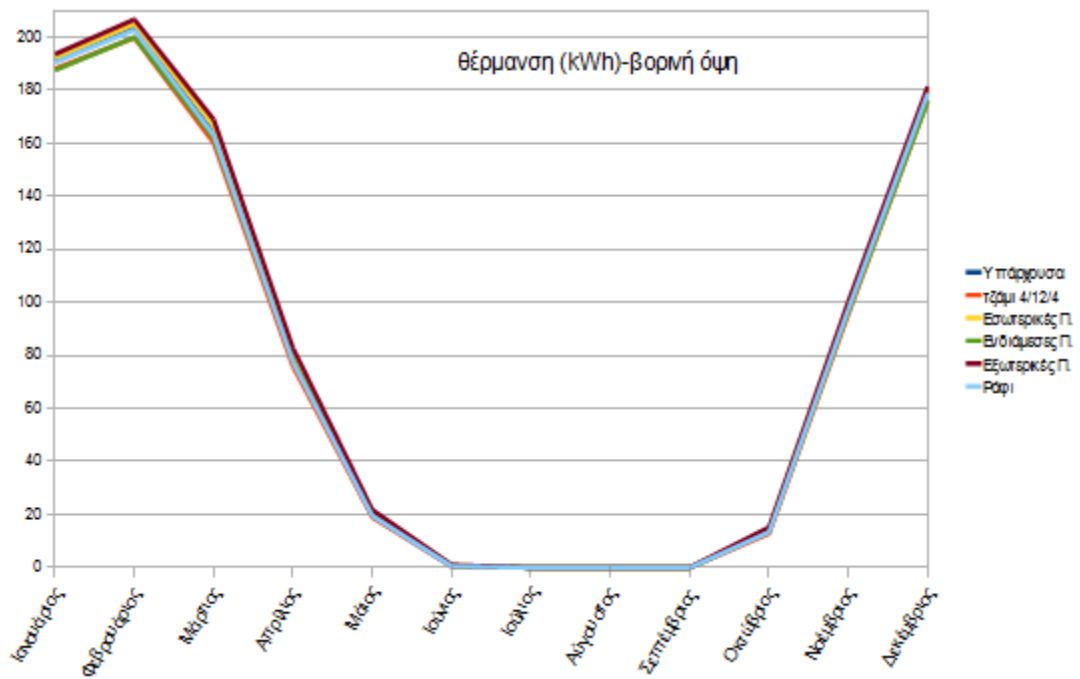
Εικ.6.37 Ετήσιο κόστος θέρμανσης θαλάμου ανατολικής όψης, για κάθε σενάριο



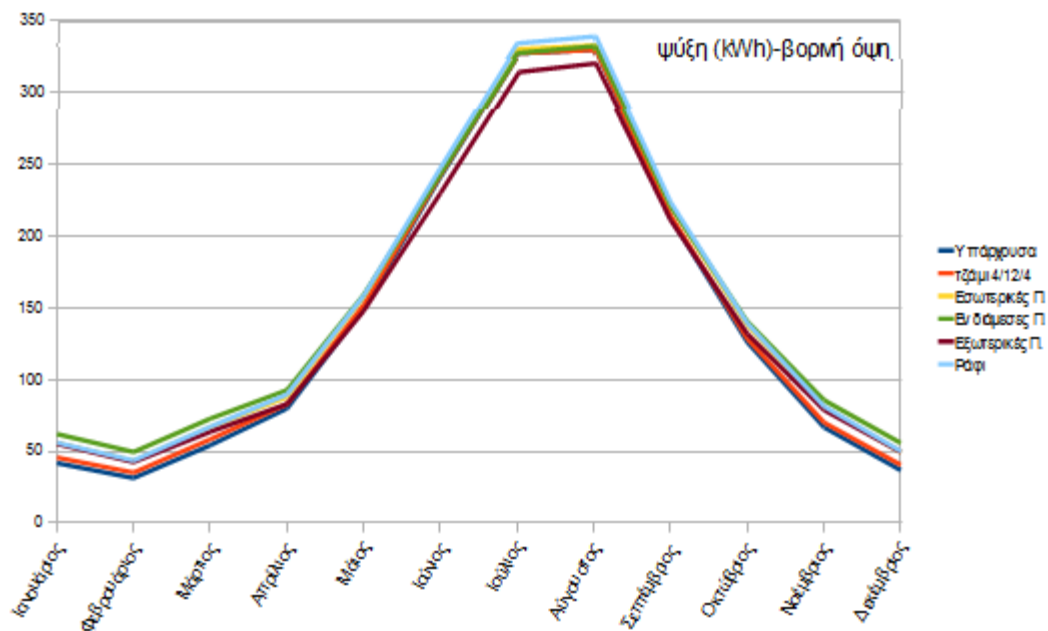
Εικ.6.38 Ετήσιο κόστος ψύξης θαλάμου ανατολικής όψης, για κάθε σενάριο



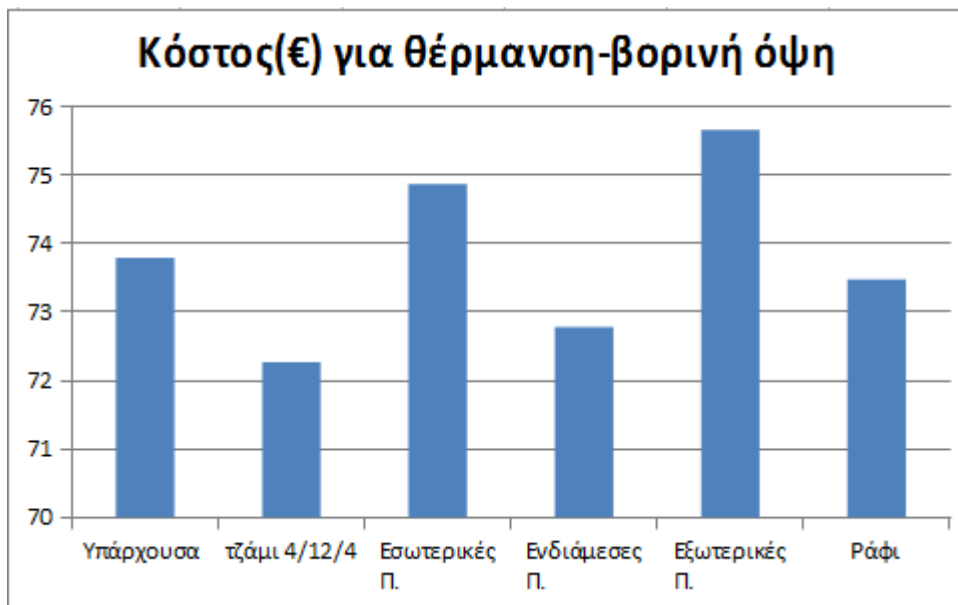
## Βορράς:



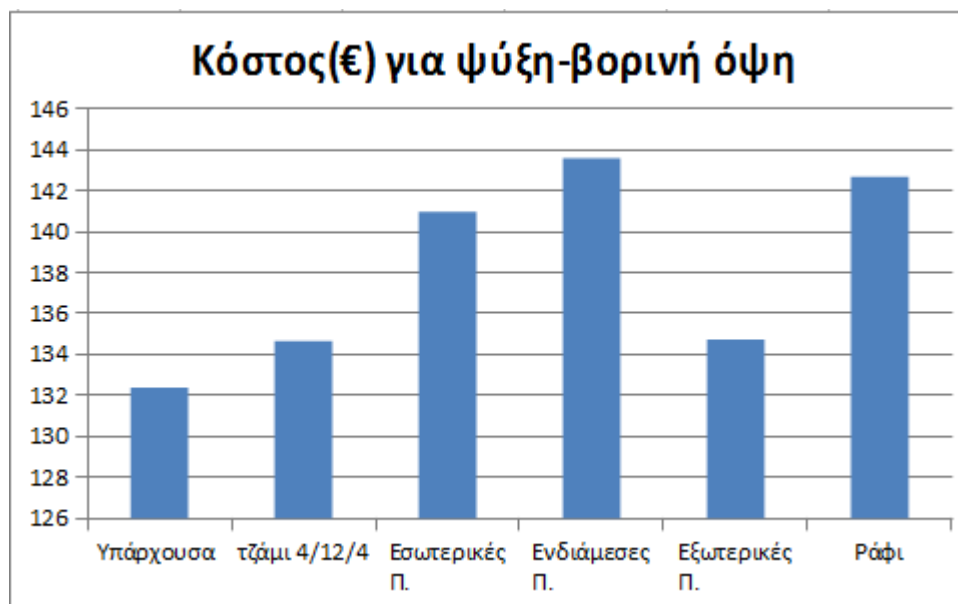
Εικ.6.39 Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση θαλάμου βορινής όψης, για κάθε σενάριο



Εικ.6.40 Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη θαλάμου βορινής όψης, για κάθε σενάριο



Εικ.6.41 Ετήσιο κόστος θέρμανσης θαλάμου βορινής όψης, για κάθε σενάριο



Εικ.6.42 Ετήσιο κόστος ψύξης θαλάμου βορινής όψης, για κάθε σενάριο

## **6.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 6<sup>ου</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

- [1] Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-3/2010, «ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ», Α' Έκδοση, Αθήνα, Ιούλιος 2010
- [2] «Achieving 30% Energy Savings Toward a Net Zero Energy Building», A.S.H.R.A.E., 2008
- [3] «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ, Τ.Ο.ΤΕΕ, 20701-1/2010, Β' Έκδοση, Αθήνα, Απρίλιος 2012

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Κατά τη μελέτη των παραμέτρων του φωτισμού, είναι φανερό ότι στο θάλαμο ανατολικής όψης οι ανάγκες σε σκίαση είναι ιδιαίτερα αυξημένες, σχεδόν όλον το χρόνο. Για τη μείωσή τους και κατ' επέκταση, οπτική άνεση των ασθενών, ευεργετικότερο προκύπτει το σενάριο της εξωτερικής σκίασης, αφού μειώνει αισθητά τα επίπεδα της θάμβωσης κατά την εαρινή περίοδο. Επίσης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε, η αποδοτικότερη σκίαση της συγκεκριμένης διάταξης αποτυπώνεται και στις ανάγκες ενέργειας για ψύξη το καλοκαίρι. Συνυπολογίζοντας, λοιπόν, πόσο αυξημένες είναι γενικότερα οι τιμές της κατανάλωσης ενέργειας για κλιματισμό (βλ.ΚΕΦ.6.3), προκύπτει το συμπέρασμα ότι η τοποθέτησή του υπερτερεί έναντι των άλλων ενδεχόμενων διατάξεων.

Από την άλλη, στο θάλαμο με βορινή όψη, οι παράμετροι φωτισμού που ελέγχθηκαν παρουσιάζονται αρκετά χαμηλοί, ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες. Η ανάγκη, επομένως, για αύξηση φυσικού φωτισμού φαίνεται να εκπληρώνεται με την προσθήκη του ραφιού φωτισμού με μεγάλη διαφορά, αφού αυξάνει εμφανώς τα επίπεδα φωτισμού στο «βάθος» του χώρου, χωρίς παράλληλα να ξεπερνά η αντίστοιχη θάμβωση τα ανεκτά όρια, που την καθιστούν ενοχλητική. Επιπλέον, το χειμώνα, περίοδος εκτεταμένης χρήσης του, όπως προκύπτουν απ' τα αποτελέσματα, οι ανάγκες για θέρμανση ελαχιστοποιούνται, έστω και σε μικρό ποσοστό. Με λίγα λόγια, η χρήση του συγκεκριμένου σεναρίου φαίνεται να είναι η προτιμότερη.

Γενικότερα, όπως αποδεικνύεται συνολικά από τη μελέτη, οι υπάρχοντες προσανατολισμοί δεν ενδείκνυνται για στέγαση των θαλάμων νοσηλείας, αφού η εκμετάλλευση της φωτεινής ροής που εισέρχεται στο χώρο είναι έντονα δυσχερής. Προτιμότερος προσανατολισμός, όπως αποδεικνύεται και από το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων είναι, αδιαμφισβήτητα, ο νότιος, αφού ελαχιστοποιεί τα προβλήματα σε ανάγκες φωτισμού και συγχρόνως, μεγιστοποιεί τη θερμική απόδοση.

Όσον αφορά στην πιθανή αλλαγή του διπλού υαλοπίνακα με εκείνου με αυξημένο ενδιάμεσο κενό (12χιλ), όπως φαίνεται, δεν επιφέρει μεν ιδιαίτερες διαφορές στο φωτισμό. Τα επίπεδα έντασης φωτισμού μοιάζει να μην επηρεάζονται καθόλου, ενώ η θάμβωση παρουσιάζει ελάχιστες διαφορές στις θέσεις ενδιαφέροντος. Παρ' όλα αυτά, αποδεικνύεται η ευεργετική θερμομονωτική χρήση του, αφού κατά την ανατολή, που η άμεση ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη, προκύπτουν λιγότερες θερμικές απώλειες από το τζάμι της υπάρχουσας κατάστασης, για όλο το έτος και φυσικά, αυξημένα θερμικά κέρδη, ενώ οι μέσες

θερμοκρασίες θαλάμου προκύπτουν πάντοτε υψηλότερες, στοιχείο σημαντικό ειδικά για τους χειμωνιάτικους μήνες. Κάτι παρόμοιο παρατηρείται και στη βορινή όψη, όπου και εδώ τα αποτελέσματα σε θερμικά κέρδη και απώλειες είναι ανάλογα της ανατολικής, αλλά το κυριότερο είναι οι αυξημένες θερμοκρασίες του χώρου, γεγονός που αποτελεί ύψιστης σημασίας για το βορρά, όπου οι ηλιακές ακτίνες είναι λιγότερες και κατ' επέκταση, η θερμοκρασίες σε χαμηλότερα επίπεδα. Αυτό αποτυπώνεται και στη μελέτη ενεργειών, αφού οι ανάγκες για θέρμανση ελαχιστοποιούνται εμφανώς και ως εκ τούτου, επέρχεται εξοικονόμηση οικονομικών πόρων, πράγμα που φαίνεται να ισχύει και στις δύο όψεις προσανατολισμών.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανακεφαλαιώνοντας, λοιπόν, για το θάλαμο με **ανατολική όψη**, ενδείκνυται η χρήση του σεναρίου εξωτερικής σκίασης, η λειτουργία της οποίας θα είναι σε ισχύ τους μήνες από Μάρτιο έως Οκτώβριο, ενώ τους υπόλοιπους οι περσίδες θα παραμένουν σε κλειστή θέση (ανεβασμένες), αφού δε φαίνεται να συνεισφέρουν άμεσα. Για το θάλαμο με **βορινή όψη**, ενδείκνυται η χρήση του σεναρίου τοποθέτησης εσωτερικού ανακλαστικού ραφιού, το οποίο προσδίδει ομοιομορφία φωτισμού στο χώρο και κυρίως, αυξάνει τα επίπεδα φυσικού φωτισμού σε θέσεις που η ανάγκη μεγιστοποιείται, κατά τη διάρκεια όλου σχεδόν του έτους.

Επί προσθέτως, όπως φαίνεται από την ανάλυση των θερμικών μεταβλητών, η χρήση του διπλού υαλοπίνακα με κενό 12 χιλ. που παρεμβάλλεται, έχει αξιόλογες θερμομονωτικές ιδιότητες. Αποτέλεσμα αυτών είναι η αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του θαλάμου και κατά συνέπεια, η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση, γεγονός που καθιστά την ενδεχόμενη εφαρμογή του να κυμαίνεται προς τη σωστή κατεύθυνση.

## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην έρευνα αυτή υπάρχει συνέχεια για κάποιον που θέλει να διευρύνει τη μελέτη. Ως πιθανή επέκτασή της, προτείνεται η, αντίστοιχης εγκυρότητας, ανάλυση σεναρίων σκίασης ή αύξησης επιπέδων φωτισμού με υπολογιστικά προγράμματα, η χρήση των οποίων επιτρέπει την προσομοίωση δυναμικού συστήματος. Ενδέχεται τα αποτελέσματα να προκύψουν με ακόμα καλύτερη απόδοση. Συγκεκριμένα, το Radiance, πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την καταγραφή και απόδοση φωτισμού, δε διαθέτει τόσο ευέλικτο προς το χρήστη γραφικό περιβάλλον (εν αντιθέσει με το OpenStudio).

Έπειτα, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής, έγινε φανερή η ύπαρξη πολλών διαφορετικών συστημάτων σκίασης και φωτισμού, αρκετά από τα οποία περιλαμβάνουν το συνδυασμό δύο η περισσότερων διατάξεων, με αποτέλεσμα η μελέτη τους και κατ' επέκταση, σύγκρισή τους με τα παραπάνω σενάρια να καθιστήσει την επιλογή τοποθέτησης συγκεκριμένου σεναρίου πιο σφαιρική και εμπειρισταωμένη. Η εγκατάστασή τους, συν τοις άλλοις, μπορεί, δυνητικά, να συνδυαστεί με ταυτόχρονη εφαρμογή παράπλευρων εφαρμογών, όπως π.χ. πρόσθεση μόνωσης στον εξωτερικό τοίχο, για την περαιτέρω βελτίωση των αποτελεσμάτων.

Τέλος, θα μπορούσε να γίνει, επιπλέον, η οικονομικοτεχνική μελέτη των σεναρίων και των πιθανών διατάξεών τους, πράγμα που στην παρούσα φάση ξεπερνούσε τις ανάγκες εκπαιδευτικής εργασίας. Με μία τέτοια ενδεχόμενη έρευνα είναι, εξάλλου, δυνατόν να διαπιστωθεί και η εκάστοτε οικονομική απόσβεση κάθε σεναρίου στην πάροδο του χρόνου.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ.1.1 Τρόποι Ηλιοπροστασίας [2]	15
Εικ.1.2 Ενδείκνυται ο νότιος προσανατολισμός [4]	15
Εικ.1.3 Βιοκλιματική θέρμανση και ψύξη (εκμετάλλευση της ηλιακής θερμότητας) [5]	17
Εικ.2.1 Διπλός υαλοπίνακας: η ηλιακή ακτινοβολία που ανακλάται απορροφάται και μεταδίδεται [3]	23
Εικ.2.2 Απώλειες διπλού υαλοπίνακα [3]	23
Εικ.2.3 Ράφι φωτισμού σε κτίριο γραφείων [4]	24
Εικ.2.4 Βασική αρχή των ραφιών φωτισμού [4]	24
Εικ.2.5 Ανακλαστικές περσίδες [5]	25
Εικ.2.6 Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στην αποδοτικότητα των κουφωμάτων [3]	25
Εικ.2.7 Τυπικές φωτεινές εντάσεις διάφορων περιπτώσεων [7]	26
Εικ.2.8 Τυπικές φωτεινές εντάσεις χρωμάτων και υλικών [7]	27
Εικ.2.9 Συνιστώμενες τιμές φωτεινής έντασης ανάλογα με το είδος οπτικής δραστηριότητας [7]	28
Εικ.2.10 Βάθος των χώρων για εργασία με επαρκή Φυσικό Φωτισμό [7]	28
Εικ.2.11 Προτεινόμενες τιμές φωτισμού για χώρους υγειονομικής περίθαλψης κατά CIBSE [8]	30
Εικ.2.12 Προτεινόμενες τιμές φωτισμού για χώρους υγειονομικής περίθαλψης κατά EN-12464-1 [11]	32
Εικ.2.13 Όρια στάθμης έντασης φωτισμού κατά την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 [12]	33
Εικ.2.14 Τιμές συντελεστή θέσης [16]	36

Εικ.2.15 Επίπεδα φωτισμού και δείκτη θάμβωσης [17]	38
Εικ.2.16 Θάμβωση από εξωτερική πηγή [19]	40
Εικ.2.17 Θάμβωση και δυσφορία [19]	40
Εικ.2.18 Οι δύο κύριες κινήσεις της Γης [21]	43
Εικ.2.19 Θέσεις της Γης κατά τη διάρκεια του έτους [21]	44
Εικ.2.20 Ο άξονας Β-Ν της Γης με και χωρίς απόκλιση [21]	44
Εικ.2.21 Η Γη όπως φαίνεται από τον ήλιο σε διάφορες θέσεις [21]	45
Εικ.2.22 Αριστερά η διάρκεια της ημέρας στις 21/12 για το Βόρειο ημισφαίριο και δεξιά και για τα δύο ημισφαίρια [21]	45
Εικ.2.23 Ηλιακός κώνος [21]	46
Εικ.2.24 Ηλιακή τροχιά [21]	47
Εικ.2.25 Η μεταβολή της απόκλισης και η επίδρασή της στην τροχιά του ήλιου στον ουρανό. (α) Η ακραία απόκλιση του ήλιου κατά το θερινό και το χειμερινό ηλιοστάσιο. (β) Παράδειγμα των αντίστοιχων τροχιών που διαγράφει ο ήλιος στον ουρανό στη διάρκεια της ημέρας κατά τα ηλιοστάσια, καθώς και τις ισημερίες, σε τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος βόρειο 38°, όπως της Αθήνας. (Οι ενδείξεις του μεσημεριού και των ωρών της ημέρας είναι σε ηλιακές τιμές) [22]	48
Εικ.2.26 Γωνία πρόσπτωσης του Ήλιου [21]	49
Εικ.2.27 Ζεύγος ηλιακών γωνιών [21]	50
Εικ.2.28 Σχετικές ηλιακές γωνίες [21]	51
Εικ.2.29 Σχετικοί χρήσιμοι αριθμοί [21]	51
Εικ.3.1 Σταθερό σκίαστρο σε νότια όψη στις 21 Ιουνίου και στις 21 Δεκεμβρίου, αντίστοιχα [1]	61
Εικ.3.2 Εισχώρηση ήλιου στο χώρο χωρίς και με σκίαστρο (νότια όψη) [3]	61



Εικ.3.3 Εισχώρηση ήλιου στο χώρο χωρίς και με σκίαστρο (σε νότια όψη) [3]	62
Εικ.3.4 Κινητό σύστημα σκίασης (με μηχανισμό) [4]	63
Εικ.3.5 Αριστερά: Ενδεικτική λειτουργία των κλαστικών σκιαδίων – Δεξιά: Παράδειγμα χρήσης σκιαδίων ανάμεσα σε υαλοπετάσματα [5]	64
Εικ.3.6 Διατάξεις περσίδων με ανακλαστική την άνω παρειά τους που συμβάλλουν στο να οδηγηθεί το φυσικό φως στην οροφή του χώρου [6]	65
Εικ.3.7 Ανακλαστικά ράφια (α) εξωτερικά ή (β) εκατέρωθεν του ανοίγματος [6]	66
Εικ.3.8 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]	67
Εικ.3.9 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]	68
Εικ.3.10 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]	69
Εικ.3.11 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]	70
Εικ.3.12 Διάφορα συστήματα σκίασης [1]	71
Εικ.4.1 Επιφάνεια σχεδίασης του προγράμματος Sketch_up	75
Εικ.4.2 Επιφάνεια εργασίας της πλατφόρμας OpenStudio	76
Εικ.4.3 Επιλογή «τρεξίματος» με το πρόγραμμα Radiance	78
Εικ.4.4 Αρχική επιφάνεια του προγράμματος EnergyPlus, εισαγωγής αρχείου προς επεξεργασία και κλιματικών δεδομένων	80
Εικ.4.5 Επιφάνεια εργασίας και επεξεργασίας αρχείου του προγράμματος EnergyPlus	81
Εικ.5.1 Μορφολογία πτέρυγας θαλάμων νοσηλείας	83
Εικ.5.2 Θέσεις προς μελέτη του θαλάμου νοσηλείας	84
Εικ.5.3 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση	86

Εικ.5.4 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση _____	86
Εικ.5.5 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση _____	87
Εικ.5.6 Ιδιότητες υαλοπίνακα _____	87
Εικ.5.7 Κενό αέρος ανάμεσα από τους διπλούς υαλοπίνακες του παραθύρου _____	87
Εικ.5.8 Δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν και στρώσεις υλικών τους (από έξω προς τα μέσα) ____	88
Εικ.5.9 Τυπικός δίκλινος θάλαμος νοσηλείας [2] _____	88
Εικ.5.10 Προσομοίωση δίκλινου θαλάμου, με σένσορες και χάρτη φωτισμού _____	89
Εικ.5.11 Global Horizontal Illuminance, για όλο το έτος _____	90
Εικ.5.12 Mean Illuminance Map του θαλάμου νοσηλείας, για όλο το έτος _____	90
Εικ.5.13 Global Horizontal Illuminance _____	91
Εικ.5.14 Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας _____	91
Εικ.5.15 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 1» _____	92
Εικ.5.16 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 1» _____	93
Εικ.5.17 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 2» _____	94
Εικ.5.18 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 2» _____	94
Εικ.5.19 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 3» _____	95
Εικ.5.20 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 3» _____	95
Εικ.5.21 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 4» _____	96
Εικ.5.22 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 4» _____	96
Εικ.5.23 Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 5» _____	97

Εικ.5.24 Τιμές Θάμβωσης στη «Θέση 5» _____	98
Εικ.5.25 Ένταση Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06) _____	99
Εικ.5.26 Τιμές Θάμβωσης για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06) _____	99
Εικ.5.27 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου (από το παράθυρο), σε μορφή κάτοψης στις 9πμ,12μμ και 3μμ, αντίστοιχα, στις 21.06 _____	101
Εικ.5.28 Global Horizontal Illuminance για το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06) _____	102
Εικ.5.29 Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας, για το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06) _	102
Εικ.5.30 Ένταση Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12) _____	103
Εικ.5.31 Τιμές Θάμβωσης για κάθε θέση ενδιαφέροντος το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12) _____	103
Εικ.5.32 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου (από το παράθυρο), σε μορφή κάτοψης στις 9πμ,12μμ και 3μμ, αντίστοιχα, στις 21.12 _____	104
Εικ.5.33 Global Horizontal Illuminance για το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12) _____	105
Εικ.5.34 Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας, για το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)	105
Εικ.5.35 Σύστημα σκίασης με εξωτερικές κινητές περσίδες [3] _____	106
Εικ.5.36 Σύστημα εξωτερικής κινητής σκίασης που επιλέχθηκε κατά την προσομοίωση [3] _____	107
Εικ.5.37 Θάλαμος νοσηλείας με εξωτερικό σύστημα σκίασης, στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Sketch_up	107
Εικ.5.38 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου, στις 9πμ,στις 23.09, με ηλιακό υψόμετρο 26.98 <sup>0</sup> , χωρίς και με σκίαση, αντίστοιχα _____	108
Εικ.5.39 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου, στις 10πμ,στις 23.09, με ηλιακό υψόμετρο 37.25 <sup>0</sup> , χωρίς και με σκίαση, αντίστοιχα _____	108
Εικ.5.40 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου, στις 8πμ,στις 21.06, με ηλιακό υψόμετρο 27.74 <sup>0</sup> , χωρίς και με σκίαση, αντίστοιχα _____	109
	195

Εικ.5.41 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου, στις 9πμ,στις 21.06, με ηλιακό υψόμετρο $39.51^{\circ}$ , χωρίς και με σκίαση, αντίστοιχα _____	109
Εικ.5.42 Σύστημα εσωτερικής σκίασης με οριζόντια στόρια [4] _____	110
Εικ.5.43 Αριστερά: τρόπος τοποθέτησης ενδιάμεσης σκίασης. Δεξιά: μηχανισμός κίνησης περσίδων. [5] _____	111
Εικ.5.44 Τιμές έντασης φωτισμού και θάμβωσης κατά τα σενάρια σκίασης και της υπάρχουσας κατάστασης στο δίκλινο θάλαμο, για κάθε θέση ενδιαφέροντος, όποτε παρουσιάζεται δυσφορία οπτικής άνεσης _____	112
Εικ.5.45 Δείκτες απόδοσης Φυσικού Φωτισμού για κάθε περίπτωση, σε κάθε θέση ενδιαφέροντος ____	113
Εικ.5.46 Τιμές του συντελεστή .θερμοπερατότητας υαλοπίνακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων [6] _____	114
Εικ.5.47 Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων [6] _____	114
Εικ.5.48 Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων $U_{v\_F}$ (W/m <sup>2</sup> K) [6] _____	115
Εικ.5.49 Τιμές έντασης φωτισμού πριν και μετά την αλλαγή κενού υαλοπινάκων, για τη θέση 1, στις 21.03 _____	116
Εικ.5.50 Τιμές θάμβωσης πριν και μετά την αλλαγή κενού υαλοπινάκων, για τη θέση 1, στις 21.03 ____	116
Εικ.5.51 Τιμές έντασης φωτισμού πριν και μετά την αλλαγή κενού υαλοπινάκων, για τη θέση 1, στις 21.07 _____	117
Εικ.5.52 Τιμές θάμβωσης πριν και μετά την αλλαγή κενού υαλοπινάκων, για τη θέση 1, στις 21.07 ____	117
Εικ.5.53 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με κενό υαλοπινάκων 12mm _____	118
Εικ.5.54 Τιμές θάμβωσης στη θέση 1 με κενό υαλοπινάκων 12mm _____	118
Εικ.5.55 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 5 με κενό υαλοπινάκων 12mm _____	119
	196

Εικ.5.56	Τιμές θάμβωσης στη θέση 5 με κενό υαλοπινάκων 12mm _____	119
Εικ.5.57	Mean Illuminance Map του θαλάμου νοσηλείας, για όλο το έτος _____	120
Εικ.5.58	Διαφορές των Mean Illuminance Map μεταξύ των θαλάμων ανατολικής και βορινής όψης _	120
Εικ.5.59	Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 1» _____	121
Εικ.5.60	Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 1» _____	121
Εικ.5.61	Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 2» _____	122
Εικ.5.62	Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 2» _____	122
Εικ.5.63	Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 3» _____	123
Εικ.5.64	Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 3» _____	123
Εικ.5.65	Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 4» _____	124
Εικ.5.66	Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 4» _____	124
Εικ.5.67	Τιμές έντασης φωτισμού στη «Θέση 5» _____	125
Εικ.5.68	Τιμές θάμβωσης στη «Θέση 5» _____	125
Εικ.5.69	Τιμές έντασης Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06) _____	126
Εικ.5.70	Τιμές έντασης Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06) _____	126
Εικ.5.71	Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου (από το παράθυρο), σε μορφή κάτοψης στις 9πμ,12μμ και 3μμ, αντίστοιχα, στις 21.06 _____	127
Εικ.5.72	Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας, για το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06) _	128
Εικ.5.73	Mean Illuminance Map -εντός- του θαλάμου νοσηλείας, για το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)	128
Εικ.5.74	Τιμές έντασης Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.06) __	129

Εικ.5.75 Τιμές έντασης Φωτισμού για κάθε θέση ενδιαφέροντος το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)_____	129
Εικ.5.76 Πρόσπτωση ηλιακού φωτός εντός του θαλάμου (από το παράθυρο), σε μορφή κάτοψης στις 9πμ,12μμ και 3μμ, αντίστοιχα, στις 21.12 _____	130
Εικ.5.77 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με εσωτερικές περσίδες_____	131
Εικ.5.78 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3 με εσωτερικές περσίδες_____	132
Εικ.5.79 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4 με εσωτερικές περσίδες_____	132
Εικ.5.80 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με ενδιάμεσες περσίδες_____	133
Εικ.5.81 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3 με ενδιάμεσες περσίδες_____	133
Εικ.5.82 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4 με ενδιάμεσες περσίδες_____	134
Εικ.5.83 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με εξωτερικές περσίδες_____	134
Εικ.5.84 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3 με εξωτερικές περσίδες_____	135
Εικ.5.85 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4 με εξωτερικές περσίδες_____	135
Εικ.5.86 Διαφορές έντασης φωτισμού με κάθε διάταξη ανακλαστικών περσίδων, στη θέση 3, το θερινό Ηλιοστάσιο _____	136
Εικ.5.87 Διαφορές έντασης φωτισμού με κάθε διάταξη ανακλαστικών περσίδων, στη θέση 3, το χειμερινό Ηλιοστάσιο _____	136
Εικ.5.88 Διαφορές έντασης φωτισμού με κάθε διάταξη ανακλαστικών περσίδων, στη θέση 4, το θερινό Ηλιοστάσιο _____	137
Εικ.5.89 Διαφορές έντασης φωτισμού με κάθε διάταξη ανακλαστικών περσίδων, στη θέση 4, το χειμερινό Ηλιοστάσιο _____	137
Εικ.5.90 Δείκτες απόδοσης Φυσικού Φωτισμού για κάθε περίπτωση, στις κυριότερες θέσεις ενδιαφέροντος _____	138

Εικ.5.91 Ράφι Φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε κατά την προσομοίωση [7] _____	139
Εικ.5.92 Εσωτερικό ράφι φωτισμού μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Sketch-up_____	140
Εικ.5.93 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1, με εσωτερικό ράφι _____	140
Εικ.5.94 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3, με εσωτερικό ράφι _____	141
Εικ.5.95 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4, με εσωτερικό ράφι _____	141
Εικ.5.96 Ενδιάμεσο ράφι φωτισμού μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Sketch-up_____	142
Εικ.5.97 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 2, με ενδιάμεσο ράφι_____	142
Εικ.5.98 Εξωτερικό ράφι φωτισμού μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Sketch-up_____	143
Εικ.5.99 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1, με εξωτερικό ράφι_____	143
Εικ.5.100 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3, με εξωτερικό ράφι_____	144
Εικ.5.101 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 4, με εξωτερικό ράφι_____	144
Εικ.5.102 Ενδιάμεσο ράφι φωτισμού με κεκλιμένη εξωτερική επιφάνεια μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Sketch-up_____	145
Εικ.5.103 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 3, με ενδιάμεσο ράφι με κεκλιμένη εξωτερική επιφάνεια	145
Εικ.5.104 Τιμές θάμβωσης στη θέση 4, με εσωτερικό ράφι φωτισμού, για όλο το έτος _____	146
Εικ.5.105 Τιμές έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση 3, για όλες τις διατάξεις ραφιού φωτισμού, κατά την εαρινή Ισημερία (21/03) _____	147
Εικ.5.106 Τιμές έντασης φωτισμού με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 3, την τοπική ψυχρή ημέρα (21.01) _____	148
Εικ.5.107 Τιμές έντασης φωτισμού με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 3, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο_____	148

Εικ.5.108 Τιμές έντασης φωτισμού με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 4, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο _____	149
Εικ.5.109 Τιμές έντασης φωτισμού με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 4, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο _____	149
Εικ.5.110 Τιμές έντασης φωτισμού με κάθε σενάριο για τη θέση 3, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο ____	150
Εικ.5.111 Τιμές έντασης φωτισμού με κάθε σενάριο για τη θέση 4, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο _____	150
Εικ.5.112 Τιμές έντασης φωτισμού με κάθε σενάριο για τη θέση 4, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο ____	151
Εικ.5.113 Mean Illuminance Map με ή χωρίς εσωτερικό ράφι για τη θέση 3, για όλο το έτος _____	152
Εικ.5.114 Δείκτες απόδοσης Φυσικού Φωτισμού για κάθε για θέση παραθύρου _____	153
Εικ.5.115 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 1 με κενό υαλοπινάκων 12mm _____	154
Εικ.5.116 Τιμές θάμβωσης στη θέση 1 με κενό υαλοπινάκων 12mm _____	154
Εικ.5.117 Τιμές έντασης φωτισμού στη θέση 5 με κενό υαλοπινάκων 12mm _____	155
Εικ.5.118 Τιμές θάμβωσης στη θέση 5 με κενό υαλοπινάκων 12mm _____	155
Εικ.6.1 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε εξωτερικό τοίχο και παράθυρο(ίδιο για υπάρχουσα κατάσταση και σενάρια, αφού δεν επηρεάζεται από κανενός είδους «εμπόδιο»)_____	159
Εικ.6.2 Άμεση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (beam) σε εξωτερικό τοίχο και παράθυρο _____	159
Εικ.6.3 Άμεση ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται απ' το παράθυρο και προσπίπτει στο δάπεδο, με κάθε σενάριο, το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06) _____	160
Εικ.6.4 Άμεση ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται απ' το παράθυρο και προσπίπτει στο δάπεδο, με κάθε σενάριο, την τοπική θερμή ημέρα (21.07) _____	161
Εικ.6.5 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς εξωτερικού τοίχου όλο το έτος _____	162



Εικ.6.6 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς παραθύρου, για όλα τα σενάρια, κατά την Εαρινή Ισημερία (21.03)	_____	162
Εικ.6.7 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς παραθύρου, για όλα τα σενάρια, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)	_____	163
Εικ.6.8 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς παραθύρου, για όλα τα σενάρια, κατά τη Φθινοπωρινή Ισημερία (23.09)	_____	163
Εικ.6.9 Θερμοκρασία δαπέδου, για όλα τα σενάρια, για την τοπική θερμή ημέρα (21.07)	_____	164
Εικ.6.10 Θερμοκρασία δαπέδου, για όλα τα σενάρια, για την τοπική ψυχρή ημέρα (21.01)	_____	165
Εικ.6.11 Συνολική απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολία θαλάμου (μέσω του παραθύρου), για όλα τα σενάρια, κατά την τοπική ψυχρή ημέρα (21.01)	_____	165
Εικ.6.12 Συνολική απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολία θαλάμου (μέσω του παραθύρου), για όλα τα σενάρια, κατά την τοπική θερμή ημέρα (21.07)	_____	166
Εικ.6.13 Συνολικά θερμικά κέρδη θαλάμου από το παράθυρο, για όλα τα σενάρια, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)	_____	167
Εικ.6.14 Συνολικές θερμικές απώλειες θαλάμου από το παράθυρο, για όλα τα σενάρια, κατά το θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)	_____	167
Εικ.6.15 Μέση θερμοκρασία του θαλάμου νοσηλείας για όλο το έτος	_____	168
Εικ.6.16 Μέση θερμοκρασία θαλάμου, για όλα τα σενάρια, κατά το Θερινό Ηλιοστάσιο (21.06)	_____	169
Εικ.6.17 Μέση θερμοκρασία θαλάμου, για όλα τα σενάρια, κατά τη Φθινοπωρινή Ισημερία (23.09)	_____	169
Εικ.6.18 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε εξωτερικό τοίχο και παράθυρο	_____	171
Εικ.6.19 Άμεση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (beam) σε εξωτερικό τοίχο και παράθυρο (η άμεση είναι μη μηδενική μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες)	_____	171
Εικ.6.20 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς εξωτερικού τοίχου, όλο το έτος	_____	172
		201

Εικ.6.21 Θερμοκρασία εξωτερικής πλευράς παραθύρου, για όλα τα σενάρια, κατά την Εαρινή Ισημερία (21.03)	173
Εικ.6.22 Θερμοκρασία δαπέδου, για όλα τα σενάρια, για την τοπική θερμή ημέρα (21.07)	174
Εικ.6.23 Συνολική απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολίας θαλάμου, για όλα τα σενάρια, κατά την τοπική ψυχρή ημέρα (21.01)	174
Εικ.6.24 Συνολική απορροφώμενη ηλιακή ακτινοβολίας θαλάμου, για όλα τα σενάρια, κατά την τοπική θερμή ημέρα (21.07)	175
Εικ.6.25 Συνολικά θερμικά κέρδη θαλάμου από το παράθυρο, για όλα τα σενάρια, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)	176
Εικ.6.26 Συνολικές θερμικές απώλειες θαλάμου από το παράθυρο, για όλα τα σενάρια, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)	176
Εικ.6.27 Μέση θερμοκρασία του θαλάμου νοσηλείας για όλο το έτος	177
Εικ.6.28 Μέση θερμοκρασία θαλάμου, για όλα τα σενάρια, κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο (21.12)	178
Εικ.6.29 Ενεργειακές ανάγκες <b>θέρμανσης</b> και αντίστοιχο κόστος, θαλάμου ανατολικής όψης	180
Εικ.6.30 Ενεργειακές ανάγκες <b>ψύξης</b> και αντίστοιχο κόστος, θαλάμου ανατολικής όψης	180
Εικ.6.31 Ενεργειακές ανάγκες <b>θέρμανσης</b> και αντίστοιχο κόστος, θαλάμου βορινής όψης	181
Εικ.6.32 Ενεργειακές ανάγκες <b>ψύξης</b> και αντίστοιχο κόστος, θαλάμου βορινής όψης	181
Εικ.6.33 Ετήσια συνολική ενέργεια και αντίστοιχο κόστος θέρμανσης και ψύξης θαλάμου νοσηλείας ανατολικής όψης	182
Εικ.6.34 Ετήσια συνολική ενέργεια και αντίστοιχο κόστος θέρμανσης και ψύξης θαλάμου νοσηλείας βορινής όψης	182
Εικ.6.35 Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση θαλάμου ανατολικής όψης, για κάθε σενάριο	183

Εικ.6.36 Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη θαλάμου ανατολικής όψης, για κάθε σενάριο	_____	183
Εικ.6.37 Ετήσιο κόστος θέρμανσης θαλάμου ανατολικής όψης, για κάθε σενάριο	_____	184
Εικ.6.38 Ετήσιο κόστος ψύξης θαλάμου ανατολικής όψης, για κάθε σενάριο	_____	184
Εικ.6.39 Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση θαλάμου βορινής όψης, για κάθε σενάριο	_____	185
Εικ.6.40 Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη θαλάμου βορινής όψης, για κάθε σενάριο	_____	185
Εικ.6.41 Ετήσιο κόστος θέρμανσης θαλάμου βορινής όψης, για κάθε σενάριο	_____	186
Εικ.6.42 Ετήσιο κόστος ψύξης θαλάμου βορινής όψης, για κάθε σενάριο	_____	186

Copyright © Αλέξανδρος Μαυράκης

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

